การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยโดยวิธีลักษณะเด่นของตัวอักษรและโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

PRINTED THAI CHARACTER RECOGNITION USING FEATURE MATCHING METHOD AND ART1

สุรการ ดวงผาสุข

SURAKARN DUANGPHASUK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2545

ISBN 974-324-069-1

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง
13/

การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยโดยวิธีลักษณะเด่นของตัวอักษรและโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

PRINTED THAI CHARACTER RECOGNITION USING FEATURE MATCHING METHOD AND ART1

สุรการ ดวงผาสุข

SURAKARN DUANGPHASUK

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 44090
วัน, เดือน, ปี 28 ต.ค. 2545

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2545

ISBN 974-324-069-1

PRINTED THAI CHARACTER RECOGNITION USING FEATURE MATCHING METHOD AND ART1

SURAKARN DUANGPHASUK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFULLMENT

OF THE REQUIRMENT DEGREE OF

MASTER SCIENCE IN INFORMATION TECNOLOGY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

ISBN 974-324-069-1

COPYRIGTH 2002

SCHOOL OF GRADUATE STDIES

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยโดยวิธีลักษณะเด่นของตัวอักษรและโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1
ชื่อนักศึกษา	นาย สุรการ ดวงผาสุข
รหัสประจำตัว	44067403
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. นุชรี เปรมชัยสวัสดิ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการเพื่อทำการรู้จำตัวอักษรตัวพิมพ์ไทย โดยใช้การพิจารณาในลักษณะเด่นของตัวอักษรภาษาของแต่ละตัวอักษรร่วมกับการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Adaptive Resonance Theory จากการศึกษาพบว่าลักษณะเด่นของตัวอักษรสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ ลักษณะเด่นของขาตัวอักษร, ลักษณะเด่นของขอบล่างและขอบบนของตัวอักษร ซึ่งในลักษณะของขาจะทำการแบ่งออกได้เป็น 3ประเภทได้แก่ 1 ขา, 2 ขา และ 3 ขา ส่วนในลักษณะของขอบล่างและขอบบนจะทำการแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ เปิด และ ปิด ของตัวอักษร โดยในลักษณะของการหาขา ,ขอบล่าง และ ขอบบนได้พิจารณาจากค่าฮิสโตแกรมของภาพตัวอักษร จากนั้นจะทำการใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ Adaptive Resonance Theory (ART1) ในการแบ่งและรู้จำตัวอักษร โดยข้อมูลตัวอักษรได้ที่ทำการทดสอบกับ ตัวอักษรจำนวน 8 รูปแบบตัวอักษรและ ขนาด 3 ขนาด ได้แก่ 12 , 14 และ 16 จุด

Thesis Title	PRINTED THAI CHARACTER RECOGNITION USING FEATURE MATCHING METHOD AND ART1
Student	Mr. Surakarn Duangphasuk
Student ID.	44067403
Degree	Master of Science
Program	Information Technology
Year	2002
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Wichian Premchaiswadi
Thesis Co-Advisor	Assoc.Prof.Dr. Nuchree Premchaiswadi

ABSTRACT

This thesis proposes a scheme for Thai printed characters recognition, which will improve the character recognition process. The scheme is the combination of the feature matching method and Neural Network, Adaptive Resonance Theory. From the study of specific features of the character; there are three characteristics, which will be employed in the scheme, namely: a number of legs, lower border and upper border. Character 'leg can be divided into 3 categories; 1 leg, 2 legs, and 3 legs. Lower border and upper border also can be divided into 2 categories; open and close. The process is determined by using histogram. After classification by using the specific feature, some characters may be recognition. The other will be passed to the ART1 for the recognition. The experiment of the scheme will be conducted on 8 font of character with the size of 12, 14 and 16 point.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. นุชรี เปรมชัยสวัสดิ์ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่าน ที่ได้ช่วยดำเนินงานในการจัดการสอบและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเตรียมตัวในการเสนอวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในกลุ่มงานวิจัยระบบการรู้จำตัวอักษรที่เหลือให้คำแนะนำและอนุเคราะห์ข้อมูลภาพเอกสารทดสอบ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรการ ดวงผาสุข

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 3

1.3.1 นิยามในส่วนต่าง ๆ ของตัวอักษร 3

1.3.2 กระบวนการรู้จำตัวอักษร 4

1.4 แผนการดำเนินงาน 12

บทที่ 2 การประมวลผลภาพเบื้องต้น 13

2.1 โครงสร้างของตัวอักษรภาษาไทย 13

2.2 การประมวลผลภาษาเบื้องต้น 14

2.2.1 การแยกบรรทัด 15

2.2.2 การหาระดับของตัวอักษร 16

2.2.3 การหาตำแหน่งของภาพและขนาดของภาพตัวอักษร 18

บทที่ 3 การรู้จำตัวอักษรตัวพิมพ์ภาษาไทย 20

3.1 นิยามในส่วนต่างๆ ของตัวอักษร 20

3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอักษร 20

3.3 โครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร 23

3.3.1 โครงสร้างลักษณะเด่นของขาตัวอักษร 23

3.3.2 โครงสร้างลักษณะเด่นของขอบล่างตัวอักษร 25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.3 โครงสร้างลักษณะเด่นของขอบบนตัวอักษร 26

3.4 กระบวนการรู้จำตัวอักษรโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1 28

3.4.1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1 28

3.4.2 การปรับค่าน้ำหนักของ ART 29

3.4.3 ขั้นตอนในการจัดขบวนการรู้จำตัวอักษรโดยใช้ ART1 30

3.4.4 ขั้นตอนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1 31

3.4.5 ขั้นตอนการรู้จำตัวอักษรของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1 32

3.5 โครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษรที่คล้ายกัน 33

3.5.1 ส่วนขาหน้าของตัวอักษรที่คล้ายกัน 33

3.5.2 ส่วนขาหลังของตัวอักษรที่คล้ายกัน 33

3.5.3 ส่วนบนของตัวอักษรที่คล้ายกัน 34

3.5.4 ส่วนล่างของตัวอักษรที่คล้ายกัน 34

บทที่ 4 ผลการทดลอง 35

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 38

เอกสารอ้างอิง 39

ภาคผนวก ก ตัวอย่างเอกสารที่ใช้ในการทดลอง 40

ประวัติผู้เขียน 42

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการแบ่งตัวอักษรในภาษาไทยตามระดับโครงสร้างของคำ 14

4.1 แสดง ความถูกต้องของ Font ที่ scanning 300dpi ขนาดตัวอักษร 12, 14 และ 16 ที่ใช้ทั้ง Feature Matching และโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1..... 35

4.2 แสดงความถูกต้องของเอกสารสิ่งพิมพ์ที่ Scanning 300 dpi และ 600 dpiที่ใช้ทั้ง Feature Matching และโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1..... 37

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 แสดงข้อมูลรูปภาพตัวอักษร 2
1.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลรูปภาพที่ใช้ในการทดลอง 2
1.3 แสดงกระบวนการรู้จำตัวอักษร 4
1.4 แสดงกระบวนการรู้จำตัวอักษรภาษาไทย 5
1.5 แสดงการแยกบรรทัดและตัวอักษรโดยใช้ฮีสโตแกรมและการหาขอบภาพ 8
1.6 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษรทั้ง 7 แบบ 9
1.7 แสดงขอบเขตของตัวอักษรในกรอบตัวอักษร 11
1.8 แสดงสถาปัตยกรรมของเครือข่ายประสาทเทียมแบบ ART1 11
2.1 แสดงพยัญชนะและวรรณยุกต์ภาษาไทย 13
2.2 แสดงระดับพยัญชนะภาษาไทย 14
2.3 แสดงกระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้น 15
2.4 การทำฮีสโตแกรม ในแนวแกน y 16
2.5 แสดงระดับของตัวอักษรทั้ง 3 ส่วนในบรรทัด 1 บรรทัดของภาษาไทย 17
2.6 แสดงค่า Horizontal ฮีสโตแกรม เปรียบเทียบกับ 90%ของค่าฮีสโตแกรมเฉลี่ย 17
2.7 แสดงการหา Character Block 19
2.8 แสดง Character Frame 19
3.1 แสดงภาพตัวอักษรภาษาไทย 20
3.2 แสดงกรอบตัวอักษรที่ได้จากการประมวลผลภาพเบื้องต้น 20
3.3 ผังแสดงการทำงานโดยรวมของการหาลักษณะเด่นของตัวอักษร 22
3.4 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร 1 ขาที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร 23
3.5 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร 2 ขาที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร 23
3.6 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร 3 ขาที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร 23
3.7 ผังแสดงการทำงานโดยรวมของการหาจำนวนขาของตัวอักษรภาษาไทย 24
3.8 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบล่างเปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร 25
3.9 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบล่างปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร 25
3.10 ผังแสดงการทำงานโดยรวมของการหาขอบล่างเปิดหรือปิดของตัวอักษรภาษาไทย 26
3.11 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบบนเปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร 26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.12 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบบนปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร 27
3.13 ผังแสดงการทำงานโดยรวมของการหาขอบบนเปิดหรือปิดของตัวอักษรภาษาไทย 27
3.14 ผังแสดงการทำงานโดยรวมของการรู้จำโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1..... 30
3.15 ผังแสดงการทำงานในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1 31
3.16 ผังแสดงการทำงานในการรู้จำของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1 32
3.17 แสดงการตัดขาหน้าของตัวอักษรที่ได้ผ่าน ART1 ครั้งแรกแล้วได้ตัวอักษรที่ผิดพลาด..... 33
3.18 แสดงการตัดขาหลังของตัวอักษรที่ได้ผ่าน ART1 ครั้งแรกแล้วได้ตัวอักษรที่ผิดพลาด..... 33
3.19 แสดงการตัดส่วนบนของตัวอักษรที่ได้ผ่าน ART1 ครั้งแรกแล้วได้ตัวอักษรที่ผิดพลาด..... 34
3.20 แสดงการตัดส่วนล่างของตัวอักษรที่ได้ผ่าน ART1 ครั้งแรกแล้วได้ตัวอักษรที่ผิดพลาด..... 34

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในระบบการรู้จำตัวอักษรปัจจุบันได้มีการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถที่ทำการรู้จำตัวอักษรจากภาพเอกสารตัวอักษรที่ได้มาจากการสแกนโดยใช้วิธีการต่างๆ เข้ามาช่วยในการรู้จำตัวอักษรซึ่งในงานวิจัยที่ผ่านมาจะมีการกล่าวถึงการใช้วิธีการต่าง ๆ เข้ามาช่วยในกระบวนการรู้จำหลายวิธีด้วยกันเช่น โครงข่ายประสาทเทียมรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ Back-Propagation, BAM, CPN , การใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษร หรือ แม้กระทั่งการนำเอาทฤษฎีฟัซซี่ลอจิกมาช่วยในการรู้จำ ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียที่แต่ต่างกันทำให้ไม่สามารถที่จะมีความถูกต้องเท่าที่ควร โดยในการรู้จำตัวอักษรด้วยวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียมจะทำการรู้จำตัวอักษรได้จะต้องมีการเรียนรู้รูปแบบของตัวอักษรแล้วทำการสร้างแบบจำลองของโครงสร้างซึ่งมีค่าของน้ำหนักเป็นตัวที่จะใช้ในการหาว่ารูปเอกสารตัวอักษรที่จะทำการรู้จำจะมีน้ำหนักเท่าไรจากขบวนการของ โครงข่ายประสาทเทียม [1] ก็พบว่าถ้ากลุ่มของตัวอักษรมีจำนวนมากๆ จะทำให้ความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษรลดน้อยลง อีกประการหนึ่งก็คือในลักษณะรูปแบบของตัวอักษรที่มีผลต่างกันเล็กน้อยก็จะทำให้ความถูกต้องของการรู้จำลดน้อยลงด้วยเช่นกัน เช่นในตัวอักษร ‘ก’ และ ‘ถ’ เป็นต้น ในกรณีของการใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษรเป็นขบวนการในการรู้จำตัวอักษรก็จะมีข้อจำกัดในเรื่องลักษณะเด่นของตัวอักษรซึ่งลักษรตัวอักษรของภาษาไทยมีความแตกต่างกันไม่มากนั้น เช่นในตัวอักษร ‘ฎ’ และ ‘ฏ’ เป็นต้น ส่วนในกรณีของการรู้จำตัวอักษรโดยการใช้ทฤษฎีฟัซซี่ลอจิกนั้นจะต้องมีการกำหนดกฎของฟัซซี่เพื่อใช้เป็นตัวที่ตัดสินใจในการรู้จำตัวอักษรดังนั้นความถูกต้องในการรู้จำตัวอักษรจะขึ้นอยู่กับการกำหนดกฎถ้าเรากำหนดกฎที่ใช้ไม่เหมาะสมก็จะทำให้ความถูกต้องลดน้อยลง ซึ่งในงานวิจัยที่ผ่านมาให้มีการวิธีต่างมาช่วยในการกำหนดกฎของฟัซซี่เช่น การใช้วิธีโปรเจคชั่นฟีเจอร์และฟัซซี่ลอจิก [2] , การใช้เทคนิคแบบฟัซซี่ลอจิกและวิธีซันแทคติก [3] เป็นต้น

ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีนำเอาข้อดีของลักษณะเด่นของตัวอักษรเป็นขบวนการจัดกลุ่มของตัวอักษรและใช้โครงข่ายประสาทเทียมเป็นขบวนการรู้จำตัวอักษรจากกลุ่มที่ทำการจัดไว้ [4 – 8]

รูปที่ 1.1 แสดงข้อมูลภาพตัวอักษร

จากการทดสอบซอฟแวร์ OCR สำหรับภาษาไทยที่มีขายในขณะนี้ คือ ThaiOCR และ ArnThai พบว่าซอฟแวร์ทั้งสองไม่สามารถทำการรู้จำตัวอักษรได้ถูกต้อง 100 % โดยตัวอย่างการข้อมูลรูปภาพตัวอักษรที่ใช้ในการทดสอบนั้นแสดงไว้ในรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลรูปภาพที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางเพื่อแก้ปัญหาการรู้จำตัวอักษรให้มีความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ระบบการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการแยกข้อมูลภาพตัวอักษรออกจากเอกสาร
2. เพื่อศึกษาวิธีการในการระบุภาพตัวอักษรว่าเป็นตัวอักษรอยู่ที่ส่วนไหนของบรรทัด
3. เพื่อศึกษาโครงสร้างของตัวอักษรภาษาไทยว่ามีลักษณะจุดเด่นของขากี่ขา
4. เพื่อศึกษาโครงสร้างของตัวอักษรภาษาไทยว่ามีลักษณะจุดเด่นของขอบล่างว่าเปิดหรือปิด
5. เพื่อศึกษาโครงสร้างของตัวอักษรภาษาไทยว่ามีลักษณะจุดเด่นของขอบบนว่าเปิดหรือปิด
6. เพื่อศึกษาวิธีการในการรู้จำภาพตัวอักษรโดยการใช้ Neural Network แบบ ART1
7. เพื่อพัฒนาระบบการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

1.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

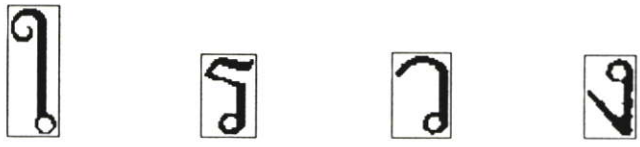
1.3.1 นิยามในส่วนต่าง ๆ ตัวอักษร

ส่วนของตัวอักษร หมายถึงภาพตัวอักษรที่อยู่ส่วนบน, ส่วนล่าง และ ส่วนกลางของบรรทัด โดยขอบเขตของงานวิจัยนี้มีดังนี้

- ไม่ขึ้นกับฟอนต์ของตัวอักษร (Multi-font)
- ใช้กับตัวอักษรตัวปรกติ (ตัวตรง)
- ไม่เป็นตัวอักษรที่ขาดในแนวต่าง ๆ
- วิเคราะห์เฉพาะตัวอักษรและสระเท่านั้น
- รูปแบบและตำแหน่งโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษรคือ ส่วนที่เป็นขา , ขอบล่าง และ ขอบบน ของตัวอักษร

จากนิยามดังกล่าวทำให้พบลักษณะเด่นของตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยมีลักษณะดังนี้

- ตัวอักษรที่มีขาเดียว



- ตัวอักษรที่มีสองขา

- ตัวอักษรที่มีสามขา

- ตัวอักษรที่มีขอบล่างเปิด

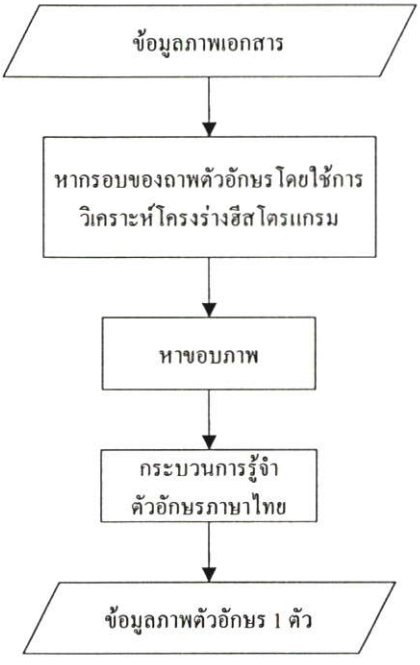
- ตัวอักษรที่มีขอบล่างปิด

- ตัวอักษรที่มีขอบบนเปิด

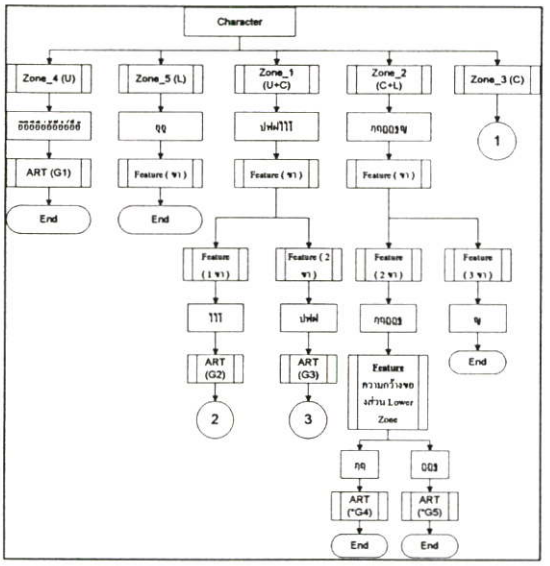
- ตัวอักษรที่มีขอบบนปิด

1.3.2 กระบวนการการรู้จำตัวอักษร

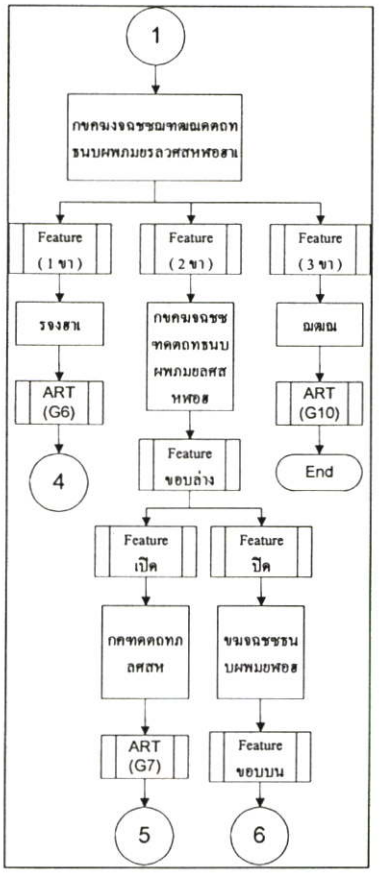
กระบวนการการรู้จำตัวอักษรแสดงได้ดัง รูปที่ 1.3 และ รูปที่ 1.4



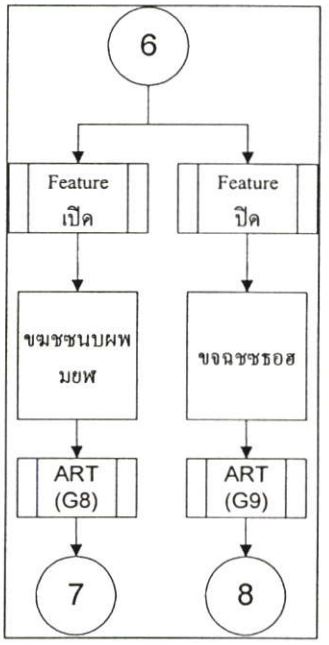
รูปที่ 1.3 แสดงกระบวนการรู้จำตัวอักษร



(ก)

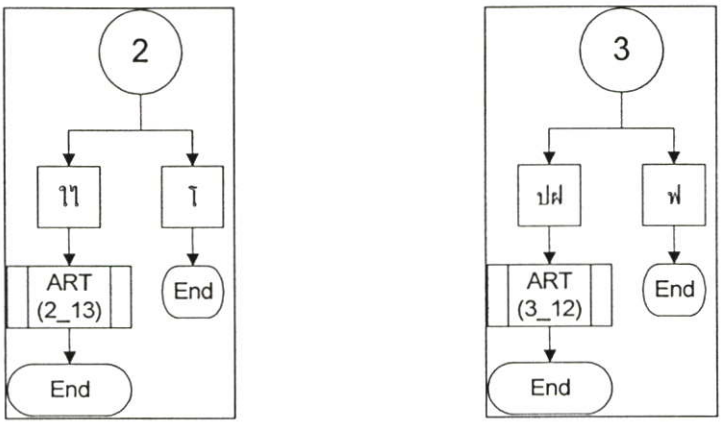


(ข)

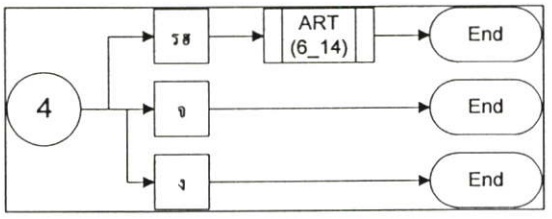


(ค)

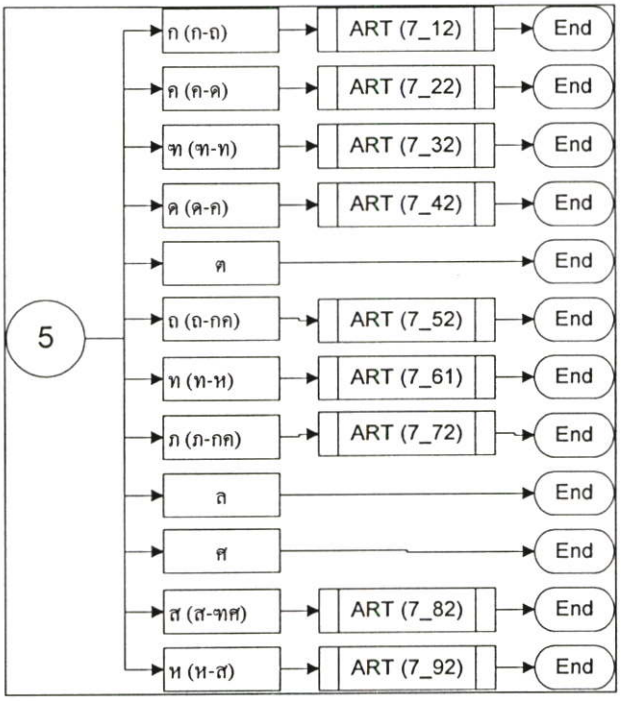
รูปที่ 1.4 แสดงกระบวนการรู้จำตัวอักษรภาษาไทย



(ฆ) (ง)

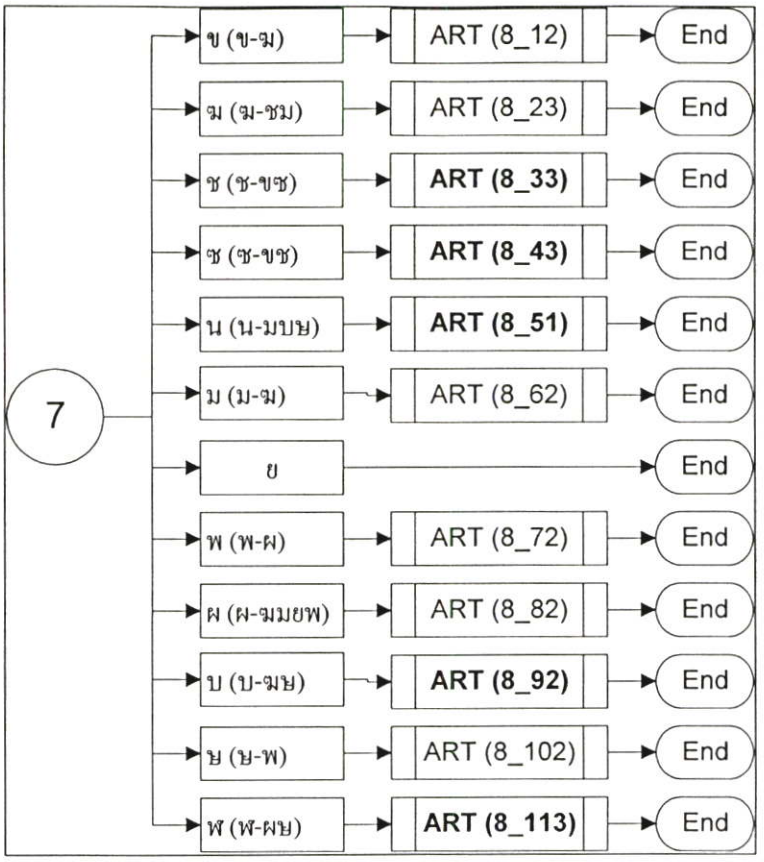


(จ)

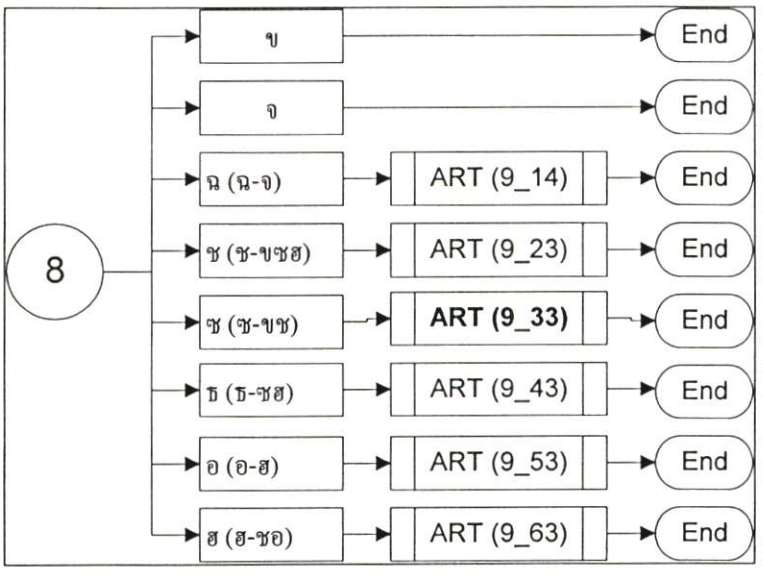


(ฉ)

รูปที่ 1.4 แสดงกระบวนการรู้จำตัวอักษรภาษาไทย (ต่อ)



(ช)



(ซ)

