สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การรู้จำอักษรลายมือเขียนภาษาไทยด้วยการวิเคราะห์ทิศทางลายเส้น

HAND-WRITING THAI CHARACTER RECOGNITION USING CHAIN CODE

T055727

โดย

นายธนากร จันทร์จงปราณี

นางสาวนิตยา แซ่จึง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่
เลขทะเบียน 55727
วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.....
i.....

HAND-WRITING THAI CHARACTER RECOGNITION
USING CHAIN CODE

BY

Mr. THANAKORN JUNJONGPRANEE

Ms. NITTAYA SAE-CHUENG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การรู้จำอักษรลายมือเขียนภาษาไทยด้วยวิธีการวิเคราะห์ทิศทางลายเส้น
TITLE	**HAND-WRITING THAI CHARACTER RECOGNITION USING CHAIN CODE**
ชื่อนักศึกษา	นาย ธนากร จันทร์จงปราณี รหัสนักศึกษา 43010166 นางสาว นิตยา แซ่จึง รหัสนักศึกษา 43010219
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สมเกียรติ อุดมหรรษากุล
ระดับการศึกษา	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2546

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(ดร. สมเกียรติ อุดมหรรษากุล)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**การรู้จำอักษรลายมือเขียนภาษาไทยด้วยวิธีการวิเคราะห์ทิศทางลายเส้น**
ชื่อนักศึกษา	นายธนากร จันทร์จงปราณี รหัสนักศึกษา 43010166 นางสาวนิตยา แซ่จึง รหัสนักศึกษา 43010219
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สมเกียรติ อุดมหรรษากุล
ระดับการศึกษา	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2546

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาทฤษฎีและพัฒนาระบบการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยวิเคราะห์ลักษณะส่วนหัวของตัวอักษร และทิศทางของลายเส้นของตัวอักษร (Direct of Drawing Line) เพื่อนำมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการรหัสลูกโซ่ทิศ 4 ทิศ ซึ่งโดยทั่วไปของตัวอักษรไม่ว่าจะเป็นภาษาไทย ภาษาอังกฤษ หรือภาษาอื่น จะประกอบไปด้วยการวางตัวของเส้นในลักษณะต่าง ๆ กันเป็นโครงสร้างตามลักษณะเฉพาะของตัวอักษรนั้น ๆ

สำหรับโครงงานนี้จะเน้นการพัฒนาระบบการรู้จำตัวอักษรลายมือภาษาไทย ดังนั้นกรรมวิธีในการวิเคราะห์ลายมือเขียน จะอาศัยลักษณะของวิธีการเขียนอักษรภาษาไทยที่ส่วนใหญ่จะเริ่มจากหัวกลม และลักษณะการเดินทางของลายเส้นก็เป็นไปในทิศทางที่แตกต่างกันด้วย จากนั้นจะนำลักษณะของส่วนหัวตัวอักษรมาพิจารณาร่วมกับทิศทางของลายเส้นเพื่อทำการคัดแยกและบ่งชี้ตัวอักษรด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบรหัสลูกโซ่ 4 ทิศ

ประโยชน์ที่ได้รับ คือ สามารถนำทฤษฎีการวิเคราะห์แบบรหัสลูกโซ่ 4 ทิศมาประยุกต์ใช้กับการรู้จำตัวอักษรลายมือภาษาไทยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THESIS TITLE	**HAND-WRITING THAI CHARACTER RECOGNITION USING CHAIN CODE**
STUDENT	**Mr. Thanakorn Junjongpranee ID. 43010166** **Ms. Nittaya Sae-chueng ID. 43010219**
ADVISOR	**Dr. Somkait Udomhunsakul**
COURSE	**Bachelor of Information Engineering**
DEPARTMENT	**Information Engineering**
YEAR	**2003**

ABSTRACT

This project presents the result of theory study and process development of hand-writing Thai character recognition for micro-computer that based on head characteristic of character and direction of drawing line using chain code. General characteristic of Thai, English or other languages character composes of line segments lying with their own specific structure.

This project will concentrate on Thai character recognition development, then the analysis process of direction of handwriting will consider the head characteristic of character and direction of drawing line together for classification and identify the character by using Chain code.

This project submit the method of chain code to apply with process of hand-writing Thai character recognition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา เป็นอย่างสูงที่ให้การสนับสนุนการศึกกาและให้กำลังใจในทุกเรื่องเสมอมา ขอบพระคุณอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาและให้คำแนะนำโดยเฉพาะคณาจารย์ในภาควิชาสารสนเทศ

ขอบคุณสำหรับคำแนะนำและคำปรึกษาจากเพื่อนๆ ทั้งที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน และเรื่องทั่ว ๆ ไป และขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ยืมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้

สุดท้ายนี้ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ หากปราศจากบุคคลท่านนี้ คือ ดร. สมเกียรติ อุดมหรรษากุล ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาในการทำโครงงานมาโดยตลอด คณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 จุดประสงค์	2
1.3 ขอบเขตโครงงาน	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ขั้นตอนการรู้จำเบื้องต้น	4
2.2 นิยามการคัดแยกตัวอักษร โดยใช้ส่วนหัว	5
2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น	5
2.4 วิธีการหารหัสลูกโซ่ 4 ทิศ	6
2.5 การสร้างฐานข้อมูลโดยอาศัยนิยามของโครงสร้างต้นไม้ (Tree)	7
บทที่ 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอักษร	
3.1 การเก็บข้อมูลลายมือเขียน	11
3.2 การวิเคราะห์โดยวิธีการหาความสัมพันธ์และทิศระหว่างจุด	12
3.2.1 วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่อยู่บนส่วนหัวของอักษร	12
3.2.2 วิธีการหาความสัมพันธ์และทิศทางระหว่างจุดที่อยู่บนตัวอักษร	14
3.3 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีกับการรู้จำลายมือเขียนตัวอักษรภาษาไทย	17
3.3.1 กลุ่มที่ 1 กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่ไม่มีหัว	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

3.3.2 กลุ่มที่ 2 กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่เริ่มต้นด้วยการเขียนหัว
และเส้นที่ลากต่อจากหัวอยู่ทางด้านขวาของตัวอักษร 22

3.3.3 กลุ่มที่ 3 กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่เริ่มต้นการเขียนด้วยหัวกลม
และเส้นที่ลากต่อจากหัวอยู่ทางด้านซ้ายของตัวอักษร 26

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 การรับข้อมูลลายมือเขียนภาษาไทย 29

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 32

4.3 ปัญหาต่างๆที่พบ 33

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง 36

5.2 ข้อจำกัดของโครงงาน 36

5.3 แนวทางในการพัฒนา 36

บรรณานุกรม 37

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ตัวอักษรแบบต่างๆ 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงภาพสรุปทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 1	22
3.2 แสดงภาพสรุปทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 2	25
3.3 แสดงภาพสรุปทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 3	28
4.1 แสดงผลการทดลอง	31
4.2 แสดงผลการทดลองเพิ่มเติม	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงรหัสลูกโซ่แบบ 4 ทิศ และ 8 ทิศ	5
2.2 แสดงทิศทางทั้ง 4 ทิศ	6
2.3 แสดงลักษณะของโครงสร้างต้นไม้	7
2.4 แสดงการเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างต้นไม้	8
3.1 แสดงขั้นตอนการทำงาน	9
3.2 แสดง Sequence Diagram ของขั้นตอนการรู้จำตัวอักษร	10
3.3 (a) แสดงอักษรต้นแบบที่เกิดขึ้นในขณะที่ลาก	11
3.3 (b) แสดงจุดที่อุปกรณ์อินพุต ส่งค่ามายังโปรแกรม	11
3.4 แสดงจุดต่างๆที่อยู่บนส่วนหัวของตัวอักษร	12
3.5 แสดงเส้นที่ลากจากจุด (x_0,y_0) ไปยังจุดต่างๆ บนหัวของตัวอักษร	13
3.6 แสดงจุดพิกัดที่อยู่บนตัวอักษร ภ	14
3.7 แสดงทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันขึ้นเป็นตัวอักษร	18
3.8 แสดงทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันขึ้นเป็นตัวอักษร ก ที่แตกต่างจากรูปที่ 3.7	19
3.9 แสดงทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันขึ้นเป็นตัวอักษร ธ	20
3.10 แสดงหัวตัวอักษรที่เส้นที่ลากต่ออยู่ทางด้านขวา	22
3.11 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ตัวอักษร ด	24
3.12 แสดงหัวตัวอักษรที่มีเส้นที่ลากต่ออยู่ทางด้านซ้าย	26
3.13 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ทิศทางของลายเส้นตัวอักษร ค	27
4.1 แสดงหน้าจอในการรับข้อมูล	29
4.2 แสดงหน้าจอการประมวลผลตัวอักษร ก	30
4.3 แสดงการประมวลผลผิดพลาดจากการเขียนผิดลำดับ	33
4.4 แสดงการประมวลผลผิดพลาดจากการเขียนตัวเล็กเกินไป	34
4.5 แสดงการประมวลผลผิดพลาดจากการเขียนหัวไม่สมบูรณ์	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันแม้ว่าความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์จะได้ถูกพัฒนาและมีการประยุกต์ใช้งานในวงการต่างๆทุกสาขาอาชีพ แต่ไม่ว่าคอมพิวเตอร์จะถูกนำไปใช้งานในลักษณะใดก็ตามผู้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จะติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ก็โดยการป้อนข้อมูลแบบใดแบบหนึ่ง การใช้แป้นพิมพ์อาจเป็นวิธีหนึ่งที่สะดวกสำหรับผู้ที่มีความชำนาญ แต่สำหรับผู้ที่ไม่มีความชำนาญโอกาสผิดพลาดย่อมเกิดขึ้นได้ง่าย ปัญหาการป้อนข้อมูลจะลำบากขึ้นถ้าข้อมูลเหล่านั้นมีจำนวนมากขึ้น จำเป็นต้องใช้กำลังคน ระยะเวลา รวมทั้งงบประมาณมากขึ้นด้วย

เนื่องจากการป้อนข้อมูลจากเอกสารต่าง ๆ เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ เราจึงพยายามหาวิธีการป้อนข้อมูลที่สะดวกรวดเร็ว ประหยัดทั้งแรงงานและงบประมาณได้ และที่สำคัญกว่านั้นคือ จะต้องถูกต้องแม่นยำอีกด้วย ในอดีตมีการวิจัยในเรื่องการพัฒนาเครื่องป้อนข้อมูล เช่น เครื่องป้อนข้อมูลเข้าจานแม่เหล็ก เครื่องป้อนข้อมูลเข้าเทปแม่เหล็ก เป็นต้น แต่เครื่องป้อนข้อมูลดังกล่าวมีขีดจำกัดที่ว่าสามารถวิเคราะห์ได้เพียงการป้อนข้อมูลที่ผ่านทางแป้นพิมพ์ (Key Board) เท่านั้น ไม่สามารถที่จะวิเคราะห์ลายมือเขียนได้ ทำให้มีผู้ที่พยายามพัฒนาระบบการอ่านข้อมูลให้เป็นลักษณะที่สามารถอ่านอักษรตัวพิมพ์และตัวอักษรลายมือเขียนได้โดยตรง โดยที่ไม่ต้องใช้แป้นพิมพ์ดีด เช่น เครื่อง ORC (Optical Character Reader) แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นวิธีการดังกล่าวก็ยังมีข้อจำกัดในจุดที่ต้องมีการป้อนข้อมูลผ่าน Image Scanner ทำให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินการ

การพัฒนาโครงงานทางด้านการรู้จำตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทยนั้น ได้มีผู้นำเสนอไว้หลายวิธี แต่อย่างไรก็ตามโครงงานที่ถูกพัฒนาขึ้นก่อนหน้ายังประสบปัญหาในหลายเรื่อง อาทิ การเขียนจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดจำเป็นต้องอยู่ในช่องที่กำหนด ส่งผลให้เกิดปัญหาการประมวลผลผิดพลาด เนื่องจากการเขียนหัวหรือจุดเริ่มต้นต่ำหรือสูงเกินไปไม่อยู่ในช่องที่กำหนด ปัญหาที่เกิดจากการเขียนตัวอักษรที่มีขนาดเล็กเกินไป รวมทั้งปัญหาจากการเขียนเส้นบางเส้นยาวหรือสั้นเกินไป ซึ่งจะเห็นได้ว่างานวิจัยยังไม่สามารถนำมาใช้ในเชิงปฏิบัติได้มากนัก เพราะลายมือเขียนนั้นมีความแตกต่างกันมากในแต่ละผู้เขียน หากโปรแกรมไม่ยืดหยุ่นเพียงพอก็จะไม่สามารถประมวลผลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น โครงงานนี้จึงพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์ลายเส้นตัวอักษรแบบรหัสลูกโซ่ 4 ทิศ ร่วมกับแบบแผนภูมิต้นไม้ (Tree Algorithm) โดยแนวทางการวิเคราะห์เริ่มต้นด้วยการพิจารณาลักษณะโครงสร้างส่วนหัวก่อนเพื่อให้ได้ลักษณะร่วมของอักษร ในส่วนนี้จะสามารถแบ่งกลุ่มตัวอักษรออกมาเป็น 2 กลุ่ม ใหญ่ ๆ คือ กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่ไม่มีส่วนหัว ได้แก่ ก และ ธ ส่วนที่เหลือเป็นกลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่มีส่วนหัว เมื่อวิเคราะห์ได้ออกมาเป็นกลุ่มใหญ่แล้ว จึงทำการวิเคราะห์ต่อไปเพื่อแยกย่อยลงไปให้ได้ถึงลักษณะตัวอักษรตัวหนึ่งตัวใด ถือว่าเป็นการวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยการพิจารณาทิศทางลายเส้นของตัวอักษรเป็นเกณฑ์ จากนั้นจะมีการบันทึกรายละเอียดของลายเส้นในหลายรูปแบบของแต่ละตัวอักษรเก็บไว้ในแผนภูมิต้นไม้ ทำให้โปรแกรมสามารถรองรับการเขียนในหลายรูปแบบได้

ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบโครงงานนี้กับโครงงานที่พัฒนาขึ้นก่อนหน้าจึงพบว่าน่าจะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องที่กล่าวมาแล้วของโครงงานที่พัฒนาขึ้นก่อนหน้าได้อย่างมีประสิทธิผล กล่าวคือ การเขียนไม่จำเป็นต้องเริ่มต้นและสิ้นสุดในช่องที่กำหนด ดังนั้น ปัญหาการเขียนหัวหรือจุดเริ่มต้นต่ำหรือสูงเกินไป ปัญหาที่เกิดจากการเขียนตัวอักษรที่มีขนาดเล็กเกินไป รวมทั้งปัญหาจากการเขียนเส้นบางเส้นยาวเกินไปหรือสั้นเกินไป จึงไม่เป็นปัญหากับการประมวลผลในโครงงานนี้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงทฤษฎีและแนวทางการวิเคราะห์ทิศทางลายเส้นเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย

1.2.2 เพื่อพัฒนาขีดความสามารถของระบบการป้อนข้อมูลอัตโนมัติของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้สามารถอ่านข้อมูลจากการเขียนลายมือภาษาไทยโดยผ่าน Mouse แทนการป้อนข้อมูลผ่านแป้นพิมพ์ (Key Board)

1.2.3 เพื่อพัฒนาการรู้จำลายมือเขียนภาษาไทย ให้มีการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ และมีความรวดเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยวิธีการอื่นที่ใกล้เคียงกัน

1.3 ขอบเขตโครงงาน

1.3.1 จะพิจารณาเฉพาะตัวอักษรพยัญชนะภาษาไทยจำนวน 15 ตัว คือ ตัวอักษร ก ค ง ด ถ ธ น บ ป ผ ฝ พ ฟ ภ ม

1.3.2 ทั้งนี้ขอบเขตของโครงงานมิได้รวมถึงสระในภาษาไทย แต่จะครอบคลุมเพียงตัวอักษรพยัญชนะเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 โดยการวิเคราะห์จะวิเคราะห์ตัวอักษรพยัญชนะทีละตัว ด้วยการเขียนตามหลักไวยากรณ์ภาษาไทย กล่าวคือกรณีที่ตัวอักษรมีหัว จะต้องเริ่มการเขียนด้วยส่วนหัวก่อน

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1.4.1 ศึกษางานวิจัยในการจดจำตัวอักษรที่ผ่านมา

1.4.2 ทำการวิเคราะห์วิธีต่าง ๆ ที่ได้ศึกษามา เพื่อเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของวิธีการต่างๆ

1.4.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของตัวอักษรทุก ๆ ตัวที่นำมาจดจำ

1.4.4 เขียนโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ลายมือเขียนตัวอักษร

1.4.5 ทำการเก็บข้อมูลของตัวอักษรลายมือเขียนที่ได้จากหลาย ๆ คน

1.4.6 ทดสอบเปอร์เซ็นความถูกต้องในการจดจำตัวอักษรและตรวจสอบความผิดพลาด

1.4.7 ทดสอบและปรับปรุงให้มีความถูกต้องมากขึ้น

1.4.8 จัดทำเอกสารของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ขั้นตอนการรู้จำเบื้องต้น

โครงสร้างเบื้องต้น

ตัวอักษรประกอบด้วยส่วนของเส้นของเส้นตรงและเส้นโค้งต่างๆ โดยทุกๆเส้นตรงและเส้นโค้งจะถูกขยายไปทิศทางต่าง ๆ ที่แน่นอน เส้นโค้งวนเป็นวนรอบ นั้นเรียกว่าลูป (Loop) นอกจากนี้เราจะแสดงลักษณะของเส้นต่าง ๆ กับส่วนของเส้นตรงและเส้นโค้งกับข้อมูลของทิศทาง สังเกตว่าในการเขียนหนึ่งครั้งจะประกอบด้วยหลายลักษณะของเส้น โดยทั่วไปจะมีอยู่ 5 ลักษณะ คือ

- Line เส้นตรง
- Up เส้นโค้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา
- Down เส้นโค้งหมุนตามเข็มนาฬิกา
- Loop วงรอบ
- Dot จุด

รหัสลูกโซ่เป็นวิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยม และมีประสิทธิภาพในการหารูปร่างซึ่งนำเสนอโดย Freeman ในปี 1961 Freeman ได้อธิบายถึงวิธีการในการเข้ารหัสในรูปแบบเรขาคณิต เส้นโค้งต่าง ๆ จะถูกแทนด้วยลำดับของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยและจำกัดทิศทางของเวกเตอร์ที่สามารถเป็นไปได้ การเข้ารหัสนั้นขึ้นอยู่กับจุดต่อของเส้นและขึ้นอยู่กับจำนวนจุดเชื่อมต่อกันอาจจะมี 4 หรือ 8 เส้น แต่ละเส้นจะกำหนดให้มีเลขกำหนดไว้จาก 1-4 เส้น สำหรับ 4 เส้น 1-8 เส้น สำหรับ 8 เส้น ซึ่งเลขจะกำหนดแบบวนตามเข็มนาฬิกาแสดงดังภาพที่ 2.1 รหัสที่ได้จะขึ้นกับความสัมพันธ์ของตำแหน่งในแต่ละจุดโดยวัดจากจุดก่อนหน้า

การจดจำตัวอักษร โดยพิจารณาจากโครงร่างของตัวอักษรนั้นแบ่งออกเป็นหลายวิธี การเข้ารหัสลูกโซ่ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามรถระบุถึงทิศทางในการเขียน ลำดับการเขียนของตัวอักษรได้ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเก็บข้อมูลไว้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 แสดงรหัสลูกโซ่แบบ 4 ทิศ และ 8 ทิศ

2.2 นิยามการคัดแยกตัวอักษรโดยใช้ส่วนหัว

วิธีการที่จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ได้เกิดการรู้จำตัวอักษรและลักษณะรูปแบบของตัวอักษร เริ่มต้นด้วยการใช้ทฤษฎีของการคัดแยก ซึ่งเป็นขั้นตอนของการพิจารณาคัดแยกตัวอักษร โดยอาศัยคุณลักษณะส่วนหัวของตัวอักษรเป็นหลัก สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้คือ

2.2.1 กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่ไม่มีหัวกลม ได้แก่ ก และ ธ

2.2.2 กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่เริ่มต้นด้วยการเขียนหัวกลม และเส้นที่ลากต่อจากหัวกลมอยู่ทางด้านขวาของส่วนหัว

2.2.3 กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่เริ่มต้นด้วยการเขียนหัวกลม และเส้นที่ลากต่อจากหัวกลมอยู่ทางด้านซ้ายของส่วนหัว

2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น

ในโครงงานนี้ผู้ศึกษาได้ใช้อุปกรณ์การนำเข้าแบบ Pixel หรือ Mouse เพื่อลากเส้นบนหน้าจอที่กรอบช่องว่างที่กำหนดให้ โดยในขณะที่ลากจะเกิดจุดและจะทำการวิเคราะห์ว่าจุดที่เรียงต่อกันนั้นเป็นเส้นชนิดใดในขณะที่ลากไปนั้น แต่ในการลากเส้นจริง ๆ จุดที่เกิดในขณะที่ลากจะไม่เป็นจุดที่ต่อเนื่องกันเสมอไปแต่ก็ไม่ส่งผลกระทบต่อโครงงานชิ้นนี้ เนื่องจากในขั้นตอนของการวิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องทราบถึงค่า Pixel เพียงแต่ต้องการรู้ถึงชนิดของเส้นและทิศทางของเส้นในขณะที่ลากและหาจุดเปลี่ยนทิศทางลายเส้นของตัวอักษรที่เขียนเท่านั้น

วิธีการที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย ซึ่งประกอบไปด้วยการลากเส้นเชื่อมพิกัดใด ๆ หลายเส้นหลายทิศทางประกอบกัน โดยเสมือนลากเส้นที่มีทิศทางหนึ่งเรียงต่อกับเส้นที่มีทิศทางแตกต่างกันไปเรื่อย ๆ ต่อเนื่องกันจนเป็นตัวอักษร ดังนั้นการพิจารณาทิศทางของลายเส้นแต่ละเส้นจะใช้การศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างจุดพิกัดนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการคำนวณหาค่าความชัน (Slope) ของเส้นตรงดังกล่าวและเพื่อให้เกิดความชัดเจนในการพิจารณาลายเส้นสำหรับโครงงานนี้จึงขอกำหนดว่าจุดเริ่มต้นของเส้นแต่ละเส้นที่ลากต่อเนื่องกัน คือ จุดที่มีความชันของเส้นตรงแตกต่างจากความชันของเส้นตรงก่อนหน้า ความชันคำนวณได้จาก

$$\tan\theta = (y_{i+1}-y_i) / (x_{i+1}-x_i) \quad \text{.....(2.1)}$$

$$\theta = \tan^{-1} (y_{i+1}-y_i) / (x_{i+1}-x_i) \quad \text{.....(2.2)}$$

เมื่อ i เป็นลำดับของข้อมูลตัวที่ i=0, 1, 2, 3,..., n

2.4 วิธีการหารหัสลูกโซ่ 4 ทิศ

หลังจากได้ความชันแล้วก็เอาความชันนั้นมาวิเคราะห์ทิศทางลายเส้น โดยใช้การวิเคราะห์ลายเส้นแบบ 4 ทิศทาง ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 แสดงทิศทางทั้ง 4 ทิศ

ความหมายของทิศทางแต่ละทิศมีดังนี้คือ

ทิศที่ 1 (↑) มีทิศทางอยู่ระหว่าง 45° - 135°

ทิศที่ 2 (⟶) มีทิศทางอยู่ระหว่าง 315° - 360° หรือ 0° - 45°

ทิศที่ 3 (↓) มีทิศทางอยู่ระหว่าง 225° - 315°

ทิศที่ 4 (⟵) มีทิศทางอยู่ระหว่าง 135° - 225°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การสร้างฐานข้อมูลโดยอาศัยนิยามของโครงสร้างต้นไม้ (Tree)

โครงสร้างต้นไม้ (Tree) เป็นโครงสร้างชนิดไม่เป็นเชิงเส้นที่สำคัญที่สุดของโครงสร้างข้อมูล โดยโครงสร้างต้นไม้มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับธรรมชาติของข่าวสารและวิธีการแปลงข่าวสารมาก เพราะมีลักษณะคล้ายกิ่งก้านของต้นไม้ ซึ่งต้นไม้ตามธรรมชาติจะเจริญจากล่างไปบน ส่วนโครงสร้างข้อมูลนั้นจะเจริญจากบนลงล่าง

2.5.1 นิยามของโครงสร้างต้นไม้

1. มีโหนดพิเศษโหนดหนึ่งเรียกว่า ราก (Root node) R

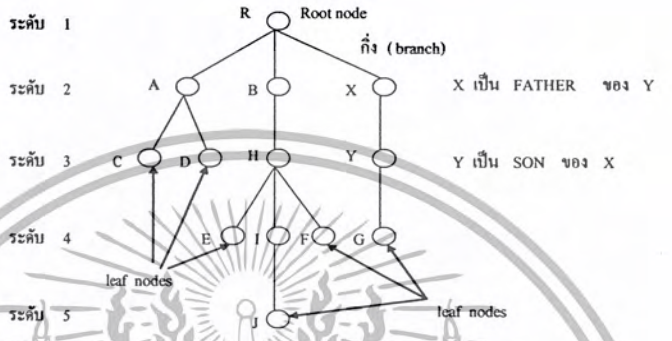
2. โหนดอื่นๆ ที่ไม่ใช่ราก สามารถถูกแบ่งออกเป็น n กลุ่ม โดยที่แต่ละกลุ่มไม่มีโหนดร่วมกันเลย สมมติให้ชื่อแต่ละกลุ่มเป็น $T_1, T_2, \ldots, T_n$ ($n >= 0$) ซึ่งแต่ละกลุ่มก็เป็นต้นไม้เหมือนกัน แต่จะเรียกว่าเป็นต้นไม้ย่อย (Sub tree) ของโหนด R ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของโครงสร้างต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้

ลักษณะของโครงสร้างต้นไม้มีลักษณะเหมือนการลำดับบรรพบุรุษ ดังนั้นชื่อที่ใช้จึงได้มาจากการลำดับบรรพบุรุษ เช่น FATHER, SON, GRANDSON เป็นต้น ที่ใช้บ่อยจะเป็นความสัมพันธ์พ่อ-ลูก หรือ FATHER-SON ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างต้นไม้

2.5.3 ระดับโหนด

ระดับของโหนดหนึ่ง ๆ แสดงถึงหน่วยระยะทางตามแนวดิ่งของโหนดนั้นว่าอยู่ห่างจาก Root node เท่าไร ถ้ากำหนดว่า Root node ของต้นไม้นั้นอยู่ที่ระดับ 1 และกิ่งทุกกิ่งมีความยาวเท่ากันหมดคือยาว 1 หน่วย เลขระดับของโหนดใด ๆ คือจำนวนกิ่งที่น้อยที่สุดจาก Root node บวกหนึ่ง เช่น F มีเลขระดับเป็น 4 เป็นต้น

2.5.4 ดีกรีของโหนด

ดีกรีของโหนด คือ จำนวนต้นไม้ย่อยของโหนดนั้น ตามรูปที่ 2.4

โหนด X มีดีกรี 1

โหนด A มีดีกรี 2

โหนด H มีดีกรี 3

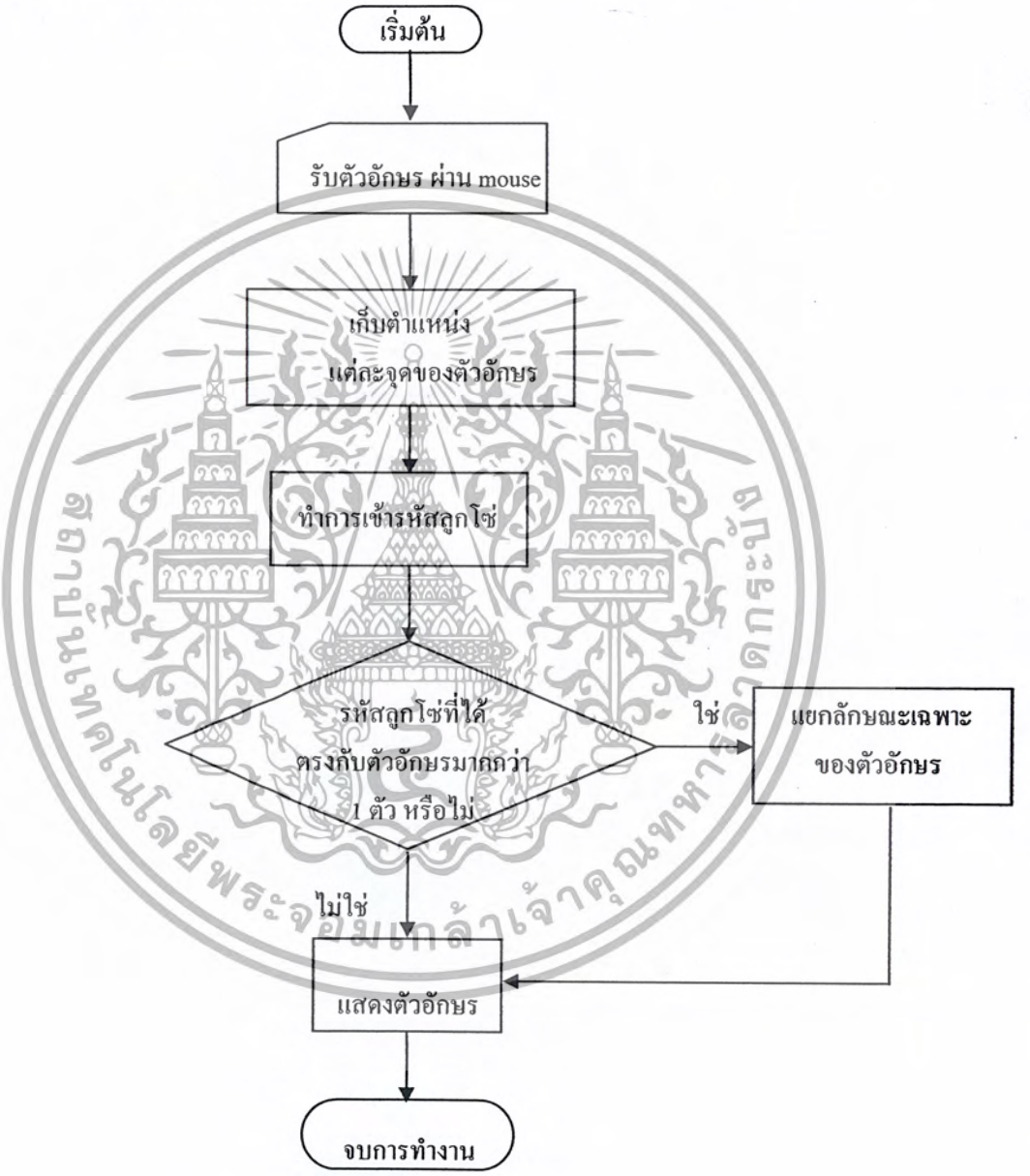
โหนด B มีดีกรี 1

โหนด E มีดีกรี 0 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

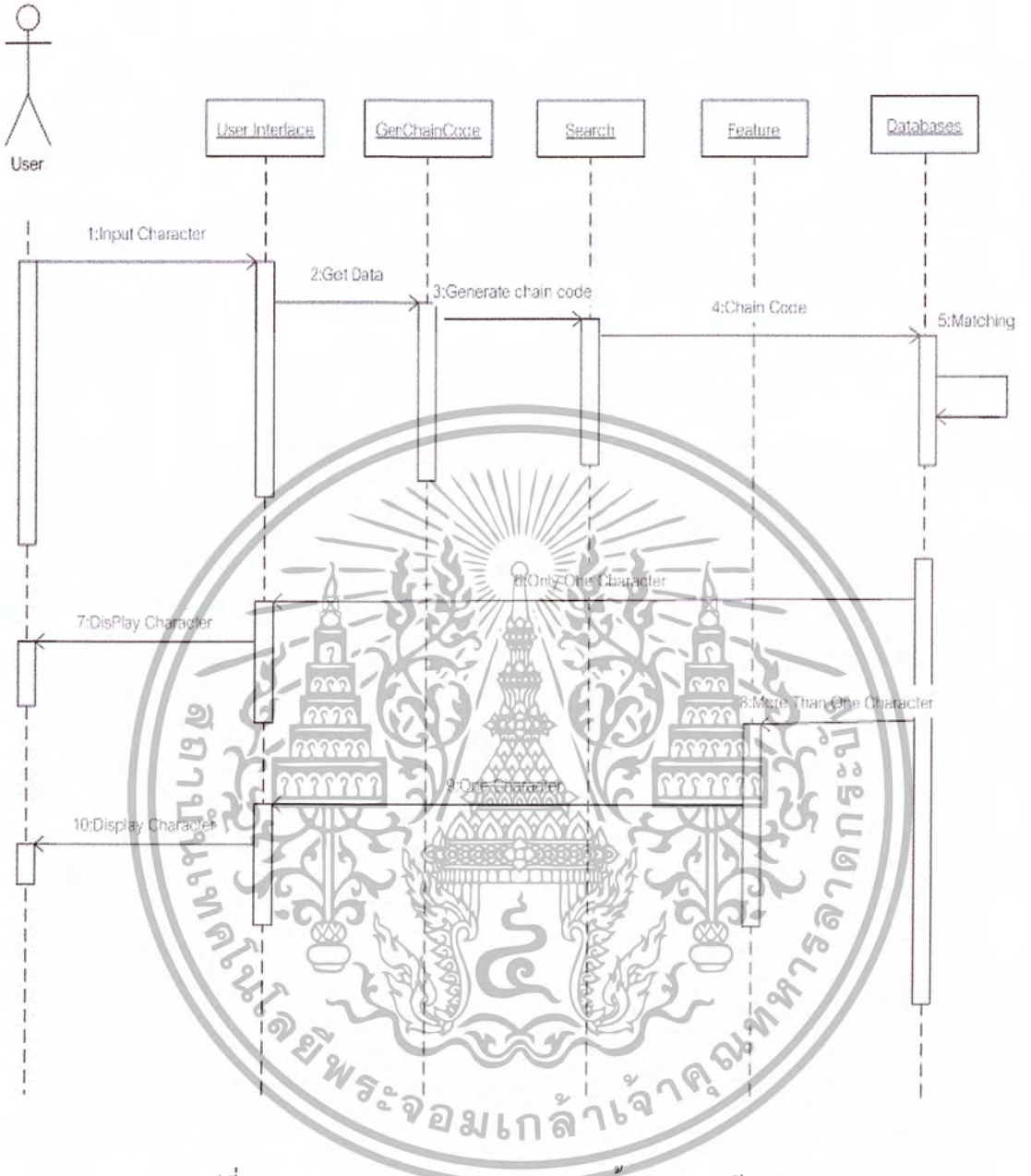
บทที่ 3
ขั้นตอนการวิเคราะห์ตัวอักษร

ในการทำงานของโปรแกรมนั้นหลังจากทำการเขียนตัวอักษรแล้วจะทำการกดปุ่มให้ทำการวิเคราะห์ตัวอักษรแล้วจะมีขั้นตอนการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



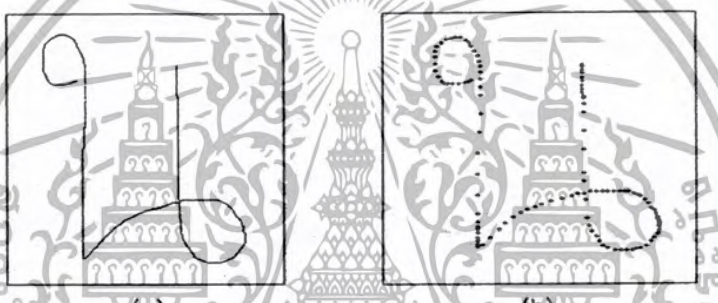
รูปที่ 3.2 แสดง Sequence Diagram ของขั้นตอนการรู้จำตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแนวคิดในเรื่องของการรู้จำรูปแบบตัวอักษร ตามที่กล่าวมา จะมีส่วนหนึ่งที่กล่าวถึงวิธีสำหรับการวิเคราะห์ทิศทางของลายเส้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างหนึ่งของการรู้จำตัวอักษร โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของจุดที่ลากประกอบกันเป็นเส้น แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่

3.1 การเก็บข้อมูลลายมือเขียน

ในการเก็บข้อมูลในโครงงานนี้ ผู้ศึกษาได้ใช้อุปกรณ์การนำเข้าแบบ Pixel คือ Mouse เพื่อลากเส้นบนหน้าจอที่กรอบช่องว่างที่กำหนดไว้ โดยในขณะที่ลากจะเกิดจุดโคออดิเนต (Coordinate) (x,y) บนหน้าจอ โดยที่มุมซ้ายบนของจอภาพเป็นจุดโคออดิเนต (0,0) และโปรแกรมจะทำการเก็บจุดโคออดิเนตต่าง ๆ บนตัวอักษรเป็นarray ตามการลาก Mouse และจะนำ array มาทำการวิเคราะห์ว่าเป็นทิศทางใด แต่ในการลากจริง ๆ นั้น จุดที่เกิดในขณะที่ลากจะไม่เป็นจุดต่อเนื่องกันเสมอไป ดังรูปที่ 3.3 (b)



รูปที่ 3.3 (a) แสดงอักษรต้นแบบที่เกิดขึ้นในขณะที่ลาก
(b) แสดงจุดที่อุปกรณ์อินพุต ส่งค่ามายังโปรแกรม

จากการเก็บข้อมูล array ของจุดโคออดิเนตบนตัวอักษรจะนำมาหาทิศทางของเส้นในขณะที่ลากเพื่อหาจุดเปลี่ยนเว้าของตัวอักษรที่เขียนโดยจะเปรียบเทียบกับจุดก่อนหน้าโดยใช้รหัสลูกโซ่ 4 ทิศ เปลี่ยนแปลงจุดต่าง ๆ ในการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การวิเคราะห์โดยวิธีการหาความสัมพันธ์และทิศทางระหว่างจุด

3.2.1 วิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่อยู่บนส่วนหัวของอักษร

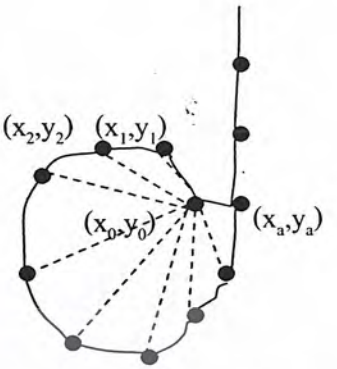
การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยในโครงงานนี้ จะเริ่มต้นด้วยการใช้วิธีการแบ่งกลุ่มตัวอักษร โดยอาศัยคุณลักษณะส่วนหัวของตัวอักษรเป็นหลักในการพิจารณา ดังนั้นจึงขออธิบายหลักวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดที่อยู่บนส่วนหัวของตัวอักษรซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1.1 ขั้นตอนการเขียนส่วนหัวของตัวอักษร กำหนดให้ (x,y) เป็นจุดพิกัดใด ๆ ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นการเขียน (x_0,y_0) เป็นจุดแรกของการเขียนหรือเรียกว่าเป็นจุดสังเกตหลัก (Focal Point) และเมื่อมีการลากเส้นต่อออกไปจะเกิดเป็นจุดต่าง ๆ ซึ่งจะกำหนดให้เป็น (x_1,y_1) , (x_2,y_2) , … , (x_a,y_a) ตามลำดับ ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 แสดงจุดต่าง ๆ ที่อยู่บนส่วนหัวของตัวอักษร

3.2.1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดบนส่วนหัวของตัวอักษร โดยการวิเคราะห์จะดำเนินการโดยการพิจารณาระยะทางจากจุดพิกัดเริ่มต้น (x_0,y_0) ไปยังจุดพิกัดอื่นๆ (x_1,y_1) , (x_2,y_2) , … , (x_a,y_a) ตามลำดับ บนเส้นที่ลากต่อไปเพื่อประกอบกันเป็นส่วนหัวของตัวอักษร ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงเส้นที่ลากจากจุด (x_0,y_0) ไปยังจุดต่าง ๆ บนหัวของตัวอักษร

