สำนักหอสมุดกลาง _ พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์โดยวิธีวิเคราะห์โครงสร้างแบบทันทีทันใด

ON-LINE HAND PRINTED THAI CHARACTERS RECOGNITION WITH SYNTACTIC PATTERN ANALYSIS

ชาญชัย ดีอ่วม

CHANCHAI DEE-UAM

วิ.
ม.เอก
2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 33354
วัน, เดือน, ปี 2 ส.ค. 2542

วิทยานิพจน์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2542

ISBN 974-622-532-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON-LINE HAND PRINTED THAI CHARACTERS RECOGNITION WITH SYNTACTIC PATTERN ANALYSIS

CHANCHAI DEE-UAM

A THESIS SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1999

ISBN 974-622-532-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 1999

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LANKRABANG

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพจน์	การรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์โดยใช้วิธีวิเคราะห์โครงสร้างแบบทันทีทันใด
นักศึกษา	นายชาญชัย ดีอ่วม
รหัสประจำตัว	35628003
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
พ.ศ.	2542
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพจน์	รศ.ดร.ชม กิ้มปาน

บทคัดย่อ

การพัฒนางานวิจัยทางด้านการรู้จำตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทยนั้น ได้มีผู้นำเสนอไว้หลายวิธี โดยเฉพาะแบบทันทีทันใดยังประสบปัญหาเรื่องข้อ จำกัดของขนาดของตัวอักษร ตำแหน่งที่ใช้ในการเขียนและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่เขียนผิดรูปของตัวอักษร รวมถึงเส้นหัวตัวอักษรต้องเป็นเส้นที่ตัดกัน ดังนั้นการวิจัยนี้ได้เสนอกรรมวิธีในการรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยเพื่อให้สามารถวิเคราะห์อักษรโดยไม่กำหนดขนาดของตัวอักษร ไม่กำหนดว่าหัวต้องเป็นเส้นตัดกันหรือไม่ หรือไม่มีหัวตัวอักษร โดยใช้วิธีทางด้านการวิเคราะห์โครงสร้าง (Syntactic Pattern Recognition) ซึ่งมี 2 ขั้นตอนในการดำเนินการคือขั้นตอนในการแยกแยะเส้น จะทำการวิเคราะห์ว่าเส้นที่ประกอบเป็นตัวอักษรเป็นเส้นใน โดยใช้กรรมวิธีเปลี่ยนเป็นรหัสลูกโซ่แปดทิศ เพื่อให้ได้เส้นต่าง ๆ ได้แก่เส้นหัวตัวอักษร เส้นวงกลมภายในตัวอักษร เส้นตรงที่เคลื่อนที่ไปยังทิศทั้ง 8 และเส้นหยัก อยู่ในตำแหน่งใด ซึ่งตัวอักษรจะถูกแบ่งเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กันโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ทราบตำแหน่งของเส้น และนำเส้นต่าง ๆ เข้าสู่ขั้นตอนที่ 2 เพื่อทำการวิเคราะห์ว่าเป็นตัวอักษรอะไร โดยพิจารณาหมายเลขช่องของการสิ้นสุดการเขียน และลักษณะเด่นของตัวอักษรเหล่านั้นเป็นฐานไวยากรณ์ หรือ rule base เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

โดยการวิจัยนี้ได้ทดสอบกับลายมือเขียนภาษาไทยจากผู้ทดสอบ 10 ท่าน ที่มีอายุระหว่าง 21-31 ปี ท่านละ 10 ครั้งต่อหนึ่งตัวอักษร โดยได้อักษรทั้งหมด 4300 ตัว ที่ใช้ในการทดสอบระบบการรู้จำนี้ปรากฏว่าถูกต้อง 3282 ตัวอักษร คิดเป็นเปอร์เซ็นได้ประมาณ 76.34 % ซึ่งเป็นผลที่สามารถนำไปใช้อย่างจริงจังต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	On-line Hand Printed Thai Characters Recognition with Syntactic Pattern Analysis
Student	Mr. Chanchai Dee-Uam
Student ID.	35628003
Degree	Master of Science
Programme	Computer Science and Information Technology
Year	1999
Thesis Advisor	Associate Professor Dr. Chom Kimpan

ABSTRACT

Although several researches have developed "hand Printed Thai Characters Recognition", the solution for on-line process still facing several obstacles. These include difference size, character begins positioning, misshapen and head of character contains with cross line. The purpose of this research is to eliminate the existing problems by using "Syntactic Pattern Recognition Methodology (SPR)". SPR is composed of two steps include character pattern analysis and recognition. Step 1, Character pattern will analysis line and curves of each character. The captured character pattern are the head of character, circle and curve line inside a character, a straight line for eight directions, and zigzag line. Each character will be separate in to 6 equal part automatically for location the line position and feed the line data to the second step. In the second step will use the line curve in each segment and map it with distinct line pattern of each Thai character.

This research has been tested with 10 tester aging between 21 to 31 years. Each needs to try each character 10 times. Therefor, a tester will write about 4,300 characters, The result show that it can recognition Thai character 3282 character about 76.34 % accuracy.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพจน์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตาจาก รศ.ดร. ชม กิ้มปาน ที่ได้ให้ความกรุณาสละเวลา เพื่อให้คำแนะนำและปรึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ตลอดการทำวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอกราบพระคุณอย่างยิ่ง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.บุญธีร์ เครือตราชู, รศ.ดร. วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์ ,รศ.ดร. บุญวัฒน์ อัตชู และ ดร.วรพจน์ กรีสุระเดช ที่ให้คำแนะนำและปรึกษาแนวทางแก้ไขปัญหาบางจุด ซึ่งเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ บิดา,มารดา, ญาติ ๆ น้อง ๆ ที่ให้กำลังใจและส่งข้าวส่งน้ำ พร้อมกับอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณณรงค์ ปรั่งพงษ์พันธ์ และ คุณบุญศิริ มเหศักดิ์ ที่ให้คำปรึกษาด้านภาษาต่างประเทศ และช่วยตรวจสอบ

ขอขอบคุณคุณ วุฒิชัย นาเนกรังสรรค์ ที่ให้คำปรึกษาทางด้านภาษา JAVA เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมการทดสอบในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณประจักษ์ และ เพื่อน ๆ พนักงาน BEA SYSTEM (THAILAND) จำกัด ที่ให้ลางานและช่วยทำงานแทนในช่วงเวลาที่ลามาทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ คุณพรเพ็ญ สุดดี, เพื่อน ๆ และ พี่ ๆ รวมถึงพี่บุญช่วย,คุณติ๊ก และจำหน้าที่ของคณะ ฯ ทุกท่านที่คอยเตือนและให้ความช่วยเหลือจนประสบผลสำเร็จ

ชาญชัย ดีอ่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูป.....IX

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาสารบัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....2

1.4 ขอบเขตของการดำเนินงานวิจัย.....2

1.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย.....2

1.6 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา.....3

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....5

บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้.....6

2.1 ประวัติความเป็นมาของการจัดรูปแบบ.....6

2.2 ความรู้เกี่ยวกับการรู้จำโดยการวิเคราะห์โครงสร้าง.....6

2.3 การกำหนดขนาดของโครงสร้างเพื่อใช้ในการอธิบายการจำแนก (Quantifying Structure In Pattern Description And Recognition) 8

2.3.1 Hierarchical Approaches.....8

2.3.2 Relation Model.....8

2.4 แบบฐานไวยากรณ์และการประยุกต์ (Grammar-base Approach And Application)..9

2.4.1 Using Formal Language to Model and Describe Pattern.....9

2.4.1.1 ฎีกาสำหรับฐานไวยากรณ์ในการรู้จำโดยวิธีวิเคราะห์โครงสร้าง (Suitability of Grammar-Base Approaches for Syntactic Pattern Recognition) 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1.2 ภาษา (languages) 9
2.4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างและการอธิบาย พร้อมทั้งการประยุกต์ (Structure Analysis and Description Application).....10
2.4.2.1 Compilation of heigh-level language.....10
2.4.2.2 Understanding of natural language.....11
2.4.2.3 Music representation.....11
2.4.2.4 Description and interpretation of image (Visual) data.....12
2.5 Element Of Formal Grammars.....14
2.5.1 Definition and Conventions.....14
2.5.2 The Null String and closure.....15
2.5.3 Grammars and Language Using Strings.....16

บทที่ 3 กรรมวิธีสำหรับการวิเคราะห์เส้น.....18
3.1 การเก็บข้อมูลลายมือเขียน.....18
3.2 การลดความซ้ำซ้อน.....24
3.3 การลดเส้นที่คาดว่าจะเป็นเส้นที่เขียนผิดพลาด.....24
3.3.1 กรณีเส้นเอียงขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (รหัสลูกโซ่เท่ากับ 1).25
3.3.2 กรณีเส้นเอียงขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (รหัสลูกโซ่เท่ากับ 3).....25
3.3.3 กรณีเส้นเอียงขึ้นทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (รหัสลูกโซ่เท่ากับ 7)...27
3.3.4 กรณีเส้นเอียงขึ้นทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (รหัสลูกโซ่เท่ากับ 5).....28
3.4 การลดเส้นมุมทิ้ง.....29
3.4.1 เส้นที่ 3 เส้นตัดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงลำดับดังนี้ 0,1,2.....30
3.4.2 เส้นที่ 3 เส้นตัดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงลำดับดังนี้ 2,1,0.....30
3.4.3 เส้นที่ 3 เส้นตัดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงลำดับดังนี้ 2,3,4.....31
3.4.4 เส้นที่ 3 เส้นตัดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงลำดับดังนี้ 4,3,2.....31
3.4.5 เส้นที่ 3 เส้นตัดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงลำดับดังนี้ 4,5,6.....32
3.4.6 เส้นที่ 3 เส้นตัดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงลำดับดังนี้ 6,5,4.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.7 เส้นที่ 3 เส้นตัดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงลำดับดังนี้ 6,7,0.....33

3.4.8 เส้นที่ 3 เส้นตัดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงลำดับดังนี้ 0,7,6.....33

3.5 การพิจารณาว่าเส้นใดเป็นหัวตัวอักษรในกรณีเส้นตัดกัน.....33

3.5.1 กรณีหัวเข้าล่าง (หัว 101) 34

3.5.2 กรณีหัวเข้าบน (หัว 102) 34

3.5.3 กรณีหัวออกล่าง (หัว 103) 35

3.5.4 กรณีหัวออกบน (หัว 104) 35

3.6 การพิจารณาว่าเส้นใดเป็นหัวตัวอักษรในกรณีเส้นไม่ตัดกัน.....37

3.6.1 กรณีที่จุดนั้นมีค่า Y ตรงกับเส้นที่มีค่า 7,0,1.....38

3.6.2 กรณีที่จุดนั้นมีค่า Y ตรงกับเส้นที่มีค่า 3,4,5.....38

3.7 การแบ่งช่องตัวอักษร.....38

บทที่ 4 กรรมวิธีสำหรับสร้างกฎความรู้ (Rule Base).....40

4.1 การกำหนดฐานความรู้สำหรับการจำแนกตัวอักษร.....40

4.2 ที่มาของ Rule Base ในแต่ละตัวอักษร.....42

4.3 สรุป Rule Base ทั้งหมดตามตัวอักษร.....51

บทที่ 5 ผลการทดลองและปัญหาที่พบ.....55

5.1 การรับรู้ข้อมูลลายมือเขียน.....55

5.2 ปัญหาในการจำแนกตัวอักษร.....56

5.3 ผลการจดจำลายมือด้วยวิธีวิเคราะห์โครงสร้าง.....63

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....71

6.1 บทสรุป.....71

6.2 แนวทางการพัฒนาในอนาคต.....72

บรรณานุกรม.....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก……75

ภาคผนวก ก OUTPUT บางส่วนในการทดสอบระบบ……75

ภาคผนวก ข ผลงานทางวิชาการ……119

ประวัติผู้เขียน……125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงทิศทางของรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ.....20

5.1 ผลการวิเคราะห์.....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการใช้การรู้จำรูปโดยการวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับการวิเคราะห์และการจำแนก.....7

2.2 ตัวอย่างของโปรแกรมการเข้าใจภาษา Eliza.....12

2.3 โครงสร้างของตัวโน้ตในรูปแบบของ Terminals และ Non-Terminals.....14

2.4 ตัวอย่างของโปรแกรมวิเคราะห์รูปภาพที่เชื่อมโยงกับภาษาธรรมชาติ.....14

3.1 (a) อักษรต้นแบบที่เกิดขึ้นในขณะที่ลาก.....18

3.1 (b) จุดที่อุปกรณ์ Input ส่งค่ามายังโปรแกรม.....18

3.2 แสดงทิศทางของรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ.....19

3.2 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงเป็นรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ.....20

3.3 แสดงความมนที่หายไปในการเปลี่ยนแปลงเป็นรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ.....21

3.5 (a) แสดงอักษรต้นแบบที่ได้จากลายมือเขียนก่อนที่จะแปลงเป็นเส้นรหัสข้อมูล.....22

3.5 (b) แสดงตัวอักษรแสดงข้อมูลโดยใช้รหัสลูกโซ่ 8 ทิศแล้ว.....22

3.5 (c) แสดงรหัสของตัวอักษร.....22

3.6 (a) แสดงอักษรต้นแบบที่ได้จากลายมือเขียนก่อนที่จะแปลงเป็นเส้นรหัสข้อมูล.....22

3.6 (b) แสดงตัวอักษรแสดงข้อมูลโดยใช้รหัสลูกโซ่ 8 ทิศแล้ว.....22

3.6 (c) แสดงรหัสของตัวอักษร.....22

3.7 (a) แสดงอักษรต้นแบบที่ได้จากลายมือเขียนก่อนที่จะแปลงเป็นเส้นรหัสข้อมูล.....22

3.7 (b) แสดงตัวอักษรแสดงข้อมูลโดยใช้รหัสลูกโซ่ 8 ทิศแล้ว.....22

3.7 (c) แสดงรหัสของตัวอักษร.....23

3.8 ตัวอย่างข้อมูลซ้ำซ้อนในการอินพุตข้อมูล.....24

3.9 แสดงรหัสที่แทรกมากรณีที่เขียนเส้นรหัสลูกโซ่ 1.....25

3.10 แสดงความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของรหัสลูกโซ่ 1.....25

3.11 แสดงรหัสที่แทรกมากรณีที่เขียนเส้นรหัสลูกโซ่ 3.....26

3.12 แสดงความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของรหัสลูกโซ่ 3.....26

3.13 แสดงรหัสที่แทรกมากรณีที่เขียนเส้นรหัสลูกโซ่ 7.....27

3.14 แสดงความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของรหัสลูกโซ่ 7.....27

3:15 แสดงรหัสที่แทรกมากรณีที่เขียนเส้นรหัสลูกโซ่ 5.....28

3.16 แสดงความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของรหัสลูกโซ่ 5.....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.17 แสดงการเขียนจริงกับเส้นที่แทรกมาระหว่างเส้น.....29

3.18 แสดงการเขียนเส้นเล็กแทรก.....29

3.19 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 0,1,2.....30

3.20 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 2,1,0.....30

3.21 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 2,3,4.....31

3.22 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 4,3,2.....31

3.23 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 4,5,6.....32

3.24 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 6,5,4.....32

3.25 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 6,7,0.....33

3.26 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 7,6,0.....33

3.27 (a) หัวเข้าล่าง.....34

3.27 (b) หัวเข้าบน.....34

3.27 (c) หัวออกล่าง.....34

3.27 (d) หัวออกบน.....34

3.28 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัว 101.....35

3.29 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัว 102.....35

3.30 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัว 103.....36

3.31 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัว 104.....37

3.32 แสดงวิธีการคิดในกรณีที่หัวเป็นเส้นไม่ตัดกัน.....37

3.33 แสดงการแบ่งช่องของตัวอักษร.....38

3.34 แสดงหมายเลขช่องของการแบ่ง 6 ช่อง.....39

4.1 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ก.....43

4.2 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ข.....43

4.3 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ค.....46

4.4 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ม.....47

4.5 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ญ.....47

4.6 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ฎ.....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.7 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ฮ.....49

4.8 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ว และ ร.....50

4.9 แสดงลักษณะการเขียนอักษร จ,ฉ และ ง.....50

5.1 แสดงถึงหน้าจอในการรับข้อมูล.....56

5.2 แสดงถึง Message Error ในกรณีที่มีข้อผิดพลาด.....56

5.3 แสดงตัวอักษรในการลากเมาส์เร็วเกินไป.....58

5.4 แสดงตัวอย่างข้อผิดพลาดอันเกิดจากตัวอักษรเล็กเกินไป.....58

5.5 แสดงการเขียนที่มีความหยักน้อย.....59

5.6 แสดงการเขียนที่ถูกต้องในกรณีที่เป็นเส้นหยัก.....59

5.7 แสดงการเขียน ฝ โดยหางสั้นเกินไป.....60

5.8 แสดงการเขียน ฝ ที่ถูกต้อง.....60

5.9 แสดงการเขียน ฤ โดยหางสั้นเกินไป.....61

5.10 แสดงการเขียน ฤ ที่ถูกต้อง.....61

5.11 แสดงการเขียน ถ ที่มีหัวผิดแบบ.....62

5.12 แสดงการเขียน ข ที่มีหัวต่ำเกินไป.....62

5.13 แสดงการเขียนที่ผิดพลาดในการเขียน ธ ที่เริ่มต้นสูงเกินไป.....63

5.14 แสดงการเขียน ณ ที่มีขนาดเล็ก.....64

5.15 แสดงการเขียน ณ ที่มีขนาดใหญ่.....64

5.16 แสดงการเขียน ณ ตำแหน่งอื่นบนกรอบการเขียน.....65

5.17 แสดงการเขียน ณ ที่มีการผิดรูปแบบไปบ้าง.....65

5.18 แสดงการเขียน ณ ในกรณีหัวไม่ตัดกัน.....66

5.19 แสดงการเขียน ณ ในกรณีไม่มีหัว.....66

5.20 แสดงการเขียน ฆ ในกรณีไม่มีหัว.....67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การพัฒนางานวิจัยทางด้านการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยนั้น ได้มีผู้นำเสนอไว้หลายวิธี โดยแต่ละวิธีที่ในการวิจัยการรู้จำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย ยังพบว่าในวิธีหรือโมเดลต่างๆที่ใช้ยังประสบปัญหาเรื่องของขนาดของตัวอักษร ตำแหน่งที่ใช้ในการเขียนและเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่เขียนผิดรูปของตัวอักษร เช่น ไม่มีหัวอักษร รวมทั้งการวิจัยส่วนมากยังเป็นการวิจัยแบบ Off-line โดยนำตัวอักษรที่ต้องการมาทำการ scan หรือนำเข้าเป็นลักษณะ Image เพื่อมาทำการวิเคราะห์ตัวอักษรใด

เนื่องจากการวิจัยในลักษณะ On-line ของตัวอักษรภาษาไทยมีน้อย ประกอบกับมีข้อจำกัดในรูปแบบการเขียน หรือการอินพุทข้อมูล เช่นจะต้องเขียนให้มีหัว โดยเป็นเส้นตัดเพื่อให้ทราบว่าเป็นหัวตัวอักษร หรือจะต้องเขียนให้อยู่ในกรอบช่องเล็กเพื่อบังคับทิศทางและขนาดของตัวอักษรให้เป็นไปตามกำหนด ดังนั้นการวิจัยจึงได้เสนอกรรมวิธีหรือโมเดลเพื่อวิเคราะห์ตัวอักษรภาษาไทยในลักษณะ On-line โดยใช้ตัวอักษรไม่จำเป็นต้องมีหัว และไม่ต้องเขียนอยู่ในกรอบย่อยที่กำหนดเพื่อบังคับให้ขนาดของตัวอักษรมีขนาดคงที่หรือทิศทางเป็นไปตามข้อกำหนดโดยใช้วิธีทางด้านการวิเคราะห์โครงสร้าง (Syntactic Pattern Recognition) ในการวิเคราะห์จำแนกเส้นและจำแนกตัวอักษรหรือเพื่อให้ทราบตัวอักษรนั้นเป็นตัวอักษรใด เพราะเป็นกรรมวิธีที่ได้นำเสนอวิธีการจำแนกโดยมีการระบุทิศทาง โดยอาศัยหลักของ Vector คือ Primitive ที่มีทิศทางได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำสูงรวมถึงยังไม่มีการกำหนดขนาดของตัวอักษรที่อ้างอิงอีกด้วย และพัฒนากรรมวิธีใช้ในจำแนกโดยใช้ฐานไวยากรณ์ (Grammar Base) เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ฐานไวยากรณ์ที่เหมาะสมกับการรู้จำอักษรการคัดลายมือภาษาไทย

ถ้าหากสามารถทำการวิจัยจนพบกรรมวิธีที่เหมาะสมกับการจดจำลายมือภาษาไทยแล้ว ก็สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์สมัยใหม่หรือการจะนำไปประยุกต์ใช้งานในลักษณะ Off-line เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานกับเอกสารที่มาจากลายมือเขียน ย่อมทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาถึงกรรมาวิธีของการรู้จำอักษรลายมือภาษาไทยในขณะทำการอินพุทข้อมูลโดยผ่านอุปกรณ์นำข้อมูลเข้าแบบ Pixel ได้อย่างถูกต้อง, แม่นยำ และรวดเร็ว โดยใช้การวิเคราะห์แบบโครงสร้าง (Syntactic Pattern recognition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรรมวิธีที่ใช้จะต้องไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวอักษร ตำแหน่งเริ่มต้นของการเขียน และการเขียนผิดรูปของตัวอักษร

3. กรรมวิธีที่ใช้ในการจำแนก (Classify knowledge) จะต้องสามารถวิเคราะห์อักษรคัดลายมือที่เขียนหัวโดยหัวไม่จำเป็นต้องเป็นเส้นตัดกัน

4. กรรมวิธีที่ใช้ในการจำแนก (Classify knowledge) จะต้องสามารถวิเคราะห์อักษรคัดลายมือที่ไม่มีหัว โดยอักษรที่วิเคราะห์นั้นจะต้องสื่อเข้าใจกรณีที่ไม่มีหัว

5. กรรมวิธีที่ใช้ต้องสามารถเขียนในพื้นที่ว่างล้วน โดยไม่ต้องกำหนดเป็นช่องเล็กๆ เพื่อบังคับและขนาดตัวอักษรในการเขียนหรืออินพุท

6. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาฐานไวยากรณ์ในการวิเคราะห์การรู้จำตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทยและสามารถนำไปประยุกต์กับภาษาอื่นๆได้

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

จากปัญหาที่พบในการรู้จำลายมือเขียนในเรื่องขนาด การเขียนอักษรที่ขาดลักษณะเด่นบางอย่างเช่นหัว และทิศทางในการเขียน โดยเฉพาะการวิเคราะห์ในลักษณะ On-line การใช้การวิเคราะห์แบบโครงสร้าง (Syntactic Pattern Recognition) จะสามารถแก้ปัญหาได้ เนื่องจากการกำหนดฐานไวยากรณ์สามารถใช้จุดเด่นอื่นๆได้ และยังใช้ลักษณะความสัมพันธ์ของเส้นในการกำหนดฐานไวยากรณ์ ทำให้ตัวอักษรที่อินพุทข้อมูลเข้าไปไม่ขึ้นกับตำแหน่งของการเขียน

ในการเพิ่มประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ จึงจำเป็นต้องการข้อมูลในการอินพุทโดยการปรับความมนของตัวอักษรให้เป็นไปลักษณะเหลี่ยมเพื่อลดชนิดของเส้น โดยไม่เลือกเฉพาะลักษณะเด่น แต่ใช้ฟีเจอร์ทั้งหมดในการกำหนดเป็นฐานไวยากรณ์ เพื่อสามารถนำไปประยุกต์กับตัวอักษรภาษาอื่นๆได้

1.4 ขอบเขตของการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ศึกษากรรมวิธีทางด้านการวิเคราะห์โครงสร้างโดยพิจารณาจากโครงสร้างทั้งหมดของตัวอักษรภาษาไทย โดยเลือกเฉพาะตัวอักษรพยัญชนะภาษาไทยที่มีการอินพุท 1 ครั้ง (Stroke)
คือตั้งแต่ ก-ฮ และยกเว้น ส, ศ, ษ เนื่องจากการเขียนจะต้องรู้ผลทันทีที่เขียนเสร็จ

1.5 วิธีใช้ในการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบโปรแกรมด้วยการเขียนด้วยภาษา Java ทำงานบนไมโครคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการของวินโดวส์ ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เมาส์ลากตัวอักษรในกรอบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด โปรแกรมที่ทำการทดสอบนี้ทำงานบนเครื่องที่ใช้ CPU Pentium ความเร็ว 133 MHz หน่วยความจำ 32 MB

1.6 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา

ที่ผ่านมาได้มีการวิจัยทางด้านการรู้จำหรือการจดจำตัวอักษรภาษาไทยหลายวิธี ในที่นี้ขอยกมาแสดงไว้เฉพาะงานวิจัยที่เกี่ยวกับภาษาไทยดังนี้

1.6.1 ผลงานวิจัยของ Pipat Hiranvanichakorn เรื่อง "A Recognition Method of Handprinted Thai Character by local Feature" [14] ใช้หลักการในการวิเคราะห์ฟีเจอร์พื้นฐาน (local feature) ของตัวอักษรภาษาไทย โดยพิจารณาจากทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไปของการลากเส้นขึ้นมาเป็นตัวอักษร เพื่อวิเคราะห์หาส่วนเว้า (Concavity) และส่วนโค้งนูน (Convexity) โดยส่วนโค้งบนตัวอักษรจะถูกเก็บไว้ในดิชชันนีส่วนโค้งของตัวอักษร

1.6.2 งานวิจัยของ Pipat Hiranvanichakorn เรื่อง "An On-Line Recognition Method of Thai Character" [15] เป็นวิธีการพิจารณาแบบ Online โดยใช้หลักการแบ่งการลากเส้นตัวอักษรออกเป็นแปดส่วนย่อยๆ ตามทิศทาง และวิเคราะห์ว่าประกอบมาจากฟีเจอร์ ซึ่งได้แก่ ลำดับของการลากส่วนโค้งของเส้น ชนิดของส่วนโค้ง และตำแหน่งที่สัมพันธ์กันของส่วนโค้ง นอกจากนี้ยังใช้วิธีการแยกแยะแบบหลายขั้นเพื่อเพิ่มอัตราการรู้จำให้มากขึ้นด้วย

1.6.3 ผลงานวิจัยของ นายประสาร ตังติสานนท์ เรื่อง "การจดจำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทยโดยวิธีแยกลักษณะเด่น" [2] ซึ่งพิจารณาถึงรูปแบบโครงสร้างของรูปแบบตัวอักษรทั้งลายเส้นและพื้นเบื้องหลังของลายเส้นตัวอักษรควบคู่กันไป ขั้นตอนทำงานแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่คือ ขั้นตอนแรกเป็นการเปลี่ยนลักษณะลายเส้นและลักษณะลายพื้นเบื้องหลังลายเส้นเป็นรหัสเบื้องต้น (Initial feature extraction) ขั้นตอนที่สองการลดทอนรหัสเบื้องต้นที่ซ้ำซ้อน (Unification) ขั้นตอนที่สามเป็นการรวมรหัสลายเส้นและลายพื้นเข้าด้วยกันเพื่อให้เป็นคุณสมบัติของรูปตัวอักษร (Concentration) ผลการรู้จำให้ความถูกต้องสูงเกินกว่า 90% แต่ว่าเวลาที่ใช้ในการรู้จำตัวอักษรแต่ละตัวต้องใช้เวลาประมาณ 3 นาที ซึ่งเวลานานเกินไป จึงไม่สามารถนำออกมาใช้งานได้จริง

1.6.4 ผลงานวิจัยของ นายสุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์ เรื่อง "การจดจำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยโดยการพิจารณาหัวตัวอักษร" [3] ทำการเลือกพิจารณาส่วนหัวของตัวอักษรภาษาไทยที่มีลักษณะเป็นวงกลมเล็กๆ ขั้นตอนการทำงานแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนที่หนึ่งเป็นการเตรียมภาพตัวอักษรแต่ละตัวไว้ 2 ชุด โดยชุดหนึ่งเป็นภาพปกติ และอีกชุดหนึ่งจะเป็นภาพตัวอักษรที่ผ่านการทำให้บางแล้ว ขั้นตอนที่สอง จะทำการค้นหาจากส่วนหัวตัวอักษรปกติ และคำนวณหาคุณสมบัติทางโทโพโลยี่จากตัวอักษรที่ถูกทำให้บาง ในขั้นตอนที่สามเป็นการแบ่งตัวอักษรออกเป็นกลุ่มโดยพิจารณาส่วนหัวของตัวอักษร และในขั้นตอนสุดท้าย เป็นการวิเคราะห์ตัว

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อักษรด้วยเทคนิคพิเศษ 4 เทคนิค ได้แก่ 1. Subhead Region 2. Feature Code 3. Head Style และ 4. Width per height ratio การทำงานของระบบใช้กล้องเก็บภาพ CCD เป็นอุปกรณ์ป้อนข้อมูล (Input device) ซึ่งการใช้งานคงยุ่งยากพอสมควร และต้องพึ่งผู้มีความชำนาญเป็นผู้ปรับแต่งความคมชัดในการถ่ายเก็บภาพ และในส่วนของอัลกอลิทึมที่ใช้ เป็นการพิจารณาเฉพาะส่วนหัวของตัวอักษรซึ่งค่อนข้างจะเป็นการพิจารณาเฉพาะเจาะจงเกินไป หากข้อมูลเป็นภาพตัวอักษรที่เขียนแบบไม่มีหัว หรือลายเส้นของหัวขาดไม่สมบูรณ์หรือไม่เป็นวงปิด หรือไม่ว่าหัวมีลักษณะทึบตัน ผลของการรู้จำย่อมผิดพลาดอย่างแน่นอน แต่อย่างไรก็ตาม หากทุกอย่างเป็นไปตามเงื่อนไขที่ผู้ทำวิจัยกำหนดไว้ในงานวิจัยนี้สามารถรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนให้ผลของการรู้จำที่ดีพอสมควร

1.6.5 ผลงานวิจัยของ นายชาย เกษมอมรกุล เรื่อง "การออกแบบพจนานุกรมสำหรับการเรียนรู้ตัวอักษรคัดลายมือไทย-อังกฤษ อัตโนมัติบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์" [8] เป็นการพัฒนาปรับปรุงผลงานวิจัยของ นายประสาน ตังติสานนท์ มีการเพิ่มเติมส่วนของการรู้จำตัวอักษรโดยค้นหาคุณสมบัติเด่นของตัวอักษรจากพจนานุกรมของการรู้จำที่จัดเก็บโดยพิจารณาจากความถี่ของการใช้งานของอักษรแต่ละตัว ทำให้การค้นหาทำได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นตัวระบบเองยังสามารถที่จะรู้จำตัวอักษรที่ไม่มีข้อมูลปรากฏในพจนานุกรมได้โดยอัตโนมัติโดยอาจให้ผู้ใช้ช่วยตัดสินใจบ้าง ส่วนของพจนานุกรมสามารถเพิ่มเติมตัวเองได้โดยอัตโนมัติเช่นกัน ประสิทธิภาพการรู้จำถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการรู้จำ แต่ในการเขียนลายมือคัดเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ยังจำกัดขนาดตัวอักษร และจำนวนบรรทัดจึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งานจริง

1.6.6 ผลงานวิจัยของ นายสุรสิทธิ์ ราตรี เรื่อง "การรู้จำอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยวิธีการค้นหาลักษณะโครงสร้างของลายเส้น" [4] ได้นำเสนอวิธีการค้นหาลักษณะโครงสร้างลายเส้นซึ่งเป็นลักษณะเด่นของตัวอักษร (Topological feature extraction) การพิจารณากระทำกับโครงสร้างของลายเส้นตัวอักษรที่ถูกแบ่งออกเป็น 8 ส่วนในแนวตั้ง แนวนอน และในแนวเส้นทะแยงมุมทั้งสอง ในขั้นต่อไปทำการแยกพิจารณาในแต่ละส่วน (Octant) หาคุณสมบัติทางโทโพโลยี่ของลายเส้น (Stroke) ของตัวอักษร ซึ่งจะได้รหัสแทนตัวอักษรที่เรียกว่า A-code จากการรวมรหัสแสดงคุณลักษณะเด่นในแต่ละส่วนของตัวอักษรที่ถูกแบ่งทั้ง 8 ส่วน เนื่องจากการพิจารณากระทำกับลักษณะโครงสร้างของลายเส้นของตัวอักษรอย่างละเอียดจึงสามารถเก็บคุณลักษณะเด่นของตัวอักษรได้ครบถ้วน ส่งผลให้ความถูกต้องของการรู้จำมีความถูกต้องสูงเกินกว่า 95% แต่การแบ่งพื้นที่การพิจารณาออกเป็นส่วนๆ ที่มีพื้นที่เล็กเกินไป จะทำให้การพิจารณาโครงสร้างของลายเส้นในแต่ละส่วนอาจไม่ได้ลักษณะลายเส้นที่แท้จริงในกรณีที่ลายเส้นตัวอักษรที่มีความหนา แต่แนวทางแก้ไขสามารถทำได้โดยเพิ่มเติมส่วนของการทำตัวอักษรให้บาง ซึ่งจะได้โครงร่างของลายเส้นตัวอักษรที่แท้จริง แล้วจึงนำไปพิจารณาก็จะสามารถแก้ปัญหาส่วนนี้ได้ และคาดว่าจะได้ความถูกต้องแน่นอนแม้ว่ารูปแบบ (Font) ของตัวอักษรอาจจะแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.7 ผลงานวิจัยของ นายสุขสถิต สุขใจ เรื่อง "การใช้โครงสร้างข่ายประสาทเทียมเพื่อจดจำรูปแบบลายมือเขียนตัวเลขอารบิคแสดงข้อมูลเป็นมุมสมบูรณ์" [8] ใช้วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม โดยพิจารณามุมสมบูรณ์รู้จำตัวเลขอารบิค 0-9

1.6.8 ผลงานวิจัยของ นางสาวจิตรลดา ผลนิมิตร เรื่อง "การรู้จำลายมือเขียนตัวเลขไทยด้วยนีโอคอคนิตรอน" [9] เป็นวิธีทางด้าน off-line โดยในจุดเด่นของตัวเลขภาษาไทยบางส่วนมาทำการวิเคราะห์และเรียนรู้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ในโมเดลนีโอคอคนิตรอน

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพจน์

วิทยานิพจน์ฉบับนี้ได้แบ่งออกเป็น 6 บท ประกอบด้วย

บทที่ 1 บทนำ ได้กล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์และสมมติฐานของการศึกษา รวมถึงทฤษฎีหรือแนวคิด ขอบเขต และวิธีที่ใช้ในการวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีทางด้านการวิเคราะห์โครงสร้าง

บทที่ 3 กล่าวถึงกรรมวิธีในการแยกแยะเส้น

บทที่ 4 กล่าวถึงกรรมวิธีที่ได้มาซึ่ง RULE BASE

บทที่ 5 กล่าวถึงผลของการทดสอบ

บทที่ 6 เป็นสรุปและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่ใช้

2.1 ประวัติความเป็นมาของการจดจำรูปแบบ

ระบบเครื่องกลอัจฉริยะ (Machine intelligence system) เป็นเทคโนโลยีที่เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1990 โดยมีเทคนิคทางด้านการรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) คือการทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้รูปแบบ (Pattern) นั้น ๆ ว่าเป็นรูปแบบชนิดใด ซึ่งเป็นส่วนสำคัญหนึ่งในระบบอัจฉริยะ (Intelligence System) โดยเฉพาะทางด้าน Computer vision โดยการรู้จำรูปแบบซึ่งใช้ทั้งด้านการประมวลผลหรือการจัดเตรียมข้อมูล (Data Processing) และการตัดสินใจ (Decision making) อาจกล่าวได้ว่าการรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) เป็นวิทยาการที่ใช้ในการอธิบาย (Description) และวิเคราะห์จำแนก (Classification) วัตถุต่าง ๆ ออก ทำให้การรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) มีความสำคัญ โดยสามารถใช้งานได้จริง และสามารถประยุกต์ใช้กับงานต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วด้วยลักษณะของการข้ามกฎเกณฑ์ และสามารถแบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ ในการปฏิบัติได้ ในอดีตนั้นหลักของ Pattern Recognition มี 2 หลักการใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ ทางด้าน Statistical (or decision theoretic) และหลักทางด้านโครงสร้าง (Syntactic or Structural) ซึ่งในปัจจุบันได้เพิ่มหลักทางด้าน neural network เข้ามา เพื่อใช้งานทางด้าน 'Back Block Algorithm' อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงอาจต้องใช้ทั้ง 3 หลักการในการวิเคราะห์และรู้จำ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์สูงสุด

2.2 ความรู้เกี่ยวกับการรู้จำโดยการวิเคราะห์โครงสร้าง

การรู้จำทางด้านสถิติ (Statistic Pattern Recognition) พยายามที่จะวิเคราะห์จำแนกรูปแบบ (Pattern Classify) โดยกำหนดพื้นฐานของการจำแนกกลุ่มภายใต้คุณสมบัติโครงสร้าง Model โดยใช้หลักสำหรับการแบ่งกลุ่มรูปแบบ (Pattern Class) โดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์หรือสถิติ ซึ่งสามารถแบ่งแยกได้ดีถ้าไม่มีปัญหาทางด้าน

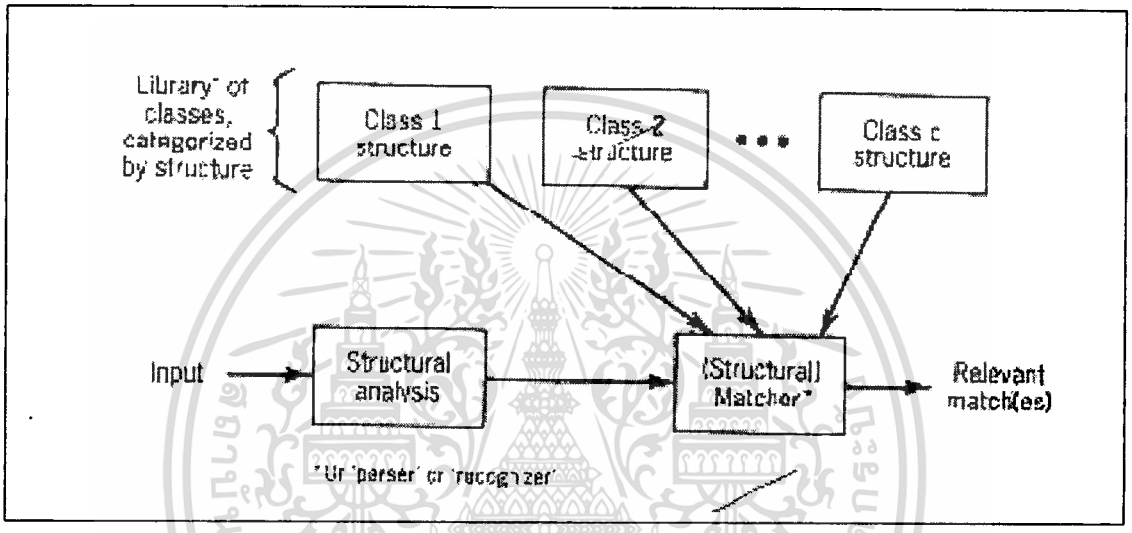
1. ปัญหาของรูปแบบที่มีผลต่อทิศทาง (determine feature vector)
2. ปัญหาในการวิเคราะห์รูปแบบที่มีความใกล้เคียงมาก
3. ปัญหาของระบบที่ต้องมีการเรียนรู้ (train system)

การรู้จำรูปโดยการวิเคราะห์โครงสร้าง (Statistic Pattern Recognition) เป็นการจัดโครงสร้างของกลุ่มต้นแบบ (Entity) ทีมีความสำพันธ์กัน โดยโครงสร้างอาจจะยังถูกใช้เป็นส่วนของการแบ่งแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Classify) และส่วนของรายละเอียด (Description) ต่าง ๆ ซึ่งในส่วนของ การรู้จำรูปแบบโดยการวิเคราะห์โครงสร้าง มีความเป็นไปได้ที่จะให้สำเร็จ ดังเช่น

ตัวอย่างนี้ จะทำโดยการกำหนดการร้องขอ และความแตกต่างของไวยากรณ์ที่มีผลต่อโครงสร้างของแต่ละกลุ่มรูปแบบ (Pattern class) ในส่วนของวัตถุ (Element) จะถูกแสดงอยู่ในรูปที่ 2.1 การวิเคราะห์โครงสร้างจะถูกใช้สำหรับการแบ่งแยกและใช้ในส่วนของรายละเอียด การแบ่งแยกอาจจะเป็น



รูปที่ 2.1 แสดงการใช้ การรู้จำรูปโดยการวิเคราะห์โครงสร้างสำหรับการวิเคราะห์และจำแนก

พื้นฐานสำหรับการกำหนดขนาดของโครงสร้างรูปแบบ (Pattern) ที่เหมือน ๆ กัน ตัวอย่างเช่น ในแต่ละกลุ่มรูปแบบ (Pattern Class) สามารถกำหนดตามโครงสร้างง่าย ๆ หรือรายละเอียดได้อย่างไรก็ตามตำแหน่งที่มีอยู่เดิมแล้วนั้น แต่ละโครงสร้างรายละเอียดที่เป็นไปได้จะกำหนดเป็นกลุ่มที่มีลักษณะเฉพาะตัว (Unique class) ในกรณีนี้ขนาดรายละเอียดของโครงสร้างรูปแบบ (Pattern) จะมีขนาดที่เหมาะสมแม้ว่าสิ่งที่ ถูกมองไม่ถูกแบ่งแยก ตัวอย่างที่แสดงในภาพเป็นการ Interpretation Application ที่แต่ละภาพจะมีโครงสร้างของรายละเอียดที่เป็นลักษณะเฉพาะตัว (Unique) และตัวเลขที่ไม่รู้จบของโครงสร้าง class ก็เช่นกัน ซึ่งโครงสร้างของ Class ต่าง ๆ จะถูกนำมาเป็นต้นแบบสำหรับการเปรียบเทียบกับวัตถุอื่น ๆ โดยมีความสำคัญมากในการในการเก็บ Class ต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การกำหนดขนาดของโครงสร้างเพื่อใช้ในการอธิบายและการจำแนก (Quantifying Structure In Pattern Description And Recognition)

โครงสร้างพื้นฐานในการรู้จำ (Pattern Recognition) จะเรียกว่าต้นแบบ,รูปแบบหรือ Pattern ก็คือโครงสร้างแบบปริมาณ (Quantifiable) โครงสร้างแบบปริมาณ (Quantification) นี้ใช้แสดง 2 ลักษณะที่มีความใกล้เคียงกัน คือ

Formal grammar

Relation description หรืออธิบายโดยใช้กราฟ

เครื่องมือตัวนี้มีโครงสร้างที่ประกอบด้วย สิ่งที่จะอำนวยความสะดวกในการรู้จำ (Facilitates recognition), การวิเคราะห์จำแนก (Classification) หรือ รายละเอียด (Description) ซึ่งกลุ่มของรูปแบบ (Pattern Class) ของการทำงานนี้สำหรับ Syntactic recognition, including parsing และ relational graph matching ที่ถูกพัฒนาขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น Approaches ได้ดังนี้

2.3.1 Hierarchical Approaches

แม้ว่ามันไม่เป็น Mandatory ด้านเทคนิคต่าง ๆ มากมายของวิเคราะห์โครงสร้าง (Statistic Pattern Recognition) ที่เป็นพื้นฐานในการจัดการและการวิเคราะห์รูปแบบ (Pattern) แบบครบวงจรโดยการจัดลำดับขั้นภายในรูปแบบ (Pattern)ง่าย ๆ ตัวอย่างเช่น ภาษาในการเขียนในส่วนของ paragraph อาจจะมีการแยกประโยคออกเป็นส่วน ๆ ประโยคอาจจะถูกแยกออกเป็นค่า ๆ ค่าอาจจะถูกแยกออกมาเป็นตัวอักษรตัว อักษรอาจจะถูกแยกออกมาเป็นส่วนเล็ก ๆ เช่น เส้น

Pattern ที่สมบูรณ์แบบจะถูกเขียนหลาย ๆ ครั้งโดยวิธีการแบ่งแยกภายในการจัดการ Entity จากตัวอย่างที่แล้ว ใช้ไวยกรณ์ในการสร้าง Paragrah แต่เราไม่มีความจำเป็นที่ต้องเริ่มต้นด้วยปัญหาของการสร้าง Paragrah แต่สิ่งแรกที่เราควรจะพิจารณาก็คือการสร้างส่วนเล็ก ๆ (เส้น) ที่มีความเหมาะสมส่วนเล็ก ๆ (Stroke) ในที่นี้จัดอยู่ใน Form ของตัวอักษร ตัวอักษรจัดอยู่ใน Form ของคำ เป็นต้น ในการวิเคราะห์ Paragraph มันไม่เป็นการง่ายที่จะทำการวิเคราะห์ Paragraph โดยทั้งหมด ขั้นแรกควรทำการแยก Paragraph ออกเป็นส่วน ๆ ต่อมาถ้าแยกเป็นประโยค เป็นคำ เป็นตัวอักษร และอื่น ๆ เป็นต้น ในทางกลับกันจะประมวลผลตามลำดับชั้นในการสร้าง Paragraph

2.3.2 Relation Model

ในบางวิธีการวิเคราะห์โครงสร้าง (Statistic Pattern Recognition) คุณลักษณะและความสัมพันธ์ที่สนับสนุนลักษณะเด่นที่ถูกใช้ในการสร้าง Structure-base Model ที่สมบูรณ์แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relational information ใน Model นี้เป็นเพียง significhg information ซึ่งมี Pattern class อื่น ๆ มากมายที่เชื่อมโยงความสามารถขั้นต่ำเหมือนกัน

2.4 แบบฐานไวยากรณ์และการประยุกต์ (Grammar-based Approach And Application)

ในการใช้โครงสร้างรายละเอียดในจำนวนของ Application area ที่บรรจุการประมวลผลภาษาธรรมชาติ การวิเคราะห์เส้นที่วาด และรายละเอียดจอง "Block world" 3 มิติ อันดับแรกจพทำการพัฒนาทั่ว ๆ ไปก่อน แลพรายละเอียดของการคำนวณที่ถูกต้องตามความเข้าใจของภาษา มันเป็นค่าที่ได้จากรายละเอียดของภาษาและประโยคที่สามารถอธิบายได้ดีกว่าคำพูด ตัวอย่างเช่น มันบรรจุ computer programing languge ได้ดีเท่าภาษาที่ใช้กับรายละเอียดของเพลงและโครงสร้างของ 2 มิติ และรูปแบบ (Pattern) ที่มีความผันผวนของเวลา

2.4.1 Using Formal Language to Model and Describe Patterns

รูปแบบที่ถูกต้องของไวยากรณ์ ควรจะถูกใช้ในการสร้าง Pattern กับการจัดความสัมพันธ์ของโครงสร้าง ไวยากรณ์ควรให้บริการกับรูปจำลอง (Model) ของกลุ่มที่สามารถระบุที่มาของการสร้างรูปแบบที่สร้างทุก Pattern กับโครงสร้างกลุ่มที่สามารถระบุเฉพาะได้ ยิ่งกว่านั้น มันเป็นความต้องการที่แต่ละการสร้างไวยากรณ์ของกลุ่มที่สามารถระบุเฉพาะเจาะลงได้ สืบทอดมาจาก ชุดของรูปแบบ (Pattern) ตัวอย่าง ซึ่งควรจะถูกพิจารณาในการเรียนรู้

2.4.1.1 ฎีกาสำหรับฐานไวยากรณ์ในการรู้จำโดยวิธีวิเคราะห์โครงสร้าง (Suitability of Grammar-Based Approaches for Syntactic Pattern Recognition)

รูปแบบของไวยากรณ์ที่ใช้ใน การรู้จำโดยวิธีวิเคราะห์โครงสร้าง พอชี้แจงเหตุผลให้เข้าใจได้ถ้าการจำแนกของวัตถุ (Entity) ทำให้การพิจารณาในการชุดของวัตถุต้นแบบ (Element หรือ Primitive) ด้วยตัวเองได้โดยอัตโนมัติเหมือนกัน หรือ ข้อมีความที่ตัวทอนมาเท่าที่เป็นไปได้ Entity จะมองเห็นโครงสร้างที่ถูกใช้ในการแก้ปัญหาการประมวลผล

2.4.1.2 ภาษา (Languages)

ในเทอมทั่วๆ ไป ภาษาเป็นกลไกที่ให้สิทธิในการแสดงความคิดทั่ว ๆ ไป ที่เป็นการกำหนดส่วนขยายสำหรับจุดประสงค์ของเรา มันรองรับรูปภาพที่เราใช้แทนสิ่งที่เรากำลังมอง ภาษาถูกสร้างโดยไวยากรณ์ ในบางสิ่งมาจาก ไวยากรณ์ที่กำหนดซึ่งเกิดจากความรู้สึกนึกให้สำนึกเราจะศึกษาเกี่ยวกับการกำหนดไวยากรณ์ที่เป็นทางการและการกระจายค่าในไวยากรณ์ ตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 1 Sentence Formation as Production (Rewrite rule)

พิจารณาตามประโยคดังต่อไปนี้

"The quarterback thraws accurately (1)

หน่วยความจำหลักชั่วคราวจะเพิกเฉยต่อ สัญญาณของความจำของตัวอักษรที่เริ่มต้นและจุดสิ้นสุด และจะรวบรวมไว้ในการสร้าง (Formation) และโครงสร้างของประโยคนี้

ประโยคถูกผลิตโดยใช้ลำดับของการเขียนดังนี้

1. (sentence)
2. (non phrase)(verb phrase)
3. (article)(non)(verb phrase)
4. the (non) (userb phrase)
5. the quarterback (verb phrase)
6. the quarterback (verb)(adverb)
7. the quarterback throws (adverb)
8. the quarterback throws accurately (2)

การแบ่งชนิดในระหว่างกลางและความสัมพันธ์ของ Entity ที่ไม่ได้กำหนด เช่น none และadverb ลำดับที่นำผลผลิตของประโยคของ (1) สามารถจัดให้อยู่ในบัญชีรายชื่อไว้เนื้อหาลำดับของการเขียนใหม่ หรือสิ่งที่ใช้เข้ามาแทน

2.4.2 การวิเคราะห์โครงสร้างและการอธิบาย พร้อมทั้งการประยุกต์ (Structural Analysis and Description Application)

การวิเคราะห์โครงสร้างเป็นกรรมวิธีอย่างง่ายในการประยุกต์ (Application) ส่วนใหญ่ ได้นำไปใช้ด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.4.2.1 Compilation of heigh-level language : ภาษาถูกเขียนขึ้นโดยใช้เซตของคำสงวน (Primitive) และหลักสำหรับการรวมคำสงวนนี้ในฟอร์มโปรแกรมบัญชีของภาษาในการสร้างประโยค สำหรับตัวอย่างใน Pascal นี้อาจเป็นการแสดงใน BNF (Backus Naur Form) เช่น

Function – identifier::= identifier

Identifier::= letter{letter – or - digit}

Letter ::= a|b|c|…|z|…|A|…|Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Digit ::= 0|1|2|3|4|…|9

Letter – or – digit ::= letter|digit

ที่ BNF จะหมายถึงสัญลักษณ์

::= หมายถึง การกำหนดค่า

| หมายถึง or

{ } หมายถึง การกำหนดข้อความที่อาจจะทำซ้ำศูนย์ครั้งหรือหลายครั้ง

A หมายถึง compiler หรือ interpreter สำหรับภาษาระดับสูงที่พยายามจะสร้างเป็นภาษาระดับต่ำคือ ภาษาเครื่องโดยการตัดสินใจเลือกโครงสร้างที่ต้องการของการป้อนข้อมูลของโปรแกรมภาษาระดับสูงตลอดจนการกระจายคำในไวยากรณ์ที่ป้อนเข้ามาหรือจาก source code

2.4.4.2 Understanding of natural language

การเข้าใจภาษาธรรมชาติเป็นการแสดงพื้นที่ของการค้นหาปัจจุบันการประยุกต์นี้ (Application) บรรจุคู่มือ 'keyboards' เสียงที่เกิดจากการควบคุมของเครื่องและ Operatorless telephone information และระบบการจอง นี่เป็นการทำงานของโครงสร้าง PR ตั้งแต่การบีบอัดคำ(Primitive) ซึ่งถูกรวบรวมโดย speaker according ไวยากรณ์ของภาษาซึ่งจะใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของไวยากรณ์หรือประโยคที่ทำให้การตรวจสอบนี้หยุดเมื่อมีการสะดุด การประมวลผลของการสร้างและการตัดสินใจเลือกโครงสร้างของประโยคโดยใช้ภาษา PROLOG

ส่วนหนึ่งของตัวอย่างที่มีความนิยมกันมากของการวิเคราะห์ภาษาธรรมชาติเป็นโปรแกรม Weizenbaum's ELIZA บทสนทนาที่แสดงค่าของโปรแกรมนี้กับความคิดของ Rogerian ดังแสดงในรูปที่2 เป็นตัวอย่างของการสนทนากับ ELIZA (ในรูปที่2, D กำหนดเป็น Doctor หรือโปรแกรมแสดงผล, "P" กำหนดเป็น Patient หรือ User input) การตอบรับของ ELIZA จะไม่ถูกเลือกในความเข้าใจของ User Input หลังจากนั้นทำการเลือกและทำการแก้ไขส่วนของการเก็บเซตของการตอบรับ ซึ่งคุณลักษณะนี้แสดงได้ชัดใน "Shallow" การสนทนาในภาพที่ 2.2

2.4.4.3 Music representation

ความเข้าใจโครงสร้าง audio และการเล่นซ้ำของดนตรีควรจะมีความระมัดระวังเพราะรูปแบบ (Pattern) ของดนตรีมีลำดับมีขั้นตอน มันจะชัดเมื่อได้เห็นการอัดดนตรีที่แต่งขึ้น (เช่น โน๊ตดนตรี) รูปแบบ (Pattern) ของโน๊ตหรือสเกลที่ยังไม่ประติดประต่อจะทำให้เห็นได้ชัดขึ้น ดนตรีเป็นเหมือนกับพยางค์ ซึ่งเป็นภาษาอย่างหนึ่ง มีความพยายามอย่างมากมายที่จะประยุกต์ตามทฤษฎีของไวยากรณ์ที่เป็นทางการ ใช้ในการแปลความหมายของดนตรีและเรียบเรียงเพลงที่แต่งขึ้นดนตรีเป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นได้ดีทีเดียวในการใช้โครงสร้างลำดับชั้นของข้อมูล ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.3

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.4 Description and interpretation of image (visual) data

การแปลความหมายของรูปภาพเป็นการค้นพบใหม่ที่เกิดขึ้นในความสัมพันธ์ของ Application นำไปสู่ไวยากรณ์ที่เป็นทางการ การวิเคราะห์โครงสร้างและรายละเอียด และการกระจายไวยากรณ์ที่เป็นการพัฒนาของระบบอัตโนมัติที่อนุญาตให้มนุษย์เป็นผู้จัดการทางด้านภาษากับรูปภาพหรือหนังสือพิมพ์ภาพระบบฐานข้อมูลที่บรรจุทั้งรูปภาพและภาษาที่สามารถเข้าใจได้ PR นี้สามารถใช้ได้อย่างเต็มที่สำหรับระบบ เช่น การพยากรณ์อากาศแบบอัตโนมัติ การแปลความหมายภาพดวงจันทร์ตามความนึกคิด สมุดภาพที่เก็บสารสนเทศสำคัญและ ช่วยในการวินิจฉัยโรค ซอฟแวร์เป็นองค์ประกอบของระบบที่เป็น

1.การเตรียมประมวลผลและการกระจายในไวยากรณ์เป็นผลสู่การตัสินใจเลือกโครงสร้างของข้อความที่ป้อนเข้ามา

2. การส่งผ่าน Query generator

3. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ป้อนเข้ามา

4. ตอบคำถามสิ่งที่เกิดขึ้น คำถามจะเป็นรูปภาพฐานข้อมูลและการกำหนดระบบตอบรับในรูปแบบของภาษาธรรมชาติ ดังแสดงไว้ในรูป 2.4

D : I am at your service; just tell me anything that troubles or concerns you.