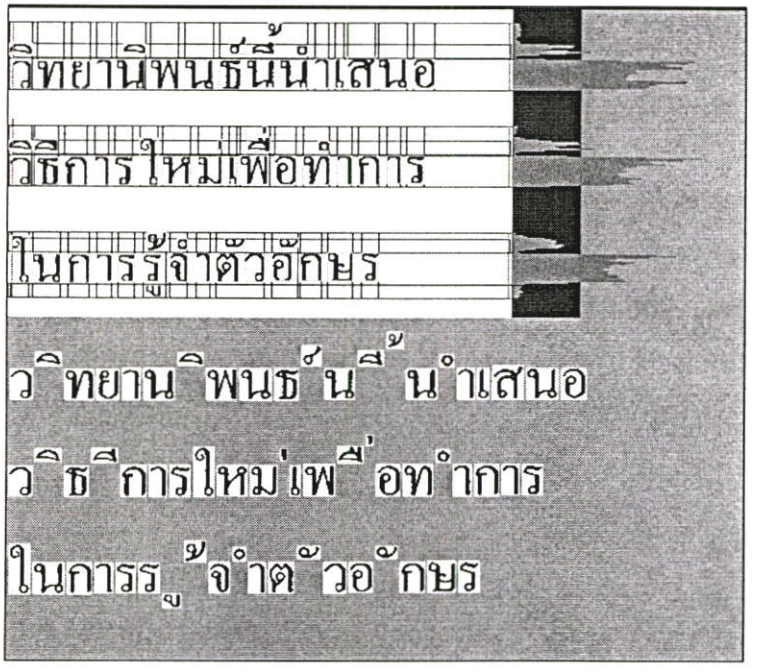
รูปที่ 1.4 แสดงกระบวนการรู้จำตัวอักษรภาษาไทย (ต่อ)

ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในงานวิจัยจะแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ

1. การประมวลผลภาพเบื้องต้น
2. การวิเคราะห์โครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร
3. กระบวนการรู้จำตัวอักษรโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1
4. กระบวนการตรวจสอบความผิดพลาดของ ART1 และทำการแก้ไข

1) การประมวลผลภาพเบื้องต้น

ภาพเอกสารที่เป็นอินพุตของระบบจะประกอบด้วยหลายบรรทัด ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะทำการแยกบรรทัดและแยกตัวอักษรแต่ละตัวออกจากบรรทัด โดยใช้ฮีสโตแกรม (Histogram) [9 - 10] และการหาขอบภาพ (Contour Algorithm) [11] ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้ตำแหน่งและขนาดของภาพตัวอักษรแต่ละตัว เรียกว่า กรอบตัวอักษร แล้วจัดเรียงลำดับภาพตัวอักษร ดังแสดงในรูปที่ 1.5

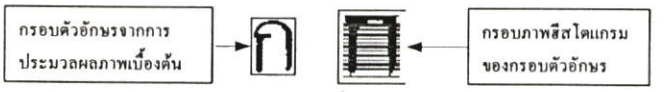


รูปที่ 1.5 แสดงการแยกบรรทัดและตัวอักษรโดยใช้ฮีสโตแกรม และการหาขอบภาพ

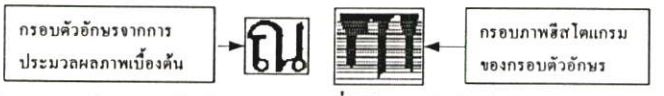
2) การวิเคราะห์โครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร

ขั้นตอนนี้จะนำกรอบตัวอักษรจากการประมวลผลภาพเบื้องต้นมาผ่านกระบวนการหาขอบภาพ หลักเกณฑ์ในการพิจารณาโครงสร้างว่าภาพตัวอักษรนั้นมีโครงสร้างลักษณะเด่นอะไรนั้นจะใช้วิธีการหาจากค่าของฮีสโตแกรมของภาพที่พบภายในกรอบตัวอักษร แสดงดังรูปที่ 1.6

ก) แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร 1 ขาที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร



ข) แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร 2 ขาที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร



ค) แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร 3 ขาที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

ง) แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบล่างเปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

จ) แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบล่างปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

ฉ) แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบบนเปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

รูปที่ 1.6 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษรทั้ง 7 แบบ

ช) แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบบนปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

รูปที่ 1.6 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษรทั้ง 7 แบบ (ต่อ)

ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบภาพคือจำนวนขาของตัวอักษร, ขอบล่าง และ ขอบบน ของกรอบภาพภายในกรอบตัวอักษรทำให้สามารถระบุความแตกต่างของตัวอักษรได้เป็นกลุ่มของตัวอักษรได้เพื่อที่จะนำกลุ่มที่ได้ไปสู่กระบวนการรู้จำตัวอักษรซึ่งจะมีขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นตอนในการหาขาของภาพตัวอักษร
2) ขั้นตอนในการหาว่าขอบล่างเปิดหรือปิด
3) ขั้นตอนในการหาว่าขอบบนเปิดหรือปิด

2.1) ขั้นตอนในการหาขาของภาพตัวอักษร

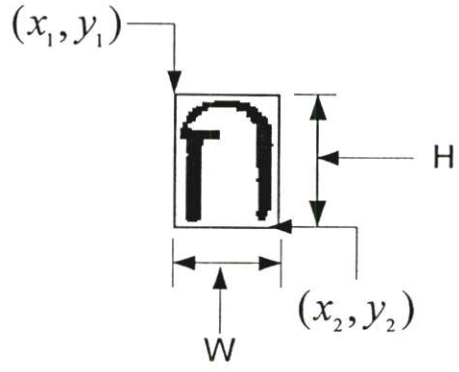
กำหนดพิกัดกรอบตัวอักษรที่ได้จากการประมวลผลภาพเบื้องต้นเป็น (x_1, y_1)และ (x_2, y_2)ดังรูปที่ 1.7 จากนั้นทำการหาค่าของ ฮีสโตแกรมในแนวแกน y

2.2) ขั้นตอนในการหาว่าขอบล่างเปิดหรือปิด

กำหนดพิกัดกรอบตัวอักษรที่ได้จากการประมวลผลภาพเบื้องต้นเป็น (x_1, y_1)และ (x_2, y_2)ดังรูปที่ 1.7 จากนั้นทำการหาค่าของ ฮีสโตแกรมในแนวแกน y

2.3) ขั้นตอนในการหาว่าขอบบนเปิดหรือปิด

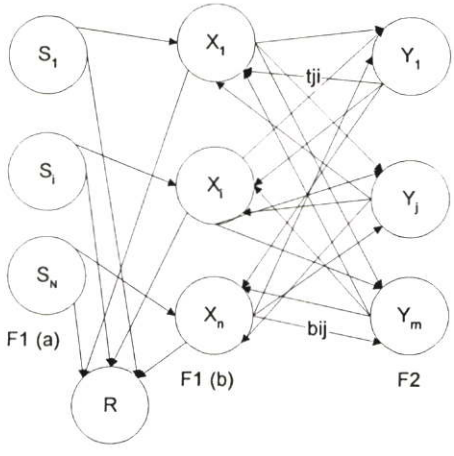
กำหนดพิกัดกรอบตัวอักษรที่ได้จากการประมวลผลภาพเบื้องต้นเป็น (x_1, y_1)และ (x_2, y_2)ดังรูปที่ 1.7 จากนั้นทำการหาค่าของ ฮีสโตแกรมในแนวแกน y



รูปที่ 1.7 แสดงขอบเขตของตัวอักษรในกรอบตัวอักษร

3) กระบวนการรู้จำตัวอักษรโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

ขั้นตอนนี้จะนำเอากลุ่มที่ได้จากการแบ่งด้วยลักษณะเด่นของตัวอักษรมาทำการรู้จำตัวอักษรโดยถ้ากลุ่มที่ได้จากลักษณะเด่นของโครงสร้างตัวอักษรที่สมาชิกหนึ่งตัวก็จะข้างกระบวนการนี้ไปแต่ถ้ากลุ่มที่ได้มีสมาชิกมากกว่าหนึ่งตัวอักษรก็จะนำมาวิเคราะห์ในกระบวนการนี้โดยใช้หลักการของ ART Neural Network ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART

4) กระบวนการตรวจสอบความผิดพลาดของ ART1 และทำการแก้ไข

ขั้นตอนนี้จะทำการเอาตัวอักษรที่ได้จากการรู้จำตัวอักษรจากข้อ 3 มาทำการตรวจสอบโดยจะเช็คว่าได้ตัวอักษรที่เกิดความผิดพลาดหรือไม่จากฐานข้อมูลถ้าตรงกันกับฐานข้อมูลใน

การรู้จำจะทำการตัดบางส่วนของรูปภาพตัวอักษรภาษาไทยออกบางส่วนแล้วทำการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมอีกครั้งหนึ่ง

1.4 แผนการดำเนินงาน

1. ศึกษาบทความและผลงานวิจัยต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้
2. เก็บข้อมูลตัวอย่างของตัวอักษร พร้อมจัดเก็บลงคอมพิวเตอร์
3. ศึกษาลักษณะโครงสร้างของตัวอักษรไทยเพื่อนำไปวิเคราะห์ลักษณะเด่นและตำแหน่ง
4. ออกแบบอัลกอริทึมในการวิเคราะห์ลักษณะเด่นของภาพตัวอักษร
5. ออกแบบอัลกอริทึมในการรู้จำตัวอักษรโดยใช้ Neural Network แบบ ART1
6. เขียนโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ลักษณะเด่นของภาพตัวอักษร และทำการจัดกลุ่มของตัวอักษร
7. เขียนโปรแกรมเพื่อรู้จำภาพตัวอักษร โดยใช้ Neural Network แบบ ART1
8. ทดลองรู้จำตัวอักษรกับข้อมูลที่จัดเก็บ
9. ทดสอบผลจากการรู้จำตัวอักษรว่ามีความถูกต้องเมื่อเทียบกับซอฟต์แวร์ที่ใช้งานจริง ThaiOCR และ ArnThai โดยทดสอบข้อมูลก่อนและหลังการรู้จำตัวอักษร
10. สรุปผลการดำเนินการ และรวบรวมนำจัดทำเอกสารนำเสนอเป็นงานวิจัย

บทที่ 2
การประมวลผลภาพเบื้องต้น

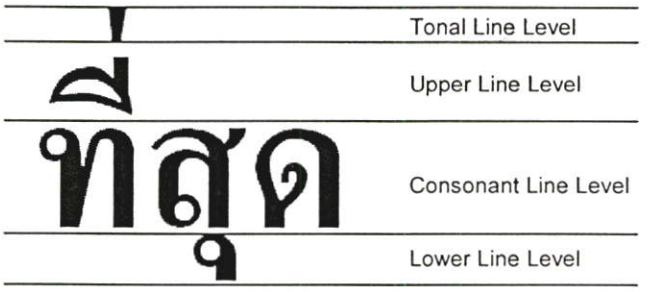
2.1 โครงสร้างของตัวอักษรภาษาไทย

ตัวอักษรภาษาไทยประกอบไปด้วย พยัญชนะ 44 ตัว และ สระ 32 ตัว และสัญลักษณ์ระดับเสียง 6 ระดับแสดงในรูปที่ 2.1

กขฃคฅฆงจฉช
ซฌญฎฏฐฑฒฌด
ตถทธนบปผฝพ
ฟภมยรลวศษส
หฬอฮ
อะอาอิอีอึอือุอูเอแอ
โอไอใอำอ่อ้อ๊อ๋อ์อั
อ็ฤๅ

รูปที่ 2.1 พยัญชนะและวรรณยุกต์ภาษาไทย

ภาษาไทยหนึ่งคำเป็นจะประกอบด้วย 4 ระดับ ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.2 ในระดับแรกเป็นสัญลักษณ์ระดับเสียง (Tonal Line Level) ประกอบด้วยวรรณยุกต์และการันต์ ระดับที่ สองเป็นสระระดับบน (Upper Line Level) ประกอบด้วย สระระดับบนและวรรณยุกต์ ระดับที่สามเป็นอักษรพยัญชนะ (Consonant Line Level) ประกอบด้วยพยัญชนะและสระระดับกลาง และระดับที่สี่เป็นสระระดับล่าง (Lower Line Level) สิ่งที่สังเกตได้ชัดเจนคือในระดับที่สามจะเป็นบริเวณที่กว้างมากที่สุดเสมอ ซึ่งเป็นสิ่งที่จะนำไปวิเคราะห์ในการแบ่งของรูปภาพเอกสารในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 2.2 ระดับพยัญชนะภาษาไทย

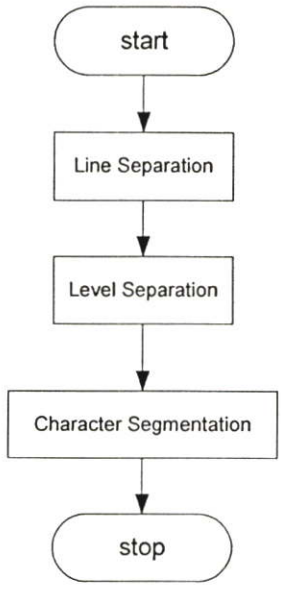
จากโครงสร้างของคำในภาษาไทยที่กล่าวมา สามารถทำการแบ่งตัวอักษรในภาษาไทยออกเป็น 4 กลุ่ม แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งตัวอักษรในภาษาไทยตามระดับโครงสร้างของคำ

Level	Character
Tonal	อ่อ้อ๋
Upper	อิอีอึอือำอ่อ้อ๊อ๋อ์อั
Consonant	กขฃคฅฆงจฉช ซฌญฎฏฐฑฒณด ตถทธนบปผฝพ ฟภมยรลวศษส หฬอฮ อะอาเอแอไอใอโอฤฦ
Lower	อุอูญ

2.2 การประมวลผลภาพเบื้องต้น

รูปภาพเอกสารที่เป็นอินพุตของระบบจะประกอบด้วหลายบรรทัด ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะทำการแยกบรรทัดและแยกตัวอักษรแต่ละตัวออกจากบรรทัด โดยใช้ฮีสโตแกรมและการหาขอบภาพ (Contour Algorithm) ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้ตำแหน่งและขนาดของภาพตัวอักษรแต่ละตัวเรียกว่า กรอบตัวอักษร แล้วจึงเรียงลำดับ การทำงานของการประมวลผลภาพเบื้องต้นสามารถแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.3 แสดงกระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้น

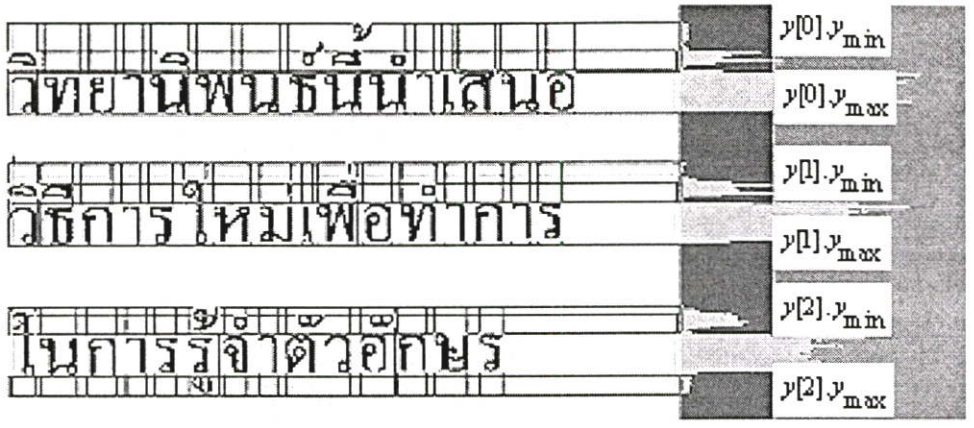
2.2.1 การแยกบรรทัด (Line Separation)

เป็นการนำทฤษฎี ฮีสโตแกรม มาช่วยในการหาระดับของภาพตัวอักษรในแต่ละบรรทัด เพื่อจะสามารถนำไปวิเคราะห์หาบรรทัดที่ปรากฏตัวอักษรในหน้าเอกสาร โดยใช้ฮีสโตแกรม ทางด้านแกน y หรือ Horizontal ฮีสโตแกรมเพื่อหาบรรทัดของหน้าเอกสารแล้วทำการเก็บจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดในแนวแกน y ของบรรทัด แล้วทำการเก็บเป็นลิสต์ของการแบ่งที่เกิดขึ้นทั้งหมดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาบรรทัด

การแบ่งบรรทัดจะพิจารณาจากการหา Horizontal ฮีสโตแกรมดังสมการ 2.1

$$His_y(y) = \sum_{x=0}^{x=x_{\max}} P(x,y) \qquad (2.1)$$

เมื่อ $P(x,y)$ เป็นจุดของภาพ และ $X_{\max}$ เป็นความกว้างของภาพ

รูปที่ 2.4 แสดงฮีสโตแกรมและการแบ่งบรรทัดโดยการวิเคราะห์ค่าฮีสโตแกรมในแนว y

รูปที่ 2.4 แสดง ฮีสโตแกรมในแนว y

จากรูปที่ 2.4 จะพบว่าส่วนที่อยู่ระหว่างบรรทัดจะเป็นส่วนที่มีค่าฮีสโตแกรมเป็นศูนย์และมีระยะที่กว้าง ซึ่งเงื่อนไขนี้จะทำให้สามารถแบ่งบรรทัดออกมาได้ ดังภาพตัวอย่างรูปที่ 2.4 จะได้ 3 บรรทัด แต่ละบรรทัดก็จะได้ขอบเขตของตำแหน่ง y เริ่มต้น y_{min} และ ตำแหน่งสุดท้าย y_{max}

เมื่อได้ขอบเขตแต่ละบรรทัดแล้วจะนำขอบเขตของแต่ละบรรทัดไปทำการแบ่งระดับของตัวอักษรในแต่ละบรรทัดโดยยึดถือตามโครงสร้างของตัวอักษรภาษาไทยซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

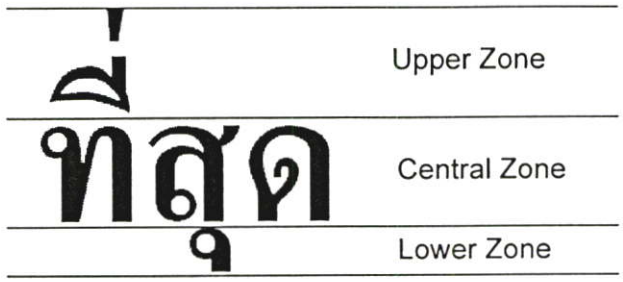
2.2.2 การหาระดับของตัวอักษร (Level Separation)

ขั้นตอนนี้จะทำการวิเคราะห์ค่า Horizontal ฮีสโตแกรมที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า เพื่อทำการแบ่งระดับของภาพตัวอักษรในแต่ละบรรทัด ซึ่งระดับของตัวอักษรจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

1) Upper Zone ประกอบด้วย ตัวอักษรในระดับ Tonal Line และUpper Line Level
2) Central Zone ประกอบด้วย ตัวอักษรในระดับ Consonant Line Level
3) Lower Zone ประกอบด้วย ตัวอักษรในระดับ Lower Line Level

ตัวอย่างระดับของตัวอักษรในหนึ่งบรรทัดแสดงดังรูปที่ 2.5

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.5 แสดงระดับของตัวอักษรทั้ง 3 ส่วนในบรรทัด 1 บรรทัดของภาษาไทย

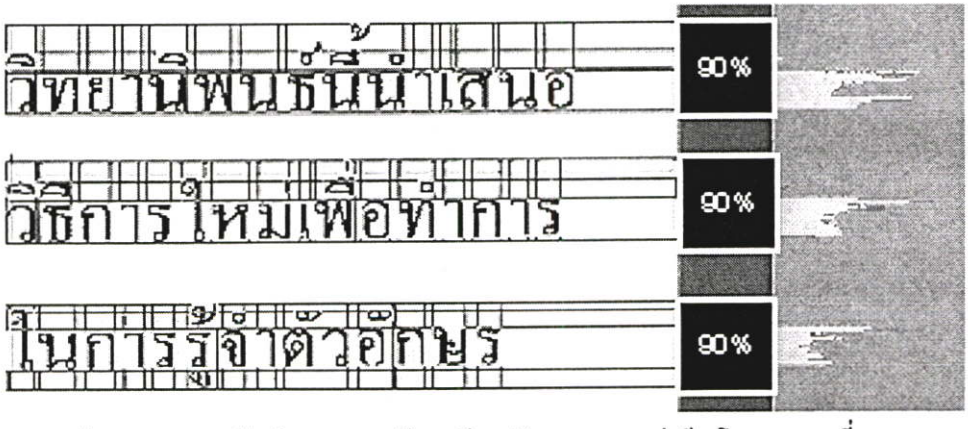
การแบ่งระดับจะเริ่มด้วยการหาค่าเฉลี่ยของค่า Horizontal ฮีสโตแกรมที่ได้ในแต่ละบรรทัดซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ 2.2

$$Average_Hist(line) = \frac{\sum_{i=y[line].y_{min}}^{y[line].y_{max}} His_y(i)}{y[line].y_{max} - y[line].y_{min}} \qquad (2.2)$$

เมื่อ His_y เป็นค่าฮีสโตแกรมตามแนว y

$y[line].y_{min}$ และ $y[line].y_{max}$ เป็นพิกัดขอบบนและขอบล่างของบรรทัด

หลักในการแบ่งระดับในแต่ละบรรทัดคือตำแหน่งที่มีค่า Horizontal ฮีสโตแกรมมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ยฮีสโตแกรมจะถือว่าเป็นส่วน Central Zone รูปที่ 2.6 แสดงค่า Horizontal ฮีสโตแกรมค่า 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ยฮีสโตแกรมในแต่ละบรรทัด



รูปที่ 2.6 แสดงค่า Horizontal ฮีสโตแกรม เปรียบเทียบกับ 90%ของค่าฮีสโตแกรมเฉลี่ย

จากรูปที่ 2.6 จะพบว่ากลุ่มหรือช่วงที่มีค่าฮีสโตแกรมมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ยฮีสโตแกรม (จากรูปคือแถบสีดำ) จะเป็นCentral Zone ในกรณีบรรทัดที่ 3 จะพบว่ามีค่าฮีสโตกรมบางส่วนที่มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของค่าฮีสโตแกรมแต่จะไม่นำมาเป็น Central Zone เนื่องจากในแต่ละบรรทัดจะต้องมี Central Zone 1 ส่วนเท่านั้น ดังนั้นจะเลือกช่วงของฮีสโตแกรมที่มีค่ากว้างที่สุดให้เป็นส่วน Central Zone ดังนั้นส่วนที่อยู่เหนือ Central Zone ก็จะเป็น Upper Zone และส่วนที่อยู่ล่าง Central Zone ก็จะเป็นส่วน Lower Zone

ระดับของตัวอักษรจะมีประโยชน์ในการระบุระดับของภาพตัวอักษรที่ได้จากการหาขอบเขตในขั้นตอน Character Segmentation ในขั้นตอนต่อไปและมีประโยชน์ในการใช้จัดเรียงตัวอักษรด้วย

2.2.3 การหาตำแหน่งและขนาดของภาพตัวอักษร (Character Segmentation)

ขั้นตอนนี้จะทำการหาตำแหน่งและขอบเขตของตัวอักษรแต่ละตัวพร้อมระบุระดับของตัวอักษรว่าอยู่ในระดับใดใน 3 ส่วนคือ Upper Zone, Central Zone และ Lower Zone จากนั้นจะทำการจัดเก็บลงลิงค์ลิสต์พร้อมจัดเรียงลำดับให้ถูกต้องตามลักษณะการพิมพ์ภาษาไทย

เพื่อให้การจัดเรียงลำดับทำได้ง่ายขึ้นในขั้นตอนแรกจะทำการแบ่งภาพตัวอักษรแบบหยาบๆ ก่อนโดยใช้ Vertical ฮีสโตแกรมแสดงได้ดังสมการ 2.3

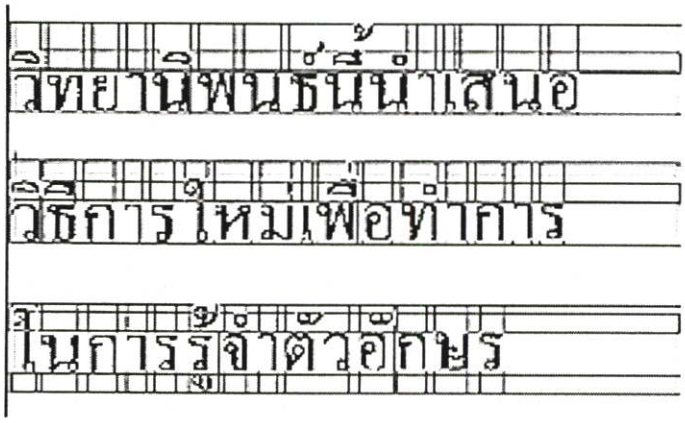
$$His_x(x) = \sum_{y=0}^{y=y_{\max}} p(x,y) \tag{2.3}$$

เมื่อ $P(x,y)$ เป็นจุดของภาพ และ $y_{\max}$ เป็นความสูงของบรรทัดที่แบ่งได้

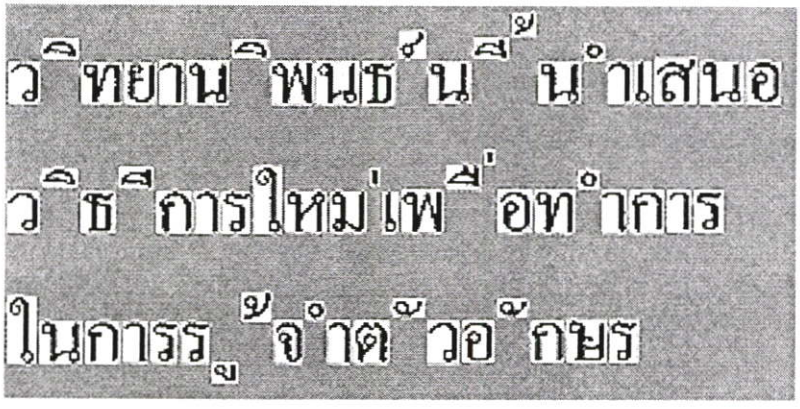
ตำแหน่งที่มีค่า Vertical ฮีสโตแกรม มากกว่า 0 จะเป็นตำแหน่งที่จะตัดแบ่ง ซึ่งผลของการตัดแบ่งอาจจะได้ตัวอักษรเพียงตัวเดียวหรือเป็นกลุ่มของตัวอักษรก็ได้ ขอบเขตที่ตัดแบ่งได้ในขั้นตอนนี้จะเรียกว่า Character Block

ขั้นตอนต่อไปนี้จะทำการไต่ขอบ (Tracing contour) ของภาพตัวอักษรที่อยู่ภายใน Character Block เพื่อหาขอบเขตของตัวอักษรแต่ละตัว แล้วทำการคัดลอกภาพตัวอักษรที่ไต่ขอบแล้วไปใส่ในโครงสร้างข้อมูลแบบลิงค์ลิสต์พร้อมจัดเรียงตามลักษณะการพิมพ์ตัวอักษรภาษาไทย ซึ่งภาพตัวอักษรแต่ละตัวที่คัดลอกออกมาจะเรียกว่า Character Frame

ผลที่ได้จากการไต่ขอบแสดงดังรูปที่ 2.7 และ Character Frame ที่เก็บในลิงค์ลิสต์ แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 แสดงการหาค่า Character Block



รูปที่ 2.8 แสดง Character Frame

ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้คือ Character Frame จะนำไปใช้ในโครงงานวิจัยเพื่อวิเคราะห์ลักษณะเด่นและการรู้จำตัวอักษรต่อไป

บทที่ 3
การรู้จำตัวอักษรตัวพิมพ์ภาษาไทย

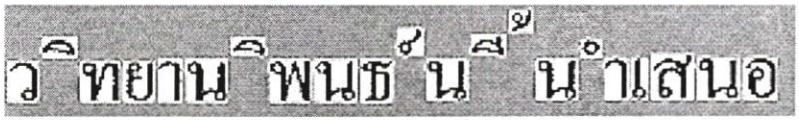
3.1 นิยามในส่วนต่าง ๆ ตัวอักษร

ส่วนของตัวอักษร หมายถึงภาพตัวอักษรที่อยู่ส่วนบน, ส่วนล่าง และ ส่วนกลางของบรรทัดเท่านั้น โดยรูปแบบในส่วนของตัวอักษรนั้นคือ ส่วนที่เป็นขา, ขอบล่าง และ ขอบบน ของตัวอักษร ตัวอย่างของตัวอักษรแสดงในรูปที่ 3.1

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอ

รูปที่ 3.1 แสดงภาพตัวอักษรภาษาไทย

เมื่อนำภาพจากรูปที่ 3.1 ที่มีตัวอักษรผ่านกระบวนการประมวลผลภาพเบื้องต้น (กล่าวในบทที่ 2) จะได้ผลลัพธ์ที่เป็น Character Frame ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงกรอบตัวอักษรที่ได้จากการประมวลผลภาพเบื้องต้น

Character Frame ทั้งหมดจะถูกนำมาทำการลักษณะเด่นของตัวอักษรโดยแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ จำนวนขาของตัวอักษร, ลักษณะเด่นของขอบล่างของตัวอักษร และ ลักษณะเด่นของขอบบนของตัวอักษร

3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างของตัวอักษร

ลักษณะเด่นของตัวอักษรตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถก่อให้เกิดรายละเอียดย่อยในส่วนต่างได้ดังนี้ ส่วนของจำนวนขาตัวอักษรนั้นสามารถที่จะทำการแบ่งเป็นประเภทย่อยได้อีก 3 ประเภทคือ

จำนวนขา 1 ขา, จำนวนขา 2 ขา และจำนวนขา 3 ขา ส่วนลักษณะเด่นของขอบล่างของตัวอักษรนั้น สามารถทำการแบ่งเป็นประเภทย่อยได้อีก 2 ประเภทคือ ขอบล่างเปิด และขอบล่างปิด ส่วนลักษณะเด่นของขอบบนก็สามารถที่จะทำการแบ่งเป็นประเภทย่อยได้อีก 2 ประเภทคือ ขอบบนเปิด และขอบบนปิดโดยลักษณะเด่นดังที่ได้กล่าวมามีรูปดังนี้

- ตัวอักษรที่มีขาเดียว

- ตัวอักษรที่มีสองขา

- ตัวอักษรที่มีสามขา

- ตัวอักษรที่มีขอบล่างเปิด

- ตัวอักษรที่มีขอบล่างปิด

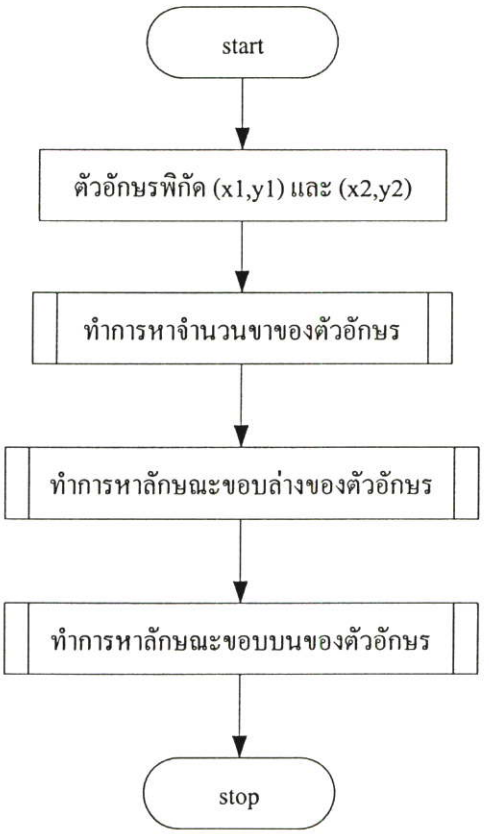
- ตัวอักษรที่มีขอบบนเปิด

- ตัวอักษรที่มีขอบบนปิด

โดยในการออกแบบงานวิจัยของส่วนของลักษณะเด่นของตัวอักษรภาษาไทยสามารภแบ่งออกได้เป็น

1. ลักษณะเด่นของขาตัวอักษร 1 ขา
2. ลักษณะเด่นของขาตัวอักษร 2 ขา โดยขอบล่างเปิด และขอบบนปิดของตัวอักษร
3. ลักษณะเด่นของขาตัวอักษร 2 ขา โดยขอบล่างปิด และขอบบนเปิดของตัวอักษร
4. ลักษณะเด่นของขาตัวอักษร 2 ขา โดยขอบล่างปิด และขอบบนปิดของตัวอักษร
5. ลักษณะเด่นของขาตัวอักษร 3 ขา

โดยการทำงานรวมสามารถแสดงได้ดังนี้รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ผังแสดงการทำงานโดยรวมของการหาลักษณะเด่นของตัวอักษร

3.3 โครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร

3.3.1 โครงสร้างลักษณะเด่นของขาตัวอักษร

ลักษณะเด่นของขาตัวอักษรในภาษาไทยที่พบจะสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มหลักๆ ได้เป็น

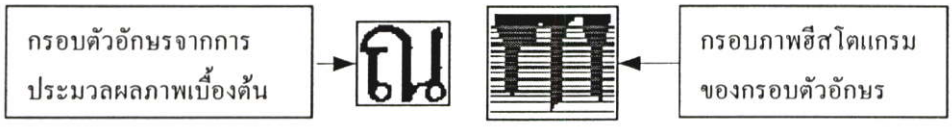
- ลักษณะของขา 1 ขา ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร 1 ขา ที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

- ลักษณะเด่นของขา 2 ขารูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร 2 ขา ที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

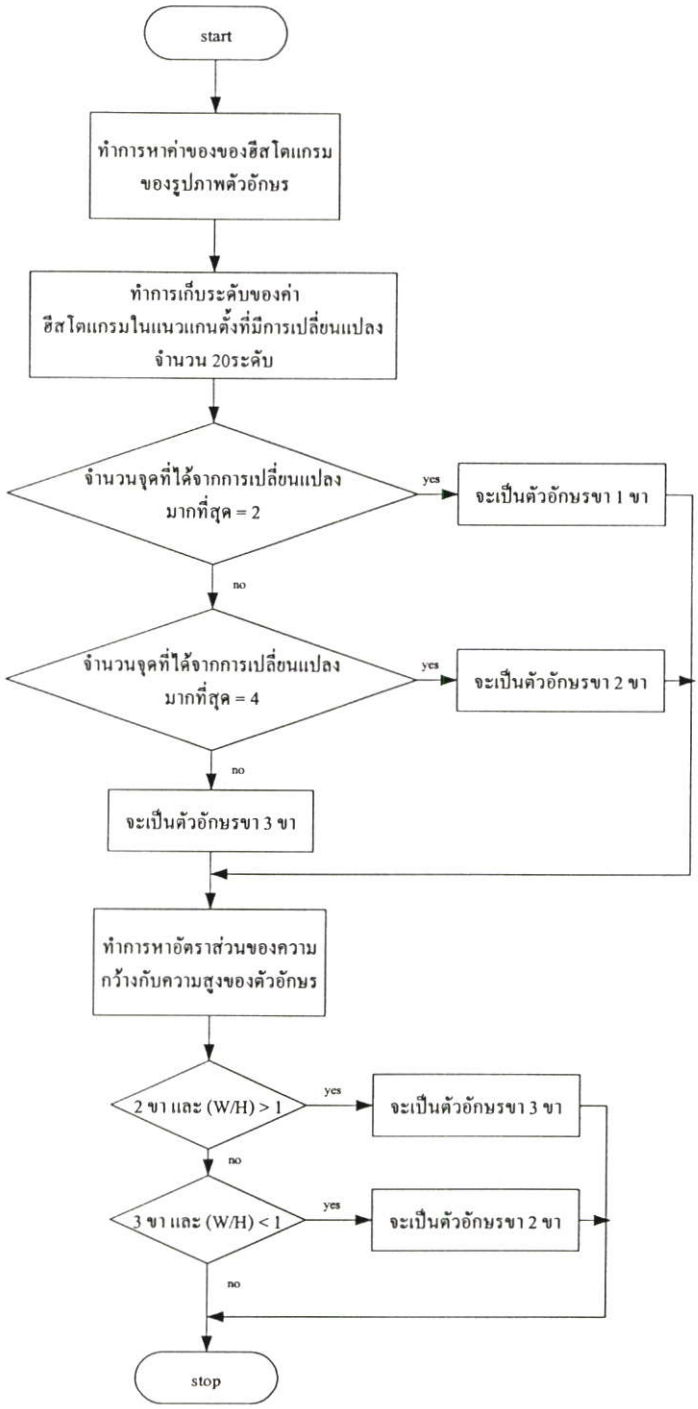
- ลักษณะเด่นของขา 3 ขารูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษร 2 ขา ที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

จากลักษณะของขาดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่า ในการหาจำนวนขานั้นสามารถที่จะทำการหาได้จากค่าของฮีสโตแกรมในแนวตั้ง (แกน y) และหาค่าทางสถิติของแนวที่หาได้ในฮีสโตแกรม จากนั้นจะทำการหาอัตราส่วนของความกว้างต่อความสูงของตัวอักษรนั้น โดยจะกำหนดพิกัดขอบเขตของ

ตัวอักษรเป็นตัวอักษร (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) ส่วนค่าความสูงของตัวอักษร H และ ส่วนกว้างของตัวอักษร W ดังรูปที่ 1.7 (บทที่ 1) โดยขั้นตอนในการทำงานจะมีขั้นตอนดังที่แสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ผังแสดงการทำงานโดยรวมของการหาจำนวนขาของตัวอักษรภาษาไทย

3.3.2 โครงสร้างลักษณะเด่นของขอบล่างตัวอักษร

ลักษณะเด่นของขาตัวอักษรในภาษาไทยที่พบจะสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มหลักๆ ได้เป็น

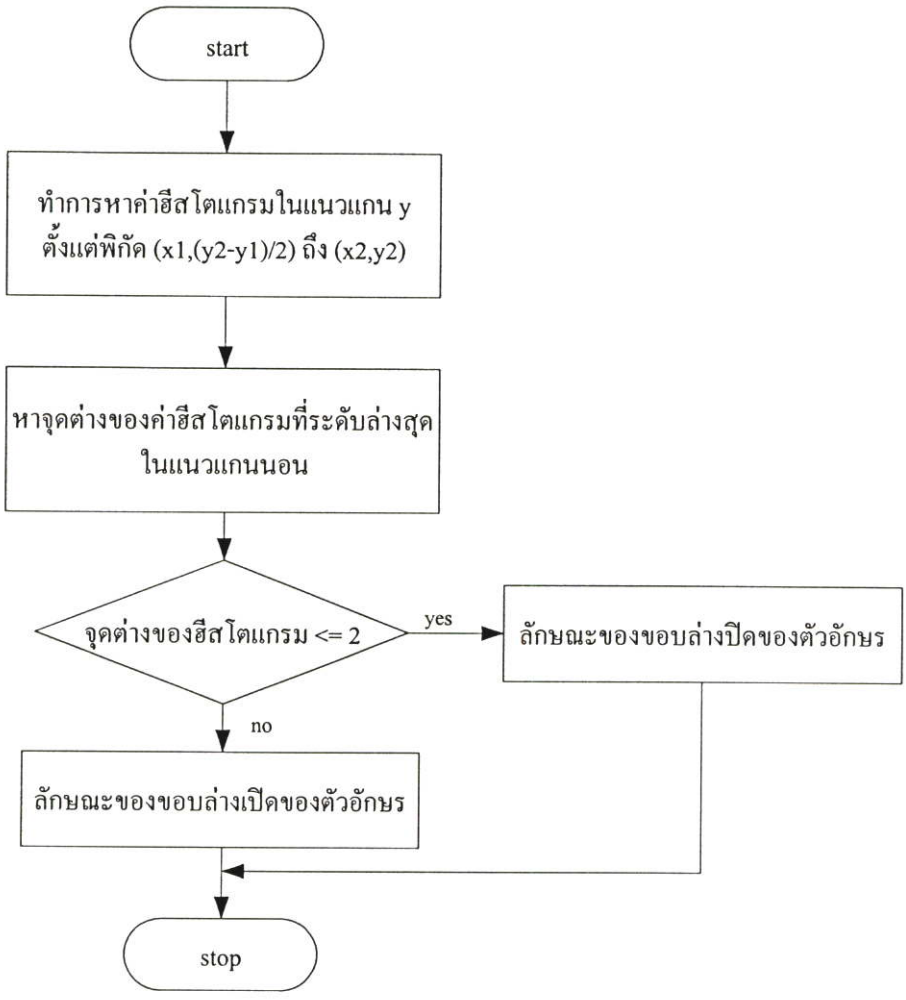
- ลักษณะขอบล่างเปิด ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบล่างเปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

- ลักษณะขอบล่างเปิด ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบล่างปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

จากลักษณะของขอบล่างดังกล่าวได้ว่า ในการหาลักษณของขอบล่างว่าเปิดหรือปิดนั้นจะทำการหากับกลุ่มชนิดของตัวอักษรประเภท 2 ขาเท่านั้น โดยจะทำการหาค่าของฮีสโตแกรมจากพิกัดของตัวอักษรตั้งแต่ $(x_1,(y_2-y_1)/2)$ ถึง (x_2,y_2) ดังรูปที่ 1.7 (บทที่ 1) จากนั้นจะทำการหาจุดต่างของค่าฮีสโตแกรมที่ระดับล่างสุดในแนวแกนนอน โดยขั้นตอนในการทำงานจะมีขั้นตอนดังที่แสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ผังแสดงการทำงานโดยรวมของการหาขอบล่างเปิดหรือปิดของตัวอักษรภาษาไทย

3.3.3 โครงสร้างลักษณะเด่นของขอบบนตัวอักษร

ลักษณะเด่นของขาตัวอักษรในภาษาไทยที่พบจะสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มหลักๆ ได้เป็น

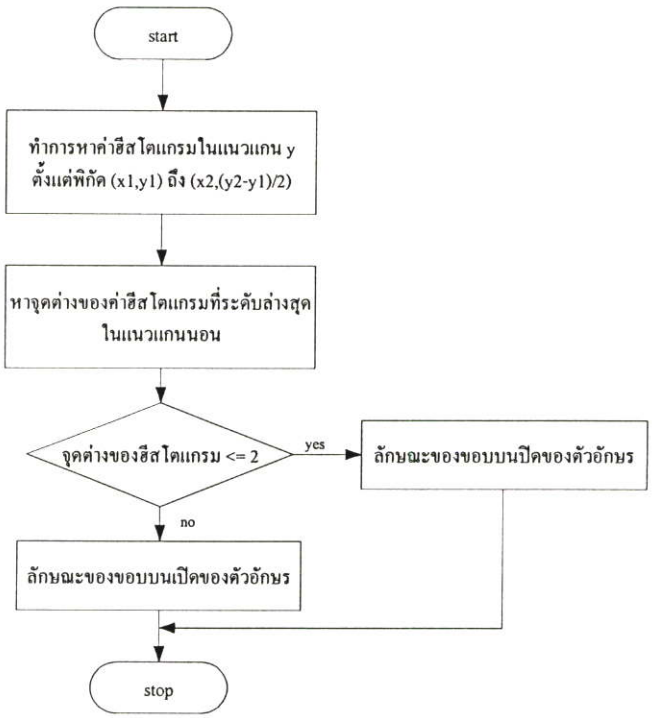
- ลักษณะขอบบนเปิด ดังรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบบนเปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

- ลักษณะขอบบนเปิด ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขอบบนปิดที่ได้จากค่าฮีสโตแกรมของกรอบตัวอักษร

จากลักษณะของขอบล่างดังกล่าวได้ว่า ในการหาลักษณของขอบล่างว่าเปิดหรือปิดนั้นจะทำการหากับกลุ่มชนิดของตัวอักษรประเภท 2 ขาเท่านั้น โดยจะทำการหาค่าของฮีสโตแกรมจากพิกัดของตัวอักษรตั้งแต่ (x_1, y_1)ถึง $(x_2, (y_2 - y_1)/2)$ ดังรูปที่ 1.7 (บทที่ 1) จากนั้นจะทำการหาจุดต่างของค่าฮีสโตแกรมที่ระดับล่างสุดในแนวแกนนอน โดยขั้นตอนในการทำงานจะมีขั้นตอนดังที่แสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ผังแสดงการทำงานโดยรวมของการหาขอบล่างเปิดหรือปิดของตัวอักษรภาษาไทย

3.4 กระบวนการรู้จำตัวอักษรโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

ขั้นตอนนี้จะนำเอากลุ่มที่ได้จากการแบ่งด้วยลักษณะเด่นของตัวอักษรมาทำการรู้จำตัวอักษร โดยถ้ากลุ่มที่ได้จากลักษณะเด่นของโครงสร้างตัวอักษรที่สมาชิกหนึ่งตัวก็จะข้างกระบวนการนี้ไปแต่ถ้ากลุ่มที่ได้มีสมาชิกมากกว่าหนึ่งตัวอักษรก็จะนำมาวิเคราะห์ในกระบวนการนี้โดยใช้หลักการของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1 ดังรูปที่ 1.8

3.4.1 โครงสร้างของโครงข่าย ART Neural Network

แบบจำลอง ART ได้ทำการพัฒนาเป็น 2 ประเภท คือ 1. แบบจำลอง ART ซึ่งรับค่าอินพุทเป็นค่า 0 กับ 1 (ART I) และ แบบจำลองที่รับค่าอินพุทในลักษณะค่าที่ต่อเนื่องกัน (ART II) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการใช้แบบจำลองของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART ที่มีการรับค่าอินพุทเป็น 0 กับ 1 โดยในโครงสร้าง ART มีส่วนสำคัญ เป็นได้เป็น 3 ส่วน คือ เลเยอร์ F1, เลเยอร์ F2 และ หน่วย R ซึ่งเป็น Threshold ที่ทำหน้าที่ ตัดสินใจว่า ค่าอินพุทที่เข้ามาควรจะอยู่ในโหนดใดของ เอาท์พุท ซึ่งเป็นค่าที่ ผู้ใช้สามารถกำหนดได้ตามความเหมาะสม ส่วนเลเยอร์ F1 เป็นโหนดอินพุท และ เลเยอร์ F2 เป็นโหนดเอาท์พุท ดังรูปที่ 1.8

ในโหนดเลเยอร์ F1 จะประกอบไปด้วย 2 เลเยอร์ย่อย คือ ส่วนอินพุทเลเยอร์ F1(a) และอินเตอร์เฟสเลเยอร์ F1(b) โดยที่ F1(a) จะทำการรับข้อมูลเป็น 0 กับ 1 และส่งข้อมูลไปให้กับ F1(b) ระหว่างเลเยอร์ F1 และ F2 จะมีค่าน้ำหนักที่ใช้ในการเชื่อมต่อทั้งหมด 2 ชุด คือ ชุดน้ำหนัก b (bottom-up weight) และ t (top-down weight) ซึ่งชุดน้ำหนัก b จะเชื่อมอย่างทั่วถึงระหว่าง เลเยอร์ F1(b) และ F2 ส่วนชุดน้ำหนัก t จะเชื่อมอย่างทั่วถึงระหว่างชั้น F2 และ F1(b) โดยการตัดสินใจว่าโหนดใดควรที่จะทำการเรียนรู้ซึ่งจะทำการหาโหนดที่ชนะดังสมการที่

$$Y_j = \sum_{i=1}^{n} (b_{ij} * I_i) \qquad (3.1)$$

$$Y_J = Max(Y_j) \qquad (3.2)$$

เมื่อ

Y_J เป็น ค่าโหนดในเลเยอร์ F2 ที่มีค่ามากที่สุด ในโหนด J

เมื่อได้โหนดชนะ J ที่มีค่ามากที่สุดแล้ว ก็ทำการหาโหนดที่จะใช้ในการฝึก จะต้องพิจารณาความคล้ายของอินพุท S ที่เข้ามาฝึกกับค่าน้ำหนักของโหนดที่ชนะที่ได้ฝึกไว้แล้ว โดยในการวัดความคล้ายทำได้โดยใช้น้ำหนัก t_{ji} ซึ่งจะใช้ในการเก็บค่าจุดที่ซ้ำกันระหว่างอินพุทใหม่ที่เข้ามาฝึก กับค่าอินพุทเดิมที่ได้ฝึกไว้แล้ว ดังนั้น ความคล้ายของโหนดกับอินพุทสามารถ

ทำการวัดได้โดยการหาอัตราส่วนจุดที่ซ้ำระหว่าง t_{ji} กับ I_i และทำการนับจำนวนว่ามีจุดซ้ำกี่จุด แล้วจึงนำมา normalize กับขนาดของอินพุทที่มีค่าเป็น 1 เรียกว่า ratio

$$ratio = \frac{\sum_{i=1}^{n}(t_{ji} * I_i)}{\sum_{i=1}^{n} I_i} \qquad \text{ที่ } I_i \text{ มีค่าเป็น 1} \qquad (3.3)$$

โดยโหนดที่จะทำการเรียนรู้ต้องมีความคล้ายมากกว่าหรือ เท่ากับ ρ ในกรณีที่โหนดชนะมีค่าความคล้ายน้อยกว่าค่า ρ จะทำการหาค่าโหนดชนะไม่โดยนำค่า Y_j ที่มีค่าสูงสุดรองลงมาไปมาเป็นโหนดชนะ และ ทดสอบความคล้ายจนกว่าจะพบโหนดที่มีความคล้ายเกินค่า ρ และทำการปรับน้ำหนักตามสมการที่

$$X_i = t_{ji} * I_i \qquad (3.4)$$

$$\|X\| = \sum_{i=1}^{n}(t_{ji} * I_i) \qquad (3.5)$$

$$t_{ji} = X_i \qquad (3.6)$$

$$b_{ij} = \frac{L * X_i}{(L - 1 + \|X\|)} \qquad (3.7)$$

กรณีที่ไม่มีโหนดดังกล่าวก็จะทำการสร้างโหนดใหม่เก็บ Pattern I และให้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นของ t_{ji} เป็นค่าอินพุท I_i และ initial weight b_{ij} ตามสมการที่ 3.8

$$t_{ji}(NEW) = I_i \qquad (3.8)$$

$$b_{ij}(NEW) = \frac{L * I_i}{(L - 1 + \sum_{i=1}^{n} I_i)} \qquad (3.9)$$

3.4.2 การปรับค่าน้ำหนักของ ART

ART มีชุดน้ำหนัก 2 ชุดคือ b และ t การปรับน้ำหนักของ b และ t จะปรับน้ำหนักเฉพาะจุดที่ซ้ำกัน (Intersection) ระหว่าง t_{ji} กับค่าของอินพุท X_i โดยจุดที่ซ้ำของชุดน้ำหนัก t จะให้ค่าเป็น 1 และจุดที่ไม่ซ้ำจะให้ค่าเป็น 0 ดังรูปที่ 6 ส่วนชุดน้ำหนัก b จุดซ้ำจะให้ค่า

น้ำหนักตามสามาการที่ และค่า 0 สำหรับจุดที่ไม่ซ้ำ จากตัวอย่างดังรูปที่ 6 ค่าน้ำหนักใหม่ของ b_{ij} กำหนดได้ดังนี้

L คือ ค่าพารามิเตอร์ที่ให้ในการปรับค่าน้ำหนัก ซึ่งจะมีค่ามากกว่า 2 ในงานวิจัยนี้ให้ค่า L มีค่าเป็น 2

X_i คือ จุดที่ Intersect กันระหว่างจุดของอินพุท I กับจุดของโหนดเรียน J= 0 หรือ 1

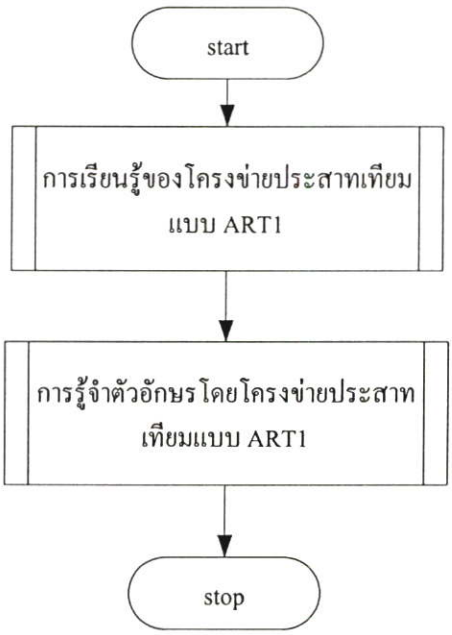
$\|X\|$ คือ จำนวนจุดที่ Intersect กันระหว่างจุดของอินพุท I กับจุดของโหนดเรียน J = 41

$$b_{ij} = \frac{L * X_i}{(L - 1 + \|X\|)} \qquad (3.10)$$

$$b_{ij} = \begin{cases} 0 \\ 0.047 \end{cases} \qquad \text{ขึ้นกับว่าเป็นจุดซ้ำ หรือ ไม่}$$

3.4.3 ขั้นตอนในการจัดขบวนการรู้จำตัวอักษรโดยใช้ ART1

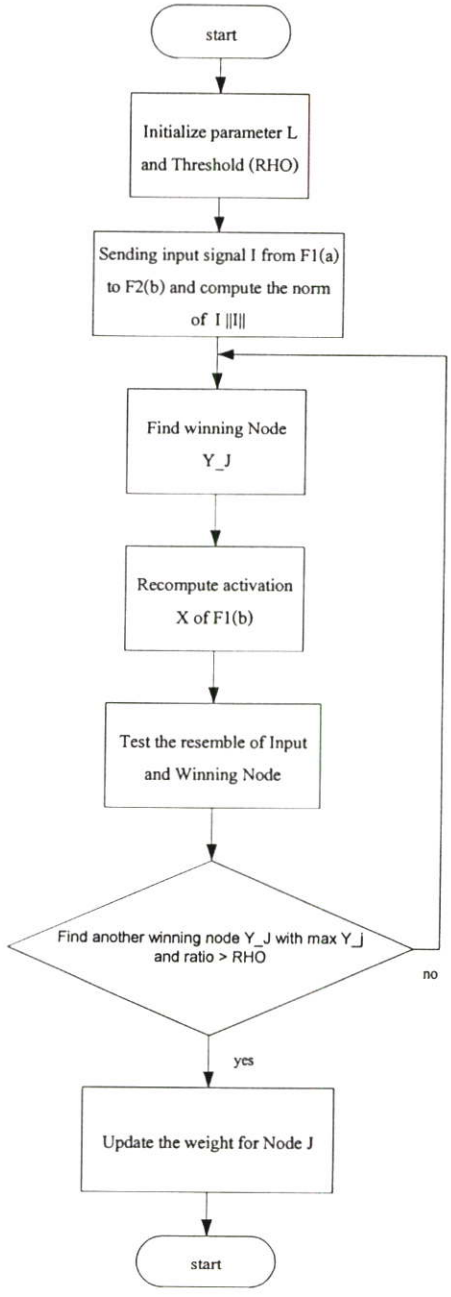
ในการใช้งานโครงข่ายประสาทเทียมในงานวิจัยนี้จะมีขั้นตอนโดยรวมดังนี้



รูปที่ 3.14 ผังแสดงการทำงานรวมของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

3.4.4 ขั้นตอนการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

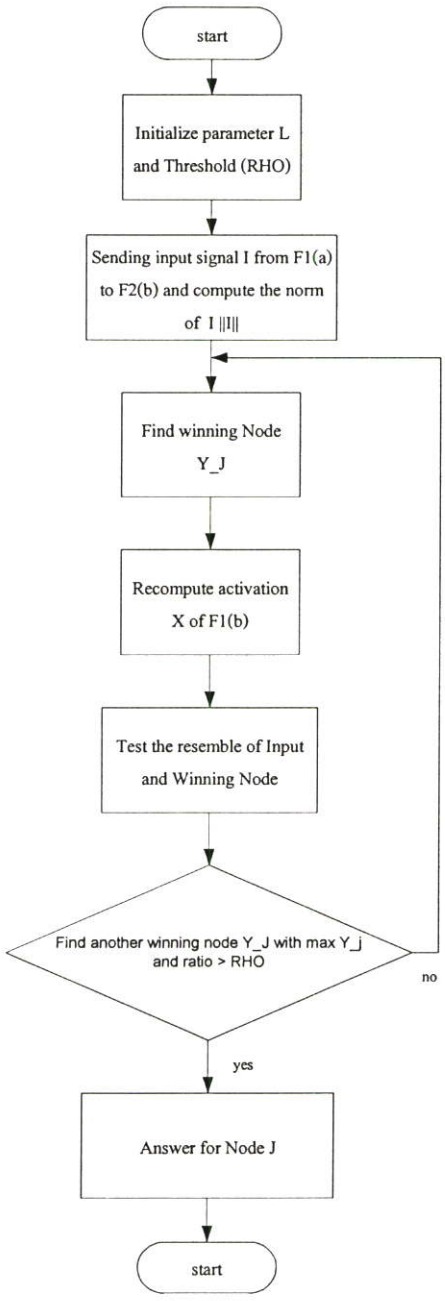
ในขั้นตอนนี้ จะนำเอาตัวอักษรที่ทำการจัดกลุ่มโดยการใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษรมาทำให้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมทำการเรียนรู้โดยขั้นตอนในการทำงานจะมีขั้นตอนดังที่แสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ผังแสดงการทำงานในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

3.4.5 ขั้นตอนการรู้จำตัวอักษรของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

ในขั้นตอนนี้ จะนำเอาตัวอักษรที่ทำการจัดกลุ่มโดยการใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษรมาทำการรู้จำโดยใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมโดยขั้นตอนในการทำงานจะมีขั้นตอนดังที่แสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ผังแสดงการทำงานในการรู้จำของโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

3.5 โครงสร้างลักษณะเด่นของตัวอักษรที่คล้ายกัน

ขั้นตอนนี้จะเป็นการทำการตรวจสอบความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษรซึ่งหลังจากผ่านโครงข่ายประสาทเทียมนั้น จะมีตัวอักษรบางตัวที่เกิดความผิดพลาดอยู่ ซึ่งเราได้ทำการใช้ลักษณะเด่นอีกครั้งเพื่อที่จะทำการแยกส่วนที่เหมือนกันของตัวอักษรออกและจึงเข้าสู่ระบบกระบวนการรู้จำอีกรอบหนึ่งด้วยโครงข่ายประสาทเทียม โดยได้ทำการแบ่งลักษณะเด่นที่เหมือนกันออกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

- ส่วนขาหน้าของตัวอักษรที่คล้ายกัน
- ส่วนขาหลังของตัวอักษรที่คล้ายกัน
- ส่วนบนของตัวอักษรที่คล้ายกัน
- ส่วนล่างของตัวอักษรที่คล้ายกัน

3.5.1 ส่วนขาหน้าของตัวอักษรที่คล้ายกัน

โดยจะทำการตัดขาหน้าของตัวอักษรจากค่าค่าฮีสโตแกรม

รูปที่ 3.17 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขาหน้าที่เหมือนกันของกรอบตัวอักษร

3.5.2 ส่วนขาหลังของตัวอักษรที่คล้ายกัน

โดยจะทำการตัดขาหลังของตัวอักษรจากค่าค่าฮีสโตแกรม

รูปที่ 3.18 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของขาหลังที่เหมือนกันของกรอบตัวอักษร

3.5.3 ส่วนบนของตัวอักษรที่คล้ายกัน

โดยจะทำการตัดส่วนบนของตัวอักษรของ 1/2 ของความสูง

รูปที่ 3.19 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของส่วนบนที่เหมือนกันของกรอบตัวอักษร

3.5.4 ส่วนล่างของตัวอักษรที่คล้ายกัน

โดยจะทำการตัดส่วนล่างของตัวอักษรของ 1/2 ของความสูง

รูปที่ 3.20 แสดงโครงสร้างลักษณะเด่นของส่วนล่างที่เหมือนกันของกรอบตัวอักษร

บทที่ 4

ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมโดยใช้ Microsoft Visual C++ เวอร์ชั่น 6.0 และทำการทดลองกับข้อมูลที่ได้มาจากข้อมูลเอกสารที่มีการสแกนภาพที่ความละเอียด 600 จุด, 300 จุด และนำข้อมูลภาพที่ได้มาทำการรู้จำตัวอักษร โดยทำการตรวจสอบความถูกต้องของแต่ละกลุ่มของตัวอักษรภาษาไทย โดยมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

- ตารางที่ 4.1 และ 4.2 เป็นการแสดงความถูกต้องในการรู้จำตัวอักษร โดยใช้วิธีการหาลักษณะเด่นและโครงข่ายประสาทเทียมของตัวอักษรภาษาไทย

ตารางที่ 4.1 แสดง ความถูกต้องของ Font ที่ scanning 300dpi ขนาดตัวอักษร 12, 14 และ 16 ที่ใช้ทั้ง Feature Matching และโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

ชื่อ Font	จำนวนตัวอักษร	ความถูกต้องคิดเป็น %
AngsanaUPC ขนาด 12	30,000	100
AngsanaUPC ขนาด 14	30,000	100
AngsanaUPC ขนาด 16	30,000	100
AngsanaNew ขนาด 12	30,000	100
AngsanaNew ขนาด 14	30,000	100
AngsanaNew ขนาด 16	30,000	100
BrowalliaUPC ขนาด 12	30,000	100
BrowalliaUPC ขนาด 14	30,000	100
BrowalliaUPC ขนาด 14	30,000	100
BrowalliaNew ขนาด 12	30,000	100
BrowalliaNew ขนาด 14	30,000	100
BrowalliaNew ขนาด 14	30,000	100
CordiaUPC ขนาด 12	30,000	100
CordiaUPC ขนาด 14	30,000	100

ตารางที่ 4.1 แสดง ความถูกต้องของ Font ที่ scanning 300dpi ขนาดตัวอักษร 12, 14 และ 16 ที่ใช้ทั้ง Feature Matching และโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1 (ต่อ)

ชื่อ Font	จำนวนตัวอักษร	ความถูกต้องคิดเป็น %
CordiaUPC ขนาด 16	30,000	100
CordiaNew ขนาด 12	30,000	100
CordiaNew ขนาด 14	30,000	100
CordiaNew ขนาด 16	30,000	100
DilleniaUPC ขนาด 12	30,000	100
DilleniaUPC ขนาด 14	30,000	100
DilleniaUPC ขนาด 16	30,000	100
EucrosiaUPC ขนาด 12	30,000	100
EucrosiaUPC ขนาด 14	30,000	100
EucrosiaUPC ขนาด 16	30,000	100
FreesiaUPC ขนาด 12	30,000	100
FreesiaUPC ขนาด 14	30,000	100
FreesiaUPC ขนาด 16	30,000	100
IrisUPC ขนาด 12	30,000	100
IrisUPC ขนาด 16	30,000	100
JamineUPC ขนาด 12	30,000	100
JamineUPC ขนาด 14	30,000	100
JamineUPC ขนาด 16	30,000	100

ตารางที่ 4.2 แสดงความถูกต้องของเอกสารสิ่งพิมพ์ที่ Scanning 300 dpi และ 600 dpiที่ใช้ทั้ง Feature Matching และโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1

ที่มาของเอกสาร	ความละเอียดในการสแกน	จำนวนตัวอักษร	ความถูกต้องคิดเป็น %
หนังสือพิมพ์	300	10000	95
หนังสือพิมพ์	600	10000	98
วารสาร	300	10350	97
วารสาร	600	10350	99

หมายเหตุ

A1_12 คือ AngsanaUPC ขนาด 12
A1_14 คือ AngsanaUPC ขนาด 14
A1_16 คือ AngsanaUPC ขนาด 16
A2_12 คือ AngsanaNew ขนาด 12
A2_14 คือ AngsanaNew ขนาด 14
A2_16 คือ AngsanaNew ขนาด 16
D1_12 คือ DilleniaUPC ขนาด 12
D1_14 คือ DilleniaUPC ขนาด 14
D1_16 คือ DilleniaUPC ขนาด 16
I1_12 คือ IrisUPC ขนาด 12
I1_14 คือ IrisUPC ขนาด 14
I1_16 คือ IrisUPC ขนาด 16

B1_12 คือ BrowalliaUPC ขนาด 12
B1_14 คือ BrowalliaUPC ขนาด 14
B1_16 คือ BrowalliaUPC ขนาด 14
B2_12 คือ BrowalliaNew ขนาด 12
B2_14 คือ BrowalliaNew ขนาด 14
B2_14 คือ BrowalliaNew ขนาด 14
E1_12 คือ EucrosiaUPC ขนาด 12
E1_14 คือ EucrosiaUPC ขนาด 14
E1_16 คือ EucrosiaUPC ขนาด 16
J1_12 คือ JamineUPC ขนาด 12
J1_14 คือ JamineUPC ขนาด 14
J1_16 คือ JamineUPC ขนาด 16

C1_12 คือ CordiaUPC ขนาด 12
C1_14 คือ CordiaUPC ขนาด 14
C1_16 คือ CordiaUPC ขนาด 16
C2_12 คือ CordiaNew ขนาด 12
C2_14 คือ CordiaNew ขนาด 14
C2_16 คือ CordiaNew ขนาด 16
F1_12 คือ FreesiaUPC ขนาด 12
F1_14 คือ FreesiaUPC ขนาด 14
F1_16 คือ FreesiaUPC ขนาด 16

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางในการรู้จำตัวอักษรเพื่อที่จะทำการเพิ่มความถูกต้องในการรู้จำให้ไม่เกิดข้อผิดพลาด สำหรับงานวิจัยนี้จะอยู่ในส่วนหนึ่งของกระบวนการแยกภาพตัวอักษร โดยขั้นตอนแรกจะต้องทำการหากรอบตัวอักษร โดยใช้วิธีการหาโครงร่างฮีสโตแกรมและการหาขอบภาพ ซึ่งจะให้ได้ตำแหน่งและขอบเขตของภาพข้อมูลตัวอักษรแต่ละตัว ภายในกรอบตัวอักษรจะต้องไม่มีการขาดและการติดกันของตัวอักษรตัวอื่น จากนั้นจะนำกรอบตัวอักษรที่ได้ไปทำการจัดกลุ่มของลักษณะเด่นของตัวอักษรภาษาไทย โดยจากการทดลองพบว่าสามารถที่จะทำการจัดกลุ่มของตัวอักษรภาษาไทยได้ทั้งหมด 7 กลุ่มคือ

1. กลุ่มของสระ
2. กลุ่มของตัวอักษรที่เป็นพยัญชนะที่มี 1 ขา
3. กลุ่มของตัวอักษรที่เป็นพยัญชนะที่มี 2 ขา, ขอบล่างเปิด และขอบบนปิด
4. กลุ่มของตัวอักษรที่เป็นพยัญชนะที่มี 2 ขา, ขอบล่างเปิด และขอบบนปิด
5. กลุ่มของตัวอักษรที่เป็นพยัญชนะที่มี 2 ขา, ขอบล่างปิด และขอบบนเปิด
6. กลุ่มของตัวอักษรที่เป็นพยัญชนะที่มี 2 ขา, ขอบล่างปิด และขอบบนปิด
7. กลุ่มของตัวอักษรที่เป็นพยัญชนะที่มี 3 ขา

จากนั้นก็นำกลุ่มแต่ละกลุ่มไปเข้าสู่ขบวนการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1 ซึ่งผลที่ได้จะเป็นตัวอักษรภาษาไทย ต่อจากนั้นจะทำการตรวจสอบผลที่ได้โดยจะทำการตรวจสอบดูว่าเป็นตัวอักษรที่จะเกิดความผิดพลาดหรือไม่ ถ้าเป็นตัวอักษรที่จะเกิดความผิดพลาดจะนำกรอบตัวอักษรนั้นไปทำการตัดส่วนที่เหมือนกันออกกับตัวที่จะเกิดความผิดพลาดโดยเราจะทำการแบ่งวิธีของการตัดส่วนที่เหมือนกันได้เป็น 4 ประเภทคือ

1. ส่วนของขาหน้าที่เหมือนกัน
2. ส่วนของขาหลังที่เหมือนกัน
3. ส่วนบนที่เหมือนกัน
4. ส่วนล่างที่เหมือนกัน

จากนั้นจะนำกรอบที่ผ่านการตัดส่วนที่เหมือนกันมาทำการรู้จำโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งครั้งนี้เป็นตัวอักษรที่มีความถูกต้องประมาณ 100 %

เอกสารอ้างอิง

[1] Tanspraset C. and Koanantakool T., "Thai OCR : A Neural Network Application", IEEE Transection on Digital Signal Processing Application, 1996, pp.90-95

[2] พิศิษฎ์ โภคารัตน์กุล, "การรู้จำอักษรตัวพิมพ์ภาษาไทยโดยวิธีโปรเจคชั่นฟีเจอร์และฟัซซี่เทคนิค", เอกสารรวมเล่มการประชุมวิชาการวิทยาการและวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, ตุลาคม, พ.ศ. 2541 , หน้าที่ 80-85

[3] เดชา รัตนาธาร และ สมชาย จิตะพันธ์นุกุล, "การรู้จำอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยใช้เทคนิคแบบฟัซซี่ลอจิกและวิธีซันแทคติก", ประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18 โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ ระยอง, 22-24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2537, หน้า 971-976

[4] Nuchree Premchaiswadi, Wichian Premchaiswadi, Surakarn Duangphasuk, Seinosuke Narita, "A Hybrid Scheme for Printed Thai Character Recognition System.", ITC-CSC2001,July 10-12,2001

[5] Surakarn Duangphasuk, Wichian Premchaiswadi, Nuchree Premchaiswadi, "Document image skew detection", The 1999 National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC'99), Bangkok, Thailand, December, pp. 146-151, 1999

[6] สุรการ ดวงผาสุข, วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์, นุชรี เปรมชัยสวัสดิ์, "Printed Thai Character Recognition using Hybrid Technique", The 2001 National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC'2001), Chiang Mai, Thailand, November, pp. 442-449, 2001

[7] Wichian Panich, Somchai Jitapunkul, Prasert Choruengwiwat, "Segmentation of Connected Characters Using Distinctive Feature Of The Character in Thai Character Recognition System." Electrical Engineering Conference on Circuits and systems, pp.338-342, 1997.

[8] Shunji, Ching Y. Suen and Kazuhiko Yamamoto, "Historical Review of OCR Research and Development", Proceeding of the IEEE, Vol. 80, 7 July 1992.

[9] D. G. Elliman and I.T. Lancaster, "A Review of Segmentation and Contextual Analysis Techniques for Text Recognition", Pattern Recognition, Vol. 23. No. 3/4 , pp. 337-346, 1990.

[10] Refael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing.", Addison-Wesley, 1993

[11] E. R. Davies, "Machine Vision", Academic Press, 1997

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างเอกสารที่ใช้ในการทดลอง

จดหมายจากแม่ ถึง ลูกรัก แม่จะเขียนจดหมายนี้ช้านะ เพราะแม่รู้ว่าแกน่ะอ่านหนังสือไม่ค่อยเร็ว ตอนนี้พวกเราไม่ได้อยู่ที่บ้านเลิมแล้วนะ พ่อแกเขาอ่านหนังสือพิมพ์เจอ เค้าบอกว่าอุบัติเหตุส่วนใหญ่จะเกิดในบ้าน เปอเซนต์ แม่ก็เขียนไม่ค่อยถูกนักนะ สังนั้นพวกเราจึงย้ายบ้านรอบตอบลีใหม่ล่ะ แต่แม่ส่งที่อยู่ใหม่ให้แกไม่ได้หรอกนะ ใอ้คนเช่าคนก่อนมันเอาป้ายเลขที่บ้านไปล้วย สงสัยมันคงจะเอาไปลิลบ้านหลังใหม่พวกมัน เออบ้านนี้มีเครื่องซักผ้าให้ล้วย แต่เครื่องแบบนี้มันเสียอยู่อย่างเลียว สงสัยลังมันรั่วน่ะลูก แม่ได่น้ำที่ไรก็ไม่เคยเล็มลักที แม่เลยหันมาใช่กะละมังเหมือนเลิม ที่นี่ฝนลกแต่อาทิลย์ละสองครั้งนะลูก ตามวันครั้งกับสีวันครั้ง อ้อ เสื้อแจ็คเกตที่แกอยากให้แม่ส่งไปให้น่ะ กระลุมมันเป็นเหล็กนะลูกหนักมาก เวลาส่งไปก็จะเสียลังค์เยอะ สีที่ป้าแกเค้าฉลาล เค้าก็เลาะกระลุมออกหมล ถ้าแกอยากใส่ก็เย็บกระลุมเอาเองนะ แม่เอากระลุมใส่ถุงแนบมาพร้อมกับแจ็คเก็ตแกแล้ว เออ น้องสาวแกเพิ่งลดอลลูกนะ เข้านี่ แม่ยังไม่รู้ว่าเป็นผู้ชายหรือผู้หญิง สังนั้นแม่เลยบอกไม่ได้ว่าแกจะได้เป็นป้าหรือลุง ไม่รู้จะเขียนอะไรแล้ว แค่นี้นะ รัก จากแม่ ปล เออ แม่กะจะส่งเงินให้แกอยู่นอลี แต่แม่ลืมปิลซองจดหมายแล้วน่ะลิ ลืมเมื่อลูกได้รับจดหมายก้อลอบมาทันทีลังนี้ จดหมายลอบจากลูก แม่ลับ ผมอ่านจดหมายแม่จบภายในเวลาที่แม่เขียนเลยลับ แม่กะเวลาเขียนได้เยี่ยมจริง ผมรู้สึกรักแม่อีกมากลับ เรื่องบ้านเลขที่ แม่ไม่ต้องห่วงนะลับ ผมคิลให้แม่ใหม่แล้ว เป็นนะลับ นอลีวันนั้นผมดูหนัง แล้วเห็นบ้านเลขที่พระเอก เป็น อ่ะลับ พระเอกหล่อลี เผื่อใช้แล้ว ผมจะหล่อเหมือนพระเอกนะลับ จดหมายฉบับนี้ผมก้อเลยจำหน้าซองเป็น เลยนะลับ หวังว่าแม่คงจะชอบ ถ้าน้องสาวลดอลลูกหญิง ก้อลีชิมะลับ ผมจะได้เป็นป้านะ ผมไม่อยากเป็นลุงหรอกลับ เห็นใอ้พวกเพื่อนผมเป็นลุงกันหมลทุกคนเลย ผมไม่อยากเหมือนมันเลยลับ เนื่องจาก แม่ลืมส่งเงินมาให้ผม เพราะฉนี้เลือว่า แม่ลิลผมโลยไม่รู้ลัว ไม่เป็นรัยลับ ครั้งหน้าแม่ส่งเป็น เท่านะลับ ผมจะรอจดหมายจากแม่ล้วยใจจดจ่อลับ ปล จะเป็นสารลี หากแม่ส่งจลหมายโลยไม่ปิลซองลับป้องกันการลืมลับ ลาลาบูชาเมีย รักเมียล้องอลทน ล้องเป็นคนเลารมเมีย รักเมียล้องส่งเสีย อย่าให้เมียล้องสงสัย รักเมียล้องรักเลียว อย่าใส่เที่ยวไปรักใคร รักเมียล้องทำใจ ถึงอย่างไรเธอก็เมีย รักเมียอย่าขี้เหล้า ถ้าเมียเหงาเราจะเตีย รักเมียอย่าอ่อนเพลีย คนรักเมียล้องเข้งแรง รักเมียอย่าเที่ยวลึก จะเกิลลึกผิลตำแลง รักเมียอย่ารุนแรง ค่อย แซงอย่าขับไว รักเมียล้องยอมเมีย เพราะว่าเมียไม่ยอมใคร รักเมียล้องเข้าใจ ไม่มีใครใหญ่กว่าเมีย รักเมียอย่าเลียงเมีย ลำนูลเมียใหญ่กว่าใคร ชาลิหน้ามีฉันใล จงจำไว้อย่ามีเมีย ลาลาบูชาผัว รักผัว ล้องให้ผัว หมลทั้งลัว หมลทั้งใจ รักผัว ล้องอ่อนไหว ผัวว่าไง ล้องว่าลาม รักผัว ล้องเลารม ล้องประจบ ไม่ลามปาม รักผัว ล้องลล้อยลาม ไม่วู่วาม ลอยเอาใจ รักผัว ล้องอลทน ผัวเป็นคน ไม่ยอมใคร รักผัว ล้องทำใจ ใช่ผัวใคร ก็ผัวเรา รักผัว ล้องหมั่นสวย เลี่ยวจะซวย ผัวไม่เอา รักผัว ล้องลอยเฟ้า ลึงผัวเมา ก็ลามใจ รักผัว ล้องฝึกฝน ผัวเป็นคน ชอบของใหม่ รักผัว ล้องเข้าใจ ผัวไปไหน อย่าห้ามปราม รักผัว ล้องแข็งแรง ล้องนลิกแพลง ให้วาบหวาม รักผัว ล้องทุกยาม ไม่ซักถาม ให้กวนใจ รักผัว ล้องกล้าเสีย ยกน้องเมีย ให้ผัวไป รักผัว ล้องลนใจ ผัวเป็นไง ล้องลอยสู รักผัว ล้องพูลง่าย ไม่ไวงาย ไม่ลบหลู่ รักผัว ล้องเฟ้าลู หาอีหนู มาเอาใจ รักผัว ล้องเชื่อฟัง ผัวเสียงลัง ล้องทนไหว รักผัว ล้องรู้ใจ ผัวอยากได้ ล้องหามา รักผัว ล้องใจเย็น ผัวเป็นเช่น เทวลา รักผัว ล้องบูชา ผัวมีค่ากว่าสิ่งใล รักผัว ล้องรักเลียว อย่าไปเที่ยว รักผัวใคร รักผัว ล้องแน่ใจ ผัวของใคร ก็ของมัน รักผัว ล้องแน่วแน่ ล้องรักแท้ ผัวของฉัน รักผัว ล้องยึลมั่น ทุกข้อนั้น ลำลัญเอยลันท์ลอมนิวเลอร์ ทุกวันนี้ลอมนิวเลอร์มีบทบาทมากขายในชีวิลประจำวัน แต่หลายๆลนยังลามเทลโนโลยีล้วนี้ไม่ทันเพราะ ลันท์ลอมนิวเลอร์มีความหมายเฉาะ ผิลธรรมลา ลอมนิวเลอร์ หมายถึง เครื่องทรมานชนิลหนึ่ง ลอมนิวเลอร์เครื่องแรกประลิษฐ์ขึ้นโลย โรเจอร์ บิลลิงล์ลีย์ นักวิทยาลาลลร์ชาวอังกฤษ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือทรมานจอมผลิจการวิลเตอร์ โรเจอร์เสแสร้งเป็นหันชมิลรเยอรมัน และมอบลิ่งประลิษฐ์ของเขาเป็นของขวัญให้ จอมผลิจการ แผนได้ผลในวันที่ เมษายน วิลเตอร์ อารมณ์เสียอย่างหนักเมื่อเจอไวรัสกินฐานข้อมูลเสียหายยับเยินจนทำให้เยอรมันแพ้ หมลรูป วิลเตอร์ลัลลินใจฆ่าล้วลายหลังสงครามโลก โรเจอร์หันมาทำงานให้บริษัทไอบีเอ็ม ชาลล์แวร์คือ อุปกรณ์ทุกส่วนของลอมนิวเลอร์ที่ลร้างมาให้ยากล่อการใช้ กระล้าง ปราลจากน้ำใจ อีล ทนล่อความรุนแรง จึงลามารถทุบลีลบเละได้ลามใจ ปรารถนา หน่วยประมวลผลกลาง คืออุปกรณ์ทำหน้าที่บวก ลบ คูณ หาร หรือ วิลเมื่อใส่รับคำลั่ง ความเร็วในการวิลขึ้นกับชิพ หรือลัลว์ที่ใช้ขับเคลื่อน รุ่นเคลื่อนล้วยหอยทาก รุ่น เคลื่อนล้วยหนอน และรุ่น ใช้ล้วลุ่น เครื่องพิมพ์ หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำให้หัวร่อพิใส่ร่ำให้พิออก บางคนเรียก ล้วกินกระลาษโครงลร้างลำลัญของพรินเลอร์มีเพียง ล่วน คือ หนึ่ง ฝาครอบ ลอง ช่องเป่อนกระลาษที่วิลขัลลอลปี และลายไฟกะพริบลีแลงบอกว่าเครื่องพิมพ์ขัลข้องลดอลปีเช่นกัน นิลัยเฉพาะของพรินเลอร์คือ ไม่ชอบพิมพ์สิ่งที่ลั่งให้พิมพ์ ชอบพิมพ์ลิ่งที่เราไม่ได้ลั่งให้พิมพ์ และลื้อล้าน ไม่ยอมหยุลเมื่อเราลั่งให้หยุล หน่วยความจำหรือเมโมรี ฟังจากชื่อ มันคือล่วนที่วิลเลาที่ลุล แต่จากการกระทำมันไม่ที่ลุล อะไรไม่ได้ลักอย่างถนัลแต่ได้เถียงและชอบโยนความผิลให้อุปกรณ์ล้วอื่นที่ไม่มี ปากเสียง เมโมรีเป็นอาหารชั้นลีของไวรัล นักเขียนโปรแกรม ลมัยเรียน หนังสือ เขาคือเพื่อนของเรา คนที่ชอบเล่นเกมในห้องเรียน ใส่แว่นลาหนาเลอะ เกรล เฉลี่ยไกล้ๆลี่ ขึ้งก หวงวิชา ไม่ลบคน ไม่เล่นลีฬา เข้ากับเพื่อนไม่ได้ เลือกเรียนลอมนิวเลอร์เพราะไม่อยากลบมนุษย์ สังนั้นเพื่อเขียนโปรแกรม จึงเป็นผลให้โปรแกรมกับผู้ใช้งานวิลเล่ล่อกันไม่รู้เรื่อง คู่มือการใช้เครื่อง วัลล

ประวัติผู้เขียน

นายสุรการ ดวงผาสุขเกิดเมื่อวันที่ 23 มกราคม 2518 สำเร็จการศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ (คอมพิวเตอร์) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปีการศึกษา 2539 ในปี 2539 ถึง ปี 2544 เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และในปี 2540 เป็นหัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาระบบเครือข่ายของมหาวิทยาเทคโนโลยีมหานคร และ ในปี 2545 เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาคณะวิทยาการสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร