สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย

# THAI HAND-WRITING CHARACTER RECOGNITION

T037054

นายยุบรรพจน์ พรมคุณ
นายวรายุทธ เหมวิจิตร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37054
วัน, เดือน, ปี 30 ส.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย

THAI HAND-WRITING CHARACTER RECOGNITION

ผู้จัดทำ

1. นาย ยุบรรพจน์ พรมคุณ รหัสประจำตัว 39014418
2. นาย วรายุทธ เหมวิจิตร รหัสประจำตัว 39014465

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย

นายยุบรรพจน์ พรมคุณ รหัส 39014418
นายวรายุทธ เหมวิจิตร รหัส 39014465
ดร. วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2542

บทคัดย่อ

การวิจัยวิธีรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยยังเป็นเรื่องใหม่ งานวิจัยที่ผ่านมายังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร วิธีการรู้จำยังมีความผิดพลาดสูง วิทยานิพนธ์นี้จึงได้พัฒนาวิธีการรู้จำโดยใช้วิธีการวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural Recognition) สำหรับการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย

จากผลการทดลองของโปรแกรมรู้จำที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาโปรลอกโดยทำการทดสอบกับตัวพยัญชนะไทยลายมือเขียนจำนวน 42 ตัว คือตัวอักษร ก-ฮ ยกเว้นตัว ฃ และ ฅ โดยมีผู้ทดสอบจำนวน 5 คน และให้เขียนตัวอักษรกันคนละ 6 ตัวต่อหนึ่งตัวอักษร ปรากฏว่าจากตัวอักษรที่เขียนจำนวน 1,260 ตัว โปรแกรมสามารถรู้จำได้ถูกต้องจำนวนทั้งสิ้น 1,007 ตัว คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องวิจัย 79.92 เปอร์เซ็นต์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นผลงานที่สร้างขึ้นโดยการปรับปรุงจากงานวิจัยของคุณชาญชัย ดีอ่วม [5] และจากผลการทดสอบที่ได้วิธีการที่ใช้มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการรู้จำตัวอักษรสูงกว่าวิธีการของคุณชาญชัย ดีอ่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ON-LINE THAI HAND-WRITING CHARACTER RECOGNITION

Yubanpot Promkhun

Warayut Hemvijit

Dr. Visit Hirankitti Advisor

## ABSTRACT

On-line hand-writing Thai character recognition is still a new research topic. The existing research works are not very successful; the accuracy of the recognition is still too low. This thesis presents an on-line hand-writing Thai character recognition based on a structural recognition approach. Our approach is an improvement of Dee-Uam's approach [5].

Our recognition program, which is implemented in PROLOG, was used to recognize 42 Thai characters ranging from 'ก' to 'ฮ' , accept 'ฯ' and 'ศ' , We tested our program with five volunteers, each of which wrote 6 patterns for each of the 42 Thai characters. So, there were 1,260 hand-writing characters for the program to recognize. As a result, the program was able to recognize successfully 1,007 characters. This means that our recognition program has achieved 79.92% recognition accuracy which is better than Dee-Uam's approach [5].

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดีหากไม่ได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์ วิศิษฏ์ หิรัญกิตติ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้สละเวลามาทำการทดสอบโปรแกรมการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย ด้วยความตั้งใจ รวมทั้งต้องขอบคุณห้อง AI ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ให้ทำปริญญานิพนธ์นี้

สุดท้ายขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ยุบรรพจน์ พรมคุณ
วรายุทธ เหมวิจิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้าที่ |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VI |
| สารบัญรูปภาพ | VII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ | 1 |
| 1.4 วิธีการดำเนินงาน | 2 |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี | 3 |
| 2.1 ขั้นตอนการรู้จำเบื้องต้น | 3 |
| 2.1.1 โครงสร้างเบื้องต้น | 3 |
| 2.1.2 โมเดลเซต | 4 |
| 2.1.3 ขั้นตอนการรู้จำ | 5 |
| 2.2 การหาโครงสร้างเส้นและการสร้างกลับคืน | 6 |
| 2.2.1 การหาโครงสร้างของเส้น | 6 |
| 2.2.2 การสร้างโครงสร้างกลับคืน | 7 |
| 2.3 โครงสร้างการแมชชิ่งแบบยืดหยุ่น | 12 |
| 2.4 ขั้นตอนหลังการรู้จำ | 13 |
| บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินการรู้จำและการออกแบบระบบ | 15 |
| 3.1 ขั้นตอนการรับอินพุท | 15 |
| 3.2 ขั้นตอนการสร้างองศาจากจุดเพื่อนำมาแปลงให้เป็นข้อมูลเส้นตรง | 15 |
| 3.3 ขั้นตอนการสร้างรหัสลูกโซ่แปดทิศ | 16 |
| 3.4 ขั้นตอนการขุบเส้น | 17 |
| 3.5 ขั้นตอนการหาหัวของตัวอักษร | 26 |
| 3.5.1 การหาหัวตามเข็มนาฬิกา | 26 |
| 3.5.2 การหาหัวทวนเข็มนาฬิกา | 27 |
| 3.6 ขั้นตอนการสร้างกฎความรู้ | 27 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้าที่ |
|---|---|
| บทที่ 4 ผลการทดลองและปัญหาที่เกิดขึ้น | 30 |
| 4.1 การรับข้อมูลลายมือเขียน | 30 |
| 4.2 ปัญหาความหลากหลายของลายมือเขียนตัวอักษร | 32 |
| 4.2.1 ปัญหาการลากเมาส์เร็วเกินไป | 32 |
| 4.2.2 ปัญหาการเขียนตัวอักษรเล็กเกินไป | 32 |
| 4.2.3 ปัญหาความหยักของตัวอักษรน้อยเกินไป | 33 |
| 4.2.4 ปัญหาการเขียนตัวอักษรผิดลำดับ | 34 |
| 4.2.5 ปัญหาความผิดพลาดในการหาหัวตัวอักษร | 34 |
| 4.2.6 ปัญหาความผิดพลาดในการตรงกันของฐานไวยากรณ์ | 35 |
| 4.3 ผลการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย | 36 |
| 4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง | 40 |
| บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง | 43 |
| 5.1 การวิเคราะห์ข้อดีของการทดลอง | 43 |
| 5.2 ปัญหาที่ยังเป็นข้อเสียของการทดลอง | 43 |
| 5.3 สรุปผลการทดลอง | 43 |
| ภาคผนวก ก | 44 |
| ภาคผนวก ข | 55 |
| บรรณานุกรม | 84 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| | หน้าที่ |
|---|---|
| ตารางที่ 2-1 แสดงเงื่อนไขการรวมลักษณะของเส้น | 7 |
| ตารางที่ 3-1 แสดงรหัสลูกโซ่แปดทิศกับค่าของมุมแต่ละทิศ | 16 |
| ตารางที่ 3-2 แสดงตัวอย่างบางส่วนของการออกแบบฐานไวยากรณ์ตัวอักษร | 29 |
| ตารางที่ 4-1 แสดงผลการทดลองของการรู้จำตัวอักษรไทย | 38 |
| ตารางที่ 4-2 ผลการรู้จำตัวอักษรไทยลายมือเขียนแบบทันทีทันใด | 40 |
| ตารางที่ 4-3 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษรไทยลายมือเขียน เปรียบเทียบกับผลงานของคุณชาญชัย ดีอ่วม | 41 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ


| | หน้าที่ |
|---|---|
| รูปที่ 2.1 แสดงรหัสลูกโซ่แปดทิศ | 3 |
| รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างอักษรที่อยู่ในรูปของสตริง (String) | 4 |
| รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างแบบอักษรของแต่ละชุดตัวอักษร | 5 |
| รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการรู้จำ | 5 |
| รูปที่ 2.5 แสดงขั้นตอนของการหาโครงสร้างของตัวเลข 3 | 6 |
| รูปที่ 2.6 แสดงการกำจัดเส้นยักระหว่างการหาโครงสร้าง | 6 |
| รูปที่ 2.7 แสดงการรวมเส้น 2 เส้นเข้าด้วยกัน | 7 |
| รูปที่ 2.8 แสดงทางเลือกที่เป็นจาก 2 ไปยัง 4 | 7 |
| รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างว่าเมื่อไรที่สามารถรวมเส้นโค้งเข้าด้วยกัน และเมื่อไรที่ไม่สามารถรวมกันได้ | 8 |
| รูปที่ 2.10 แสดงตัวเลข 3 ต่างๆ กันที่มีโครงสร้างเดียวกัน | 9 |
| รูปที่ 2.11 แสดงตัวอักษรต่างกันที่มีโครงสร้างเหมือนกัน | 9 |
| รูปที่ 2.12 การตรวจสอบวงรอบ | 10 |
| รูปที่ 2.13 แสดงตำแหน่งต่างๆ ที่เกิดวงรอบ | 10 |
| รูปที่ 2.14 แสดงตำแหน่งต่างๆ ที่เกิดวงรอบ | 11 |
| รูปที่ 2.15 การรวมใช้หลายวิธีการที่จะหาวงรอบจากการเขียน | 11 |
| รูปที่ 2.16 วิธีการเดิมที่แยกออกมาในการตรวจหาวงรอบจากจุดเริ่มต้น | 12 |
| รูปที่ 2.17 อัลกอริทึมที่หาความแตกต่างระหว่าง 'D' และ 'P' | 14 |
| รูปที่ 2.18 อัลกอริทึมที่หาความแตกต่างระหว่าง 'u' และ 'y' | 14 |
| รูปที่ 3.1 แสดงการรับข้อมูลผ่านหน้าจอกราฟิกที่กำหนดและแสดงจุดที่รับมาได้ | 15 |
| รูปที่ 3.2 แสดงการสร้างองศาจากจุดเพื่อนำมาแปลงให้เป็นเส้นตรง | 16 |
| รูปที่ 3.3 แสดงการแปลงข้อมูลของตัวอักษร 'ก' ให้อยู่ในรูปของรหัสลูกโซ่แปดทิศ | 17 |
| รูปที่ 3.4 แสดงการยุบเส้นตรง 2 เส้นที่ต่อเชื่อมกันและมีทิศทางเดียวกัน | 17 |
| รูปที่ 3.5 แสดงการยุบเส้นในแนวใต้ไปเหนือ | 18 |
| รูปที่ 3.6 แสดงการยุบเส้นในแนวเหนือไปใต้ | 18 |
| รูปที่ 3.7 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันออกไปตะวันตก | 19 |
| รูปที่ 3.8 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันตกไปตะวันออก | 19 |
| รูปที่ 3.9 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันตกเฉียงใต้ไปตะวันออกเฉียงเหนือ | 20 |
| รูปที่ 3.10 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันออกเฉียงเหนือไปตะวันตกเฉียงใต้ | 20 |
| รูปที่ 3.11 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันออกเฉียงใต้ไปตะวันตกเฉียงเหนือ | 21 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูปภาพ(ต่อ)


| | หน้าที่ |
|---|---|
| รูปที่ 3.12 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันตกเฉียงเหนือไปตะวันออกเฉียงใต้ | 21 |
| รูปที่ 3.13 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 1 | 22 |
| รูปที่ 3.14 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 2 | 22 |
| รูปที่ 3.15 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 3 | 23 |
| รูปที่ 3.16 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 4 | 23 |
| รูปที่ 3.17 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 5 | 24 |
| รูปที่ 3.18 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 6 | 24 |
| รูปที่ 3.19 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 7 | 25 |
| รูปที่ 3.20 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 8 | 25 |
| รูปที่ 3.21 แสดงลักษณะของหัวแบบต่างๆ | 26 |
| รูปที่ 3.22 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัวรหัส 200 | 27 |
| รูปที่ 3.23 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัวรหัส 100 | 27 |
| รูปที่ 3.24 แสดงโครงสร้างของการจัดแบ่งตัวอักษร | 28 |
| รูปที่ 4.1 แสดงตัวอักษรที่คาดว่าเส้นหัวจะตัดกัน | 30 |
| รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอการรับข้อมูลอินพุทตัวอักษรไทยลายมือเขียน | 31 |
| รูปที่ 4.3 แสดงการรู้จำกรณีที่ไม่สามารถแยกแยะได้ | 31 |
| รูปที่ 4.4 แสดงการเขียนที่เร็วเกินไปทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ | 32 |
| รูปที่ 4.5 แสดงปัญหาที่เกิดจากการเขียนตัวอักษรที่เล็กเกินไปจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้ | 33 |
| รูปที่ 4.6 แสดงปัญหาที่เกิดจากการเขียนตัวอักษรที่หยักน้อยเกินไป | 33 |
| รูปที่ 4.7 แสดงปัญหาการเขียนตัวอักษรผิดลำดับ | 34 |
| รูปที่ 4.8 แสดงปัญหาความผิดพลาดในการหาหัวตัวอักษร | 34 |
| รูปที่ 4.9 แสดงปัญหาความผิดพลาดในการตรงกันของฐานไวยากรณ์ | 35 |
| รูปที่ 4.10 แสดงปัญหาการตรงกันของฐานไวยากรณ์ | 35 |
| รูปที่ 4.11 แสดงปัญหาการตรงกันของฐานไวยากรณ์ | 36 |
| รูปที่ 4.12 แสดงการรู้จำตัวอักษร 'ก' | 36 |
| รูปที่ 4.13 แสดงการรู้จำตัวอักษร 'ค' | 37 |
| รูปที่ 4.14 แสดงการรู้จำตัวอักษร 'น' | 37 |
| รูปที่ 4.15 แสดงการรู้จำตัวอักษร 'บ' | 38 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย มีการวิจัยกันมาได้หลายปีมาแล้วแต่ยังมีการพัฒนาไม่มาก ดังนั้นเพื่อที่จะพัฒนาให้การวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยมากขึ้นจึงได้จัดทำงานวิจัยนี้ขึ้น โดยผู้จัดทำได้เห็นความสำคัญของงานวิจัยชิ้นนี้ในส่วนที่จะสามารถนำเอามาใช้กับแอพพลิเคชั่น (Applications) ต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น นำมาใช้ในงานทางด้านเอกสารที่ต่อไปเราไม่ต้องมานั่งพิมพ์งานแค่เพียงเขียนอินพุทตัวอักษรลงไปก็สามารถทำงานทางด้านเอกสารได้แล้ว นอกจากนี้ยังสามารถนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการค้า (Commercial products) ได้อีกด้วย

การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยนั้นจะต้องคำนึงถึงความถูกต้อง ความเร็ว และความสะดวกเป็นหลัก แต่จากงานวิจัยที่ผ่านมายังมีข้อด้อยในเรื่องเหล่านี้อยู่ ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ผู้จัดทำได้ให้ความสำคัญกับหลักการเหล่านี้เป็นอย่างมาก เพื่อให้เป็นระบบที่สะดวกแก่การใช้งานของผู้ใช้และเป็นระบบที่มีทั้งความถูกต้องและความเร็วด้วย

สำหรับกระบวนการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย มีอยู่หลายวิธีการด้วยกัน ดังเช่น การวิเคราะห์โครงสร้าง การวิเคราะห์ทางสถิติ และการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม โดยในปริญญานิพนธ์นี้เราได้เลือกใช้วิธีการทางด้านการวิเคราะห์โครงสร้างเป็นหลัก และใช้ทฤษฎีอื่นๆ มาประกอบด้วย ในส่วนของเนื้อหานั้นจะประกอบไปด้วยส่วนของทฤษฎีสำหรับการรู้จำโดยวิธีแบบวิเคราะห์โครงสร้างเป็นหลัก และทฤษฎีสนับสนุนอื่นๆ นอกจากนี้ก็มีกรรมวิธีการทำงานวิจัยโดยละเอียดรวมทั้งวิจารณ์ผลการทดลองที่ได้กับผลงานวิจัยที่ผ่านมาและคิดเป็นเปอร์เซนต์ความถูกต้องของการรู้จำของตัวอักษรแต่ละตัวด้วย สุดท้ายก็จะทำการสรุปผลงานการวิจัย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาถึงกรรมวิธีของการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยในขณะทำการอินพุทข้อมูลผ่านเมาส์ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว
2. เพื่อให้สามารถรู้จำตัวอักษร ได้โดยเขียนลงที่ว่างล้วน และไม่ต้องกำหนดเป็นช่องเล็กๆ เพื่อบังคับขนาดและทิศทางของตัวอักษรในการเขียนอินพุทข้อมูลของตัวอักษร
3. เพื่อสร้างโปรแกรมการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยโดยใช้ภาษาโปรลอก (Prolog)
4. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษากรรมวิธีในการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยต่อไป

## 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ทำการรับพยัญชนะตัวอักษรภาษาไทยโดยผ่านหน้าจอสำหรับอินพุทและใช้เมาส์ในการลากเขียนตัวอักษร และอินพุทที่ได้จะเป็นเซตของจุด ซึ่งพยัญชนะตัวอักษรที่จะนำมาพิจารณาสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิจัยนี้จะเป็นตัว ก – ฮ ยกเว้น ฃ และ ฅ เนื่องจากเป็นตัวอักษรที่ไม่ค่อยได้ใช้กันมากนักในปัจจุบัน

2. สำหรับการวิเคราะห์ตัวอักษรนั้นใช้หลักการของการวิเคราะห์โครงสร้างเป็นหลักนอกจากนี้ ได้มีการนำเอาวิธีการทางพีชคณิตมาประยุกต์เพื่อช่วยวิเคราะห์จุดต่างๆ ว่าเรียงกันเป็นเส้นตรง หรือเป็นหัวของตัวอักษรซึ่งมีลักษณะเป็นวงรอบ
3. การรู้จำตัวอักษรไทยลายมือเขียนแบบทันทีทันใดนี้ทำการทดสอบด้วยโปรแกรมภาษาโปรลอก (WIN-PROLOG v.4.0.1) ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดว์ 98 (Window98) ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลเพนเทียมทู (Pentium II Processor) และมีความเร็วของ CPU 400 เมกะเฮิร์ต (MHz) หน่วยความจำ (RAM) 64 เมกะบิท (MB)
4. ทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบออกมาเป็นเปอร์เซนต์ว่ามีความถูกต้องเป็นเท่าใด และทำการเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสียของการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยกับผลงานของคุณชาญชัย ดีอ่วม เป็นหลักแล้วนำมาสรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

**1.4** วิธีการดำเนินงาน

1. ทำการสำรวจและศึกษางานของผู้อื่นซึ่งมีทั้งบทความภาษาอังกฤษและบทความภาษาไทย
2. ศึกษาการใช้ภาษาโปรลอกเพื่อใช้เขียนโปรแกรมทดสอบการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย
3. หาทางแก้ไขข้อบกพร่องวิธีการของคุณชาญชัย ดีอ่วม เพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้นโดยใช้วิธีการอื่น
4. วิธีการที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว นำมาออกแบบและพัฒนาใช้ โดยหลักการของแกรมมา (Grammar) เหมือนกันแต่ทางด้านลักษณะองค์ประกอบต่างๆ (Feature) จะไม่เหมือนกันแล้ว
5. ทำการเขียนโปรแกรมทำตามวิธีที่ได้ออกแบบไว้
6. ทดสอบการทำงานของโปรแกรมว่าวิธีการที่ออกแบบมานั้นมีเปอร์เซนต์ความถูกต้องสูงหรือไม่
7. ปรับปรุงวิธีการให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
8. เตรียมรายงาน เอกสารอธิบายโปรแกรม และปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# หลักการและทฤษฎี

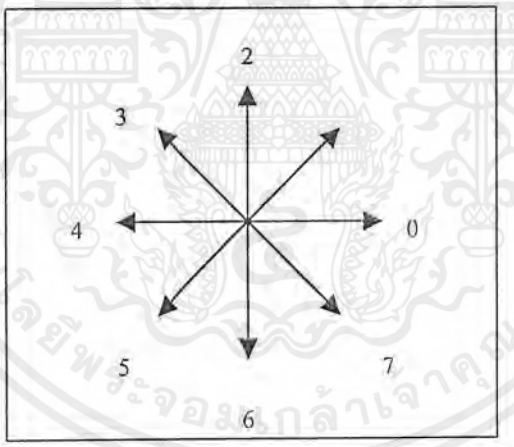
## 2.1 ขั้นตอนการรู้จำเบื้องต้น

### 2.1.1 โครงสร้างเบื้องต้น

ตัวอักษรประกอบด้วยส่วนของเส้นตรงและเส้นโค้งต่างๆ โดยทุกๆ เส้นตรงและเส้นโค้งจะถูกขยายไปทิศทางต่างๆ ที่แน่นอน เส้นโค้งวนเป็นวงรอบ นั้นเรียกว่าลูป (Loop) นอกจากนี้เราจะแสดงลักษณะของเส้นต่างๆ กับส่วนของเส้นตรงและเส้นโค้งกับข้อมูลของทิศทาง สังเกตว่าในการเขียนหนึ่งครั้งจะประกอบด้วยหลายลักษณะของเส้น โดยทั่วไปจะมีอยู่ 5 ลักษณะคือ

- line เส้นตรง (line)
- up เส้นโค้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา
- down เส้น โค้งหมุนตามเข็มนาฬิกา
- loop วงรอบ
- dot จุด

ในการแสดงข้อมูลของทิศทางจะใช้วิธีการหารหัสลูกโซ่แปดทิศของ Freeman's chain code ซึ่งมีค่าทิศทางตั้งแต่ 0-7 ดังรูปที่ 2.1 แสดงรหัสลูกโซ่แปดทิศของ Freeman's chain code




*รูปที่ 2.1 แสดงรหัสลูกโซ่แปดทิศของ Freeman's chain code ค่า 0-7*

ไวยากรณ์ (Grammar) G แสดงโครงสร้างในรูปแบบของสตริง โดยให้ G=(Vt,Vn,P,S) เมื่อ

- Vt = {line,up,down,loop,dot,'{','}',',',0,1,2,3,4,5,6,7} เมื่อค่า 0-7 แสดงรหัสลูกโซ่แปดทิศ
- Vn = {Character,StrokeSet,Stroke,PrimitiveSet,Primitive,LineType,Direction}
- P คือ เซตของ Production rule ดังนี้
  - P = {
    - Character → {StrokeSet}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- StrokeSet → Stroke
- StrokeSet → Stroke, StrokeSet
- Stroke → PrimitiveSet
- PrimitiveSet → Primitive
- PrimitiveSet → Primitive, PrimitiveSet
- Primitive → {LineType, Direction}
- Primitive → loop
- Primitive → dot
- LineType → line | up | down
- Direction → 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7

}

- S คือ สัญลักษณ์เริ่มต้น

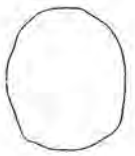
จะเห็นว่าไม่มีค่าของทิศทางในกลุ่มของจุด (dot) และลูป (loop) ซึ่งจะเห็นว่าทิศทางของเส้นตรงและเส้นโค้งจะขึ้นอยู่กับจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย ดังรูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างอักษรที่อยู่ในรูปของสตริง(String)

*รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างอักษรที่อยู่ในรูปของสตริง(String)*

2.1.2 โมเดลเซต

ก่อนที่ทำการรู้จำนั้น จะต้องทำการกำหนดแบบอักษรของที่สัมพันธ์กันเป็นชุดตัวอักษรเดียวกัน (Character Set) จะเห็นว่าทุกโมเดลของตัวอักษรที่ควรจะแตกต่างกัน หรืออาจกล่าวได้ว่าจะไม่มี 2 โมเดลที่มีจำนวนของการเขียนที่เหมือนกันและลำดับของลักษณะเส้นที่เหมือนกันในแต่ละครั้งของการเขียน ด้วยความแตกต่างของชุดอักษรหรือตัวอักษรตัวเดียวกันที่มีหลายๆ โมเดล โดยจำนวนของโมเดลขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของการเขียนของแต่ละโครงสร้างของตัวอักษรนั้นๆ ดังรูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างแบบอักษรของแต่ละชุดตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก). 'O' มี 1 โมเดล

(ข). 'O' มี 5 โมเดล

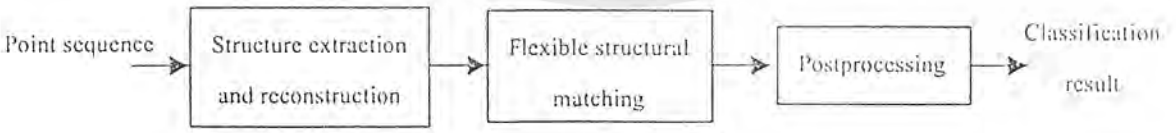
(ค). '5' มี 9 โมเดล

*รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างแบบอักษรของแต่ละชุดตัวอักษร*

ในรูปที่ 2.3 มีบางโมเดลที่มีลักษณะคล้ายกันมากแต่มีจำนวนของการเขียนที่แตกต่างกัน ในบางกรณีอาจจะสามารถที่จะรวมการเขียนนั้นเข้าด้วยกันและด้วยเหตุนี้จึงสามารถลดจำนวนของโมเดลลงได้ในเซตของแบบอักษรแต่ละตัว

**2.1.3 ขั้นตอนการรู้จำ**

หลังจากที่เราได้ทำการเขียนตัวอักษรลงบนหน้าจอรับอินพุทแล้ว จะได้ข้อมูลที่ต่อเนื่องกันเป็นลำดับ ในขั้นตอนการรู้จำตัวอักษรนั้นอย่างแรกต้องทำการหาลักษณะโครงสร้างเส้นจากลำดับข้อมูลที่ต่อเนื่องเหล่านั้นเป็นโครงสร้างเบื้องต้น ในการนำกลับมาสร้างใหม่ บางอย่างอาจจะต้องการทำตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยโครงสร้างสุดท้ายจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแบบที่อยู่ในเซตของแบบ และหาโมเดลที่เข้ากันได้ (Match) อย่างไรก็ตามในบางครั้งอาจไม่ได้ผลชัดเจน ดังนั้นจึงต้องการวิธีการที่จะมาช่วยในการแยกแยะ ดังรูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการรู้จำ



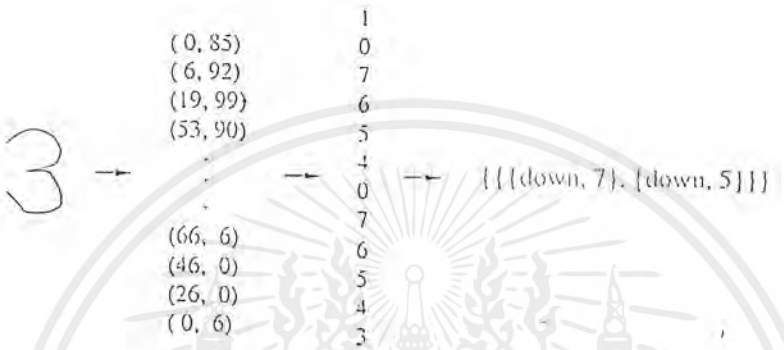

*รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการรู้จำ*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.2 การหาโครงสร้างเส้นและการสร้างกลับคืน**

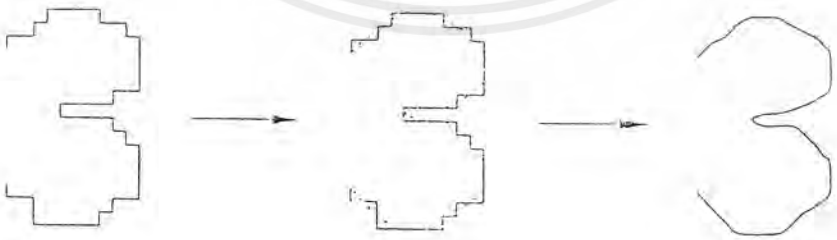
**2.2.1 การหาโครงสร้างของเส้น**

ตัวอักษรแต่ละตัวนั้นอาจจะมีการเขียนที่ยกปากกาหนึ่งครั้งหรือมากกว่าหนึ่งครั้ง แต่ละครั้งจะประกอบด้วยจำนวนของจุดที่ไปตามทิศทางของการเขียนแล้วแต่ละลักษณะของการเขียนแต่ละคน แต่ละคู่ลำดับจะทำให้ได้ทิศทาง โดยจุดที่ไปในทิศทางเดียวกันนั้นจะสามารถทำการจัดกลุ่มให้เป็นเส้นเดียวกัน หรือในทางตรงกันข้ามถ้ามีมุมหักไปมาระหว่างที่ทำการเขียน ก็จะทำการแสดงโดยหลายๆ เส้น ดังรูปที่ 2.5 แสดงขั้นตอนของการหาโครงสร้างของตัวเลข 3




*รูปที่ 2.5 แสดงขั้นตอนของการหาโครงสร้างของตัวเลข 3*

ในทางปฏิบัติ ผู้เขียนบางคนอาจจะมีลักษณะการเขียนที่รู้จำยาก โดยมากแล้วมักเกิดจากพฤติกรรมของผู้เขียน เช่น การเขียนย้อนกลับ หรือ การเขียนที่ไม่เป็นไปตามลำดับ อย่างไรก็ตามอาจจะเกิดจากฮาร์ดแวร์ที่มีคุณภาพต่ำ เป็นผลให้เกิดเส้นที่ยัก ในการที่จะแก้ไขปัญหานั้นทำได้โดยการหาจุดกึ่งกลางของเส้นยักเหล่านั้นและทำการเชื่อมเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 2.6 แสดงการกำจัดเส้นยักระหว่างการหาโครงสร้าง



*รูปที่ 2.6 แสดงการกำจัดเส้นยักระหว่างการหาโครงสร้าง*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2 การสร้างโครงสร้างกลับคืน

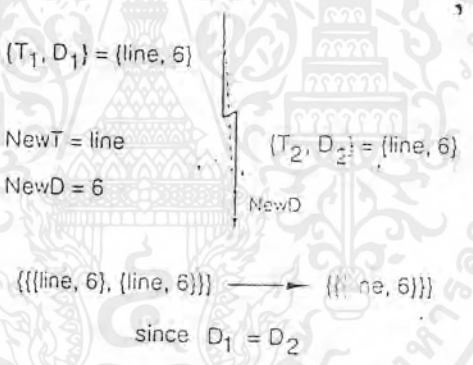
หลังจากที่ได้โครงสร้างเบื้องต้น จากนั้นคือการที่รวมเส้นตรง และเส้นโค้ง เข้าด้วยกันภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด หรือหาโครงสร้างที่เป็นวงรอบ จากโครงสร้างเบื้องต้นนั่นเอง

**1. การยุบเส้นตรงและเส้นโค้ง**

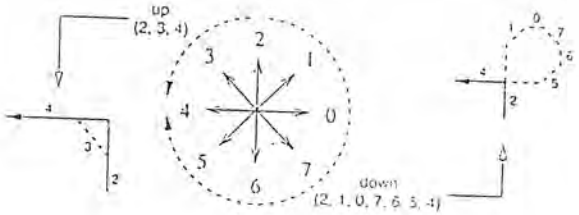
ในบางครั้งการเขียนอาจจะเกิดการสะดุด ตลอดจนฮาร์ดแวร์มีคุณภาพต่ำ ขั้นตอนในการแก้ไขนั้น จะต้องทำการเปรียบเทียบคู่ลำดับที่ต่อเนื่องกันแต่ละคู่ ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด ก็จะทำการรวมลักษณะเส้นนั้นเข้าด้วยกันให้เป็นรูปแบบเดียวกัน ดังในตารางที่ 2-1 แสดงเงื่อนไขการรวมลักษณะเส้นเข้าด้วยกัน

| ลักษณะเส้นที่ 1 {T1,D1} | ลักษณะเส้นที่ 2 {T2,D2} | เงื่อนไข | ลักษณะเส้นใหม่ {NewT,NewD} |
|---|---|---|---|
| {line,D1} | {line,D2} | D1=D2 | {line,D2} |
| {up,D1} | {up,D2} | T1=T2=jointType | {T1,NewD} |
| {down,D1} | {down,D2} | T1=T2=jointType | {T1,NewD} |

*ตารางที่ 2-1 แสดงเงื่อนไขการรวมลักษณะของเส้น*




*รูปที่ 2.7 แสดงการรวมเส้น 2 เส้นเข้าด้วยกัน*



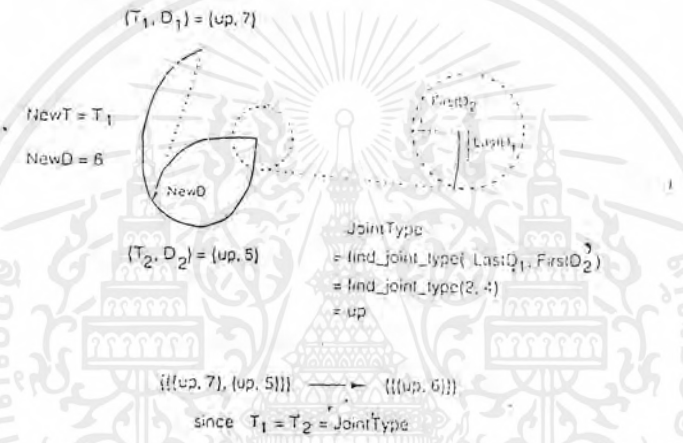

*รูปที่ 2.8 แสดงทางเลือกที่เป็นจาก 2 ไปยัง 4*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

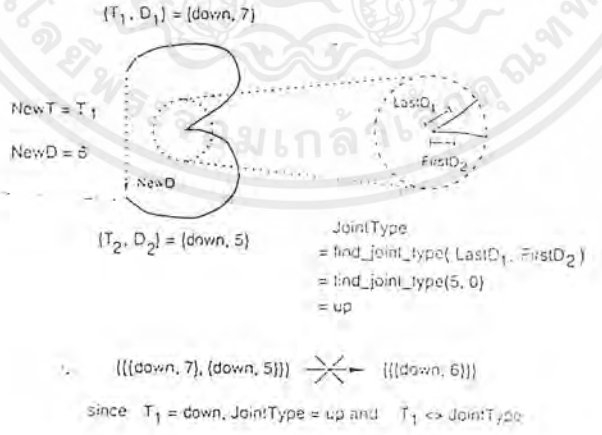
จะเห็นว่า T1 และ T2 แสดงชนิดของลักษณะเส้นและ D1 และ D2 แสดงทิศทาง ลักษณะของเส้นใหม่ให้เป็น NewT และทิศทางใหม่เป็น NewD ในตารางที่ 2-1 แสดงการรวมเส้น 2 เส้นเข้าด้วยกัน โดยเส้นเหล่านั้นจะต้องมีทิศทางในทางเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7

ในการรวมเส้นโค้ง ที่มีความซับซ้อนไม่มากนั้น อย่างแรกต้องทำการกำหนดชนิดที่จะทำการเชื่อมต่อเส้นโค้งนั้น ซึ่งถูกอธิบายว่าเส้นโค้งนั้นมีการเชื่อมต่ออย่างไร เช่น ถ้าทิศทางของเส้นสุดท้ายมีลักษณะของเส้นเป็น 2 และต่อไปเป็น 4 นั่นคือการเปลี่ยนจาก 2 ไปยัง 4 ดังแสดงในรูปที่ 2.8 มี 2 ทางเลือกที่จะเปลี่ยนจาก 2 ไปยัง 4 ในที่นี้จะเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด ดังนั้นจะได้ว่า JointType = find_joint_type(2,4) = up

การเปรียบเทียบค่าของ JointType ด้วยชนิดของเส้นโค้งทั้งสอง คือ up และ down จากนั้นพิจารณาว่าเมื่อไรที่สามารถที่จะรวมเส้นโค้งเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างว่าเมื่อไรที่สามารถรวมเส้นโค้งเข้าด้วยกันและเมื่อไรที่ไม่สามารถรวมกันได้




*(ก)เส้นโค้ง 2 เส้นที่สามารถรวมเข้าด้วยกัน*




*(ข)เส้นโค้ง 2 เส้นที่ไม่สามารถเข้าด้วยกัน*

*รูปที่ 2.9 แสดงตัวอย่างว่าเมื่อไรที่สามารถรวมเส้นโค้งเข้าด้วยกันและเมื่อไรที่ไม่สามารถรวมกันได้*

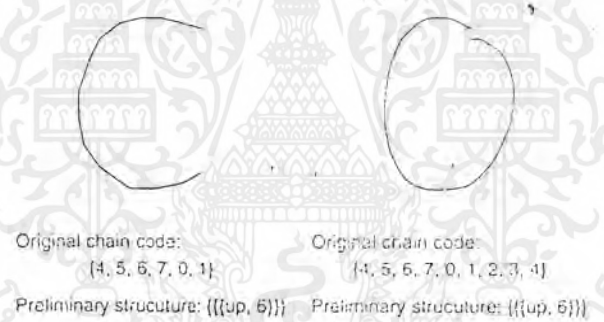
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากขั้นตอนนี้ เซตของตัวอักษรซึ่งมีตำแหน่งของจุดที่เบาบางลง สามารถที่นำมาจัดกลุ่มโครงสร้างที่สัมพันธ์กันได้ ในรูปที่ 2.10 แสดงตัวเลข 3 ต่างๆ กัน ซึ่งมีโครงสร้างเดียวกัน

*รูปที่ 2.10 แสดงตัวเลข 3 ต่างๆ กันที่มีโครงสร้างเดียวกัน*

2. การหาวงรอบ

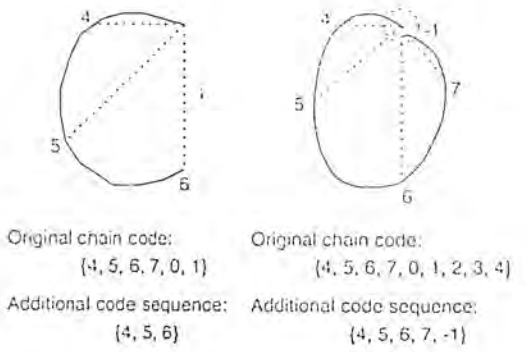
ตามที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่ามีเพียงข้อมูลอินพุทที่เป็นลำดับของจุดต่างๆ : โดยการตรวจสอบตำแหน่งที่สำคัญของลำดับจุดจะได้รหัสลูกโซ่แปดทิศ ซึ่งเป็นการบอกถึงการเปลี่ยนแปลงจุดต่างๆ อย่างไรก็ตามรหัสลูกโซ่นั้นจะหาได้เพียงข้อมูลเส้นตรงและเส้นโค้งเท่านั้น ไม่สามารถหาวงรอบได้ ในรูปที่ 2.11 แสดงความแตกต่างของตัวอักษร c และ o ที่มีโครงสร้างที่เหมือนกัน




*รูปที่ 2.11 แสดงตัวอักษรต่างกันที่มีโครงสร้างเหมือนกัน*

นอกจากนั้นข้อมูลของทิศทางระหว่างลำดับของจุดที่ต่อเนื่อง อาจจะสามารถหาได้ด้วยการวัดข้อมูลทิศทางของบางจุดไปยังจุดเริ่มต้นซึ่งจะได้การเพิ่มรหัสต่อเนื่องเป็นลำดับ(Additional code sequence) โดยการคำนวณหาเหมือนการหารหัสลูกโซ่ที่ผ่านมา โดยค่า –1 จะเป็นค่าที่นำมาใช้เมื่อระยะทางระหว่างจุดปัจจุบันและจุดที่เริ่มต้น เป็นค่าที่น้อยกว่าค่าเทรดโฮด ก็จะเป็นวงรอบ ในรูปที่ 2.12 แสดงการหารหัสเพิ่มเป็นลำดับ ที่ช่วยในการตรวจสอบวงรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 2.12 การตรวจสอบวงรอบ*

โดยทั่วไปวงรอบจะถูกพบใน 3 ตำแหน่งที่แตกต่างกันของการเขียน

1. จุดเริ่มต้น
2. จุดกึ่งกลาง
3. จุดสุดท้าย

ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.13 เมื่อวงรอบอยู่ที่จุดเริ่มต้นของการเขียนนั้นตามที่ได้กล่าวข้างต้นก็จะสามารถตรวจสอบได้เมื่อเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อวงรอบนั้นเกิดขึ้นที่จุดกึ่งกลางหรือจุดสุดท้ายของการเขียน ใน 2 กรณีนี้มักจะมีการเกิดการขึ้นลงบ่อยครั้งของการเพิ่มรหัสลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.13 แสดงตำแหน่งต่างๆ ที่เกิดวงรอบ

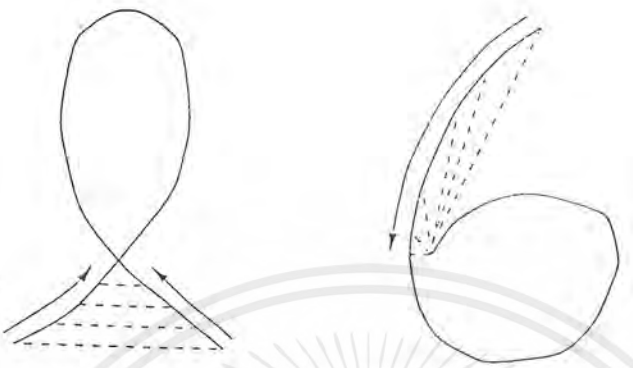
*(ก)ที่จุดเริ่มต้น* *(ข)ที่จุดกึ่งกลาง*

*(ค)ที่จุดสุดท้าย*

*รูปที่ 2.13 แสดงตำแหน่งต่างๆ ที่เกิดวงรอบ*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวงรอบอยู่ในจุดกึ่งกลางของการเขียน เราสามารถที่จะตรวจสอบวัดระยะทางระหว่างจุดปลายทั้งสองข้าง และเลื่อนเข้าไปข้างในจนกว่าระยะทางนั้นจะน้อยกว่าค่าเทรดโฮด นั่นคือ จะเป็นวงรอบ อีกกรณีที่จะพบวงรอบอยู่ที่จุดสุดท้ายของการเขียน เราจะทำการเช่นเดียวกันกับวิธีการข้างต้นแต่จะทำการกำหนดไว้ที่จุดสุดท้ายดังแสดงในรูปที่ 2.14



*(ก)หาวงรอบจากจุดกึ่งกลาง* *(ข)หาวงรอบจากจุดสุดท้าย*

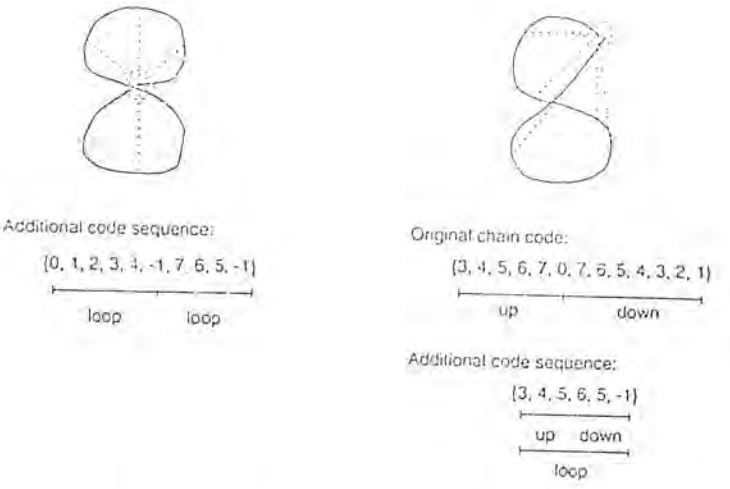
*รูปที่ 2.14 แสดงตำแหน่งต่างๆ ที่เกิดวงรอบ*

โดยทั่วไปสามารถที่จะตรวจสอบวงรอบ ด้วยวิธีขั้นต้นตามที่กล่าวมา หรือการรวมบางอย่างเข้าด้วยกัน เช่น ตัวอักษร 'g' ประกอบด้วย วงรอบทั้งที่จุดเริ่มต้นและในจุดกึ่งกลาง ดังนั้นจึงใช้ทั้ง 2 วิธีการจากการหาวงรอบขั้นต้น ในรูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างในการใช้ 2 วิธีการวงรอบจากการเขียน

*รูปที่ 2.15 การรวมใช้หลายวิธีการที่จะหาวงรอบจากการเขียน*

การตรวจสอบวงรอบไม่เสมอไปที่จะเป็นวงรอบอาจจะมีตัวอักษรบางตัวที่ต้องใช้วิธีที่หาโดยเฉพาะ บางครั้งจุดเริ่มต้นในการเขียนอาจมีผลกระทบต่อการหาวงรอบ ตัวอย่างเช่น ถ้าจุดเริ่มต้นอยู่ใกล้จุดศูนย์กลางของเลข 8 ซึ่งมี 2 วงรอบ จะพบค่า –1 จำนวน 2 ค่าของการเพิ่มรหัสสำดับ อย่างไรก็ตามถ้าจุดเริ่มต้นอยู่ด้านบนของเลข 8 ใกล้จุดเริ่มต้นของการเขียนจะพบค่า –1 เพียงค่าเดียวเท่านั้น นั่นคือมีเพียงวงรอบเดียว ซึ่งเหมือนกันกับการขึ้นลงของรหัสลูกโซ่และการเพิ่มรหัสลำดับ ซึ่งจะเป็นการบอกได้เป็นนัยๆ ว่านั่นเป็น 2 วงรอบ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*(ก).พบ 2 วงรอบ* *(ข).พบ 1 วงรอบ*

***รูปที่ 2.16 วิธีการเดิมที่แยกออกมาในการตรวจหาวงรอบจากจุดเริ่มต้น***

จาก 2 กรณีข้างต้น จะเห็นว่ามี 2 วิธีที่ใช้มีหลายๆ วิธีที่จะนำมาทำการตรวจสอบหาวงรอบจากจุดเริ่มต้นของการเขียน โดยทั่วไปจะใช้หลัก 3 หลักที่แสดงในรูปที่ 2.13 เป็นวิธีการที่เพียงพอต่อการหาวงรอบของตัวอักษรแล้ว

2.3 โครงสร้างการแมชชิ่งแบบยืดหยุ่น

หลังจากการที่ทำการหาโครงสร้างของตัวอักษร จากนั้นจะทำการหาการเข้าคู่กับเซตของแบบอักษร อย่างไรก็ตามวิธีการเขียนและความเคยชินในการเขียนของผู้เขียนที่ต่างกันนั้นจะให้แบบอักษรตัวเดียวกันหลายๆ แบบในชุดตัวอักษรเดียวกันนั้นไม่ผิดปกติอะไร แต่ขั้นตอนในการเพิ่มอัตราการรู้จำ คือ ต้องลดค่าหลากหลายรูปร่างให้น้อยลงและหาทางที่จะประมาณค่าในการเข้าคู่

โดยส่วนใหญ่โครงสร้างของการเข้าคู่นั้นจะใช้วิธีการของกราฟกันอย่างมาก วิธีการในปริญญานิพนธ์นี้จะแสดงด้วยสตริง โดยมีอัลกอริทึมดังนี้

อัลกอริทึม โครงสร้างแมชชิ่งแบบยืดหยุ่น

1. โหลดเซตของแบบอักษรลงใน Z
2. หาโครงสร้างของตัวอักษรที่นำมาทดสอบลงใน C
3. กำหนดระดับการแปลงรูป ให้ L=1
4. ให้ S เป็นเซตของตัวอักษรคู่แข่งและ S=deform(L,C)
5. ให้ M เป็นเซตที่เข้าคู่ และ M=match(Z,S)
6. ถ้า M ไม่ว่าง คืนค่า M และถ้าไม่ใช่ L=L+1
7. ถ้า L มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าสูงสุดของระดับการแปลงรูป กลับไปที่ข้อที่ 4. ถ้าไม่ใช่ ให้ออกและรายงานว่าหาไม่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังการโหลดเซตของแบบอักษร และทำการหาโครงสร้างของอักษรที่นำมาทดสอบ จากนั้นเริ่มทำการหาการเข้าคู่ โดยเริ่มจากการเปรียบเทียบตัวอักษรที่ไม่ทราบค่าเปรียบเทียบกับเซตของอักษรต้นแบบ อย่างน้อย 1 คู่ที่เข้ากัน ถ้าพบจะรายงาน ถ้าไม่พบเราจะใช้การแปลงรูปร่างเพื่อทดสอบโครงสร้างเพื่อที่จะหาโอกาสที่จะพบมากขึ้น เมื่อรูปร่างที่ถูกแปลงทั้งหมดถูกค้นหาจนหมด และไม่พบ ก็จะทำการรายงานว่าไม่พบ

โครงสร้างการแปลงมีอยู่ 4 ระดับ ที่จะเน้นการค้นหาที่จะหยุดเมื่อมีคู่ที่เหมาะสมเข้ากันได้ ตัวอย่างเช่นในการเขียนตัวอักษรน่าจะได้รับการจำแนกที่ถูกต้อง ในระดับแรกที่ทำการเข้าคู่ อย่างไรก็ตามขั้นตอนลำดับวิธีการโดยทั่วไปของปริญญานิพนธ์นี้ จะใช้ตัวอักษรที่ง่ายที่แสดงดังตัวอย่าง

1. ไม่มีการแปลงรูป คือ แบบทดสอบนั้นเหมือนกับต้นแบบอย่างชัดเจน
2. ชนิดของเส้นที่แปลงรูป คือ เมื่อมีความไม่ชัดเจนในการเข้าคู่ จะมีเส้นหลายชนิดที่พยายามหาการประมาณการเข้าคู่ ในระหว่างที่ทำเส้นอาจจะถูกแปลงไปเป็นชนิดที่ใกล้เคียงกัน เช่น up และ down (ซึ่ง line อยู่ตรงกลางระหว่าง up และ down) อย่างไรก็ตาม up สามารถที่จะเปลี่ยนเป็น line แต่ไม่เป็น down (ซึ่ง line ติดอยู่กับ up เท่านั้น) ทำนองเดียวกันทำกับ down เช่นเดียวกัน
3. การแปลงรูปตามทิศทาง ในทำนองเดียวกัน เราก็นำวิธีการเดิมมาใช้กับการแปลงตามทิศทาง ในการทำเราจะหาโค้ดที่ใกล้เคียงกับตัวใดตัวหนึ่ง เช่น {line,5} อยู่ใกล้กับ {line,4} หรือ {line,6}
4. ชนิดที่เกิดขึ้นพร้อมกัน และการแปลงทิศทาง เมื่อไม่สามารถพบรูปแบบที่ถูกต้องในขั้นตอนก่อนหน้านี้ได้ เราจะทำการหาพิจารณาจากรูปแบบที่ใกล้เคียงโดยใช้ข้อมูลที่แปลงจากชนิดของเส้นที่แปลงรูปตามทิศทางทั้งสองอย่าง ผลที่ได้จะมีจำนวนของรูปแบบที่มากขึ้นซึ่งเกิดจากการแปลงรวมกัน สำหรับตัวอย่างของอักษรบางตัวอาจมีรูปแบบที่เกิดขึ้นจากการแปลงถึง 80 รูปแบบ
5. จะเห็นว่าผลที่ได้นั้นมีแนวโน้มที่จะผิดพลาดถ้ามีความยืดหยุ่นมากเกินไป ดังนั้นอาจจะต้องเพิ่มบางขั้นตอนที่จะตรวจสอบคำตอบถ้ากำหนดข้อมูลหลักที่ได้ให้แคบลงก็จะเข้าคู่

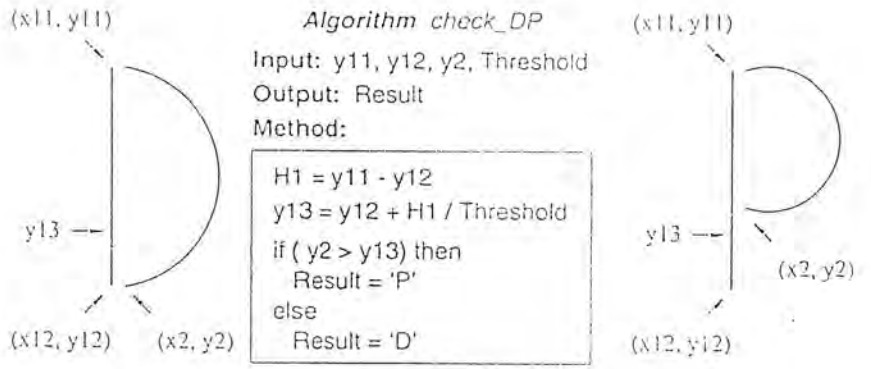
**2.4 ขั้นตอนหลังการรู้จำ**

จากโครงสร้างการแมชชิ่งแบบยืดหยุ่น ซึ่งจะมีตัวที่ไม่ชัดเจนเกิดขึ้นเราให้เลือกตัวอักษรจากรายงานทั้งหมดที่มีในกรณีที่ไม่ชัดเจนเป็นคำตอบ หรือเพิ่มขั้นตอนหลังการรู้จำ ที่จะกำหนดความน่าจะเป็นที่จะเลือกจากข้อมูลที่เพิ่มขึ้น

โดยทั่วไปจะมี 2 ชนิดที่ไม่ชัดเจน คือ

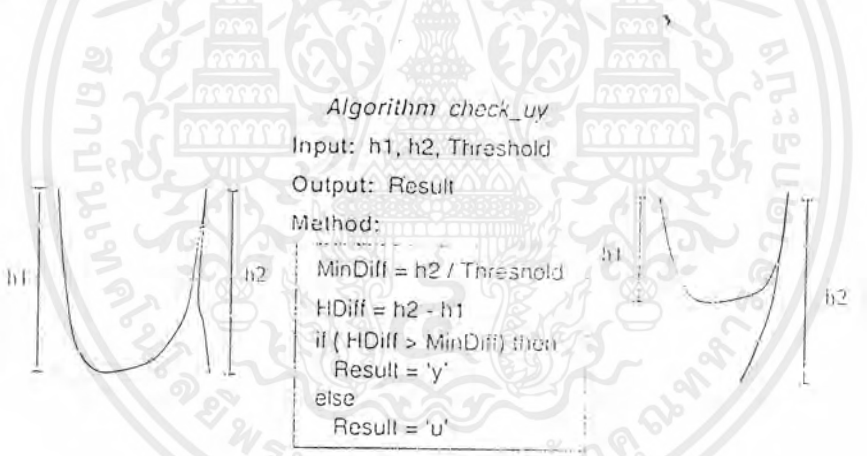
1. บางชุดของตัวอักษรมีโครงสร้างที่เหมือนกัน เช่น 'D' และ 'P' มักจะถูกจัดให้มีโครงสร้าง {{line,6}},{{down,6}} ในขั้นตอนการแยกความแตกต่างระหว่าง 2 ตัวอักษรนี้ เราจะพิจารณาตำแหน่งความสัมพันธ์ของการเขียนทางด้านแนวตั้ง และเส้นโค้ง ดังแสดงในอัลกอริทึมในรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 2.17 อัลกอริทึมที่หาความแตกต่างระหว่าง 'D' และ 'P'*

2. บางชุดของตัวอักษร นั้นมีความคล้ายกัน ผลที่ได้นั้นจะไม่ชัดเจน ตัวอย่างเช่น '1' และ '7' , 'A' และ 'H' , 'u' และ 'y' และอื่นๆอีก ในรูปที่ 2.18 แสดงอัลกอริทึมที่แยกระหว่าง 'u' และ 'y' สำหรับในกรณีนี้จะสังเกตจากความแตกต่างระหว่าง 2 เส้นที่เปลี่ยนเป็นสำคัญ



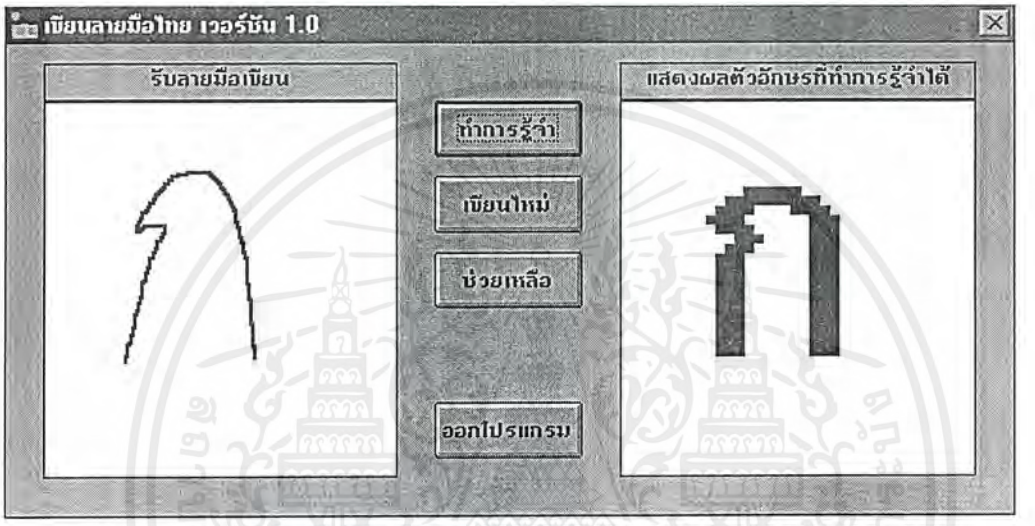

*รูปที่ 2.18 อัลกอริทึมที่หาความแตกต่างระหว่าง 'u' และ 'y'*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# ขั้นตอนการดำเนินการรู้จำและการออกแบบระบบ

## 3.1 ขั้นตอนการรับอินพุท

การรับอินพุทนั้นจะทำการรับโดยให้ผู้ทดสอบเขียนตัวอักษรลงบนหน้าจอกราฟิก(Grafix) ที่กำหนดไว้ให้ และใช้เมาส์สำหรับการเขียนตัวอักษร สำหรับข้อมูลที่ได้รับมานั้นจะเป็นเซตของจุด ซึ่งแต่ละจุดจะมีค่าเป็นคู่ลำดับ X และ Y ที่เรียงกันไปตามลักษณะที่เราเขียนลงไป ดังรูปที่ 3.1 แสดงการรับข้อมูลผ่านหน้าจอกราฟิกที่กำหนดไว้และแสดงจุดที่รับมาได้



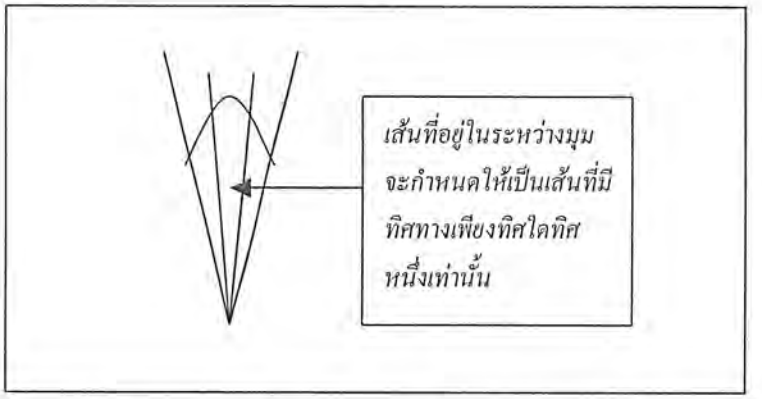

*Points List = [p(47,25),p(53,33),p(59,41),p(65,49),p(73,57),p(81,69),p(87,77),p(89,85),p(91,91), p(93,93),p(94,95),p(95,96),p(96,98),p(97,100),p(98,101),p(99,103),p(101,104),p(101,105)]*

*รูปที่ 3.1 แสดงการรับข้อมูลผ่านหน้าจอกราฟิกที่กำหนดและแสดงจุดที่รับมาได้*

## 3.2 ขั้นตอนการสร้างองศาจากจุดเพื่อนำมาแปลงให้เป็นข้อมูลเส้นตรง

การสร้างองศาจากข้อมูลของจุดนั้นใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีการหาค่าของมุมที่จุดต่างๆ กระทำกับจุดเริ่มต้นซึ่งเราจะนำเอาค่าองศาที่ได้มานี้มาทำการแบ่งข้อมูลจุดต่างๆ เหล่านั้นให้เป็นเส้นตรงที่มีทิศทางและขนาดเป็นช่วงของค่าคงที่ค่าหนึ่ง โดยค่าคงที่ค่านี้อาจเรียกว่าเป็นค่าเทรดโฮด ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่ค่าของมุมที่จุดนั้นๆ กระทำกับจุดเริ่มต้นมีค่ามากกว่าค่าเทรดโฮลที่ตั้งไว้ ก็จะทำการเลือกพิกัด ณ จุดนั้นเป็นจุดปลายของเส้นตรงที่มีจุดเริ่มต้นของเส้นตรงที่จุดเริ่มแรกของการเขียนข้อมูล จากนั้นก็ทำการเปลี่ยนแปลงค่าของจุดเริ่มต้นของการพิจารณามุมกับจุดต่อๆ ไปใหม่โดยให้เป็นจุดที่ได้ทำการตัดเป็นครั้งสุดท้าย โดยความเปลี่ยนแปลงขององศาที่หาได้จากจุดเริ่มต้นใหม่กับจุดแต่ละจุดที่รับต่อเข้ามาก็จะสามารถตัดให้เป็นเส้นตรงที่มีมุมอยู่ในช่วงของค่าเทรดโฮดที่เรากำหนดไว้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยในขั้นตอนนี้เราจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นเส้นตรงที่มีค่าของมุมหน่วยเป็นองศาที่แต่ละเส้นกระทำกับจุดเริ่มต้นของตัวเอง ดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 3.2 แสดงการสร้างองศาจากจุดเพื่อนำมาแปลงให้เป็นเส้นตรง*

**3.3** ขั้นตอนการสร้างรหัสลูกโซ่แปดทิศ

การสร้างรหัสลูกโซ่แปดทิศเป็นการกำหนดทิศทางให้กับเส้นแต่ละเส้นที่ได้ทำการตัดออกมาจากขั้นตอนที่แล้วโดยมีการกำหนดว่าทิศทางแต่ละทิศของรหัสลูกโซ่แปดทิศจะสามารถแบ่งออกให้อยู่ในช่วงของมุมที่มีขนาดต่างๆ ตามตารางที่ 3-1

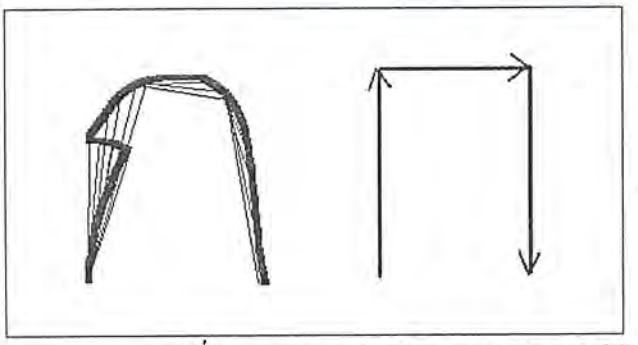
| รหัสลูกโซ่แปดทิศ | ค่าของมุม (องศา) |
|---|---|
| ทิศตะวันออก แทนด้วยเลข 0 | อยู่ระหว่าง 340 ถึง 0 และ 1 ถึง 23 |
| ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ แทนด้วยเลข 1 | อยู่ระหว่าง 23 และ 69 |
| ทิศเหนือ แทนด้วยเลข 2 | อยู่ระหว่าง 70 และ 112 |
| ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ แทนด้วยเลข 3 | อยู่ระหว่าง 113 และ 159 |
| ทิศตะวันตก แทนด้วยเลข 4 | อยู่ระหว่าง 160 และ 202 |
| ทิศตะวันตกเฉียงใต้ แทนด้วยเลข 5 | อยู่ระหว่าง 203 และ 249 |
| ทิศใต้ แทนด้วยเลข 6 | อยู่ระหว่าง 250 และ 292 |
| ทิศตะวันออกเฉียงใต้ แทนด้วยเลข 7 | อยู่ระหว่าง 293 และ 339 |

*ตารางที่ 3-1 แสดงรหัสลูกโซ่แปดทิศกับค่าของมุมแต่ละทิศ*

จากตารางที่ 3-1 จะเห็นว่ามุมที่เรากำหนดขึ้นเพื่อเป็นขอบเขตของทิศแต่ละทิศของรหัสลูกโซ่แปดทิศนั้นทำให้เราสามารถที่จะยุบเส้นที่มีค่าของมุมที่มีช่วงอยู่บริเวณเดียวกันเข้าเป็นเส้นเดียวกันได้ ซึ่งเป็นการแปลงข้อมูลอีกขั้นหนึ่ง ซึ่งเส้นตรงที่เราทำการแปลงออกมาได้ในขั้นตอนนี้จะเป็นเส้นตรงที่มีทิศทางอยู่เพียงแปดทิศเท่านั้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.3 แสดงการแปลงข้อมูลของตัวอักษร 'ก' ให้อยู่ในรูปของรหัสลูกโซ่แปดทิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

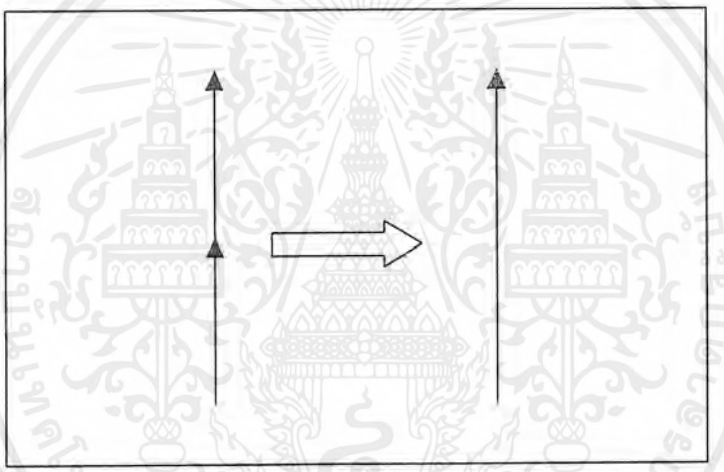
*(สามารถแปลงได้เป็นเส้นตรง 3 เส้นคือ เส้นตรงในทิศเหนือ เส้นตรงในทิศตะวันออก และ เส้นตรงในทิศใต้ ตามลำดับ)*

*รูปที่ 3.3 แสดงการแปลงข้อมูลของตัวอักษร 'ก' ให้อยู่ในรูปของรหัสลูกโซ่แปดทิศ*

**3.4** ขั้นตอนการยุบเส้น

ในขั้นตอนของการยุบเส้นนี้ เราได้ทำการยุบเส้นที่มีทิศทางที่แตกต่างกัน ที่ได้จากการแปลงเป็นรหัสลูกโซ่แปดทิศแล้ว โดยมีการยุบเส้นในแบบต่างๆ หลายแบบดังต่อไปนี้

3.4.1 การยุบเส้นตรง 2 เส้นที่ต่อเชื่อมกันและมีทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 3.4

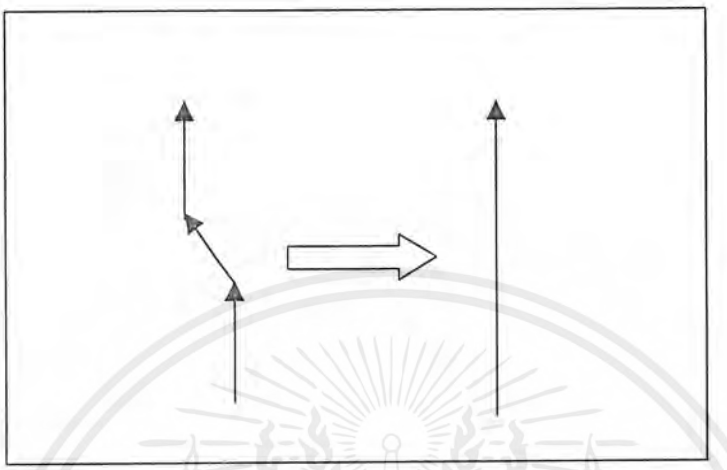


*รูปที่ 3.4 แสดงการยุบเส้นตรง 2 เส้นที่ต่อเชื่อมกันและมีทิศทางเดียวกัน*

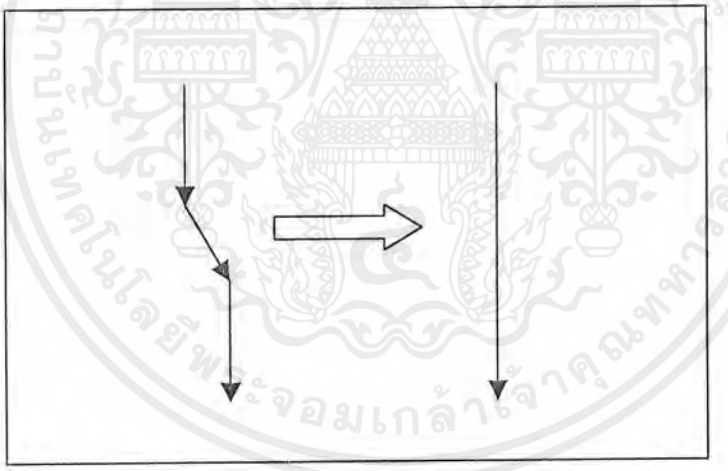
37054

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การยุบเส้นตรง 3 เส้นที่ต่อเชื่อมกัน โดยมีเส้นตรงสองเส้นมีทิศทางเดียวกันและมีเส้นตรงอีกหนึ่งเส้นที่มีทิศทางต่างออกไปขั้นกลางระหว่างสองเส้นนั้น ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายกรณีดังรูปที่ 3.5 ถึง 3.12

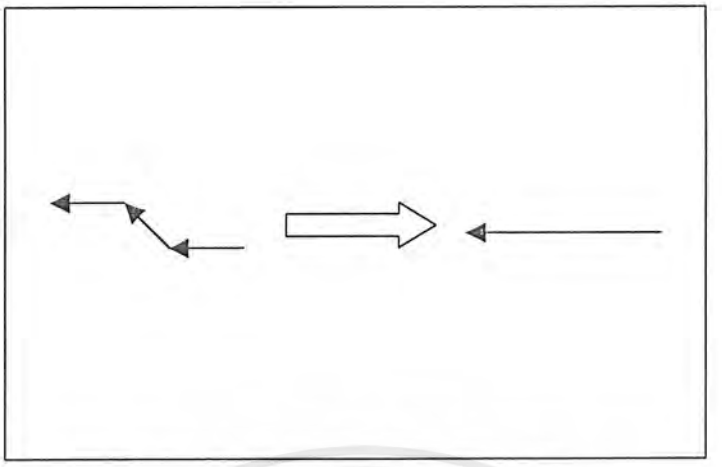


*รูปที่ 3.5 แสดงการยุบเส้นในแนวใต้ไปเหนือ*

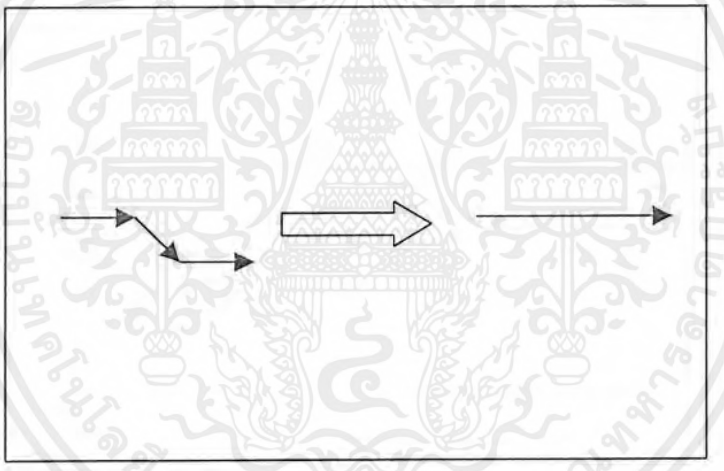


*รูปที่ 3.6 แสดงการยุบเส้นในแนวเหนือไปใต้*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

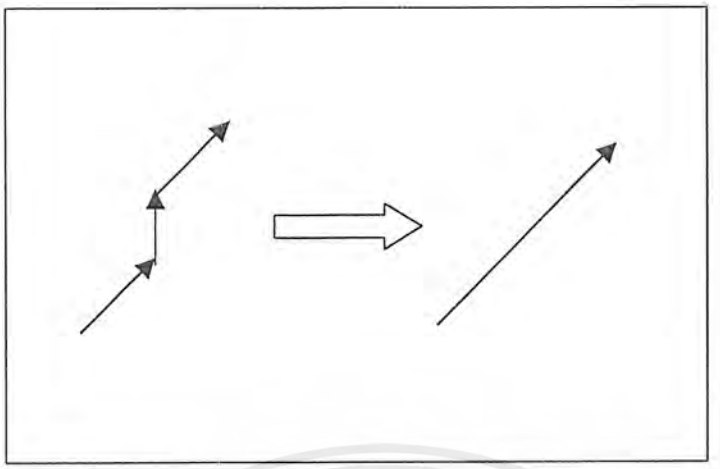


*รูปที่ 3.7 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันออกไปตะวันตก*

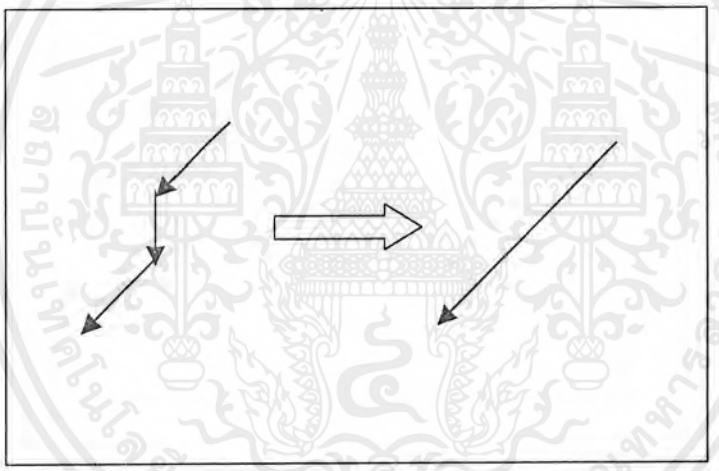


*รูปที่ 3.8 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันตกไปตะวันออก*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

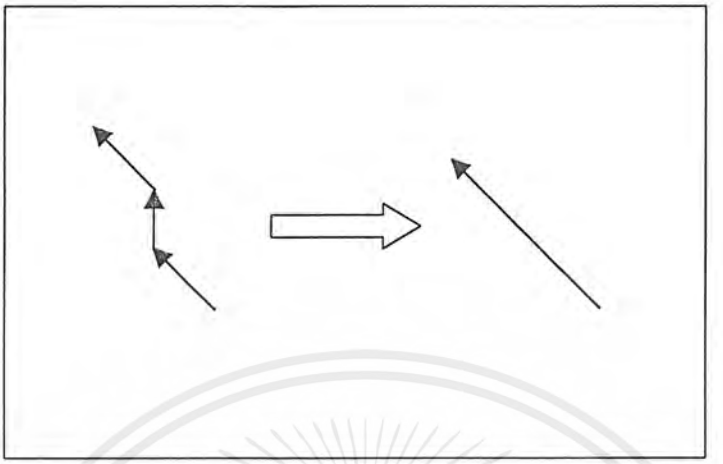


*รูปที่ 3.9 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันตกเฉียงใต้ไปตะวันออกเฉียงเหนือ*

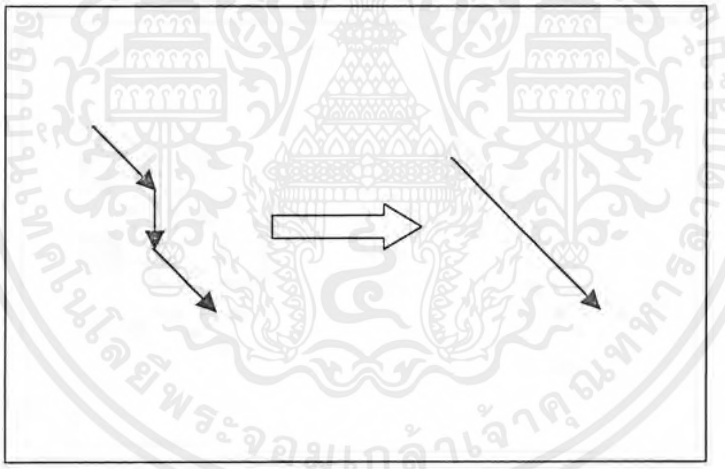


*รูปที่ 3.10 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันออกเฉียงเหนือไปตะวันตกเฉียงใต้*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



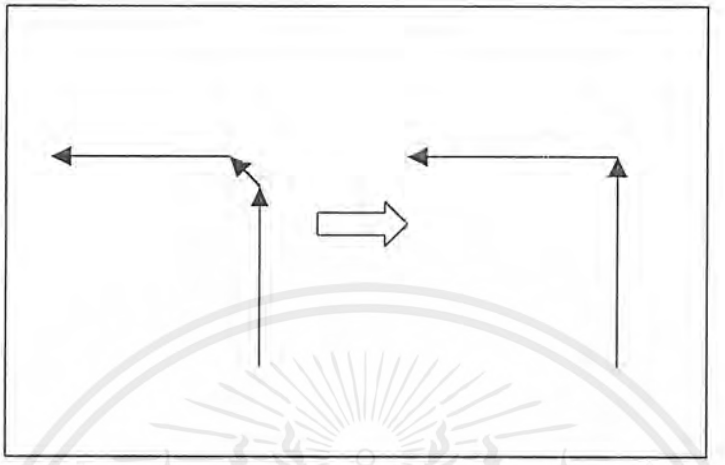
*รูปที่ 3.11 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันออกเฉียงใต้ไปตะวันตกเฉียงเหนือ*



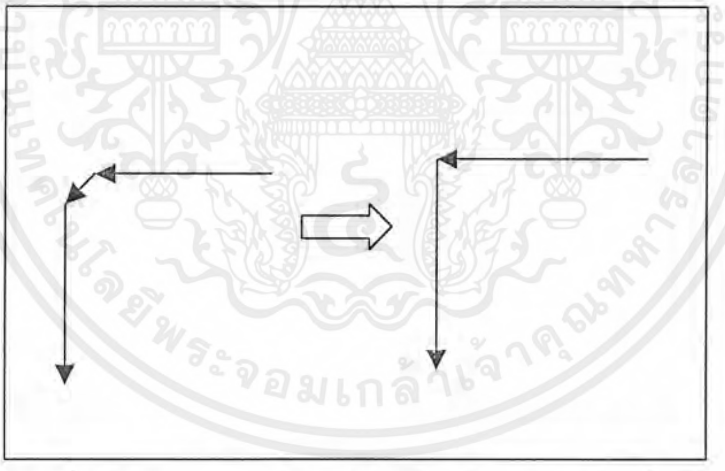
*รูปที่ 3.12 แสดงการยุบเส้นในแนวตะวันตกเฉียงเหนือไปตะวันออกเฉียงใต้*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การยุบเส้นตรง 3 เส้นที่ต่อเชื่อมกันโดยมีลักษณะเป็นแนวโค้งให้เป็นเส้นที่ต่อเชื่อมกันเป็นมุมฉาก ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ถึง 3.20

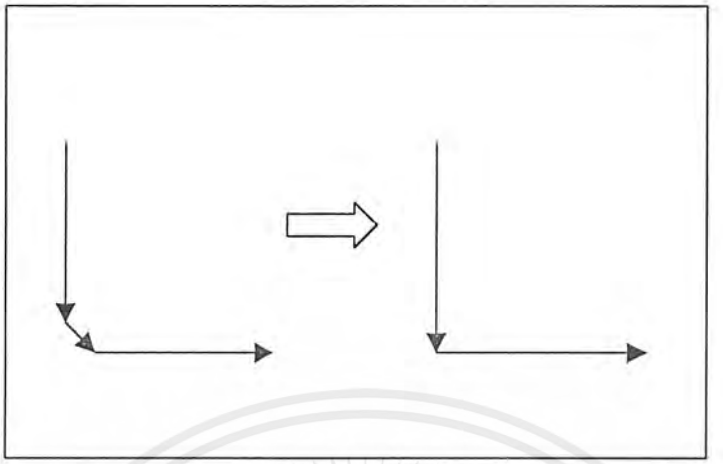


*รูปที่ 3.13 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 1*

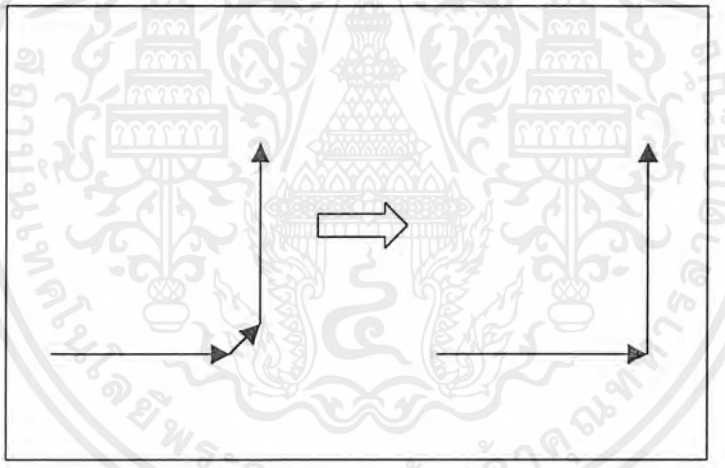


*รูปที่ 3.14 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 2*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

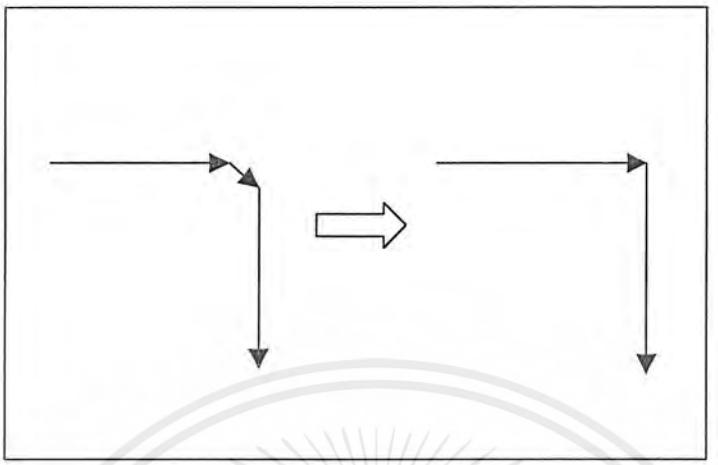


*รูปที่ 3.15 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 3*

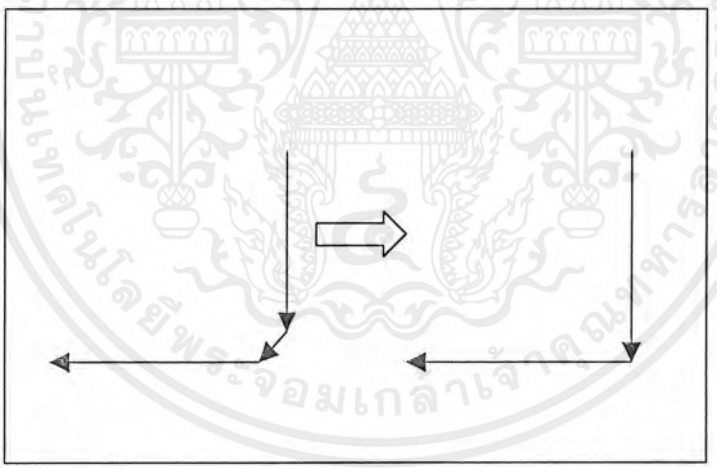


*รูปที่ 3.16 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 4*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

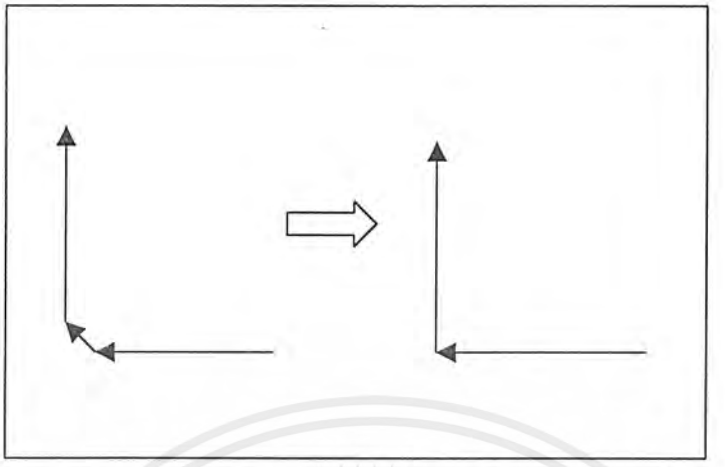


*รูปที่ 3.17 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 5*

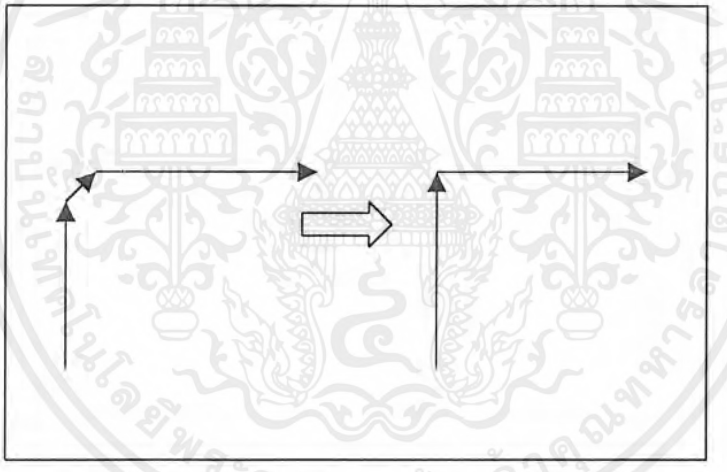


*รูปที่ 3.18 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 6*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



*รูปที่ 3.19 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 7*



*รูปที่ 3.20 แสดงการยุบเส้นในแนวโค้งให้เป็นเส้นในแนวฉากแบบที่ 8*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

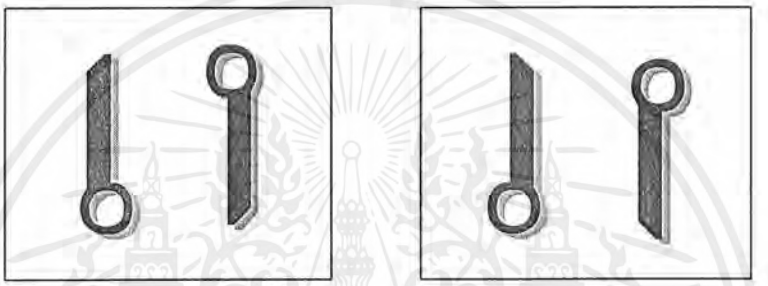
### 3.5 ขั้นตอนการหาหัวของตัวอักษร

ในการเขียนหัวของตัวอักษรกรณีปกติผู้เขียนส่วนมากจะเขียนตัดกันเพื่อให้เกิดหัว ซึ่งเป็นวิธีการที่เขียนส่วนใหญ่ และการวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญกับการเขียนหัวของผู้ทดสอบมาก โดยพยายามหาหัวของตัวอักษรออกมาให้ได้ ถึงแม้ว่าผู้ทดสอบอาจจะเขียนหัวโดยที่เส้นไม่ได้ตัดกันเลยก็ได้ แต่มีข้อแม้อยู่อย่างเดียวคือหัวนั้นต้องมีโครงของหัวที่ชัดเจนพอสมควร

หัวของตัวอักษรภาษาไทยนั้นประกอบไปด้วยหัว 2 แบบ คือ

1. หัวตามเข็มนาฬิกา
2. หัวทวนเข็มนาฬิกา

ซึ่งลักษณะของหัวแบบต่างๆแสดงดังในรูปที่ 3.21



*(ก)หัวตามเข็มนาฬิกา* *(ข)หัวตามทวนนาฬิกา*

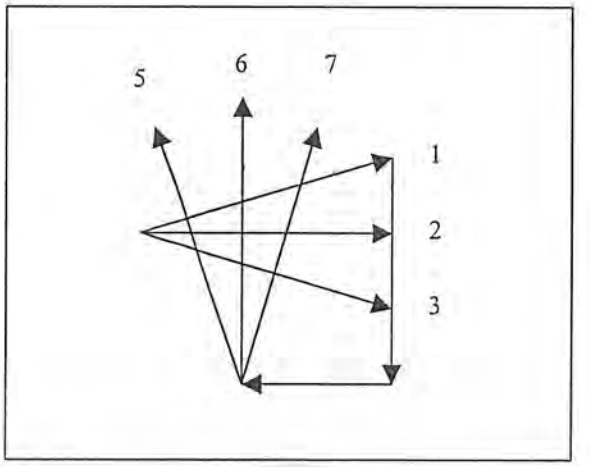
*รูปที่ 3.21 แสดงลักษณะของหัวแบบต่างๆ*

โดยมีกรรมวิธีในการวิเคราะห์ว่าเส้นต่างๆ เป็นเส้นประกอบของหัวหรือไม่ ทำได้โดยหาว่าเส้นต่างๆ นั้นมีจุด X, Y เป็นค่าเดียวกันหรือไม่ ถ้าใช่จะพิจารณาว่าเป็นหัว และจะไม่นำมาวิเคราะห์อีกแต่เนื่องจากการคำนวณเพื่อให้จุดนั้นซ้ำกันหรือไม่ โดยพิจารณาจากจุด X, Y ตรงที่นำมาวิเคราะห์ว่าเป็นหัวชนิดใด โดยกำหนดว่า หัวตามเข็มนาฬิกาใช้รหัสเป็น 200 ส่วนหัวทวนเข็มนาฬิกาใช้รหัส 100 ซึ่งรายละเอียดของการหาหัวแต่ละแบบมีดังนี้

#### 3.5.1 การหาหัวตามเข็มนาฬิกา

พิจารณาจากรูปที่ 3.22 จะพบว่าในการเขียนหัวนั้นเกิดจากเส้นตัดกัน 2 เส้นซึ่งพิจารณาได้ตามเงื่อนไข โดยที่มีรหัสลูกโซ่แปดทิศ คือ เส้น 5,6,7 ตัดกับรหัสลูกโซ่แปดทิศ เส้น 1, 2, 3 โดยเส้นทั้งสองต้องไม่เป็นเส้นตัดกัน และจะทำการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่แปดทิศเป็น 200

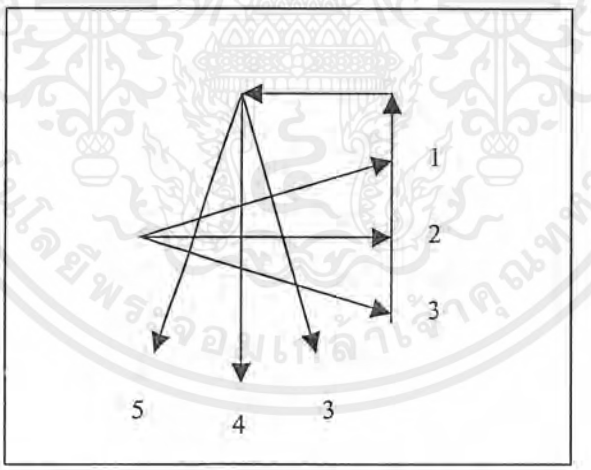
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 3.22 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัวรหัส 200*

**3.5.2 การหาหัวทวนเข็มนาฬิกา**

พิจารณาจากรูปที่ 3.23 จะพบว่าในการเขียนหัวนั้นเกิดจากเส้นตัดกัน 2 เส้นซึ่งพิจารณาได้ตามเงื่อนไข โดยที่มีรหัสลูกโซ่แปดทิศ คือ เส้น 3, 4, 5 ตัดกับรหัสลูกโซ่แปดทิศ 1, 2, 3 โดยเส้นทั้งสองต้องไม่เป็นเส้นตัดกัน และจะทำการเปลี่ยนรหัสลูกโซ่แปดทิศ เป็น 100




*รูปที่ 3.23 แสดงรายละเอียดของเส้นที่ตัดกันเป็นหัวรหัส 100*

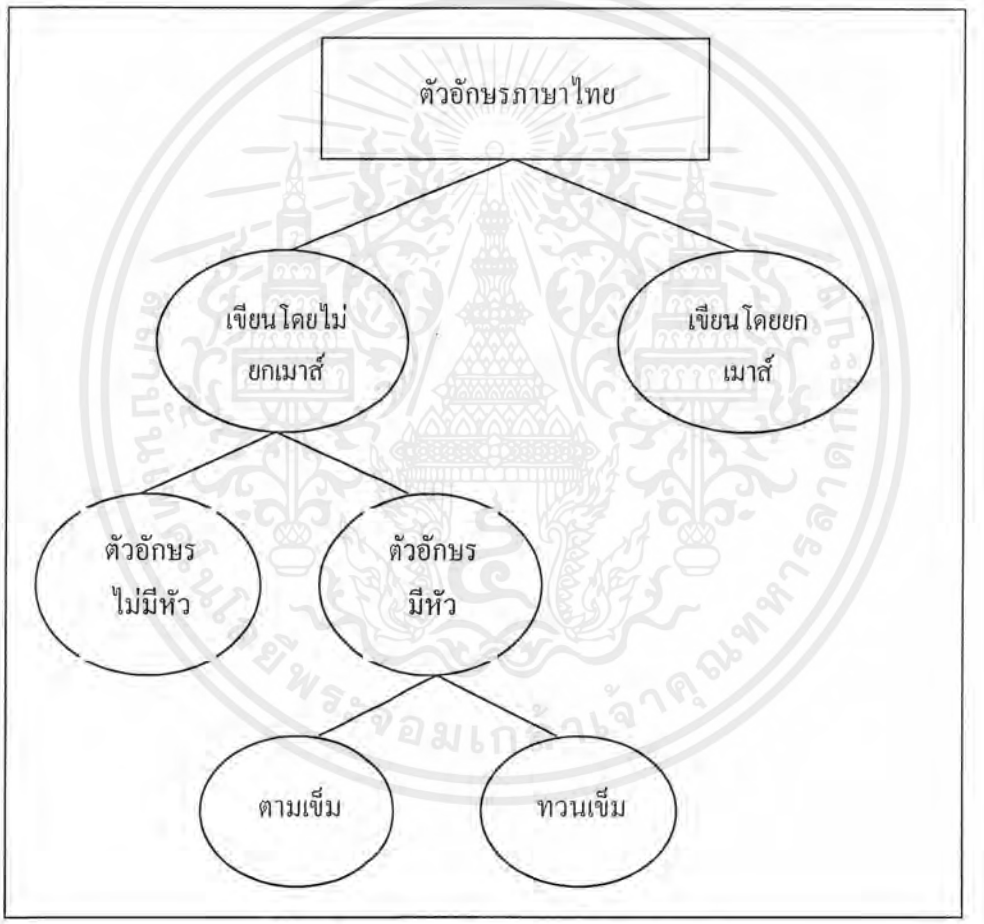
**3.6 ขั้นตอนการสร้างกฎความรู้**

ในการกำหนดฐานความรู้ (Rule-base Define) เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจ (Decision) นั้น มีด้วยกันหลายๆวิธี ซึ่งในการวิเคราะห์โครงสร้าง ก็มีการกำหนดมาตรฐานความรู้ได้หลายแบบเช่น แบบรากไม้ (Decision Tree) หรือแบบหลักไวยากรณ์ (Grammar) ซึ่งแต่ละแบบจะแตกต่างกันในขั้นตอนการนำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Represent) และหลักในการเปรียบเทียบ (Chaining) ในการวิจัยนี้เนื่องจากตัวอักษรมีจำนวนมาก และใช้หลักการเปรียบเทียบแบบนำชิ้นส่วนเล็กๆ มาประกอบเป็นชิ้นส่วนใหญ่ (Forward Chaining) ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้ใช้หลักไวยากรณ์ (Grammar) ในการกำหนดเป็นหลักฐานความรู้ เพื่อง่ายต่อการนำเสนอการกำหนดหลักไวยากรณ์ (Grammar) เพื่อมาใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างนั้นจะต้องพิจารณาถึงวัตถุ (Object) ที่นำมาเป็นต้นแบบ ซึ่งในที่นี้คือตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย (Thai Character) โดยอักษรภาษาไทยตามโครงสร้างจะประกอบด้วยเส้นต่างๆ มาประกอบเป็นตัวอักษร ดังนั้นถ้านำเส้นต่างๆ มาประกอบกันตามหลักไวยากรณ์ที่ถูกต้อง ก็จะทราบว่าอักษรนั้นเป็นตัวอักษรอะไร

ในส่วนของการสร้างกฎความรู้ให้กับตัวอักษรที่ได้ทำการรับเข้ามานั้น มีขั้นตอนในการพิจารณาอันดับแรกคือ การแบ่งตัวอักษรออกเป็นกลุ่มๆ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถจัดเป็นโครงสร้างการวิเคราะห์ดังนี้




*รูปที่ 3.24 แสดงโครงสร้างของการจัดแบ่งตัวอักษร*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากนั้นก็จะมาทำการออกแบบกฎของตังอักษรแต่ละตัว ตามโครงสร้างของการพิจารณาที่ลักษณะเด่นของตัวอักษรที่ได้ทำการจัดแบ่งไว้เป็นหลัก ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

1. กลุ่มของตัวอักษรที่ทำการยกเมาส์ ' ญ ฐ ศ ษ ส'
2. กลุ่มตัวอักษรที่ไม่มีหัว 'ก ธ'
3. กลุ่มตัวอักษรที่มีหัวตามเข็ม 'ข ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ฑ ฒ ณ ค ต ถ ท น บ ป พ ฟ ม ล ห ฬ'
4. กลุ่มตัวอักษรที่มีหัวทวนเข็ม 'ค ฎ ฏ ผ ฝ ภ ย ร ว อ ฮ'

จะขอยกตัวอย่างของการออกแบบกฎของตัวอักษรบางตัวที่อยู่ในโปรแกรมมาให้พิจารณาเพื่อประกอบความเข้าใจ ดังในตารางที่ 3-2

| กฎสำหรับตัว 'ก' | กฎสำหรับตัว 'ถ' |
|---|---|
| rule(`ก`,[2,6]). | rule(`ถ`,[200,2,6]). |
| rule(`ก`,[2,_,6]). | rule(`ถ`,[200,2,_,6]). |
| rule(`ก`,[2,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,2,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[2,_,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,2,_,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[2,_,_,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,2,_,_,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[2,0,_,_,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,2,0,_,_,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[2,1,_,_,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,2,1,_,_,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[2,0,_,_,_,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,2,0,_,_,_,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[2,1,_,_,_,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,2,1,_,_,_,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[1,6]). | rule(`ถ`,[200,1,6]). |
| rule(`ก`,[1,_,6]). | rule(`ถ`,[200,1,_,6]). |
| rule(`ก`,[1,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,1,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[1,_,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,1,_,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[1,_,_,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,1,_,_,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[1,0,_,_,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,1,0,_,_,_,_,6]). |
| rule(`ก`,[1,0,_,_,_,_,_,6]). | rule(`ถ`,[200,1,0,_,_,_,_,_,6]). |

*ตารางที่ 3-2 แสดงตัวอย่างบางส่วนของการออกแบบฐานไวยากรณ์ตัวอักษร*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลองและปัญหาที่เกิดขึ้น

จากการวิจัยเพื่อแยกแยะตัวอักษรลายมือภาษาไทย จากการเขียนโดยใช้เมาส์ลากจำนวนประมาณมากกว่า 20 ครั้งต่อ 1 ตัวอักษร โดยการสุ่มเขียนตัวอักษร ณ จุดใดของกรอบที่กำหนดและขนาดของตัวอักษรไม่เท่ากันและการเขียนต้องเขียนหัวให้ชัดเจนโดยอาจจะตัดหรือไม่ตัดกันก็ได้แต่ต้องเขียนในลักษณะที่มีแนวโน้มที่จะมีการตัดกันของตัวอักษร ดังรูป 4.1 พบว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

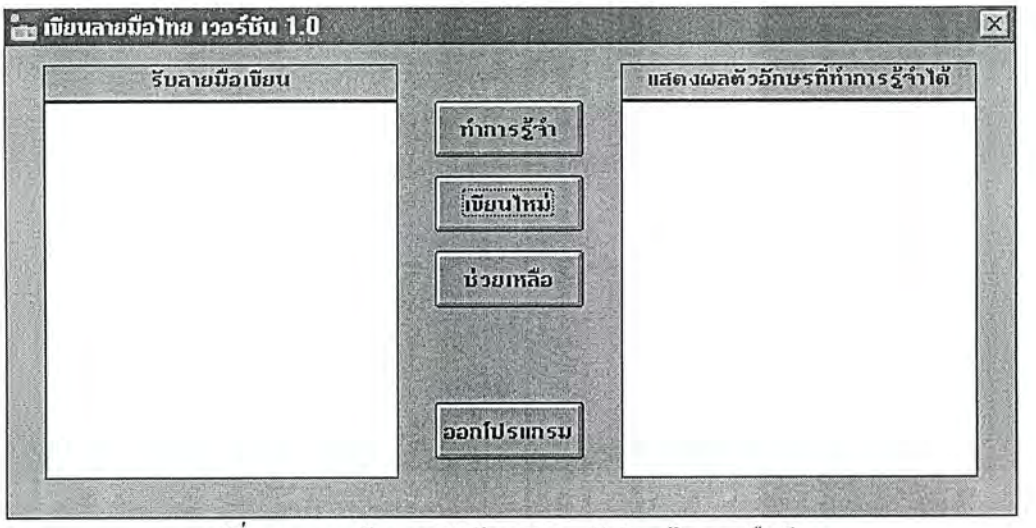
*รูปที่ 4.1 แสดงตัวอักษรที่คาดว่าเส้นหัวจะตัดกัน*

หลังจากนั้นจึงได้ปรับปรุงฐานไวยากรณ์ ให้สามารถรู้จำตัวอักษรได้มากและหลากหลายขึ้น และทำการทดลองอีกครั้ง โดยมีผู้ทดลองทั้งหมด 5 ท่าน ท่านละ 10 ตัวต่อตัวอักษร ตามฐานไวยากรณ์ที่ออกแบบไว้ในบทที่ 4 และ ทำการปรับปรุงอีกครั้ง ในบทนี้จะขอกล่าวถึงผลการทดลองกับปัญหาต่างๆที่พบในระหว่างการทดลองดังนี้

## 4.1 การรับข้อมูลลายมือเขียน

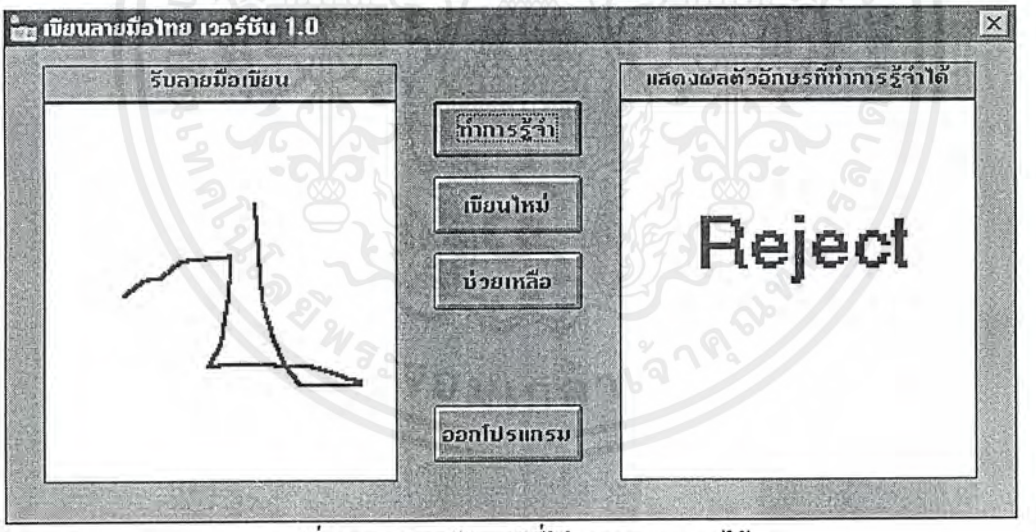
ตัวอักษรลายมือเขียนที่ใช้เมาส์ลาก และทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีโครงสร้างนั้น จะมีขนาดเท่าไรก็ได้และเริ่มเขียนที่ตำแหน่งไหนก็ได้ การเขียนหัวไม่จำเป็นต้องตัดกันแต่ต้องมีแนวโน้มที่จะตัดกัน โดยการวิเคราะห์จะอาศัยการพิจารณาโครงสร้างและความสัมพันธ์ของเส้นเป็นหลัก ประกอบกับ จุดเริ่มต้นของการเขียน จุดสิ้นสุดในการเขียนและ จุดสูงสุด และจุดต่ำสุดของตัวอักษร โดยโครงสร้างหน้าจอในการรับข้อมูลเขียนดังรูป 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอการรับข้อมูลอินพุทตัวอักษรไทยลายมือเขียน*

โดยผลลัพธ์ที่ได้ว่าเป็นตัวอะไร ถ้าไม่สามารถแยกแยะได้จะแสดงข้อความ Reject ดังรูป 4.3 ในการทดลองได้กำหนดช่องในการเขียนขนาด 150*170 pixel ซึ่งเส้นที่เกิดขึ้นจะต้องเกิดขึ้นในขณะใช้เมาส์ (Mouse) โดยคลิกปุ่มเมาส์ซ้ายค้างไว้ การเขียนสามารถยกเมาส์และเขียนต่อลงไปได้ในกรณีที่ตัวอักษรมีการยกเมาส์เช่น ญ , ฐ , ศ จากนั้นทำการคลิกปุ่ม Recognize เพื่อทำการประมวลผลและแสดง ผลที่ได้จากการเขียน ดังรูป 4.3




*รูปที่ 4.3 แสดงการรู้จำกรณีที่ไม่สามารถแยกแยะได้*

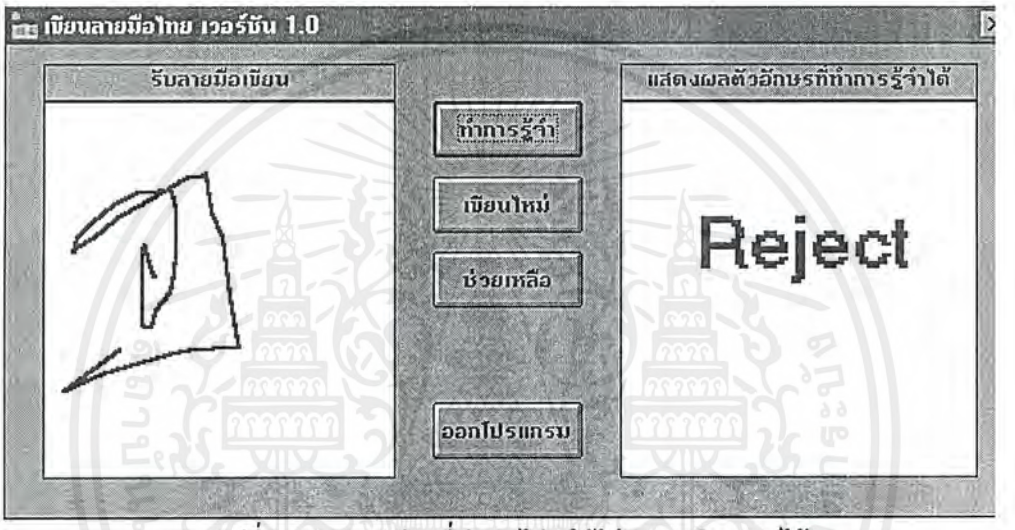
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2 ปัญหาความหลากหลายของลายมือเขียนตัวอักษร**

ความสามารถในการรู้จำ ตัวอักษรดัดลายมือของการวิเคราะห์โครงสร้างนั้น สิ่งที่สำคัญก็คือ พฤติกรรมในการเขียนของผู้เขียน ซึ่ง ขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคลที่มีความถนัดในการเขียนอักษรภาษาไทยหลายแบบซึ่งแตกต่างกันออกไปค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตามในการวิจัยได้พัฒนาฐานไวยากรณ์ให้ครอบคลุมลายมือเขียนมากที่สุด โดยจำแนกปัญหาได้ดังนี้

**4.2.1 ปัญหาการลากเมาส์เร็วเกินไป**

ในการเขียนถ้าลากเมาส์เร็วเกินไปจะทำให้อุปกรณ์ส่งค่าของ Pixel ที่มีขนาดแตกต่างจาก Pixel เดิมมาก ถึงแม้ว่าจะมีการสร้างจุดขึ้นมาแล้วก็ตามก็ยังเกิดปัญหานี้อยู่ในกรณีที่ตัวอักษรมีการหยักมากๆ ซึ่งแสดงไว้ในรูป 4.4 ตัวอย่างจะแสดงให้เห็นความผิดพลาดของการอ่านค่า Pixel

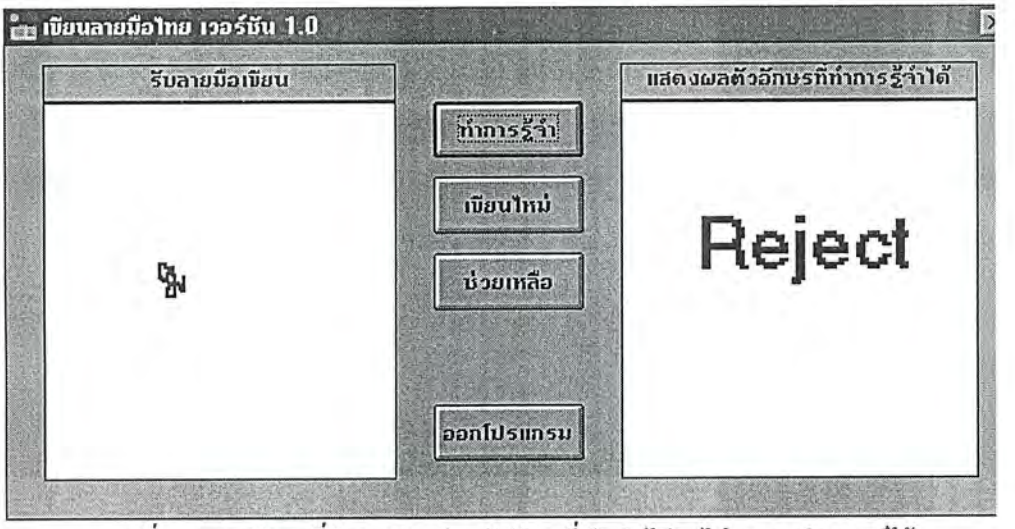



*รูปที่ 4.4 แสดงการเขียนที่เร็วเกินไปทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ได้*

**4.2.2 ปัญหาการเขียนตัวอักษรเล็กเกินไป**

ในการทดลองขนาดที่แตกต่างกันนั้น พบว่าการเขียนตัวอักษรที่เล็กหรือใหญ่ไม่มีผลกระทบกับการวิเคราะห์ แต่ว่าจะเกิดในกรณีที่เขียนตัวอักษรเล็กจนเกินไป และ ตัวอักษรนั้นมีรายละเอียดที่ต้องทำการเก็บมาก ยกตัวอย่าง เช่น อักษร ฎ และ ฏ ต้องเก็บรายละเอียดของตัวอักษรมาก ซึ่งถ้าการเก็บทำได้ผิดพลาดเนื่องจากการที่อ่านค่า Pixel เข้ามาผิดเนื่องจากขนาดของตัวอักษรเล็กเกินไปก็จะทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาด รูป 4.5

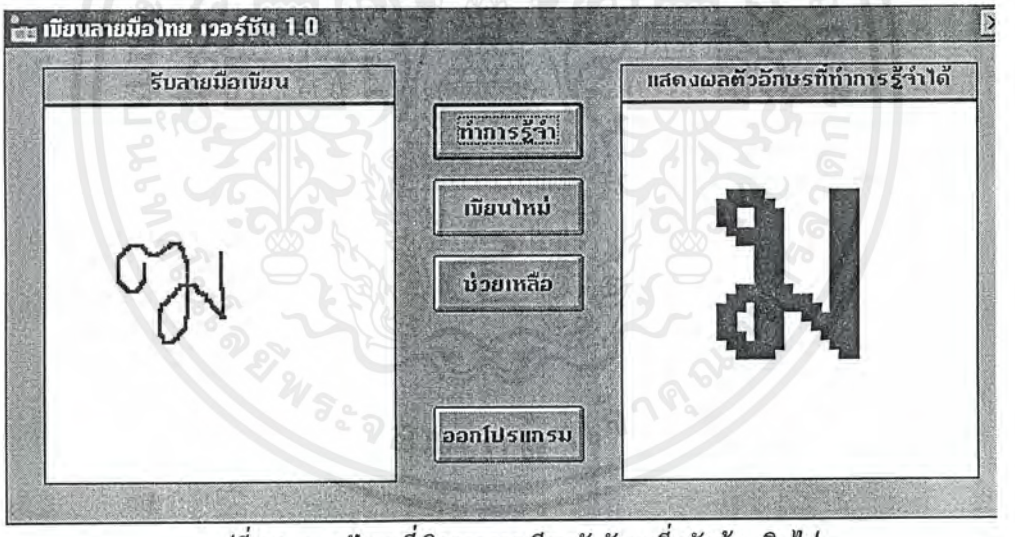
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 4.5 แสดงปัญหาที่เกิดจากการเขียนตัวอักษรที่เล็กเกินไปจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้*

### 4.2.3 ปัญหาความหยักของตัวอักษรน้อยเกินไป

ในการเขียนอักษรบางตัวที่มีข้อแตกต่างกันซึ่งอาจเป็นหัวหยักเช่น ฑ , ท และ ต , ด จะต้องมีความหยักที่ชัดเจนอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากกระบวนการในการกำจัด ข้อผิดพลาด ( Error Detection ) จะทำการแปลงเส้นหยักเล็กน้อยให้กลายเป็นเส้นตรง ทำให้การวิเคราะห์เป็นเส้นตรงไปด้วย โดยตัวอย่างแสดงไว้ในรูป 4.6

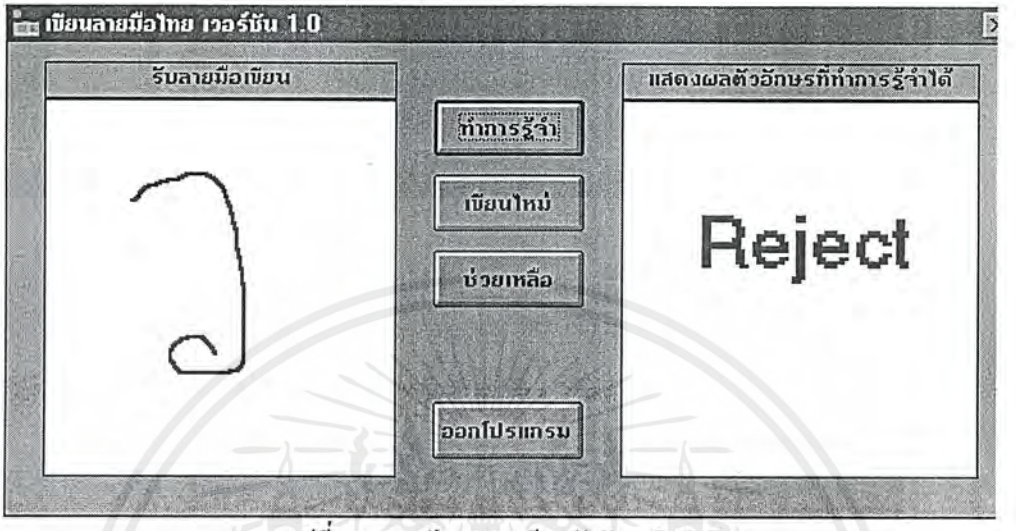



*รูปที่ 4.6 แสดงปัญหาที่เกิดจากการเขียนตัวอักษรที่หยักน้อยเกินไป*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ปัญหาการเขียนตัวอักษรผิดลำดับ

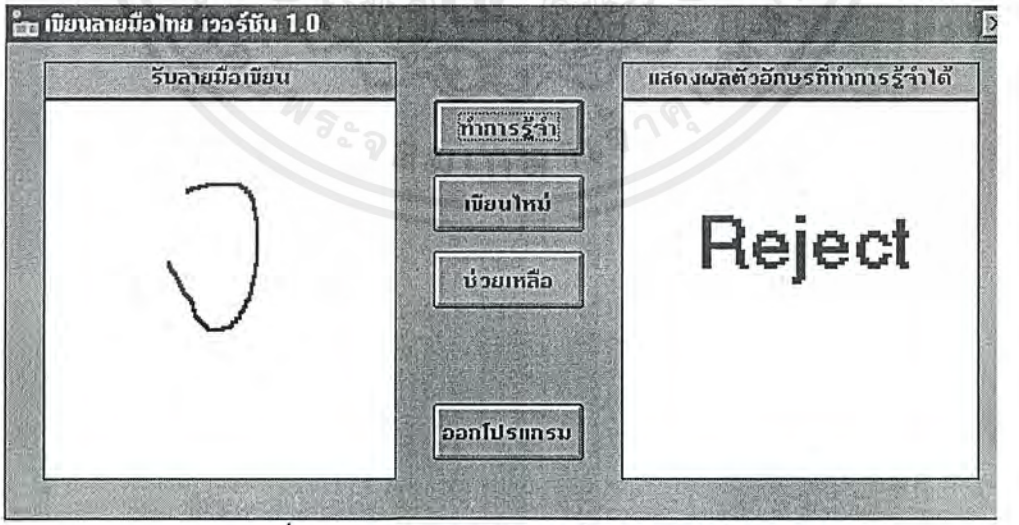
ในการเขียนอักษรภาษาไทยโดยปกติทั่วไปแล้วจะมีการเขียนเริ่มจากหัวก่อนซึ่งมีไม่น้อยที่เริ่มเขียนจากส่วนอื่นก่อนซึ่งในการวิจัยนี้ ไม่ได้สร้างฐานไวยากรณ์ให้สนับสนุนข้อมูลในกรณีเขียนตัวอักษรกลับด้าน เช่น ว หรือตัวอักษรอื่นๆ แสดงดังตัวอย่าง 4.7




*รูปที่ 4.7 แสดงปัญหาการเขียนตัวอักษรผิดลำดับ*

4.2.5 ปัญหาความผิดพลาดในการหาหัวตัวอักษร

จากการทดลองพบว่ากรรมวิธีในการหาหัว และ เส้นหยักได้ผลลัพธ์ไม่ 100% เนื่องมาจากการเขียนในลักษณะที่ไม่มีความน่าจะเป็นในการที่จะเกิดการตัดกันของเส้น ซึ่งจะทำให้ได้ค่าที่ผิดไป และ หัวเป็นส่วนที่สำคัญมากของการวิเคราะห์ตัวอักษร ดังนั้นจะทำให้การวิเคราะห์ตัวอักษรจะผิดพลาดสูง ดังตัวอย่าง 4.8

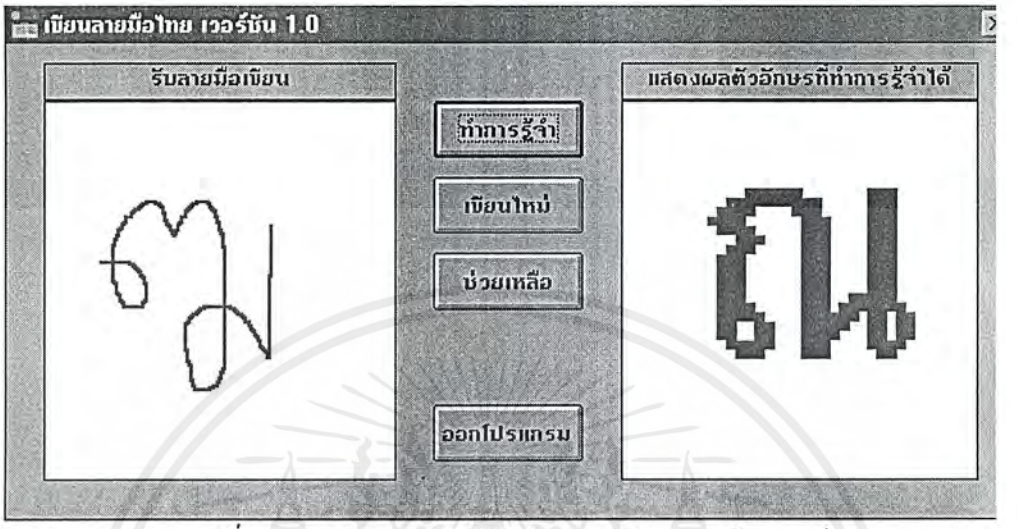



*รูปที่ 4.8 แสดงปัญหาความผิดพลาดในการหาหัวตัวอักษร*

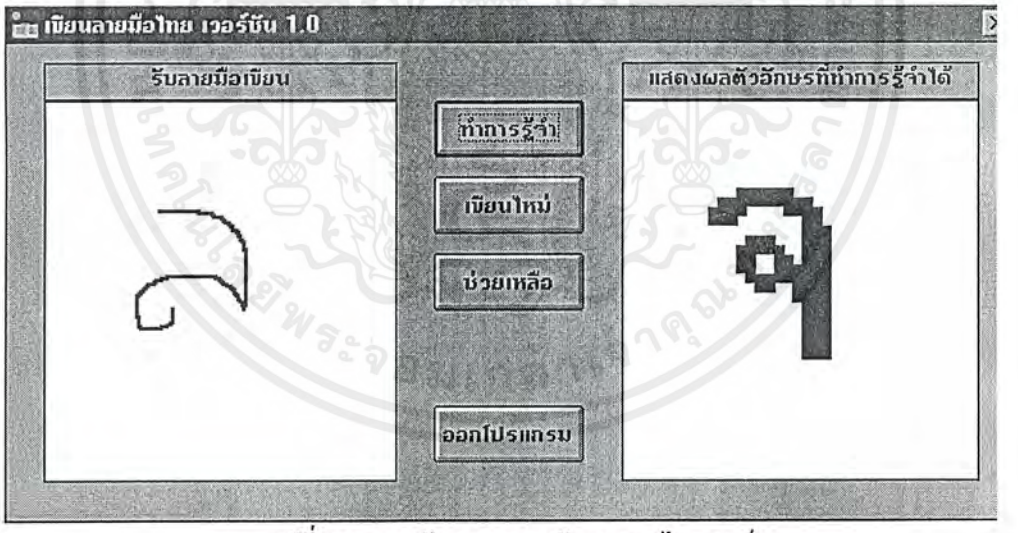
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.2.6** ปัญหาความผิดพลาดในการตรงกันของฐานไวยากรณ์

จากการทดลองพบว่าในบางตัวอักษรที่ทำการเก็บข้อมูลเข้ามาเป็นรหัสลูกโซ่แปดทิศนั้น เมื่อนำมาสร้างเป็นกฎแล้ว ปรากฏว่ากฎนั้นตรงกันยก ตัวอย่างเช่นในกรณีของ จ และ ห ดังตัวอย่าง เมื่อแปลงเป็นรหัส 8 ทิศแล้วจะได้รหัสเป็น 200,6,2,4,6 เหมือนกัน จะทำให้เกิดความสับสนในการตีความ ดัง รูป 4.9 - 4.11

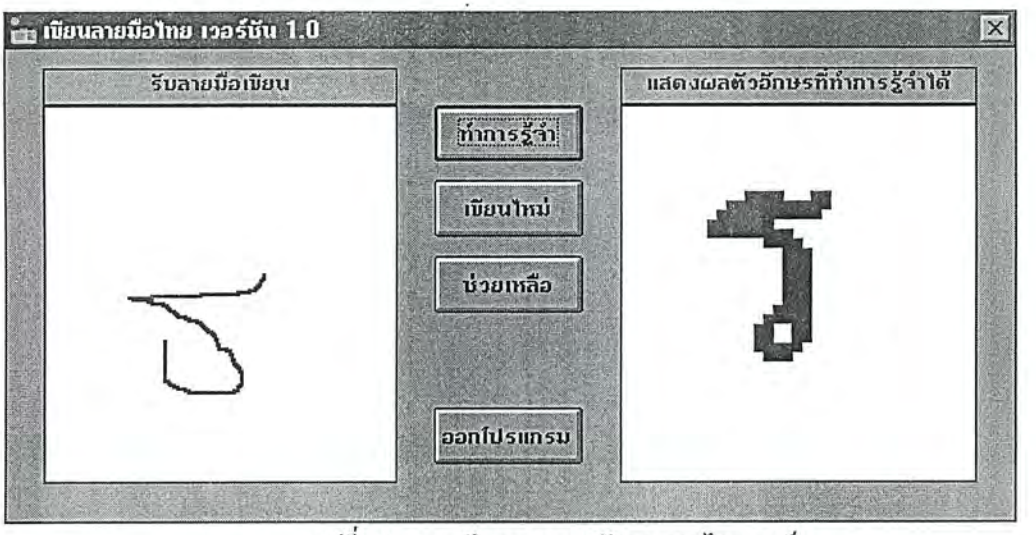



*รูปที่ 4.9 แสดงปัญหาความผิดพลาดในการตรงกันของฐานไวยากรณ์*




*รูปที่ 4.10 แสดงปัญหาการตรงกันของฐานไวยากรณ์*

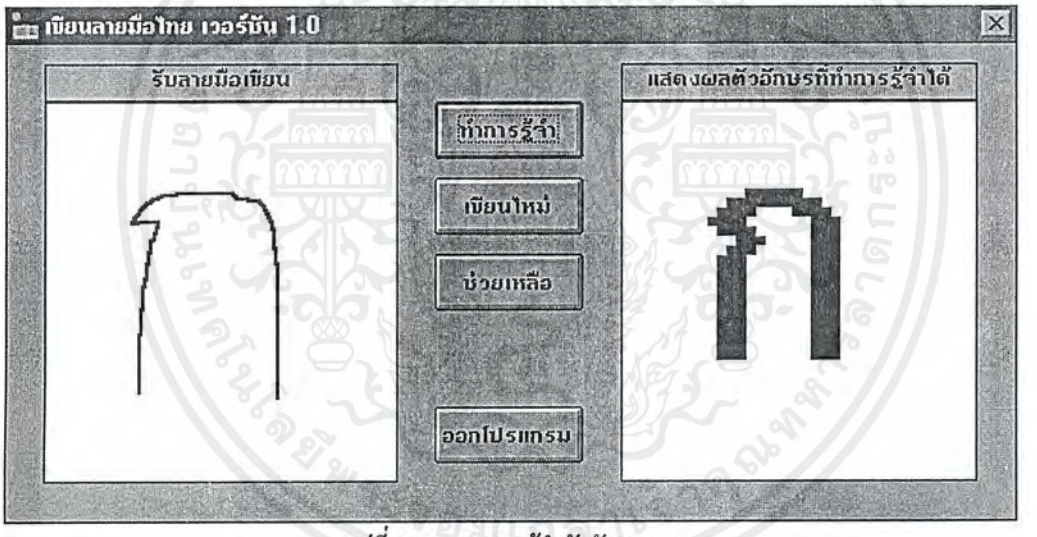
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 4.11 แสดงปัญหาการตรงกันของฐานไวยากรณ์*

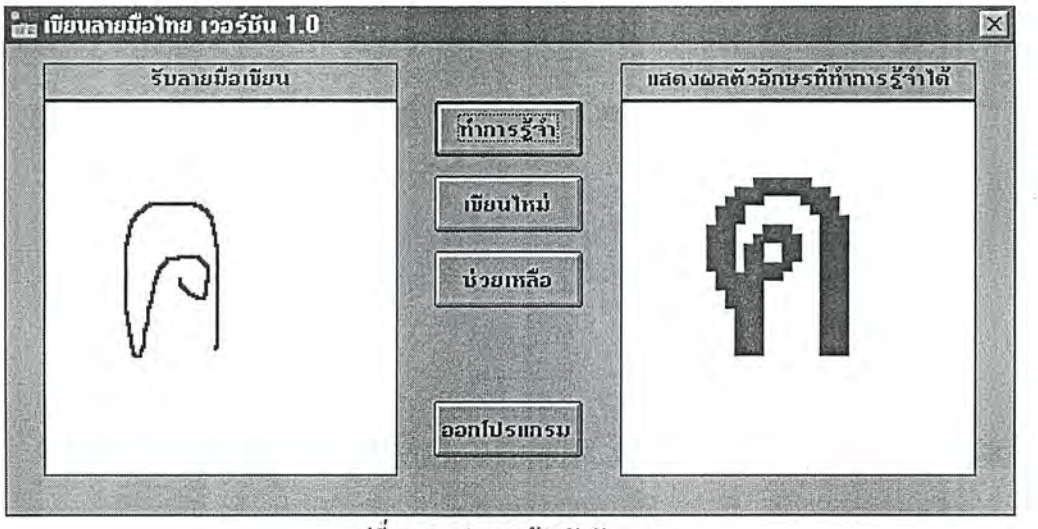
**4.3** ผลการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษรบางตัว ในรูป 4.12-4.15

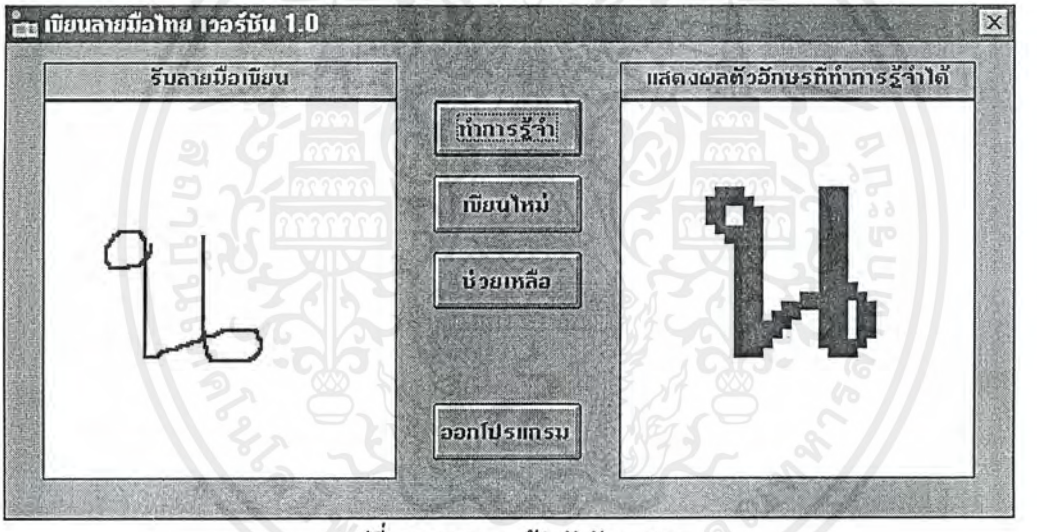



*รูปที่ 4.12 แสดงการรู้จำตัวอักษร 'ก'*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

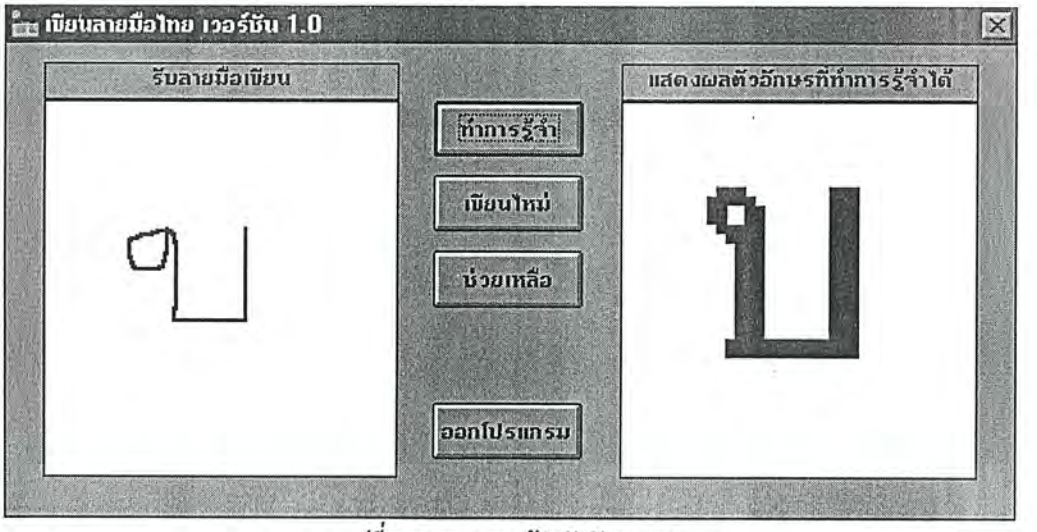



*รูปที่ 4.13 แสดงการรู้จำตัวอักษร 'ค'*




*รูปที่ 4.14 แสดงการรู้จำตัวอักษร 'น'*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




*รูปที่ 4.15 แสดงการรู้จำตัวอักษร 'บ'*

ในการทดลองเซตของชุดข้อมูลลายมือเขียนตัวอักษรภาษาไทย ทำการทดสอบโปรแกรมโดยให้ผู้ทดสอบจำนวน 5 คน ทำการทดลองเขียนตัวอักษรภาษาไทยจำนวนตัวละ 30 ครั้ง และทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของตัวอักษรแต่ละตัวได้ผลดังนี้

| ตัวอักษร | จำนวนครั้งของการทดสอบ | จำนวนความถูกต้อง | จำนวนความผิดพลาด | เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง | เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด |
|---|---|---|---|---|---|
| ก | 30 | 27 | 3 | 90 | 10 |
| ข | 30 | 21 | 9 | 70 | 30 |
| ค | 30 | 25 | 5 | 83 | 17 |
| ฆ | 30 | 17 | 13 | 57 | 43 |
| ง | 30 | 25 | 5 | 83 | 17 |
| จ | 30 | 24 | 6 | 80 | 20 |
| ฉ | 30 | 23 | 7 | 77 | 23 |
| ช | 30 | 21 | 9 | 70 | 30 |
| ซ | 30 | 18 | 12 | 60 | 40 |
| ฌ | 30 | 26 | 4 | 86 | 14 |
| ญ | 30 | 26 | 4 | 86 | 14 |
| ฎ | 30 | 18 | 12 | 60 | 40 |
| ฏ | 30 | 15 | 15 | 50 | 50 |
| ฐ | 30 | 27 | 3 | 90 | 10 |
| ฑ | 30 | 19 | 11 | 63 | 37 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ฒ | 30 | 25 | 5 | 83 | 17 |
| ณ | 30 | 24 | 6 | 80 | 20 |
| ด | 30 | 22 | 8 | 73 | 27 |
| ต | 30 | 21 | 9 | 70 | 30 |
| ถ | 30 | 29 | 1 | 97 | 3 |
| ท | 30 | 26 | 4 | 86 | 14 |
| ธ | 30 | 25 | 5 | 83 | 17 |
| น | 30 | 28 | 2 | 93 | 7 |
| บ | 30 | 24 | 6 | 80 | 20 |
| ป | 30 | 29 | 1 | 97 | 3 |
| ผ | 30 | 20 | 10 | 66 | 34 |
| ฝ | 30 | 15 | 15 | 50 | 50 |
| พ | 30 | 21 | 9 | 70 | 30 |
| ฟ | 30 | 25 | 5 | 83 | 17 |
| ภ | 30 | 25 | 5 | 83 | 17 |
| ม | 30 | 26 | 4 | 86 | 14 |
| ย | 30 | 27 | 3 | 90 | 10 |
| ร | 30 | 24 | 6 | 80 | 20 |
| ล | 30 | 24 | 6 | 80 | 20 |
| ว | 30 | 26 | 4 | 86 | 14 |
| ศ | 30 | 28 | 2 | 93 | 7 |
| ษ | 30 | 22 | 8 | 73 | 27 |
| ส | 30 | 22 | 8 | 73 | 27 |
| ห | 30 | 18 | 12 | 60 | 40 |
| ฬ | 30 | 29 | 1 | 97 | 3 |
| อ | 30 | 24 | 6 | 80 | 20 |
| ฮ | 30 | 26 | 4 | 86 | 14 |

*ตารางที่ 4-1 แสดงผลการทดลองของการรู้จำตัวอักษรไทย*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4-1 เราจะเห็นได้ว่ามีตัวอักษรเพียงแค่ 42 ตัว โดยได้ละตัว ฃ และ ฅ เนื่องจากเห็นว่าเป็นตัวอักษรที่ไม่ค่อยได้การใช้แล้วในปัจจุบัน

สำหรับทุกตัวอักษร เราจะทำการปรับปรุงตามอัลกอริทึมที่ได้แก้ปัญหาตัวที่ไม่ชัดเจนระหว่างขั้นตอนหลังการรู้จำ ผลที่ได้มีเพียงสามอย่างเท่านั้นที่เกิดขึ้นในการรู้จำคือ ถูกต้อง ผิด ดังตารางที่ 4-2 แสดงผลการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย

| ตัวอักษร | ความถูกต้อง | | ผิด | |
|---|---|---|---|---|
| | จำนวน | คิดเป็น % | จำนวน | คิดเป็น % |
| ตัวอักษรภาษาไทย | 1007 | 79.92 | 253 | 20.08 |

*ตารางที่ 4-2 ผลการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย*

**4.4 วิจารณ์ผลการทดลอง**

1. การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย ให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเป็นที่น่าพอใจ คือ 80% และมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด xxx% และมีเปอร์เซ็นต์การไม่ยอมรับ xxx%
2. จำนวนของตัวอักษร และตัวอักษรลักษณะเด่นที่ใกล้เคียงกันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การรู้จำตัวอักษรไทยลายมือเขียน
3. ข้อมูลของอินพุทที่รับเข้ามาเป็นลำดับของจุดนั้น ถ้ายิ่งมีความละเอียดมากเท่าไรการวิเคราะห์โครงสร้างที่หาได้ก็จะดีมากขึ้น
4. ขณะที่ทำการเขียนตัวอักษรอาจจะเกิดวิธีต่างๆ เกิดขึ้น เช่น จำนวนของการเขียน, ลำดับของการเขียน, ทิศทางของการเขียน ง่ายต่อวิธีการที่จะก่อให้เกิดปัญหาเพิ่มขึ้นในรูปแบบ ซึ่งในการเก็บจำนวนของรูปแบบควรที่จะน้อยและในเวลาเดียวกันก็เพิ่มหนทางที่จะเข้าคู่ ซึ่งทางเลือกที่ใช้ประสบการณ์ก็สามารถเป็นไปได้ที่จะใช้คาดเดา
5. ปริญญานิพนธ์นี้ ได้ทำการแยกตัวอักษรภาษาไทยออกเป็น หลายๆ กลุ่มคือ
   1 กลุ่มตัวอักษรที่มีการเขียนยกเมาส์
   2 กลุ่มตัวอักษรที่มีการเขียนไม่ยกเมาส์ โดยแบ่งออกได้อีก 2 กลุ่มย่อยคือ
      - กลุ่มตัวอักษรที่ไม่มีหัว
      - กลุ่มตัวอักษรที่มีหัว ซึ่งแบ่งออกได้อีก 2 กลุ่มย่อยคือ
         - กลุ่มตัวอักษรที่มีหัวตามเข็มนาฬิกา
         - กลุ่มตัวอักษรที่มีหัวทวนเข็มนาฬิกา
6. ในอัลกอริทึมของการแมชชิ่งที่ใช้ในปริญญานิพนธ์นี้เป็นแบบธรรมดาและง่ายต่อการเข้าใจ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดสอบโครงสร้างจะเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก ซึ่งอาจจะมีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการแมชชิ่ง การค้นแบบใช้ประสบการณ์ เช่น มีการออกแบบในการค้นหาที่ดีซึ่งจะช่วยในการลดเวลาในการค้นหาลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่ได้ถ้าเรานำเอามาเปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความถูกต้องกับผลการทดลองของคุณชาญชัย ดีอ่วม นักศึกษาภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ทำปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 4-3

| ตัวอักษรที่นำมาพิจารณา | เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่เราทำได้ | เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของคุณชาญชัย ดีอ่วม |
|---|---|---|
| ก | 90% | 95% |
| ข | 70% | 53% |
| ค | 83% | ไม่มีข้อมูล |
| ฆ | 57% | 39% |
| ง | 83% | 81% |
| จ | 80% | 97% |
| ฉ | 77% | 72% |
| ช | 70% | 28% |
| ซ | 60% | 17% |
| ฌ | 86% | 89% |
| ญ | 86% | 98% |
| ฎ | 60% | 92% |
| ฏ | 50% | 89% |
| ฐ | 90% | 73% |
| ฑ | 63% | 54% |
| ฒ | 83% | 92% |
| ณ | 80% | 91% |
| ด | 73% | 86% |
| ต | 70% | 69% |
| ถ | 97% | 70% |
| ท | 86% | 89% |
| ธ | 83% | ไม่มีข้อมูล |
| น | 93% | 89% |
| บ | 80% | 75% |
| ป | 97% | 89% |
| ผ | 66% | 31% |
| ฝ | 50% | 92% |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| พ | 70% | 72% |
| ฟ | 83% | 82% |
| ภ | 83% | 87% |
| ม | 86% | 81% |
| ย | 90% | 72% |
| ร | 80% | 95% |
| ล | 80% | 82% |
| ว | 86% | 91% |
| ศ | 93% | ไม่มีข้อมูล |
| ษ | 73% | ไม่มีข้อมูล |
| ส | 73% | ไม่มีข้อมูล |
| ห | 60% | 87% |
| ฬ | 97% | 79% |
| อ | 80% | 95% |
| ฮ | 86% | 81% |

***ตารางที่ 4-3 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษรไทยลายมือเขียนเปรียบเทียบกับผลงานของคุณชาญชัย ดีอ่วม***

จากตารางที่ 4-3 จะเห็นได้ว่างานวิจัยตัวนี้สามารถทำการรู้จำตัวอักษร ศ, ษ, ส ได้ด้วย ซึ่งผลงานของคุณชาญชัย ดีอ่วม ทำไม่ได้เนื่องจากไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ตัวอักษรที่ต้องยกเมาส์นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิจัยทางด้านการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยนั้น ได้มีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจและมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเรื่อยมา ซึ่งปริญญานิพนธ์นี้ได้เสนอกรรมวิธีสำหรับการรู้จำของคอมพิวเตอร์ซึ่งไม่จำกัดอยู่กับขนาดและรูปแบบตัวอักษร โดยสามารถจำแนกตัวอักษรได้ถึง 79.92% และทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ คุณชาญชัย ดีอ่วม ที่สามารถจำแนกตัวอักษรได้ 76.34 % ทำให้สามารถนำไปปรับปรุงใช้งานได้จริงต่อไป

## 5.1 การวิเคราะห์ข้อดีของการทดลอง

1. การจดจำรูปแบบจะไม่ขึ้นกับขนาด และตำแหน่งของรูปแบบ ทำให้การวิเคราะห์แบบโครงสร้างมีความเหมาะสมที่จะเป็นกรรมวิธีในการจดจำลายมือเขียน
2. เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์จะใช้เวลาค่อนข้างสั้น
3. ถ้าพัฒนา Rule Base ให้มีขนาดใหญ่ครอบคลุมหลายๆกรณีของตัวอักษร จะทำให้ผลการทดลองมีความแม่นยำสูงขึ้น

## 5.2 ปัญหาที่ยังเป็นข้อเสียของการทดลอง

1. กรณีที่ตัวอักษรเป็นหัวหยัก จะเกิดการผิดพลาดสูงเพราะ ในขั้นตอนการ กำจัดเส้นส่วนเกิน (Detaction Error) ทำการยุบเส้นที่มีความใกล้เคียงกันเป็นเส้นเดียวกัน
2. การออกแบบ Rule Base ที่ความใกล้เคียงกันของตัวอักษรจะทำให้เกิดการตรงกันของกฎขึ้นทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาด
3. การออกแบบ Rule Base ยังไม่ครอบคลุมถึงการเขียนทั้งหมดทำให้ในบางกรณีของตัวอักษรยังไม่สามารถวิเคราะห์ได้

## 5.3 สรุปผลการทดลอง

การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย โดยใช้การวิเคราะห์โครงสร้างโดยรับอินพุทจากการลากเมาส์นี้ มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงถึง 79.92 % จากการทดลองนี้พบว่ากรรมวิธีนี้เหมาะสมกับการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย โดยไม่ขึ้นอยู่กับขนาดและตำแหน่งของตัวอักษร แต่ก็ยังมีตัวอักษรในบางกลุ่มที่ยังให้ผลออกมาไม่ดีพอ ดังนั้นถ้ามีกรรมวิธีที่ดีในการสร้างฐานข้อมูลความรู้ และการจำแนกเส้นให้ได้ความแม่นยำสูงขึ้น ก็จะทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องมากขึ้น

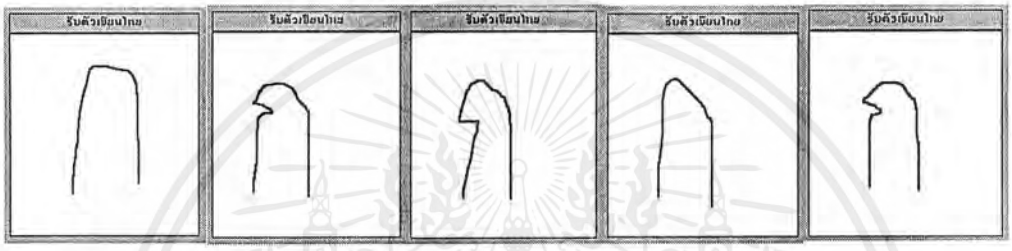
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก

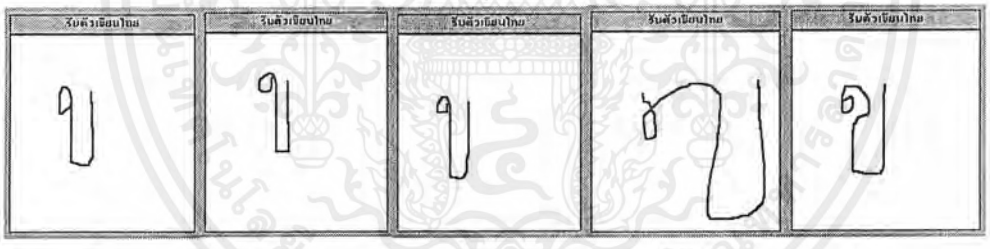
เอาท์พุท(OUT PUT) บางส่วนในการทดสอบโปรแกรมการรู้จำลายมือเขียนตัวอักษรไทย โดยทำการทดสอบตัวอักษรทั้งสิ้นจำนวน 42 ตัว นั่นคือตัวอักษร ก – ฮ โดยได้ยกเว้นตัวอักษร ฃ และ ฅ เพราะเนื่องจากเห็นว่าเป็นตัวอักษรที่ไม่ได้ใช้มากนักในปัจจุบัน

ผลลัพธ์ที่นำมาแสดงเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการเขียนตัวอักษรแต่ละตัวตามลำดับ ซึ่งมีการแสดงให้เห็นใต้ตัวอักษรนั้นๆ แต่ถ้าโปรแกรมไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอักษรนั้นได้จะแสดงผลเป็น “Reject” ในที่นี้จะใช้ตัว ‘R’ แทนคำว่า “Reject”

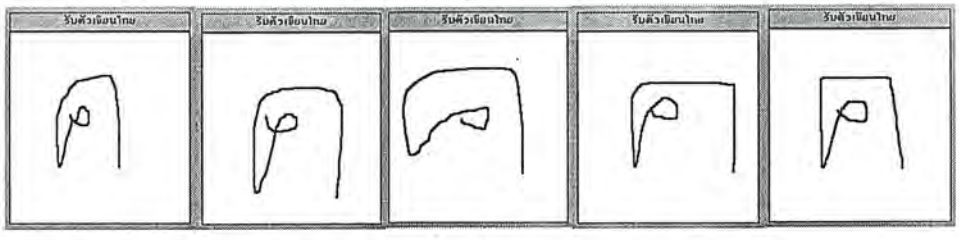
ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ก




ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ข

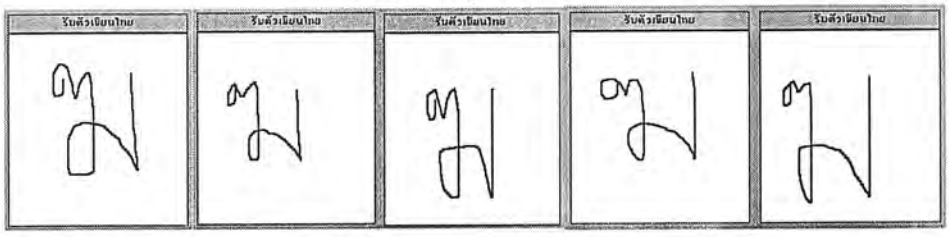



ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ค



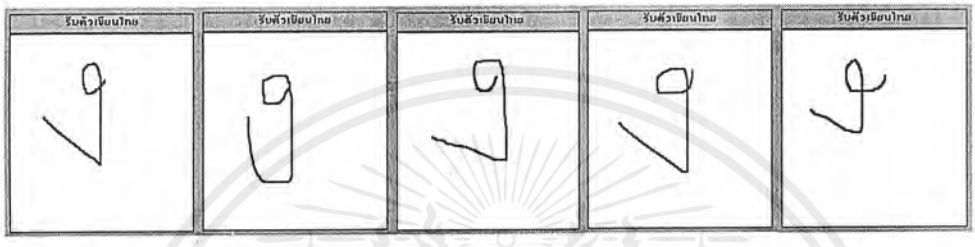

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฆ



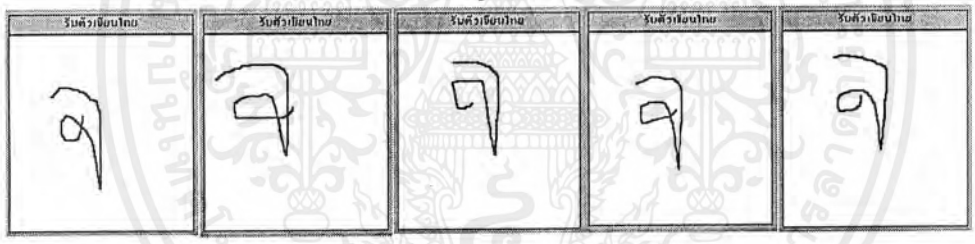

ฆ ฆ ฆ ฆ ฆ

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ง



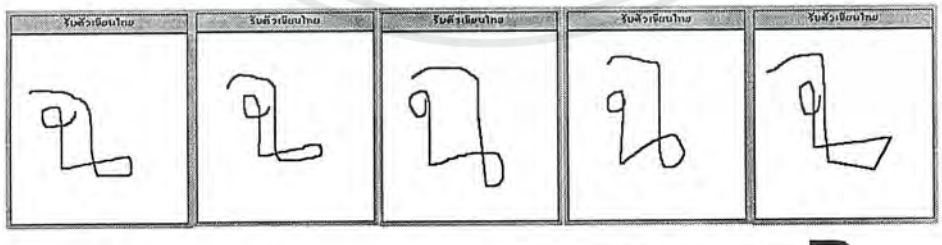

ง ง ง ง ง

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร จ




จ R จ จ จ

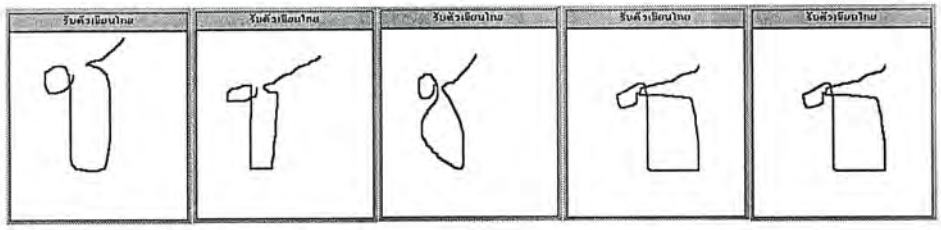
ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฉ




ฉ ฉ ฉ ฉ R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ช

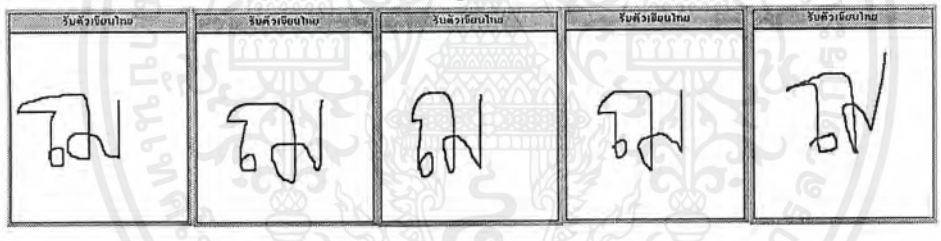



ช ช ช ช ช

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ซ

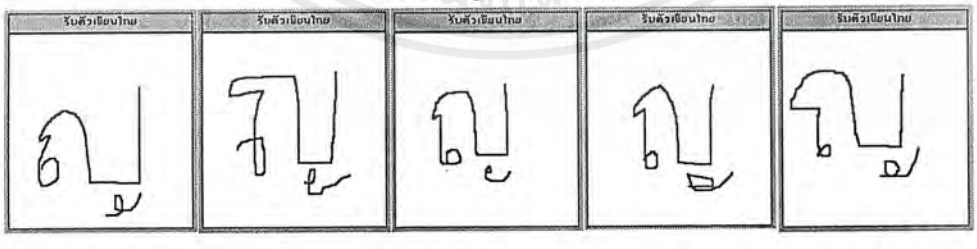
ซ ซ R ซ ซ

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฌ




ฌ ฌ ฌ ฌ ฌ

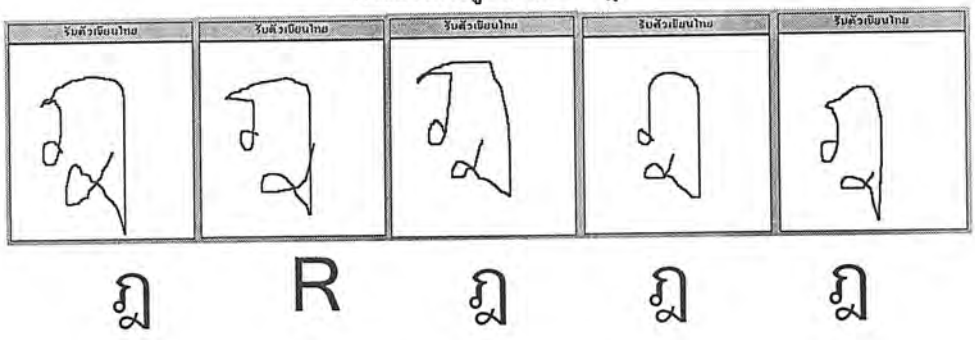
ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ญ



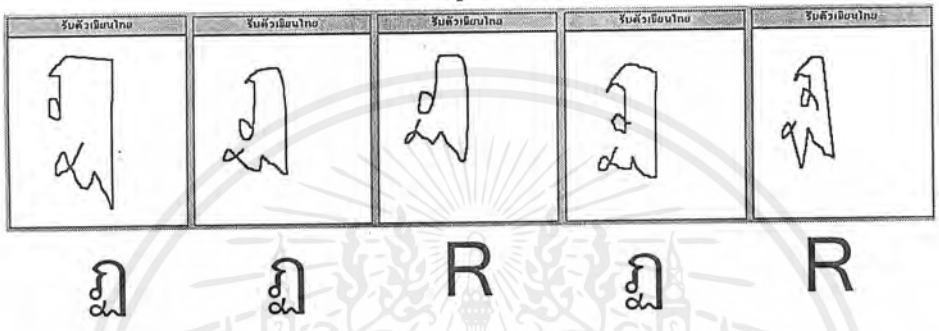

ญ ญ ญ ญ ญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

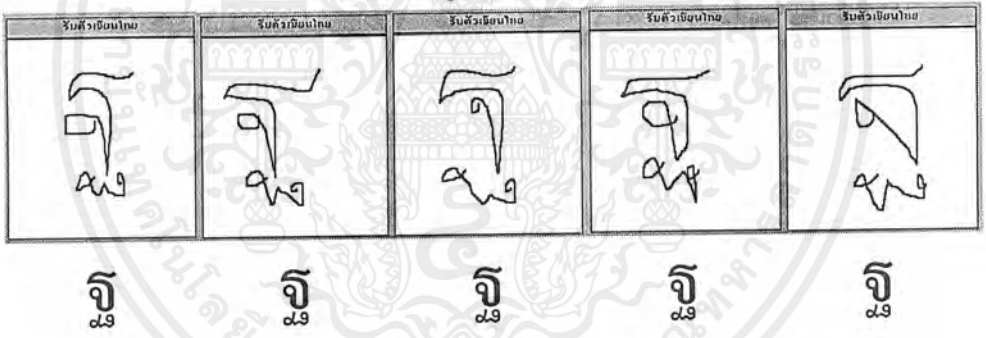
ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฎ



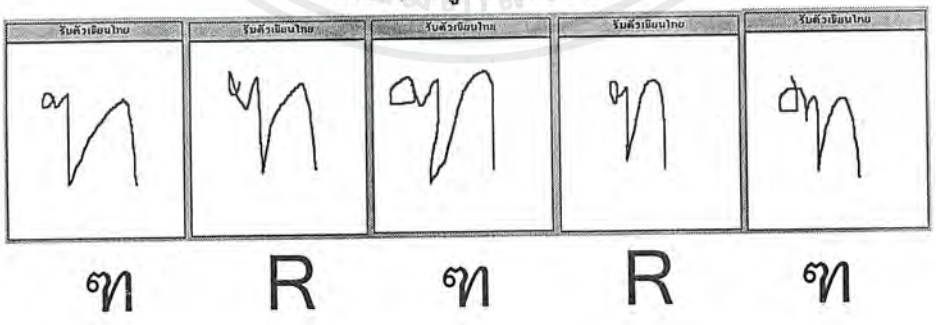

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฏ




ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฐ

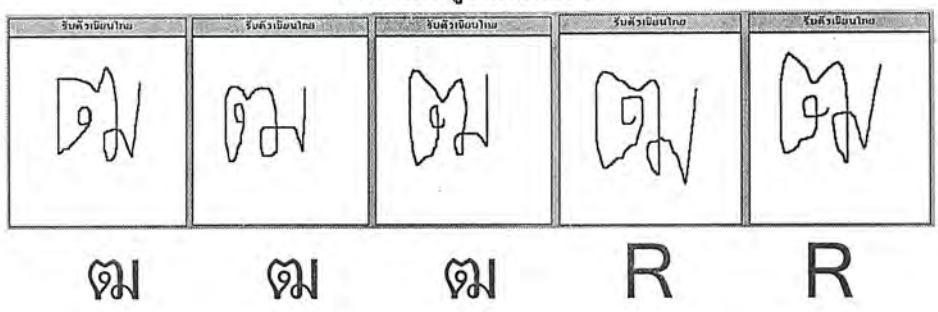



ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฑ

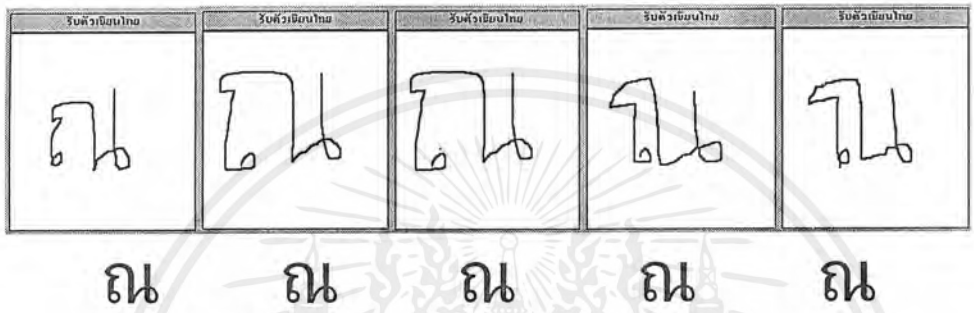



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

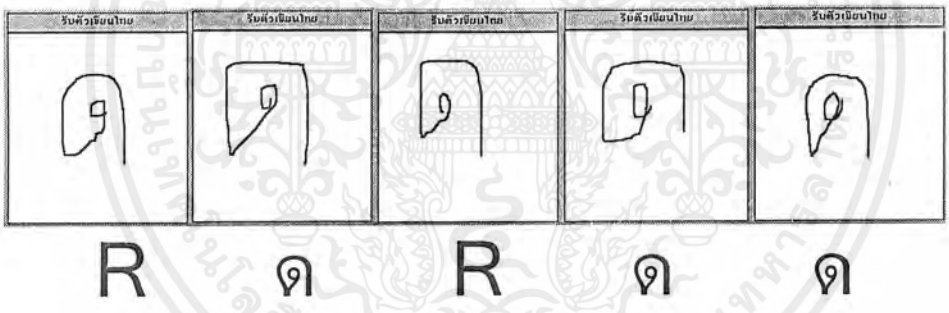
ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฒ



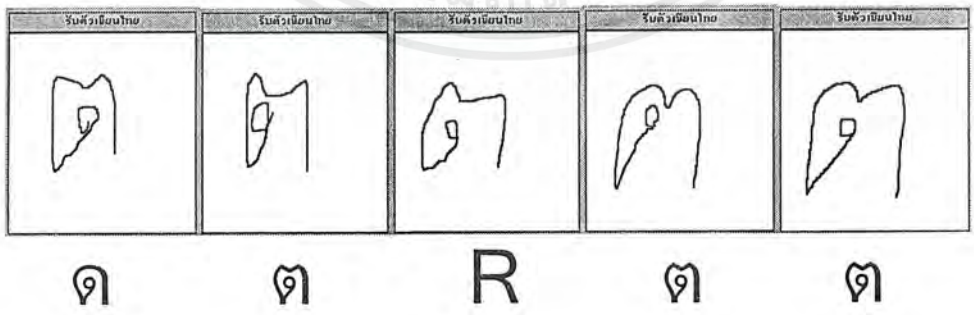

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ณ




ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ด

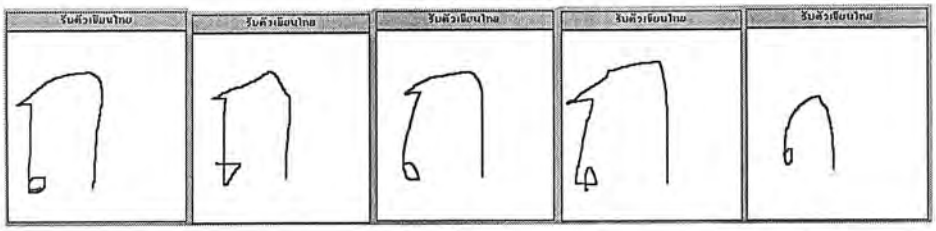



ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ต




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ถ

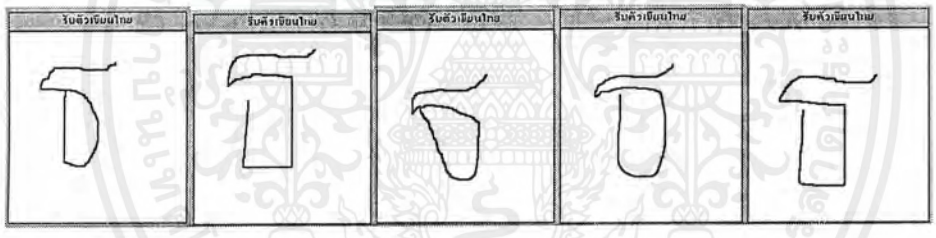



ถ ถ ถ ถ R

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ท

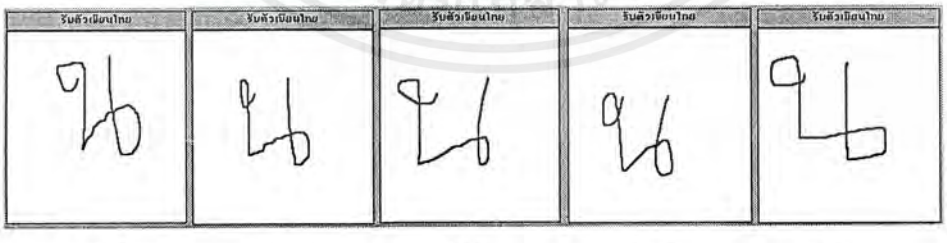
ท ท ท ท ท

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ธ




ร ธ ธ ธ ธ

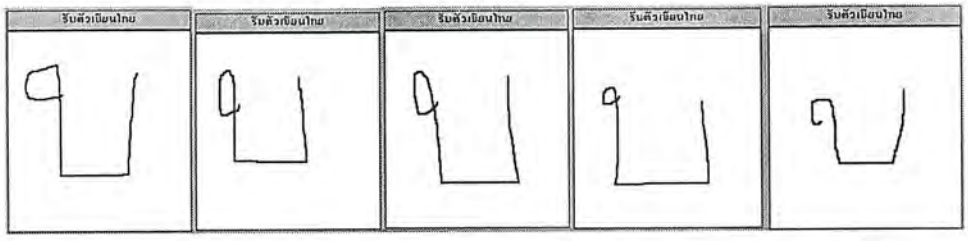
ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร น




น น น น น

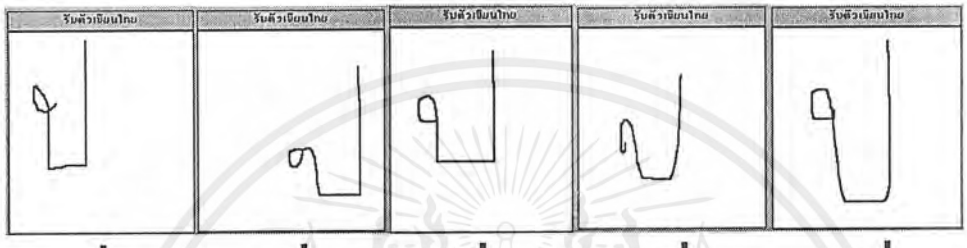
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร บ



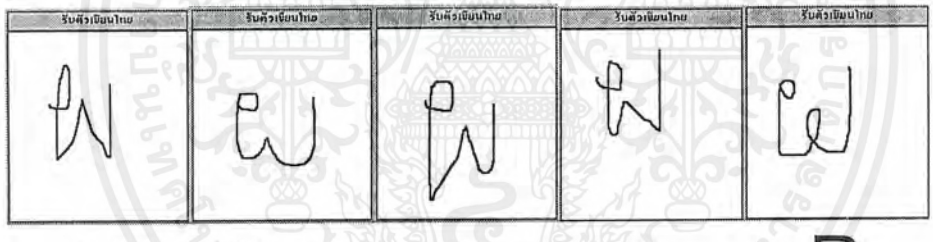

บ บ บ บ บ

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ป



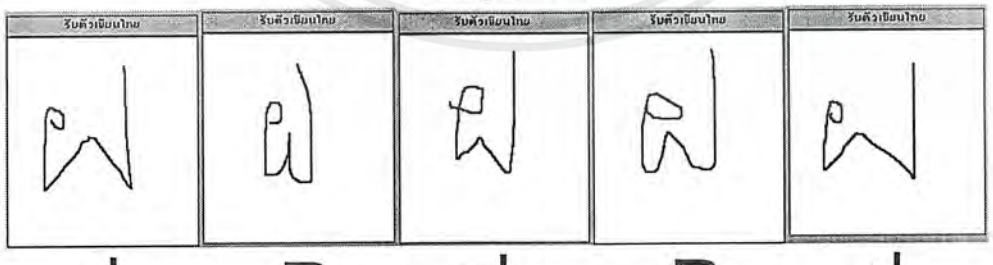

ป ป ป ป ป

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ผ




ผ ผ ผ ผ R

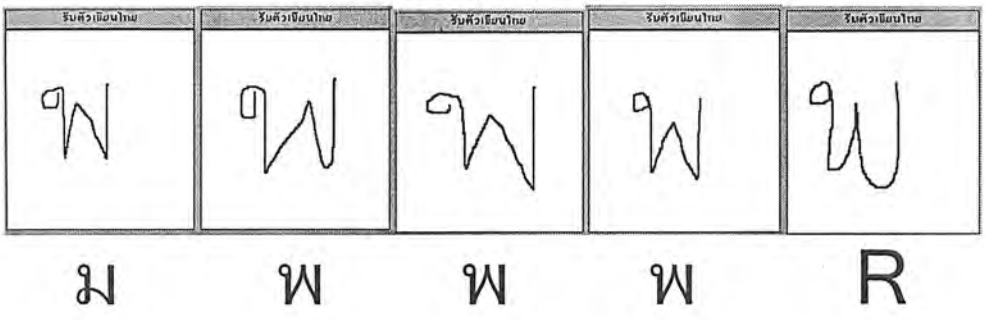
ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฝ




ฝ R ฝ R ฝ

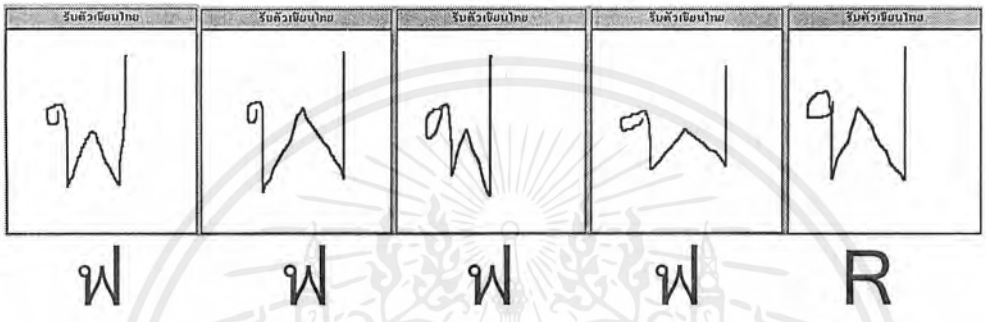
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร พ



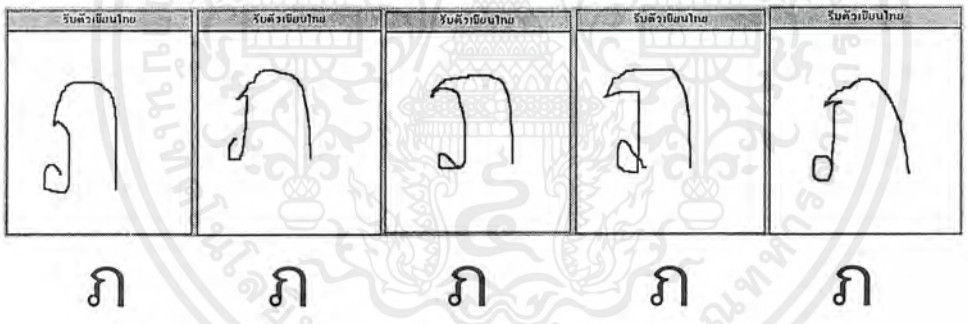

ม พ พ พ R

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฟ



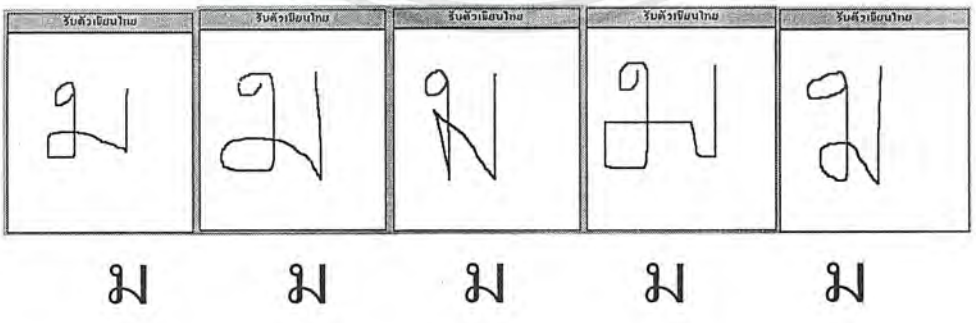

ฟ ฟ ฟ ฟ R

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ภ




ภ ภ ภ ภ ภ

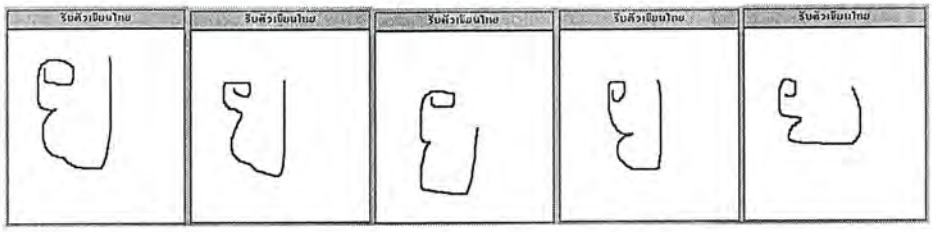
ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ม



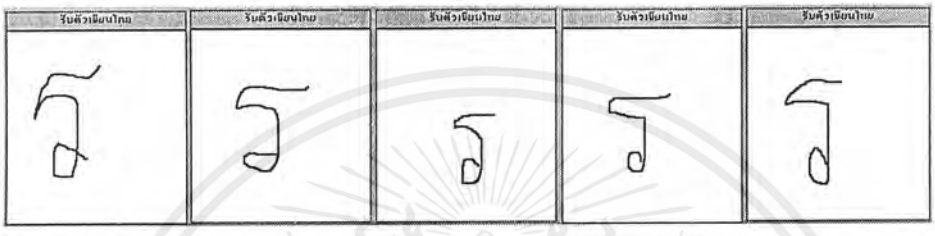

ม ม ม ม ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

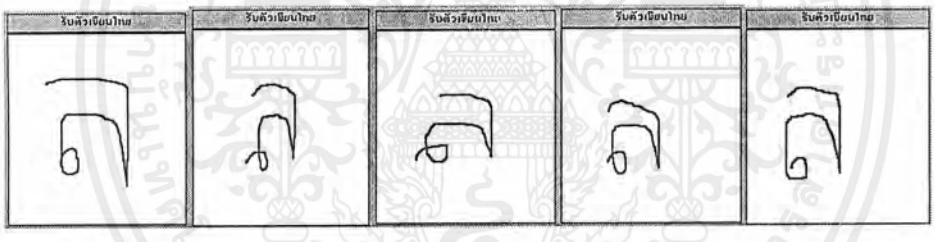
ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ย



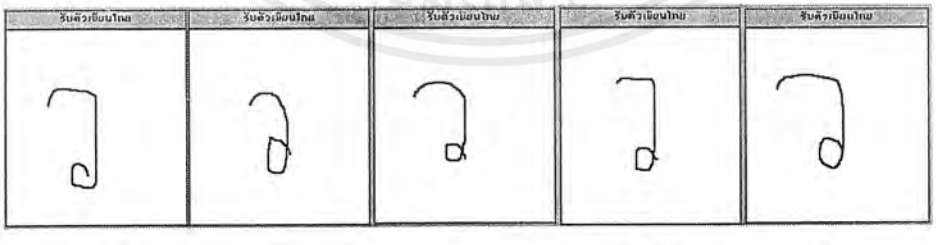

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ร




ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ล

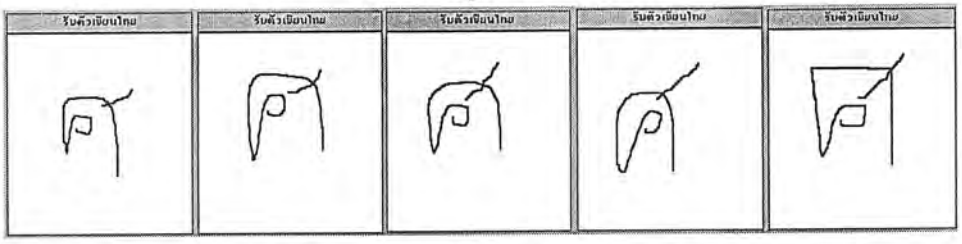



ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ว



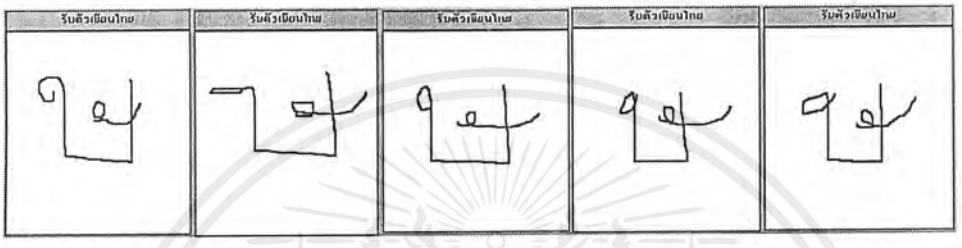

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ศ



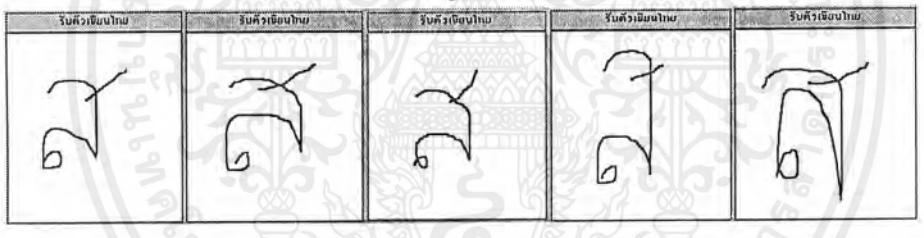

ศ ศ ศ ศ ศ

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ษ



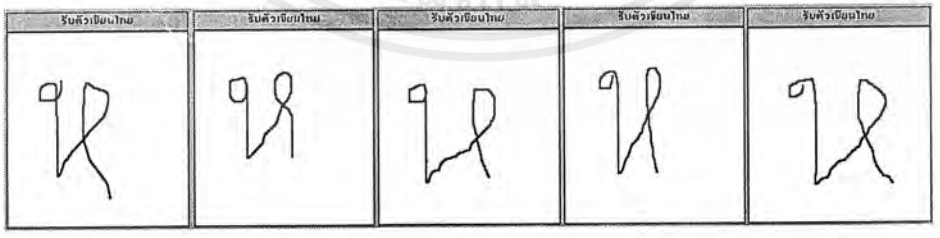

ษ ษ ษ ษ ษ

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ส




ส ส ส ส ส

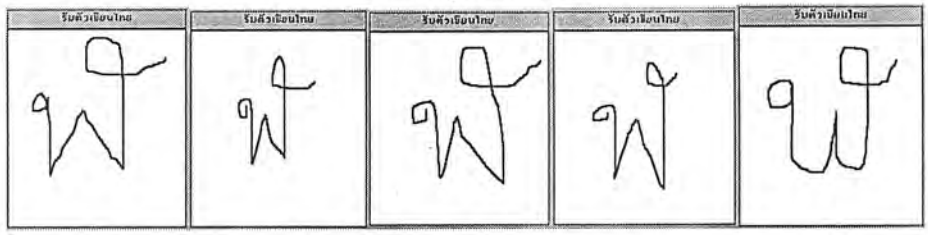
ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ห




ห ห จ ห ห

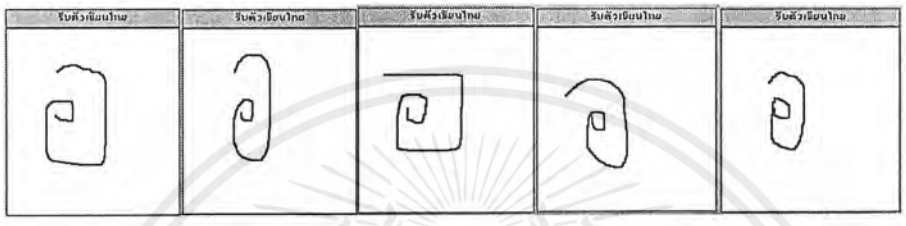
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร พ



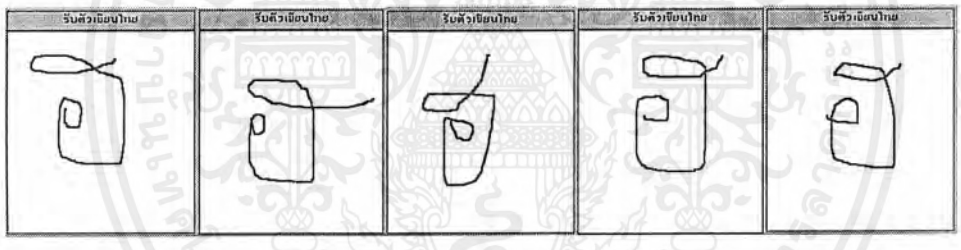

พ พ พ พ พ

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร อ




อ อ อ อ อ

ตัวอย่างการรู้จำตัวอักษร ฮ




ฮ ฮ ฮ ฮ ฮ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข

ส่วนของโปรแกรมการรู้จำลายมือเขียนตัวอักษรไทย แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. **โปรแกรมหลัก**

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%              PROGRAM THAI FREE HAND WRITING VERSION 1.0              %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% USER INTERFACE
user_dialog :-
logo,
init_getmouse,
_S1 = [dlg_ownedbyprolog,ws_sysmenu,ws_caption],
_S2 = [ws_child,ws_visible,ws_border],
_S3 = [ws_child,ws_visible,ws_tabstop,bs_pushbutton],
_S4 = [ws_child,ws_border,ws_visible],
_S5 = [ws_child,ws_visible,ws_border,ss_center],
wdcreate( user_dialog,    `เขียนลายมือไทย เวอร์ชัน 1.0`,    157, 53, 542, 271, _S1 ),
wccreate( (user_dialog,9000), grafix, `Grafix1`,    20, 30, 190, 200, _S2 ),
wccreate( (user_dialog,1000), button, `เขียนใหม่`,    230, 70, 80, 30, _S3 ),
wccreate( (user_dialog,1001), button, `ออกโปรแกรม`,    230, 190, 80, 30, _S3 ),
wccreate( (user_dialog,1002), button, `ทำการรู้จำ`,    230, 30, 80, 30, _S3 ),
wccreate( (user_dialog,1004), button, `ช่วยเหลือ`,    230, 110, 80, 30, _S3 ),
wccreate( (user_dialog,9001), grafix, `Grafix2`,    330, 30, 190, 200, _S4 ),
wccreate( (user_dialog,10001), static, `รับลายมือเขียน`,    20, 10, 190, 20, _S5 ),
wccreate( (user_dialog,10003), static, `แสดงผลตัวอักษรที่ทำการรู้จำได้`, 330, 10, 190, 20,
_S5 ),
window_handler( user_dialog, getmouse_handler ),
call_dialog( user_dialog, _ ).

% USER INTERFACE
logo :-
_S1 = [dlg_ownedbyprolog,ws_sysmenu,ws_caption],
_S2 = [ws_child,ws_visible,ws_tabstop,bs_pushbutton],
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
wdcreate( 'ThaiFreeHand',     'THAI FREE HAND v.1.0',          215, 144, 352, 241, _S1
),
wccreate( ('ThaiFreeHand',1000), button, 'เขียนลายมือไทย เวอร์ชัน 1.0',  0,  0, 350, 220, _S2
),
call_dialog('ThaiFreeHand',_).

% INITIALISE DYNAMIC DATA AND GRAPHICS OBJECTS.
init_getmouse :-
        retractall( be_X_Y(_) ),  assert( be_X_Y([]) ),
        retractall( use(_) ),  assert( use([]) ),
        retractall( pri_long(_) ),  assert( pri_long([]) ),
        retractall( sec_long(_) ),  assert( sec_long([]) ),
        retractall( use_mm(_) ),  assert( use_mm([]) ),
        retractall( start(_) ),  assert( start([]) ),
        retractall( idea(_) ),  assert( idea([]) ),
        retractall( cou_nt(_) ),  assert( cou_nt([0]) ),
        retractall( t_line(_) ), assert( t_line([]) ),
        retractall( f_line(_) ),  assert( f_line([]) ),
        retractall( yag(_) ),  assert( yag([]) ),
        retractall( mouse_up(_) ),  assert( mouse_up([]) ),
        abolish( temp_mouse/4 ),  dynamic( temp_mouse/4 ),
        gfx_pen_create(black_thick,0,0,2,2),
!.

% HANDLE A LEFT UP MESSAGE IN THE GRAFIX WINDOW.
getmouse_handler( (user_dialog,9000), msg_leftup, (X,Y), _ ) :-
        ( retract( temp_mouse(X0,Y0,X1,Y1) )
        -> gfx_begin( (user_dialog,9000) ),
                mouse_up(List),
                retractall(mouse_up(_)),assert(mouse_up([-10|List])),
         gfx_end( (user_dialog,9000) )
        ), !.

% HANDLE A LEFT DOWN MESSAGE  IN THE GRAFIX WINDOW.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
getmouse_handler( (user_dialog,9000), msg_leftdown, (X,Y), _ ) :-
        dynamic( temp_mouse/1 ),
        gfx_begin( (user_dialog,9000) ),
        gfx_transform( X0, Y0, X, Y ),
        gfx_end( (user_dialog,9000) ),
        assert( temp_mouse(X0,Y0,X0,Y0) ), !.

% HANDLE A MOUSE MOVE MESSAGE IN THE GARFIX WINDOW.
getmouse_handler( (user_dialog,9000), msg_mousemove, (X,Y), _ ) :-
        ( retract( temp_mouse(X0,Y0,X1,Y1) )
        -> gfx_begin( (user_dialog,9000) ),
                gfx_transform( X2, Y2, X, Y ),
                gfx( ( pen = black_thick
                -> polyline(X1,Y1,X2,Y2) ) ),%write(temp_mouse(X2,Y2) ),nl,
        use(Lines_list),
        len(Lines_list,D),
        ( mouse_up([Hed|T]) -> retract(mouse_up(_)),assert(mouse_up([-10,Y2,X2|T]))
        ;(
                D >= 2 ->
                        use([A0,B0|_]) ,re_fill(A0,B0,Y2,X2),
                        use(Lines),
                        retract(use(_) ),
                        assert( use([Y2,X2|Lines]) )
                        ;
                        retract(use(_) ),
                        assert( use([Y2,X2|Lines_list]) )
                )
        ),
        gfx_end( (user_dialog,9000) ),
        assert( temp_mouse(X0,Y0,X2,Y2) )
        ), !.

% IGNORE MANUAL ATTEMPS TO EXIT THIS WINDOW.
getmouse_handler( user_dialog, msg_close, _, _ ) :-
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        !.

% CALCULATOR PHASE.
re_fill(C0,D0,A,B) :- A0 is C0,B0 is D0,
        (Del_Y is (A - A0)),(Del_X is (B - B0)),
        (
                Del_X =:= 0 ,Del_Y > 0  ->  N is Del_Y-1 ,
                                ( N > 1  ->make_line_0(N,0,A0,B0);L is 1)
                                ,!;
                Del_X =:= 0 , Del_Y < 0 ->  N is abs(Del_Y) - 1 ,
                                ( N > 1 ->make_line_0(N,1,A0,B0);L is 1)
                                ,!;
                Del_Y =:= 0 ,Del_X > 0  ->  N is (abs(Del_X)-1) ,
                                ( N > 1 ->make_line_0(N,2,A0,B0);L is 1)
                                ,!;
                Del_Y =:= 0 , Del_X < 0 ->  N is (abs(Del_X)-1) ,
                                ( N > 1 ->make_line_0(N,3,A0,B0);L is 1)
                                ,!;
                point_t(Del_X,Del_Y,A0,B0)
        ), !.
point_t(Del_X,Del_Y,A0,B0) :-(    Del_X > 0   , Del_Y > 0  -> MM is abs(Del_Y/Del_X) ,
                ( MM  >= 1 -> N is abs(Del_Y) ,Nn is N-1,
                ( N > 1 -> make_line_1(Nn,0,A0,B0,MM)  ;K is 5);
                MM  < 1 -> N is abs(Del_X) ,Nn is N-1,
                ( N > 1 ->make_line_2(Nn,0,A0,B0,MM) ;K is 5))
                ;
                Del_X > 0   , Del_Y < 0  -> MM is abs(Del_Y/Del_X) ,
                ( MM  >= 1 -> N is abs(Del_Y) ,Nn is N-1,
                (N > 1 ->make_line_1(Nn,1,A0,B0,MM) ;K is 5);
                MM  < 1 -> N is abs(Del_X) ,Nn is N-1,
                (N > 1 ->make_line_2(Nn,1,A0,B0,MM) ;K is 5))
                ;
                Del_X < 0   , Del_Y > 0  -> MM is abs(Del_Y/Del_X) ,
                ( MM  >= 1 -> N is abs(Del_Y) ,Nn is N-1,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                (N > 1 ->make_line_1(Nn,2,A0,B0,MM) ;K is 5);
                MM  < 1 -> N is abs(Del_X) ,Nn is N-1,
                (N > 1 ->make_line_2(Nn,2,A0,B0,MM) ;K is 5))
                ;
                Del_X < 0   , Del_Y < 0  -> MM is abs(Del_Y/Del_X) ,
                ( MM  >= 1 -> N is abs(Del_Y) ,Nn is N-1,
                (N > 1 ->make_line_1(Nn,3,A0,B0,MM) ;K is 5);
                MM  < 1 -> N is abs(Del_X) ,Nn is N-1,
                (N > 1 ->make_line_2(Nn,3,A0,B0,MM) ;K is 5))
                ;L is 6
                ), !.
make_line_0(0,T,A,B).
make_line_0(N,T,Y,X) :- NN is N - 1,
                        NN >= 0,
                        use(L), %M is Y-1 ,
                        (  T =:= 0 -> H is X,M is Y+1 ;
                           T =:= 1 -> H is X,M is Y-1 ;
                           T =:= 2 -> H is X+1,M is Y ;
                           T =:= 3 -> H is X-1,M is Y
                        ),
                        retractall(use(_)),assert(use([M,H|L])),
                        make_line_0(NN,T,M,H),!.
make_line_1(0,T,A,B,MM).
make_line_1(N,T,Y,X,MM) :- NN is N - 1,
                        NN >= 0,
                        use(L), %M is Y-1 ,
                        (  T =:= 0 -> H is X+(1/MM),M is Y+1 ;
                           T =:= 1 -> H is X+(1/MM),M is Y-1 ;
                           T =:= 2 -> H is X-(1/MM),M is Y+1 ;
                           T =:= 3 -> H is X-(1/MM),M is Y-1
                        ),
                        retractall(use(_)),assert(use([M,H|L])),
                        make_line_1(NN,T,M,H,MM).
make_line_2(0,T,A,B,MM).
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
make_line_2(N,T,Y,X,MM) :- NN is N - 1,
                           NN >= 0,
                           use(L), %M is Y-1 ,
                           ( T =:= 0 -> H is X+1,M is Y+MM ;
                             T =:= 1 -> H is X+1,M is Y-MM ;
                             T =:= 2 -> H is X-1,M is Y+MM ;
                             T =:= 3 -> H is X-1,M is Y-MM
                           ),
                           retractall(use(_)),assert(use([M,H|L])),
                           make_line_2(NN,T,M,H,MM).

% ADD PHASE.
for_line1 :- t_line([T,U|_]),t_line([_,_|Y]),re_degree(T,U),
        retract(t_line(_)),assert(t_line(Y)), !.
fill_l(A,U) :- f_line(F),
                retract(f_line(_)),assert(f_line([A|F])),
                pri_long([H_long|T_long]),
                retract(pri_long(_)),assert(pri_long(T_long)),
                sec_long(Sec_long),
                retract(sec_long(_)),assert(sec_long([H_long|Sec_long])),
                !.
fill_f(D,U) :-  (
                ( D >  159  ,D  < 203 ) -> A is 4,fill_l(A,U) ,!;
                ( D >= 203  ,D =< 249 ) -> A is 5,fill_l(A,U)  ,!;
                ( D >  249  ,D  < 293 ) -> A is 6,fill_l(A,U) ,!;
                ( D >= 293  ,D =< 339 ) -> A is 7,fill_l(A,U)
                ), !.
re_degree(D,U) :-
                (
                ( D >  339 ; D  < 23  ) -> A is 0,fill_l(A,U)  ,!;
                ( D >= 23  ,D =< 69  ) -> A is 1,fill_l(A,U) ,!;
                ( D >  69  ,D  < 113 ) -> A is 2,fill_l(A,U) ,!;
                ( D >= 113 ,D =< 159 ) -> A is 3,fill_l(A,U ) ,!;
                fill_f(D,U)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ), !.


for_line :- t_line(T),len(T,A),final_line(A).
final_line(0).
final_line( N) :-
                NN is N -2,
                NN >= 0,
                t_line([T,U|_]),
                re_degree1(T,U),
                t_line([_,_|Y]),
                retract(t_line(_)),
                assert(t_line(Y)),
                final_line(NN),!.
fill_l1(A,U) :- f_line(F),f_line([X|_]),
                pri_long([H_long|T_long]),
                (       A =:= X ->f_line([_|B]),%Test for the same line,
                                retract(f_line(_)),assert(f_line([X|B])) ,
                                add_long        ,!;
                        retract(f_line(_)),assert(f_line([A|F])) ,
                        retract(pri_long(_)),assert(pri_long(T_long)),
                        sec_long(Sec_long),retract(sec_long(_)),
                        assert(sec_long([H_long|Sec_long]))
                ), !.
add_long :- pri_long(T),len(T,N),
                        (N > 1 -> pri_long([P1,P2|P3]),P4 is (P1+P2) ,
                        retract(pri_long(_)),assert(pri_long([P4|P3])),!;
                                                pri_long([P4|P3]),retract(pri_long(_)),
                                                assert(pri_long(P3))
                        )
                        ,!.
fill_f1(D,U) :-  (
                ( D >  159  ,D  < 203 ) -> A is 4,fill_l1(A,U) ,!;
                ( D >= 203  ,D =< 249 ) -> A is 5,fill_l1(A,U)  ,!;
                ( D >  249  ,D  < 293 ) -> A is 6,fill_l1(A,U) ,!;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ( D >= 293  ,D =< 339 ) -> A is 7,fill_l1(A,U)
                ), !.
re_degree1(D,U) :-
                (
                ( D >  339 ; D  < 23  ) -> A is 0,fill_l1(A,U)  ,!;
                ( D >= 23  ,D =< 69  ) -> A is 1,fill_l1(A,U) ,!;
                ( D >  69  ,D  < 113 ) -> A is 2,fill_l1(A,U) ,!;
                ( D >= 113 ,D =< 159 ) -> A is 3,fill_l1(A,U ) ,!;
                fill_f1(D,U)
                ), !.
fill(D) :-  use_mm(D_gree),retractall(use_mm(_)),
                assert(use_mm([D|D_gree])),!.
fill_c :-  cou_nt([Nt|_]),retract(cou_nt(_)),
                Nn is (Nt+1),assert(cou_nt([Nn|Nt])),!.
find_line(K1,K2) :-  cou_nt([A|_]),t_line(T),retract(cou_nt(_)),
                assert(cou_nt([0])),idea([_,D|_]),
                (
                        A > 0 ->
                        retract(t_line(_)),
                        assert(t_line([D,A|T])),
                        pri_long(Pri),
                        retractall(pri_long(_)),
                        assert(pri_long([A|Pri]))
                        ;
                        G is 6
                ), !.
find_last :-  cou_nt([A|_]),t_line(T),retract(cou_nt(_)),
                assert(cou_nt([0])),idea([D|_]),use([H1,H2|_]),
                (
                        A > 0 ->
                        pri_long(Pri),retract(pri_long(_)),
                        assert(pri_long([A|Pri])),
                        retract(t_line(_)),
                        assert(t_line([D,A|T])) ,!
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ;
                    G is 5
                ),!.
find_Degree(A,B) :-     (
                    ( A > 0 ,B > 0) ->
                    M_M is (B/A), MM is ( 360 - (atan(M_M)//1) ) ,
                    fill(MM) ,!
                    ;
                    ( A < 0 ,B > 0) ->
                    M_M is (B/A), MM is ( 180 - (atan(M_M)//1) ) ,
                    fill(MM) ,!
                    ;
                    ( A < 0 ,B < 0 ) ->
                    M_M is (B/A), MM is ( 180 - (atan(M_M)//1) ) ,
                    fill(MM) ,!
                    ;
                    ( A > 0 ,B < 0 ) ->
                    M_M is (B/A), MM is ( 0 - (atan(M_M)//1) ) ,
                    fill(MM)
                    ),!.
find_start(A1,A2) :- use_mm(Use),use_mm([B1|_]),
                    start(Drt),use([K1,K2|_]),
                    idea(Idea),idea([H1|_]),
                    C is ( abs(B1 - H1)),
                    (
                     ( C < 6 ; C > 354 ) -> retract(start(_)),
                     assert(start([A1,A2])),fill_c ,!
                     ;
                     retractall(start(_)),
                     assert(start([K1,K2])),
                     retractall(idea(_)),assert(idea([B1|Idea])),
                     find_line(K1,K2)
                    ), !.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% INITIAL LOOP.
ini_loop(Con1,Con2) :-
        use(New_),
        use([_,_|H]),
        retractall(use(_)),
        assert(use(H)),
        use([H1,H2|_]),
        Del_X is (H1 - Con1),
        Del_Y is (H2 - Con2),fi_case(Del_X,Del_Y),
        use_mm(Start),
        use_mm([AA|_]),
        start(New_start),
        retract(start(_)),
        assert(start([Con1,Con2|New_start])),
        idea(Idea),
        retract(idea(_)),
        assert(idea([AA|Idea]))
, !.

% INI END LOOP
fi_case(Del_X,Del_Y) :-
        (
        ( Del_X =:= 0 ,Del_Y > 0 ) ->
         D_gree is 270 ,fill(D_gree)
,!      ;
        ( Del_X =:= 0 ,Del_Y < 0 ) ->
        D_gree is 90   , fill(D_gree)
,!      ;
        ( Del_X < 0 ,Del_Y =:= 0 ) ->
        D_gree is 180 , fill(D_gree)
,!      ;
        ( Del_X > 0 ,Del_Y =:= 0 ) ->
        D_gree is 0  , fill(D_gree)
,!      ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        find_Degree(Del_X,Del_Y)
        ),!.
% LOOP
sun_loop(0,K1,K2).
sun_loop(N,Con1,Con2) :-
NN is N - 1 ,
NN >= 0,
        use(New_list),
        use([_,_|H]),
        retractall(use(_)),
        assert(use(H)),
        use([H1,H2|_]),
        start(Hey),
        start([S1,S2|_]),
Del_X is (H1 - S1),
Del_Y is (H2 - S2),
        fi_case(Del_X,Del_Y),
        find_start(S1,S2),
sun_loop(NN,Con1,Con2),!.

%OPTIMIZE PHASE
opti(0).
opti(N) :- NN is N-1,
                NN >= 0,pri_long([H_pri|T_pri]),
                t_line([H1|T]),f_line(I),
                ( NN > 1 ->pri_long([P1,P2,P3|_]),pri_long([HP1,HP2|Tail_pri]),
                        t_line([A1,A2,A3|_]),t_line([H1,H2|TT]),
                        (
                                ((A1+1=:=A2);(A1-7=:=A2)),
                                ((A1+2=:=A3);(A1-6=:=A3))->
                                f_line(I),
                                retract(f_line(_)),assert(f_line([A1|I])),
                                retract(t_line(_)),assert(t_line(TT)),
                                lon_f(H_pri,Tail_pri)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ,!;
                        ((A1-1=:=A2);(A2-7=:=A1)),
                        ((A1-2=:=A3);(A3-6=:=A1))->
                        f_line(I),
                        retract(f_line(_)),assert(f_line([A1|I])),
                        retract(t_line(_)),assert(t_line(TT))
                        ,lon_f(H_pri,Tail_pri)
                ,!;
                        retract(f_line(_)),assert(f_line([A1|I]))
                        ,retract(t_line(_)),assert(t_line(T))
                        ,lon_f(H_pri,T_pri)
                ), !;
                        f_line(I),retract(f_line(_)),assert(f_line([H1|I]))
                        ,retract(t_line(_)),assert(t_line(T))
                        ,lon_f(H_pri,T_pri)
                        ),t_line(P),len(P,NNN),
        opti(NNN).

% OPTIMIZE PHASE.
opti(0).
opti(N) :- NN is N-1,
        NN >= 0,pri_long([H_pri|T_pri]),
        f_line([H1|T]),t_line(I),
        ( NN > 1 ->
                f_line([A1,A2,A3|_]),f_line([H11,H2|TT]),
                pri_long([P1,P2,P3|_]),pri_long([HP1,HP2|Tail_pri]),
                (
                        ((A1+1=:=A2);(A1-7=:=A2)),
                        ((A1+2=:=A3);(A1-6=:=A3))->
                        t_line(I),
                        retract(t_line(_)),assert(t_line([A1|I])),
                        retract(f_line(_)),assert(f_line(TT)) ,
                        lon_f(H_pri,Tail_pri)
                ,!;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ((A1-1=:=A2);(A2-7=:=A1)),
                    ((A1-2=:=A3);(A3-6=:=A1))->
                    t_line(I),
                    retract(t_line(_)),assert(t_line([A1|I])),
                    retract(f_line(_)),assert(f_line(TT)),
                    lon_f(H_pri,Tail_pri)
                ,!;
                    retract(t_line(_)),assert(t_line([A1|I]))
                    ,retract(f_line(_)),assert(f_line(T)),
                    lon_f(H_pri,T_pri)
                ), !;
                    t_line(I),retract(t_line(_)),assert(t_line([H1|I]))
                    ,retract(f_line(_)),assert(f_line(T)),lon_f(H_pri,T_pri)
                    ),f_line(P),len(P,NNN),
            opti(NNN),!.

lon_f(H_long,Tail) :- sec_long(S),retract(sec_long(_)),assert(sec_long([H_long|S])),
            retract(pri_long(_)),assert(pri_long(Tail)),!.

%OPTIMIZE PHASE.
optim(0).
optim(N) :- NN is N-1,
            NN >= 0,
            sec_long([H_sec|T_sec]),
            f_line([H1|T]),t_line(I),
            ( NN > 1 ->
                f_line([A1,A2,A3|_]),f_line([H1,H2|TT]),sec_long([S1,S2|Tail_S]),
                sec_long([Hs1,Hs2,Hs3|_]),H_add is Hs1+Hs2+Hs3, H_plus is
                Hs2+Hs3,
                (
                    A1 =:= A3 ->
                    ( opt(K0,A1,A2) -> D is K0 ; D is abs(A1-A2)),
                    ( D < 2 -> %retract(t_line(_)),assert(t_line([A1|I])),
                    sel_as(I,A1,H_add,H_plus),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    retract(f_line(_)),assert(f_line(TT))

                    ,retract(sec_long(_))
                    ,assert(sec_long(Tail_S))
                        ,!;
                        sel_as(I,H1,H_sec,0)
                        %retract(t_line(_)),assert(t_line([I]))
                        ,retract(f_line(_)),assert(f_line(T)),
                        cut_sec_long(T_sec)
                )
                    ,!;
                    t_line(I),%retract(t_line(_)),assert(t_line([H1|I]))
                    sel_as(I,H1,H_sec,0)
                    ,retract(f_line(_)),assert(f_line(T)),
                    cut_sec_long(T_sec)
                )
            ,!;
            t_line(I)%,retract(t_line(_)),assert(t_line([H1|I])),
            ,sel_as(I,H1,H_sec,0)
            ,retract(f_line(_)),assert(f_line(T)),
            cut_sec_long(T_sec)
            )
            ,f_line(P),len(P,NNN),
            optim(NNN).

opt(1,0,7).
opt(1,7,0).

sel_as(I,H1,H_sec,H_plus) :- len(I,L),
            ( L > 0 -> t_line([H|_]),
                ( H =:= H1 -> G is 5,pri_long([H_pri|T_pri]),
                            H_add is H_pri+H_sec,retract(pri_long(_)),
                            assert(pri_long([H_add|T_pri]))
                ; retract(t_line(_)),assert(t_line([H1|I])),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                pri_long(Pri_long),retract(pri_long(_)),
                assert(pri_long([H_sec|Pri_long]))
            )
            ; retract(t_line(_)),assert(t_line([H1|I]))
            ,pri_long(Pri_long),retract(pri_long(_)),
                assert(pri_long([H_sec|Pri_long]))
            ),!.
cut_sec_long(H) :- retract(sec_long(_)),assert(sec_long(H)),!.

% HEAD PHASE
find_head(0).
find_head(N) :- NN is N -1,
            NN >= 0,
            f_line([A1|A]),retract(f_line(_)),assert(f_line(A)),
            sec_long([H_pri|T_pri]),retract(sec_long(_)),assert(sec_long(T_pri)),
            pri_long(S),retract(pri_long(_)),assert(pri_long([H_pri|S])),
            t_line(T),retract(t_line(_)),assert(t_line([A1|T])),
            t_line(TT),len(TT,Y),f_line(E),%,write(Y),nl,
            (
                Y =:= 4-> t_line([E1,B3,B2,B1|_]),
                ( head_b(K0,B1,B2,B3) -> D0 is K0;D0 is (B2-B1)),
                ( head(K1,B2,B3,B1) -> D1 is K1;D1 is (B3-B2)),
            ( D0+D1 >=5 -> %retract(t_line(_)),assert(t_line([100|E])),NNN is 0;
                            del_noi_1(B3,E,E1),NNN is 0;
            D0+D1 =< -5 ->%retract(t_line(_)), assert(t_line([200|E])),NNN is 0;
                            del_noi_2(B3,E,E1),NNN is 0;
                            G is 5 ,NNN is NN) ;
                Y =:= 5-> t_line([E1,B4,B3,B2,B1|_]),
                ( head_b(K0,B1,B2,B3) -> D0 is K0;D0 is (B2-B1)),
                ( head(K1,B2,B3,B1) -> D1 is K1;D1 is (B3-B2)),
                ( head(K2,B3,B4,B2) -> D2 is K2;D2 is (B4-B3)),

                ( D0+D1+D2 >=5 ->%retract(t_line(_)),
                assert(t_line([100|E])),NNN is 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    del_noi_1(B4,E,E1),NNN is 0;
            D0+D1+D2 =< -5 ->del_noi_2(B4,E,E1),NNN is 0;
                    G is 5 ,NNN is NN) ;
            Y =:= 6-> t_line([E1,B5,B4,B3,B2,B1|_]),
            ( head_b(K0,B1,B2,B3) -> D0 is K0;D0 is (B2-B1)),
            ( head(K1,B2,B3,B1) -> D1 is K1;D1 is (B3-B2)),
            ( head(K2,B3,B4,B2) -> D2 is K2;D2 is (B4-B3)),
            ( head(K3,B4,B5,B3) -> D3 is K3;D3 is (B5-B4)),

            ( D0+D1+D2+D3 >=5 ->del_noi_1(B5,E,E1),NNN is 0;
              D0+D1+D2+D3 =< -5 ->del_noi_2(B5,E,E1),NNN is 0;
                    G is 5 ,NNN is NN );
            Y =:= 7-> t_line([E1,B6,B5,B4,B3,B2,B1|_]),
            ( head_b(K0,B1,B2,B3) -> D0 is K0;D0 is (B2-B1)),
            ( head(K1,B2,B3,B1) -> D1 is K1;D1 is (B3-B2)),
            ( head(K2,B3,B4,B2) -> D2 is K2;D2 is (B4-B3)),
            ( head(K3,B4,B5,B5) -> D3 is K3;D3 is (B5-B4)),
            ( head(K4,B5,B6,B4) -> D4 is K4;D4 is (B6-B5)),

            ( D0+D1+D2+D3+D4 >=5 ->%retract(t_line(_)),
            assert(t_line([100|E])),NNN is 0;
                    del_noi_1(B6,E,E1),NNN is 0;
            D0+D1+D2+D3+D4 =< -5 -
            >%retract(t_line(_)),assert(t_line([200|E])),NNN is 0;
                    del_noi_2(B6,E,E1),NNN is 0;
                    G is 5 ,NNN is NN);
                    G is 5,NNN is NN
    ),
    find_head(NNN).

%RULE HEAD.
head(-1,0,7,_).
head(-2,0,6,_).
head(-3,0,5,_)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
head(1,7,0,_).
head(2,6,0,_).
head(3,5,0,_).
head(-2,1,7,_).
head(-3,1,6,_).
head(2,7,1,_).
head(3,6,1,_).
head(-3,2,7,_).
head(3,7,2,_).
head(Y,6,2,X) :- ( (X =:= 1;X =:= 0;X =:= 7) -> Y is -4 ;
                   (X =:= 3;X =:= 4;X =:= 5) -> Y is 4
                 ).
head(Y,2,6,X) :- ( (X =:= 1;X =:= 0;X =:= 7) -> Y is 4 ;
                   (X =:= 3;X =:= 4;X =:= 5) -> Y is -4
                 ).
head_b(-1,0,7,_).
head_b(-2,0,6,_).
head_b(-3,0,5,_).
head_b(1,7,0,_).
head_b(2,6,0,_).
head_b(3,5,0,_).
head_b(-2,1,7,_).
head_b(-3,1,6,_).
head_b(2,7,1,_).
head_b(3,6,1,_).
head_b(-3,2,7,_).
head_b(3,7,2,_).
head_b(Y,6,2,X) :- ( (X =:= 1;X =:= 0;X =:= 7) -> Y is -4 ;
                     (X =:= 3;X =:= 4;X =:= 5) -> Y is 4
                   ).
head_b(Y,2,6,X) :- ( (X =:= 1;X =:= 0;X =:= 7) -> Y is 4 ;
                     (X =:= 3;X =:= 4;X =:= 5) -> Y is -4
                   ).
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
del_noi_1(B,E,E1) :-pri_long([P1,P2|_]),sec_long(S),
        (
                        B =:= 6 ->
        retract(f_line(_)),assert(f_line([100,B,E1|E])),retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P2
        ,P1|S]))
                                        ,!;
                        B =:= 2 -> chk_del_noi1(B,E1,E)
                                        ,!;
                        B =:= 5 ->
        retract(f_line(_)),assert(f_line([100,B,E1|E])),retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P2
        ,P1|S]))
                                        ,!;
                        B =:= 7 ->
        retract(f_line(_)),assert(f_line([100,B,E1|E])),retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P2
        ,P1|S]))
                                        ,!;
                        retract(f_line(_)),assert(f_line([100,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P1|S]))
        ),!.

del_noi_2(B,E,E1) :- pri_long([P1,P2|_]),sec_long(S),
        (
                        B =:= 6 ->
        retract(f_line(_)),assert(f_line([200,B,E1|E])),retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P2
        ,P1|S]))
                                        ,!;
                        B =:= 2 -> chk_del_noi2(B,E1,E)
                                        ,!;
                        B =:= 5 ->
        retract(f_line(_)),assert(f_line([200,B,E1|E])),retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P2
        ,P1|S]))
                                        ,!;
                        B =:= 7 ->
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        retract(f_line(_)),assert(f_line([200,B,E1|E])),retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P2
        ,P1|S]))
                                                ,!;
        retract(f_line(_)),assert(f_line([200,E1|E])),
        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P1|S]))
        ),!.


chk_del_noi1(B,E1,E) :- pri_long([P1,P2|_]),sec_long(S),
                        (
                        E1 =:= 6 -> retract(f_line(_)),assert(f_line([100,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P1|S])),!;
                        E1 =:= 2 -> retract(f_line(_)),assert(f_line([100,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P1|S])),!;
                        E1 =:= 5 -> retract(f_line(_)),assert(f_line([100,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P1|S])),!;
                        E1 =:= 7 -> retract(f_line(_)),assert(f_line([100,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P1|S])),!;
                         retract(f_line(_)),assert(f_line([100,B,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P2,P1|S]))
                        ),!.

chk_del_noi2(B,E1,E) :-pri_long([P1,P2|_]),sec_long(S),
                        (
                        E1 =:= 6 -> retract(f_line(_)),assert(f_line([200,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P1|S])),!;
                        E1 =:= 2 -> retract(f_line(_)),assert(f_line([200,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P1|S])),!;
                        E1 =:= 5 -> retract(f_line(_)),assert(f_line([200,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P1|S])),!;
                        E1 =:= 7 -> retract(f_line(_)),assert(f_line([200,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P1|S])),!;
                         retract(f_line(_)),assert(f_line([200,B,E1|E])),
                        retract(sec_long(_)),assert(sec_long([P2,P1|S]))
                        ),!.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
find_final_line(H) :- f_line(X),len(X,XX),
                        ( XX =:= 0 -> retract(f_line(_)),assert(f_line(H))
                        ; G is 5
                        ),!.

find_final_long :- pri_long(X),reverse(X,XX),sec_long(Y),len(Y,YY),
                        ( YY =:= 0 -> retract(sec_long(_)),assert(sec_long(XX))
                        ; G is 5
                        ),!.

run_min_H :-  use([A_,A1_|T_]),len(T_,TL_),N_X_ is (TL_/10),
                        max_H(A1_,T_,B_,N_X_),
                        use([A,A1|T]),len(T,TL),N_X is (TL/10),
                        min_H(A,T,B,N_X).

min_H(W,Q,E,0):- be_X_Y(M),
                        retract(be_X_Y(_)),assert(be_X_Y([W|M])).
min_H(A,[A1,_|T],B,N) :-( A < A1 -> B is A; B is A1 ),
                        ( N < 3 -> NN is 0 ;
                        NN is N-2 ),
                        min_H(B,T,C,NN).

max_H(W,Q,E,0):- be_X_Y(M),
                        retract(be_X_Y(_)),assert(be_X_Y([W|M])).
max_H(A,[_,A1|T],B,N) :-( A > A1 -> B is A; B is A1 ),
                        ( N < 3 -> NN is 0 ;
                        NN is N-2 ),
                        max_H(B,T,C,NN).

% FIND MIN AND MAX VALUE.
ini_be_X_Y :- use([H1,H2|T]),run_min_H,use(Ref),reverse(T,Re_T),retract(use(_)),
                        assert(use(Re_T)),use([T1,T2|_]),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
be_X_Y(BE),retract(be_X_Y(_)),assert(be_X_Y([H2,T1,H1,T2|BE])),
                    retract(use(_)),assert(use(Ref)),!.

find_min:- ini_be_X_Y,
                    use([A,A1|T]),len(T,TL),N_X is TL,
                    min_x1(A,T,B,N_X),
                    use([C,C1|Tail]),len(Tail,T_L),N_Y is T_L,
                max_x1(C,Tail,R,N_Y),
                    use([D,D1|Tail_y1]),len(Tail_y1,T_y1),N_Y1 is T_y1,
                min_y1(D1,Tail_y1,R1,N_Y1),
                    use([E,E1|Tail_y2]),len(Tail_y2,T_y2),N_Y2 is T_y2,
                max_y1(E1,Tail_y2,R2,N_Y2),
                    use(Mid_max),len(Mid_max,M_max),use([M1,M2|Mid]),N_mid is
                    M_max/2,
                    find_mid(M2,Mid,R_mid,N_mid),be_X_Y(S),
                    be_X_Y([Head_min,Y_max,Y_min,X_max,X_min|_]),
                    use([H1,H2|_]),
                    (Y_max-H2 =:= 0 -> S_ver is 0 ;
                    S_ver is ((Y_max - Y_min)/(Y_max-Head_min))
                    ),
                    (X_max - H1 =:= 0 -> S_hor is 0 ;
                    S_hor is ((Y_max - Y_min)/(X_max-H1))
                    ),
                    (X_max-X_min =:= 0 -> S_ref is 0 ;
                    S_ref is ((Y_max - Y_min)/(X_max-X_min))
                    ),
                    retract(be_X_Y(_)),assert(be_X_Y([S_ver,S_hor,S_ref|S])),!.
min_x1(W,Q,E,0):- be_X_Y(M),
                    retract(be_X_Y(_)),assert(be_X_Y([W|M])).
min_x1(A,[A1,_|T],B,N) :-( A < A1 -> B is A; B is A1 ),
                    NN is N-2,
                    min_x1(B,T,C,NN).
max_x1(W,Q,E,0):- be_X_Y(M),
                    retract(be_X_Y(_)),assert(be_X_Y([W|M])).
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
max_x1(A,[A1,_|T],B,N) :-( A > A1 -> B is A; B is A1 ),
                        NN is N-2,
                        max_x1(B,T,C,NN).
min_y1(W,Q,E,0):- be_X_Y(M),
                        retract(be_X_Y(_)),assert(be_X_Y([W|M])).
min_y1(A,[_,A1|T],B,N) :-( A < A1 -> B is A; B is A1 ),
                        NN is N-2,
                        min_y1(B,T,C,NN).
max_y1(W,Q,E,0):- be_X_Y(M),
                        retract(be_X_Y(_)),assert(be_X_Y([W|M])).
max_y1(A,[_,A1|T],B,N) :-( A > A1 -> B is A; B is A1 ),
                        NN is N-2,
                        max_y1(B,T,C,NN).
find_mid(W,Q,E,0):- be_X_Y(M),nl,
                        retract(be_X_Y(_)),assert(be_X_Y([W|M])).
find_mid(A,[_,A1|T],B,N) :-( A < A1 -> B is A; B is A1 ),
                        (N =:= 3 -> NN is 0;
                        NN is N-2),
                        find_mid(B,T,C,NN).

% MOUSE UP
f_mouse_up :- use(L),len(L,Ln),m_up(L,Ln),!.
m_up(T,6000) :- reverse(T,Tr),retract(use(_)),assert(use(Tr)),!.
m_up(T,0)   :- mouse_up(M),reverse(M,MM),retract(use(_)),assert(use(MM)),!.
m_up([H1|T],N) :- ( H1 =:= 4000 -> NN is 6000 ;
                    mouse_up(M),retract(mouse_up(_)),assert(mouse_up([H1|M]))
                    ),
                  NN is N-1,
                  m_up(T,NN),!.
% END OF CALCULATOR PHASE.

% EXIT THE WINDOW UPON REQUEST.
getmouse_handler( (user_dialog,1001), msg_button, _, done ) :-
                  !.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
% CLEAR THE WINDOW UPON REQUEST.
getmouse_handler( (user_dialog,1000), msg_paint, button_down, _ ) :-
        gfx_window_redraw( (user_dialog,9000) ),
        gfx_window_redraw( (user_dialog,9001) ),
        init_getmouse,
        !.

% RECOGNIZE.
getmouse_handler( (user_dialog,1002), msg_button, _, _ ) :-
        use(GG),len(GG,L_G),write(L_G),nl,
        (
        L_G > 5 ->
        (
        retractall(use(_)),
        reverse(GG,NN),
        assert(use(NN)),nl,
        find_min,
        use_mm(Srt),
        retractall( use_mm(_)),
        assert( use_mm([2|Srt])),
        use(New_list),
        use([_,_|H]),
        retractall(use(_)),
        assert(use(H)),
        len(H,AA),write(AA),nl,J is ((AA/2) - 2),write(J),nl,
        use([H1,H2|_]),G1 is H1,G2 is H2,
        ini_loop(G1,G2),
        sun_loop(J,H1,H2),
        find_last,
        for_line1,
        for_line,retractall(t_line(_)),assert(t_line([])),
        f_line(Y_for_case),nl,write(Y_for_case),write(`f_line`),nl,
        len(Y_for_case,YY),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        find_yag(Y_for_case),
        optim(YY),
        retractall(f_line(_)),assert(f_line([])),
        t_line(DC),reverse(DC,DW),
        write(DW),nl,
        len(DW,DF),
        opti(DF),
        f_line(MM),write(MM),nl,
        len(MM,LM),
        find_head(LM),
        use_mm(Degree),
        reverse(Degree,Rdegree),
        retractall(use_mm(_)),
        assert(use_mm(Rdegree)),
        find_final_line(MM),
        f_line(FL),nl,write(FL),nl,
        mouse_up(MUP),len(MUP,L_MUP),
        exam_test(FL,L_MUP,MM)
        ) ; init_getmouse, msgbox(`กรุณาเขียนใหม่`,`กดปุ่มเขียนใหม่ก่อนครับ
`,16'00000020,_)
),
!.

% HELP.
getmouse_handler( (user_dialog,1004), msg_button, _, _ ) :-
  help_dialog, !.

help_dialog :-
  _S1 = [dlg_ownedbyprolog,ws_sysmenu,ws_caption],
  _S2 = [ws_child,ws_visible,ss_center],
  _S3 = [ws_child,ws_visible,ss_left],
  _S4 = [ws_child,ws_visible,ws_tabstop,bs_pushbutton],
  wdcreate( help_dialog,`การใช้งานโปรแกรม`,258, 307, 362, 261, _S1 ),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  wccreate( (help_dialog,10000), static, `วิธีการใช้งานโปรแกรมเขียนลายมือไทย เวอร์ชัน 1.0`,
30,  10, 310,  20, _S2 ),
  wccreate( (help_dialog,10001), static, `1. เขียนตัวอักษรพยัญชนะไทยลงในหน้าต่างรับลายมือ
เขียน`,  30,  40, 310,  20, _S3 ),
  wccreate( (help_dialog,10002), static, `2. จากนั้นกดปุ่มทำการรู้จำ จะได้ผลการรู้จำออกมาจาก
หน้าต่าง`,  30,  70, 320,  20, _S3 ),
  wccreate( (help_dialog,10003), static, `   แสดงผลการรู้จำตัวอักษร`,                30,
100, 310,  20, _S3 ),
  wccreate( (help_dialog,10004), static, `3. ถ้าต้องการเขียนใหม่เลือกปุ่มเขียนใหม่`,
30, 130, 310,  20, _S3 ),
  wccreate( (help_dialog,10005), static, `4. เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม เลือกปุ่มออกจาก
โปรแกรม`,       30, 160, 310,  20, _S3 ),
  wccreate( (help_dialog,1000),  button, `ปิดหน้าต่างการใช้งานโปรแกรม`,
90, 200, 180,  30, _S4 ),
call_dialog(help_dialog,_).
%END MENU BUTTON.


disp(X) :-
        gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
        gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',200,bold),
        gfx((font = big -> text(40,-10,X))),
        gfx_end(( user_dialog,9001))
        ,!.


% TEST.
exam_test(Y,L_MUP,MM) :-
      ( L_MUP > 5 ->
            (
            rule3(X,Y)->
            gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
            gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',200,bold),
            gfx((font = big -> text(40,-10,X))),
            gfx_end(( user_dialog,9001))  ,write(`rule3`)
            ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
X='Reject',
gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',50,bold),
gfx((font = big -> text(40,50,X))),
gfx_end(( user_dialog,9001 ))
);
(
rule7(X,Y)->
gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',200,bold),
gfx((font = big -> text(40,-10,X))),
gfx_end(( user_dialog,9001))  , write(`rule6`)
;
rule6(X,Y)->
gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',200,bold),
gfx((font = big -> text(40,-10,X))),
gfx_end(( user_dialog,9001)),write(`rule`)
;
rule(X,Y)->
gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',200,bold),
gfx((font = big -> text(40,-10,X))),
gfx_end(( user_dialog,9001)),write(`rule`)
;
rule2(X,Y)->
gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',200,bold),
gfx((font = big -> text(40,-10,X))),
gfx_end(( user_dialog,9001)) ,write(`rule2`)
;
rule4(X,MM)->
gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',200,bold),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                gfx((font = big -> text(40,-10,X))),
                gfx_end(( user_dialog,9001))  , write(`rule4`)
                ;
                rule5(X,Y)->
                gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
                gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',200,bold),
                gfx((font = big -> text(40,-10,X))),
                gfx_end(( user_dialog,9001))  , write(`rule5`)
                ;
                X=`Reject`,
                gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
                gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',50,bold),
                gfx((font = big -> text(40,50,X))),
                gfx_end(( user_dialog,9001 ))
                )
        )
                ,!.

% CAL_W.
cal_w :- X=`มีหยัก`,
                gfx_begin(( user_dialog,9001 )),
                gfx_font_create(big,'MS Sans Serif',50,bold),
                gfx((font = big -> text(20,80,X))),
                gfx_end(( user_dialog,9001 ))
                ,!.

% FIND_YAG.
find_yag(X) :- len(X,Y),reverse(X,XX),
                (Y > 5 ->
                find_yag2(XX,XX,0) ; G is 5 )
                ,!.

find_yag2(X,U,4).
find_yag2([X2,X3,X4|XX],[X5|X6],Y) :- yag(YAG),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
( yag_mid(X4,X3) -> retract(yag(_)),assert(yag([1|YAG])),%cal_w,
Y2 is 4;
yag_mid(X4,X3,X2) -> retract(yag(_)),assert(yag([1|YAG])),%cal_w,
Y2 is 4;
Y2 is Y+1),
find_yag2(X6,X6,Y2), !.

% RULES BASE ZONE
yag_mid(7,1).   yag_mid(7,2).
yag_mid(6,1).   yag_mid(6,2).
yag_mid(7,0,1). yag_mid(7,0,2).
yag_mid(6,0,1). yag_mid(6,0,2).
yag_mid(6,0,6). yag_mid(7,0,6).
yag_mid(0,1,6). yag_mid(2,7,0).
yag_mid(2,0,1). yag_mid(2,7,2).
yag_mid(2,6,2). yag_mid(7,2,7).
yag_mid(7,1,7). yag_mid(7,0,7).
yag_mid(1,2,1). yag_mid(1,0,1).
yag_mid(1,7,1). yag_mid(1,6,1).
yag_mid(0,2,0). yag_mid(0,6,0).
yag_mid(6,2,6). yag_mid(6,1,6).

?-consult(r_base1).
?-consult(r_base2).
?-consult(r_base3).
?-consult(r_base4).
?-consult(r_base5).
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฐานไวยากรณ์ของตัวอักษรไทย

โปรแกรมการรู้จำลายมือเขียนตัวอักษรไทย ใช้ฐานไวยากรณ์ตัวอักษรจำนวน 42 ตัว คือ ตัวอักษร ก- ฮ โดยยกเว้นตัวอักษร ฃ และ ฅ เนื่องจากเห็นว่าเป็นตัวอักษรที่ไม่ได้มีการใช้แล้วในปัจจุบัน ซึ่งในส่วนของการออกแบบฐานไวยากรณ์สำหรับตัวอักษรแต่ละตัวนั้นได้ทำการวิเคราะห์ถึงลักษณะสำคัญของตัวอักษรไทยที่นำมาพิจารณาเป็นสำคัญ โปรแกรมการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยมีฐานไวยากรณ์ดังนี้ คือ r_base1.pl, r_base2.pl, r_base3.pl, r_base4.pl และ r_base5.pl โดยสามารถดูรายละเอียดใน CD-ROM ที่มีพร้อมกับปริญญานิพนธ์นี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม

[1] William F. Clocksin and C.S. Mellish (1987) : "*Programming in prolog Third, Revised and Extended Edition.*", Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1987.

[2] Dave Westwood (1994) : "*LPA-PROLOG Programming Guide.*", Logic Programming Associates Ltd, 1994.

[3] Dave Westwood (1997) : "*LPA-PROLOG Technical Reference.*", Logic Programming Associates Ltd, 1997.

[4] Brain D. Steel (1992-1997) : "*WIN-PROLOG Win32 Programming Guide.*", Brain D. Steel and Logic Programming Associates Ltd, 1992-1997.

[5] Chanchai Dee-Uam : "*On-line Hand Printed Thai Characters Recognition With Syntactic Pattern Analysis.*", 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้