P : I am having a great deal of trouble writing a Pattern Recognition textbook.

D : Is it because you are having a great deal of trouble writing a Pattern Recognition textbook that you came to me?

P : Yes.

D : Is there something bothering you?

P : The work in the Pattern Recognition textbook

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของโปรแกรมการเข้าใจภาษา Eliza

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D : I am not sure I understand you fully.

P : I hate to write Pattern Recognition texts.

D : What else do you hate?

P : Rogaine therapists.

D : Please go on.

P : Rogaine therapists are for tools.

D : Suppose Rogerian therapists wrer not for fools.

P : yes.

D : I see.

P : This doesn't seem to be leading anywhere.

D : What does that sugguest to you?

P : This program is not as intelligent as it seems.

D : Possibly this is for the better.

P : I agree.

D : I understand.

P : Goodbye.

D : I hope I have been of some service. Let's get together again sometime.

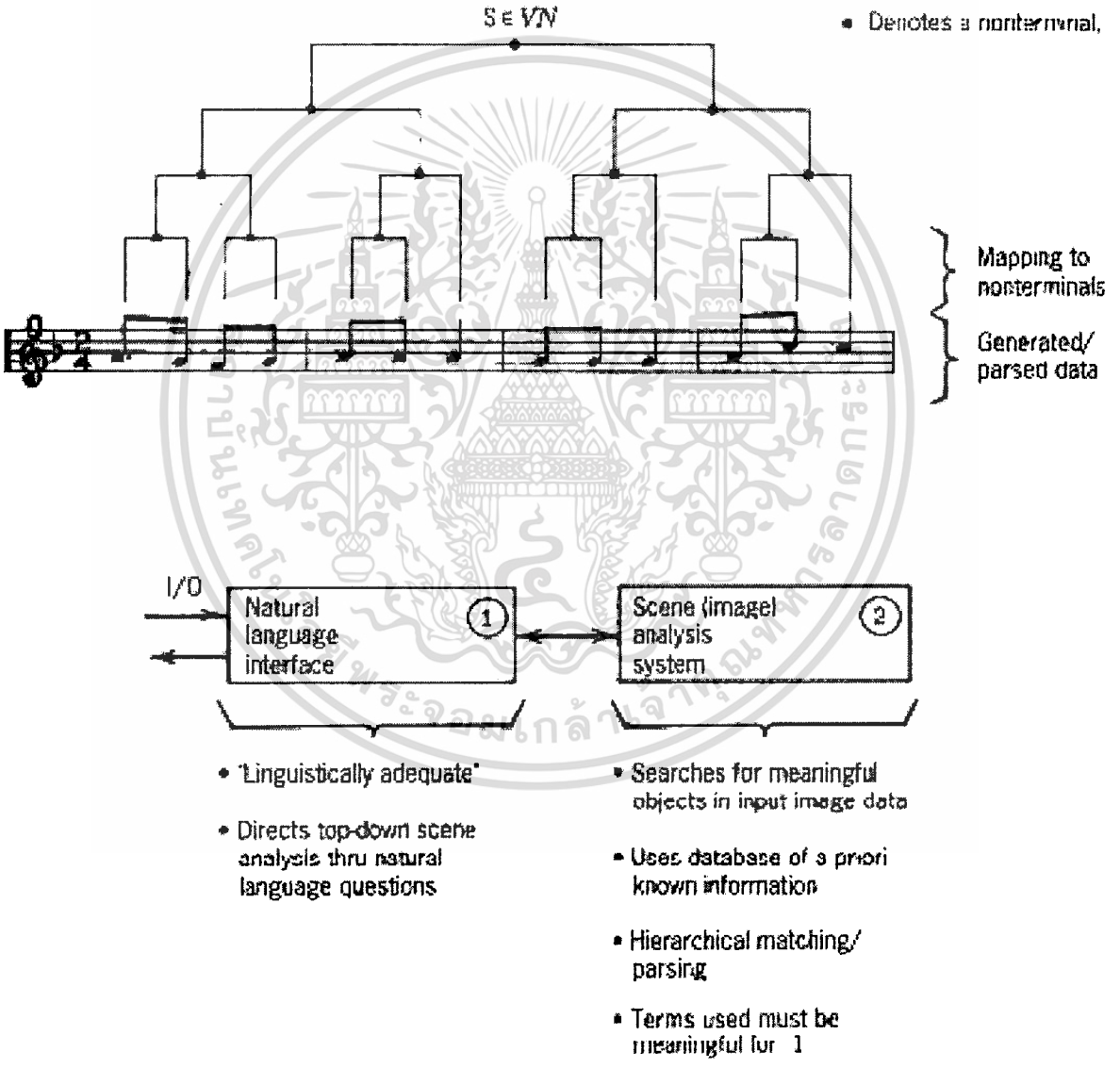
รูปที่ 2.2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Element Of Formal Grammars

2.5.1 Definition and Conventions

การเริ่มต้นด้วยการเขียนประโยคไวยากรณ์ ที่ P ถูกใช้ในการสร้างประโยคที่เป็นส่วนประกอบของเส้นต่างๆ จะแสดงให้เห็นในส่วนตัดทอน



รูปที่ 2.3-2.4 โครงสร้างของตัวโน๊ตในรูปแบบของ Terminals และ Non-terminals ดังแสดงเป็นลำชั้นและตัวอย่างของโปรแกรมวิเคราะห์รูปภาพที่เชื่อมโยงกับภาษาธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายอักขระ V เป็นเซตของสัญลักษณ์ที่สามารถทำให้มองเห็นภาพได้

$V = \{a,b,c,\ldots,z\}$

การเชื่อมต่อ a และ b มีลักษณะดังนี้ aOb จะได้ลำดับของสองสัญลักษณ์ที่แสดงให้เห็นของ ab สายอักขระ V เป็นทั้ง single symbol หรือลำดับของการจัดรูปแบบสัญลักษณ์ทำโดยการเชื่อมต่อศูนย์หรือสัญลักษณ์จาก V นอกจาก V จะอยู่ในลักษณะ 'a','ab','az' และ 'azab' ยังเป็นสายอักขระหรือประโยคได้อีก จำนวนของสัญลักษณ์ในสายอักขระ s จะอยู่ในรูป |s| ลำดับการเรียงปกติของสายอักขระจะเป็นการเรียงจากซ้ายไปขวา บ่อยครั้งที่ถือเอาความสะดวกในการเขียนสายอักขระ เช่น x = aaa...a, นั่นเป็นการทำซ้ำ ถ้าเรากำหนดให้ทำซ้ำจำนวน n ครั้ง เราสามารถเขียนได้ในรูปแบบของ $x = a^n$

2.5.2 The Null String and closure.

สายอักขระว่างหรือประโยคว่างจะแสดงในรูปของ $\in$ หรือ λ ซึ่งมีคุณสมบัติสายอักขระดังนี้

$$\chi O \varepsilon = \varepsilon O \chi = \chi \qquad (4a)$$

และยังมี

$$|\varepsilon| = 0 \qquad (4b)$$

แสดงออกมาเป็น

$$V \, O V = V^2 \qquad (5)$$

เซตของทุกสายอักขระที่มีความยาวเท่ากับ 2 ซึ่งมีการสืบทอดคุณสมบัติมาจาก V

$$V \, O \, V \, O \, V = V^3 \qquad (6)$$

เซตของทุกสายอักขระที่มีความยาวเท่ากับ 3 เราสามารถทำการประมวลผลต่อไปได้อีกจนถึง V^n สุดท้ายเราจะกำหนด V^+ จะได้ว่า

$$V^+ = V \cup V^2 \cup V^3 \cup \ldots \qquad (7)$$

V^+ เป็นเซตของทุกประโยคที่ไม่ว่างจากการใช้ V ในการเพิ่มสายอักขระว่างไปยัง V^+ จะอยู่ในรูปแบบ V^* นั้นคือ

$$V^* = \{ \varepsilon \} \cup V^+$$

V* เป็นการแสดงการปิดเซตของ V และ $V^+ = V^* - \{ \varepsilon \}$ มักจะเรียกว่าตำแหน่งปิดของ V ประโยคที่ได้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดขนาดความยาวที่แน่นอน

2.5.3 Grammars and Language Using Strings

ไวยากรณ์ถูกใช้กับ V ในบางครั้งจะหมายเซตย่อยของสายอักขระจะอยู่ในรูป $L \subseteq V^*$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้ L คือ Language ยังมีมุมมองอื่นจาก V ในส่วนของไวยากรณ์ที่เป็นข้อกำหนดในการสร้างภาษาของสายอักขระ จำนวนนับของ V* จะแสดงในรูป | V*| ซึ่งสามารถนับไปจนถึง | V*| = ∞

2.5.3.1 Union, Concatenation, Iterates, and sub-strings กำหนดให้ใช้ 2 language คือ L_1 และ L_2 กับ V บางตัว

1. Union ของ L_1 และ L_2 เป็น

$$L_1 \cup L_2 = \{ s/s \in L_1 \text{ or } s \in L_2 \} \qquad (9a)$$

2. The concatenation จะใช้สัญลักษณ์ O ใช้ร่วมกับ L_1 และ L_2 จะได้ว่า

$$L_1 O L_2 = \{ s/s = s_1 s_2 \text{ ที่ } s_1 \in L_1 \, s_2 \}$$

3. The iterate ของ L_1 จะแสดงในรูปแบบ L_1^{iterate}

$$L_1^{\text{iterate}} = \{ s/s = s_1 s_2 \ldots, n \geq 0 \text{ และ } s_i \in L_1 \}$$

สำหรับสายอักขระ $x,y \in V^*$ จะได้ว่าสายอักขระ y เป็นสายอักขระย่อยของ x ถ้า V^* บรรจุสายอักขระ u และ v ดังนั้นจะได้ว่า

$$x = uyv$$

2.5.3.2 Grammars: ไวยากรณ์ประกอบไปด้วย entity 4 ส่วนคือ

1. เซตของเทอร์มินอลหรือสัญลักษณ์ Primitive จะใช้สัญลักษณ์ V_T ในแอพลิเคชั่นจำนวนมากจะเป็นการยากที่จะเลือกว่าเซตของเทอร์มินอลจะเป็นอะไรมันขึ้นอยู่กับว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นศาสตร์หรือเป็นศิลป์

2. เซตของสัญลักษณ์ Non-terminal หรือตัวแปล จะถูกใช้เป็นตัวกลางในการกำหนดรูปแบบในการสร้างสัญลักษณ์เทอร์มินอลขึ้นมาตัวหนึ่ง ซึ่งเซตนี้จะแสดงมาในรูปของ V_N

3. กฎในการเขียนจะอนุญาตให้กลับไปที่สิ่งที่ใช้มาแทน เป็นเซตของ Product ที่มีสัญลักษณ์ควบคู่ไปด้วย เซตของ Product จะใช้สัญลักษณ์ P

4. สัญลักษณ์เริ่มต้นที่ใช้คือ S จะได้ว่า $S \in V_N$ ตัวอย่างเช่น S = <sentence>

สำหรับเซตของ V_T และ V_N จะไม่เข้าพวกกัน จะได้ว่า $V_T \cap V_N = \varnothing$ ซึ่งเป็นการกำหนดไวยากรณ์โดยใช้สัญลักษณ์ G ดังเช่น

$$G = (V_T, V_N, P, S) \qquad (12)$$

2.5.3.3 Constraining Productions ให้ V_T และ V_N โปรดัก ชนิดที่แตกต่างกันจะเป็นตัวกำหนดพื้นที่ของไวยากรณ์ สำหรับตัวอย่าง มันเป็นผลของการกำหนด element ของ p ในฟอร์ม

$$A \rightarrow B \qquad (13a)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่

$$A \in (V_N \cup V_T)^+ - V_T^+ \qquad (13b)$$

และ

$$B \in (V_N \cup V_T)^* \qquad (13c)$$

ควรประกอบด้วยจำนวนของ V_N อย่างน้อย 1 จำนวน และ B ซึ่งประกอบด้วยการจัดกลุ่มของ terminals และ Non-terminals ซึ่งเป็นส่วนของตัวอักษรในการแตกโครงสร้างไวยากรณ์ของประโยค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

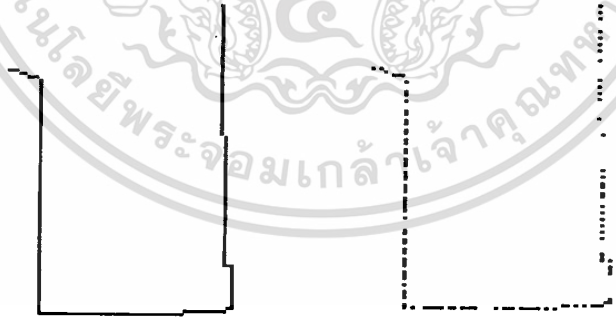
บทที่ 3
กรรมวิธีสำหรับการวิเคราะห์เส้น

จากทฤษฎีทางด้านการวิเคราะห์โครงสร้าง ตามที่ได้กล่าวมาในบทที่ 2 ไปแล้วนั้น ในบทนี้จะขอกล่าวถึงกรรมวิธีสำหรับการวิเคราะห์เส้น (Curve Classify) เพื่อจำแนกเส้นต่าง ๆ ออกเป็นเส้นเล็ก ๆ จากตัวอักษรภาษาไทยในขณะที่เขียนอยู่ โดยพิจารณาตามความสัมพันธ์ของเส้น ซึ่งแบ่งออกเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ

3.1 การเก็บข้อมูลลายมือเขียน

ในการวิเคราะห์แบบทันทีทันใดหรือ On-line นั้น การเก็บข้อมูลมีความสำคัญมาก ซึ่งจะส่งผลให้ผลลัพธ์ในการวิเคราะห์ผิดพลาดไปด้วย เนื่องจากถ้าเก็บข้อมูลทุก ๆ Pixel จะทำให้ต้องใช้หน่วยความจำที่มีขนาดใหญ่มาก แต่ถ้าเก็บน้อยเกินไปจะทำให้ข้อมูลที่สำคัญบางอย่างอาจสูญหายไปได้ ดังนั้น การเก็บข้อมูลจึงมีความสำคัญมาก

ในการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้อุปกรณ์การนำเข้าแบบ Pixel คือ Mouse เพื่อลากเส้นบนหน้าจอที่กรอบช่องว่างที่กำหนดไว้ โดยในขณะที่ลากจะเกิดจุด และจะทำการวิเคราะห์ว่าเป็นเส้นชนิดใดในขณะที่ลากไปนั้น แต่ในการลากเส้นจริง ๆ นั้น จุดที่เกิดในขณะที่ลาก จะไม่เป็นจุดที่ต่อเนื่องกันเสมอไป ดังรูปที่ 3.1



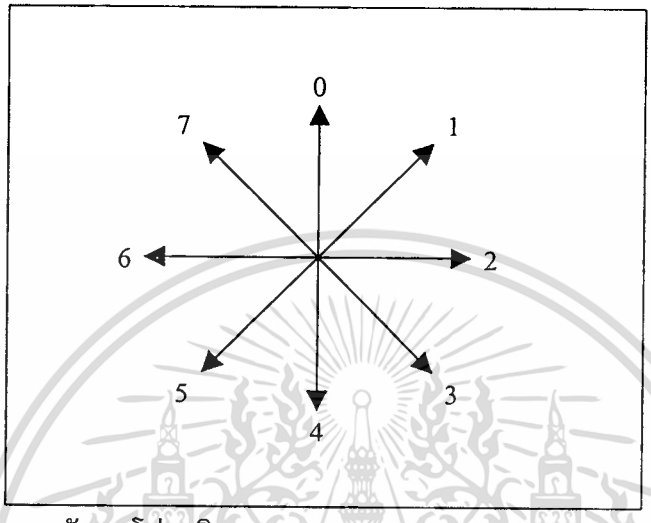
(a) (b)

รูปที่ 3.1 (a) อักษรต้นแบบที่เกิดขึ้นในขณะที่ลาก

(b) จุดที่อุปกรณ์ Input ส่งค่ามายังโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในขั้นตอนของการวิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องทราบถึงค่า Pixel เพียงแต่ต้องการรู้ถึงชนิดของเส้นและทิศทางของเส้นในขณะที่ลากและหาจุดเปลี่ยนเว้าของตัวอักษรที่เขียน โดยจะเปรียบเทียบกับจุดก่อนหน้า โดยใช้รหัสลูกโซ่แปดทิศ (Octal Chain Code) เปลี่ยนแปลงจุดต่าง ๆในการเขียน การกำหนดรหัสลูกโซ่แปดทิศ ตั้งแต่ 0 – 7 ซึ่ง ค่า 0 – 1 แทนเส้นดังนี้



รูปที่ 3.2 แสดงทิศทางของรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ

ในการเปลี่ยนแปลงจุดเป็นรหัสลูกโซ่แปดทิศนั้น จะพิจารณาเฉพาะจุดใหม่ที่เกิดจากจุดก่อนหน้า 1 จุด จะต้องมีความยาวตั้งแต่ 3 Pixel ขึ้นไป โดยคำนวณความยาวตามกฎของพิธากอรัส คือ

กำหนดให้ Point P_1 คือจุด (X_i,Y_i) และ Point P_2 คือจุด (X_{i+1},Y_{i+1})

โดยความยาวเท่ากับ รากที่ 2 ของ $(X_i - X_{i+1})^2 + (Y_i - Y_{i+1})^2$

และวิธีการหาทิศทางของเส้น มีดังนี้

กำหนดให้ Point P_1 คือจุด (X_i,Y_i) และ Point P_2 คือจุด (X_{i+1},Y_{i+1})

และ $\Delta X = X_i - X_{i+1}$

$\Delta Y = Y_i - Y_{i+1}$

มุมเรเดียน (R) = $\tan^{-1} (\Delta Y / \Delta X)$

ถ้า $\Delta Y < 0$ ให้ $R = R + 2\pi$

ให้องศา (Degree) เท่ากับ $180 * R / \pi$

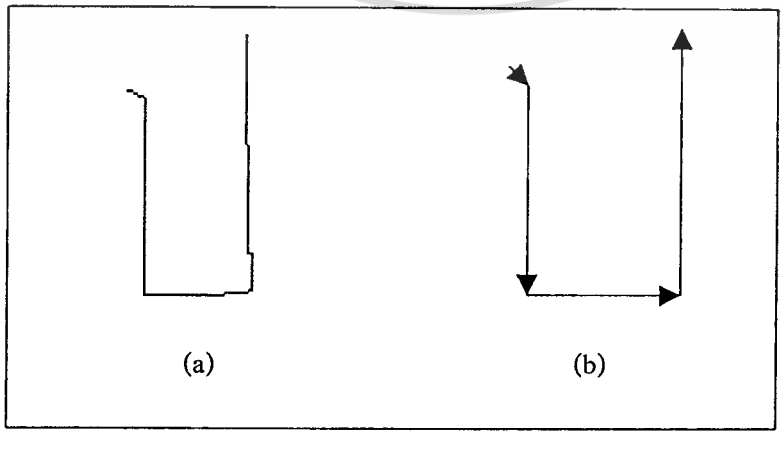
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดชนิดของทิศทางดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงทิศทางของรหัสลูกโซ่

ชนิดของเส้น	ตัวอย่างเส้น	มุมระหว่าง	ถึง
0	↑	> 67.5 องศา	112.5 องศา
1	↗	> 125.5 องศา	157.5 องศา
2	→	> 157.5 องศา	202.5 องศา
3	↘	> 202.5 องศา	247.5 องศา
4	↓	> 247.5 องศา	292.5 องศา
5	↙	> 292.5 องศา	337.5 องศา
6	←	> 337.5 องศา	22.5 องศา
7	↖	> 22.5 องศา	67.5 องศา

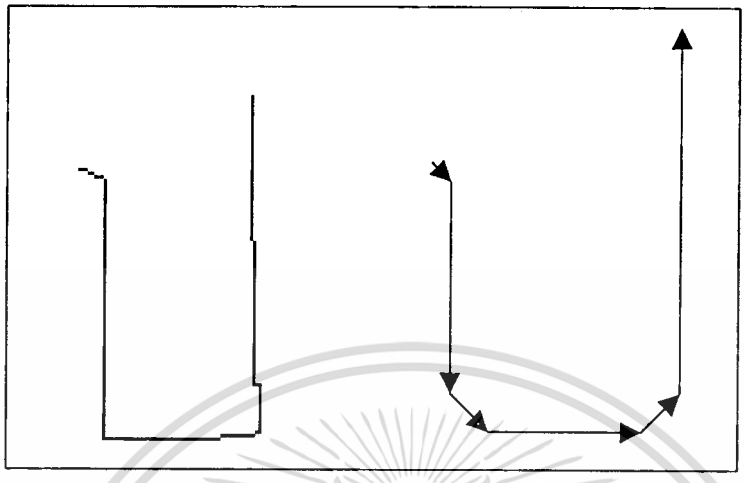
ตามตัวอย่างนี้



รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงเป็นรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะทำให้อักษรที่เก็บในรหัสลูกโซ่ 8 ทิศนั้นจะไม่มีความมนของตัวอักษรจะไม่มีส่วนเว้าส่วนโค้งของตัวอักษร ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงความมนที่หายไปในการเปลี่ยนเป็นรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ

ในการเก็บข้อมูลจาก Pixel เป็นรหัสลูกโซ่ 8 ทิศนั้นมีข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดีของการแสดงข้อมูลด้วยรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ

1. ใช้หน่วยความจำน้อยเนื่องจากข้อมูลถูกแทนด้วยรหัส 8 ทิศ

2. ทิศทางของเส้นยังคงอยู่

3. ในการเขียนตัวอักษรคัดลายมือตัวเล็กหรือตัวใหญ่ จะทำให้ผลที่เหมือนกัน เนื่องจากการแสดงข้อมูลด้วยรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ

4. คำนวณง่าย ไม่ซับซ้อน เนื่องจากใช้รหัส 8 ทิศทาง แทนข้อมูลตัวอักษรทั้งหมด ซึ่งเป็นรหัสที่มีจำนวนน้อย

5. การแสดงตัวอักษรโดยใช้รหัสลูกโซ่ 8 ทิศ เหมาะสำหรับการนำไปใช้กับคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะการป้อนข้อมูลแบบการป้อนด้วยปากกาหรือลักษณะ Pixel เพื่อใช้วิเคราะห์ขณะที่ทำการเขียนแต่ละตัว

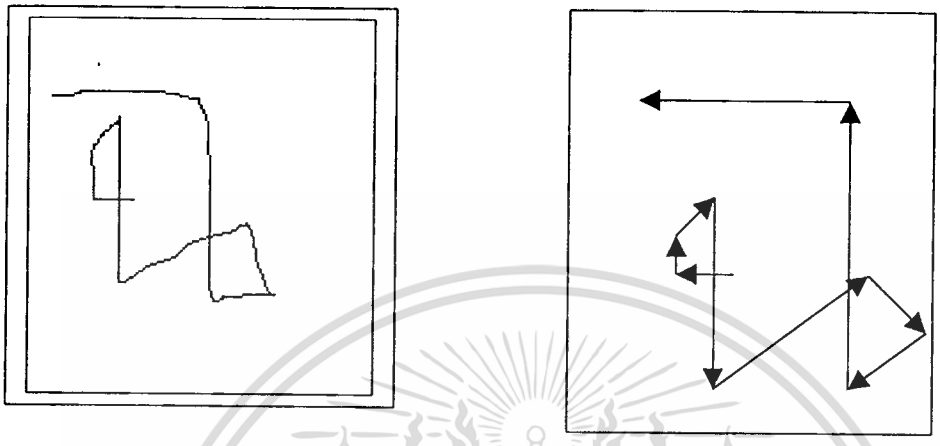
ข้อเสียของการแสดงข้อมูลด้วยรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ

1. จากการแทนข้อมูลด้วยรหัส 8 ทิศ ซึ่งมีรหัสจำนวนน้อยทำให้ไม่แสดงบางส่วนที่สำคัญของตัวอักษรได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ข้อมูลแต่ละส่วนแทนที่ด้วยรหัส 8 ทิศทางไม่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องจากรหัส 8 ทิศทางแทนข้อมูลในตำแหน่งนั้น ๆ ไม่เกี่ยวเนื่องกับรหัสตัวอื่น

3. อักษรตัวเดียวกันเขียนทิศทางกลับกัน จะทำให้มีผลไม่เหมือนกัน เนื่องจากจุดเริ่มต้นของการเขียนเริ่มต้นแตกต่างกัน ดังรูปที่ 3.6 และ รูปที่ 3.7



(a) (b)

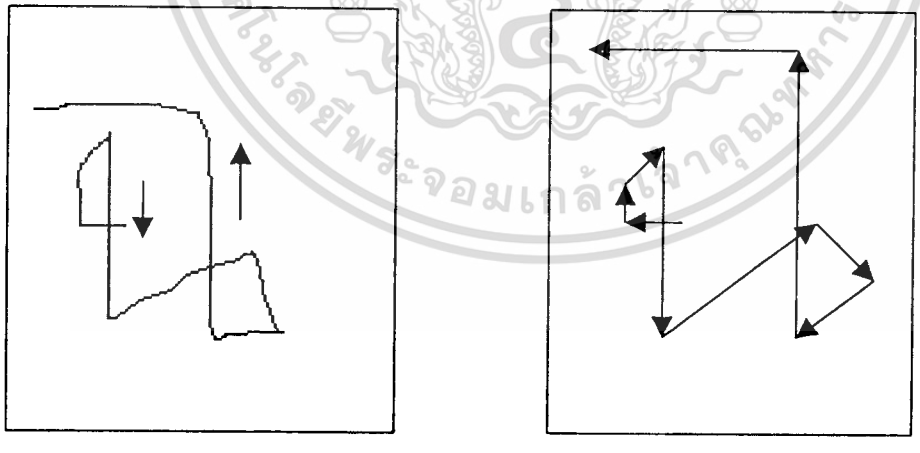
(c)

รหัสแปดพร้อมความยาวที่ได้คือ 6(20),0(11),1(15),4(62),1(52),3(23),5(35),0(77),6(37) .

รูปที่ 3.5 (a) แสดงอักษรต้นแบบที่ได้จากลายมือเขียนก่อนที่จะแปลงเป็นรหัสข้อมูล

(b) แสดงตัวอักษร โดยใช้รหัสลูกโซ่ 8 ทิศแล้ว

(c) แสดงรหัสของตัวอักษรที่ได้



(a)

(c)

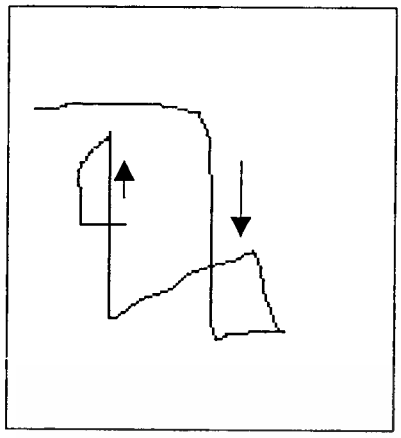
รหัสแปดพร้อมความยาวที่ได้คือ 6(20),0(11),1(15),4(62),1(52),3(23),5(35),0(77),6(37)

รูปที่ 3.6 (a) แสดงอักษรต้นแบบที่ได้จากลายมือเขียนก่อนที่จะแปลงเป็นรหัสข้อมูล

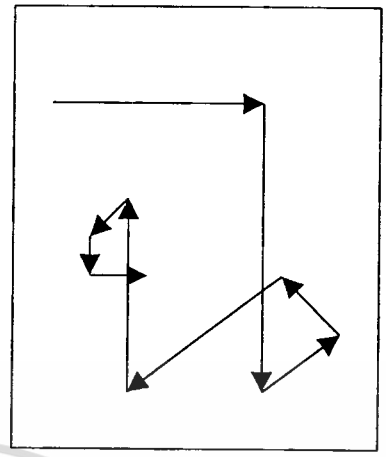
(b) แสดงตัวอักษร โดยใช้รหัสลูกโซ่ 8 ทิศแล้ว

(c) แสดงรหัสของตัวอักษรที่ได้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

(c)

รหัสแปดพร้อมความยาวที่ได้ คือ 2(37),4(77),1(35),7(23),5(52),0(62),5(15),4(11),2(20)

รูปที่ 3.7 (a) แสดงอักษรต้นแบบที่ได้จากลายมือเขียนก่อนที่จะแปลงเป็นรหัสข้อมูล
(b) แสดงตัวอักษรโดยใช้รหัสลูกโซ่ 8 ทิศแล้ว
(c) แสดงรหัสของตัวอักษรที่ได้

ในการเก็บข้อมูลรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ นอกจากเก็บรหัสความยาวของเส้นแล้วยังเก็บข้อมูลที่จำเป็นอื่น ๆ ที่จำเป็นคือ เก็บค่าจุดเริ่มต้น (x,y) และจุดสิ้นสุดของเส้น ในลักษณะ array จำนวน 200 ข้อมูล โดยใช้ภาษา Java ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

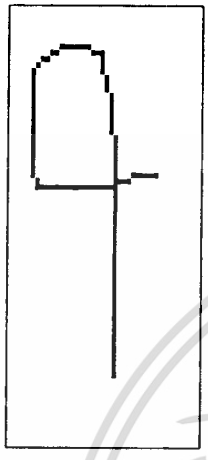
```
class oct_chaincode
{
        int  code;          // เก็บค่ารหัส 8 ทิศและรหัสเส้นต่าง ๆ
        int  length;        // ความยาว
        Point begin;        // Point คือ ตัวแปรเก็บค่า x,y
        Point end;          // Point คือ ตัวแปรเก็บค่า x,y
}
```

หมายเหตุ การให้ Object Point ใช้ได้ตั้งแต่ JDK 1.1.X ขึ้นไป และจะต้องมีการ IMPORT Java Library คือ java.awt.*;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การลดความซ้ำซ้อนของเส้น

ในการเปลี่ยนข้อมูลเป็นรหัสลูกโซ่ 8 ทิศนั้น เนื่องจากเก็บข้อมูลครั้งละ 3 Pixel หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้และความเร็วในการเขียน ถ้ายิ่งเขียนเร็วเท่าไร ระยะห่างของจุดก็จะยิ่งมีมาก ดังนั้นจะทำให้เกิดค่ารหัสลูกโซ่แปดทิศที่มีค่าเหมือนกันอยู่ติดกัน ดังรูปที่ 3.8



รหัสลูกโซ่ 8 ทิศ 5(6),6(5),7(5),0(5),1(5),3(5),4(6),4(5),4(6),4(6),4(3)

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างข้อมูลซ้ำซ้อนในการ Input ข้อมูล

จะเห็นว่าข้อมูล 4(6),4(5),4(6),4(6),4(5) เป็นข้อมูลที่ซ้ำซ้อน ดังนั้นจะต้องมีการยุบรวมให้เป็นรหัสลูกโซ่เดียวเพื่อประหยัดในการเก็บเนื้อที่ และง่ายต่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป เช่น 4(6),4(5),4(6),4(6),4(5) ทำให้เป็น 4(18) โดยนำความยาวมารวมกัน ซึ่งสรุปได้ดังนี้ คือถ้ามีรหัสลูกโซ่ซ้ำกันติดกัน ให้นำความยาวมารวมกัน

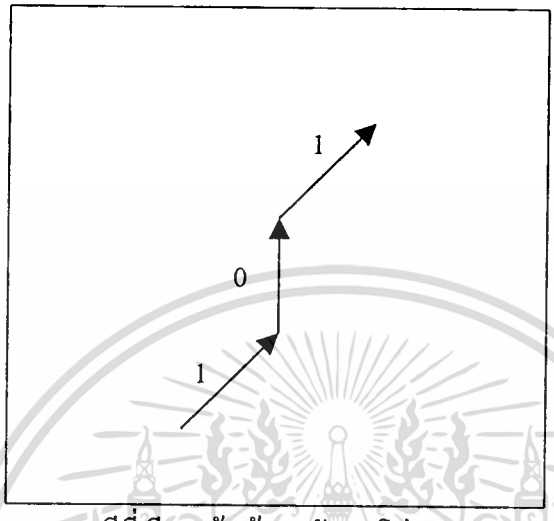
3.3 การลดเส้นที่คาดว่าจะเป็นเส้นที่เขียนผิดพลาด

ในการเขียนตัวอักษรภาษาไทย โดยเฉพาะเส้นเอียงจะมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นในการเขียน อาจเนื่องจากมือสั่น หรือความไม่ถนัดในการใช้อุปกรณ์ เพื่อให้ความแม่นยำในการวิเคราะห์สูงขึ้น จึงต้องมีการปรับเส้นที่ผิดพลาดทิ้ง โดยมีกรรมวิธีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

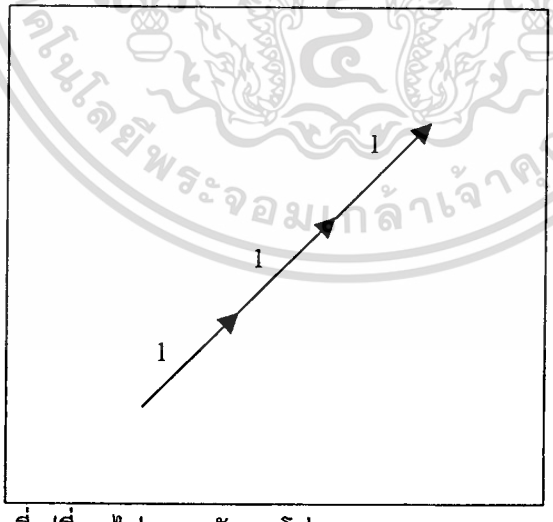
3.3.1 กรณีเส้นเอียงขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (รหัสลูกโซ่เท่ากับ 1)

ในการทดลองจะพบว่าการเขียนเส้นเอียงจะมีรหัสลูกโซ่ 0 ติดมาด้วย ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงรหัสที่แทรกมากรณีที่เขียนเส้นด้วยรหัสลูกโซ่ 1

ดังนั้นจะมีการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 0 ให้กลายเป็นการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 1 โดยจะต้องเป็นการแปลงตามสูตรพิธากอรัส แต่จะทำให้ความยาวของเส้นที่ได้ยาวกว่าความเป็นจริง ดังรูปที่ 3.10



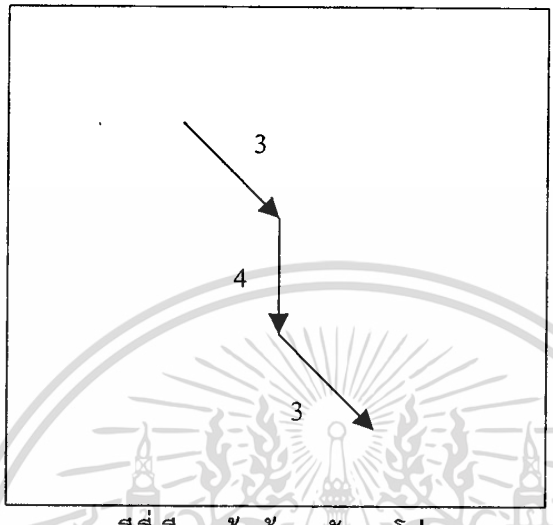
รูปที่ 3.10 แสดงความยาวที่เปลี่ยนไปของรหัสลูกโซ่ 1

จากนั้น จะกลับไปทำการลดความซ้ำซ้อนในขั้นตอนที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.2 เพื่อให้ได้เส้นที่ถูกต้องมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

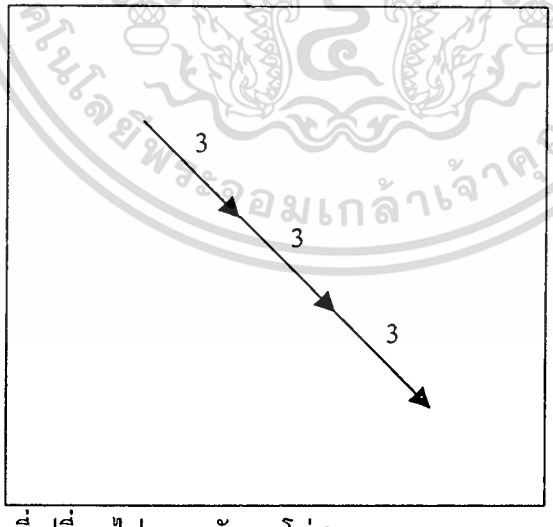
3.3.2 กรณีเส้นเอียงขึ้นทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (รหัสลูกโซ่เท่ากับ 3)

ในการทดลองจะพบว่าการเขียนเส้นเอียงจะมีรหัสลูกโซ่ 4 ติดมาด้วย ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงรหัสที่แทรกมากรณีที่เขียนเส้นด้วยรหัสลูกโซ่ 3

ดังนั้นจะมีการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 4 ให้กลายเป็นการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 3 โดยจะต้องเป็นการแปลงตามสูตรพิธากอรัส แต่จะทำให้ความยาวของเส้นที่ได้ยาวกว่าความเป็นจริง ดังรูปที่ 3.12



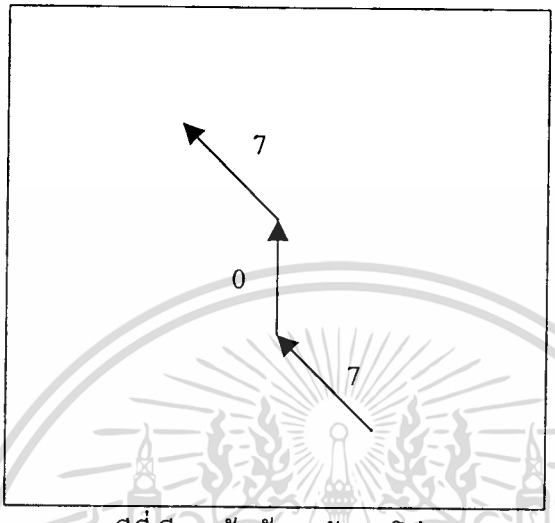
รูปที่ 3.12 แสดงความยาวที่เปลี่ยนไปของรหัสลูกโซ่ 3

จากนั้น จะกลับไปทำการลดความซ้ำซ้อนในขั้นตอนที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.2 เพื่อให้ได้เส้นที่ถูกต้องมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

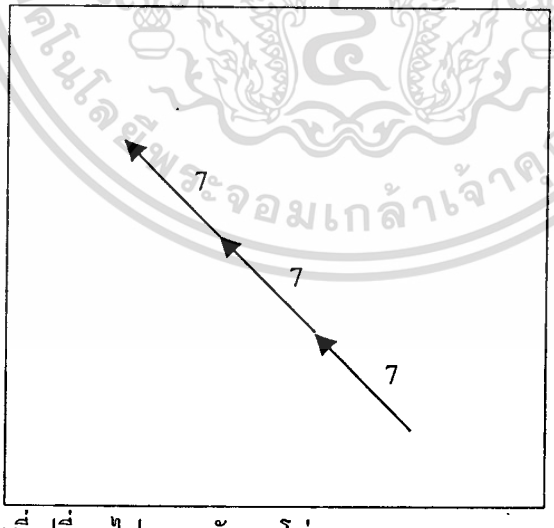
3.3.3 กรณีเส้นเอียงขึ้นทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (รหัสลูกโซ่เท่ากับ 7)

ในการทดลองจะพบว่าการเขียนเส้นเอียงจะมีรหัสลูกโซ่ 0 ติดมาด้วย ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงรหัสที่แทรกมากรณีที่เขียนเส้นด้วยรหัสลูกโซ่ 7

ดังนั้นจะมีการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 0 ให้กลายเป็นการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 7 โดยจะต้องเป็นการแปลงตามสูตรพิธากอรัส แต่จะทำให้ความยาวของเส้นที่ได้ยาวกว่าความเป็นจริง ดังรูปที่ 3.14



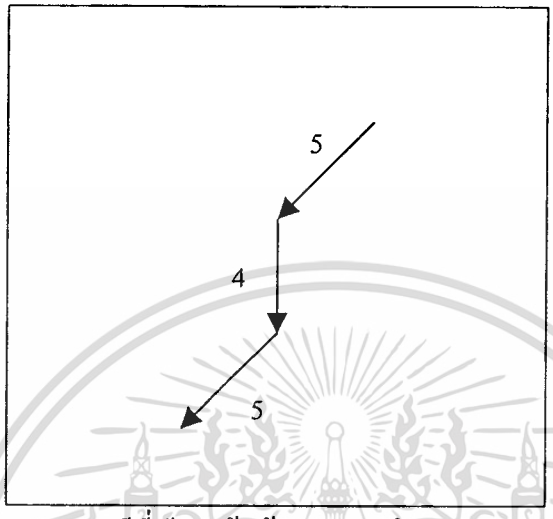
รูปที่ 3.14 แสดงความยาวที่เปลี่ยนไปของรหัสลูกโซ่ 7

จากนั้น จะกลับไปทำการลดความซ้ำซ้อนในขั้นตอนที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.2 เพื่อให้ได้เส้นที่ถูกต้องมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

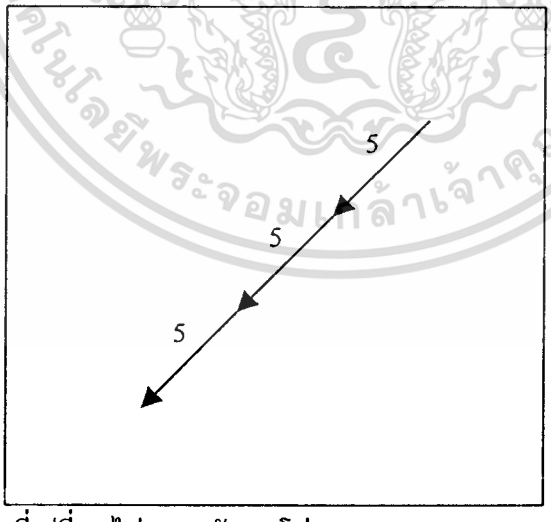
3.3.4 กรณีเส้นเอียงขึ้นทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (รหัสลูกโซ่เท่ากับ 5)

ในการทดลองจะพบว่าการเขียนเส้นเอียงจะมีรหัสลูกโซ่ 4 ติดมาด้วย ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงรหัสที่แทรกมากรณีที่เขียนเส้นด้วยรหัสลูกโซ่ 5

ดังนั้นจะมีการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 4 ให้กลายเป็นการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 5 โดยจะต้องเป็นการแปลงตามสูตรพิธากอรัส แต่จะทำให้ความยาวของเส้นที่ได้ยาวกว่าความเป็นจริง ดังรูปที่ 3.16



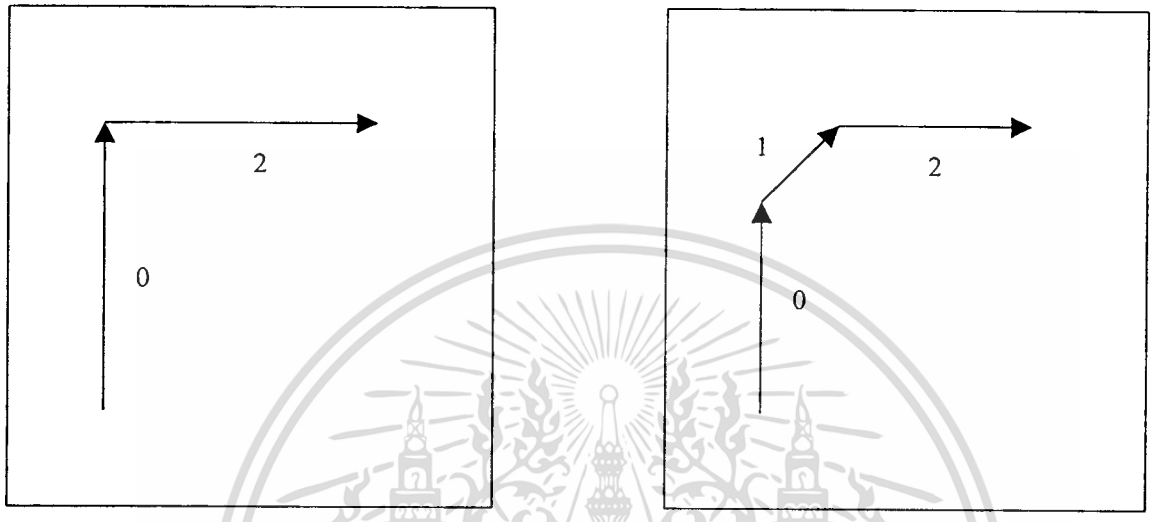
รูปที่ 3.16 แสดงความยาวที่เปลี่ยนไปของรหัสลูกโซ่ 5

จากนั้น จะกลับไปทำการลดความซ้ำซ้อนในขั้นตอนที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.2 เพื่อให้ได้เส้นที่ถูกต้องมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

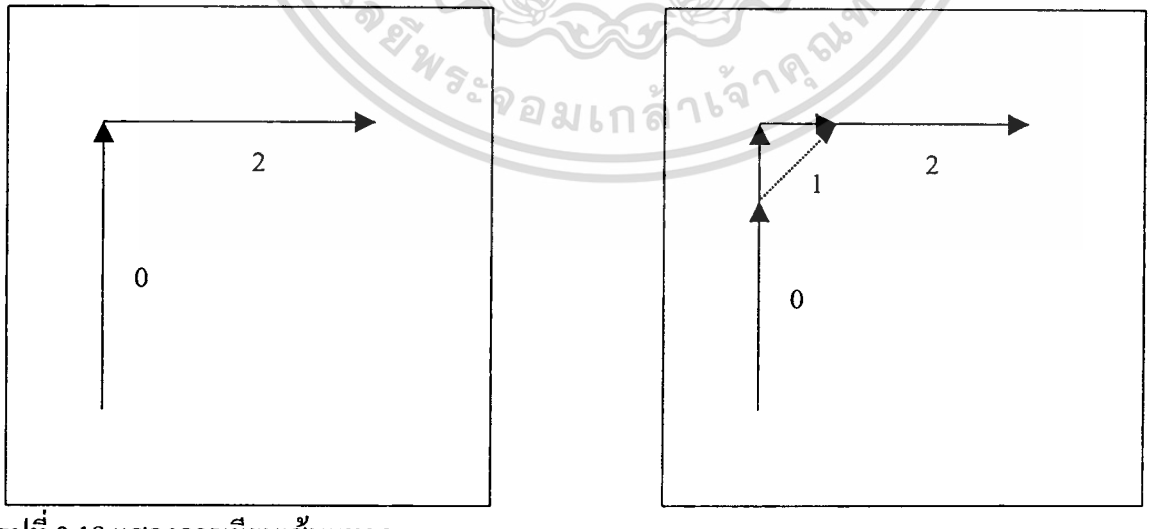
3.4 การลดเส้นมุมทิ้ง

ในการเขียนอักษรคัดลายมือภาษาไทยนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก กล่าวคือ เขียนจากเส้นนอนเป็นเส้นตั้ง หรือเส้นตั้งเป็นเส้นนอน เมื่อเปลี่ยนแปลงเป็นรหัสลูกโซ่จะทำให้เกิดเส้นเอียงขึ้นระหว่างเส้นทีเปลี่ยนแปลงทิศ ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงการเขียนจริงกับเส้นที่แทรกมาระหว่างเส้น

จะพบว่าเส้นรหัสลูกโซ่ 1 เป็นเส้นที่แทรกขึ้นมา ดังนั้นจะต้องมีการลดเส้นที่ไม่จำเป็นนี้ออกโดยเติมเส้นเล็ก ๆ ขึ้นระหว่างเส้นทั้งสอง ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงการเขียนเส้นแทรก

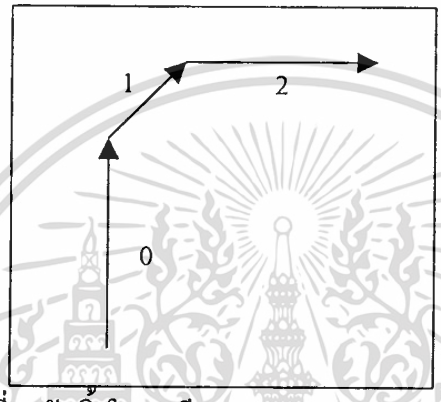
การหาความยาวเส้นที่มาแทรกคำนวณจากวิธีของพิธากอรัส ซึ่งมีเงื่อนไขการหาเส้นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 เส้นที่ 3 เส้นติดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงตามลำดับ 0,1,2

ในการปรับเส้นกลางให้เป็นเส้นที่อยู่ขนาบนั้นจะมีสูตรในการหาความยาวของเส้นที่เพิ่มขึ้นมา โดยใช้วิธีของพิธากอรัส ดังนี้

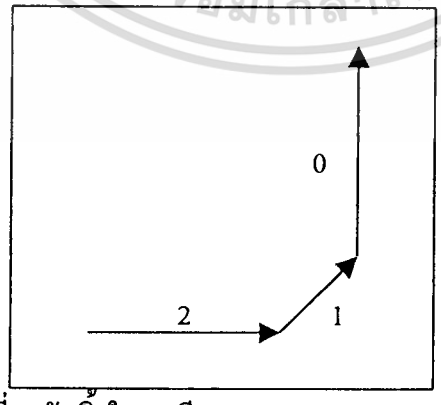
ความยาวเส้นที่เพิ่ม เท่ากับ รากที่ 2 ของ ความยาวเส้นกลางยกกำลังสอง ซึ่งแสดงตัวอย่างของเส้นที่ทำการปรับดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 0,1,2

3.4.2 เส้นที่ 3 เส้นติดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงตามลำดับ 2,1,0

การหาความยาวของเส้นระหว่าง ในกรณีเดียวกับข้อ 3.4.2 ซึ่งแสดงตัวอย่างของเส้นที่ทำการปรับดังรูปที่ 3.20

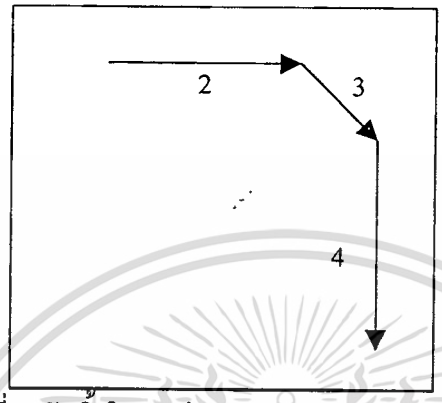


รูปที่ 3.20 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 2,1,0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 เส้นที่ 3 เส้นติดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงตามลำดับ 2,3,4

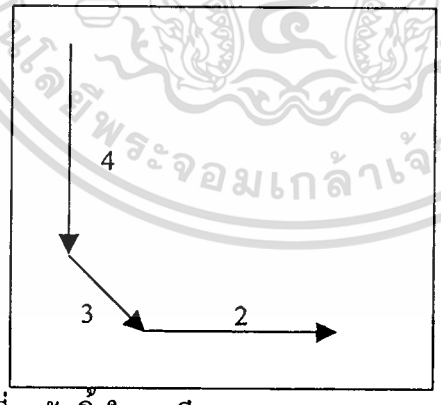
การหาความยาวของเส้นระหว่าง ในกรณีเดียวกับข้อ 3.4.2 ซึ่งแสดงตัวอย่างของเส้นที่ทำการปรับดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 2,3,4

3.4.4 เส้นที่ 3 เส้นติดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงตามลำดับ 4,3,2

การหาความยาวของเส้นระหว่าง ในกรณีเดียวกับข้อ 3.4.2 ซึ่งแสดงตัวอย่างของเส้นที่ทำการปรับดังรูปที่ 3.22

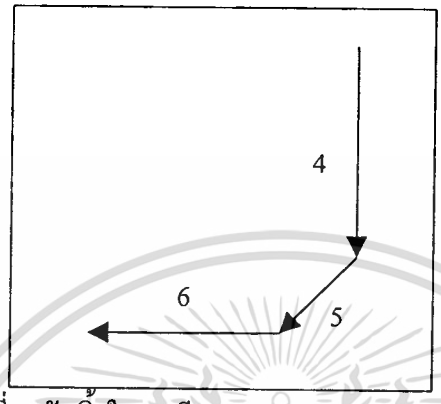


รูปที่ 3.22 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 4,3,2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 เส้นที่ 3 เส้นติดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงตามลำดับ 4,5,6

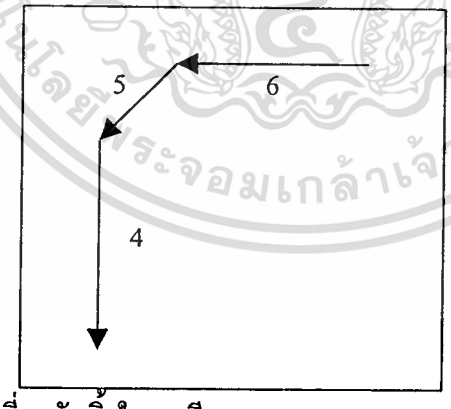
การหาความยาวของเส้นระหว่าง ในกรณีเดียวกับข้อ 3.4.2 ซึ่งแสดงตัวอย่างของเส้นที่ทำการปรับดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 4,5,6

3.4.6 เส้นที่ 3 เส้นติดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงตามลำดับ 6,5,4

การหาความยาวของเส้นระหว่าง ในกรณีเดียวกับข้อ 3.4.2 ซึ่งแสดงตัวอย่างของเส้นที่ทำการปรับดังรูปที่ 3.24

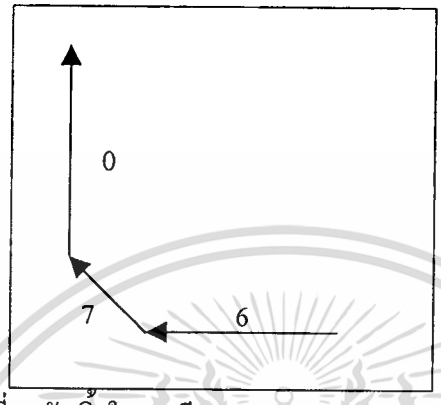


รูปที่ 3.24 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 6,5,4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 เส้นที่ 3 เส้นติดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงตามลำดับ 6,7,0

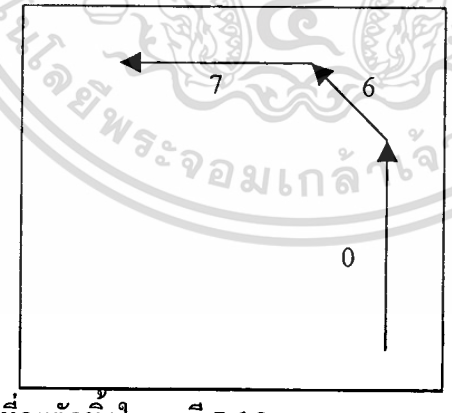
การหาความยาวของเส้นระหว่าง ในกรณีเดียวกับข้อ 3.4.2 ซึ่งแสดงตัวอย่างของเส้นที่ทำการปรับดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 6,7,0

3.4.8 เส้นที่ 3 เส้นติดกันโดยมีรหัสลูกโซ่เรียงตามลำดับ 0,7,6

การหาความยาวของเส้นระหว่าง ในกรณีเดียวกับข้อ 3.4.2 ซึ่งแสดงตัวอย่างของเส้นที่ทำการปรับดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แสดงเส้นตัวอย่างที่จะตัดทิ้งในกรณี 7,6,0

3.5 การพิจารณาว่าเส้นใดเป็นหัวตัวอักษรในกรณีเส้นตัดกัน

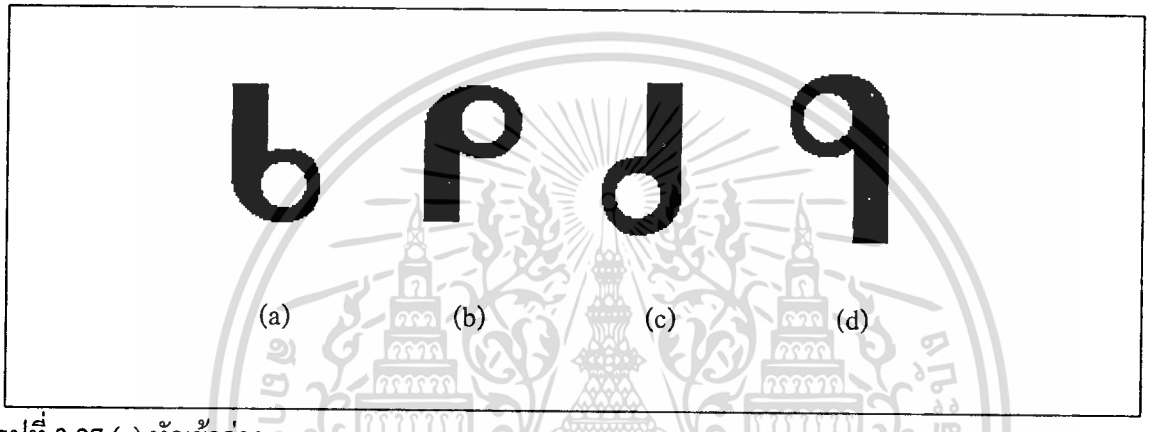
ในการเขียนหัวตัวอักษรกรณีปกติผู้เขียนส่วนมากจะเขียนตัดกันเพื่อให้เกิดหัว ซึ่งเป็นวิธีเขียนที่เขียนส่วนใหญ่ เนื่องจากการวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ 2 แบบ คือ วิเคราะห์ได้ทั้งแบบมีหัวและไม่มีหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้ามีหัวจะทำให้เงื่อนไขในการวิเคราะห์มากขึ้น ดังนั้นการหาหัวให้ถูกต้องนั้นมีความสำคัญมาก ในการหาหัวในอักษรภาษาไทยนั้นประกอบด้วยหัว 4 แบบ คือ

1. หัวเข้าล่าง ได้แก่ ตัวอักษร ถ,ฤ,ล ฯลฯ
2. หัวเข้าบน ได้แก่ ตัวอักษร ผ,ฝ ฯลฯ
3. หัวออกล่าง ได้แก่ ตัวอักษร ภ,ว,ฏ,ฐ,ฦ ฯลฯ
4. หัวออกบน ได้แก่ พ,ม,ป ฯลฯ

ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 (a) หัวเข้าล่าง
(b) หัวเข้าบน
(c) หัวออกล่าง
(d) หัวออกบน

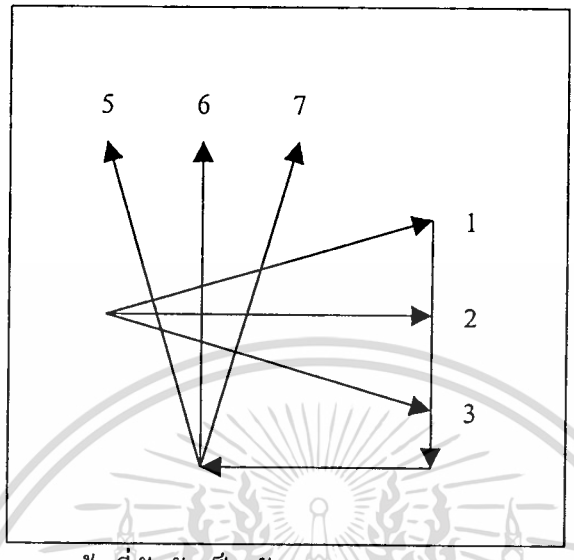
โดยมีกรรมวิธีในการวิเคราะห์ว่าเส้นต่าง ๆ เป็นเส้นประกอบของหัวหรือไม่ ทำได้โดยหาว่าเส้นต่าง ๆ นั้นมีจุด X,Y เป็นค่าเดียวกันหรือไม่ ถ้าใช่จะพิจารณาว่าเป็นหัว และจะไม่นำมาวิเคราะห์อีก แต่เนื่องจากการคำนวณเพื่อให้รู้ว่ามีจุดซ้ำกันหรือไม่ โดยพิจารณาจากจุด X,Y ตรงที่นำมาวิเคราะห์ว่าเป็นหัวชนิดใด โดยกำหนดว่า หัวเข้าล่าง คือ รหัส 101 หัวเข้าบน คือ รหัส 102 หัวออกล่าง คือ รหัส 103 หัวออกบน คือ รหัส 104 ซึ่งมีรายละเอียดย่อย ดังนี้

3.5.1 กรณีหัวเข้าล่าง (รหัส 101)

ถ้าพิจารณาจากรูปที่ 3.28 จะพบว่าในการเขียนหัวนั้นเกิดจากเส้นตัดกัน 2 เส้น ซึ่งสามารถพิจารณาได้ตามเงื่อนไข โดยที่มีรหัสลูกโซ่ 8 ทิศคือ 5,6,7 ตัดกับรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ 1,2,3 โดยเส้นทั้ง สอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

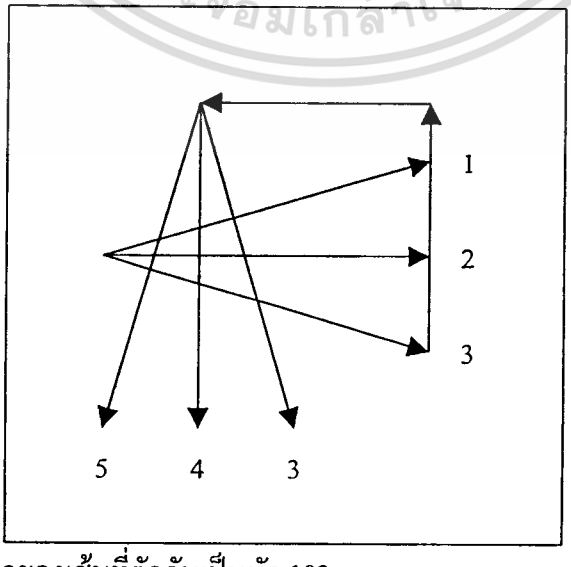
ต้องไม่เป็นเส้นตัดกัน และจะทำการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ เป็น 101 โดยจะเก็บความยาวเป็นเส้นรอบวง จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็นจุดศูนย์กลาง



รูปที่ 3.28 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัว 101

3.5.2 กรณีหัวเข้าบน (รหัส 102)

ถ้าพิจารณาจากรูปที่ 3.29 จะพบว่าในการเขียนหัวนั้นเกิดจากเส้นตัดกัน 2 เส้น ซึ่งสามารถพิจารณาได้ตามเงื่อนไข โดยที่มีรหัสลูกโซ่ 8 ทิศคือ 3,4,5 ตัดกับรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ 1,2,3 โดยเส้นทั้ง สองต้องไม่เป็นเส้นตัดกัน และจะทำการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ เป็น 102 โดยจะเก็บความยาวเป็นเส้นรอบวง จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็นจุดศูนย์กลาง

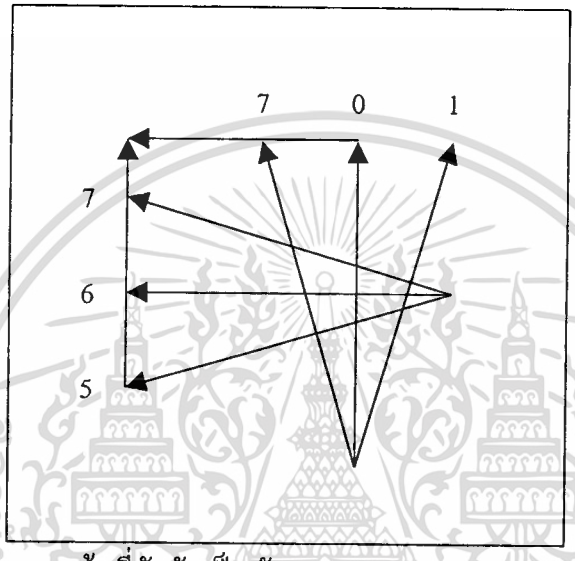


รูปที่ 3.29 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัว 102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3 กรณีหัวออกล่าง (รหัส 103)

ถ้าพิจารณาจากรูปที่ 3.30 จะพบว่าในการเขียนหัวนั้นเกิดจากเส้นตัดกัน 2 เส้น ซึ่งสามารถพิจารณาได้ตามเงื่อนไข โดยที่มีรหัสลูกโซ่ 8 ทิศคือ 7,0,1 ตัดกับรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ 5,6,7 โดยเส้นทั้ง สองต้องไม่เป็นเส้นตัดกัน และจะทำการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ เป็น 103 โดยจะเก็บความยาวเป็นเส้นรอบวง จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็นจุดศูนย์กลาง

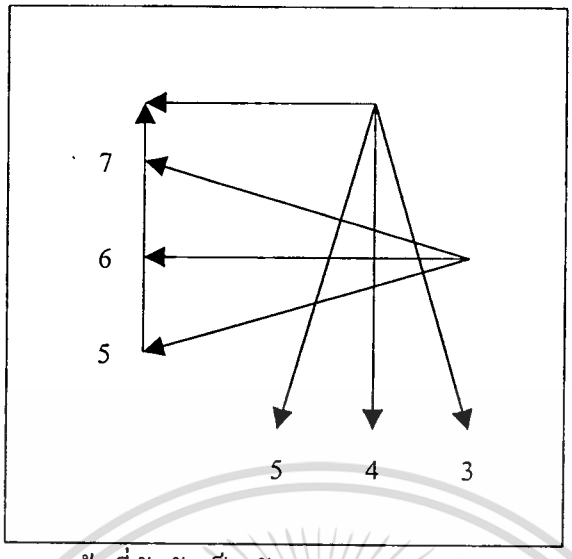


รูปที่ 3.30 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัว 103

3.5.4 กรณีหัวออกบน (รหัส 104)

ถ้าพิจารณาจากรูปที่ 3.31 จะพบว่าในการเขียนหัวนั้นเกิดจากเส้นตัดกัน 2 เส้น ซึ่งสามารถพิจารณาได้ตามเงื่อนไข โดยที่มีรหัสลูกโซ่ 8 ทิศคือ 3,4,5 ตัดกับรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ 5,6,7 โดยเส้นทั้ง สองต้องไม่เป็นเส้นตัดกัน และจะทำการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่ 8 ทิศ เป็น 104 โดยจะเก็บความยาวเป็นเส้นรอบวง จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็นจุดศูนย์กลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

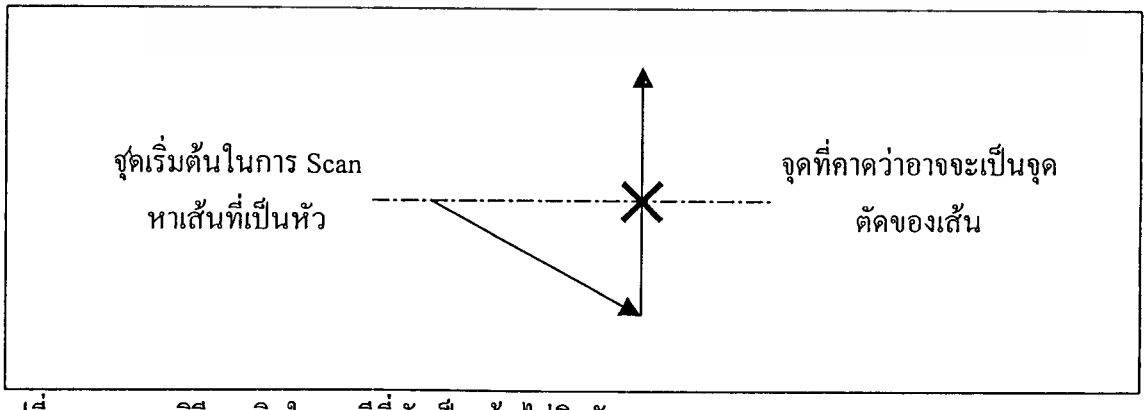


รูปที่ 3.31 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัว 104

ในการพิจารณาหัวกรณีที่พบเส้นตัดกันนั้น วงกลมวงแรกที่พบถือว่าเป็นหัวตัวอักษร ถ้าพบวงกลมตัวต่อมาจะถือว่าเป็นวงกลมในตัวอักษร แต่ถ้ามีหัวเพียงอย่างเดียวไม่มีวงกลมในตัวอักษร จะพิจารณาเป็นหัวหรือวงกลมในตัวอักษร โดยให้พิจารณาว่า มีเส้นลากขึ้นหรือลากลงก่อนที่จะถึงหัวหรือไม่ ถ้ามีให้พิจารณาว่าเส้นนั้นมีความยาวเกินครึ่งหนึ่งของตัวอักษรหรือเปล่า ถ้าใช่ให้เป็นกลมในตัวอักษร ถ้าไม่ใช่ให้เป็นหัวตัวอักษร

3.6 การพิจารณาว่าเส้นใดเป็นหัวตัวอักษรในกรณีเส้นตัดกัน

ในการหาหัวของเส้นไม่ตัดกันนั้น จะมีการหาหัวโดยกรรมวิธี คือ ในการเขียนหัวนั้นจะพบว่าถ้าลากเส้นจากจุดเริ่มต้นมาเรื่อย ๆ ถ้าพบว่า มีเส้นที่มีค่า Y ตรงกัน อาจจะสมมุติได้ว่า อาจเป็นหัวตัวอักษร ซึ่งมีวิธีการดังนี้



รูปที่ 3.32 แสดงวิธีการคิดในกรณีที่หัวเป็นเส้นไม่ติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการหาหัวตัวอักษรที่เส้นไม่ตัดกันนั้น สามารถทำได้โดยหาค่า Y ที่ตรงกันในเส้น 2 เส้น โดยเส้นทั้งสองจะต้องไม่มีทิศทางไปในทิศเดียวกัน โดยมีการพิจารณาดังนี้

3.6.1 กรณีที่มีจุดนั้นมีค่า Y ตรงกับเส้นที่มีค่า 7,0,1

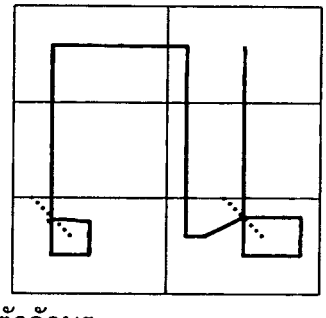
ในกรณีที่จุด Scan ตัดกับเส้นดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าเป็นหัวล่าง แต่ถ้าจะสรุปว่าเป็นหัวเข้าหรือหัวออก จะต้องพิจารณาว่าจุด X ของเส้นที่ Scan กับจุด X ของเส้นที่ตัดกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างไร ถ้าจุด X ของเส้นที่ Scan น้อยกว่าจุด X ของเส้นที่ตัดกัน แสดงว่าเป็นหัวออก คือ เส้น 103 ถ้าจุด X ของเส้นที่ Scan มากกว่าจุด X ของเส้นที่ตัดกัน แสดงว่าเป็นหัวเข้า คือ เส้น 101

3.6.2 กรณีที่มีจุดนั้นมีค่า Y ตรงกับเส้นที่มีค่า 3,4,5

ในกรณีที่จุด Scan ตัดกับเส้นดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าเป็นหัวบน แต่ถ้าจะสรุปว่าเป็นหัวเข้าหรือหัวออก จะต้องพิจารณาว่าจุด X ของเส้นที่ Scan กับจุด X ของเส้นที่ตัดกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างไร ถ้าจุด X ของเส้นที่ Scan น้อยกว่าจุด X ของเส้นที่ตัดกัน แสดงว่าเป็นหัวออก คือ เส้น 104 ถ้าจุด X ของเส้นที่ Scan มากกว่าจุด X ของเส้นที่ตัดกัน แสดงว่าเป็นหัวเข้า คือ เส้น 102

3.7 การแบ่งช่องตัวอักษร

ในการวิจัยนี้จะทำการแบ่งตัวอักษรเป็น 6 ช่องเท่า ๆ กัน โดยคำนวณจากที่ต่ำสุดของ X,Y โดยลดค่า X,Y ลงไปอีก 5 Pixel และค่าสูงสุดของ X,Y โดยบวกค่าสูงสุดอีก 5 Pixel ซึ่งจะได้เป็นกรอบใหญ่ และทำการแบ่งเป็นช่องเล็ก ๆ 6 ช่องเท่า ๆ กัน โดยแบ่งตามความสูง 3 ช่อง และตามความกว้าง 2 ช่อง เหมือนกับเมตริกซ์ขนาด 3 x 2 ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 แสดงการแบ่ง 6 ช่องของตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งกำหนดหมายเลขช่องจากมุมบนซ้ายเป็นช่องหมายเลข 1 มุมบนขวาเป็นหมายเลข 2 และไล่ลงมาเป็น 3,4,5,6 ตามลำดับดังรูปที่ 3.34

1	2
3	4
5	6

รูปที่ 3.34 แสดงหมายเลขช่องของการแบ่ง 6 ช่อง

และพิจารณาต่อไปอีกว่ามีเส้นต่าง ๆ ผ่านช่องหมายเลข 1 จะเก็บค่า has_1 = 1 ถ้าไม่ผ่านจะเก็บค่า has_1 = 0 และในกรณีผ่านช่องหมายเลข 5 จะเก็บค่า has_5 = 1 ถ้าไม่ผ่านจะเก็บค่า has_5 = 0 ซึ่ง has_1 และ has_5 จะถูกนำไปใช้ใน rule base ซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
กรรมวิธีสำหรับสร้างกฎความรู้ (Rule Base)

4.1 การกำหนดฐานความรู้สำหรับการจำแนกตัวอักษร

ในการกำหนดฐานความรู้ (Rule-base Define) เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจ (Decision) นั้น มีด้วยกันหลายๆวิธี ซึ่งในการวิเคราะห์โครงสร้าง ก็มีการกำหนดมาตรฐานความรู้ได้หลายแบบเช่น แบบรากไม้ (Decision Tree) หรือแบบหลักไวยากรณ์ (Grammar) ซึ่งแต่ละแบบจะแตกต่างกันในขั้นตอนการนำเสนอ (Represent) และหลักในการเปรียบเทียบ (Chaining) ในการวิจัยนี้เนื่องจากตัวอักษรมีจำนวนมาก และใช้หลักการเปรียบเทียบแบบนำชิ้นส่วนเล็กๆมาประกอบเป็นชิ้นส่วนใหญ่ (Forward Chaining) ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้ใช้หลักไวยากรณ์ (Grammar) ในการกำหนดเป็นหลักฐานความรู้ เพื่อง่ายต่อการนำเสนอ การกำหนดหลักไวยากรณ์ (Grammar) เพื่อมาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างนั้นจะต้องพิจารณาถึงวัตถุ (Object) ที่นำมาเป็นต้นแบบ ซึ่งในที่นี้คือตัวอักษรคัดลายภาษาไทย (Thai Character) โดยอักษรภาษาไทยตามโครงสร้างจะประกอบด้วยเส้นต่างๆมาประกอบเป็นตัวอักษร ดังนั้นถ้านำเส้นต่างๆมาประกอบกันตามหลักไวยากรณ์ที่ถูกต้อง ก็จะทราบว่าอักษรนั้นเป็นตัวอักษรอะไร

ดังนั้นในการวิจัยนี้จริงได้กำหนดเส้นต่างเป็น Primitive เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Input data) สำหรับการเข้าไปในหลักไวยากรณ์ แต่ถ้าพิจารณาโดยละเอียดของตัวอักษรภาษา จะพบว่านอกจากเส้นลูกโซ่แปดทิศ ตั้งแต่ค่า 0-7 ค่าของหัวอักษรตั้งแต่ 101-104 ยังไม่เพียงพอต้องเพิ่มเส้นต่างๆเข้ามาเพิ่มให้ฐานไวยากรณ์ (Grammar) มีความสามารถมากขึ้น นอกจากกลุ่มของเส้นแล้วยังมีความสัมพันธ์อื่นๆ ซึ่งจะอธิบายได้ดังนี้

กำหนดให้ G คือ ฐานไวยากรณ์ (Rule base) สำหรับจำแนกตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย

Grammar = (S, E. [V, Y, R, P])

โดยที่

S คือ เซตของจุดเริ่มต้น

E คือ เซตของจุดสิ้นสุด

V คือ เซตของ Primitive

Y คือ เซตของ Attribute

R คือ เซตของ Relation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P คือ เซตของ Composition Rule

กำหนด

&& คือ เงื่อนไขและ

|| คือ เงื่อนไข หรือ

+ คือ Sequential Control ซึ่งจะต้องเรียงตามลำดับ

=, >, < คือ มีค่าเท่ากัน มากกว่า และน้อยกว่า

กำหนดตัวแปรเพิ่มเติมดังนี้ โดยจะได้ค่ามาจากขั้นตอนการแยกแยะเส้น ที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3

HEAD คือ หัวตัวอักษรถ้ามีหัวจะมีค่า 101-104 ถ้าไม่มีหัวจะมีค่าเท่ากับ 0

CR คือ วงกลมภายในตัวอักษร จะมีค่าเท่ากับ 101-104 ถ้ามีวงกลมใน แต่ถ้าไม่มีจะมีค่าเท่ากับ 0

HAS1 คือ มีการเขียนในช่องที่ 1 ถ้ามีจะมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าไม่มีจะมีค่าเท่ากับ 0

HAS5 คือ มีการเขียนในช่องที่ 5 ถ้ามีจะมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าไม่มีจะมีค่าเท่ากับ 0

UPDOWN คือ จำนวนเส้นในแนวดิ่ง

WIDTH คือ ความกว้างของตัวอักษร

กำหนดฟังก์ชันดังนี้

MAX(X) คือ ให้หาเส้นที่มีค่าเท่ากับ X โดยเป็นเส้นที่ยาวที่สุด

LEN(X) คือ ความยาวของเส้น X

โดยมีรายละเอียดดังนี้

S คือจุดเริ่มต้นในการเขียน โดยมีตัวอย่างจุดเริ่มต้น คือ Being = 6 หมายความว่าให้เริ่มการเขียนในช่องที่ 6 หรือ Begin หมายถึงไม่ระบุช่องการเขียน

E คือจุดสิ้นสุดการเขียน โดยมีตัวอย่าง ตัวอย่างจุดสิ้นสุดการเขียนคือ End = 6 หมายความว่าสิ้นสุดการเขียนในช่องที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V คือ กลุ่มของ Primitive อันได้แก่เส้นต่างๆ แต่ไม่รวมเส้นของหัวตัวอักษร ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0-7 ในกรณีเป็นเส้นตรงโดยมีค่าและทิศทางตาม Chain Code และมีค่าตั้งแต่ 200 ถ้าเป็นเส้นหยัก หรือมีค่าตั้งแต่ 101-104 ถ้าเป็นวงกลมในตัวอักษร ซึ่งสามารถเขียนได้ดังนี้

V(0) คือ เส้นที่ 0

V(0,4) คือ เส้นตั้งแต่ 0-4

V(i, end) คือ เส้นจากเส้น i ถึงเส้นสุดท้าย

V(i) คือ เส้นที่ i

V(i) = Max(0) คือ เส้นมีค่าเป็น 0 ที่มีความยาวมากที่สุด

ตัวอย่างของ Rule Base

ก -> (Begin = 5, End = 6, CR = 0 && Head = 0)

<u>ความหมาย</u>

คือเริ่มต้นในการเขียนช่องที่ 5 และจบช่องที่ 6 โดยต้องไม่วงกลมในตัวอักษรและต้องไม่มีหัว

ข -> (Begin , End = 2, V(j) = Max(4) + V(j+1, i-1) < 200 && Len (V (j+1, i-1) < Width / 2 +V (i) = Max(0)) && V(1j-1) < 200 && V (i+1, end) < 200 && Head = 104))

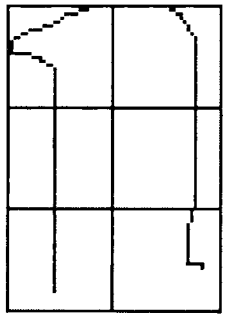
<u>ความหมาย</u>

คือเริ่มต้นช่องใดก็ได้ จบที่ช่องที่ 2 โดยที่ เส้นที่อยู่ระหว่างเส้นที่ยาวที่สุดที่มีค่าเป็น 4 และเส้นที่ความยาวสูงสุดของเส้นที่มีค่าเป็น 0 ต้องน้อยกว่า 200 คือ ต้องเป็นเส้นเรียบ และมีความยาวของเส้นนี้ น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของความกว้างของตัวอักษร และเส้นจากเส้นที่ 0 ถึงเส้นก่อนที่จะเป็นเส้นยาวสูงสุดที่มีค่าเป็น 4 ต้องเป็นเส้นเรียบ และเส้นจากเส้นที่ค่าเป็น 0 จนถึงเส้นสุดท้ายต้องเป็นเส้นเรียบ และมีหัวเป็นแบบ 104

4.2 ที่มาของ Rule Base ในแต่ละตัวอักษร

4.2.1 อักษรตัว ก

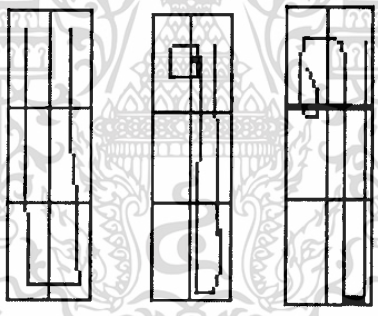
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ก

จากรูปจะสังเกตว่า ตัวอักษร ก นั้นจะมีลักษณะพิเศษคือ ไม่มีหัวตัวอักษร และไม่มีวงกลมใดๆ ในตัวอักษร ดังนั้นสรุปได้ว่า Rule Base คือ (Begin = 5, End = 6, CR = 0 && Head = 0)

4.2.2 อักษรในกลุ่ม ข มีตัวอักษร พ, ฟ, ฬ, บ, ป, ย, ผ, ฝ, ช, ซ และ ฆ



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ข

จากรูปจะสังเกตว่า ตัวอักษร ข นั้นจะมีการเขียนในลักษณะพิเศษได้ 3 ลักษณะโดยเฉพาะ ลักษณะการเขียนที่มีหัวนั้นจะมีรูปร่างคล้ายกับอักษรหลายตัว เช่น พ, ช, บ และ ฆ ดังนั้นเพื่อให้ Rule Base มีความสามารถในการแยกแยะได้จึงต้องพิจารณาตัวใกล้เคียงเพื่อให้แบ่งแยกเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ก่อน โดยอักษรทั้งหมดในกลุ่มก็คือ พ, ฟ, ฬ, บ, ป, ย, ผ, ฝ, ช, ซ และ ฆ โดยทั้งหมดจะเริ่มการเขียนในช่องที่ 1 และจบในช่องที่ 2 ยกเว้นตัวหางยาว เช่น ฟ, ป, ฝ นั้นจะเริ่มในช่องที่ 3 และจบในช่องที่ 2 และ ไม่มีการเขียนในช่องที่ 1 ในการพิจารณาให้ดีแล้วจะพบว่าตัวอักษรในทั้งหมดสามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้โดยพิจารณาจากหยักของเส้นภายในตัวอักษร ถ้าพบเส้นหยักแสดงว่า เป็นอักษรที่อยู่ในกลุ่ม พ, ฟ, ผ, ฝ, ฬ และ กลุ่มที่ไม่มีเส้นหยัก ได้แก่ ข, ช, ซ, บ, ป, ย, ฆ โดยหาเส้นหยักได้ จากเส้นนอน ที่อยู่ระหว่างเส้นที่ยาวที่สุดของเส้นที่มีค่าเป็น 4 กับเส้นที่มีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยาวที่สุดของ 0 ว่า เป็นเส้นหยักหรือไม่ (ถ้าเป็นเส้นหยักจะมีค่าของเส้น > 200) ซึ่งกำหนดเป็นเงื่อนไขของ Rule base ได้คือ V(j) = Max(4) + V(j,i) < 200 และสังเกตต่อไปในกลุ่ม พ จะพบว่าหัวของตัวอักษรจะไม่เหมือนกัน ดังนั้นจะสามารถแยกกลุ่มตัวอักษรระหว่าง พ, ฟ ฬ กับ ผ, ฝ และในกลุ่ม ข นั้นก็เช่นเดียวกันโดยจะสามารถแยกตัว ย ออกจากกลุ่มได้ถ้าพิจารณาจากหัว พิจารณาในกลุ่ม พ กับ ฟ นั้นจะแตกต่างกันที่ ฟ นั้นจะไม่มีการเขียนในช่องที่ 1 ซึ่งเป็นข้อแตกต่างเดียวกับ ผ กับ ฝ และ บ กับ ป ดังนั้น ก็สามารถแยก พ, ฟ, ผ, ฝ ออกจากกลุ่มได้ ถ้ามาดูในกลุ่ม ข นั้น ถ้าต้องการแยก ข ออกจาก บ นั้นจะสังเกตว่า จากเส้นนอนที่อยู่ระหว่างเส้นที่ยาวที่สุดของเส้นที่มีค่าเป็น 4 กับเส้นที่มีความยาวที่สุดของ 0 นั้น ถ้าเป็นตัว บ ควรจะมีความยาวเกินครึ่งของความกว้างตัวอักษร ซึ่งสามารถเขียนเป็น rule base ได้ดังนี้ Len (V(j+1, i-1) < Width / 2 ซึ่งจะทำให้สามารถแยก ข กับ บ ได้ และใช้กรรมวิธีเดียวกันแยก พ กับ ฟ ก็จะได้ตัว บ กับ ป ดังนั้นกรรมวิธีต่อไป ในการแยกแยะตัวอักษรในกลุ่ม ข, ช กับ ฃ, ซ กันได้โดยพิจารณาหัวแตกของตัวอักษร ว่าเส้นที่ต่อจากหัวเป็นเส้นหยักหรือเปล่า ถ้าเป็นแสดงว่า เป็น ฃ ซ โดยใช้ Rule base ดังนี้ V(0j-1) < 200 และพิจารณาต่อในกรณี ข กับ ช โดยพิจารณาเส้นหยักต่อจากเส้นนอน ดังนี้ V(i+1, end) < 200 ซึ่งจะทำให้ได้ Rule base ของตัวอักษรทั้งหมดดังนี้

ข -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V (i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 0))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 101))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 104))

ฃ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V (i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 101))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 104))

ช -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V (i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) > 200) && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) > 200 && Head = 101))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) <> 200 && Head = 104))

ช -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) > 200 && Head = 101))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) > 200 && Head = 104))

ป -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 0))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 104))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 104))

ป -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 0 && Has5 = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 104 && Has5 = 0)

ผ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) > 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) > 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 102)

ฝ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) > 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 0 && Has5 = 0)

-> (Begin, End = 2, Head = 102 && Has5 = 0)

พ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 0))

-> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 104)

ฟ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) > 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 0 && Has5 = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) > 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 0 && Has5 = 0)

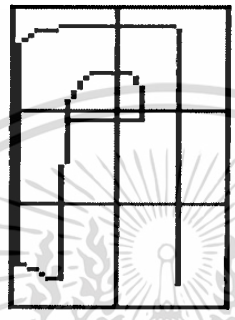
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = v(0, i-1) < 200 + Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 102)

พ -> (Begin = 1, End = 6, Head = 107 && V(i-1) = 0 + CR(i))

4.2.2 อักษรในกลุ่ม ค มีตัวอักษร ค, ฅ, ฆ, ต และ ฒ



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ค

ในกลุ่มตัวอักษร ค นั้นมีความยุ่งยากของตัวอักษรน้อยกว่าในกลุ่ม ข มาก เพราะหัว และวงกลมในตัวอักษรก็สามารถแยกแยะตัวอักษรเหล่านี้ได้ ซึ่งอักษรในกลุ่มนี้มี rule base ดังนี้

ค -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) < 200 + V(i) = Max(0) && Head = 0)

-> (Begin, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) < 200 + V(i) = Max(0) && Head = 102)

ฅ -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) > 200 + V(i) = Max(0) && Head = 0)

-> (Begin, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) > 200 + V(i) = Max(0) && Head = 102)

ฆ -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) < 200 + V(i) = Max(0) && Head = 0)

-> (Begin, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) < 200 + V(i) = Max(0) && Head = 104)

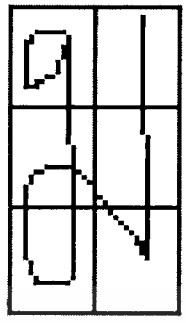
ต -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) > 200 + V(i) = Max(0) && Head = 0)

ฒ -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 2, Cr > 100 && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, CR(i) > 100 && V(0,i) > 200 && Head = 104)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 อักษรในกลุ่ม ม กับ ฆ และ ท กับ ฑ



รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ม

อักษรในกลุ่มนี้นอกจากจุดสิ้นสุดของตัวอักษรและยังต้องพิจารณาลึกลงไปถึงลักษณะหัวแตกเหมือนการพิจารณา ข กับ ฃ ซึ่งจะทำให้ได้ Rule base ดังนี้

ฆ -> (Begin = 1, End = 2, V(0,i) > 200 + V(i) = Max(4) && CR > 200 && Head = 0)

-> (Begin = 1, End = 2, Cr > 100 & Updown < 2)

ม -> (Begin = 1, End = 2, CR > 200)

-> (Begin, End = 2, CR(i) > 100 && V(0, i-1) < 0 200 && Head = 104)

ฑ -> (Begin = 1, End = 6, V(0,i) > 200 + V(i) = Max(4) && Head = 0)

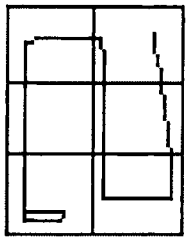
-> (Begin = 1, End = 6, V(0)! = 2 && V(0)! = 1 && Head = 0)

-> (Begin = 1, End = 6, UpDown > 2)

ท -> (Begin = 1, End = 6, V[0]! = 2 && V[0]! = 1 && Head = 0)

-> (Begin = 1, End = 6, Head = 104)

4.2.4 อักษรในกลุ่ม ฌ, ญ, ณ และ น



รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อักษรในกลุ่ม ญ ในการจำแนกจะต้องใช้ถึงชนิดของวงกลมในตัวอักษรซึ่งจะสามารถแยกความแตกต่าง สำหรับการแยกกลุ่มนี้ออกจากกลุ่ม ถ นั้นกลุ่มนี้จะมีจุดสิ้นสุดการเขียนไม่เหมือนกัน กล่าวคือ กลุ่ม ญ จะสิ้นสุดหมายเลข 2 กับสิ้นสุดหมายเลข 6 ในการแยกแยะกลุ่มเหล่านี้ ดังนั้นมี Rule Base ดังนี้

ฌ -> (Begin = 5, End = 2Cr ! = 101 && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, Cr > 100 & Updown < 3)

ญ -> (Begin = 5, End = 2 Head = 0)

-> (Begin = 5, End = 3 Head = 101)

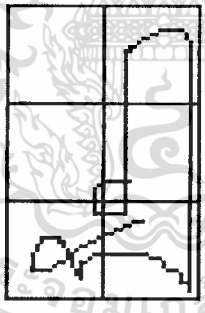
น -> (Begin = 1, End = 6, CR = 101 && Head = 0)

-> (Begin, End = 6, CR = 101 && Head = 104)

ณ -> (Begin = 1, End = 2, Cr = 101 && Head = 0)

-> (Begin = 1, End = 2, Cr = 101 && Head = 101)

4.2.5 อักษรในกลุ่ม ถ, ภ, ฤ, ฦ, ฎ และ ฏ



รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ฎ

อักษรในกลุ่มนี้นั้นมีข้อแตกต่างกันที่หัวตัวอักษร และการเขียนในช่องหมายเลข 5 พร้อมทั้งการหาเส้นหยักก่อนวงกลมในตัวอักษรดังนี้

ถ -> (Begin = 5 End = 6, V[0] = 2 V[0] = 1 && Head = 0)

-> (Begin = 5, Head = 101)

ภ -> (Begin = 5, End = 6, V[0] = 2 V[0] = 1)

-> (Begin = 5, End = 6, Head = 103)

ฤ -> (Begin, End = 6, Has5 = 0 && Head = 103)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

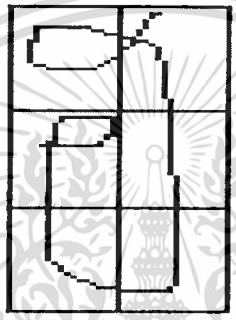
ฦ -> (Begin, End = 6, Has3 = 0 && Head = 101)

ฎ -> (Begin, End = 3 End = 4 End = 5 End = 6 , V(i-1) > 200 + CR(i) ! = 104)

ฎ -> (Begin, End = 3 End = 4 End = 5 End = 6 , V(i-1) < 200 + CR(i) ! = 104)

4.2.6 อักษรในกลุ่มอื่นๆ

อักษรในกลุ่มนี้เป็นอักษรกลุ่มที่เหลือที่มี rule base ค่อนข้างง่ายและมีลักษณะตัวอักษรใกล้เคียงน้อย รวมถึงอาจมีลักษณะเด่นค่อนข้างมาก ซึ่งจะยกตัวอย่างเฉพาะบางตัวดังนี้



รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ฮ

ในการพิจารณา ฮ นั้น จะสังเกตว่าอักษรในกลุ่มนี้จะมีหัวแตกต่างจากในกลุ่มคือมีหัว 102 และมีวงกลมในตัวอักษรดังนั้นทำให้ได้ rule base คือ

ฮ -> (Begin, End = 2, Head = 102 && CR > 100)

ในกรณี ณ นั้นแตกต่างจากตัวอักษรทั้งหมดคือเริ่มต้นเขียนในช่อง 6 และ จบในช่อง 2 ซึ่งเริ่มต้นคล้าย ว แต่สิ้นสุดในช่องหมายเลข 1 และ 3 ซึ่งมี rule base ดังนี้

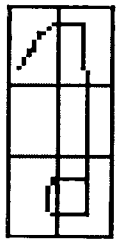
ร -> (Begin = 6, End = 2, Head = 0)

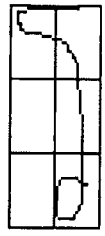
-> (Begin, End = 2, Head = 103)

ว -> (Begin = 6, End = 1 End = 3)

-> (Begin, End = 1 End = 3, Head = 103)

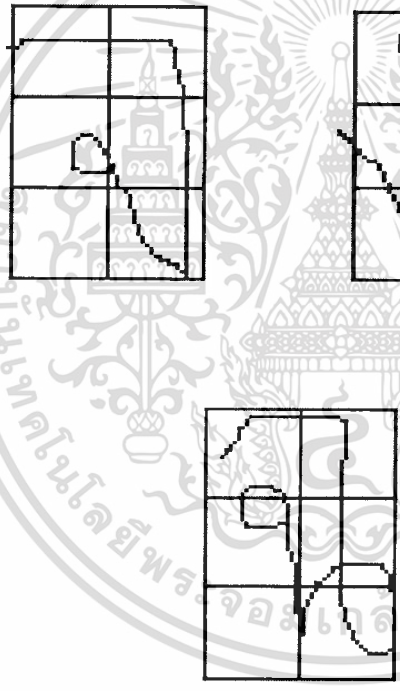
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะการเขียนอักษร ว และ ร

ในกรณีตัวอักษร จ นั้นจะคล้ายกับตัวอักษร ฉ เพราะเริ่มต้นคล้ายกัน แตกต่างกันตรงที่ ฉ มีวงกลมในตัวอักษร และ จ นั้นจะต้องไม่มีการเขียนในช่องที่ 5 ซึ่งมี Rule base ดังนี้



รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะการเขียนอักษร จ, ฉ และ ง

ง -> (Begin = 2, End = 1 End = 3)

จ -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 1 End = 3 , Has5 = 0 && Head = 0)

-> (Begin, End = 1 End = 3 , Has5 = 0 && Head = 101)

ฉ -> (Begin, End = 3 End = 1, CR = 104)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สรุป Rule Base ทั้งหมดตามตัวอักษร

ก -> (Begin = 5, End = 6, CR = 0 && Head = 0)

ข -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 0))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 101))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 104))

ฃ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 101))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 104))

ค -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) < 200 + V(i) = Max(0) && Head = 0)

-> (Begin, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) < 200 + V(i) = Max(0) && Head = 102)

ฅ -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) > 200 + V(i) = Max(0) && Head = 0)

-> (Begin, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) > 200 + V(i) = Max(0) && Head = 102)

ฆ -> (Begin = 1, End = 2, V(0,i) > 200 + V(i) = Max(4) && CR > 200 && Head = 0)

-> (Begin = 1, End = 2, Cr > 100 & Updown < 2)

ง -> (Begin = 2, End = 1 End = 3)

จ -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 1 End = 3 , Has5 = 0 && Head = 0)

-> (Begin, End = 1 End = 3 , Has5 = 0 && Head = 101)

ฉ -> (Begin, End = 3 End = 1, CR = 104)

ช -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) > 200) && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) > 200 && Head = 101))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) < 200 && V(i+1, end) <> 200 && Head = 104))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V (i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) < 200 && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) > 200 && Head = 101))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) < Width / 2 + V(i) = Max(0)) && V(0j-1) > 200 && V(i+1, end) > 200 && Head = 104))

ฌ -> (Begin = 5, End = 2Cr ! = 101 && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, Cr > 100 & Updown < 3)

ญ -> (Begin = 5, End = 2 Head = 0)

-> (Begin = 5, End = 3 Head = 101)

ฎ -> (Begin, End = 3 End = 4 End = 5 End = 6 , V(i-1) > 200 + CR(i) ! = 104)

ฎ -> (Begin, End = 3 End = 4 End = 5 End = 6 , V(i-1) < 200 + CR(i) ! = 104)

ฐ -> (Begin = 3 Begin == 4, End = 2, Has5 = 0 && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, Head = 104 && V(j) = Max(6))

ฑ -> (Begin = 1, End = 6, V(0,i) > 200 + V(i) = Max(4) && Head = 0)

-> (Begin = 1, End = 6, V(0)! = 2 && V(0)! = 1 && Head = 0)

-> (Begin = 1, End = 6, UpDown > 2)

ฒ -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 2, Cr > 100 && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, CR(i) > 100 && V(0,i) > 200 && Head = 104)

ณ -> (Begin = 1, End = 2, Cr = 101 && Head = 0)

-> (Begin = 1, End = 2, Cr = 101 && Head = 101)

ด -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) < 200 + V(i) = Max(0) && Head = 0)

-> (Begin, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) < 200 + V(i) = Max(0) && Head = 104)

ต -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 6, V(j) = Max(0) + V(j,i) > 200 + V(i) = Max(0) && Head = 0)

ถ -> (Begin = 5 End = 6, V[0] = 2 V[0] = 1 && Head = 0)

-> (Begin = 5, Head = 101)

ท -> (Begin = 1, End = 6, V[0]! = 2 && V[0]! = 1 && Head = 0)

-> (Begin = 1, End = 6, Head = 104)

ธ -> (Begin = 3 Begin = 4, End = 2 && Head = 0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น -> (Begin = 1, End = 6, CR = 101 && Head = 0)

-> (Begin, End = 6, CR = 101 && Head = 104)

บ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 0))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 104))

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 104))

ป -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 0 && Has5 = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 104 && Has5 = 0)

ผ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) > 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) > 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 102)

ฝ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) > 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 0 && Has5 = 0)

-> (Begin, End = 2, Head = 102 && Has5 = 0)

พ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 0))

-> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max(0)) && Head = 104)

ฟ -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) > 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 0 && Has5 = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) > 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 0 && Has5 = 0)

ภ -> (Begin = 5, End = 6, V[0] = 2 V[0] = 1)

-> (Begin = 5, End = 6, Head = 103)

ม -> (Begin = 1, End = 2, CR > 200)

-> (Begin, End = 2, CR(i) > 100 && V(0, i-1) < 0 200 && Head = 104)

ย -> (Begin = 1, End = 2, V(j) = v(0, i-1) < 200 + Max(4) + V(J,i) < 200 && Len(V(j+1, i-1) > Width / 2 + V(i) = Max && Head = 0)

-> (Begin, End = 2, V(j) = Max(4) + V(J,i) < 200 + V(i) = Max(0)) && Head = 102)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร -> (Begin = 6, End = 2, Head = 0)

-> (Begin, End = 2, Head = 103)

ล -> (Begin = 5, End = 1 End = 2)

-> (Begin, End = 1 End = 3, Has4 = 0 && Head = 101)

ว -> (Begin = 6, End = 1 End = 3)

-> (Begin, End = 1 End = 3, Head = 103)

ห -> (Begin = 1, End = 6, Cr > 100)

-> (Begin = 1, End = 6, Head = 104 && Cr > 100)

อ -> (Begin = 1, End = 6, Head = 107 && V(i-1) = 0 + CR(i))

ฮ -> (Begin, End = 2, Head = 102 && CR > 100)

ฤ -> (Begin, End = 6, Has5 = 0 && Head = 103)

ฦ -> (Begin, End = 6, Has3 = 0 && Head = 101)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลองและปัญหาที่พบ

จากการวิจัยเพื่อแยกแยะตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย จากการเขียนโดยใช้เม้าส์ลาก จำนวนประมาณมากกว่า 20 ครั้งต่อ 1 ตัวอักษร โดยการสุ่มเขียนตัวอักษร ณ จุดใดของกรอบที่กำหนด และขนาดของตัวอักษรไม่เท่ากัน ซึ่งมีหัวบ้าง ไม่มีหัวบ้าง โดยเส้นของหัวไม่ตัดกันบ้าง พบว่าผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจ

หลังจากนั้นจึงได้ปรับปรุงฐานไวยากรณ์ ให้สามารถรู้จำตัวอักษรได้มากและหลากหลายขึ้น และทำการทดลองการรู้จำอีกครั้ง โดยมีผู้เขียนทดลองทั้งหมด 10 ท่าน ท่านละ 10 ตัวต่อตัวอักษร ตามฐานไวยากรณ์ที่ปรับปรุงไว้ และแสดงในแต่ละตัวอักษรในบทที่ 4 ในบทนี้ขอกล่าวถึงผลการทดลองกับปัญหาต่างๆที่พบในระหว่างการทดลองดังต่อไปนี้

5.1 การรับข้อมูลลายมือเขียน

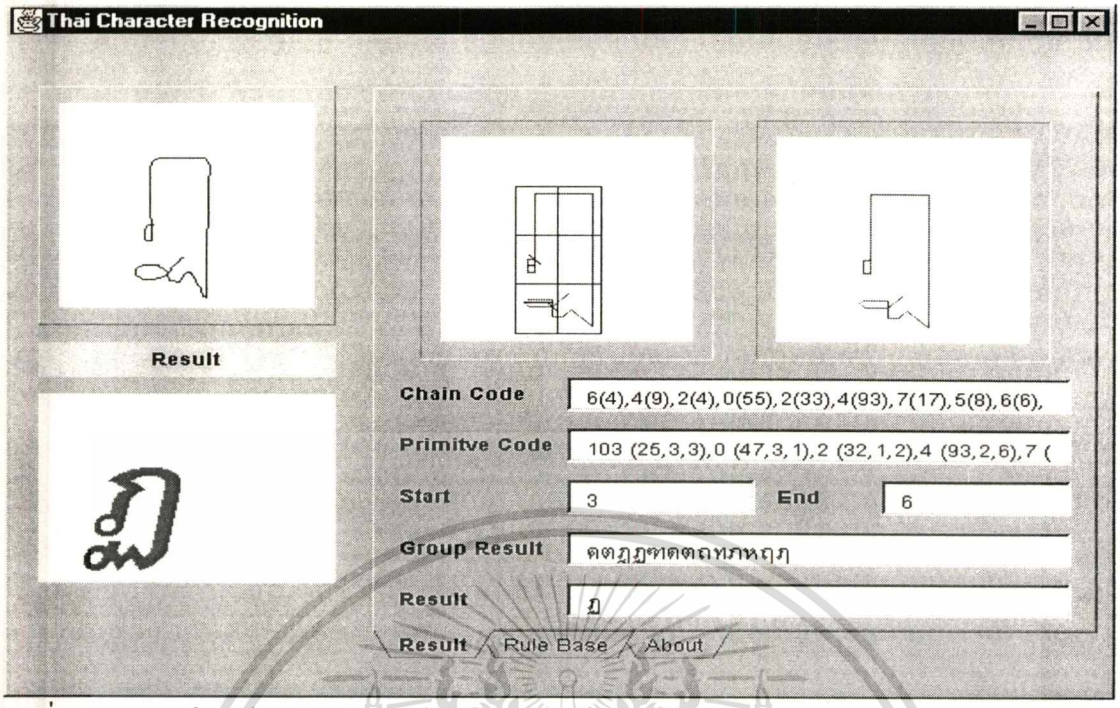
ตัวอักษรลายมือเขียนที่ใช้เมาส์ลาก และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีโครงสร้างนั้น จะมีขนาดเท่าไรก็ได้เริ่มเขียน ณ ตำแหน่งไหนก็ได้ภายในกรอบอ้างอิง และบางตัวสามารถจะไม่มีหัวก็ได้ หรือเขียนหัวไม่ต้องเป็นเส้นตัดกันก็ได้ โดยการวิเคราะห์จะอาศัยการพิจารณาโครงสร้างและความสัมพันธ์ของเส้นเป็นหลัก ประกอบกับจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเป็นฐานไวยากรณ์ในการวิเคราะห์ก็สามารถจะทำการจำแนกได้ โดยสร้างหน้าจอในการรับข้อมูลเขียนดังรูป 5.1

โดยผลลัพธ์ที่ได้ว่าเป็นตัวอักษรอะไร ถ้าไม่สามารถแยกแยะได้ จะแสดงตัวอักษร Nหรือ H ขึ้นอยู่กับกรณี ในกรณีนี้ หมายถึง ตัวอักษรมีหัว แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ กรณีที่แสดงกล่าวคือ ตัวอักษรไม่มีหัว และไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ซึ่งแสดงไว้ในรูป 5.2

ในการทดลองนี้ได้กำหนดช่องให้เขียนซึ่งมีขนาด 120 * 120 Pixel ซึ่งเส้นที่เกิดขึ้นจะต้องเกิดในขณะที่ใช้เมาส์ (Mouse) โดยคลิกปุ่มเม้าส์ซ้ายหรือเม้าส์ขวาทิ้งไว้ ในขั้นแรกจะทำการเมื่อเขียนเสร็จ โปรแกรมจะทำการแปลงเส้นต่างๆ และตัวอักษรเป็นช่องเล็กๆ 6 ช่อง ซึ่งแสดงรายละเอียดไว้แล้วในบทที่ 3 โดยช่องที่จะแสดงเป็นการแสดงตัวอักษรที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นรหัสลูกโซ่แปดทิศแล้ว ซึ่งช่องต่างๆ จะหมายถึงดังนี้

Chain Code	หมายถึง รหัสลูกโซ่แปดทิศ
Primitive Code	หมายถึง รหัสลูกโซ่แปดทิศที่ทำการหาหัวแล้ว
Start	หมายถึง Frame เล็กที่ทำการเริ่มเขียน
End	หมายถึง Frame เล็กเมื่อทำการสิ้นสุดการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



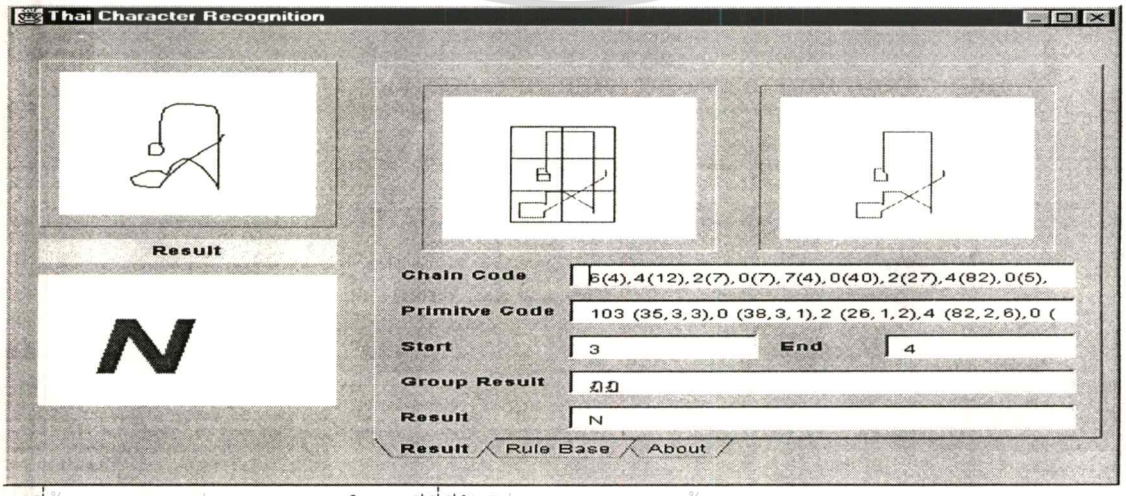
รูปที่ 5.1 แสดงถึงหน้าจอในการรับข้อมูล

Group Result หมายถึง กลุ่มของตัวอักษรที่คาดว่าจะเป็น

Result หมายถึง ผลลัพธ์ตัวอักษรที่วิเคราะห์ได้

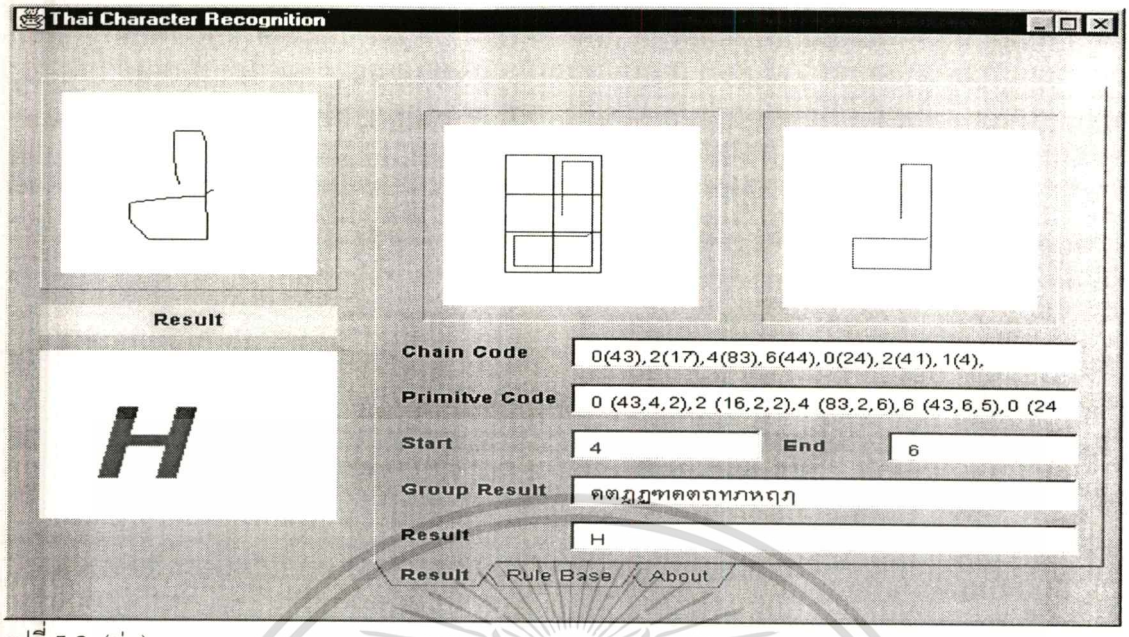
5.2 ปัญหาในการจำแนกตัวอักษรคัดลายมือ

ความสามารถในการรู้จำ ตัวอักษรคัดลายมือของการวิเคราะห์โครงสร้างนั้น สิ่งที่สำคัญก็คือ ลายมือในการเขียนและพฤติกรรมของผู้เขียนซึ่งในการเขียนซึ่งบางครั้งมนุษย์เองยังไม่สามารถแยกแยะ อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้ได้พัฒนาฐานไวยากรณ์ให้ครอบคลุมลายมือเขียนมากที่สุด โดยถ้าฐานไวยากรณ์ไม่สามารถจำแนกได้จะทำการแก้ไขฐานไวยากรณ์และทำการปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง และทำการทดลองอีกครั้งหนึ่ง แต่อย่างไรแล้วก็ยังเกิดปัญหาขึ้นดังนี้



รูปที่ 5.2 แสดง Message Error ในกรณีที่มีข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 (ต่อ)

5.2.1 ปัญหาเกิดการเขียนที่เกินไป

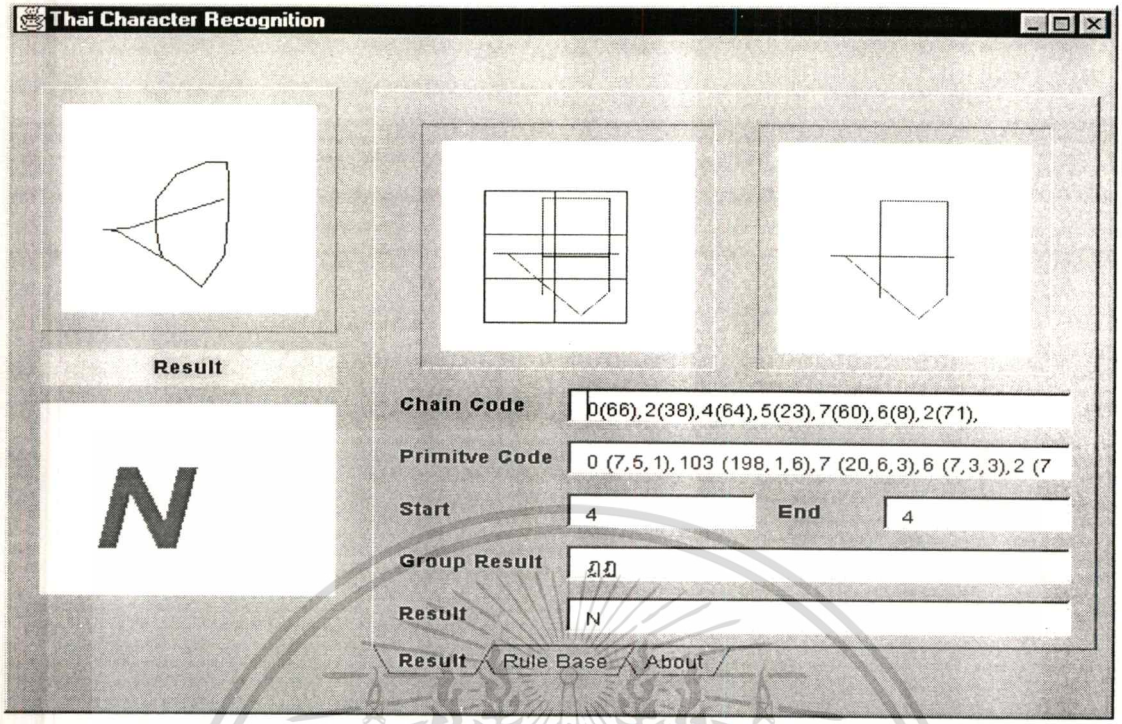
ในการเขียนเม้าถ้าลากเม้าส์เร็วเกินไปจะทำให้อุปกรณ์ส่งค่าของ Pixel ที่มีขนาดแตกต่างจาก Pixel เดิมมาก ซึ่งอาจทำให้ความหักเหของเส้นหายไป ซึ่งแสดงไว้ใน รูป 5.3

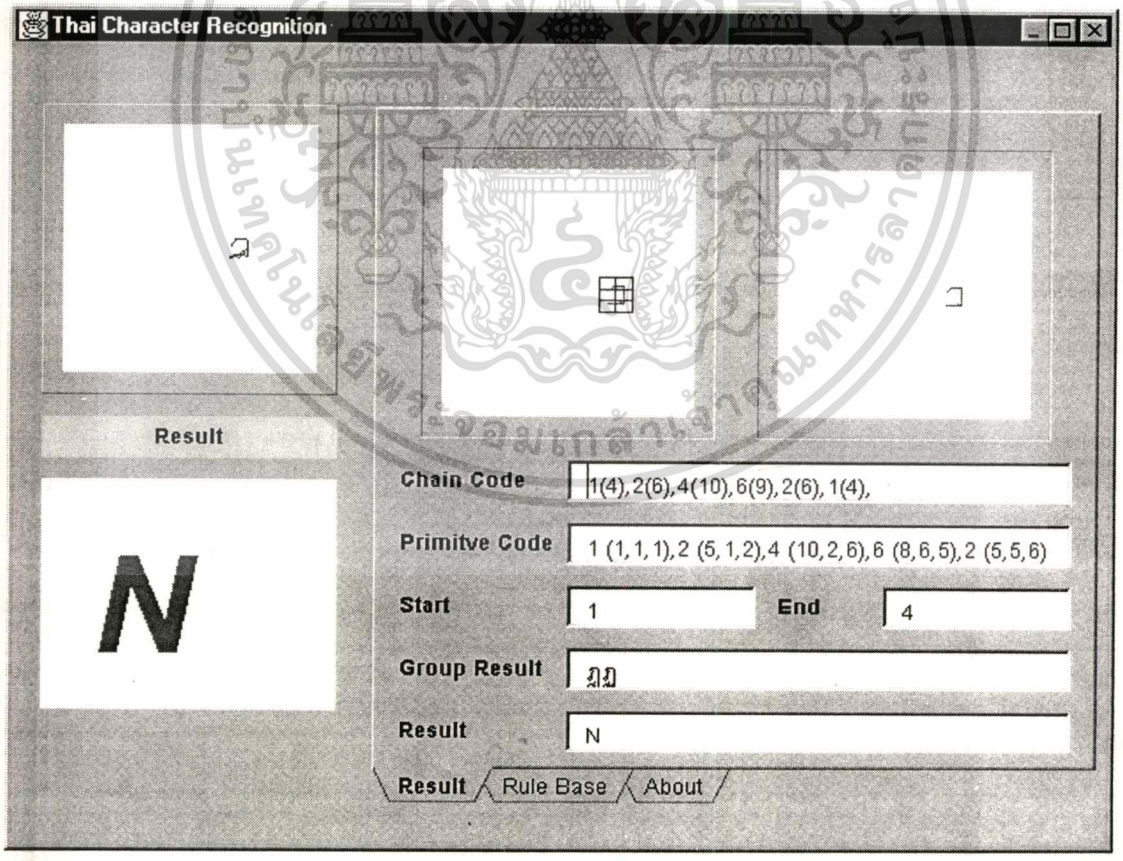
ตัวอย่างที่แสดงจะเห็นว่าในการเขียน ฎ โดยลากเม้าส์เร็วไปจะทำให้เส้นที่ได้หยาบเกินไปกลายเป็นเส้นเฉียงส่วนมากทำให้ลักษณะเด่นบางอย่างของตัวอักษรหายไป ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ถูกต้อง

5.2.2 ปัญหาที่เกิดจากตัวอักษรที่มีขนาดเล็กเกินไป

ในการทดลองขนาดของตัวอักษรที่แตกต่างกันนั้น พบว่าการเขียนตัวอักษรใหญ่และมีขนาดเหมาะสมกับสัดส่วนตัวอักษรภาษาไทย จะไม่ค่อยพบปัญหา แต่ถ้าตัวอักษรเล็กมากนั้นก็จะพบเฉพาะอักษรบางตัวที่มีรายละเอียดสูง และตัวที่มีหัวเนื่องจากโปรแกรมจะทำการเปลี่ยนแปลงเป็นรหัสลูกโซ่แปดทิศต้องมีความยาวเกิน 3 Pixel ทำให้โปรแกรมเปลี่ยนแปลงจุดเป็นรหัสลูกโซ่แปดทิศผิดพลาด ทำให้ขั้นตอนในการวิเคราะห์ผิดพลาด ดังตัวอย่างที่แสดงไว้ ของการเขียนอักษร ฎ ขนาดเล็ก จะพบว่าการเปลี่ยนเป็นรหัสลูกโซ่แปดทิศนั้นผิดพลาดทั้งหมดย่อมส่งผลให้การวิเคราะห์ โดยแสดงไว้ในรูป 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



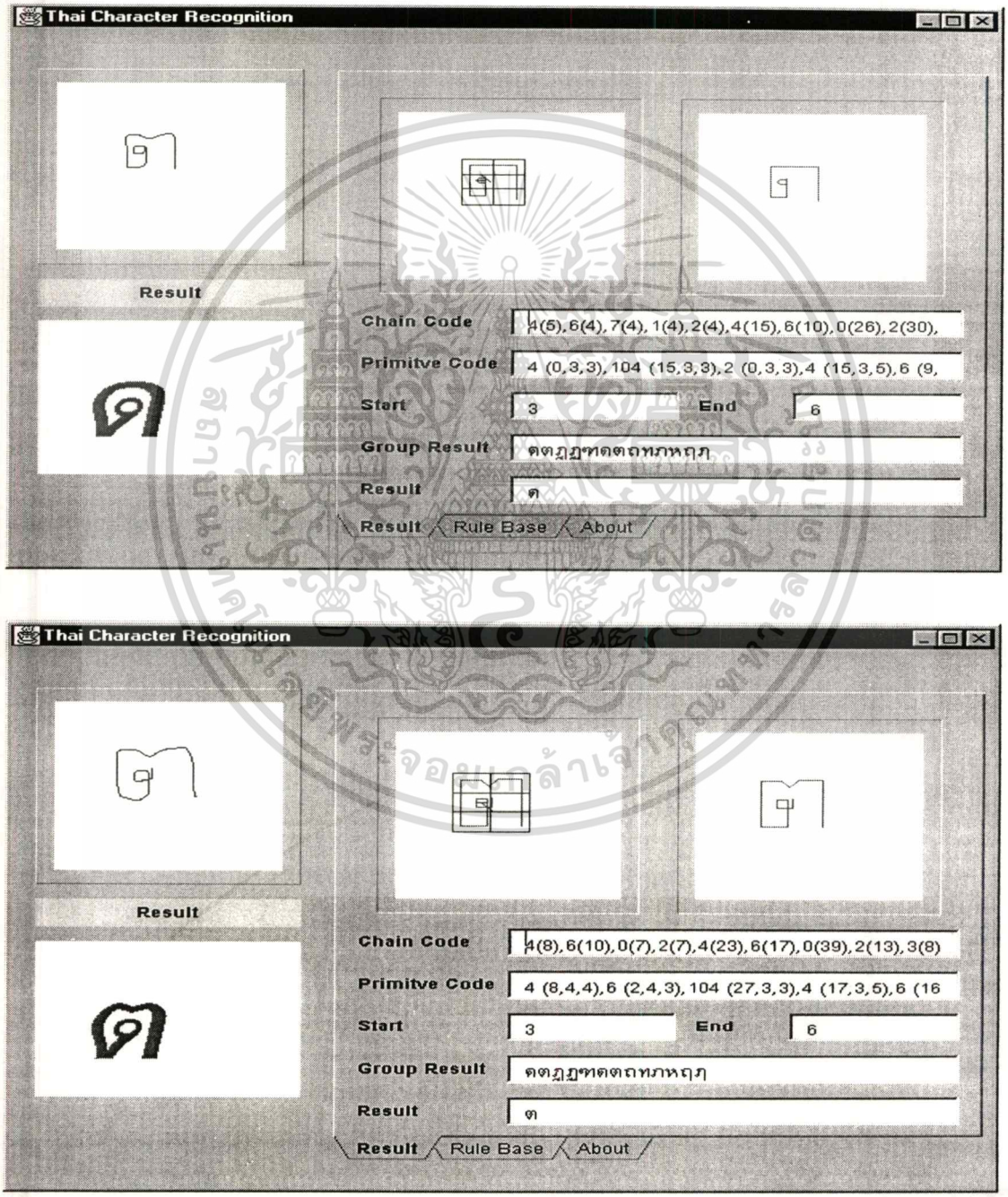


รูปที่ 5.3 – 5.4 แสดงตัวอย่างในการลากเมาส์เร็วเกินไป และ แสดงตัวอย่างข้อผิดพลาดอันเกิดจากตัวอักษรเล็กเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 ปัญหาเนื่องจากความหยักไม่พอ

ในการเขียนอักษรบางตัวที่มีข้อแตกต่างกันซึ่งอาจเป็นตัวหัวแตกเช่น ฑ กับ ท หรือ ม กับ ฒ รวมถึงตัวหัวแตก เช่น ด กับ ต จะต้องให้มีความหยักที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากการลดข้อผิดพลาดในการเขียน (Error Detection) จะทำการแปลงเส้นหยักเล็กน้อยให้กลายเป็นเส้นตรง ทำให้การวิเคราะห์จึงวิเคราะห์เป็นเส้นตรงไปด้วย โดยตัวอย่างแสดงไว้ในรูป 5.5 และ 5.6 ตามลำดับ

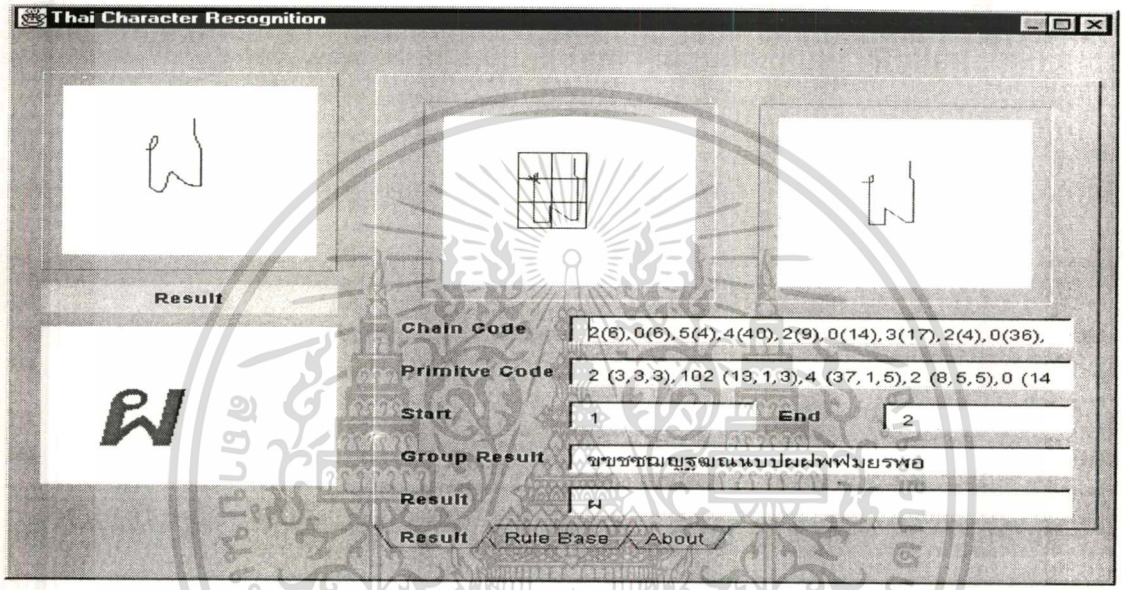


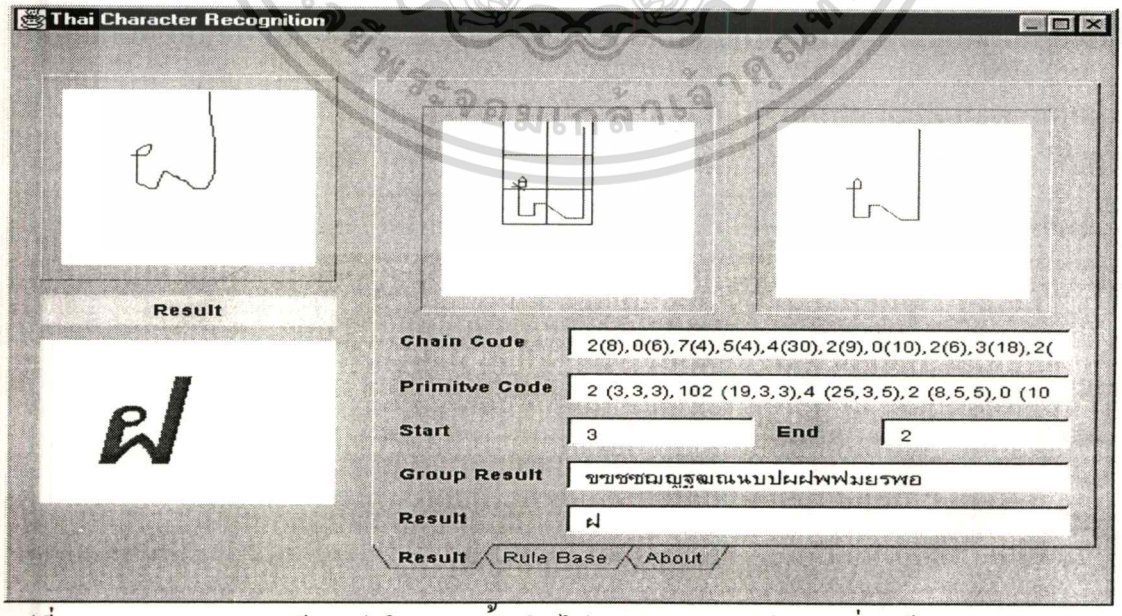
รูปที่ 5.5 – 5.6 แสดงการเขียนที่มีความหยักน้อย และการเขียนที่ถูกต้องในกรณีที่เป็นเส้นหยัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 ปัญหาเนื่องจากการเขียนเส้นบางเส้นยาวหรือสั้นเกินความจำเป็น

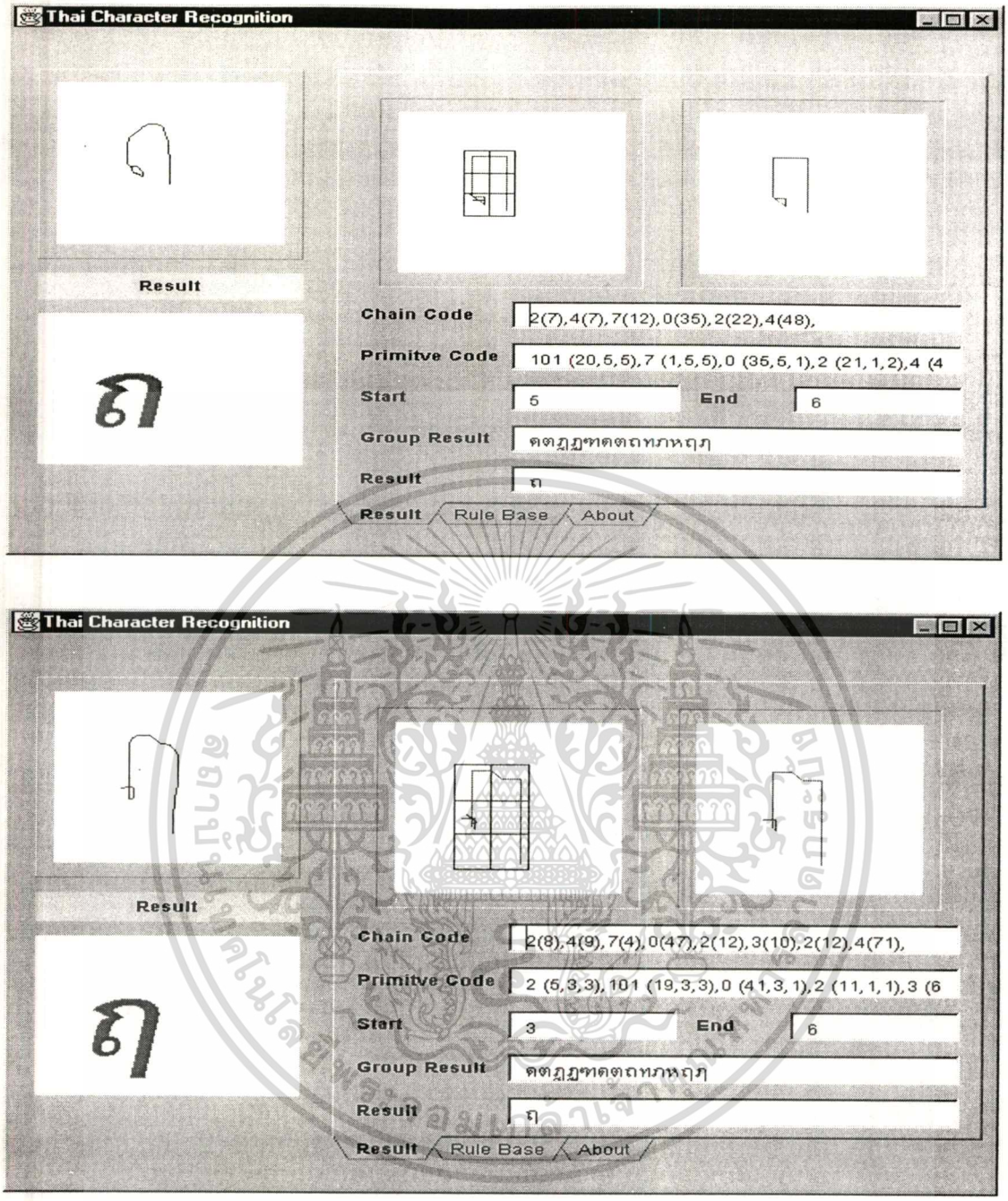
ในการวิเคราะห์ข้อมูลของตัวอักษรจะให้ตำแหน่งสิ้นสุดของตัวอักษรมาใช้ในฐานไวยากรณ์ทำให้ตำแหน่งสิ้นสุดมีผลในการวิเคราะห์เป็นอย่างมากเช่น น ต้องจบในช่องที่ 2 ถ้าเขียนหางของ น สั้นไปจบในช่องที่ 4 จะทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดซึ่งแสดงตัวอย่างไว้ในรูป 5.7 และในการเขียนหากสั้นเกินไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฝ, ป, ฟ, ฤ, ฦ จะต้องเขียนหางให้ยาว เพื่อให้โปรแกรมแบ่งช่องได้ถูกต้อง เพราะ ฝ, ป, ฟ จะต้องไม่มีเส้นการเขียนในช่องที่ 1 และ ฤ, ฦ จะต้องไม่มีการเขียนในช่องที่ 5 ดังแสดงตัวอย่างที่ถูกและผิดไว้ในรูปที่ 5.7, 5.8, 5.9 และ 5.10 ตามลำดับ





รูปที่ 5.7 – 5.8 แสดงการเขียน ฝ โดยหางสั้นเกินไป และแสดงการเขียน ฝ ที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 – 5.10 แสดงการเขียน ฤ โดยหางสั้นเกินไป และแสดงการเขียน ฤ ที่ถูกต้อง

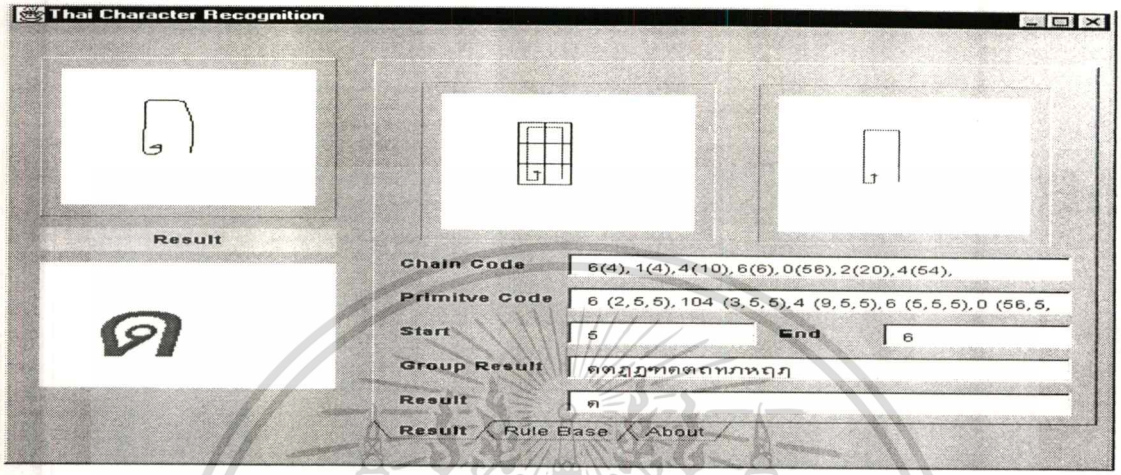
5.2.5 ปัญหาเนื่องจากการเขียนกลับทิศ

ในการเขียนอักษรภาษาไทยปกติทั่วไปแล้วจะมีการเขียนโดยเริ่มจากหัวก่อนซึ่งมีไม่น้อยที่เริ่มเขียนจากส่วนอื่นก่อนซึ่งในการวิจัยนี้ไม่ได้ดำเนินการทำฐานข้อมูลในกรณีที่เขียนกลับข้าง เช่น ว หรือตัวอักษรตัวอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.6 ปัญหาเนื่องจากการเขียนหัวผิดประเภท

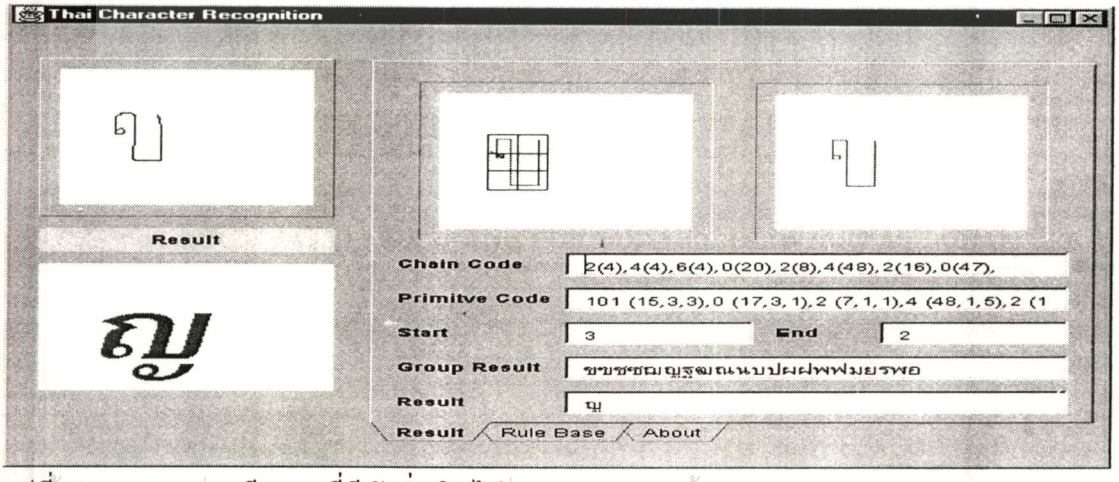
ในการทดลองพบว่ามีบางท่านเขียนหัวให้ผิดแปลกออกไป ดังตัวอย่างการเขียน ถ แต่มีการขมวดหัวเหมือน ด ทำให้เกิดการสับสนในวิเคราะห์ชนิดของหัว ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในฐานไวยากรณ์ ทำให้ผลออกมาผิดพลาด ดังรูป 5.11



รูปที่ 5.11 แสดงการเขียน ถ ที่มีหัวผิดแบบ

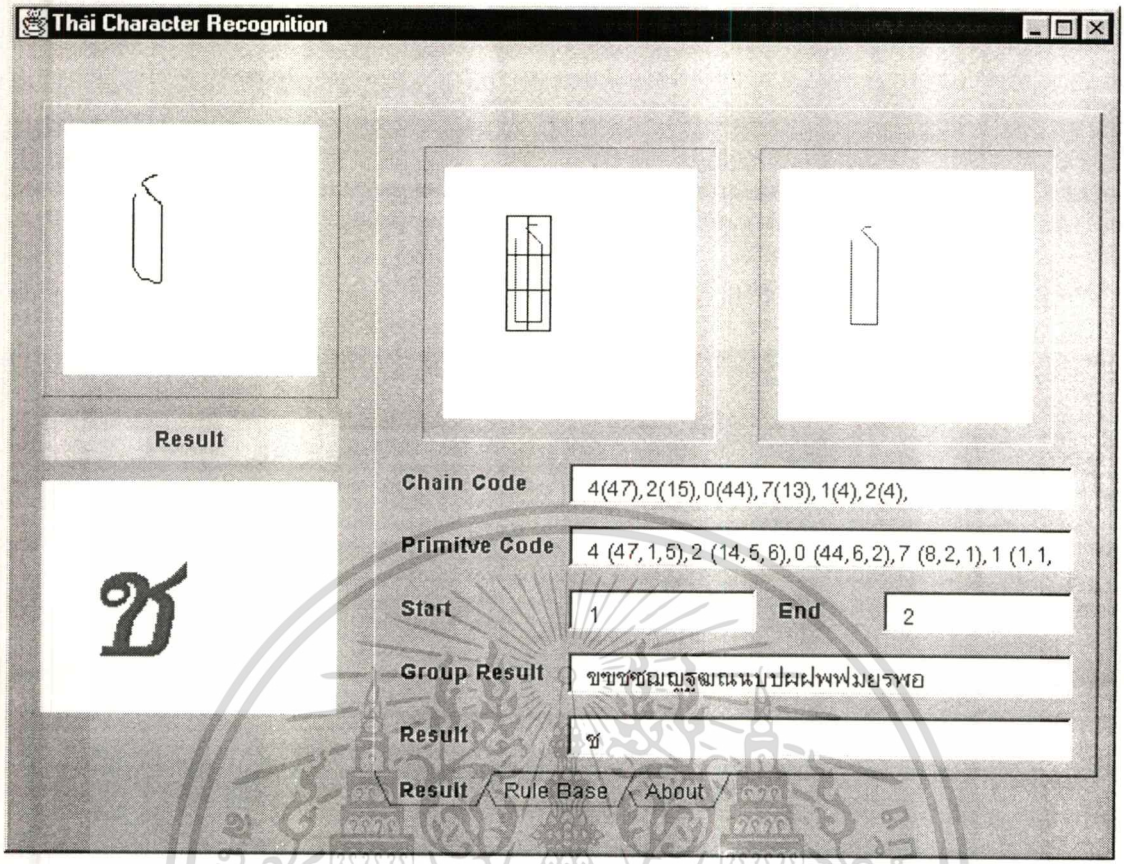
5.2.7 ปัญหาเนื่องจากการเขียนหัวหรือจุดเริ่มต่ำหรือสูงเกินไป

ในการทดลองพบว่าอักษรบางตัวตำแหน่งของหัวหรือจุดเริ่มต้น มีความจำเป็นมากโดยเฉพาะกรณีที่ไม่มีหัว เช่น ในการเขียน ข หรือ ญ ถ้าเขียนหัว ข ต่ำมาก ก็จะถูกวิเคราะห์เป็น ญ และในทางเดียวกัน เช่น การเขียน ธ ถ้าเขียนหัวผิดไป จะเกิดการสับสนในฐานไวยากรณ์ทำเพราะ ธ จะต้องเขียนในช่อง 3 หรือ 4 เท่านั้น ทำให้การวิเคราะห์เกิดข้อผิดพลาด ดังแสดงตัวอย่างในรูป 5.12 และ 5.13



รูปที่ 5.12 แสดงการเขียน ข ที่มีหัวต่ำเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.13 แสดงการเขียนที่ผิดพลาดในการเขียน ธ ที่เริ่มต้นสูงเกินไป

5.2.8 ปัญหาเนื่องจากกรรมวิธีในการหาหัว และ เส้นหลักหยักไม่ 100%

จากการทดลองพบว่ากรรมวิธีในการหาหัวและเส้นหยักได้ผลลัพธ์ไม่ 100% เนื่องจากการเขียนการเกิดเส้นที่ไม่ได้ตั้งใจ แต่มีผลในกรรมวิธีนี้ ทำให้ได้ค่าชนิดของเส้นผิดไป ซึ่งส่งผลให้การวิเคราะห์ผิดพลาดด้วย เช่นในกรณีนี้ ข และ พ โดยจะหาเส้นที่อยู่ระหว่างเส้น 4 และ เส้น 0 ถ้ามีเส้นที่มีความหยักเล็กน้อย ไม่ว่าจะหยักไปทางใดจะถือเป็นเส้นหยักทั้งหมด เพราะเส้นหยัก พ น่าจะเป็นเส้นหนักขึ้นเพียงอย่างเดียว

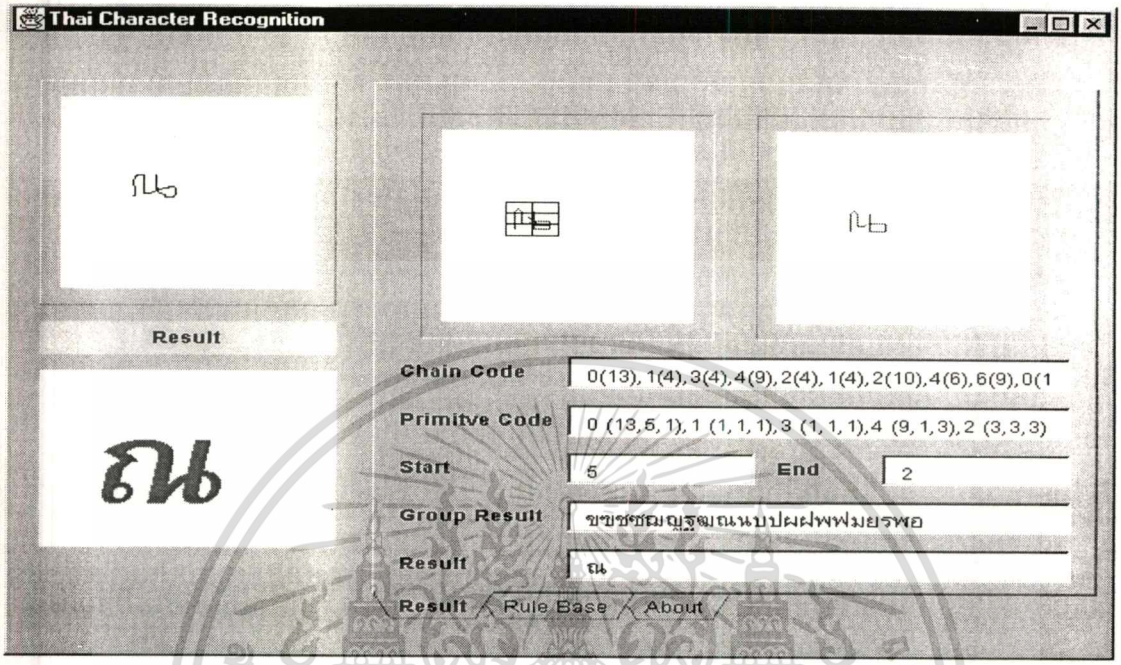
5.3 ผลการจดจำลายมือด้วยวิธีวิเคราะห์โครงสร้าง

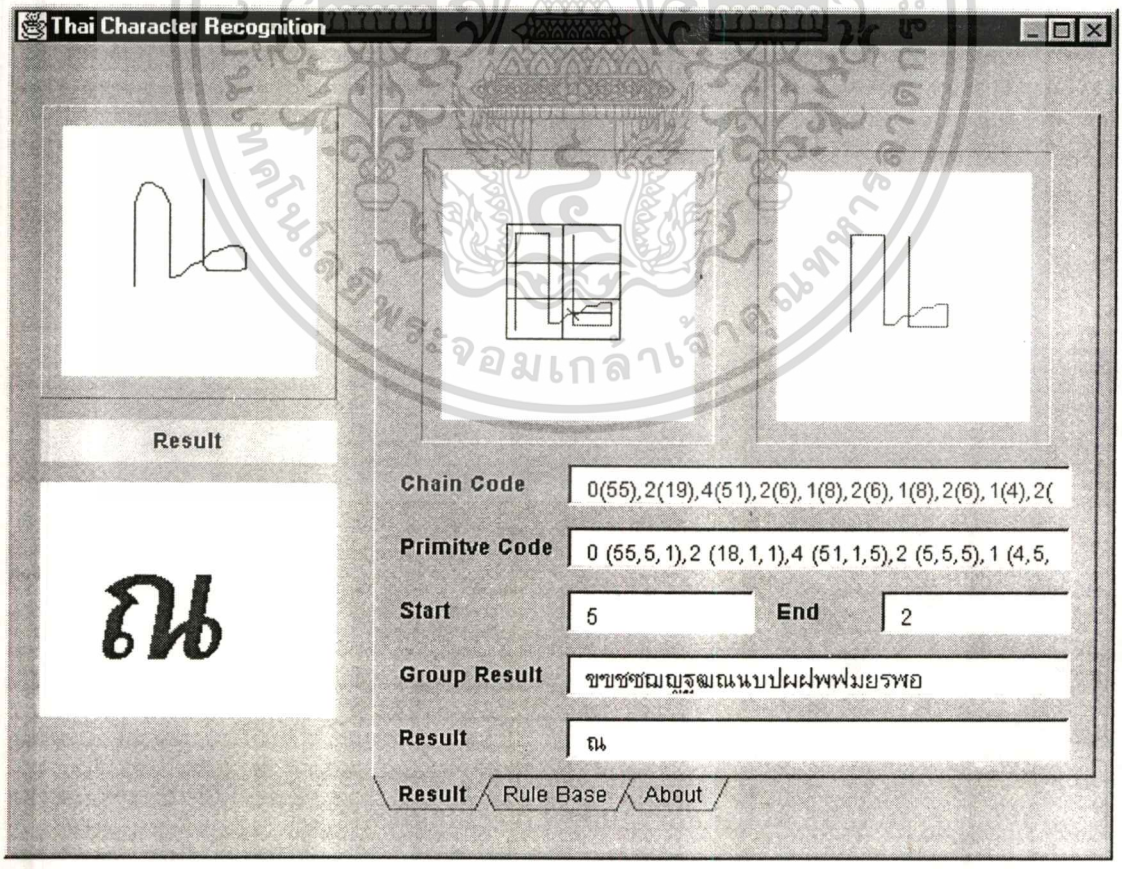
5.3.1 ขนาดของตัวอักษร ตำแหน่งของการเขียน การเขียนผิดรูปไปบ้าง และ ไม่มีช่องย่อยบังคับให้เขียนในช่อง

จากรูปที่ 5.14-5.18 แสดงผลลัพธ์ในการเขียนแต่ละกรณี จะเห็นว่าการวิเคราะห์อักษรคัดลายมือภาษาไทยโดยให้วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างสามารถจะวิเคราะห์ตัวอักษรที่ได้ ไม่ขึ้นกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

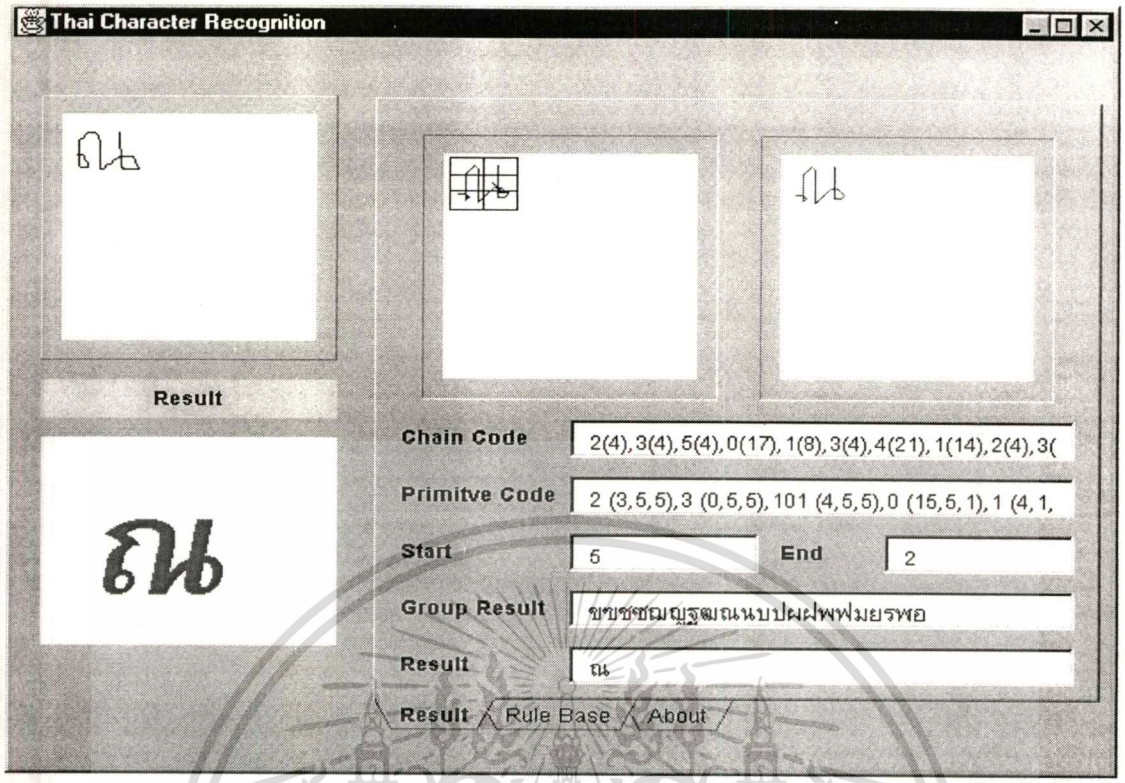
ขนาดของตัวอักษร สามารถจะย้ายตำแหน่งเริ่มของการเขียน ซึ่งอาจการเขียนผิดรูปไปบ้าง เช่น เอียง และไม่มีช่องย่อยบังคับให้เขียนในช่องอีกต่อไป

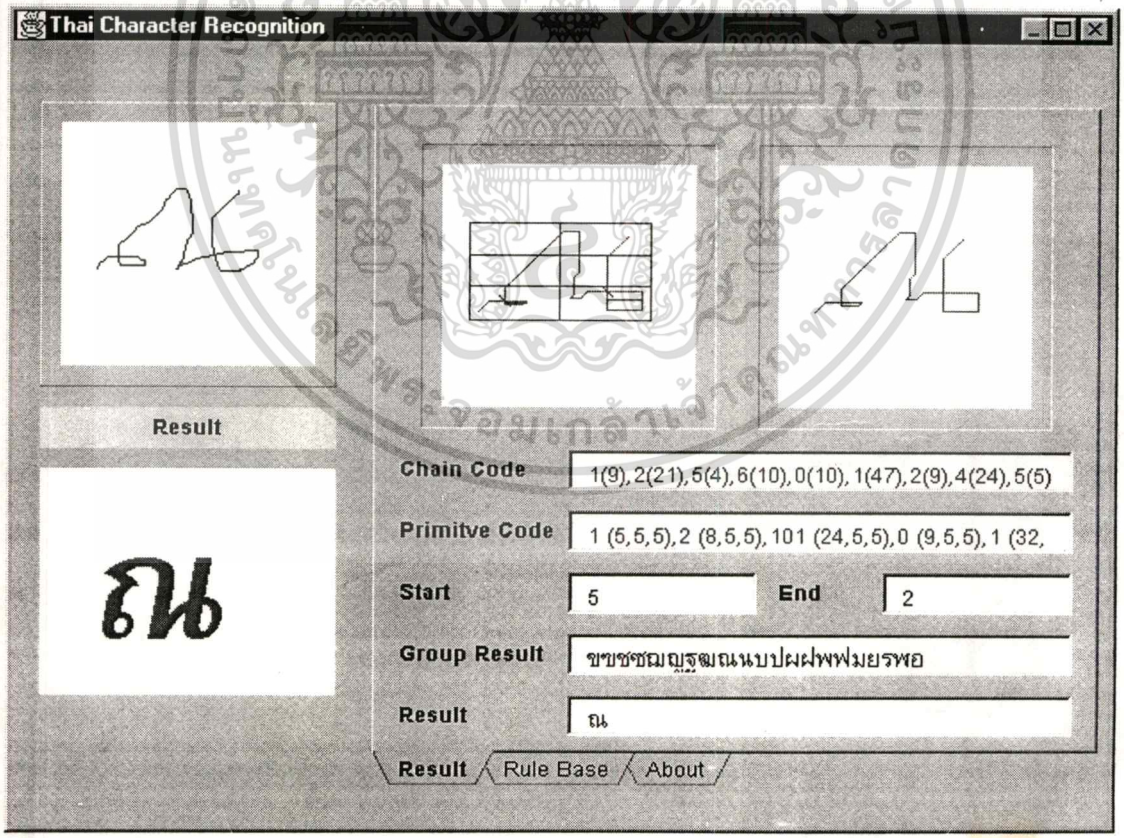




รูปที่ 5.14-5.15 แสดงการเขียน ณ ที่มีขนาดเล็ก และแสดงการเขียน ณ ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



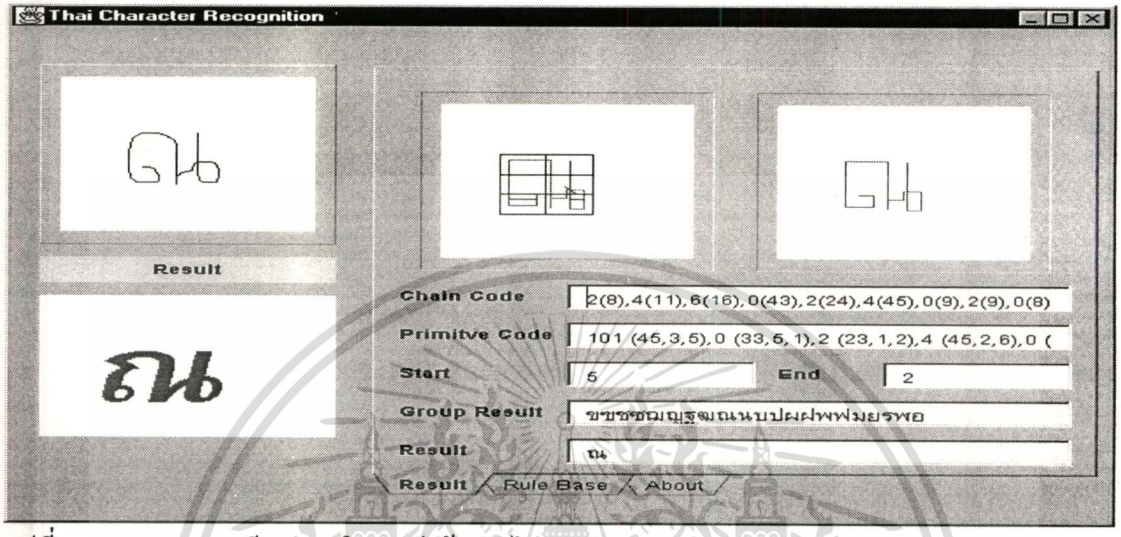


รูปที่ 5.16-5.17 แสดงการเขียน ณ ตำแหน่งอื่นบนกรอบการเขียน และ แสดงการเขียน ณ ที่มีการเขียนผิดรูปไปบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 การเขียนโดยเส้นหัวไม่ตัดกัน

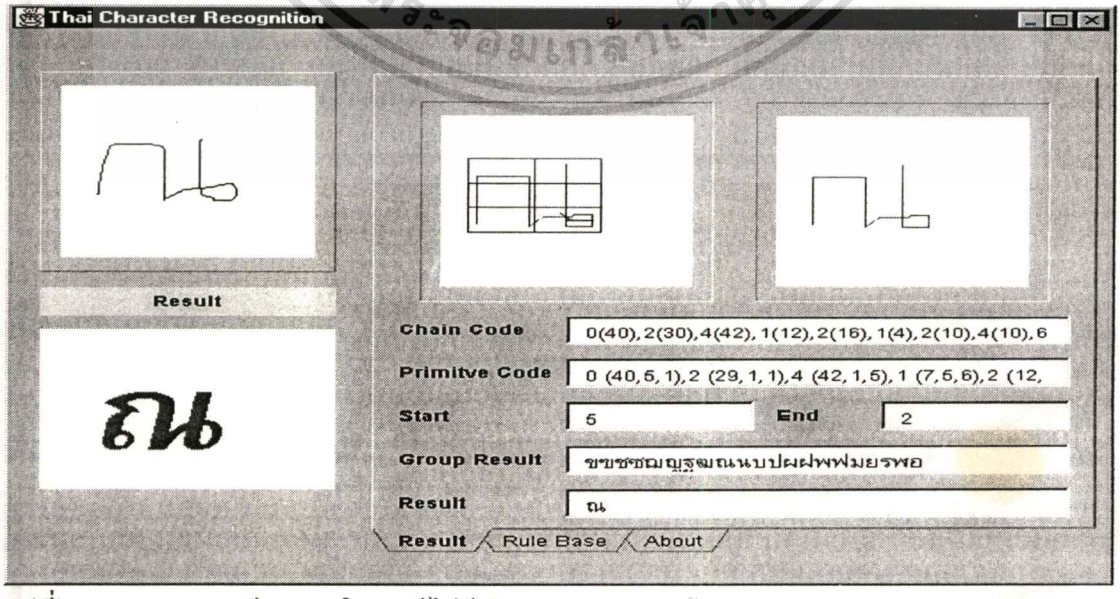
ในการวิจัยนี้ได้พัฒนากรรมวิธีสำหรับการหาหัวของตัวอักษร โดยเส้นหัวไม่ตัดกันซึ่งอธิบายไว้ในบทที่ 3 ทำให้การวิจัยนี้สามารถวิเคราะห์ตัวอักษร ในกรณีที่เส้นไม่ตัดกันได้ตามรูปที่ 5.19 ซึ่งได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ



รูปที่ 5.18 แสดงการเขียน ณ ในกรณีเส้นหัวไม่ตัดกัน

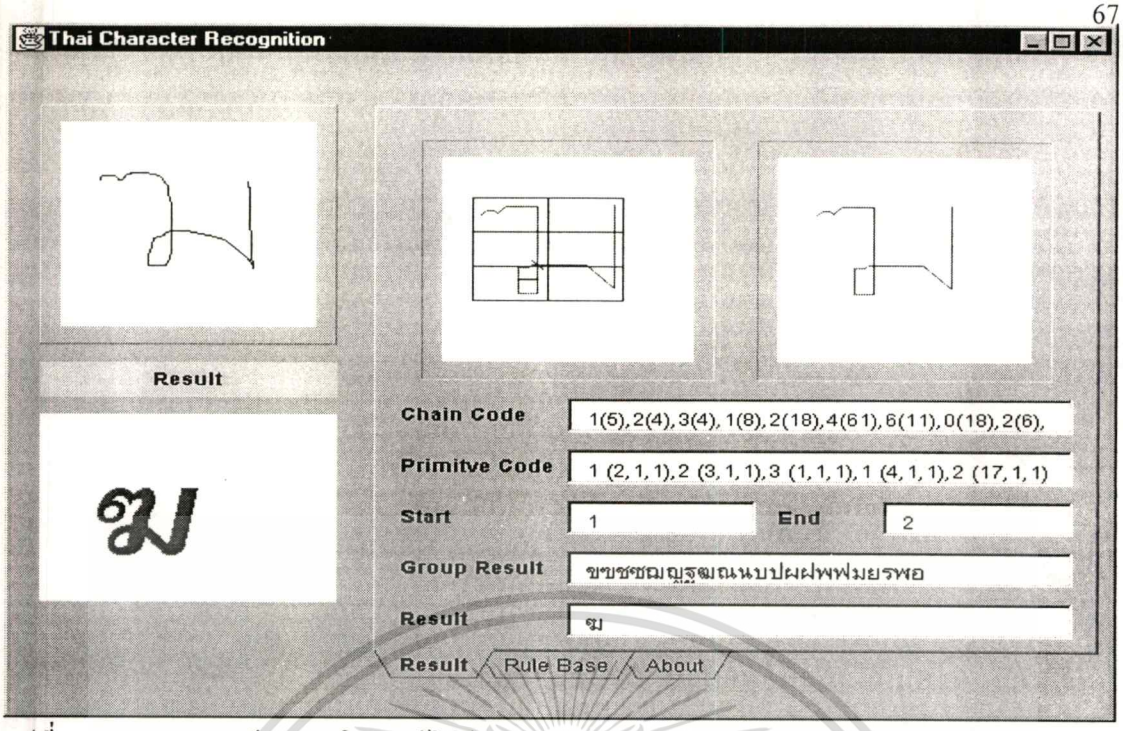
5.3.3 กรณีที่ตัวอักษรไม่มีหัว

รูปที่ 5.20-5.21 นั้นเป็นรูปที่แสดงผลลัพธ์ตัวอย่างของตัวอักษรที่ไม่มีหัว แต่ไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอักษร ฒ ได้เนื่องจากรูปร่างของตัวอักษรที่ไม่มีหัวคล้าย ณ มากจนไม่สามารถหาลักษณะเด่นในการตัดสินใจ จึงให้เป็น ณ แต่อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างมาก



รูปที่ 5.19 แสดงการเขียน ณ ในกรณีไม่มีหัว

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.20 แสดงการเขียน ฆ ในกรณีไม่มีหัว

5.3.4 ความแม่นยำในการวิเคราะห์

ในการทดสอบในวิจัยนี้ ได้ให้ผู้ทดสอบจำนวน 10 ท่าน ทำการเขียนตัวอักษร โดยการใช้เมาส์ลากในกรอบที่อ้างอิง ในเครื่อง Pentium 133 หน่วยความจำ 32 MB โดยการเขียนอักษร ตัดแต่ ก – ฮ และ ฤ, ฦ โดยการเขียน 10 ครั้งต่อหนึ่งตัวอักษร ซึ่งผู้ทดสอบมีอายุระหว่าง 21-31 ปี โดยมีข้อกำหนดว่าในการเขียนเส้น 1 เส้นจะทำการจำแนกว่าเป็นตัวอักษรชนิดใด ถ้าใช่ให้หยุดเขียน หรือจะเขียนต่อไปก็ได้ จะสรุปเป็นตัวอักษรใด เพราะมีตัวอักษรบางตัวที่ไม่สามารถรู้ผลในครั้งเดียวเช่น ล กับ ส เป็นต้น ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์

ตัวอักษร	ผลการทดสอบ			ข้อผิดพลาด
	จำนวนทดสอบ	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	
ก	100	95	5	- มีการเขียนเส้นให้เข้าใจเป็นหัว - เขียนจุดสิ้นสุดผิด
ข	100	53	47	- เขียนหัวต่ำในช่อง 3 - เขียนหัวมีหยัก - เขียนเส้นล่างมีหยัก
ฆ	100	64	36	- เขียนหัวต่ำในช่อง 3 - เขียนหัวมีหยัก - เขียนเส้นล่างมีหยัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

ตัวอักษร	ผลการทดสอบ			ข้อผิดพลาด
	จำนวนทดสอบ	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	
ฅ	100	37	63	- เขียนหัวเล็กเกินไป - เขียนหัวแตกหยักน้อยเกินไป - หาหัวไม่ถูกต้อง
ฆ	100	39	61	- เขียนหัวต่ำในช่อง 3 - เขียนหัวมีหยักน้อยเกินไป
ง	100	81	19	- เขียนหางสั้นเกินไป
จ	100	97	3	- มีการเขียนในช่อง 5
ฉ	100	72	28	- เขียนหัวสูงเกินไป - เขียนวงกลมในเล็กเกินไป
ช	100	28	72	- มีเส้นล่างยาวเกินไป - หาหัวไม่ถูกต้อง - มีเส้นหยักที่เส้นล่าง - หาเส้นหาง ช ไม่ 100%
ซ	100	17	83	- มีเส้นล่างยาวเกินไป - หาหัวไม่ถูกต้อง - มีเส้นหยักที่เส้นล่าง - หาเส้นหาง ซ ไม่ 100%
ฌ	100	17	83	- มีเส้นล่างยาวเกินไป - หาหัวไม่ถูกต้อง - มีเส้นหยักที่เส้นล่าง - หาเส้นหาง ซ ไม่ 100%
ญ	100	89	11	- มีการหาหัวผิด
ฎ	100	98	2	
ฏ	100	92	8	- เขียนหัวสูงเกินไป - เขียนวงกลมในเล็กเกินไป - หางยาวเกินไป
ฐ	100	89	11	- เขียนหัวสูงเกินไป - เขียนกลมในเล็กเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5.1 (ต่อ)

ตัวอักษร	ผลการทดสอบ			ข้อผิดพลาด
	จำนวนทดสอบ	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	
				- หางยาวเกินไป - หยักหางน้อยเกินไป
ฐ	100	73	27	- มีการเขียนในช่อง 5
ฑ	100	54	46	- เขียนหัวต่ำเกินไป
ฒ	100	92	8	- เขียนตำแหน่งหัวผิด
ณ	100	91	9	- หาวงกลมในไม่ 100%
ด	100	86	14	- เขียนตำแหน่งหัวผิด
ต	100	69	31	- เขียนตำแหน่งหัวผิด
ถ	100	70	30	- หาหัวผิด
ท	100	89	11	- หาหัวผิด
น	100	89	11	- เขียนหางสั้นเกินไป - หาหัวผิดพลาด
บ	100	75	25	- เขียนหัวต่ำในช่อง 3 - เขียนหัวมีหยัก - เขียนเส้นล่างมีหยัก
ป	100	89	11	- เขียนหัวต่ำในช่อง 3 - เขียนหัวมีหยัก - เขียนเส้นล่างมีหยัก - เขียนหางสั้นเกินไป
ผ	100	31	69	- หาหัวผิด
ฝ	100	92	8	- หาหัวผิด - เขียนหางสั้นเกินไป
พ	100	72	28	- หาหัวผิด
ฟ	100	82	18	- หาหัวผิด - เขียนหางสั้นเกินไป
ภ	100	87	13	- หาหัวผิด
ม	100	81	19	- หาหัวผิด
ย	100	72	28	- หาเส้นหยักไม่ถูกเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5.1 (ต่อ)

ตัวอักษร	ผลการทดสอบ			ข้อผิดพลาด
	จำนวนทดสอบ	ถูกต้อง	ไม่ถูกต้อง	
ร	100	95	5	- ตำแหน่งสิ้นสุดไม่ถูกต้อง
ล	100	82	18	- เขียนตำแหน่งเริ่มผิด
ว	100	91	9	- เขียนตำแหน่งเริ่มผิด
ห	100	87	13	- เขียนกลมในเล็กเกินไป
ฟ	100	79	21	- เขียนหางสั้นเกินไป - เขียนวงกลมใหญ่เกินไป
อ	100	95	5	- เขียนตำแหน่งเริ่มผิด - ตำแหน่งสิ้นสุดไม่ถูกต้อง
ฮ	100	81	19	- หาชนิดของวงกลมในไม่ 100%
ฤ	100	83	17	- เขียนหางสั้นเกินไป
ฦ	100	84	16	- เขียนหางสั้นเกินไป

ในการทดลองการรู้จำตัวอักษรคัดลายมือ ภาษาไทย ตั้งแต่ ก – ฮ และ ฤ, ฦ ยกเว้น ส, ษ, ศ จำนวน 4300 ตัวอักษร โดยตัวอักษรถูกต้องทั้งหมด 3282 ตัวอักษร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเท่ากับ ถ้าต้องการให้เปอร์เซ็นต์ 76.34%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

ในการวิจัยทางด้านการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยนั้น ได้มีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจและมีการพัฒนาต่อเนื่องเรื่อยมา โดยเฉพาะการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยที่ไม่จำกัดรูปแบบของตัวอักษร (Font) รวมถึงขนาดของตัวอักษร (Size) วิธีการเขียนหัว ซึ่งในวิทยานิพนธ์ได้เสนอกรรมวิธี (Algorithm) สำหรับการรู้จำของคอมพิวเตอร์ซึ่งไม่จำกัดขนาดและรูปแบบตัวอักษร โดยสามารถจำแนกตัวอักษรที่ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปแบบตัวอักษร รวมถึงตัวอักษรที่ไม่มีหัวได้อย่างถูกต้อง หรือเส้นหัวไม่เป็นเส้นตัดกันได้ถึง 76.34% โดยอาจสามารถปรับปรุงให้ใช้งานได้จริงจังต่อไป

จากการทดลองพบว่าการวิเคราะห์โดยวิธีโครงสร้าง มีจุดเด่นที่น่าสนใจดังนี้

1. การจดจำรูปแบบจะไม่ขึ้นกับขนาด และตำแหน่งของรูปแบบ ทำให้การวิเคราะห์แบบโครงสร้าง มีความเหมาะสมที่จะเป็นกรรมวิธีในการจดจำลายมือเขียน หรือ การจดจำรูปแบบเสมือนจริงอย่างอื่นๆ

2. การจดจำรูปแบบสามารถจดจำในกรณีที่ไม่มีหัว หรือเส้นหัวไม่เป็นตัดกัน ได้อย่างดี เพราะภาษาไทยมีลักษณะบางอย่างที่สามารถแบ่งแยกได้ว่าเป็นตัวอักษรได้โดยไม่จำเป็นต้องมีหัว ทำให้การวิเคราะห์แบบโครงสร้าง มีความเหมาะสมที่จะเป็นกรรมวิธีในการจดจำลายมือเขียนกับตัวอักษรอื่นๆที่สามารถหาลักษณะเด่นอื่นๆ ในตัวอักษรได้

3. เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์จะใช้เวลาค่อนข้างสั้น เนื่องจากจะพิจารณาในจุดเด่นใหญ่ๆ ก่อน ทำให้เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์สั้น ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างจริงจัง เพราะใช้เวลาในการตอบสนองเร็ว

4. ถ้าพัฒนา Rule base ให้มีขนาดใหญ่ครอบคลุมทุก ฟีเจอร์ จะทำให้ผลการทดลองมีความแม่นยำสูงขึ้น

ส่วนปัญหาที่เป็นข้อเสียในการทดลองนี้พบว่า

1. ยังไม่ครอบคลุมของการเขียนทั้งหมด เช่น การเขียน น ถ้าหางสั้นเกินไปจะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ หรือการเขียนตัวอื่นๆ ที่มีหางจะต้องให้สมส่วน และถูกต้องเท่านั้น เนื่องจาก Rule base ยังใช้ช่องของการสิ้นสุดการเขียนเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรรมวิธีในการหาหัว, เส้นหยัก และวงกลม ในตัวอักษร ในการทดลองนี้ยังไม่ได้ ผลลัพธ์ของชนิดของเส้นได้ 100% ทำให้ผลที่ออกมาผิดพลาดค่อนข้างมาก

3. การออกแบบ Rule base ยังไม่ครอบคลุมถึงการเขียนทั้งหมด ซึ่ง rule base นั้นส่งผลต่อประสิทธิภาพของ Rule base เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะตัวที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยเฉพาะในกลุ่ม ข,ช, ซ, พ, ป ทำให้ผลลัพธ์ในกลุ่มนี้ไม่ดีเท่าที่ควร

6.2 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

จุดประสงค์ในการวิจัยนี้ เพื่อเรียนรู้และการวิเคราะห์แบบโครงสร้างเหมาะสมกับงานในได้ การรู้จำตัวอักษรหรือไม่โดยเฉพาะภาษาไทย จากการทดลองพบว่ากรรมวิธีนี้เหมาะสมกับการรู้จำตัวอักษรภาษาไทย โดยเฉพาะที่มีการเขียนที่ผิดรูปไปบ้างเช่นไม่มีหัว แต่ในการวิจัยนี้ ยังไม่สามารถวิเคราะห์รูปสระกับวรรณยุกต์ได้ ซึ่งเฉพาะสระที่เหมือนกันมากๆ เช่น เ , แ และวรรณยุกต์ และยังได้ผลลัพธ์ในบางกลุ่มตัวอักษรไม่ดีพอ ดังนั้นถ้ามีกรรมวิธีที่ดีในการสร้างฐานความรู้ และการแยกแยะเส้นได้ให้มีความแม่นยำสูงขึ้น โดยอาจจะวิเคราะห์เป็นคำมาเปรียบเทียบกับพจนานุกรม ว่าผู้ใช้ต้องการเขียนคำอะไร ซึ่งอาจทำให้ค่าความถูกต้องนั้นแม่นยำสูงขึ้น หรือ กรรมวิธีของ rule base อาจจะใช้ความน่าจะเป็นของตัวอักษร เช่น ให้ rule base มีความแม่นยำมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ชม กิ้มปาน. "การรู้จำรูปแบบอักษรพิมพ์ภาษาไทยของคอมพิวเตอร์." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2529.

[2] ประสาร ตังติสานนท์. "การจดจำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย โดยใช้วิธีแยกลักษณะเด่น." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2529.

[3] สุรพันธุ์ เอื้อไพบูลย์. "การจดจำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย โดยการพิจารณาแยกหัวตัวอักษร." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2531.

[4] สุรสิทธิ์ ราตรี. "การจดจำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย โดยใช้วิธีค้นหาลักษณะโครงสร้างลายเส้น." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2532.

[5] อภิรักษ์ จิรายุสกุล. "การจดจำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย โดยใช้ CPN." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2539.

[6] อัญชลี วานิชทวีวัฒน์. "การจดจำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย โดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบเซล์ฤออร์แกนไนซิ่งแมปซ์." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2540.

[7] สุขสถิต สุขใจ. "การใช้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อจดจำรูปแบบลายมือเขียนตัวเลขอารบิคแสดงข้อมูลเป็นมุมสัมบูรณ์." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2540.

[8] ชาญ เกษมอมรกุล. "การออกแบบพจนานุกรมสำหรับการเรียนรู้ตัวอักษรคัดลายมือไทย-อังกฤษ อัตโนมัติบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2539.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[9] จิตรดา ผลนิมิตร. "การรู้จำลายมือเขียนตัวเลขไทยด้วยนิโอคอลนิตรอน." วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2541.

[10] K.S. FU. Syntactic Method in Pattern Recognition. New York : ACADEMIC PRESS. 1974.

[11] Refael, C. Gomzaleze and Michael n G. Thomason. Syntactic Pattern Recognition Introduction. Massachusetts : Addisom-Wesley Publiching. 1974.

[12] Robert Schalkoff. Pattern Recognition : Statistic, Structural and Neural Approaches. New York : John Wiley & Sons. 1994.

[13] Kambiz Badie and Masamchai. Pattern Recognition. Massachusetts : Addisom-Wesley Publishing. 1982.

[14] Hiranvanichakorn Pipat, Takesni Agui and Masayuki Nakajima. "A Recognition Method of Hand Thai Characters by Local Features." The Transaction of the IECE of Japan, Vol. E68 no. 2, 1985. pp. 83-90.

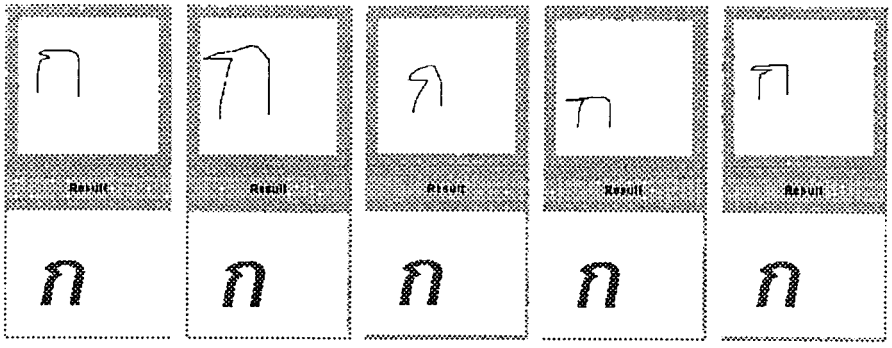
[15] Hiranvanichakorn Pipat, Takesni Agui and Masayuki Nakajima. "An On-line Recognition Method of Thai Characters." The Transaction of the IECE of Japan, Vol. E 68 no. 2, 1985. pp. 594-601.

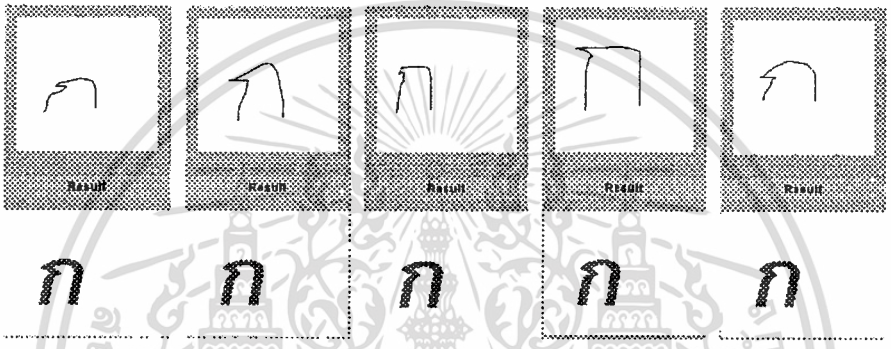
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

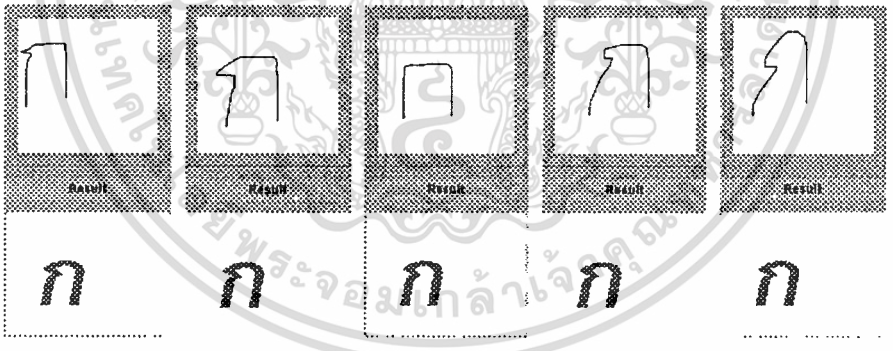
ภาคผนวก ก

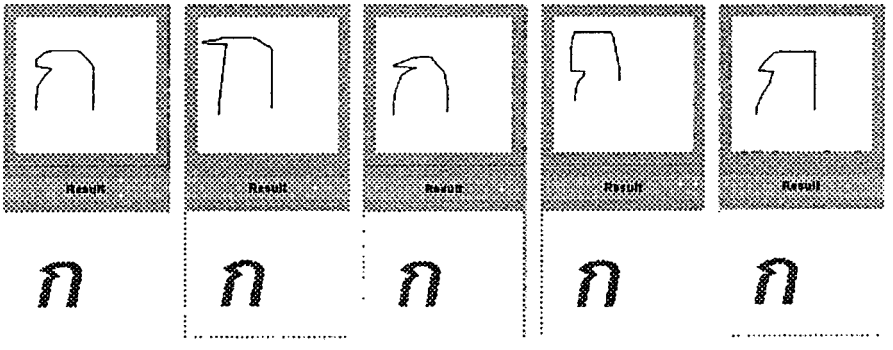
OUTPUT บางส่วนในการทดสอบระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

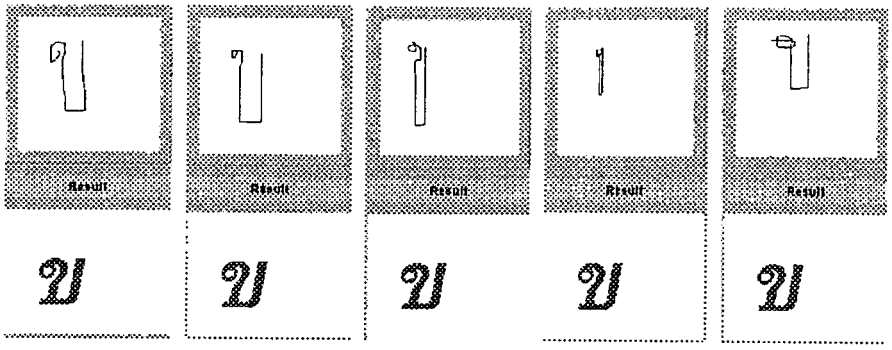


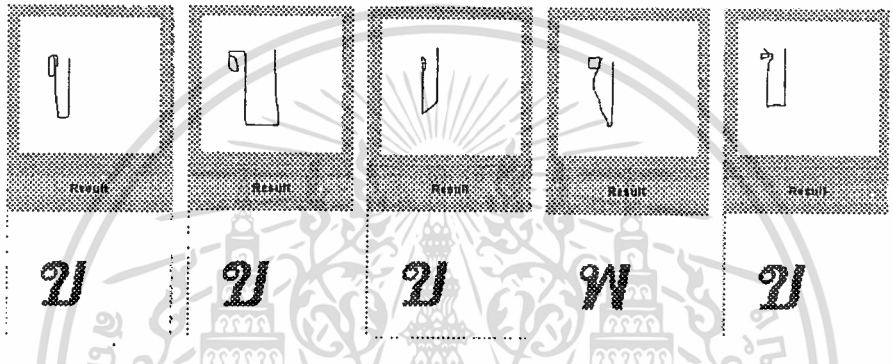


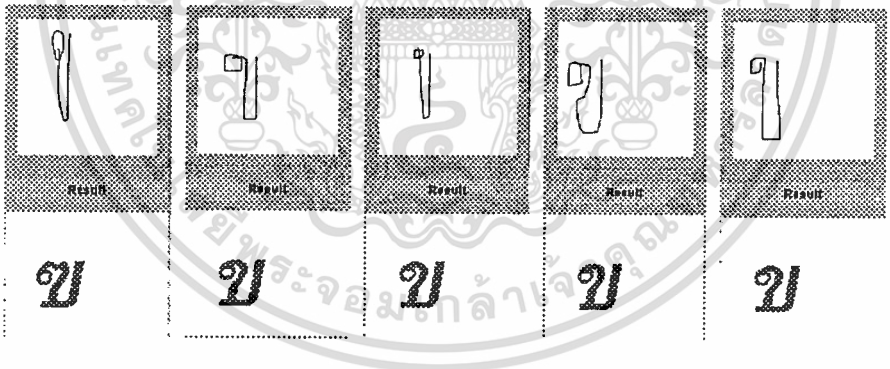


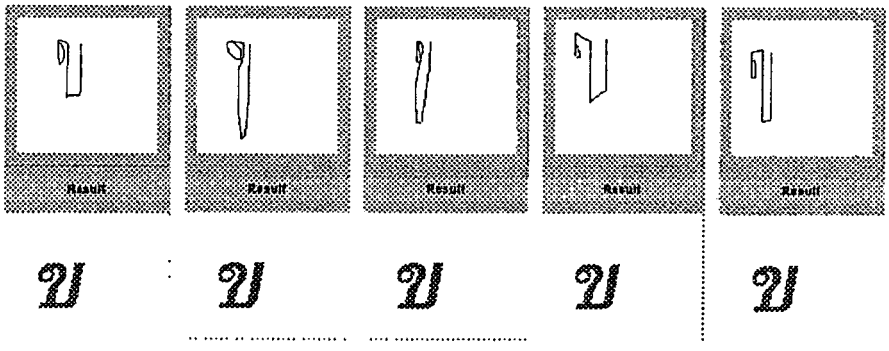


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

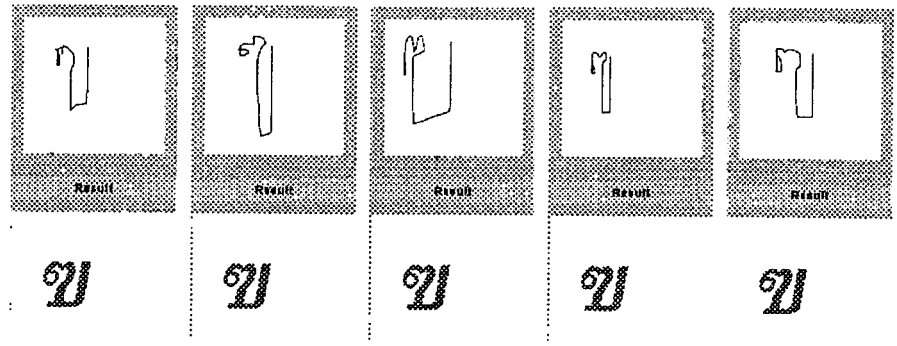


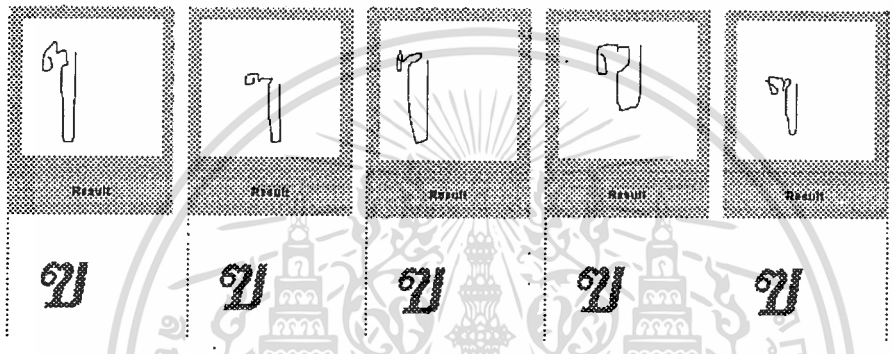


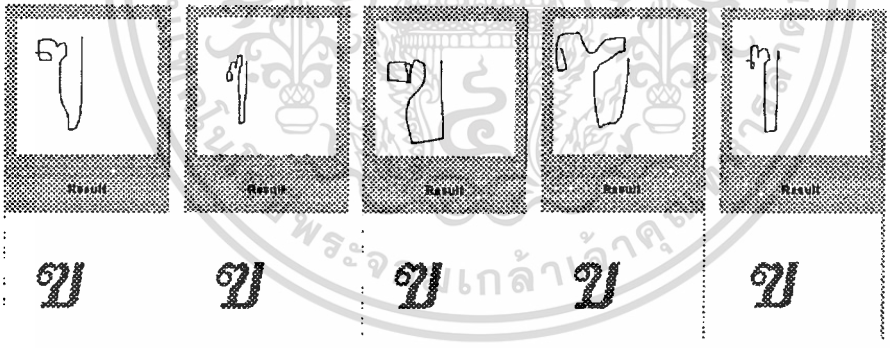


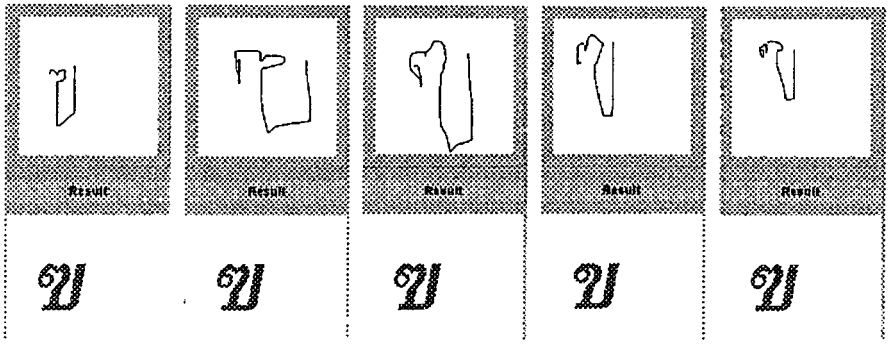


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

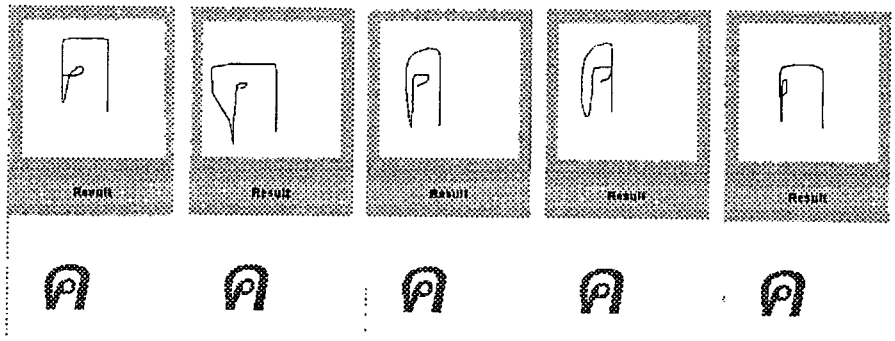


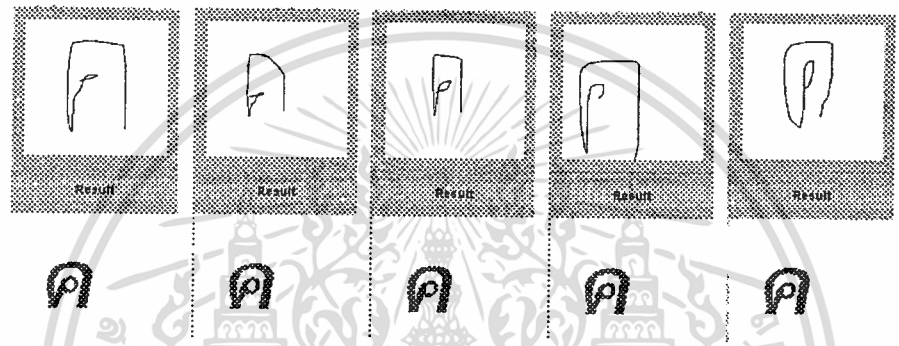


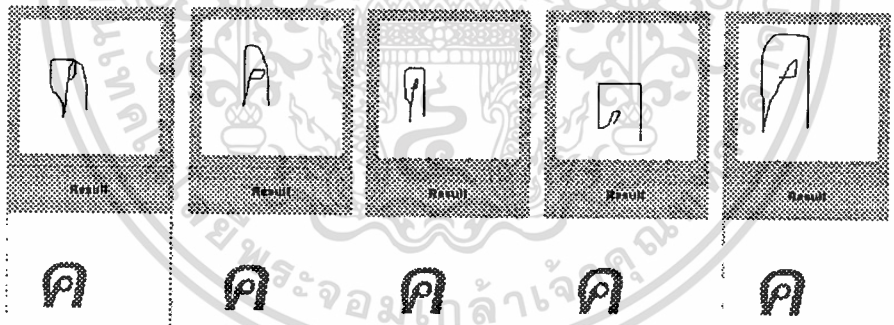


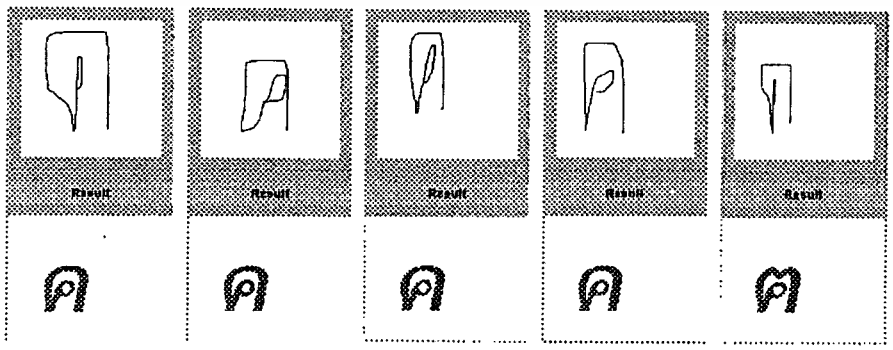


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

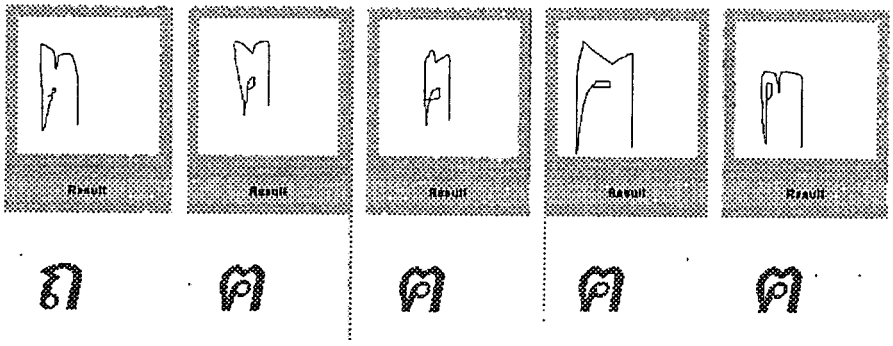


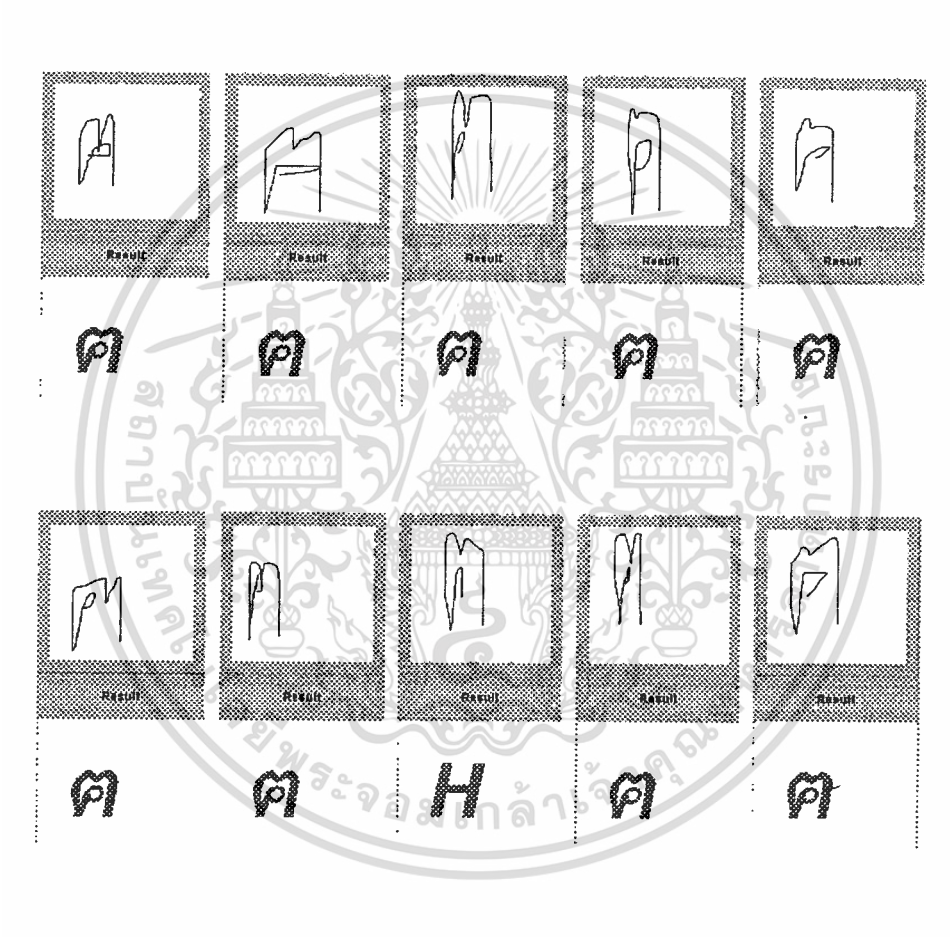


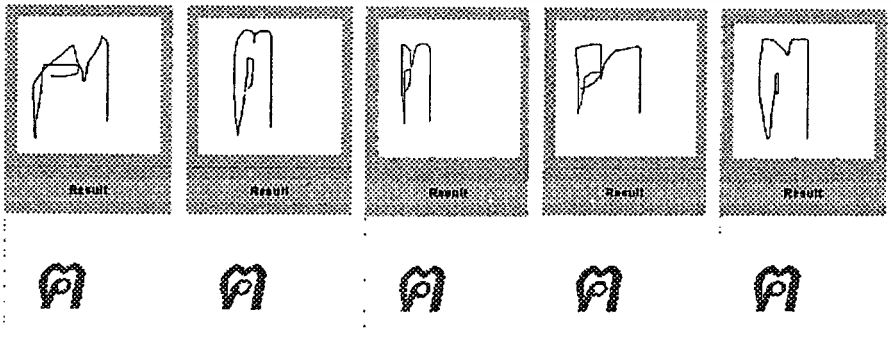




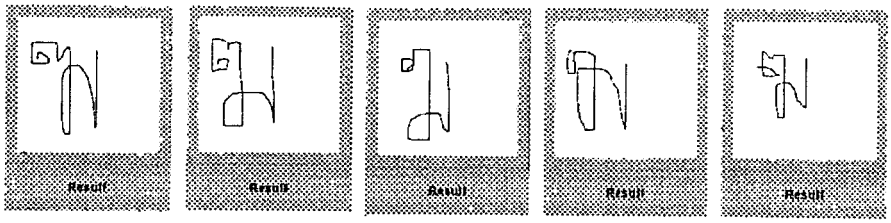
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



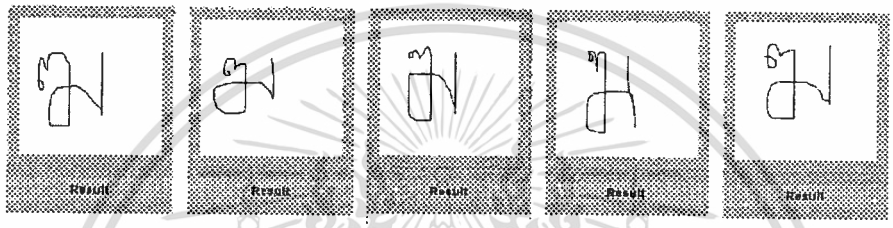




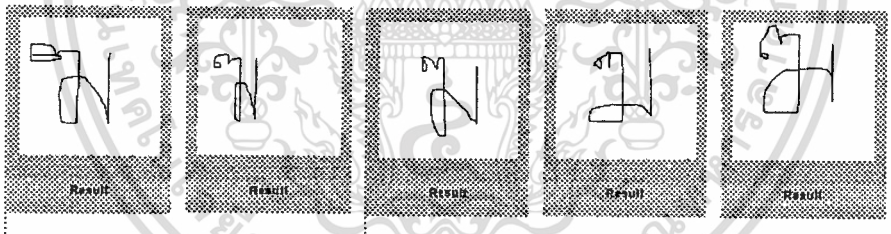
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



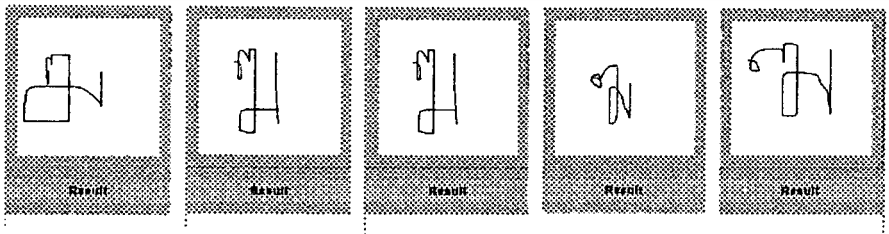
ม ม ม ม ม



ม ม ม ม ม

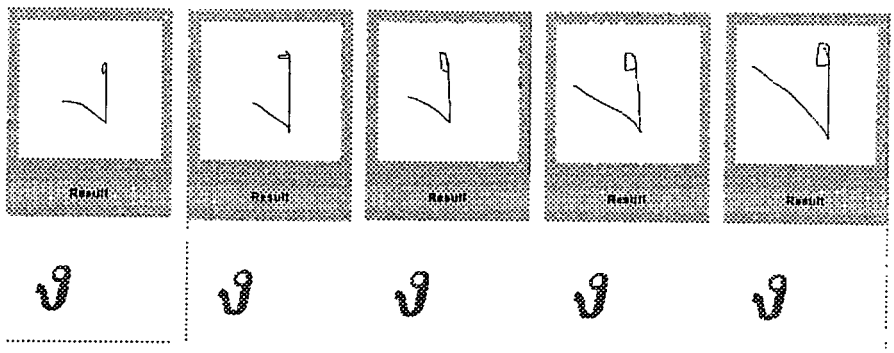


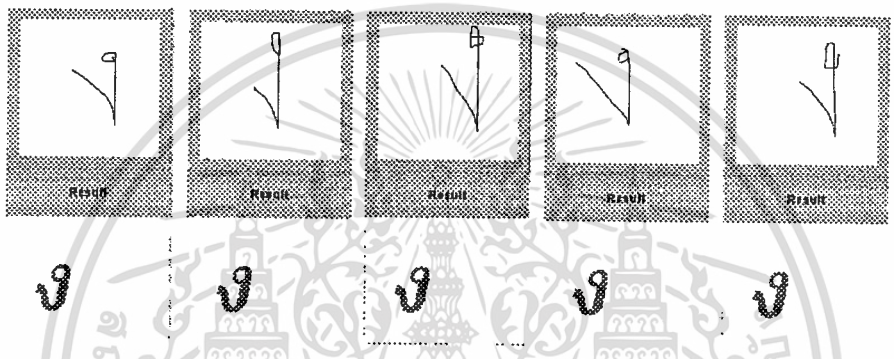
ม ม ม ม ม

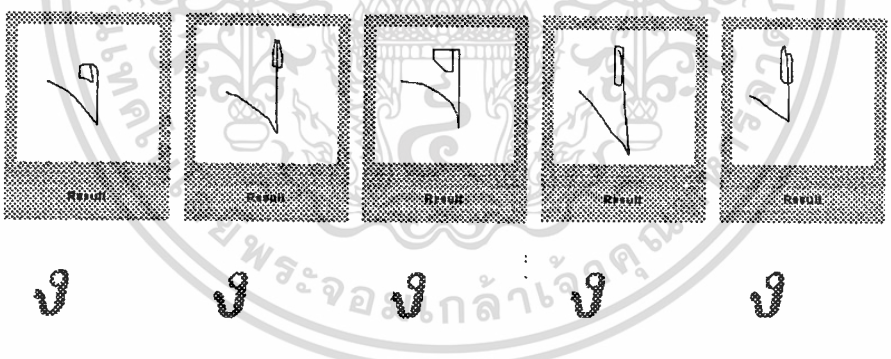


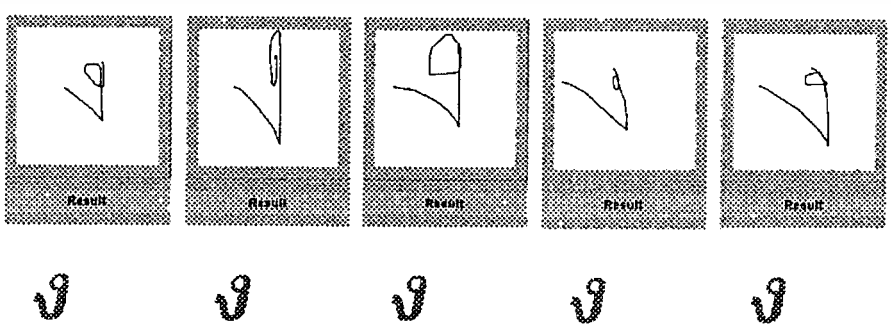
ม ม ม ม ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

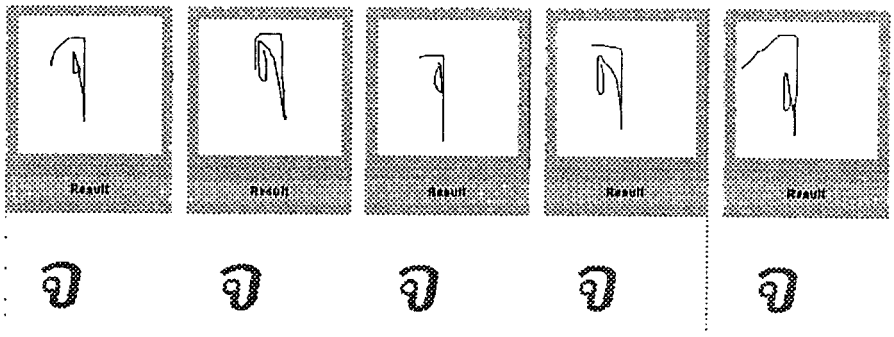


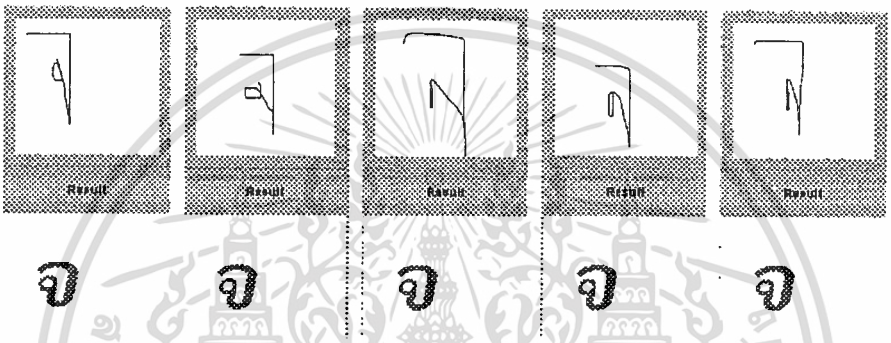


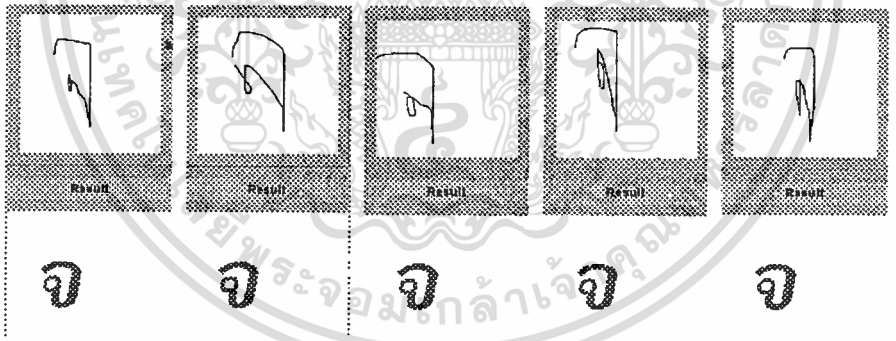


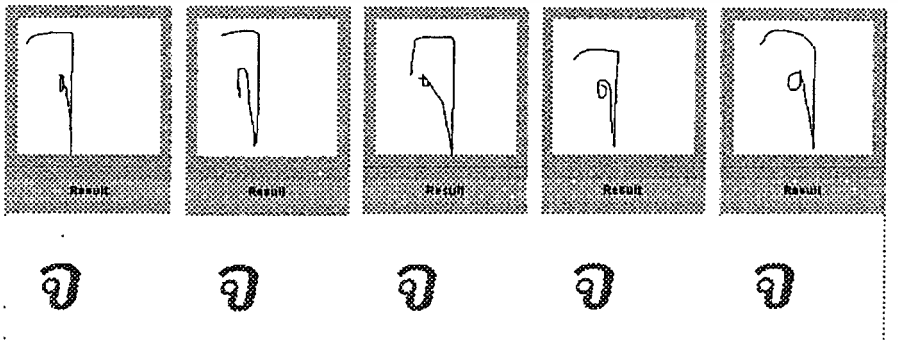


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

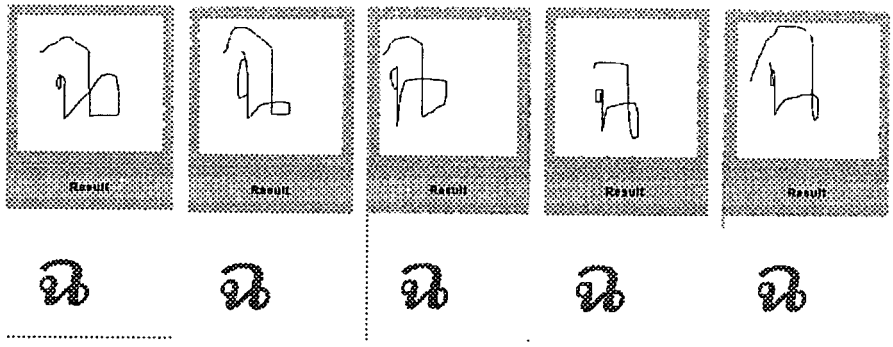




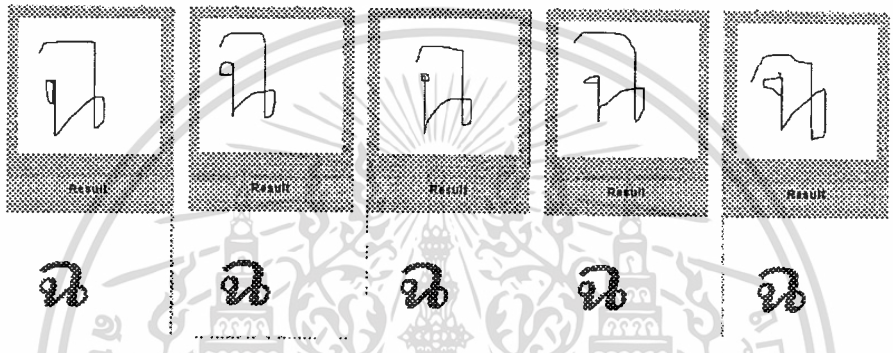




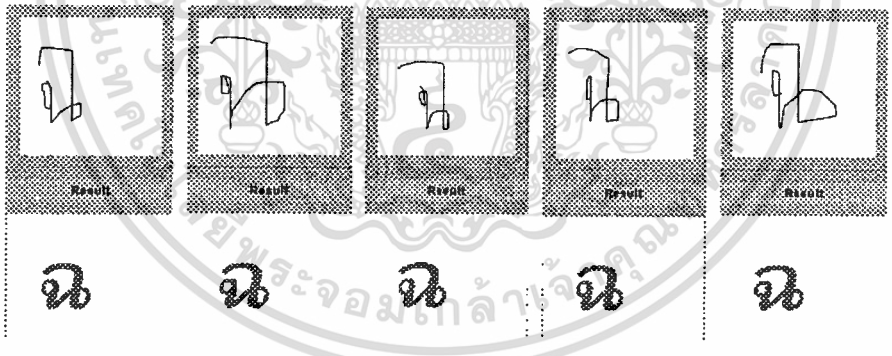
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



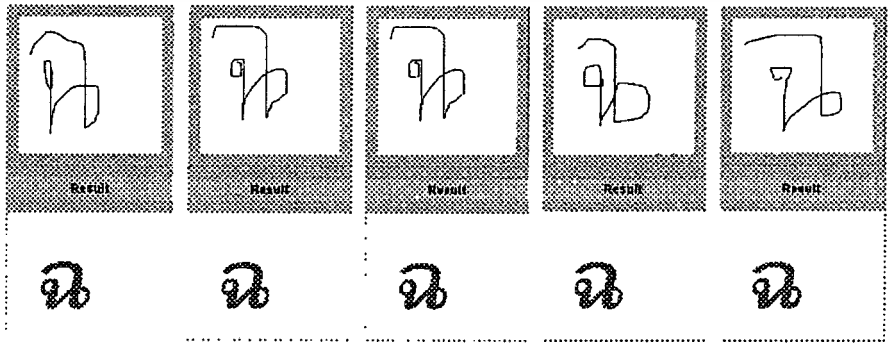
ฉ ฉ ฉ ฉ ฉ



ฉ ฉ ฉ ฉ ฉ

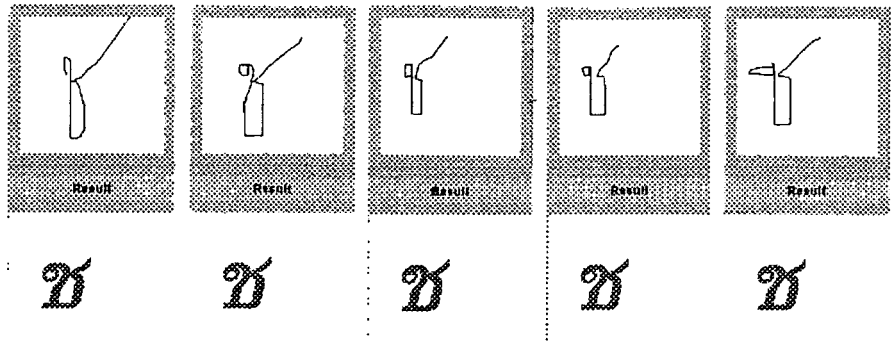


ฉ ฉ ฉ ฉ ฉ

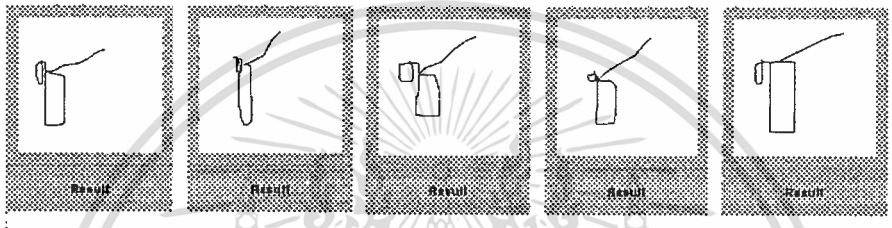


ฉ ฉ ฉ ฉ ฉ

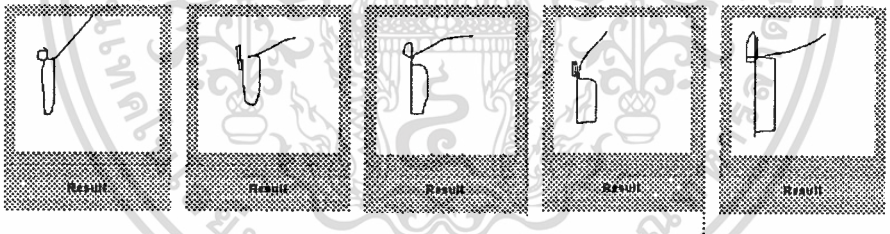
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



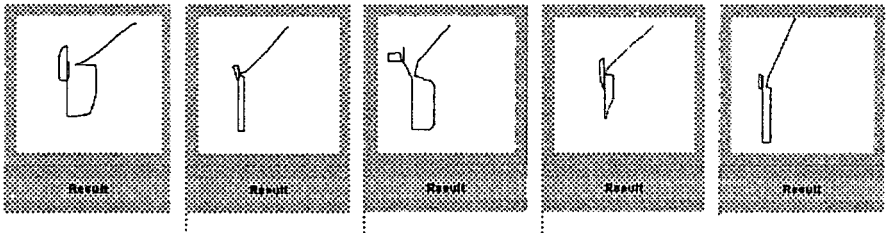
ช ช ช ช ช



ช ฆ ช ฆ ช

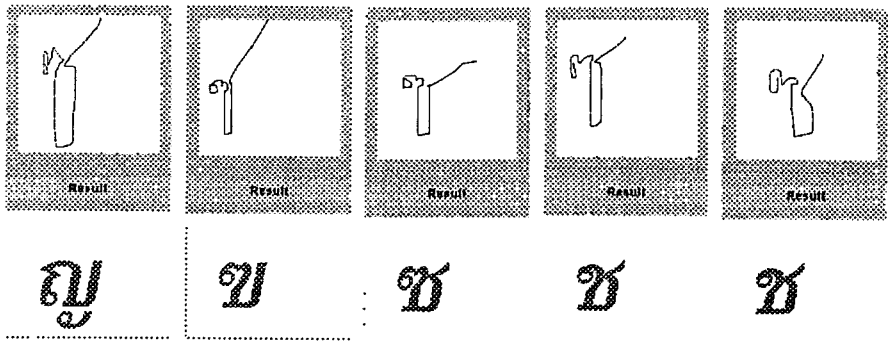


ฒ ช ช ฐ ช

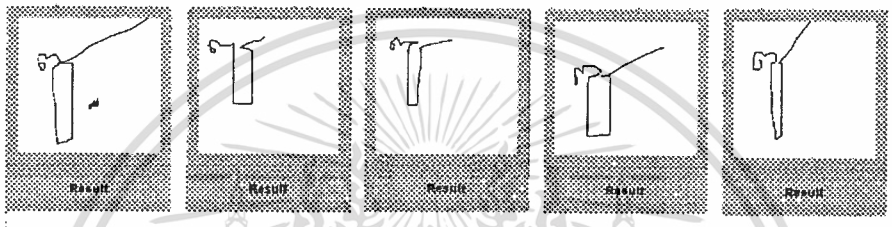


ช ญ ช ธ ช

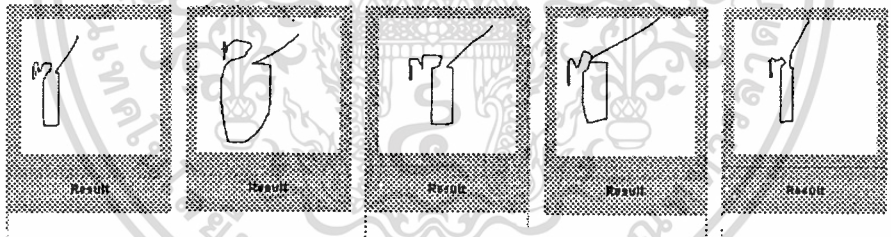
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



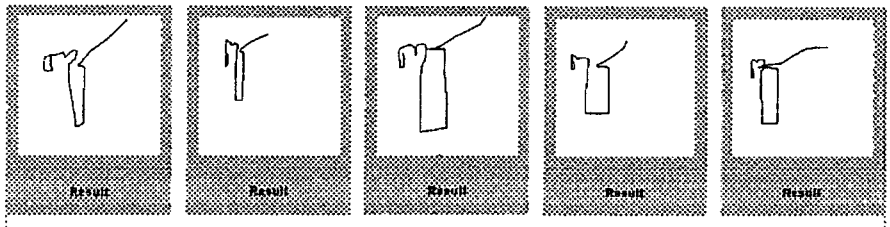
ญ ข ช ช ช



ม ช ข ธ ข

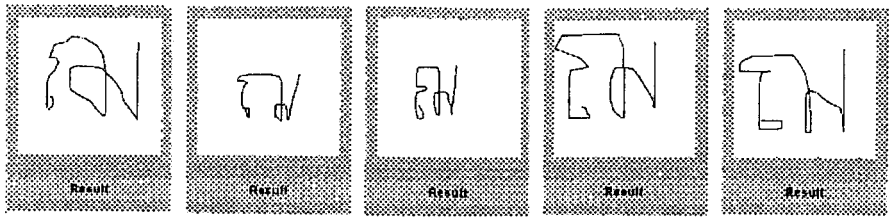


ช ช ข ป ข

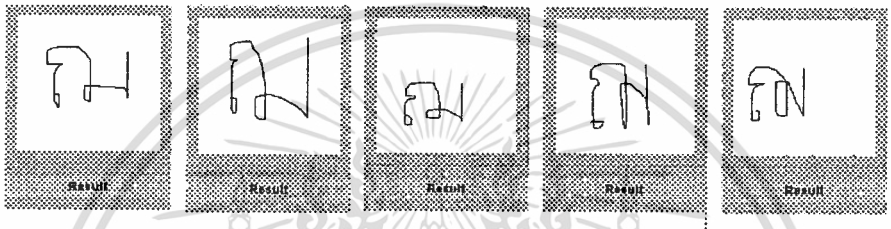


ช ช ช ญ ช

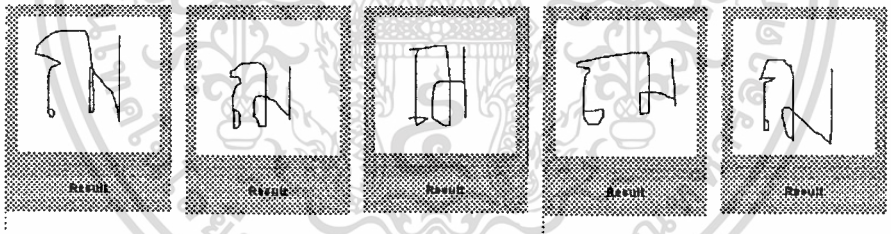
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



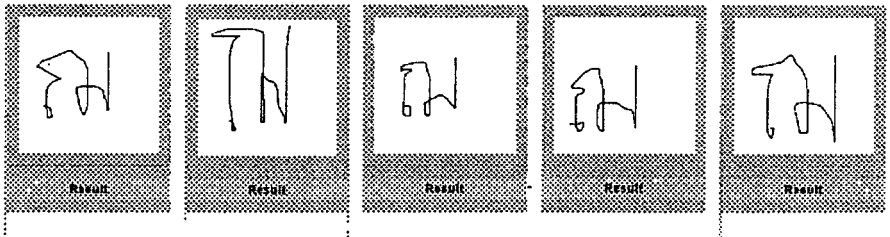
ณ ณ ณ ณ ณ



ณ ณ ณ ณ ณ

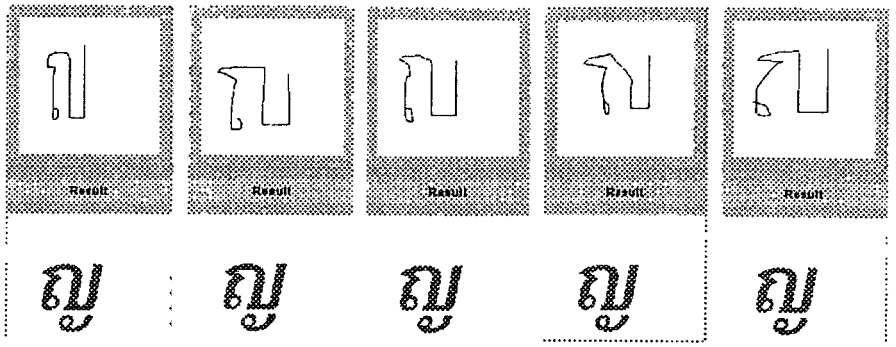


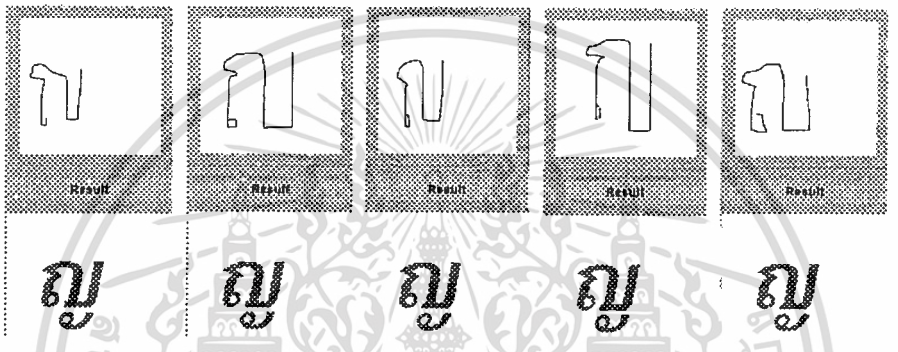
ณ ณ ณ ณ ณ

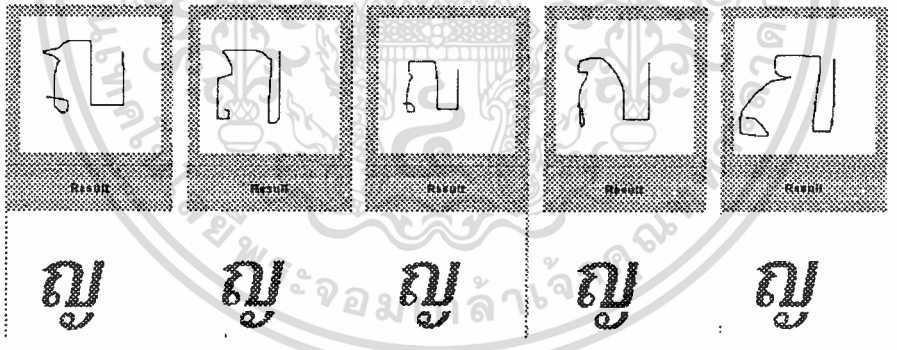


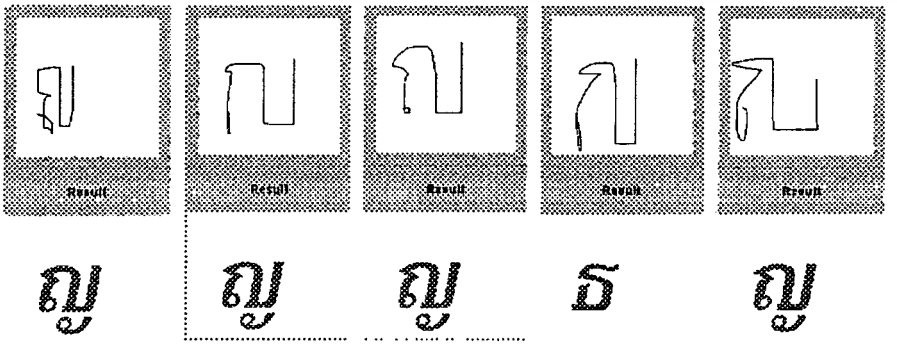
ณ ณ ณ ณ ณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

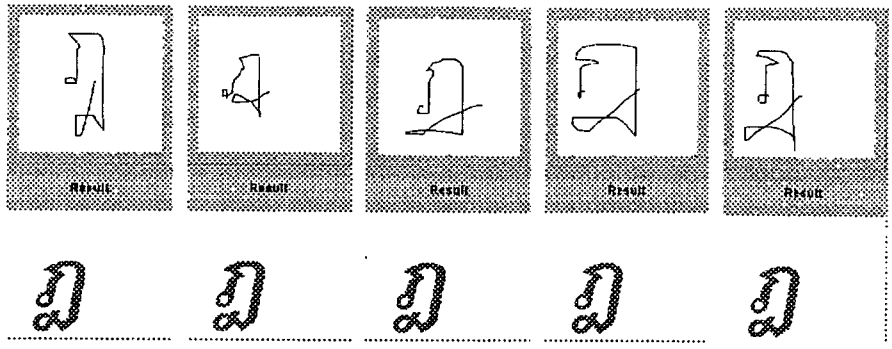


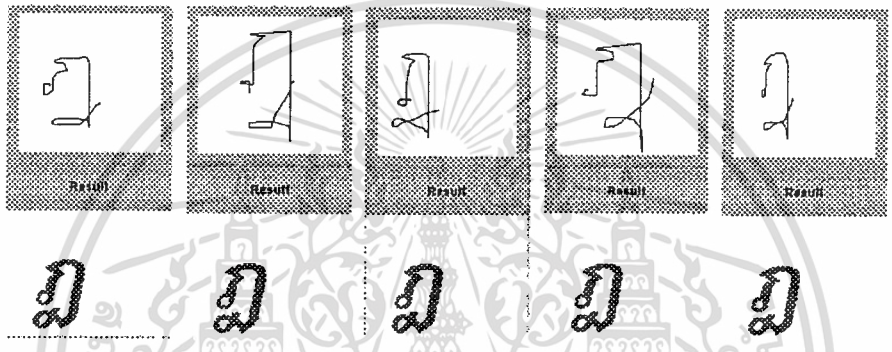


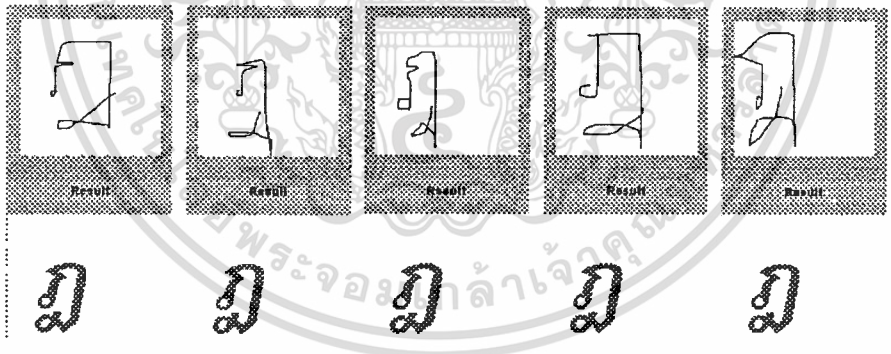


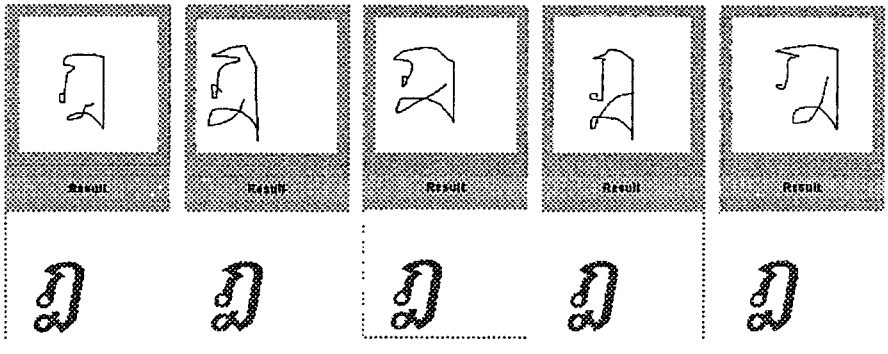


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

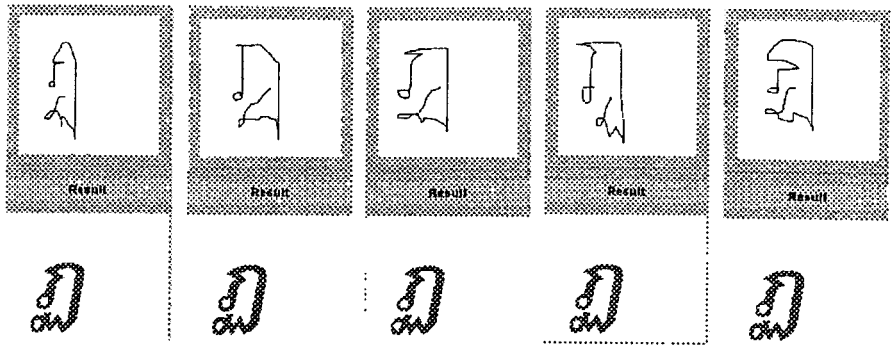


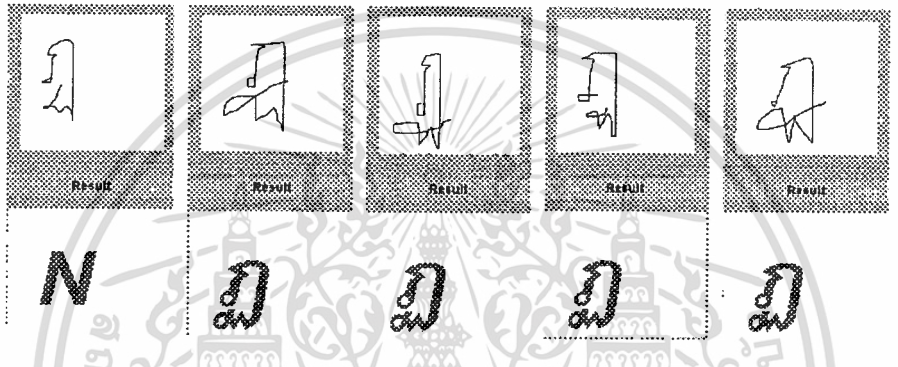


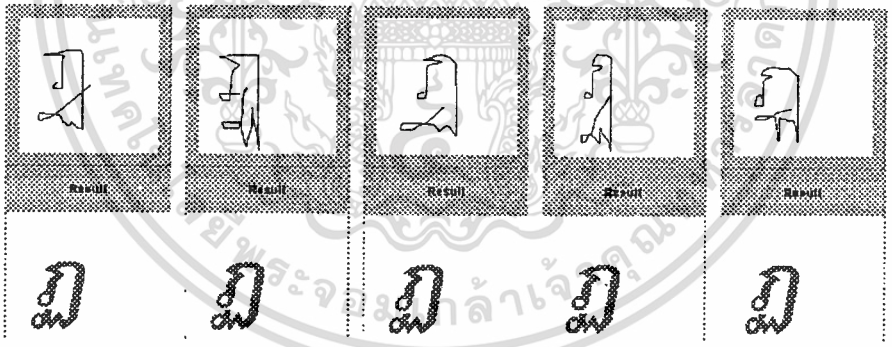


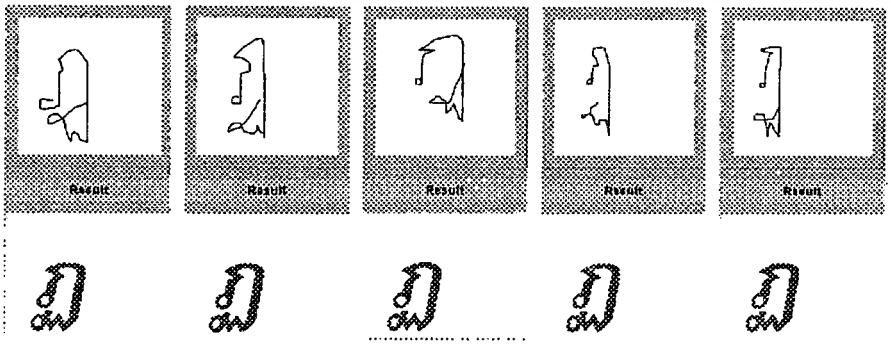


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

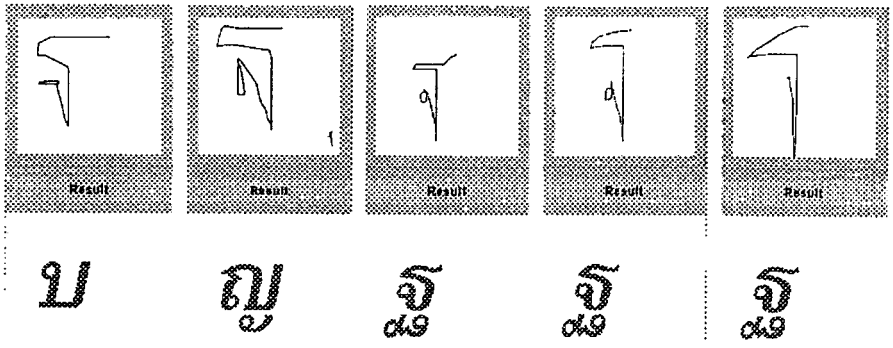




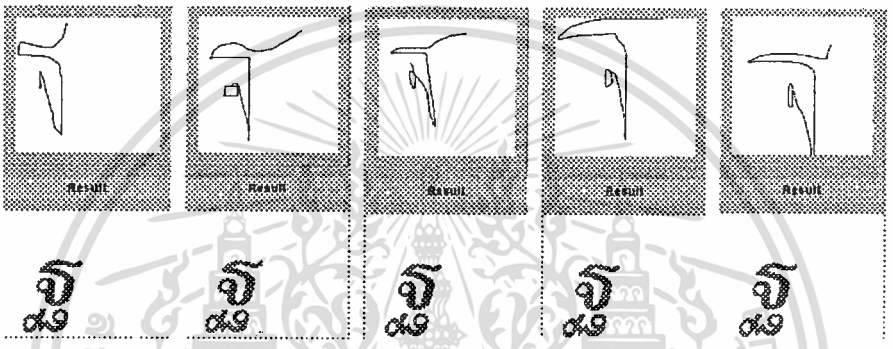




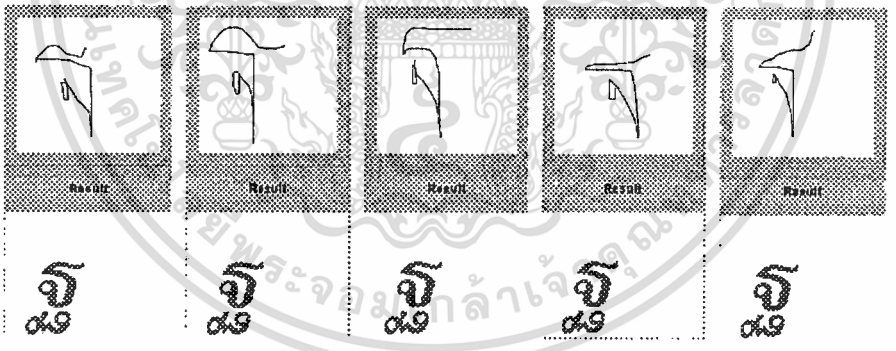
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



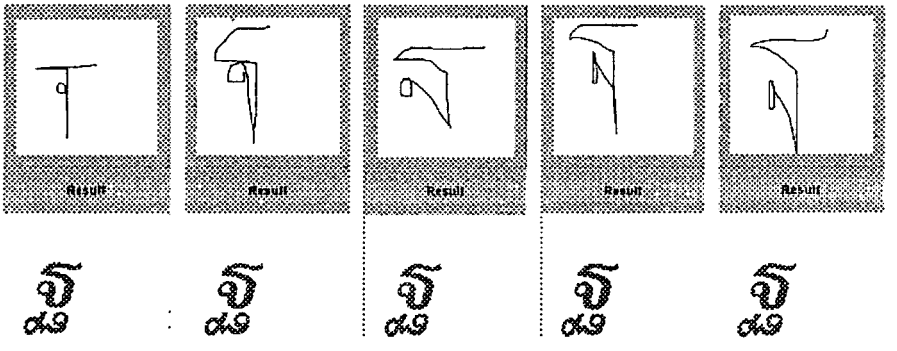
ป ญ ฉ ฉ ฉ



ฉ ฉ ฉ ฉ ฉ

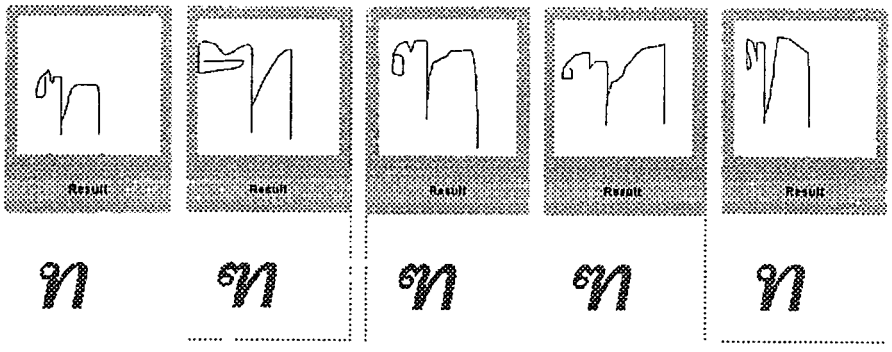


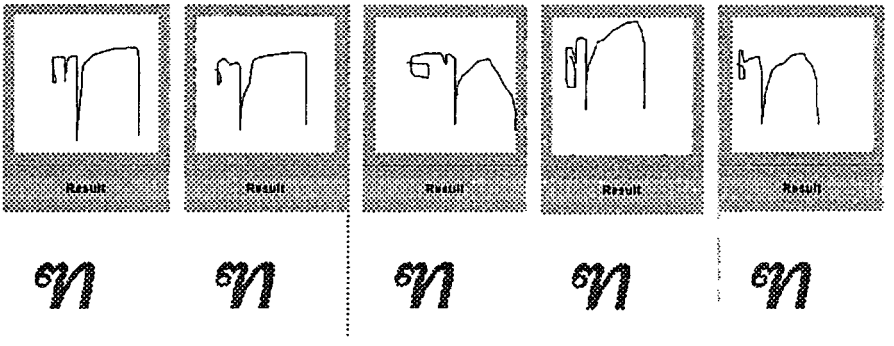
ฉ ฉ ฉ ฉ ฉ



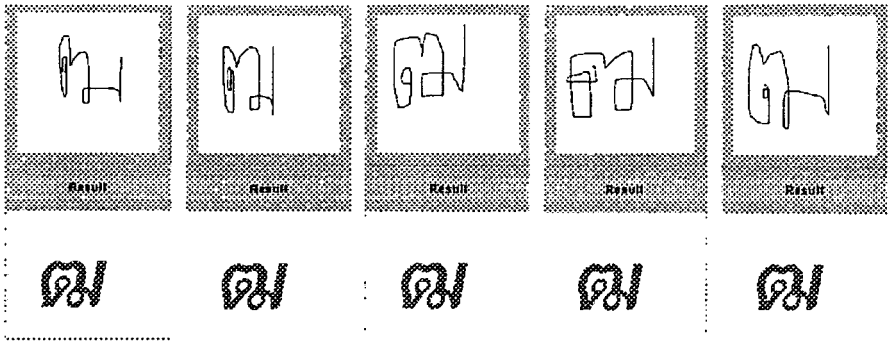
ฉ ฉ ฉ ฉ ฉ

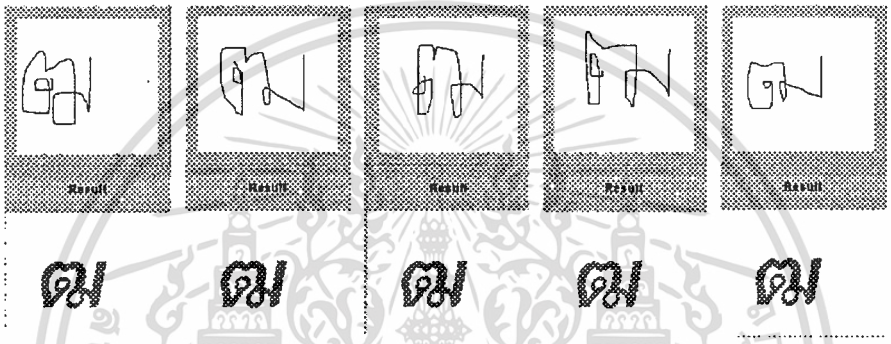
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

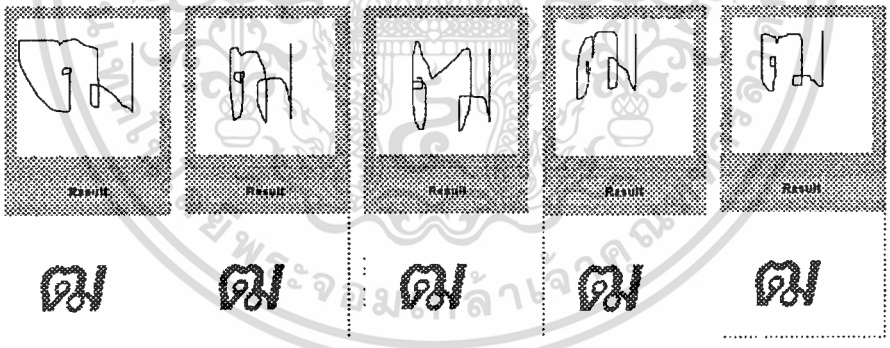


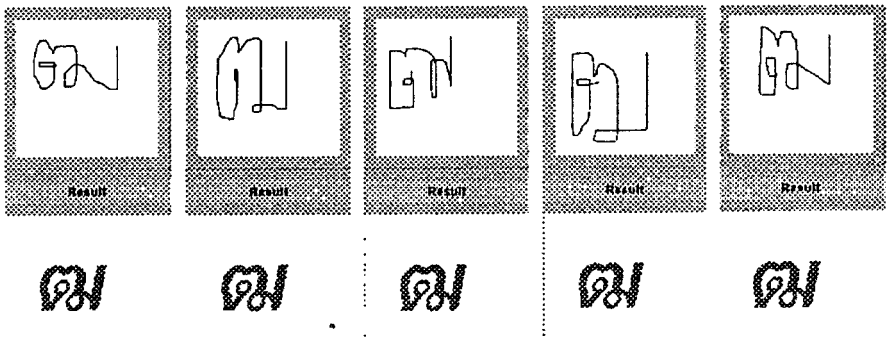


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

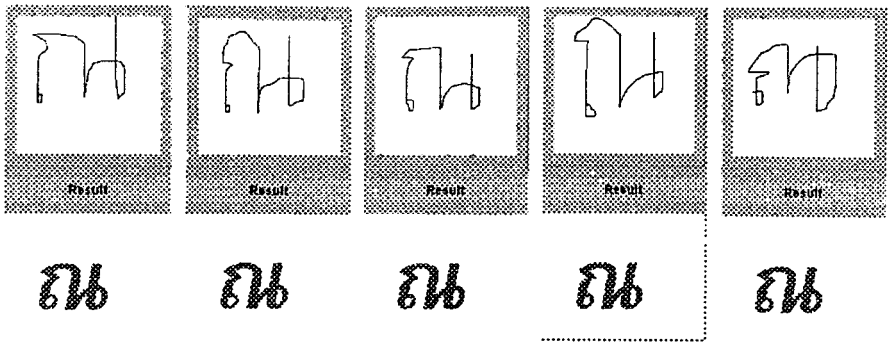




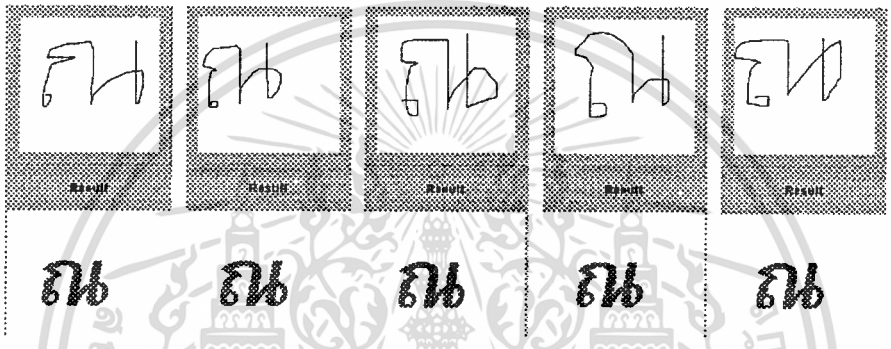




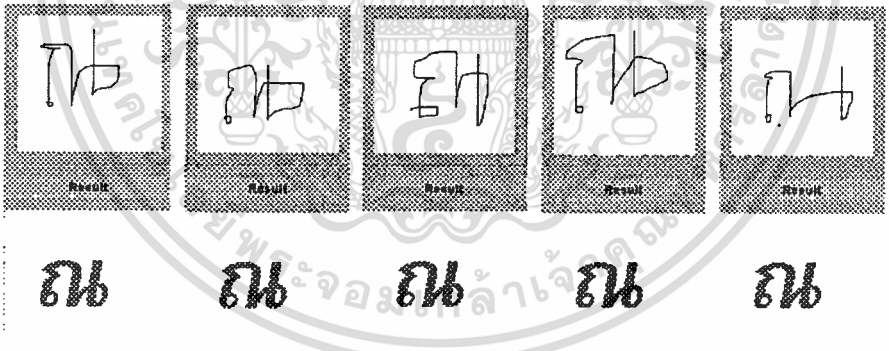
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



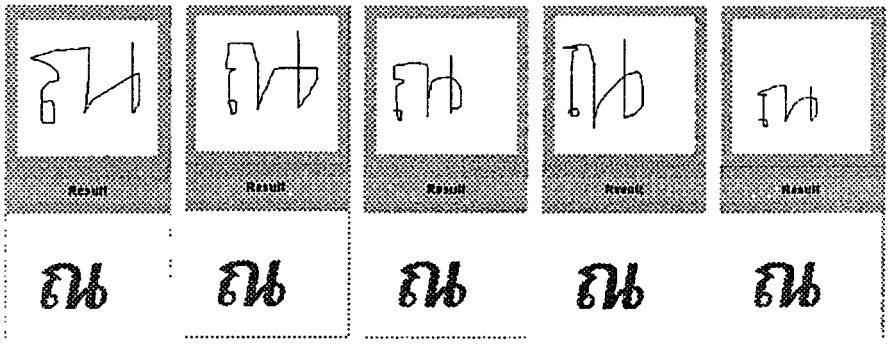
ณ ณ ณ ณ ณ



ณ ณ ณ ณ ณ

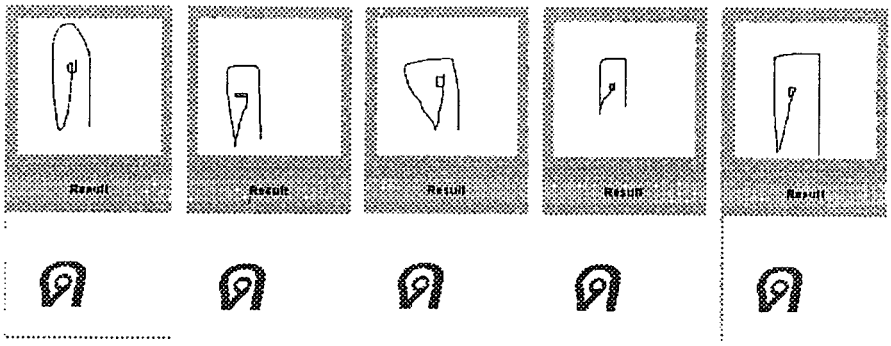


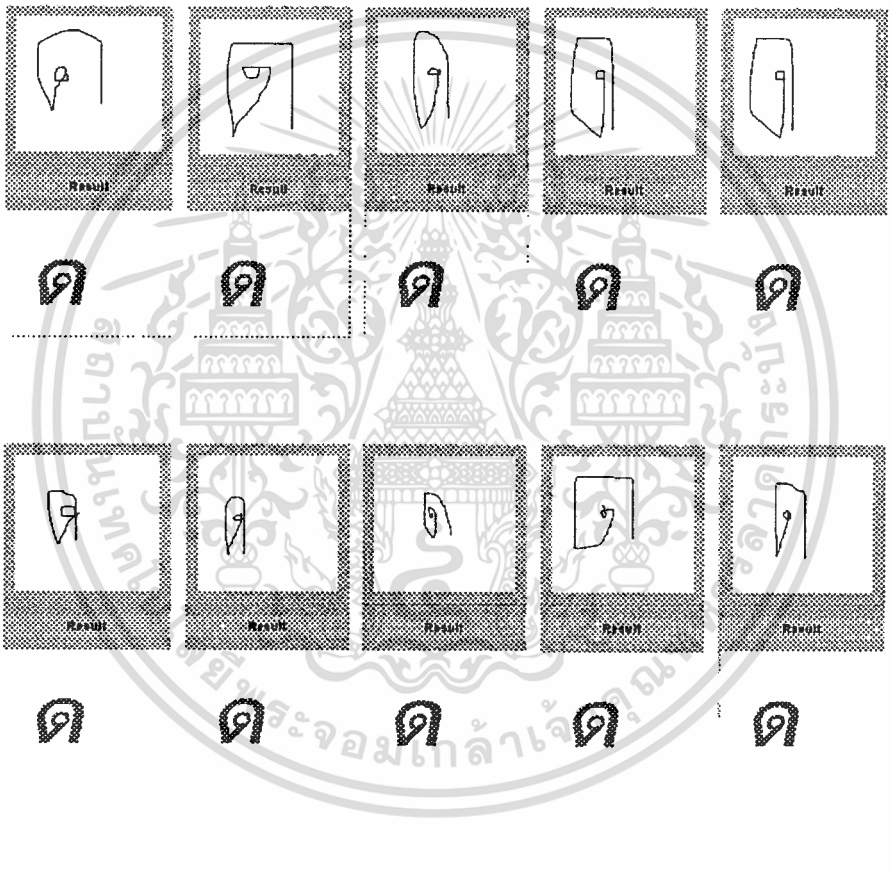
ณ ณ ณ ณ ณ



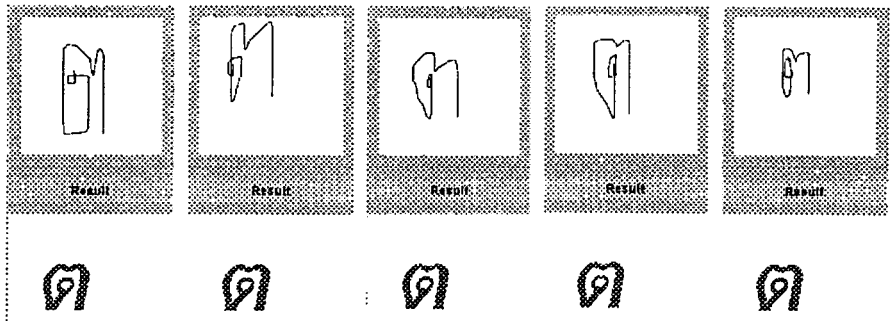
ณ ณ ณ ณ ณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

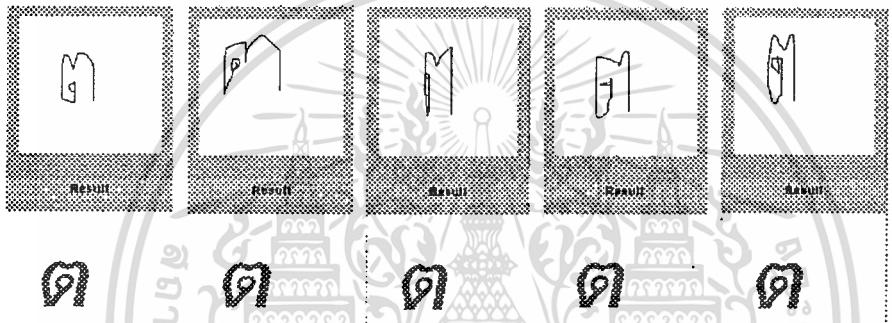




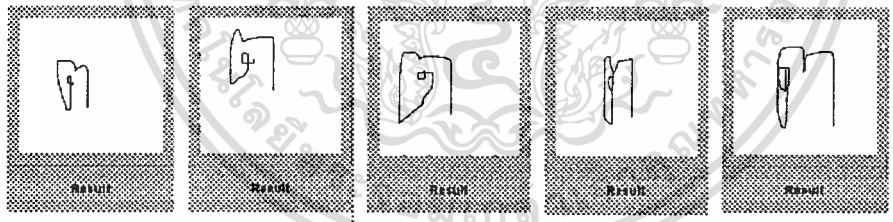
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



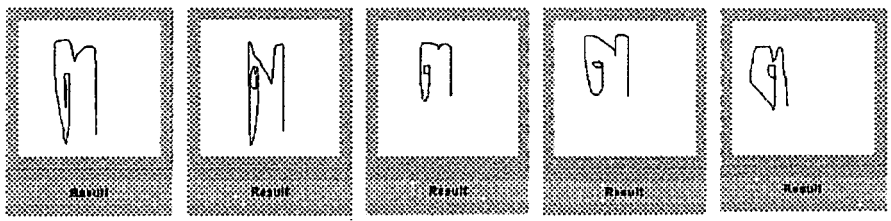
ค ค ค ค ค



ค ค ค ค ค

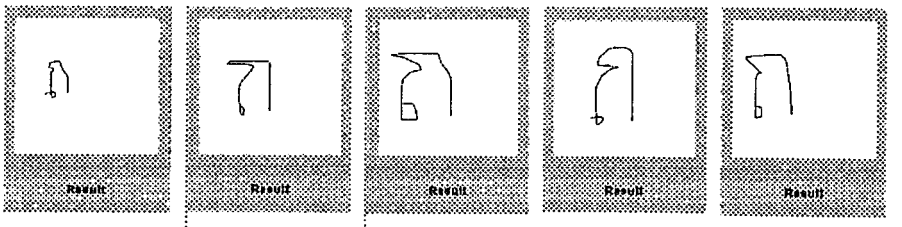


ค ค ค ค ค

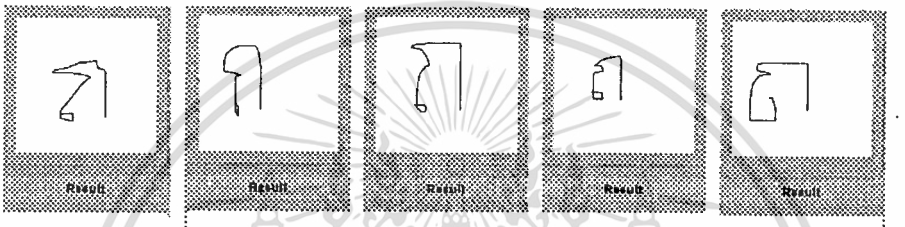


ค ค ค ค ค

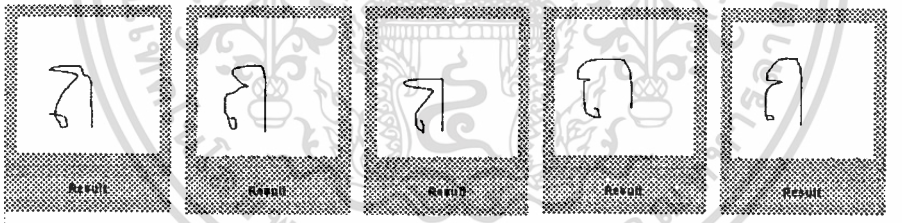
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



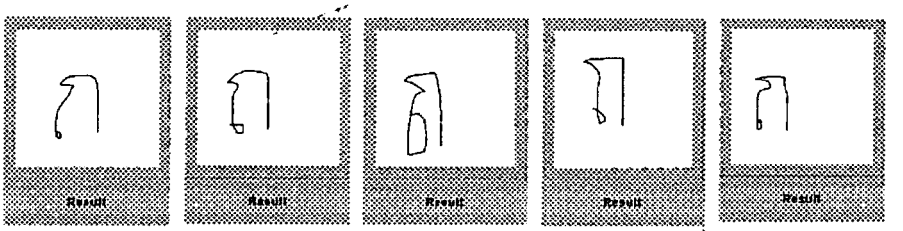
ถ ถ ถ ถ ถ



ถ ถ ถ ถ ถ

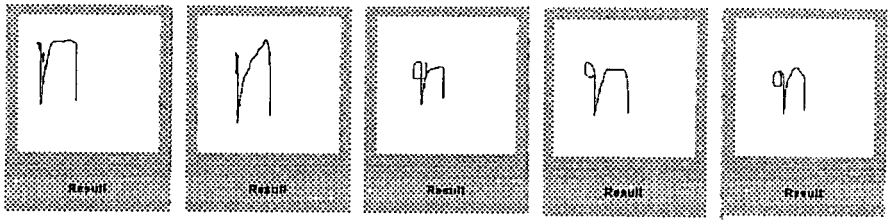


ถ ถ ถ ถ ถ

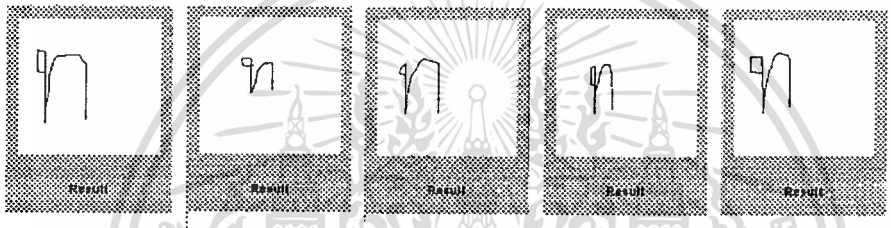


ถ ถ ถ ถ ถ

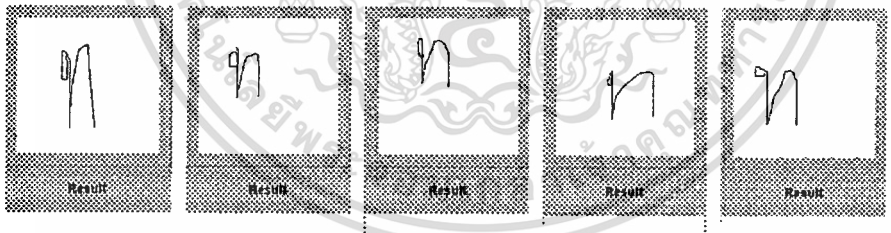
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



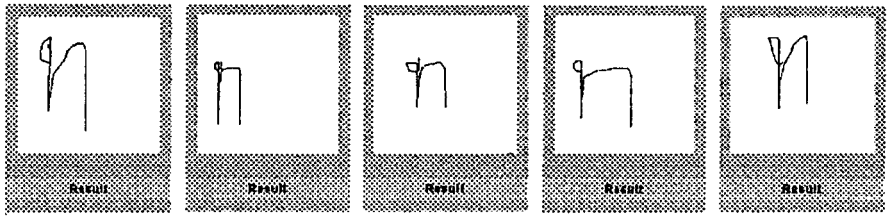
ก ก ก ก ก



ก ก ก ก ก

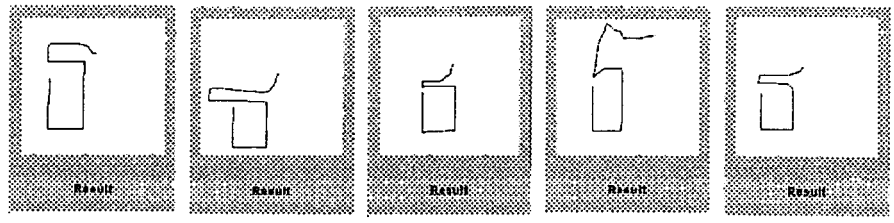


ก ก ก ก ก

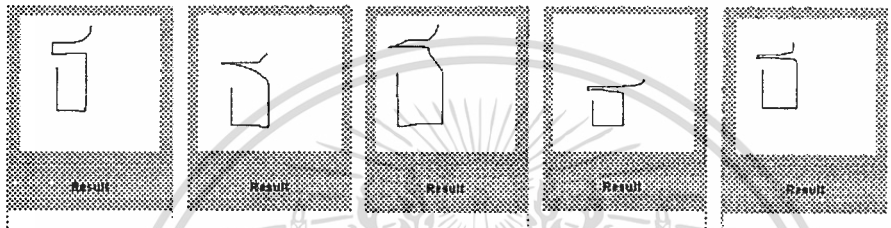


ก ก ก ก ก

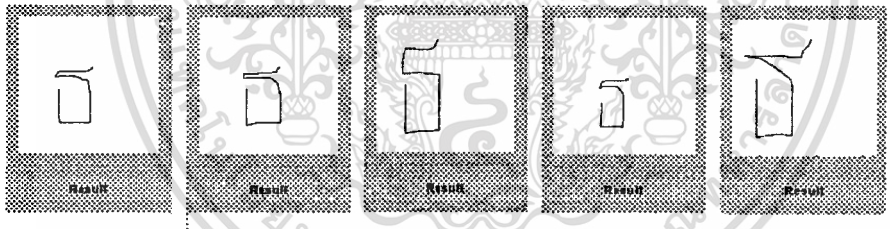
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



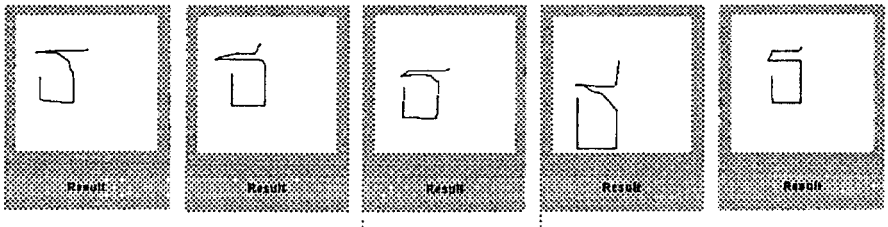
ธ ธ ธ ธ ธ



ธ ธ ธ ธ ธ

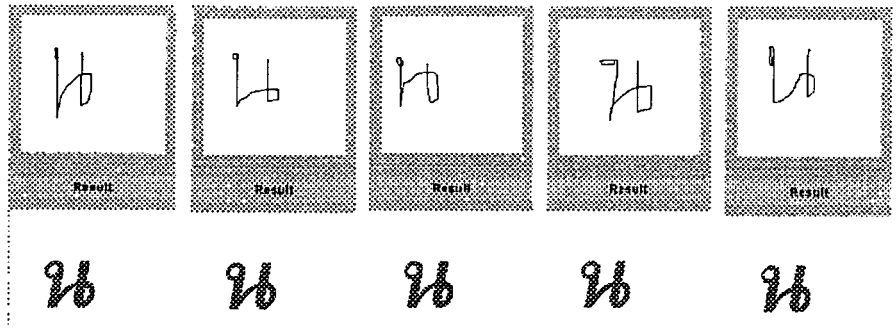


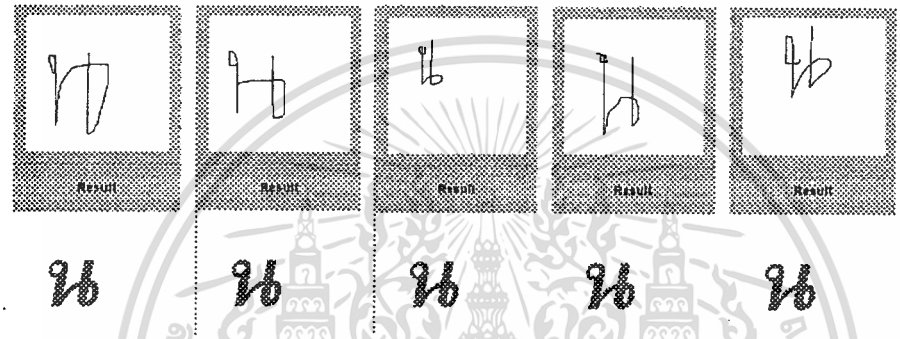
ธ ธ ธ ธ ธ

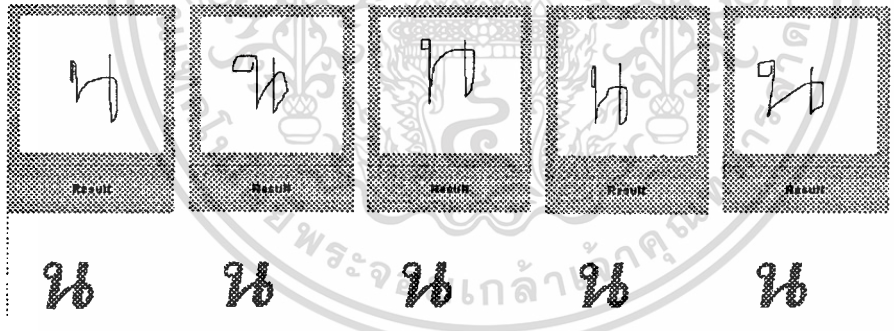


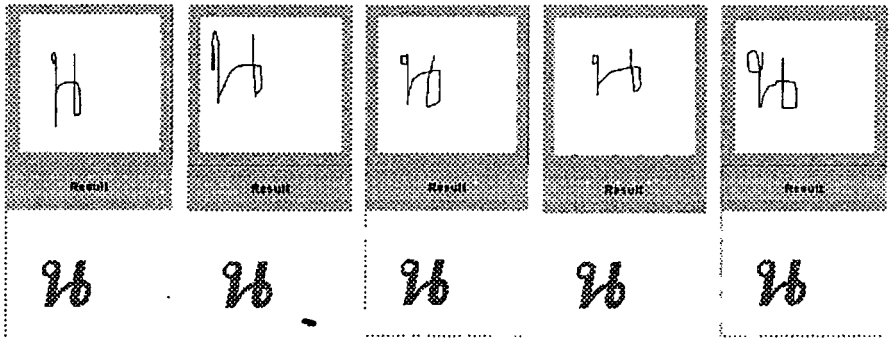
ธ ธ ธ ธ ธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

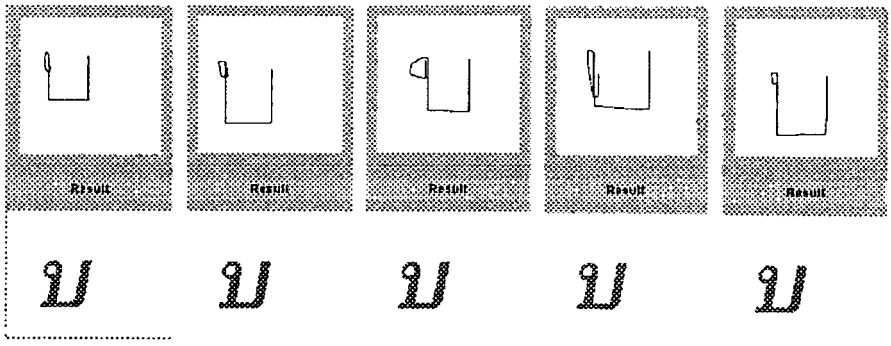


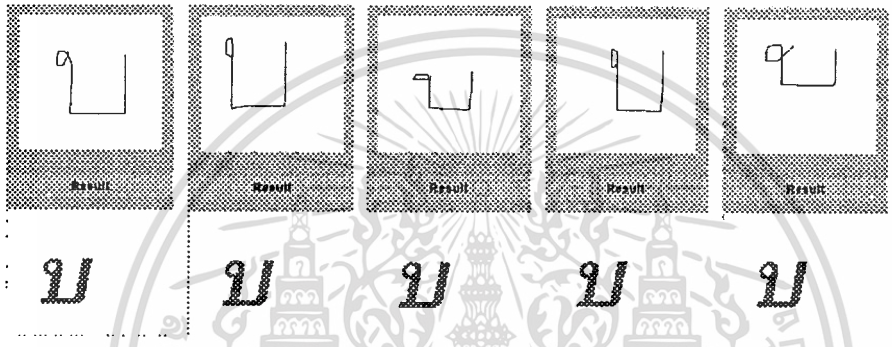


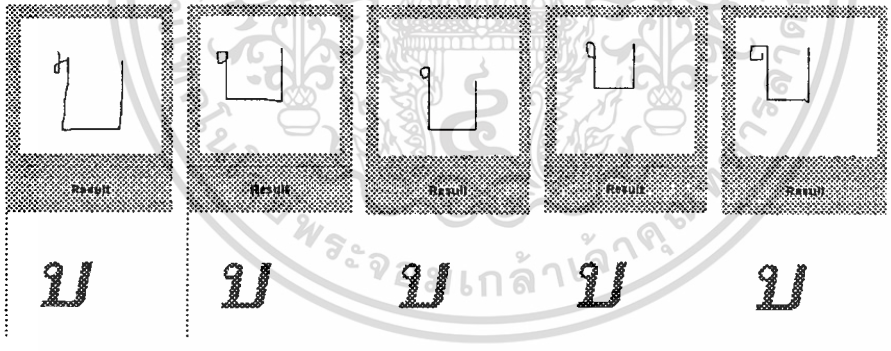


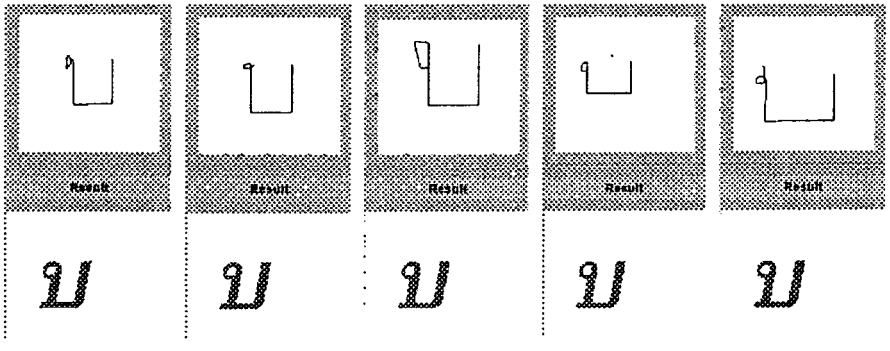


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

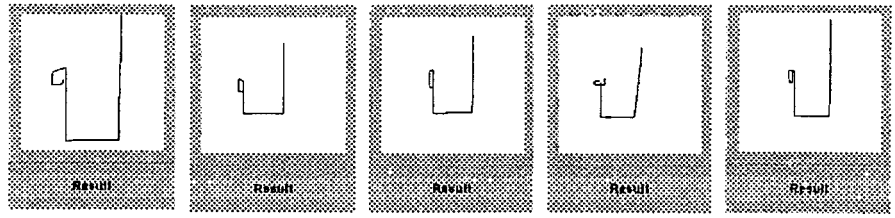




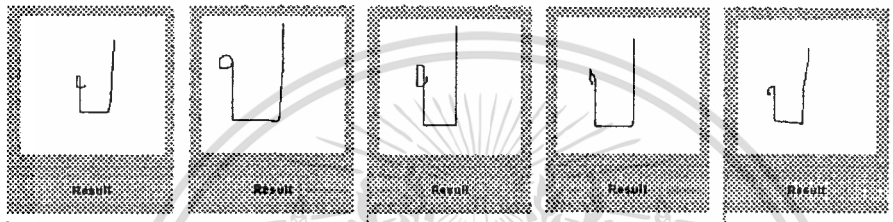




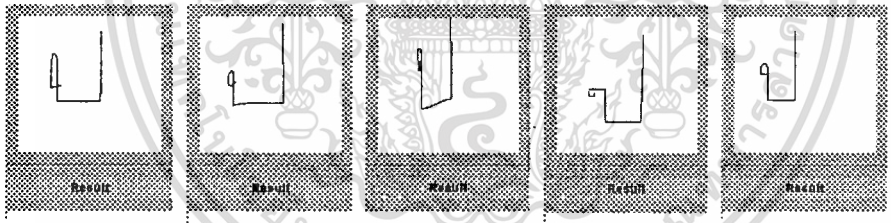
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



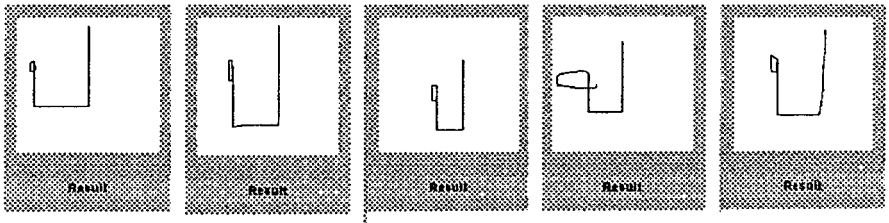
ป ป ป ป ป



ป ป ป ป ป

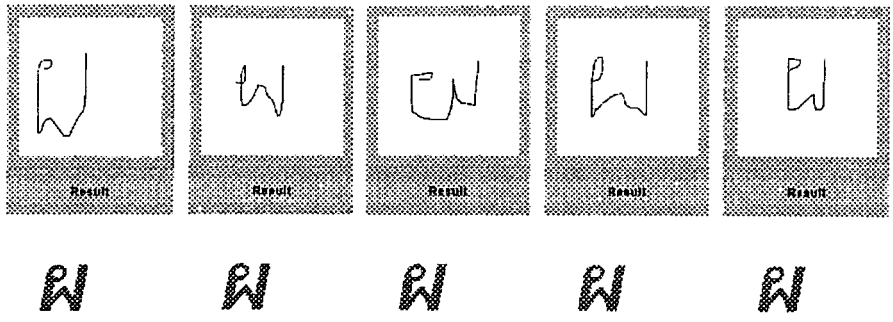


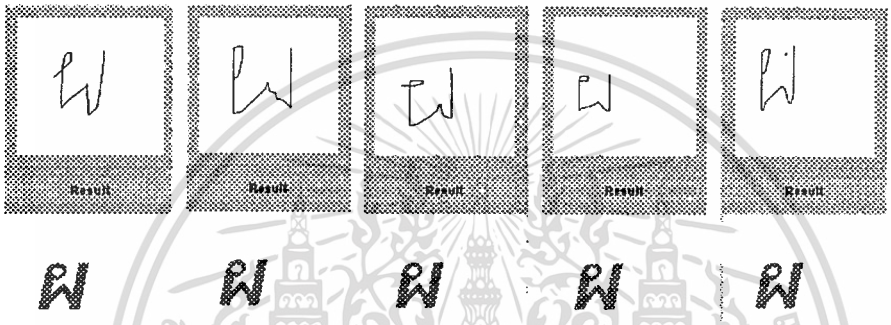
ป ป ป ป ป

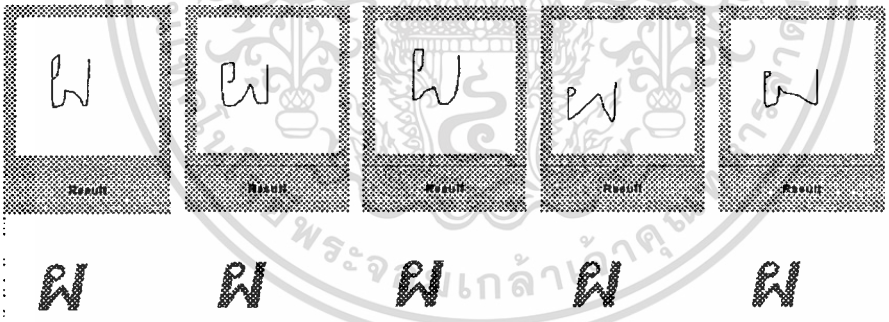


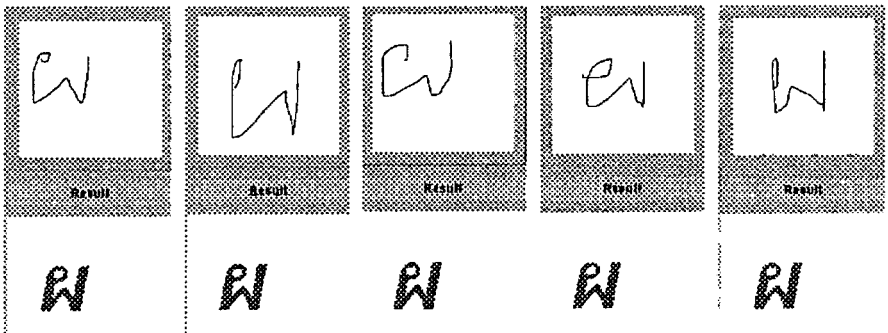
ป ป ป ป ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

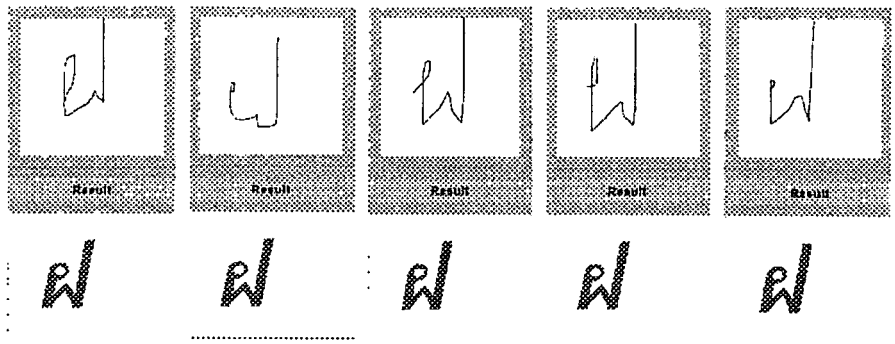


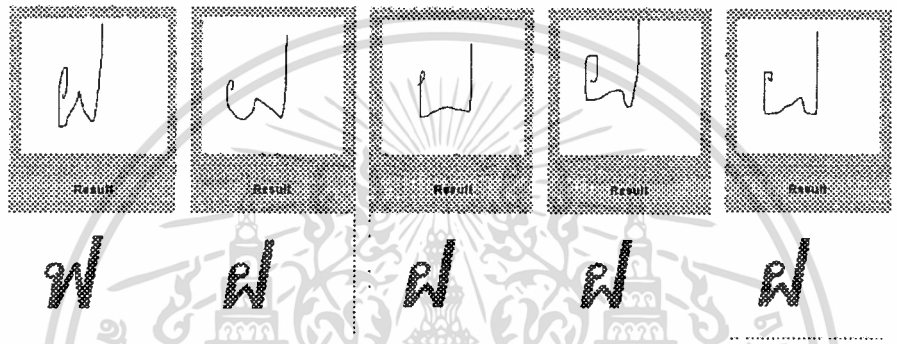


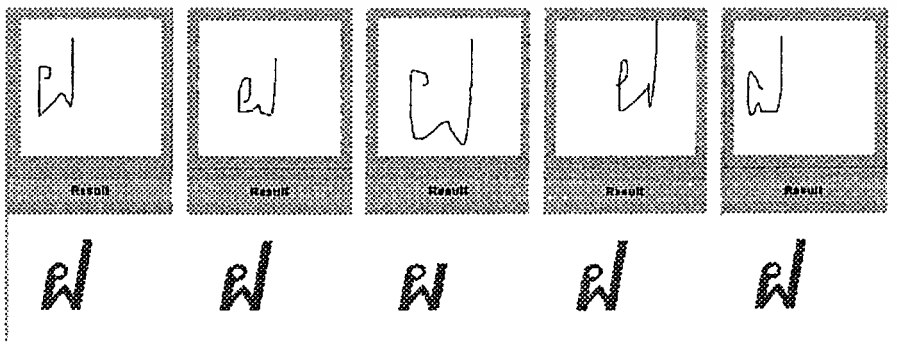




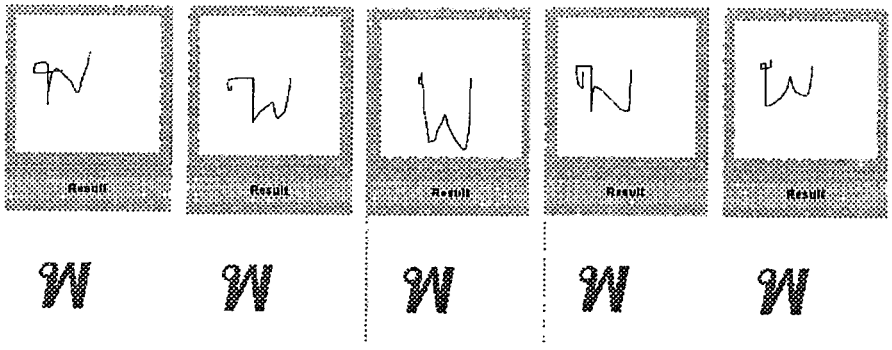
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

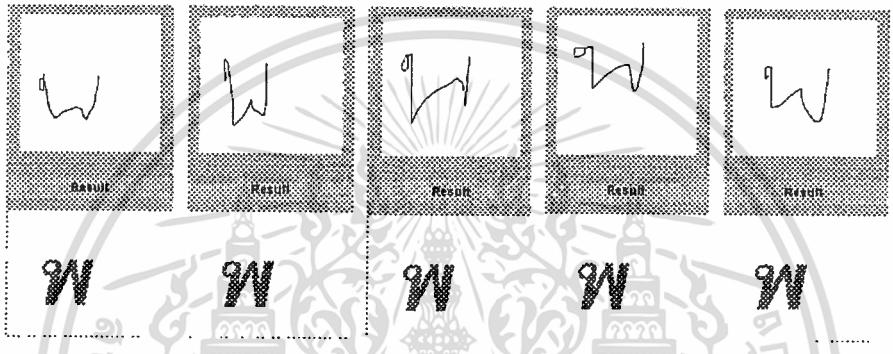


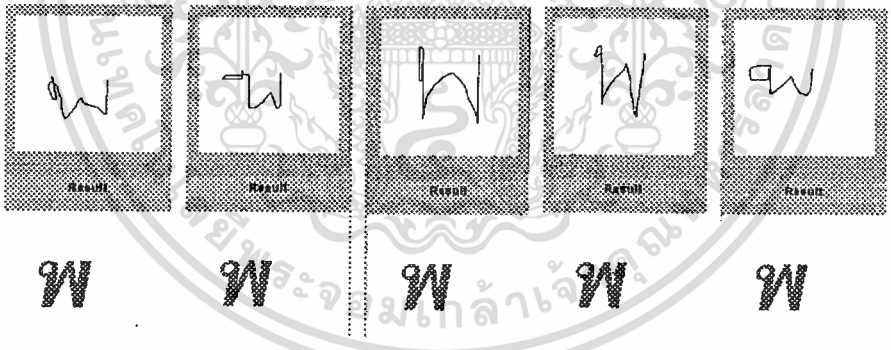


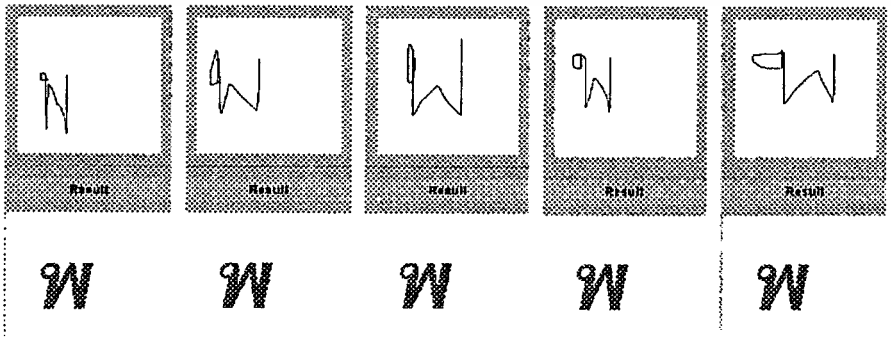


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

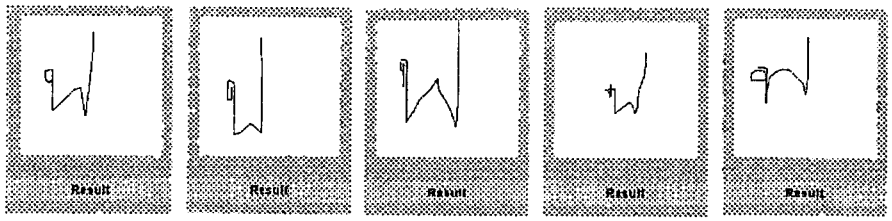




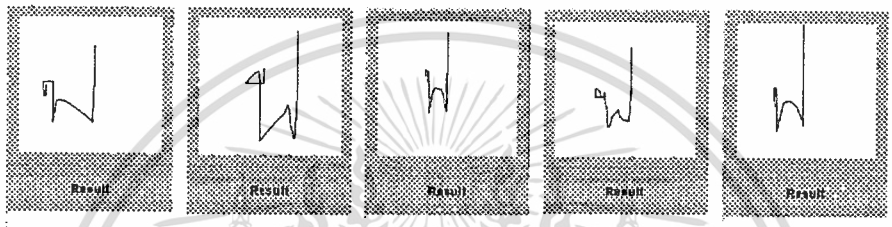




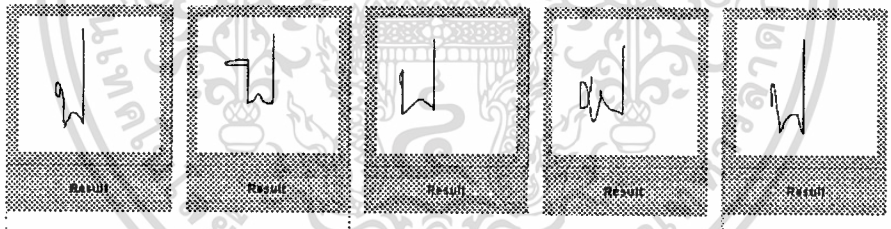
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



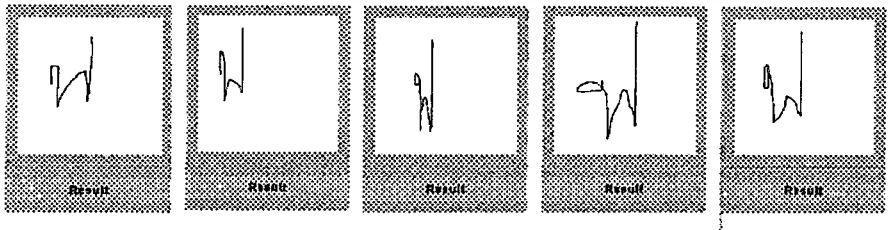
ป ฟ ฟ ฟ ฟ



ฟ ฟ ฟ ฟ ฟ

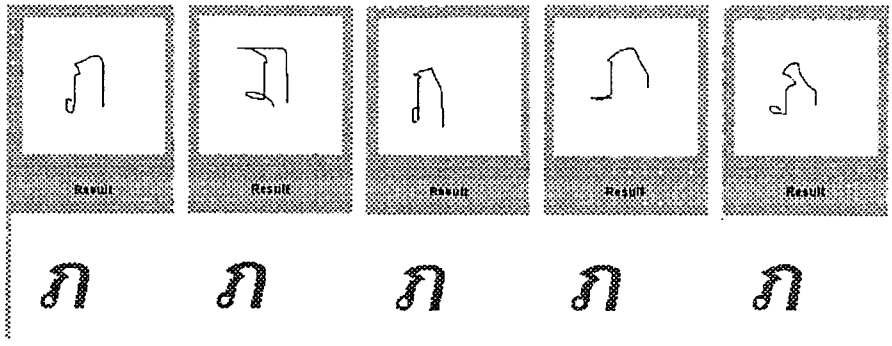


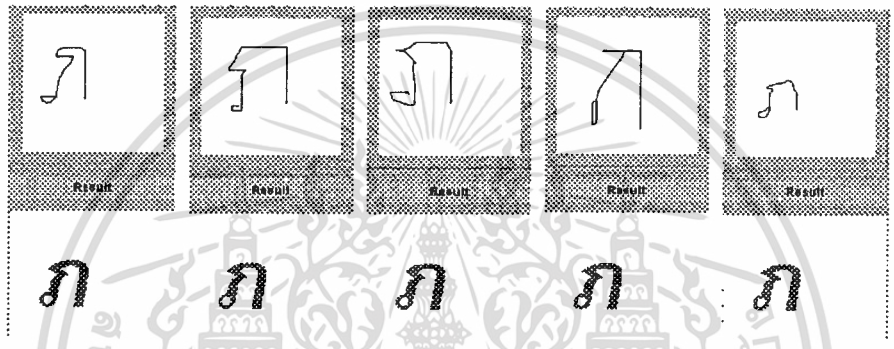
ฟ ฟ ฟ ฟ ฟ

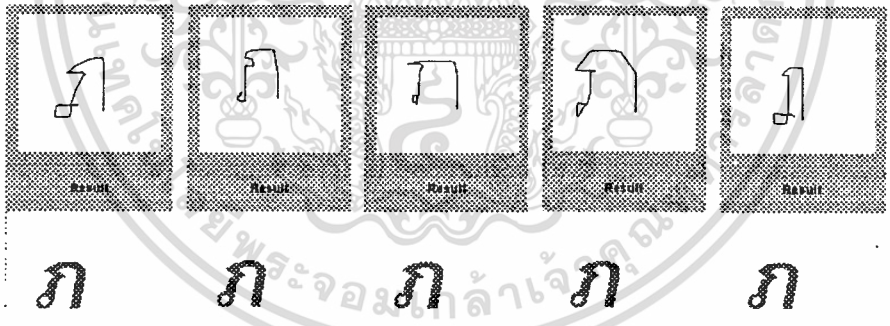


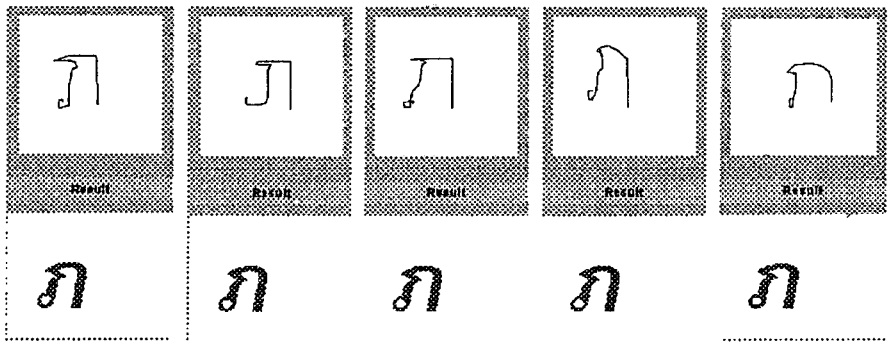
ฟ ฟ ฟ ฟ ฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

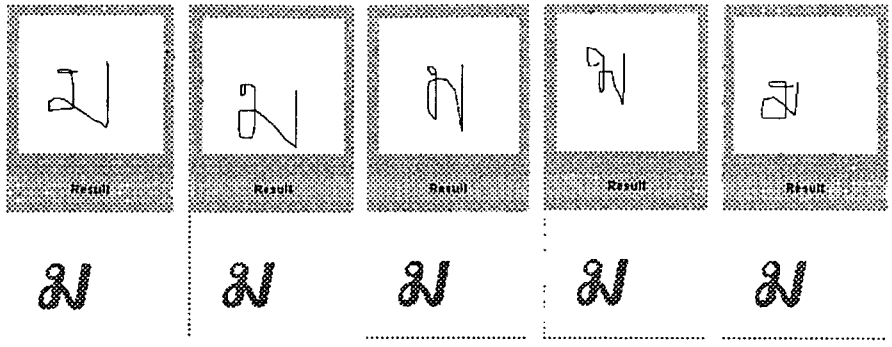






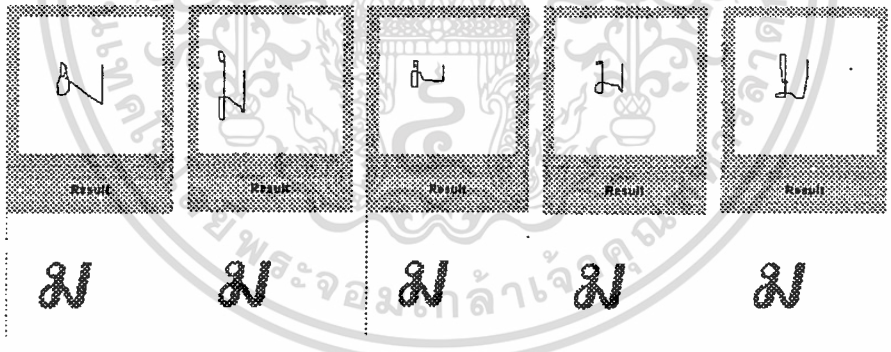


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

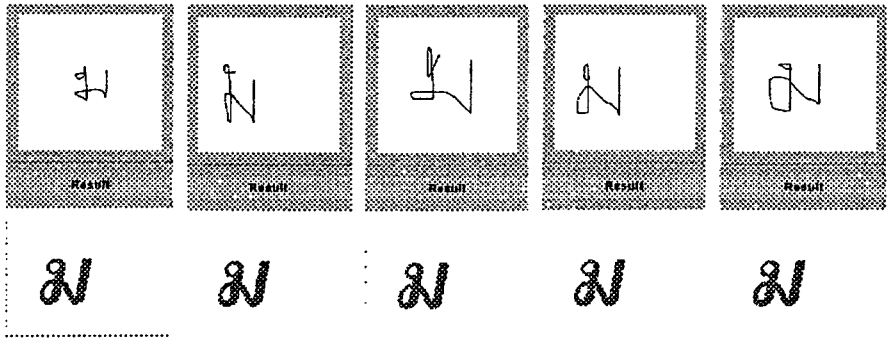


ม ม ม ม ม

ม ม ม ม ม

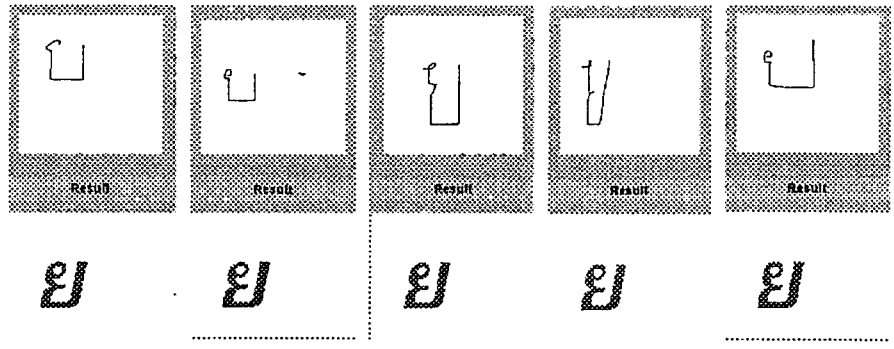


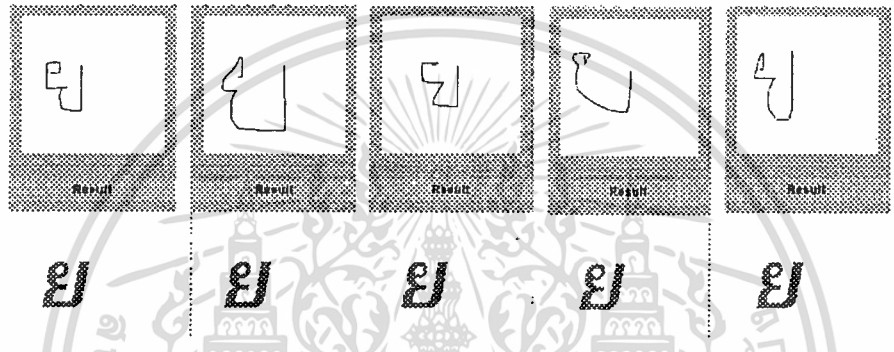
ม ม ม ม ม

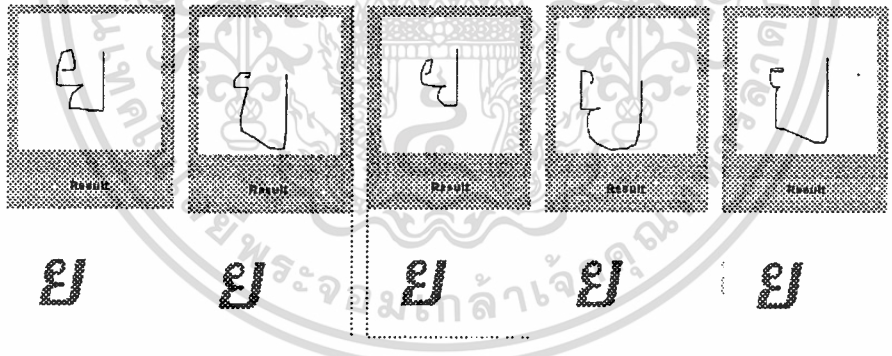


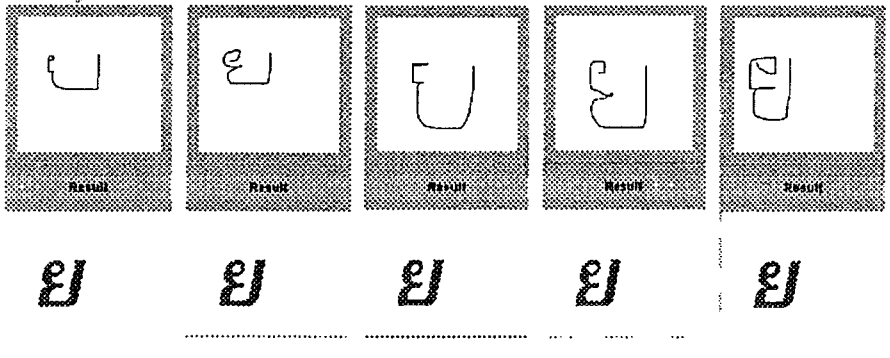
ม ม ม ม ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

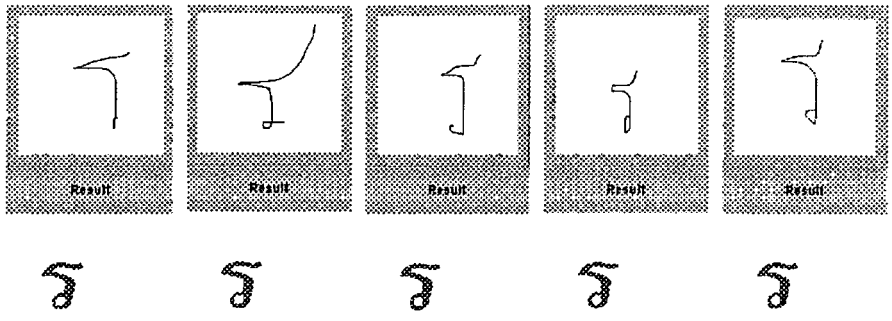








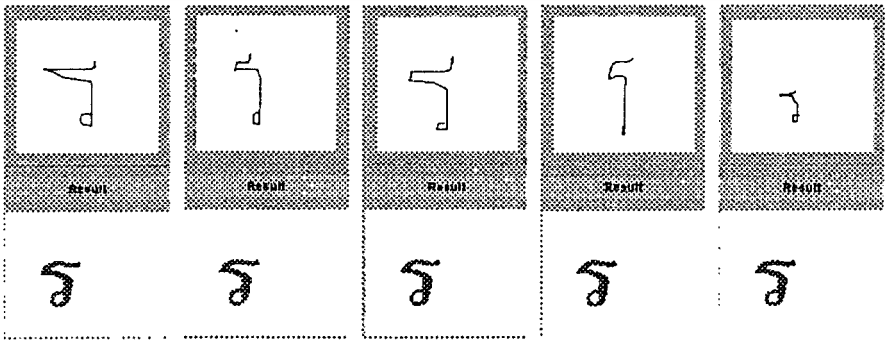
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ร ร ร ร ร

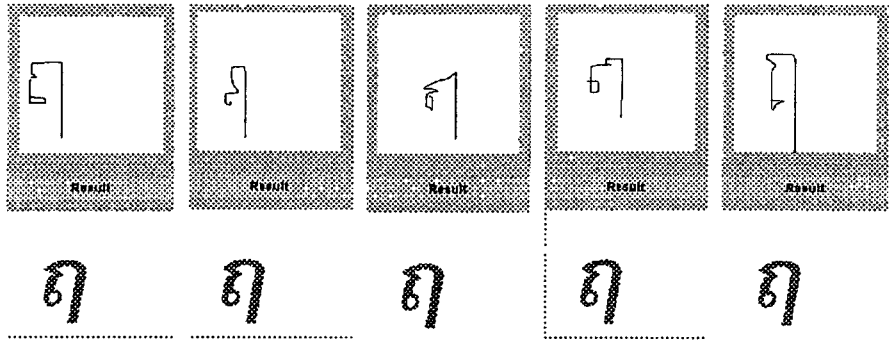
ร ร ร ร ร

ร ร ร ร ร

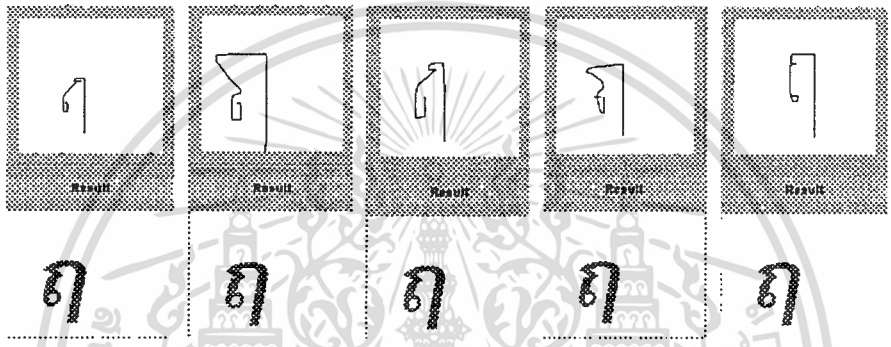


ร ร ร ร ร

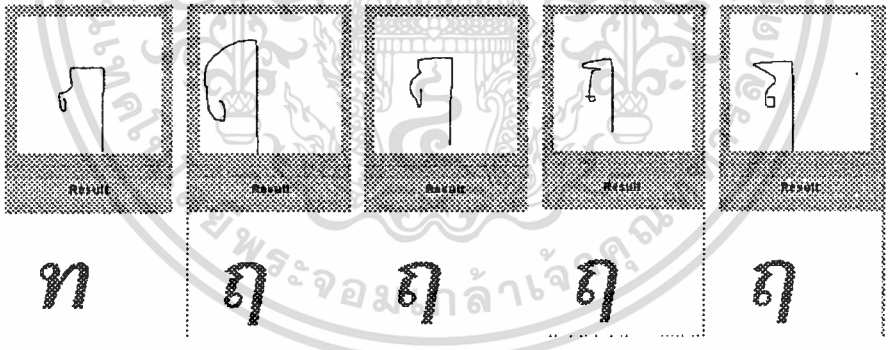
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



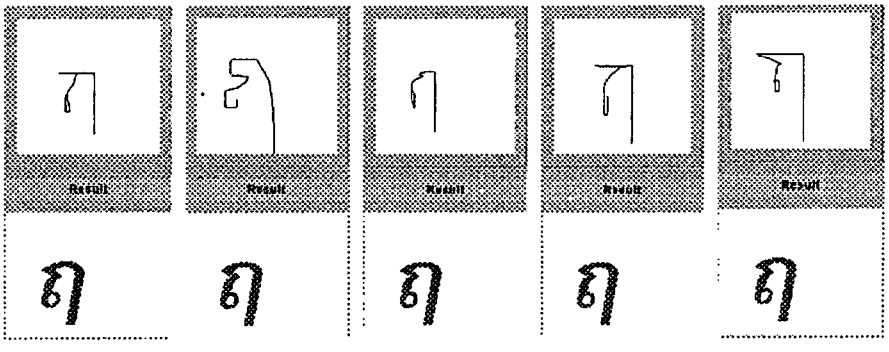
ฤ ฤ ฤ ฤ ฤ



ฤ ฤ ฤ ฤ ฤ

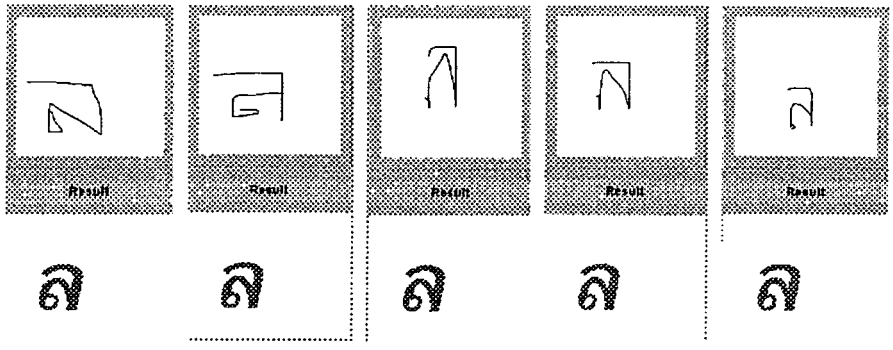


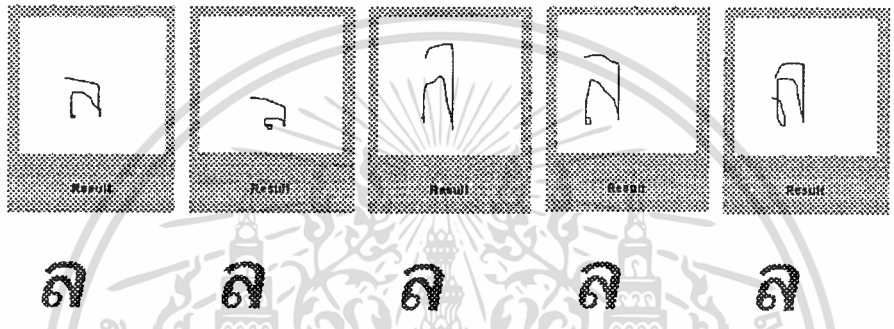
ท ฤ ฤ ฤ ฤ

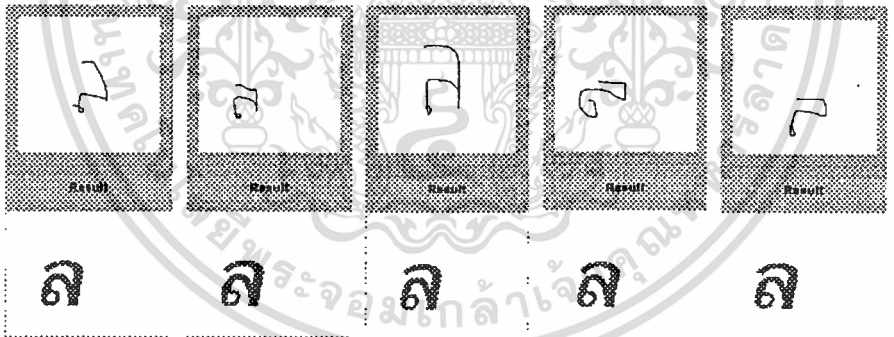


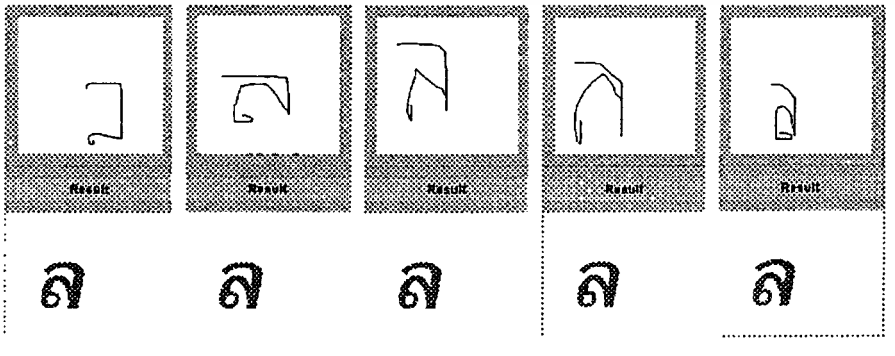
ฤ ฤ ฤ ฤ ฤ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

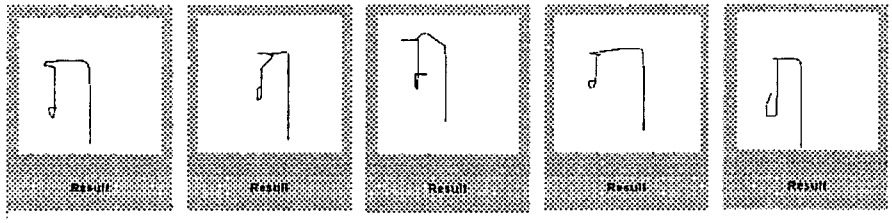




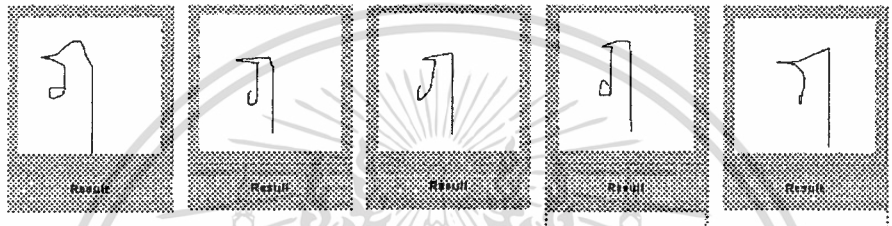




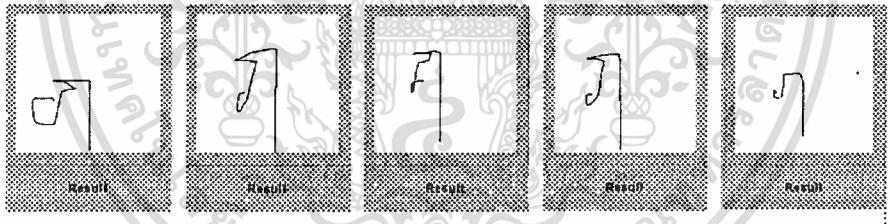
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



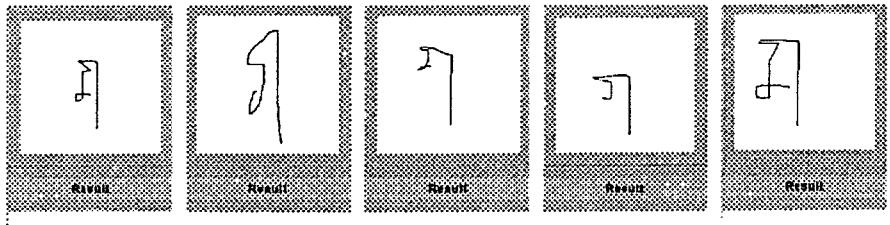
ก ก ค ก ก



ก ก ก ก ก

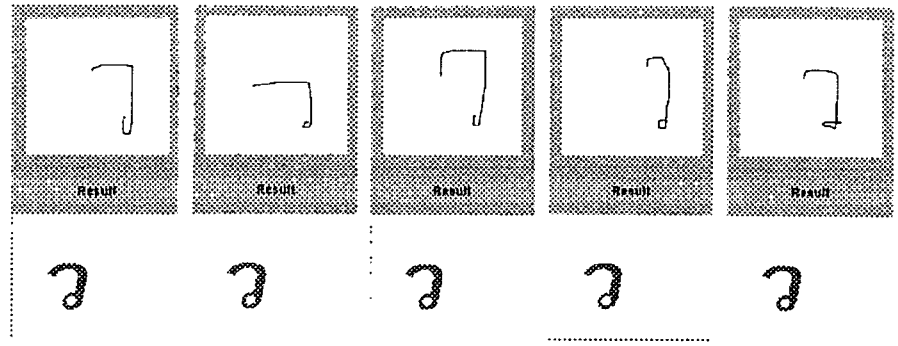


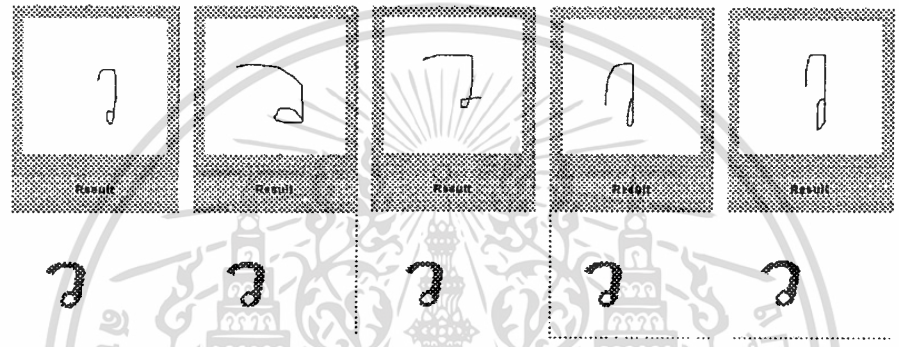
ก ก ก ก ก

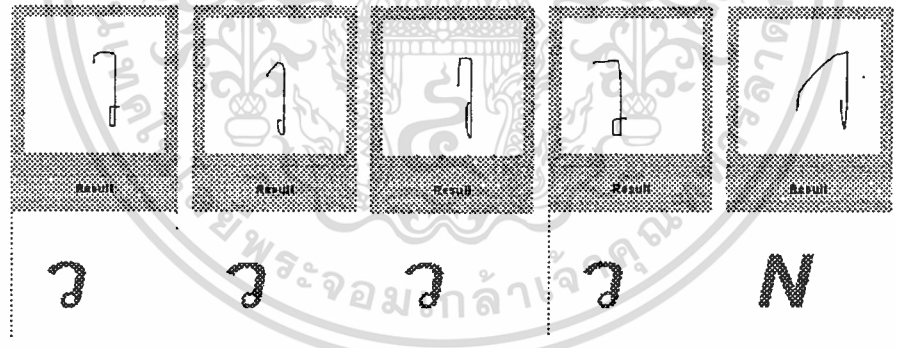


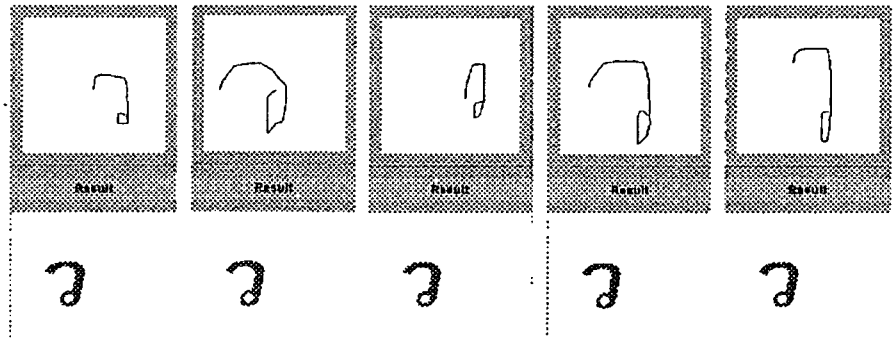
ก ก ก ก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

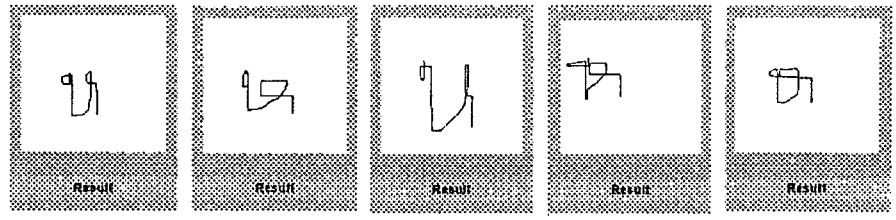




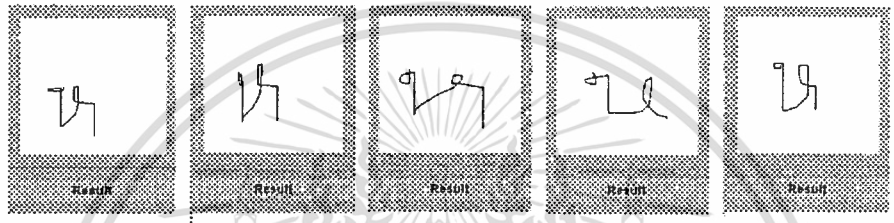




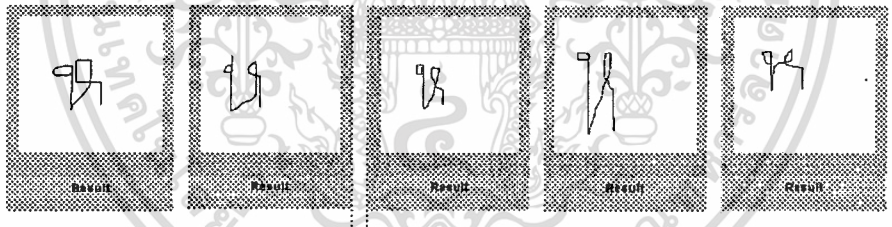
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



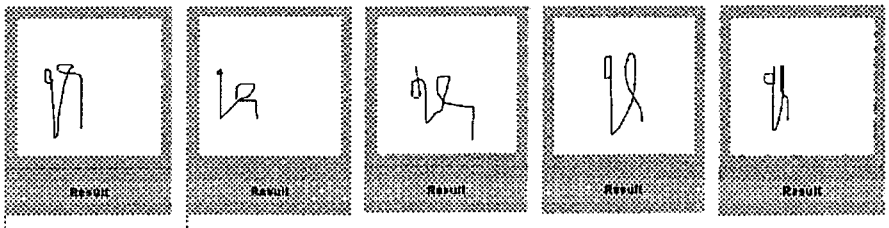
ห ห ห ห ห



ห ห ห ห ห

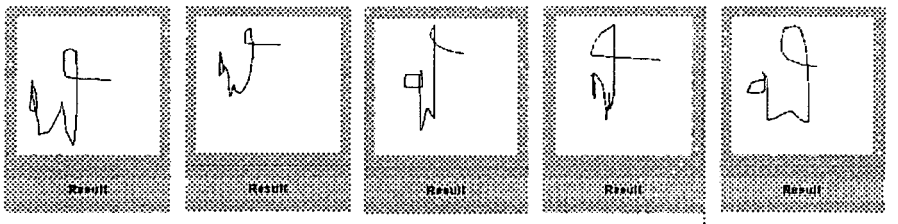


ห ห ห ห ห

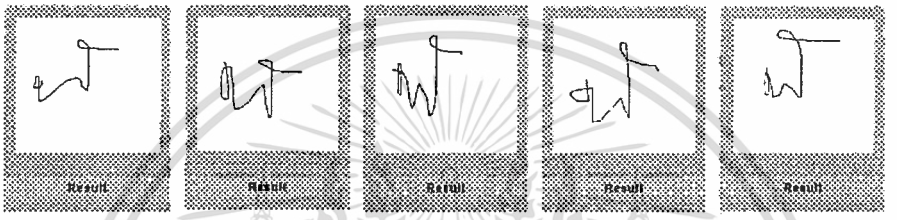


ห ห ห ห ห

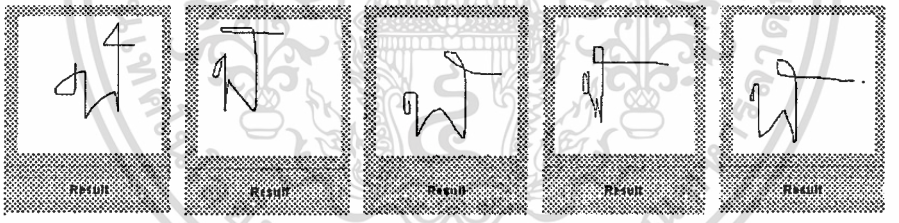
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



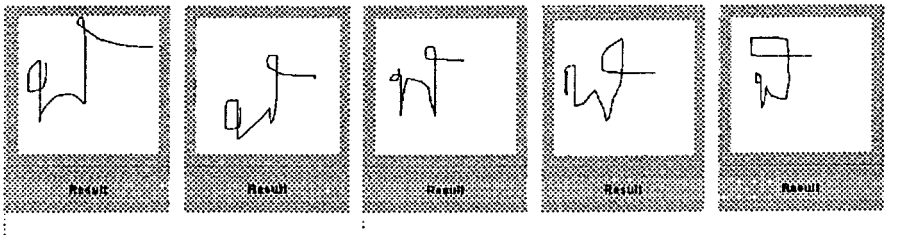
ฌ พ พ พ พ



พ พ พ พ พ

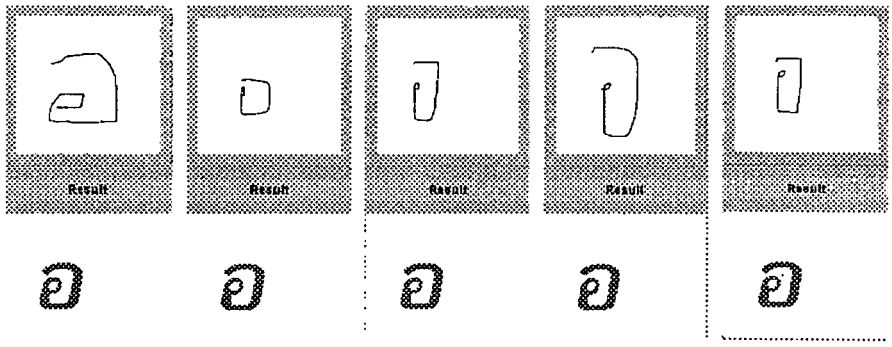


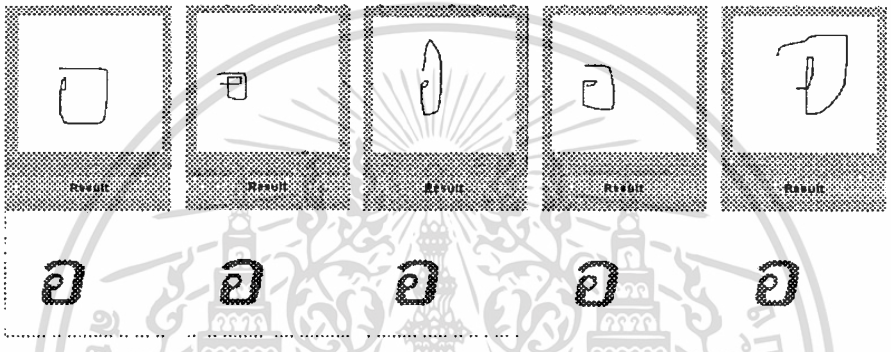
พ พ พ พ พ

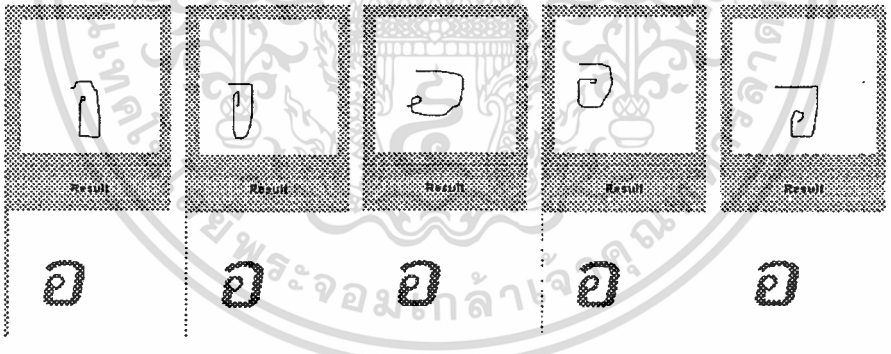


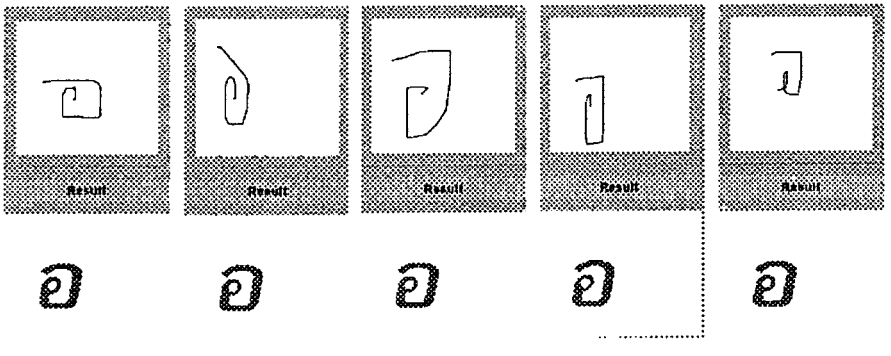
พ พ พ ฎ พ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

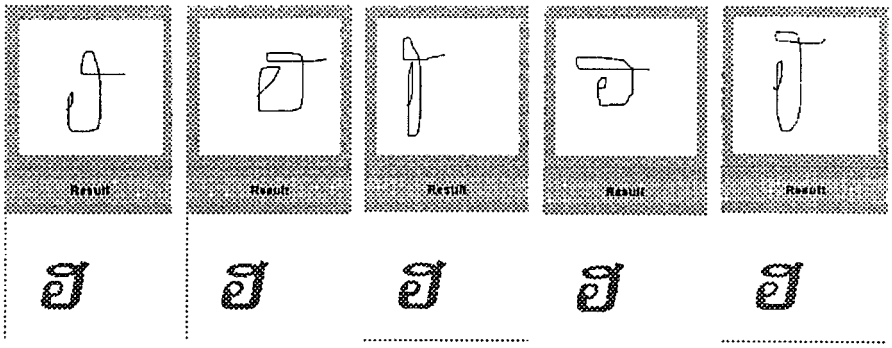




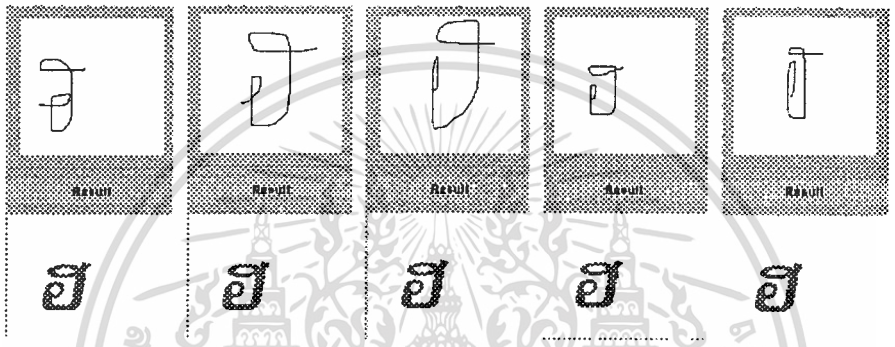




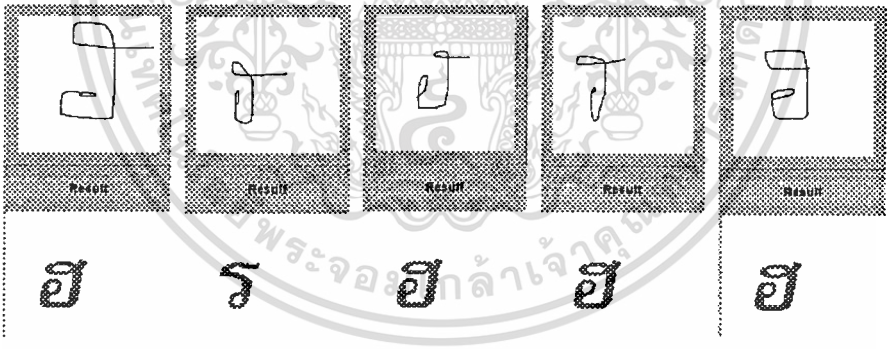
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



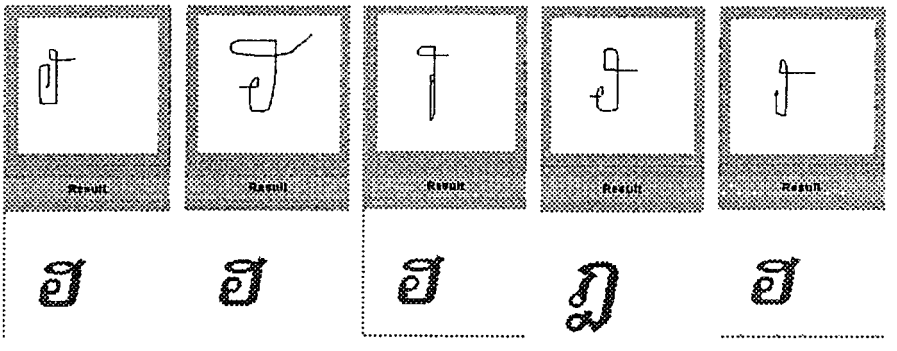
ฮ ฮ ฮ ฮ ฮ



ฮ ฮ ฮ ฮ ฮ



ฮ ร ฮ ฮ ฮ



ฮ ฮ ฮ ฎ ฮ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลงานทางวิชาการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์โดยวิธีวิเคราะห์โครง-สร้างแบบทันทีทันใด

Thai-writing character recognition with online syntactic pattern analysis

ชาญชัย ดีอ่วม* ชม กิ้มปาน**

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพกพาขนาดจิ๋ว (palm-top) ซึ่งเป็นไม่มีแป้นพิมพ์ (keyboard) จำเป็น ต้องใช้อุปกรณ์ประเภทปากกา (Pen-point) ที่สามารถเขียนลงจอภาพได้ ทำให้การวิจัยการรู้จำตัวอักษรในแบบทันทีทันใดมีความจำเป็น โดยเฉพาะภาษาไทย ดังนั้นจึงได้พัฒนากรรมวิธีเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จำตัวอักษรภาษาไทย เพื่อให้เกิดความรวดเร็วและกระทันรัด พร้อมทั้งต้องไม่ขึ้นกับขนาด (size) และรูปแบบ (font) ของตัวอักษร ดังนั้นการวิจัยนี้จึงใช้วิธีการวิเคราะห์โครงสร้าง ของตัวอักษรเป็นหลัก โดยแบ่งขั้นตอน 2 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนในการแยกแยะ เส้นและลดข้อผิดพลาดในการเขียน และ ขั้นตอนในการวิเคราะห์ตัวอักษรเพื่อระบุว่าว่าเป็นตัวอักษรชนิดใด โดยใช้วิธีทางไวยากรณ์ (Grammar-Base) และกฎความรู้ (rule base) ในการวิเคราะห์ ซึ่งได้ผลในการวิเคราะห์ถูกมากกว่า 90% และให้ความเร็วในการตอบสนองเป็นที่น่าพอใจ

Abstract

Today computer hardware develop rapidly especially handheld computer (palmtop) without keyboard but install with pen-point which can write command direct to the screen so character recognition immediately need especial in Thai language.

This research develop the method for computer to recognize Thai alphabet and does not depend on size and font of character so research use the way to analysis structure of character by using 2 steps. First to separate and reduce error of the line and second classify the character by using Grammar-Base and Rule-Base to declare the character which give the correct result within 90% and reasonable response time.

* นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพกพา ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์ พกพาขนาดจิ๋ว (palm-top) ซึ่งเป็นเครื่องที่ไม่มีอุปกรณ์แป้นพิมพ์ (keyboard) จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ประเภทปากกา อิเลคทรอนิค (pen point) ที่สามารถเขียนลงจอภาพได้ ทำให้การวิจัยดำเนินการในเรื่องการรู้จำตัวอักษรในแบบทันทีทันใด มีความสำคัญและจำเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะภาษาไทย ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้พัฒนากรรมวิธีเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรู้จำตัวอักษรภาษาไทย โดยจำเป็นต้องใช้ให้เกิดความรวดเร็วและกระทัดรัดเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้และหน่วยความจำที่มีจำกัดของเครื่อง ฯ พร้อมทั้งการวิเคราะห์การรู้จำตัวอักษรจะต้องไม่ขึ้นกับขนาด (size) และรูปแบบ (font) ของตัวอักษร

ในการวิจัยทางด้านการจดจำรูปแบบจะมีกรรมวิธีด้วยกันอยู่ 2 อย่างคือ

1. การวิเคราะห์ตัวอักษรโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Analysis) เช่น สมการการตัดสินใจแบบเชิงเส้น (Linear Decision Function) หรือการวัดการกระจายโดยใช้ K-L expansion (Karhunen-Loeve expansion) หรือ การคำนวณค่าลักษณะต่อเนื่องของจุดภาพ (Connectivity) เป็นต้น ซึ่งการคำนวณในลักษณะของรูปภาพทำให้ใช้หน่วยความจำมากและแต่ถ้ากลุ่มตัวอักษรมีความคล้ายคลึงกันมาก วิธีการวิเคราะห์โดยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์จะแยกแยะตัวอักษรออกมามีความผิดพลาดสูง

2. การวิเคราะห์โดยอาศัยโครงสร้าง(Syntactic Analysis) โดยอาศัยโครงสร้างของตัวอักษรนั้น ๆ เป็นหลัก ซึ่งข้อดีที่ทำการวิเคราะห์ได้ผลที่มีความแม่นยำสูง ตัวอย่างเช่น การเข้ารหัสสลายเส้นแบบต่างๆ การพิจารณามุมของเส้น ทิศทางของเส้นส่วนโค้ง เป็นต้น

ดังนั้นการวิจัยนี้จะเป็นการวิจัยและพัฒนากรรมวิธีการรู้จำตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์ในลักษณะ on-line ซึ่งเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์โครงสร้าง (Syntactic Analysis) เนื่องจากมีความแม่นยำในการแยกแยะตัวอักษรมากกว่าการวิเคราะห์ตัวอักษรโดยวิธีคณิตศาสตร์ (Mathematical Analysis) แต่ถ้าจำนวนตัวอักษรที่จดจำมีมากจะทำให้การวิเคราะห์ใช้เวลามากขึ้นไปด้วย อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันเครื่องคอมพิวเตอร์มีการประมวลผลที่ดีและรวดเร็ว ทำให้การวิเคราะห์ ในการวิจัยนี้มีผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ

กรรมวิธีในการรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทย 2 ในวิจัย ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

1. การแยกแยะเส้น (Curve Classification)

ขั้นตอนนี้จะแยกแยะเส้นต่างๆ ให้เป็น Octical และเปลี่ยนแปลงเป็น Function Primitive ที่รู้ค่าและ Unknown Primitive คือ Octical ที่ไม่รู้ค่า แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงรูป เพื่อให้นำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไปได้

2. การแยกแยะตัวอักษร (Classification Character)

ขั้นตอนนี้จะทำการแยกแยะว่าเส้นที่ Input เข้ามานั้นเป็นตัวอักษรอะไร เป็นขั้นตอนที่ใช้ความรู้ทางด้าน Syntactic มาช่วย โดยใช้วิธีการรวมตัว (Composition) จาก Primitive ที่ได้มาประกอบเป็นตัวอักษรซึ่งมีการกำหนด Grammar ของฟังก์ชั่นดังนี้

G = (V, Y, R, P, T) โดยที่

V คือ เซตของ Primitive

Y คือ เซตของ Attribute

R คือ เซตของ Relation

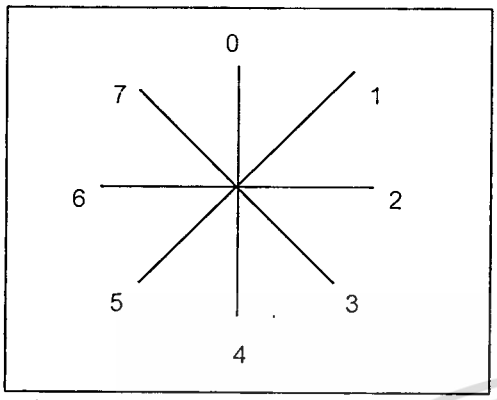
P คือ เซตของ Composition Rule

T คือ เซตของ Transformation Rule

2. เนื้อหาหลัก

การแยกแยะเส้น คือการแบ่งเส้นต่างๆ ตามจุดเปลี่ยนเว้า ซึ่งโดยส่วนมากจะใช้วิธีทางด้านคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการเรียกว่า Curve Fitting ซึ่งจะต้องมีความรู้เรื่อง Numerical เป็นอย่างดี และใช้เวลาในการประมวลผลสูงประกอบกับมีข้อจำกัดทางด้านการประมวลผลแบบทันทีทันใด อย่างไรก็ตามแต่เนื่องจากการวิจัยนี้ยังเป็นงานวิจัยทางด้าน Syntactic และเป็นการปรับปรุงกรรมวิธีทางด้านการแยกแยะเส้น ด้วยวิธีทางด้าน Syntactic แต่ในทางปฏิบัติการ Input นำข้อมูลเข้าด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ยังคงมี ERROR อันเนื่องมาจากการสั่นของมือ หรือการไม่ถนัดในการใช้อุปกรณ์ ทำให้ต้องมีกรรมวิธีเพื่อลดความผิดพลาด โดยมีการเปลี่ยน Pixel ต่างๆ เป็น Octical Primitive โดยจะทำให้รูปแบบของตัวอักษรที่ใช้คำนวณขนาดความเว้ามน ซึ่งได้กำหนด Primitive ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1. แสดงทิศทางของ Octical Primitive

'0' เคลื่อนที่ไปจากจุดไป 0 องศา

'1' เคลื่อนที่ไปจากจุดไป 45 องศา

'2' เคลื่อนที่ไปจากจุดไป 90 องศา

'3' เคลื่อนที่ไปจากจุดไป 135 องศา

'4' เคลื่อนที่ไปจากจุดไป 180 องศา

'5' เคลื่อนที่ไปจากจุดไป 225 องศา

'6' เคลื่อนที่ไปจากจุดไป 270 องศา

'7' เคลื่อนที่ไปจากจุดไป 135 องศา

ตามรูปที่ 1 จะทำการเปลี่ยน Pixel ต่างๆ ให้กลายเป็น Octical Primitive โดยอาศัยกรรมวิธี ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2

'0' -> $\Delta I = 0$ และ $\Delta J > 0$

'1' -> $\Delta I < 0$ และ $\Delta J > 0$

'2' -> $\Delta I < 0$ และ $\Delta J = 0$

'3' -> $\Delta I < 0$ และ $\Delta J < 0$

'4' -> $\Delta I = 0$ และ $\Delta J < 0$

'5' -> $\Delta I > 0$ และ $\Delta J < 0$

'6' -> $\Delta I > 0$ และ $\Delta J = 0$

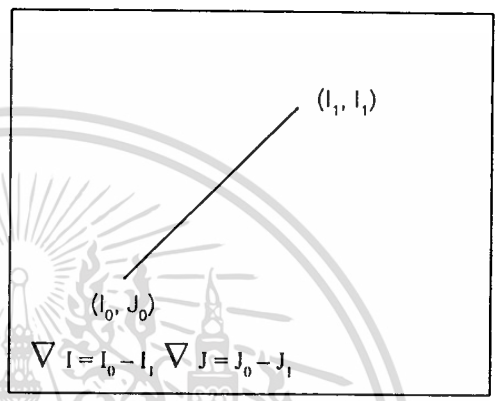
'7' -> $\Delta I > 0$ และ $\Delta J > 0$

และจะทำการเปลี่ยน Chin code เป็น Function Primitive ซึ่งกำหนดดังนี้

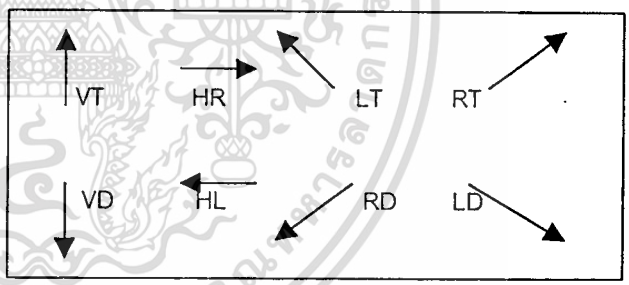
กำหนดดังนี้

n คือ จำนวน Pixel

1. VT(n) → เส้นตรงแนวตั้งเขียนขึ้น
2. HR(n) → เส้นตรงแนวนอนทางขวา
3. RT(n) → เส้นเอียงขึ้นขวา
4. LT(n) → เส้นเอียงขึ้นซ้าย
5. RD(n) → เส้นตรงเอียงลงขวา
6. LD(n) → เส้นตรงเอียงลงซ้าย
7. VD(n) → เส้นตรงแนวตั้งเขียนลง
8. HL(n) → เส้นตรงแนวนอนทางขวา



รูปที่ 2. แสดงกรรมวิธีในการเปลี่ยนเป็น Chain Code



รูปที่ 3. แสดง FUNCTION PRIMITIVE

1. VT คือ PRIMITIVE '0' ติดต่อกันเกิน 3 PIXEL
2. VD คือ PRIMITIVE '4' ติดต่อกันเกิน 3 PIXEL
3. RT คือ PRIMITIVE '1' ติดต่อกันเกิน 3 PIXEL
4. HR คือ PRIMITIVE '2' ติดต่อกันเกิน 3 PIXEL
5. RD คือ PRIMITIVE '5' ติดต่อกันเกิน 3 PIXEL
6. LD คือ PRIMITIVE '3' ติดต่อกันเกิน 3 PIXEL
7. HL คือ PRIMITIVE '6' ติดต่อกันเกิน 3 PIXEL
8. LT คือ PRIMITIVE '7' ติดต่อกันเกิน 3 PIXEL
9. UN คือ PRIMITIVE ไม่สามารถกำหนดได้ คือไม่มีจุดใดเลยที่ติดต่อกันถึง 3 Pixel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการจำแนกตัวอักษรคัดลายมือ

การจำแนกการคัดลายมือในการวิจัยนี้จะใช้ Grammar-Based Approach โดยการกำหนดขึ้นเป็น Rule base จากการพิจารณาดังนี้

1. พิจารณาจากการมีหัว
2. พิจารณาจากตำแหน่งหัว
3. พิจารณาจากทิศทางการหมุนของหัว

ซึ่งจะทำให้สามารถจัดกลุ่มข้อมูลแบบหยาบ ๆ ได้ และพิจารณาจากการมีหยัก หรือการมีตัวหนุนอีกครั้ง โดยกำหนดเป็น Rule base ได้ดังนี้

G = (V, Y, R, P, T)

โดยที่ V คือเซตของ Primitive
Y คือเซตของ Attribute
R คือเซตของ Relation
P คือเซตของ Composition Rule
T คือเซตของ Transformation Rule

ให้ a1, a2 เป็น Primitive โดยกำหนดให้ r แทนความสัมพันธ์แบบ Binary Relation ซึ่งกำหนดให้นอกเหนือจาก ค่าของ Attribute ของ a1 a2 r(a1, a2) กำหนดให้เป็น Sub-pattern โดยให้ A → r(a1, a2) และ Composition Rule คือ A → r(A1,A2) โดย A1, A2 อาจจะเป็น Sub-pattern หรือ Primitive

โดยกำหนดความสัมพันธ์ของ Primitive ดังนี้

1. VT(n) ->
2. VD(n) ->
3. RT(n) ->
4. HR(n) ->
5. RD(n) ->
6. LD(n) ->
7. HL(n) ->
8. LT(n) ->
9. CR ->
10. CL ->
11. CC ->
12. WUP -> ^
13. NH -> V
14. NZ -> >

กำหนด Notation ดังนี้

+ การเชื่อมต่อ หรือ การควบคุมลำดับ (concatenation or Sequence control)
: เงื่อนไข (Condition)
< น้อยกว่า
> มากกว่า
'X' ตัวอักษรที่อ้างถึง

โดยอาศัยกฎการรวมตัวตาม Rule base ดังนี้

'ก' → VT(a)+HR(b)+VD(c)
'ข' → CR+VD(a)+HR(,b:<0.50*c)+VT(c)
'ฃ' → CR+NH+VD(s)+HR(b:0.5+C)+VT(c)
'ค' → CL+LD(a)+VT(b)+HR(c)+VD(d)
'ฅ' → CL+LD(a)+VT(b)+NH+LT(c)
'ฆ' → CR+NH+VD(a)+CC+RD(b)+VT(c)
'ง' → CR+VD(a)+LD(b)
'จ' → CR+RD+VT(a)+HL(b)
'ฉ' → CR+VD(a)+RT(b)+CC+VT(c)+HL(d)
'ช' → 'ข'+RT(a)
'ซ' → 'ฃ'+RT(a)
'ฌ' → 'ฉ' +CC+RD(a)+VT(b)
'ญ' → 'ฉ'+HR(a)+VT(b)
'ฎ' → 'ภ'+VD(a)+LT(b)+CC+RT(c)
'ฏ' → 'ภ'+VD(a)+NH+CC+RT(b)
'ฐ' → 'จ'+VT(a)+HR(b)
'ฑ' → CC+NH+VT(a)+RT(b)+VD(c)
'ฒ' → 'ต'+CC+RT(b)+VT(a)
'ณ' → 'ฉ'+RT(a)+CC+VT(b)
'ด' → CR+LD(a)+VT(b)+HR(c)+VD(d)
'ต' → CR+LD(a)+VT(b)+NH+VD(c)
'ถ' → CR+'ก'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

'ท' → CR+VD(a)+RT(b)+VD(c)

'ธ' → VD(a)+HR(b)+VT(c)+HL(d)+VT(e)+HR(f)

'น' → CR+VD(a)+RT(b)+CC+VT(c)

'บ' → CR+VD(a)+HR+(,b:>=0.5*c)+VT(c)

'ป' → 'บ'+VT(a)

'ผ' → CL+VD(a)+WUP+VT(b)

'ฝ' → 'ผ'+VT(a)

'พ' → CR+VD(a)+WUP+VT(b)

'ฟ' → 'พ'+VT(a)

'ภ' → CR+'ก'

'ม' → CR+VD(a)+CC+RD(b)+VT(c)

'ย' → CL(a)+VD(b)+NZ(c)+VD+HR+VT(d)

'ร' → CR+VT(a)+HL(b)+VT(c)+HZ(z)

'ฤ' → 'ถ'+VD(a)

'ล' → CL+WUP+VT(a)+HL(a)

'ฦ' → 'ภ'+VD(a)

'ว' → CR+VT(a)+HL(b)

'ศ' → 'ค'+RT(a)

'ษ' → 'บ'+CC+HR(a)

'ส' → 'ล'+RT(a)

'ห' → CR+VD(a)+RT(b)+CC+VT(c)

'ฬ' → 'ฟ'+CC

'อ' → CL+VD(a)+HZ+VT(b:<a)+HL(c)

'ฮ' → 'อ'+CC

3.สรุป

ในการวิจัยนี้ ได้ทดลองทำการมวลผลในเครื่อง 486DX-33 หน่วยความจำ 16 MB ได้ผลความถูกต้องขึ้นอยู่กับกรณี ในกรณีที่ตัวอักษรมีความซับซ้อนน้อยจะได้ผลแม่นยำสูง เกิน 95 % แต่ในตัวอักษรที่มีความซับซ้อนมากจะได้ผลระหว่าง 80-90% เนื่องจากอักษรมีความแตกต่างกันน้อย ในกลุ่ม ด,ต ซึ่งจะต้องใช้กรรมวิธีในการจำแนกความหยักของหัวได้อย่างดี โดยคาดว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ Pen-Point Computer เนื่องจากการ Process ในลักษณะ on-line และสามารถนำไปใช้งานด้าน OCR ได้ จะทำให้ OCR ที่ประยุกต์ไม่จำเป็นต้องขึ้นอยู่กับรูปแบบตัวอักษร (Font) ได้

4. เอกสารอ้างอิง

[1] K.S FU, "SYNTACTIC METHODS IN PATTERN RECOGNITION ", ACADEMIC PRESS .(1974)

[2] ROBERT SCHALKOFF,"PATTERN RECOGNITION",JOHN WILEY & SONS (1992)

[3] ชม กิ้มปาน รศ. "ทฤษฎีการจดจำรูปแบบ" , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณลาดกระบัง, (2535)

[4] ชาญชัย ดีอ่วม "เอกสารประกอบการสัมนาเรื่องการพัฒนากรรมวิธีสำหรับการรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยโดยวิธีโครงสร้าง", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณลาดกระบัง, (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย ชาญชัย ดีอ่วม เกิดวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2512 ที่จังหวัดชัยนาท ประเทศไทย สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้