โดยหลักการทั่วไปของการเขียนตัวอักษรภาษาไทยจะเริ่มต้นจากการเขียนที่ส่วนหัวของตัวอักษรก่อน ซึ่งการเขียนส่วนหัวของตัวอักษรนั้นจะมีลักษณะการลากเส้นโค้งเป็นวงกลม โดยจะเริ่มต้นจากจุดเริ่มต้น (x_0,y_0) จากนั้นจะลากเป็นเส้นโค้งจนครบเป็นวงกลม โดยอาจจะลากกลับมาซ้อนทับกับจุดเริ่มต้นหรือไม่ก็ได้ ดังนั้นวิธีการเขียนหัวกลมแบบนี้ทำให้สามารถกล่าวได้ว่า ณ จุดเริ่มต้น (Focal Point) หรือพิกัด x_0, y_0 เมื่อลากเส้นไปยังจุดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น (x_1,y_1) , (x_2,y_2) , ... , (x_a,y_a) ตามลำดับ บนเส้นที่ลากไปเพื่อประกอบกันเป็นส่วนหัวจะทำให้เกิดเส้นตรงซึ่งมีระยะทางที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 3.5

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดบนส่วนหัวของตัวอักษร กระทำโดยการเปรียบเทียบระยะทางของเส้นตรงแต่ละเส้น ตัวอย่างเช่น

เส้นตรงที่ 1 เป็นการลากเชื่อมต่อจากจุดพิกัด x_0,y_0 ไปยังจุดพิกัด x_1,y_1

เส้นตรงที่ 2 เป็นการลากเชื่อมต่อจากจุดพิกัด x_0,y_0 ไปยังจุดพิกัด x_2,y_2

เส้นตรงที่ 3 เป็นการลากเชื่อมต่อจากจุดพิกัด x_0,y_0 ไปยังจุดพิกัด x_3,y_3

เส้นตรงที่ n เป็นการลากเชื่อมต่อจากจุดพิกัด x_0,y_0 ไปยังจุดพิกัด x_a,y_a เป็นต้น

จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบระยะทางของเส้นตรงแต่ละเส้น ซึ่งจะมีระยะทางเพิ่มขึ้นในช่วงแรกจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่ระยะทางของเส้นตรงจะมีระยะทางมากที่สุด จากนั้นระยะทางจะเริ่มลดลงจนถึงจุดที่ระยะทางบนเส้นตรงที่สั้นที่สุด ในที่นี้คือ เส้นตรงที่ลากเชื่อมต่อจุดพิกัด x_0,y_0 ไปยังจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกัด x_a,y_a (หรืออีกนัยหนึ่งก็คือจุดบนเส้นโค้งวกกลับมาใกล้กับจุดเริ่มต้นมากที่สุด) ซึ่งจะถือว่าเป็นจุดสิ้นสุดส่วนโค้งของส่วนหัวตัวอักษร โปรแกรมที่สร้างขึ้นรองรับโครงงานนี้จะถูกเขียนขึ้นให้ทราบว่า ณ จุดสิ้นสุดของส่วนโค้งนี้จะเป็นจุดสิ้นสุดของการเขียนส่วนหัวของตัวอักษร และจะนำจุดดังกล่าวไปใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการหาความสัมพันธ์และทิศทางของตัวอักษรในขั้นตอนต่อไป วิธีการในขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นนี้เรียกว่าเป็นวิธีการแบ่งกลุ่มตัวอักษร

3.2.2 วิธีการหาความสัมพันธ์และทิศทางระหว่างจุดที่อยู่บนตัวอักษร

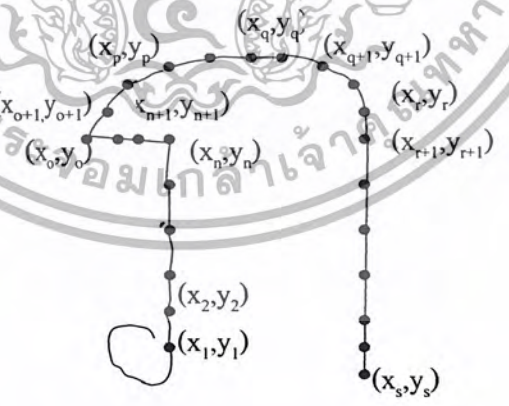
ต่อเนื่องจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดใด ๆ เพื่อการแบ่งกลุ่มตัวอักษร จากคุณลักษณะส่วนหัวของตัวอักษรแล้วจะได้กลุ่มของตัวอักษรออกมา 2 กลุ่ม

(1) กลุ่มตัวอักษรที่ไม่ได้เริ่มต้นจากการเขียนด้วยส่วนหัว

(2) กลุ่มตัวอักษรที่เริ่มต้นการเขียนด้วยตัวอักษร

จากนั้นจะมาถึงขั้นตอนของการพิจารณาความสัมพันธ์ของจุดพิกัดที่อยู่บนตัวอักษร เพื่อนำไปใช้ในการหาทิศทางลายเส้นของตัวอักษรประกอบการวิเคราะห์รายละเอียดของแต่ละกลุ่มโดยจะใช้จุดสิ้นสุดของการเขียนส่วนหัวของตัวอักษรหรือจุดพิกัด x_a,y_a ตามรูปที่ 3.5 เป็นจุดเริ่มต้นของการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้

ดังนั้นในที่นี้จะอธิบายถึงวิธีการหาความสัมพันธ์ระหว่างจุดพิกัดบนตัวอักษรให้ทราบ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวจะแสดงถึงลักษณะทิศทางที่เป็นส่วนประกอบตัวอักษร ซึ่งสามารถคำนวณหาทิศทางจากเส้นตรงที่ลากเชื่อมต่อระหว่างจุดพิกัดได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงจุดพิกัดที่อยู่บนตัวอักษร ภ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.6 กำหนดให้ (x,y) เป็นจุดพิกัดใด ๆ บนเส้นที่ลากเพื่อประกอบเป็นตัวอักษร ภ ที่จะทำการหาความสัมพันธ์ โดยจะได้จุดพิกัด (x_1,y_1) , (x_2,y_2) , ... , (x_{n+1},y_{n+1}) , ... , (x_o,y_o) , (x_{o+1},y_{o+1}) , ... , (x_p,y_p) , (x_{p+1},y_{p+1}) , ... , (x_q,y_q) , (x_{q+1},y_{q+1}) , ... , (x_r,y_r) , (x_{r+1},y_{r+1}) , ... , (x_s,y_s) ตามลำดับ เป็นจุดพิกัดใด ๆ ที่ลากประกอบกันขึ้นเป็นตัวอักษร ภ

โดยทั่วไปการเขียนตัวอักษรภาษาไทยนั้นจะประกอบไปด้วยการลากเส้นเชื่อมจุดใด ๆ หลายเส้นหลายทิศทางประกอบกัน โดยเสมือนลากเส้นที่มีทิศทางหนึ่งเรียงต่อกับเส้นที่มีอีกทิศทางหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นทิศทางที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันก็ได้ต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนเกิดเป็นตัวอักษรขึ้น

ดังนั้นการพิจารณาทิศทางของลายเส้นแต่ละเส้นจะใช้การศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างจุดพิกัดนั้น ๆ โดยการคำนวณหาค่าความชัน (Slope) ของเส้นตรงดังกล่าว และเพื่อให้เกิดความชัดเจนในการพิจารณาลายเส้นสำหรับงานวิจัยนี้ จึงขอกำหนดว่าจุดเริ่มต้นแต่ละเส้นที่ลากต่อกัน คือจุดที่มีค่าความชันของเส้นตรงแตกต่างจากความชันของเส้นตรงก่อนหน้า หากเส้นตรงยังมีค่าความชันเท่าค่าความชันของเส้นตรงก่อนหน้าจะถือว่าเป็นทิศทางของลายเส้นทิศทางเดิม

จากรูปที่ 3.6 จะเห็นว่า

1. ณ จุดเริ่มต้นที่จุดพิกัด (x_1,y_1) ซึ่งเป็นจุดสุดท้ายของการเขียนส่วนหัวของตัวอักษร ดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 3.2.1.2 เมื่อลากเส้นต่อไปจะเกิดจุดพิกัด (x_2,y_2) และเพื่อเป็นการพิจารณาทิศทางของลายเส้นจึงต้องมีการคำนวณค่าความชันของเส้นตรงที่เกิดขึ้น ซึ่งพบว่าความชันของเส้นตรงระหว่างพิกัด (x_1,y_1) กับ (x_2,y_2) อยู่ระหว่าง 45° - 135° ซึ่งตรงกับทิศที่ 1 (↑) เมื่อเทียบกับรูปที่ 2.2

2. จากนั้นจะใช้วิธีการพิจารณาความชันดังกล่าวกับจุดพิกัด (x_2,y_2) กับ (x_3,y_3) ซึ่งก็พบว่าความชันของเส้นตรงระหว่างพิกัด (x_2,y_2) กับ (x_3,y_3) อยู่ระหว่าง 45° - 135° ซึ่งตรงกับทิศที่ 1 (↑) เมื่อเทียบกับรูปที่ 2.2

3. พิจารณาความชันของจุดพิกัด (x_3,y_3) กับ (x_4,y_4) พบว่าความชันของเส้นตรงระหว่างพิกัด (x_3,y_3) กับ (x_4,y_4) อยู่ระหว่าง 45° - 135° ซึ่งตรงกับทิศที่ 1 (↑) เมื่อเทียบกับรูปที่ 2.2

4. พิจารณาความชันของจุดพิกัด (x_{n-1},y_{n-1}) กับ (x_n,y_n) พบว่าความชันของเส้นตรงระหว่างพิกัด (x_{n-1},y_{n-1}) กับ (x_n,y_n) อยู่ระหว่าง 45° - 135° ซึ่งตรงกับทิศที่ 1 (↑) เมื่อเทียบกับรูปที่ 2.2

5. พิจารณาความชันของจุดพิกัด (x_n,y_n) กับ (x_{n+1},y_{n+1}) พบว่าความชันของเส้นตรงระหว่างพิกัด (x_n,y_n) กับ (x_{n+1},y_{n+1}) อยู่ระหว่าง 135° - 225° ซึ่งตรงกับทิศที่ 4 (←) เมื่อเทียบกับรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างจุดพิกัดบนตัวอักษร โดยการคำนวณหาค่าความชัน (Slope) ของเส้นตรง (x_1,y_1) กับ (x_2,y_2) , (x_2,y_2) กับ (x_3,y_3) , (x_3,y_3) กับ (x_4,y_4) ... และ (x_{n-1},y_{n-1}) กับ (x_n,y_n) ตามลำดับ พบว่าเส้นตรงทุกเส้นมีค่าความชันเท่ากัน คือ อยู่ระหว่าง 45 ° - 135 ° จนกระทั่งถึงเส้นตรงที่เชื่อมจุดพิกัด (x_n,y_n) กับ (x_{n+1},y_{n+1}) ซึ่งเป็นที่เส้นตรงมีความชันอยู่ระหว่าง 135° - 225 ° หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ จุดพิกัด (x_n,y_n) เป็นจุดแรกที่เชื่อมต่อกับจุดพิกัดถัดไปแล้วทำให้ค่าความชันของเส้นตรงแตกต่างจากความชันของเส้นตรงก่อนหน้า ดังนั้นจึงนับว่า ณ จุด (x_1,y_1) ถึง (x_n,y_n) คือ เส้นตรงเส้นแรกที่ลากต่อจากส่วนหัวของตัวอักษรและทิศทางของเส้นตรงที่ได้คือ ทิศที่ 1 (↑) ตามรูปที่ 2.2

จากนั้นจะดำเนินการพิจารณาความสัมพันธ์ของลายเส้นต่อไปด้วยวิธีการเดียวกันกับเส้นแรก โดยถือว่าจุด (x_n,y_n) เป็นจุดเริ่มต้นของเส้นตรงถัดไปดังมีรายละเอียดดังนี้

1. พิจารณาความชันของจุดพิกัด (x_n,y_n) กับ จุดพิกัด(x_{n+1},y_{n+1}) พบว่าความชันของเส้นตรงระหว่างพิกัด (x_n,y_n) กับ (x_{n+1},y_{n+1}) อยู่ระหว่าง 135° - 225 ° ซึ่งตรงกับทิศที่ 4 (←) เมื่อเทียบกับรูปที่ 2.2

2. พิจารณาความชันของจุดพิกัด (x_{n+1},y_{n+1}) กับ จุดพิกัด (x_{n+2},y_{n+2}) พบว่าความชันของเส้นตรงระหว่างพิกัด (x_{n+1},y_{n+1}) กับ (x_{n+2},y_{n+2}) อยู่ระหว่าง 135° - 225 ° ซึ่งตรงกับทิศที่ 4 (←) เมื่อเทียบกับรูปที่ 2.2

3. พิจารณาความชันของเส้นตรงถัดไปจนกระทั่งถึงเส้นตรงที่เชื่อมต่อจุด (x_{o-1},y_{o-1}) กับ (x_o,y_o) พบว่าค่าความชันของเส้นตรงระหว่างพิกัด (x_{o-1},y_{o-1}) กับ (x_o,y_o) อยู่ระหว่าง 135° - 225 ° ซึ่งตรงกับทิศที่ 4 (←) เมื่อเทียบกับรูปที่ 2.2

4. พิจารณาความชันของเส้นตรงถัดไปจนกระทั่งถึงเส้นตรงที่เชื่อมต่อจุด (x_o,y_o) กับ (x_{o+1},y_{o+1}) พบว่าค่าความชันของเส้นตรงระหว่างพิกัด (x_o,y_o) กับ (x_{o+1},y_{o+1}) อยู่ระหว่าง 45° - 135° ซึ่งตรงกับทิศที่ 1 (↑) เมื่อเทียบกับรูปที่ 2.2

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าจุด (x_o,y_o) จุดพิกัดจุดแรกที่เชื่อมต่อกับจุดพิกัดถัดไปแล้วทำให้ค่าความชันของเส้นตรงแตกต่างจากความชันของเส้นตรงก่อนหน้า ดังนั้นจึงนับว่า ณ จุด (x_n,y_n) ถึง (x_o,y_o) คือเส้นตรงเส้นที่สองที่ลากต่อจากเส้นตรงเส้นแรก (เส้นตรงที่ลากเชื่อมผ่านจุดพิกัด (x_1,y_1) ถึง (x_n,y_n) และทิศทางของเส้นตรงเส้นที่สองนี้ อยู่ระหว่าง 135° - 225 ° ซึ่งตรงกับทิศที่ 4 (←) ตามรูปที่ 2.2

และด้วยวิธีการพิจารณาความสัมพันธ์ของลายเส้นภายใต้สมมติฐานเดียวกัน พบว่า เส้นถัดไปคือเส้นที่เกิดจากการเชื่อมจุดพิกัดต่างๆ ดังนี้

1. เส้นตรงที่ลากผ่านจุดพิกัด (x_o,y_o) ถึงจุดพิกัด (x_p,y_p) เป็นเส้นตรงที่มีทิศทางอยู่ระหว่าง 45° - 135 ° จากแนวแกนนอน หรือทิศทางที่ 1 (↑) ตามรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. เส้นตรงที่ลากผ่านจุดพิกัด (x_p,y_p) ถึงจุดพิกัด(x_q,y_q) เป็นเส้นตรงที่มีทิศทางอยู่ระหว่าง 45° - 135° จากแนวแกนนอน หรือทิศทางที่ 2 (⟶) ตามรูปที่ 2.2

3. เส้นตรงที่ลากผ่านจุดพิกัด (x_r,y_r) ถึงจุดพิกัด(x_s,y_s) เป็นเส้นตรงที่มีทิศทางอยู่ระหว่าง 225° - 315° จากแนวแกนนอน หรือทิศทางที่ 3(↓) ตามรูปที่ 2.2

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์และทิศทางของลายเส้นจนกระทั่งครบทั้งตัวอักษรแล้วจะได้ทิศทางที่ประกอบเป็นตัวอักษรดังนี้

เมื่อรวมวิธีการวิเคราะห์ทั้ง 2 ส่วนคือการแบ่งกลุ่มตัวอักษรและการวิเคราะห์รายละเอียดของแต่ละกลุ่มตัวอักษร ประกอบกันจะสามารถบอกได้ว่าตัวอักษรที่เขียนขึ้นนั้นคือ ภ เนื่องจากลักษณะพิเศษของตัวอักษรภาษาไทยแต่ละตัวจะมีความแตกต่างกัน และด้วยวิธีการเดียวกันนี้เองสามารถนำไปใช้ในการบ่งชี้คุณลักษณะที่แตกต่างของตัวอักษรภาษาไทยทั้ง 15 ตัว ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีกับการรู้จำลายมือเขียนตัวอักษรภาษาไทย

จากหลักการวิเคราะห์โดยวิธีการหาความสัมพันธ์ส่วนหัวของตัวอักษรและทิศทางระหว่างจุดพิกัดบนส่วนตัวอักษรที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างโปรแกรมเพื่อให้เกิดการรู้จำลายมือเขียนตัวอักษรภาษาไทยนั้น สามารถชี้บ่งคุณลักษณะของตัวอักษรภาษาไทย ซึ่งแต่ละตัวมีเอกลักษณ์ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยสามารถแบ่งเป็นกลุ่มของตัวอักษรภาษาไทยได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

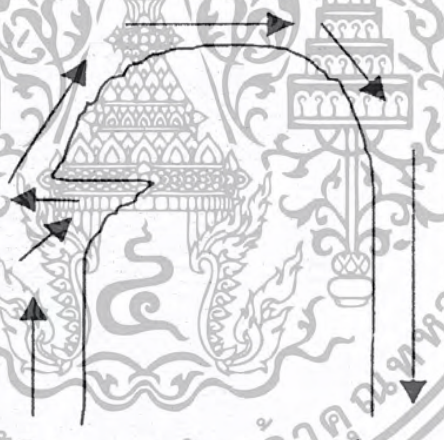
55727

1. กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่ไม่มีหัวกลม ได้แก่ ก และ ธ
2. กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่เริ่มต้นด้วยการเขียนหัวกลม และเส้นที่ลากต่อจากหัวกลมอยู่ทางด้านขวาของส่วนหัว
3. กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่เริ่มต้นด้วยการเขียนหัวกลม และเส้นที่ลากต่อจากหัวกลมอยู่ทางด้านซ้ายของส่วนหัว

ซึ่งลักษณะการจัดการแบ่งกลุ่มจะดำเนินการแบ่งกลุ่มดังรายละเอียดที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้

3.3.1 กลุ่มที่ 1 กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่ไม่มีหัว

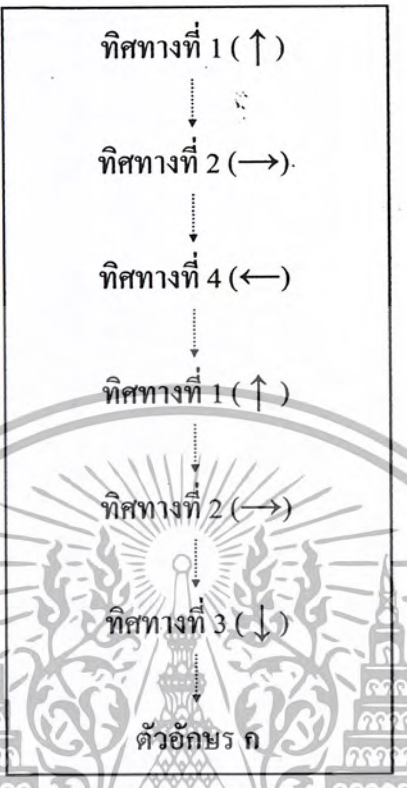
ตัวอักษรที่อยู่ในกลุ่มนี้ คือ ตัวอักษรที่มีจุดเริ่มต้นการเขียนด้วยการลากเส้นตรงโดยมิได้เริ่มต้นด้วยการเขียนส่วนหัวก่อน ซึ่งมีอยู่เพียง 2 ตัว คือ ก และ ธ เท่านั้น การพิจารณาเริ่มด้วยขั้นตอนการคัดแยก (Segmentation) ซึ่งจะเป็นการพิจารณาว่าตัวอักษรมีหัวหรือไม่ เมื่อพบว่าเป็นกลุ่มตัวอักษรกลุ่มที่ 1 คือไม่มีส่วนหัวของตัวอักษร จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการบ่งชี้ (Identification) ด้วยการวิเคราะห์ทิศทางของลายเส้นว่าทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้นกับที่ลากไปนั้นเป็นทิศทางใด ดังรูปที่ 3.7



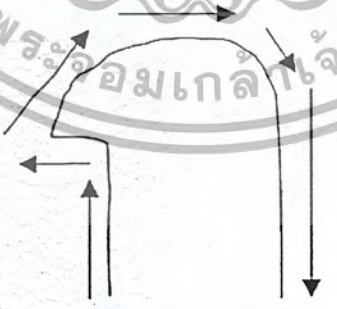
รูปที่ 3.7 แสดงทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันขึ้นเป็นตัวอักษร ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตัวอักษร ก



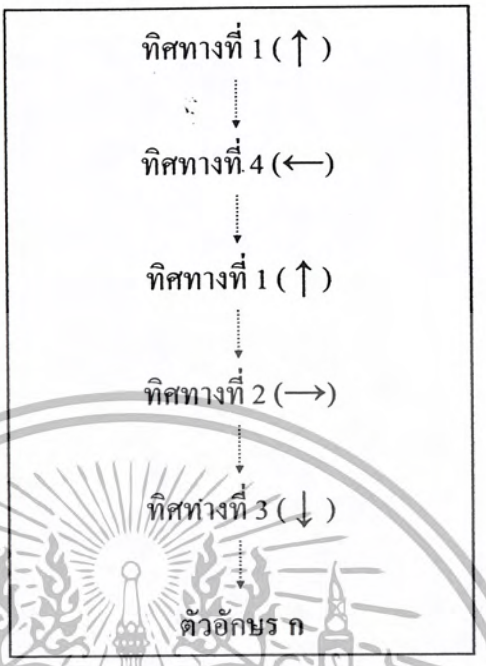
รูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นถึงทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันขึ้นเป็นตัวอักษร ก วิธีการหนึ่งแต่การเขียนตัวอักษร ก ยังสามารถเขียนได้อีกหลายลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความถนัดของผู้เขียน ดังนั้นในงานโครงงานนี้จึงต้องมีการเก็บบันทึกการรู้จำตัวอักษรในแต่ละรูปแบบไว้ในแผนภูมิต้นไม้ เพื่อให้โปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถประมวลผลการรู้จำได้หลายลักษณะของการเขียนที่แตกต่างกันในตัวอักษรแต่ละตัว ในที่นี้ขอแสดงความแตกต่างของการเขียนตัวอักษร ก ในอีกรูปแบบตามรูปที่ 3.8



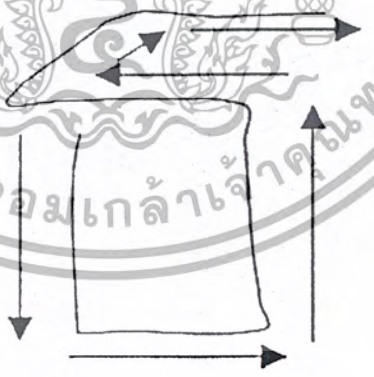
รูปที่ 3.8 แสดงทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันขึ้นเป็นตัวอักษร ก ที่แตกต่างจากรูปที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตัวอักษร ก



จากรูปที่ 3.7 และ 3.8 เริ่มต้นด้วยการลากเส้นไปในทิศทางที่ 1 (↑) แสดงว่าเป็นตัวอักษร **ก** ถึงแม้ว่าการเขียนจะแตกต่างกันก็ตาม เพราะถ้าเป็น **ธ** ได้ต้องมีการลากต่อจากจุดเริ่มต้นไปในทิศทางที่ 3 (↓) ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันขึ้นเป็นตัวอักษร ธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.9 จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ตัวอักษร ธ จะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การคัดแยก (Segmentation) พบว่าอยู่ในกลุ่มที่ 1 เป็นตัวอักษรที่ไม่มีหัวกลม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นตัวอักษร ก หรือ ธ ซึ่งอยู่ในกลุ่มตัวอักษรที่ไม่ได้เริ่มต้นการเขียนด้วยส่วนหัวเหมือนกัน

ขั้นตอนที่ 2 การชี้บ่ง (Identification) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์และทิศทางของลายเส้นจนกระทั่งครบตัวอักษรแล้วจะได้ทิศทางที่ประกอบเป็นตัวอักษรดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปทิศทางของลายเส้นตัวอักษรในกลุ่มที่ 1

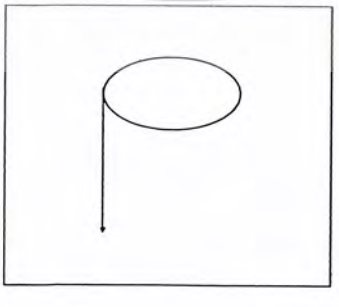
ตารางที่ 3.1 แสดงภาพสรุปทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 1

ตัวอักษร	ทิศทางของลายเส้น
ก	**แบบที่ 1 ตามรูปที่ 3.7** จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 4 (←) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 3 (↓) ตามลำดับ **แบบที่ 2 ตามรูปที่ 3.8** จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 4 (←) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 3 (↓) ตามลำดับ
ข	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 3 (↓)+ ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 4 (←) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (→) ตามลำดับ

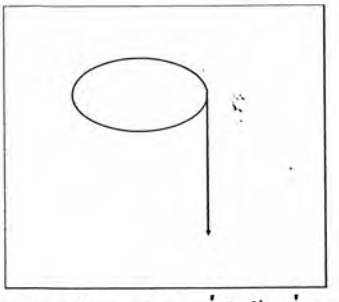
3.3.2 กลุ่มที่ 2 กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่เริ่มต้นด้วยการเขียนหัว และเส้นที่ลากต่อจากหัวอยู่ทางด้านขวาของตัวอักษร

3.3.2.1 การแบ่งกลุ่มของตัวอักษร

การพิจารณาเริ่มต้นด้วย ขั้นตอนการคัดแยก (Segmentation) ซึ่งจะเป็นการพิจารณาว่าตัวอักษรมีหัวหรือไม่ ซึ่งในกรณีนี้จะเป็นกรณีที่ตัวอักษรมีส่วนหัว จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการบ่งชี้ (Identification) ด้วยการวิเคราะห์ทิศทางของลายเส้นว่าเส้นที่ลากต่อจากหัวกลมอยู่ทางด้านขวา หรือทางด้านซ้ายของส่วนหัว ถ้าอยู่ทางด้านขวาจะเป็นตัวอักษรที่อยู่ในกลุ่มที่ 2 มีตัวอักษรภาษาไทยที่อยู่ในกลุ่มที่ 2 นี้ 9 ตัว ประกอบไปด้วย ง ด น บ ป พ ฟ ภ ม แต่ถ้าเส้นที่ลากต่อจากหัวกลมอยู่ทางซ้ายจะเป็นตัวอักษรที่อยู่ในกลุ่มที่ 3 ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในหัวข้อ 3.3.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงหัวตัวอักษรที่มีเส้นที่ลากต่ออยู่ทางด้านขวา

3.3.2.2 ขั้นตอนในการพิจารณาตัวอักษรของกลุ่มที่ 2

3.3.2.2.1 ขั้นตอนการพิจารณาส่วนหัวของตัวอักษร

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจุดบนส่วนหัวของตัวอักษร ซึ่งขั้นตอนนี้จะแตกต่างจากการวิเคราะห์ตัวอักษรในกลุ่มที่ 1 การวิเคราะห์ดำเนินการโดยการวัดระยะทางของเส้นตรงที่เกิดจากการลากเชื่อมต่อระหว่างจุดพิกัดที่ลากขึ้นเพื่อประกอบเป็นส่วนหัวแต่ละส่วน จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบระยะทางของเส้นตรงแต่ละเส้น ซึ่งจะมีระยะทางเพิ่มขึ้นในช่วงแรกจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่ระยะทางของเส้นตรงจะมีระยะทางมากที่สุด จากนั้นระยะทางจะเริ่มลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่ระยะทางของเส้นตรงสั้นที่สุด ซึ่งจะถือว่าเป็นจุดสิ้นสุดส่วนโค้งของส่วนหัวตัวอักษร โปรแกรมที่สร้างขึ้นรองรับโครงงานนี้จะถูกเขียนขึ้นให้ทราบว่า ณ จุดสิ้นสุดของส่วนโค้งนี้จะเป็นจุดสิ้นสุดของการเขียนส่วนหัวของตัวอักษร และจะนำจุดดังกล่าวไปใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการหาความสัมพันธ์และทิศทางของตัวอักษรในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์เฉพาะส่วนหัวสามารถคัดแยกได้เพียงว่าเป็นกลุ่มตัวอักษรที่ไม่มีส่วนหัวของตัวอักษร และ กลุ่มตัวอักษรที่มีส่วนหัว เท่านั้นยังไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 2 (กลุ่มตัวอักษรที่มีเส้นที่ลากต่ออยู่ทางด้านขวา) หรือ กลุ่มที่ 3 (กลุ่มตัวอักษรที่มีเส้นที่ลากต่ออยู่ทางด้านซ้าย) จึงต้องมีการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

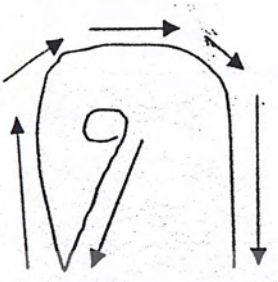
3.3.2.2.2 ขั้นตอนการพิจารณาบ่งชี้ทิศทางของลายเส้น

เมื่อทราบว่าอยู่กลุ่มใดแล้วจะพิจารณาต่อด้วยวิธีการที่คล้ายคลึงกับที่กล่าวถึงในกลุ่มที่ 1 กล่าวคือพิจารณาทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดที่ลากไปนั้นเป็นทิศทางใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.3 ตัวอย่างการวิเคราะห์ทิศทางของลายเส้นตัวอักษรในกลุ่มที่ 2

ตัวอย่างที่การเขียนตัวอักษร ด



รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ตัวอักษร ด

จากรูปที่ 3.11 จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ตัวอักษร ด จะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การคัดแยก (Segmentation) อยู่ในกลุ่มที่ 3 คือเริ่มต้นด้วยหัวกลม และต่อด้วยการลากเส้นทางด้านขวาของส่วนหัว

ขั้นตอนที่ 2 การชี้บ่ง (Identification) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์และทิศทางของลายเส้นจนกระทั่งครบตัวอักษรแล้ว จะได้ทิศทางที่ประกอบเป็นตัวอักษรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ จะมีตัวอักษรบางตัวที่มีทิศทางลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตัวอักษรนั้นเหมือนกัน แต่จะต่างกันที่ความยาวของเส้นที่เป็นทิศทางสุดท้าย สำหรับตัวอักษรในกลุ่มที่ 2 นี้ ได้แก่ บ กับ ป และ พ และ ฟ ซึ่งในที่นี้ขอยกตัวอย่างความแตกต่างของทิศทางลายเส้นของตัวอักษร บ กับ ป ดังนี้

โดยจะพิจารณาค่าของ y ในตำแหน่งสุดท้ายของการเขียนส่วนหัวกับค่า yในตำแหน่งสุดท้ายของการเขียนตัวอักษร หากความแตกต่างของทั้ง 2 จุด มีค่าต่างกันมากกว่า 20 pixel โปรแกรมจะประมวลผลให้เป็นตัวอักษร ป

นอกจากนี้การวิเคราะห์ทิศทางของลายเส้นของตัวอักษร พ กับ ฟ ก็เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

3.3.2.4 สรุปทิศทางของลายเส้นตัวอักษรในกลุ่มที่ 2

ตารางที่ 3.2 แสดงภาพสรุปทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยตัวอักษรจำนวน 10 ตัว ดังนี้ คือ ง ด ต น บ ป พ ฟ ภ ม

ตัวอักษร	ทิศทางของลายเส้น
ง	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่3 (↓) + ทิศทางที่ 1 (↑)
ด	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่3 (↓) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 3 (↓) ตามลำดับ
น	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 4 (←) + ทิศทางที่ 1 (↑) ตามลำดับ
บ	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 1 (↑) ตามลำดับ
ป	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 1 (↑) ตามลำดับ
พ	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 1 (↑) ตามลำดับ
ฟ	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 1 (↑) ตามลำดับ
ภ	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 4 (←) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 3 (↓) ตามลำดับ
ม	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 4 (←) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (→) + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 1 (↑) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 กลุ่มที่ 3 กลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่เริ่มต้นการเขียนด้วยหัวกลม และเส้นที่ลากต่อจากหัวอยู่ทางด้านซ้ายของตัวอักษร

3.3.3.1 การแบ่งกลุ่มตัวอักษร

การพิจารณาเริ่มด้วย ขั้นตอนการคัดแยก (Segmentation) ซึ่งจะเป็นการพิจารณาว่าตัวอักษรมีหัวหรือไม่ ซึ่งในกรณีนี้จะเป็นกรณีที่มีส่วนหัว จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการบ่งชี้ (Identification) ด้วยการวิเคราะห์ทิศทางของลายเส้นว่าเส้นที่ลากต่อจากหัวกลมอยู่ทางด้านขวาหรือด้านซ้ายของส่วนหัว ถ้าอยู่ทางด้านซ้ายจะเป็นตัวอักษรที่อยู่ในกลุ่มที่ 3 มีตัวอักษรภาษาไทยที่อยู่ในกลุ่มที่ 3 นี้ 4 ตัว ประกอบไปด้วย **ค ถ ผ ฝ**

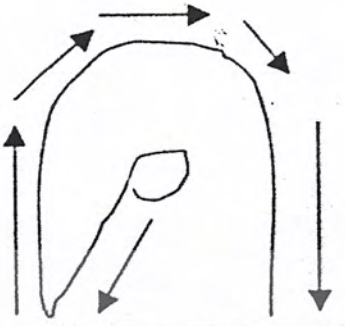
รูปที่ 3.12 แสดงหัวตัวอักษรที่มีเส้นที่ลากต่ออยู่ทางด้านซ้าย

หมายเหตุ จะมีตัวอักษรบางตัวที่มีทิศทางลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตัวอักษรนั้นเหมือนกัน แต่จะต่างกันที่ความยาวของเส้นที่เป็นทิศทางสุดท้าย สำหรับตัวอักษรในกลุ่มที่ 3 นี้ได้แก่ ผ กับ **ฝ** ซึ่งวิธีการวิเคราะห์จะเป็นแนวทางเดียวกันกับกลุ่มที่ 2 ซึ่งได้กล่าวไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์ทิศทางของลายเส้นตัวอักษรในกลุ่มที่ 3

ตัวอย่างการเขียนอักษร ค



รูปที่ 3.13 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ทิศทางของลายเส้นตัวอักษร ค

จากรูปที่ 3.13 จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ตัวอักษร ค จะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การคัดแยก (Segmentation) พบว่าอาจจะอยู่ในกลุ่มที่ 2 หรือ 3 เนื่องจากเป็นตัวอักษรที่เริ่มต้นการเขียนด้วยหัวกลม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะยังมิสามารถบอกได้ว่าเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 2 หรือ 3

ขั้นตอนที่ 2 การบ่งชี้ (Identification) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์และทิศทางของลายเส้นจนกระทั่งครบทั้งตัวอักษรแล้วจะได้ทิศทางที่ประกอบเป็นตัวอักษรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3.3 สรุปทิศทางของลายเส้นตัวอักษรในกลุ่มที่ 3

ตารางที่ 3.3 แสดงภาพสรุปทิศทางของลายเส้นที่ประกอบกันเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยตัวอักษร **ค ฉ ผ ฝ**

ตัวอักษร	ทิศทางของลายเส้น
ค	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (⟶) + ทิศทางที่ 3 (↓) ตามลำดับ
ฉ	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 4 (⟵) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 2 (⟶)+ ทิศทางที่ 1 (↓) ตามลำดับ
ผ	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 3 (↓) +ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 3 (⟶) + ทิศทางที่ 1 (↑) ตามลำดับ
ฝ	จุดเริ่มต้น + ทิศทางที่ 3 (↓) + ทิศทางที่ 1 (↑) + ทิศทางที่ 3 (⟶) + ทิศทางที่ 1 (↑) ตามลำดับ

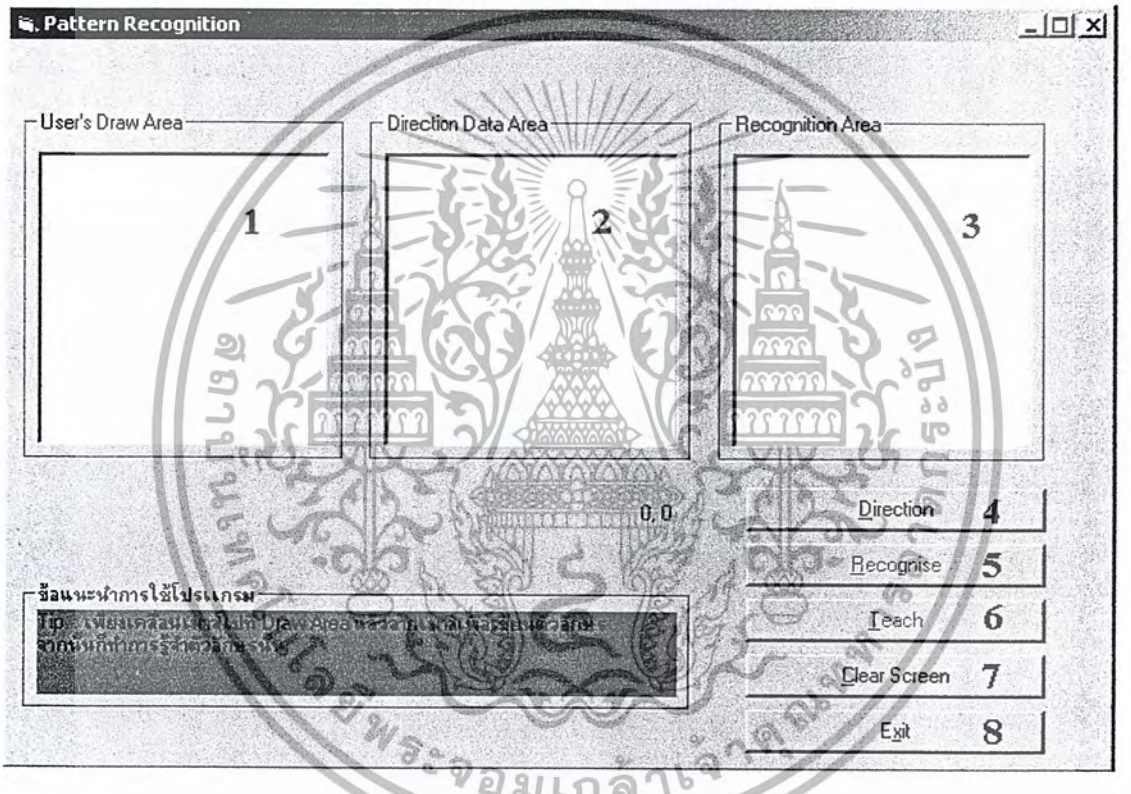
หมายเหตุ จากหลักการที่กล่าวถึงข้างต้นนั้นเป็นเพียงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ทฤษฎีภายใต้สมมติฐานที่ว่าลักษณะการเขียนเป็นไปตามตัวอย่างการเขียนที่กำหนดเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงวิธีการเขียนตัวอักษรภาษาไทยนั้นสามารถที่จะเขียนได้หลายลักษณะ ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมจึงต้องมีการเตรียมการรองรับสำหรับลักษณะการเขียนในลักษณะอื่นด้วย แต่วิธีการเขียนลักษณะอื่นมิได้กล่าวถึงในโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 การรับข้อมูลลายมือเขียนภาษาไทย

ในการทดลองผู้ทดลองจะดำเนินการป้อนข้อมูลด้วยการลากเมาส์ (Mouse) บนหน้าจอที่สร้างขึ้นสำหรับรับส่งผ่านข้อมูลดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงหน้าจอในการรับข้อมูล

ส่วนที่ 1 ใช้ในการเขียนตัวอักษรที่ต้องการทำการวิเคราะห์

ส่วนที่ 2 ใช้ในการแสดงทิศทางของลายเส้นที่ลากเป็นตัวอักษรในส่วนที่ 1

ส่วนที่ 3 ใช้ในการแสดงผลลัพธ์ของข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์แล้ว

ส่วนที่ 4 ใช้ในการปรับรหัสลูกโซ่ให้ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

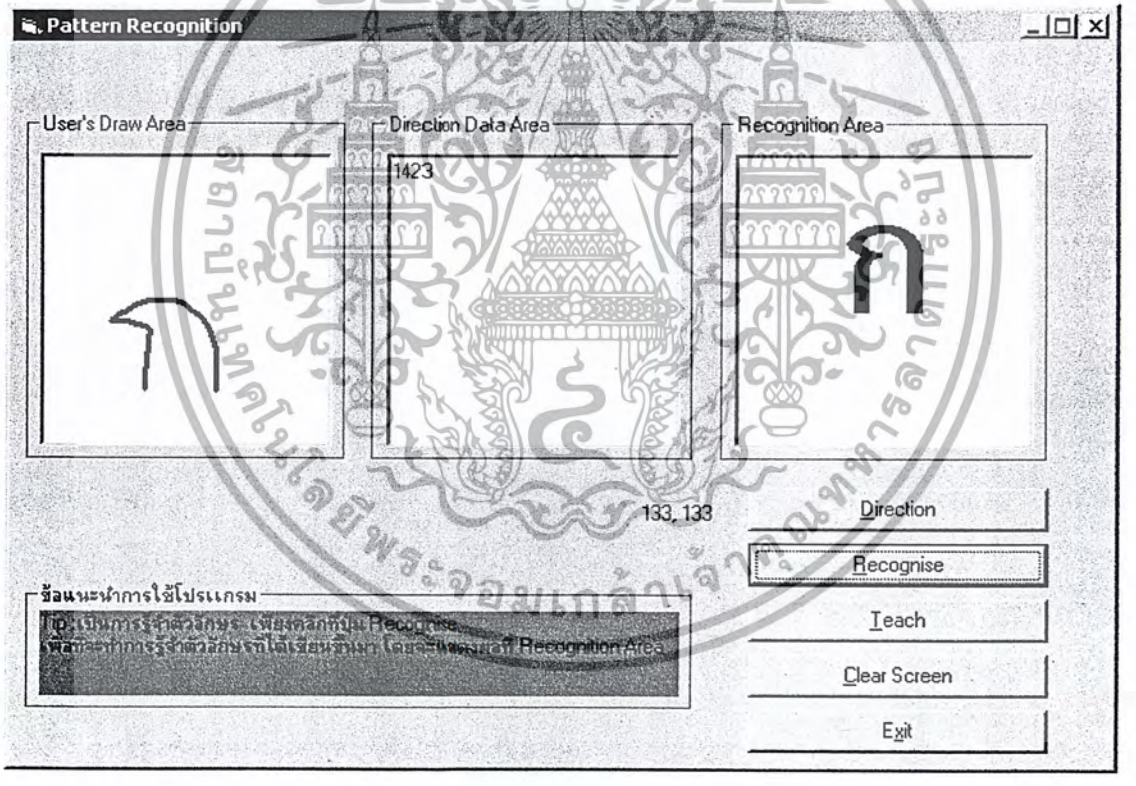
ส่วนที่ 5 ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอักษร

ส่วนที่ 6 ใช้ในการเรียนรู้ตัวอักษร เพื่อเพิ่มรหัสลูกโซ่ในฐานข้อมูล

ส่วนที่ 7 ใช้สำหรับลบหน้าจอ

ส่วนที่ 8 ใช้เมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

ในการทดลองผู้ทดลองจะดำเนินการป้อนข้อมูลด้วยการลากเมาส์ (Mouse) บนหน้าจอที่สร้างขึ้นเพื่อให้เกิดเป็นตัวอักษร โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์จุดเรียงที่ต่อกันว่าเป็นเส้นชนิดใด เมื่อลากเป็นเส้นจนครบเป็นตัวอักษรแล้ว จะทำการปรับทิศทางเพื่อลดค่ารหัสลูกโซ่ให้มีความถูกต้องมากขึ้น จากนั้นจึงนำรหัสลูกโซ่ที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับรหัสลูกโซ่ในฐานข้อมูล เพื่อทำการหาตัวอักษรที่ตรงกับรหัสลูกโซ่นั้นว่าเป็นตัวอักษรตัวใด จากนั้นจึงจะนำผลลัพธ์ที่ได้ไปแสดงผล



รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอการประมวลผลตัวอักษร ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองดำเนินการโดยการใช้เมาส์ (Mouse) ลากเส้นตัวอักษรจำนวน 100 ครั้งต่อหนึ่งตัวอักษร โดยการสุ่มเขียนเขียนตัวอักษรที่มีขนาดไม่เท่ากัน ซึ่งผลการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลอง

ตัวอักษร	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่ถูก	จำนวนครั้งที่ผิด	% ความถูกต้อง
ก	100	90	10	90
ค	100	81	19	81
ง	100	78	22	78
ด	100	80	20	80
ถ	100	72	28	72
ธ	100	89	24	89
น	100	65	35	65
บ	100	82	18	82
ป	100	80	20	80
ผ	100	71	29	71
ฝ	100	69	31	69
พ	100	73	27	73
ฟ	100	71	29	71
ภ	100	76	24	76
ม	100	75	25	75

สรุปผลการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยการทดลองเขียนตัวอักษรภาษาไทยทั้งหมด 1500 ตัว ปรากฏว่าผลการทดสอบมีความถูกต้อง 1152 ตัว หรือสามารถกล่าวได้ว่าในภาพรวมของการทดลองมีความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 76.8 โดยมีปัจจัยในการทดสอบขึ้นอยู่กับเปลี่ยนแปลง ความไม่แน่นอน ไม่คงที่ของตัวอักษรคัดลายมือของแต่ละบุคคลที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลเปรียบเทียบเพิ่มเติมโดยการทดสอบการเขียนตัวอักษรจากบุคคลภายนอกอีก 5 คน ซึ่งแต่ละคนต้องทดลองเขียนตัวอักษรทั้ง 15 ตัว ตัวละ 5 ครั้งดังมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองเพิ่มเติม

	ผู้ทดลองที่ 1	ผู้ทดลองที่ 2	ผู้ทดลองที่ 3	ผู้ทดลองที่ 4	ผู้ทดลองที่ 5
จำนวนครั้งทั้งหมด	75	75	75	75	75
จำนวนครั้งที่ถูกต้อง	52	60	51	55	45
เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง	69.33	80	68	73.33	60

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าจากการที่ผู้ทดลองแต่ละคนได้ทดลองเขียนตัวอักษรทั้ง 15 ตัว ตัวละ 5 ครั้ง ซึ่งเป็นจำนวนรวมเท่ากับ 375 ครั้ง พบว่าจำนวนครั้งที่โปรแกรมสามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้องจำนวน 263 ครั้ง หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 70.13

4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า โดยทั่วไปการทดสอบลายมือเขียนภาษาไทยมีระดับความถูกต้องร้อยละ 76.8 ซึ่งหลังจากทำการทดลองแล้วนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาสาเหตุของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการลากเส้น ซึ่งพบว่าสาเหตุของความผิดพลาดมาจากหลายสาเหตุด้วยกัน อาทิ

- ลักษณะการเขียนส่วนหัวที่ไม่ถูกต้อง เช่น การไม่ลากเส้นส่วนหัวในลักษณะที่เป็นวงกลมหรือการเขียนส่วนหัวมากกว่า 1 รอบ

- ลักษณะการเขียนที่ไม่ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ เช่น กรณีที่มีส่วนหัวแต่ไม่ได้เริ่มเขียนที่ส่วนหัว

- ผู้ทดสอบมีการลากเส้นด้วยความเร็วที่สูงหรือช้าเกินไป

- ผู้ทดสอบไม่ถนัดในการใช้อุปกรณ์

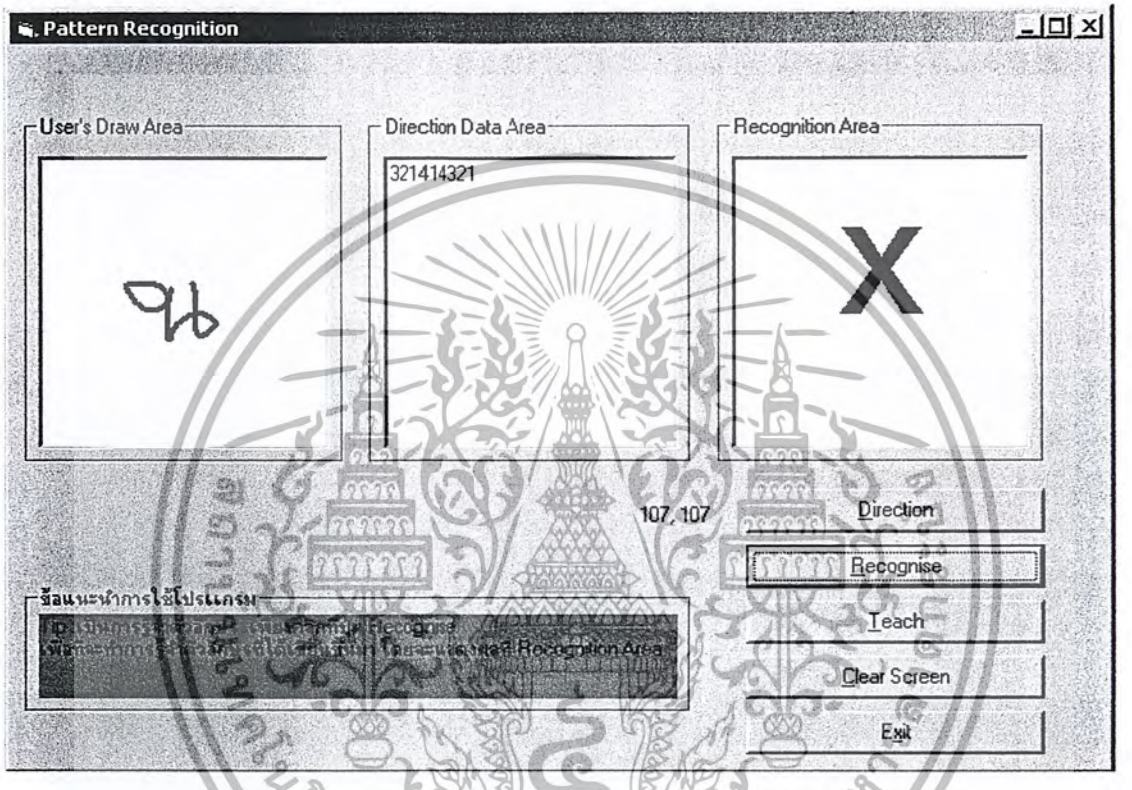
สาเหตุความผิดพลาดที่กล่าวข้างต้นเป็นตัวอย่างบางกรณีที่ส่งผลต่อการประมวลผลของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ปัญหาต่างๆที่พบ

4.3.1 ปัญหาจากการเขียนตัวอักษรผิดลำดับ

ในการเขียนตัวอักษรภาษาไทยนั้นโดยทั่วไปแล้ว จะมีการเขียนโดยเริ่มจากหัวก่อนแต่ในการใช้งานจริง อาจจะมีบางคนทำการเขียนตัวอักษรโดยเริ่มจากส่วนอื่นก่อน ทำให้โครงสร้างที่ได้มานั้นไม่อยู่ในฐานข้อมูลที่ทำการเก็บไว้

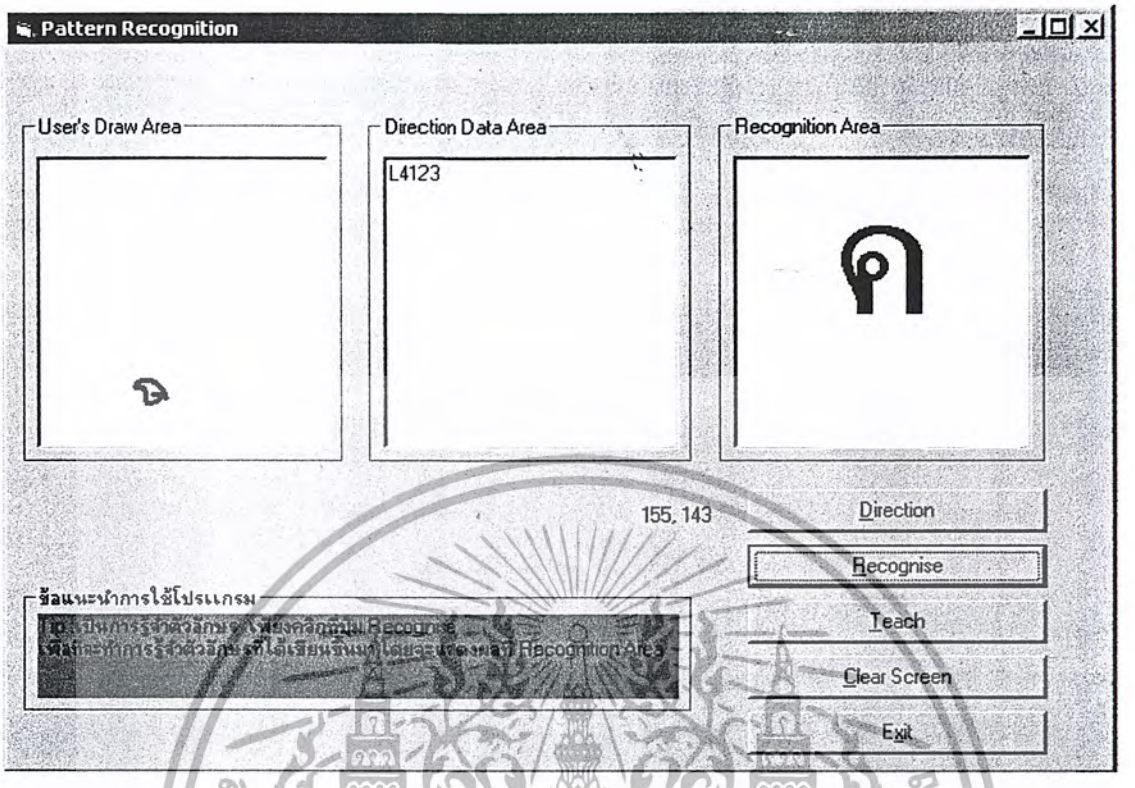


รูปที่ 4.3 แสดงการประมวลผลผิดพลาดจากการเขียนผิดลำดับ

4.3.2 ปัญหาจากการเขียนตัวอักษรเล็กเกินไป

ในการทดลองนั้นขนาดการเขียนที่เล็กหรือใหญ่นั้นจะไม่มีผลกระทบกับการวิเคราะห์ แต่จะเกิดปัญหาขึ้นในกรณีที่เขียนตัวอักษรเล็กเกินไป เนื่องจากการเขียนตัวเล็กเกินไปจะทำให้มีรายละเอียดในการเก็บจุดน้อยเกินไปจนทำให้โปรแกรมวิเคราะห์ผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

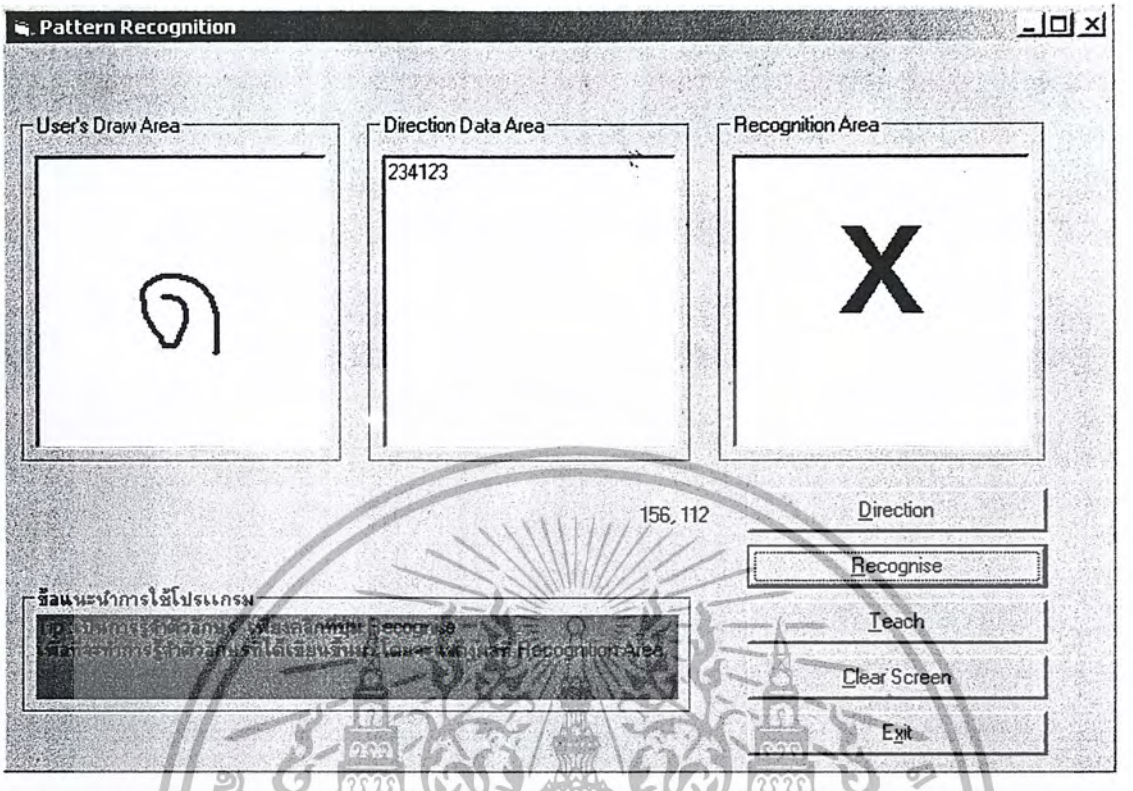


รูปที่ 4.4 แสดงการประมวลผลผิดพลาดจากการเขียนตัวเล็กเกินไป

4.3.3 ปัญหาจากการเขียนส่วนหัวของตัวอักษรที่ไม่สมบูรณ์

การเขียนตัวอักษรที่มีส่วนหัว แต่เขียนส่วนหัวไม่เป็นวงกลมที่สมบูรณ์ ทำให้การประมวลผลเกิดความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงการประมวลผลผิดพลาดจากการเขียนหัวไม่สมบูรณ์

4.3.4 ปัญหาด้านความเร็วในการลากเมาส์ (Mouse)

การที่เขียนตัวอักษรช้าเกินไปนั้น ทำให้โปรแกรมเก็บรายละเอียดของตัวอักษรมากเกินไป ส่วนการเขียนตัวอักษรเร็วเกินไปนั้น ทำให้โปรแกรมเก็บรายละเอียดของตัวอักษรได้น้อยเกินไป ซึ่งทำให้ความถูกต้องในการหาโครงสร้างของตัวอักษรลดลง เป็นผลให้การวิเคราะห์ผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องคือ 76.8

2. ตัวอักษรที่มีลักษณะเล่นใกล้เคียงกันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษร

3. การรู้จำตัวอักษรจะไม่ขึ้นกับขนาด และตำแหน่งของการเขียนตัวอักษร แต่ตัวอักษรจะต้องไม่เล็กมากจนเกินไป

4. การรู้จำตัวอักษรจะไม่ยึดติดกับหลักเกณฑ์ว่าจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดจะต้องอยู่ในพื้นที่ที่กำหนด กล่าวคือ การทดลองนี้สามารถแก้ปัญหาเนื่องจากการเขียนหัวต่ำหรือสูงเกินไป รวมทั้งปัญหาจากการเขียนเส้นบางเส้นยาวหรือสั้นเกินไป เป็นต้น สำหรับการทดลองนี้ขอเพียงเขียนให้ถูกตามหลักไวยากรณ์ ตัวอักษรที่มีหัวต้องเริ่มจากการเขียนส่วนหัวก่อน

5. เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์จะใช้เวลาค่อนข้างสั้น

5.2 ข้อจำกัดของโครงงาน

1. การใช้การวิเคราะห์ทิศทางแบบ 4 ทิศ มีข้อจำกัดคือ รหัสลูกโซ่มีโอกาสซ้ำกันมาก ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้

2. การออกแบบยังไม่ครอบคลุมถึงการเขียนตัวอักษรทั้งหมด ทำให้การเขียนตัวอักษรในบางกรณีวิเคราะห์ผิดพลาด

5.3 แนวทางในการพัฒนา

1. ปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถวิเคราะห์พยัญชนะครบทั้ง 44 ตัว และรวมถึงสระ

2. ปรับปรุงให้การวิเคราะห์ส่วนหัวมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น กรณีการเขียนส่วนหัวไม่ครบรอบวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชาญชัย ดีอ่วม.2542. “ การรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยของคอมพิวเตอร์โดยวิธีวิเคราะห์โครงสร้างแบบทันทีทันใด. ” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประสาร ตังติสานนท์.2529. “การจดจำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย โดยใช้วิธีแยกลักษณะเด่น.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์.2531. “การจดจำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย โดยการพิจารณาแยกหัวตัวอักษร.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

การวิเคราะห์ตัวอักษรแบบต่างๆ

ชื่อเรื่อง	ผู้จัดทำ	ขั้นตอน	ความถูกต้อง	ข้อดี	ข้อเสีย	ข้อเสนอแนะ
Writer Recognition Based on Time-Frequency Characteristic of Handwriting Motion (on-line)	1.Takenobu Matsuura 2. Pitak Thumwarin 3. Shunsuke Yamamoto	รายงานฉบับนี้ใช้วิธี FIR (Finite Impulse Response) โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1.จะทำการแปลงตัวอักษรออกเป็นแกน X และ แกน Y 2. นำกราฟที่ได้ทั้งแกน X และแกน Y ไปทำการเปลี่ยนเป็นสัญญาณแบบ pulse แล้วทำการขยายสัญญาณแล้วเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล 3. นำตัวอักษรที่จะทำการ recognize มาทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล โดยจะมีค่าสัมประสิทธิ์ความคลาดเคลื่อนตามที่คำนวณ	95%	สามารถทำการ recognize ได้ง่าย เพราะมีข้อมูลของคนที่เขียนเก็บไว้	1.จะทำการ recognize ตัวอักษรได้นั้นจะต้องมีการเก็บข้อมูลตัวอักษรของคนๆนั้น เอาไว้ก่อน 2. จากรายงานการเขียนตัวอักษรจะไม่สามารถยกมือได้ เพราะจะทำให้เวลาที่ยกไม่มีค่าในแกน XY 3.การตั้งค่าสัมประสิทธิ์ ถ้าตั้งไม่เหมาะจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้	น่าจะมีการเพิ่มกราฟของเวลากับการเขียน เพื่อบอกว่าเวลานี้มีการเขียนหรือกำลังยกปากกาอยู่ โดยนำไปสร้างความสัมพันธ์กับกราฟแกน X และแกน Y การใช้วิธีนี้น่าจะเหมาะกับการ recognize ลายเซ็น

การจดจำรูปแบบตัวอักษรคัดลายมือภาษาไทย โดยวิธีแยกลักษณะเด่น (off-line)	ประสาร ตังติสานนท์	ใช้วิธี Feature Concentration โดยจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ 1. หารูปแบบเริ่มต้น (Initial Feature Extraction) 2. การปรับปรุงแบบ (Unification) 3. การรวมลักษณะโครงสร้างของรูปแบบ (Concentration) หลังจากนั้นจะใช้การดูโครงสร้างของตัวอักษรมา recognize	95%	สามารถใช้กับตัวอักษรได้ทุกชนิดไม่ต้องคำนึงถึงขนาด	1.ใช้เวลาในการประมวลผลนานเกินกว่าจะนำไปใช้งานจริง 2. ไม่สามารถทำการ recognize ตัวอักษรที่หัวขาดได้ 3. ตัวอักษรที่จะทำการ recognize ได้นั้นจะต้องทำการเขียนเสร็จเรียบร้อยแล้วเท่านั้น	
การรู้จำตัวอักษรตัวคัดลายมือตัวพิมพ์ภาษาอังกฤษ (on-line)	สุริยัน อนุวรรค	1.นำข้อมูลที่เป็นจุดพิกัดมาเชื่อมโยงให้เป็นลายเส้นตามลักษณะที่ได้มาโดยวิธีเบเสนแฮมส์ (Bresenham's) และเอกโพเนนเชียล (Exponential Smoothing) 2. นำมาวิเคราะห์การรู้จำโดยอาศัยโครงร่างของตัวอักษร (Syntactic	ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ 92.87% ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก 90.76%	สามารถรู้จำอักษรคัดลายมือก่อนสิ้นสุดการเขียนได้	1.การเขียนหัวอักษรภาษาไทยหลายๆ รอบทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดได้ง่าย 2. อักษรลายมือที่มีขนาดใหญ่การ	ควรมีระบบ off-line เพื่อช่วยในการวิเคราะห์สนับสนุนในการเขียนให้ได้หลายรูปแบบ

		Methods) โดยการพิจารณาคุณสมบัติความโค้ง การปรับโค้งผลบวกกำลังสองของความผิดพลาดน้อยที่สุด (Least Square Curve Fitting) การพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ของลายเส้น (Description of Relationship Stroking) 3.สร้างกฎเกณฑ์มาประกอบคุณสมบัติของอักษรแต่ละตัวตามไวยากรณ์ของ Narasimhan	เลขอาราบิค 90.00% อักษรไทยบางตัว 68.75%		วิเคราะห์จะช้าลง 3. สามารถเขียนอักษรคัดลายมือได้เพียงขนาดเดียว 4. การเขียนอักษรคัดลายมือต้องอยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน 5. ไม่มีความเป็นอิสระในการเขียน 6. ผลงานวิจัยนี้ศึกษาถึงการจดจำตัวอักษรภาษาไทยบางตัวเท่านั้น	
การจดจำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยโดยการพิจารณาหัวของตัวอักษร	**สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์**	เตรียมข้อมูลเพื่อการจำแนกกลุ่ม 1.กำจัดสัญญาณรบกวน 2. หาตำแหน่งและขนาดมาตรฐานของตัวอักษร 3. ทำตัวอักษรให้บางเพื่อลดปริมาณข้อมูลให้เหลือเฉพาะส่วนที่เป็น	98.82%	สามารถวิเคราะห์ได้แม่นยำแต่ตัวอักษรต้องมีความชัดเจน	1. ไม่สามารถวิเคราะห์การเขียนตัวอักษรที่มีหัวแต่เขียนหวัดแบบไม่มีหัว 2. รูปแบบตัวอักษรที่	

(off-line)		โครงร่างเท่านั้น 4. กำจัดส่วนเกินที่อาจเกิดจาก ขั้นตอนการทำตัวอักษรให้บาง การตรวจสอบหัวและการแบ่งกลุ่ม 1. ตรวจสอบหัวของตัวอักษรโดย แบ่งตัวอักษรที่ไม่มีหัว มี 1 หัว มี 2 หัวและ 3 หัว 2. แบ่งเขตของตัวอักษร แบ่งเขต ย่อยเพื่อแยกตัวอักษรที่คล้ายกัน			ทำการรู้จำค่อนข้างที่ จะต้องเขียนให้ชัดเจน	

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า การผลิตซ้ำ หรือเผยแพร่ในรูปแบบใดๆ ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร