# การแยกตัวพิมพ์อักษรไทยที่ซ้อนทับกัน

# SEGMENTATION FOR CROSSING PRINTED THAI CHARACTERS

T038034

วรวิทย์ เปรมรัตนชัย

VORAVIT PREMRATANACHAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2543

ISBN 974-622-933-8

ชม.

ลชหมู่.....

ลชทะเบียน 38034

น, เดือน, ปี 20 พ.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SEGMENTATON FOR CROSSING PRINTED THAI CHARACTERS

VORAVIT PREMRATANACHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INFORMATION TECHNOLOGY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

ISBN 974-622-933-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2000

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การแยกตัวพิมพ์อักษรไทยที่ซ้อนทับกัน |
| **นักศึกษา** | นายวรวิทย์ เปรมรัตนชัย |
| **รหัสประจำตัว** | 41067037 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | เทคโนโลยีสารสนเทศ |
| **พ.ศ.** | 2543 |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์** | รศ.ดร.วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์ |

## บทคัดย่อ

ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทยเป็นสำคัญที่ทำให้การรู้จำตัวอักษรมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูง ปัญหาไม่สามารถแก้ไขโดยวิธีการเดียวกันที่ใช้ในการแก้ปัญหาตัวอักษรที่สัมผัสกัน เนื่องจากปัญหาของการสัมผัสกันของตัวอักษรเป็นลักษณะของการเชื่อมต่อกันของอักษรแต่ปัญหาของการซ้อนทับกันของตัวอักษรเกิดจากการทับกันของเนื้ออักษร ซึ่งเมื่อนำวิธีการหาจุดสัมผัสกันมาใช้ จุดตัดที่ได้มีความผิดพลาดสูงดังนั้นจึงควรหาวิธีการแก้ปัญหาเฉพาะ งานวิจัยนี้นำเสนอลักษณะเฉพาะของการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทยและวิธีการแก้ปัญหา จากการศึกษาการซ้อนทับกันของตัวอักษรพบว่าเกิดขึ้นเฉพาะส่วนตัวอักษรที่อยู่ในส่วนบน การซ้อนทับกันของตัวอักษรสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือการซ้อนทับกันของตัวอักษรกับสระและการซ้อนทับกันของสระกับสระ ขั้นตอนการแก้ปัญหาประกอบด้วยสองขั้นตอน เริ่มจากการหาจุดที่เกิดการซ้อนทับ และการต่อเติมเนื้ออักษรที่ได้หลังการตัด ตำแหน่งในการแบ่งแยกตัวอักษรได้จากการเปรียบเทียบกับโครงสร้างแม่แบบ ตัวอักษรที่ได้หลังการตัดอาจมีโครงสร้างที่ขาดหายไปจำเป็นต้องต่อเติมเนื้ออักษรเพื่อความสมบูรณ์ องค์ประกอบสำคัญที่ใช้ในการต่อเติมเนื้ออักษรได้แก่ค่าความชันและความกว้างของเนื้ออักษรที่ทำการเติม

ทำการทดลองโดยใช้แบบอักษรที่ซ้อนทับกันทั้งหมด 70 แบบ เพื่อหาจุดตัดแบ่งผลการทดลองมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงกว่าการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการแยกตัวอักษรที่สัมผัสกันแล้วเปรียบเทียบการรู้จำตัวอักษรระหว่างข้อมูลก่อนและหลังการตัดแบ่งโดยใช้โปรแกรม ArnThai1.0 และ ThaiOCR1.5 ผลที่ได้เปอร์เซ็นต์ความถูกของการรู้จำหลังการตัดแบ่งสูงกว่าก่อนการตัดแบ่งมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Segmentation for Crossing Printed Thai Characters |
| **Student** | Voravit Premratanachai |
| **Student ID.** | 41067037 |
| **Degree** | Master of Science |
| **Programme** | Information Technology |
| **Year** | 2000 |
| **Thesis Advisor** | Assoc. Prof. Dr. Wichain Premchaiswadi |


## ABSTRACT

The problem of crossing thai character is one of the most important problems that decreases percent of correctness in a character recognition system. This problem is different from the problem of touching characters. The problem of touching character is the connection between characters but the crossing characters is the overlap between characters. Therefore, the algorithms of touching character segmentation can not be applied to crossing characters segmentation properly. Fortunately, the crossing characters are usually occur only in upper zone characters. The crossing characters can be gategorized into two types: the crossing of consonant characters with vowel characters and vowel characters with vowel characters. The segmentation scheme consists of 2 steps: finding crossing point and reconstruction of segmented characters. The crossing point is determined by using templates. In segmentation process, crossing points will separate a crossing character into two segmented characters. The structure of each segmented character may be incomplete character and not identical to the original one. The proposed reconstruction process is used to add the incomplete part of these segmented characters. The important factors of reconstruction process are slope and content of the incomplete part.

The experiments are performed by using 70 types of crossing characters. The results show that the proposed scheme can segment crossing characters correctly. The propose scheme can improve the percent of correctness of commercially available software ThaiOCR1.5 and ArnThai1.0 more than 60 percents.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความเมตตากรุณาจาก ท่านอาจารย์ รศ.ดร.วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและแนะนำผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและ และกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ เจ้าหน้าที่สารสนเทศทุกท่านและเพื่อนๆทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำต่างๆ

วรวิทย์ เปรมรัตนชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญรูป ..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์..... 2

1.3.1 ขอบเขตของลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ..... 3

1.3.2 ขอบเขตของการแก้ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษร..... 3

1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย..... 3

1.5 โครงสร้างวิทยานิพนธ์..... 4

บทที่ 2 การศึกษาสาเหตุและลักษณะของปัญหา ..... 6

2.1 ลักษณะของตัวอักษรไทย..... 6

2.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับภาพอักษร..... 7

2.3 ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย..... 8

2.3.1 สาเหตุของปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย..... 8

2.3.2 ลักษณะของปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย..... 9

2.4 วิธีการตัดแบ่งตัวอักษรที่มีอยู่ในปัจจุบัน..... 9

บทที่ 3 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย..... 12

3.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย..... 12

3.2 ขั้นตอนการแยกภาพตัวอักษร..... 12

3.2.1 ขั้นตอนการแยกภาพบรรทัดออกจากภาพเอกสารด้วย

วิธีการทำ Horizontal Projection..... 12

3.2.2 ขั้นตอนการแยกภาพอักษรออกจากภาพบรรทัดโดย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


หน้า

วิธีการเปลี่ยนรหัสขอบ..... 13

3.3 เงื่อนไขของการตรวจสอบภาพที่เกิดการซ้อนทับกัน..... 15

บทที่ 4 การแบ่งประเภทการซ้อนทับและโครงสร้างจุดตัด..... 17

4.1 การวิเคราะห์และแบ่งประเภทการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย..... 17

4.1.1 ขั้นตอนการแบ่งประเภทของการซ้อนทับ..... 17

4.1.1.1 ภาพอักษรที่อยู่เฉพาะส่วนบน..... 18

4.1.1.2 ภาพอักษรที่มีตำแหน่งอยู่ในส่วนบนและส่วนกลาง..... 20

4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตการพิจารณา..... 22

4.3 ขั้นตอนการกำหนดโครงสร้างจุดที่ใช้ในการเปรียบเทียบจุดตัด..... 24

4.4 ขั้นตอนการหาจุดตัดแบ่งของภาพอักษรที่เกิดการซ้อนทับ..... 26

4.4.1 ขั้นตอนการหาจุดตัดแบ่งของภาพพยัญชนะซ้อนทับกับสระ..... 26

4.4.2 ขั้นตอนการหาจุดตัดแบ่งของภาพสระซ้อนทับกับสระ..... 29

บทที่ 5 การตัดแบ่งและต่อเติมเนื้ออักษร..... 32

5.1 การตัดแบ่งภาพที่เกิดการซ้อนทับ..... 32

5.1.1 การตัดแบ่งของภาพพยัญชนะซ้อนทับกับสระ..... 32

5.1.2 การตัดแบ่งของภาพสระซ้อนทับกับสระ..... 33

5.2 ขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรที่ขาดหายไป..... 34

5.2.1 ขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษร..... 34

5.2.1.1 การต่อเติมเนื้อของภาพพยัญชนะซ้อนทับกับสระ..... 34

5.2.1.2 การต่อเติมเนื้อของภาพสระซ้อนทับกับสระ..... 36

บทที่ 6 ผลการทดลองและปัญหาที่พบ..... 38

6.1 ผลการทดสอบลักษณะการซ้อนทับของตัวอักษรภาษาไทย..... 38

6.2 ผลการทดสอบความถูกต้องของการตัดแยกตัวอักษร..... 39

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 40

7.1 สรุปผลการวิจัย..... 40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 7.2 แนวทางในการพัฒนาต่อไป..... | 41 |
| เอกสารอ้างอิง..... | 42 |
| ภาคผนวก ก..... | 45 |
| ภาคผนวก ข..... | 47 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 57 |




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 แสดงประเภทของตัวอักษรเดี่ยว..... | 7 |
| 4.1 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบประเภทการซ้อนทับ..... | 19 |
| 4.2 แสดงข้อมูลประเภทของภาพระดับส่วนบนและส่วนกลาง (Upper and Center Zone)... | 20 |
| 6.1 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะการซ้อนทับของตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย..... | 38 |
| 6.2 แสดงผลการวิเคราะห์ประเภทของการซ้อนทับของตัวอักษรภาษาไทย..... | 38 |
| 6.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการตัดแบ่งภาพที่เกิดการซ้อนทับ..... | 39 |
| 6.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการตัดแยกภาพอักษรที่เกิดการซ้อนทับ..... | 39 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | แสดงระดับของตัวอักษรภาษาไทย | 6 |
| 2.2 | แสดงลักษณะการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย | 8 |
| 2.3 | แสดงการตัดแบ่งอักษรด้วยวิธี Pixel Projection | 10 |
| 2.4 | แสดงการหาจุดตัดตามวิธีการเปรียบเทียบค่าโปรเจคชั้น | 10 |
| 3.1 | แสดงการตัดแบ่งภาพบรรทัดออกจากภาพประโยค | 13 |
| 3.2 | แสดงการแยกภาพอักษรออกจากภาพประโยค | 13 |
| 3.3 | แสดงการซ้อนกันของจุดเนื้ออักษร | 14 |
| 3.4 | แสดงข้อมูลที่เก็บของแต่ละภาพอักษร | 15 |
| 4.1 | แสดงการซ้อนทับกันระหว่างสระบน | 17 |
| 4.2 | แสดงการเกิดการซ้อนทับกันระหว่างสระบนและสระบน-กลาง | 18 |
| 4.3 | แสดงการเกิดการซ้อนทับกันระหว่างพยัญชนะและสระบน | 18 |
| 4.4 | แสดงการซ้อนทับกันของสระกับสระ | 18 |
| 4.5 | แสดงข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบประเภทการซ้อนทับ | 19 |
| 4.6 | แสดงการซ้อนทับกันของระดับบนและระดับกลาง | 20 |
| 4.7 | แสดงการหาความกว้างของระดับต่างๆของภาพอักษร | 21 |
| 4.8 | แสดงการหาความกว้างของระดับต่างๆของภาพอักษร | 22 |
| 4.9 | แสดงการซ้อนทับกันของพยัญชนะและสระ | 23 |
| 4.10 | แสดงการซ้อนทับกันระหว่างสระ | 23 |
| 4.11 | แสดงการหาเส้นแบ่งระดับบนและระดับกลาง | 23 |
| 4.12 | แสดงลักษณะการซ้อนทับของพยัญชนะและสระ | 24 |
| 4.13 | แสดงจุดที่เกิดการซ้อนทับของพยัญชนะซ้อนทับสระ | 25 |
| 4.14 | แสดงโครงสร้างจุดตัดของการซ้อนทับกันของพยัญชนะกับสระ | 25 |
| 4.15 | แสดงจุดที่เกิดการซ้อนทับกันของสระกับสระ | 25 |
| 4.16 | แสดงโครงสร้างจุดตัดของการซ้อนทับกันของสระกับสระ | 26 |
| 4.17 | แสดงแนวที่ใช้ในการกวาดหาจุดตัด | 27 |
| 4.18 | แสดงการหาแนวขอบขาของพยัญชนะ | 27 |
| 4.19 | แสดงตำแหน่งจุดตัดตามโครงสร้างที่กำหนด | 28 |
| 4.20 | แสดงการหา 2 ค่าที่มากที่สุดของ Horizontal Projection | 29 |
| 4.21 | แสดงค่าเริ่มต้นในการพิจารณาหาจุดตัด | 30 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป(ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.22 ค่าสุดท้ายในการพิจารณาจุดตัด | 30 |
| 4.23 แสดงขั้นตอนการกวาดหาจุดตัด | 31 |
| 5.1 แสดงการตัดแบ่งภาพพยัญชนะและสระ | 32 |
| 5.2 แสดงการตัดแบ่งภาพประเภทสระซ้อนทับกับสระ | 33 |
| 5.3 แสดงการตัดแบ่งภาพที่เกิดจุดตัด 2 จุด | 33 |
| 5.4 แสดงลักษณะภาพที่ได้หลังการตัด | 34 |
| 5.5 แสดงการจับคู่จุดที่ใช้ในการต่อเชื่อม | 35 |
| 5.6 แสดงการต่อเติมเนื้ออักษร | 35 |
| 5.7 แสดงการหาจุดอ้างอิงเพื่อคำนวนหาความชัน | 36 |
| 5.8 แสดงการหาความกว้างของหางสระ | 36 |
| 5.9 แสดงการต่อเติมเนื้อหาง | 37 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ขบวนการรู้จำตัวอักษรประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน[21] คือ การจัดการล่วงหน้า (Preprocessing) การรู้จำตัวอักษร (Recognition) และการจัดการหลังการรู้จำ (Postprocessing) โดยที่ผ่านมาเป็นการมุ่งเน้นพัฒนาแนวคิดและวิธีการต่างๆเพื่อให้การรู้จำตัวอักษรมีความถูกต้องมากที่สุด แต่เมื่อทำการศึกษาผลกระทบต่อการรู้จำตัวอักษรในขั้นตอนต่างๆตั้งแต่ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลในการรู้จำจนถึงขั้นตอนการจัดการหลังการรู้จำ ผลกระทบสำคัญที่ส่งผลต่อความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษรเกิดขึ้นในขั้นตอนการจัดการล่วงหน้า เนื่องจากเป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลที่ใช้สำหรับการรู้จำ หากข้อมูลที่จัดเตรียมมีความผิดพลาดก็ส่งผลให้การรู้จำตัวอักษรผิดพลาดได้แม้จะใช้วิธีการรู้จำที่มีประสิทธิภาพก็ตาม ความผิดพลาดของข้อมูลในขั้นตอนการจัดการล่วงหน้ามีหลายลักษณะได้แก่ การซ้อนทับกันของตัวอักษร การสัมผัสกันของตัวอักษร การขาดของตัวอักษร ความเอียงของเอกสาร เป็นต้น ซึ่งปัญหาต่างๆนี้ส่งผลต่อความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษรมากน้อยแตกต่างกันและแต่ละปัญหามีสาเหตุที่แต่ต่างกัน ดังนั้นจำเป็นต้องมีขบวนการทำงานที่ใช้แก้ไขกับปัญหาโดยเฉพาะก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการรู้จำ โดยหน้าที่ของขั้นตอนการการจัดการล่วงหน้าที่แก้ไขปัญหาที่ส่งผลต่อการรู้จำแล้วยังมีหน้าที่วิเคราะห์หน้าเอกสารและระบุส่วนต่างๆของหน้าเอกสารและแยกภาพหน้าเอกสารออกเป็นแต่ละบรรทัดแล้วทำการแยกต่อจนได้ลำดับของภาพตัวอักษรซึ่งเรียกว่าขั้นตอนการแยกภาพตัวอักษร (Segmentation) รวมถึงจัดเตรียมข้อมูลที่จำเป็นต่อขั้นตอนการรู้จำตัวอักษรอีกด้วย

ขั้นตอนการแยกภาพตัวอักษรที่ข้อมูลเป็นภาษาไทยนั้นมีความซับซ้อนมากขึ้น เนื่องจากโครงสร้างภาษาไทยที่มีถึง 4 ระดับ[11][22] ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาสำหรับขั้นตอนการแยกภาพเอกสารให้ได้ภาพอักษรเดี่ยวและทำให้การระบุข้อมูลที่จำเป็นต่อการรู้มีความผิดพลาดได้ โดยโครงสร้างภาษาไทยทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น ตัวอักษรซ้อนทับกัน[5] ตัวอักษรสัมผัสกัน[10] ซึ่งเมื่อทำการแยกภาพตัวอักษรทำให้ได้ภาพที่มีมากกว่าหนึ่งตัวอักษร เมื่อนำภาพที่ได้ผ่านขั้นตอนการรู้จำตัวอักษรส่งผลให้การรู้จำเกิดความผิดพลาด ดังนั้นขั้นตอนการจัดการล่วงหน้าจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีผลต่อเปอร์เซนต์ความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษร

จากการศึกษาถึงลักษณะของปัญหาต่างๆพบว่าปัญหาการสัมผัสกัน[10][17] ปัญหาตัวอักษรขาด[7] ปัญหาเอกสารเอียง[8] มีสาเหตุมาจากขั้นตอนการจัดเตรียมเอกสาร ได้แก่คุณภาพการพิมพ์ การสแกนเอกสารเป็นต้น แต่ปัญหาตัวอักษรซ้อนทับกันเกิดโครงสร้างแบบอักษรที่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดไว้ล่วงหน้า ดังนั้นไม่ว่าจะทำการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ประเภทใดก็เกิดปัญหาตัวอักษรซ้อนทับกันอย่างแน่นอน ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงลักษณะและแนวทางแก้ปัญหาการตัวอักษรซ้อนทับ โดยได้ศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาตัวอักษรสัมผัสกันเป็นแนวทาง พบว่าเมื่อใช้วิธีการแยกตัวอักษรที่ซ้อนทับกันด้วยวิธีการแยกตัวอักษรที่สัมผัสกันพบว่าเกิดปัญหาการหาจุดตัดผิดตำแหน่งโดยภาพที่ได้หลังการตัดแบ่งไม่ได้แก้ไขภาพที่ขาดหายไปบางส่วนเนื้ออักษร เมื่อนำภาพที่ได้ผ่านขั้นตอนการรู้จำตัวอักษรทำให้ผลการรู้จำมีความผิดพลาดสูง

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงสาเหตุการเกิดของปัญหาตัวอักษรซ้อนทับกัน ลักษณะเฉพาะของการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย โดยทำการศึกษาถึงวิธีการแยกภาพที่ติดกันเพื่อใช้หาแนวทางการแยกตัวอักษรที่ซ้อนทับกันและขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรที่ขาดหายไปจากการซ้อนทับกันเพื่อให้ได้ภาพอักษรที่สมบรูณ์ แล้วทำการทดสอบผลการตัดแบ่งโดยทดสอบการรู้จำตัวอักษรกับโปรแกรม ArnThai 1.0 และ ThaiOCR1.5

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาถึงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการจัดการล่วงหน้า ที่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษร เช่น ปัญหาตัวอักษรซ้อนทับกัน อักษรสัมผัสกันเป็นต้น
2. ศึกษาถึงสาเหตุของปัญหาตัวอักษรซ้อนทับกัน และข้อแตกต่างกับสาเหตุของปัญหาตัวอักษรสัมผัสกันและปัญหาการขาดกันของตัวอักษรภาษาไทย
3. ศึกษาถึงลักษณะเฉพาะที่เกิดขึ้นจากการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทยที่แตกต่างจากลักษณะของปัญหาการสัมผัสกันของตัวอักษรภาษาไทย ปัญหาการขาดกันของตัวอักษรภาษาไทย
4. ศึกษาถึงวิธีการแก้ปัญหาตัวอักษรสัมผัสกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในแก้ปัญหาการตัดแบ่งตัวอักษรภาษาไทยที่ซ้อนทับกัน รวมถึงหาวิธีการต่อเติมภาพอักษรที่ขาดหายไปหลังการตัดแบ่ง
5. ศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากแนวทางที่ใช้ตัดแบ่งภาพอักษรซ้อนทับกัน รวมถึงข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

## 1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาถึงลักษณะต่างๆของการซ้อนทับกันของตัวพิมพ์อักษรไทยอันเกิดจากรูปแบบอักษร และได้กำหนดขอบเขตของการทำงานโดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของการศึกษาถึงลักษณะการซ้อนทับกันของแบบอักษรไทยและวิธีกการแก้ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรโดยการแยกตัวอักษรที่ซ้อนทับกันและการต่อเติมเนื้ออักษรหลังการตัดแบ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**1.3.1 ขอบเขตของลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ**

1. ตัวอักษรในการศึกษานี้ใช้เฉพาะตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย
2. แบบอักษร (Font) ที่ใช้ในการศึกษาลักษณะการซ้อนทับ ประกอบด้วย 10 แบบอักษร ได้แก่ AngsanaUPC, BrowalliaUPC, CordiaUPC, DilleniaUPC, EucrosiaUPC, FreesiaUPC, IrisUPC, JasmineUPC, KodchiangUPC, LilyUPC
3. การศึกษาลักษณะการซ้อนทับนี้ใช้ขนาดแบบอักษร 18 จุด
4. ประเภท ( Type ) ของอักษรที่ใช้ในการศึกษานี้ประกอบด้วย 3 ประเภทได้แก่ ตัวหนา ตัวเอียง ตัวปรกติ

**1.3.2 ขอบเขตของการแก้ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษร**

1. การหาวิธีในการระบุว่าภาพอักษรเป็นภาพที่เกิดการซ้อนทับ ข้อมูลที่ต้องการรู้ตัวอักษรต้องทำการแบ่งให้ได้ภาพตัวอักษร (Block Character) แต่หนึ่งภาพอาจมีมากกว่าหนึ่งตัวอักษรเนื่องจากปัญหาต่างๆ เช่น การซ้อนทับกันของตัวอักษร การสัมผัสกันของตัวอักษร การขาดของตัวอักษรเป็นต้น
2. ศึกษาถึงลักษณะการเกิดการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย และศึกษาถึงลักษณะที่แตกต่างกันของการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทยและการสัมผัสกันของตัวอักษรภาษาไทยเพื่อหาลักษณะที่ใช้แยกประเภทในการแก้ปัญหา
3. รวบรวมลักษณะของการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทยในแต่ละแบบอักษร ขนาด และ ประเภทของอักษรได้ทั้งหมด 71 แบบเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา
4. การหาแนวทางในการหาจุดตัดและวิธีการแยกภาพตัวอักษรที่ซ้อนทับกันในแต่ละประเภท
5. การหาแนวทางในการต่อเติมเนื้ออักษรที่ขาดหายไปหลังจากการตัดแบ่ง

## 1.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

1.4.1 เครื่องตรวจกวาดภาพ (Scanner) เครื่องตรวจกวาดภาพที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นเครื่องตรวจกวาดชนิดตั้งโต๊ะยี่ห้อ Hewlett Packard รุ่น ScanJet 5p โดยเลือกระดับความละเอียดของการบันทึก (Scanning Resolution) 300 จุดต่อนิ้ว (Dot per Inch) โดยทำการบันทึกภาพในรูปแบบ "Monochrome Bitmap"

1.4.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer) เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลประกอบด้วย

CPU PentiumII ความเร็ว 333 MHz

Memory 64 MB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operating System - Window 98

โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา คือโปรแกรม Microsoft Visual C++ 6.0

## 1.5 โครงสร้างวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆได้ 6 บท ประกอบด้วย

บทที่ 1 เป็นบทนำที่กล่าวถึง

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

ขอบเขตของลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

ขอบเขตของการแก้ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

โครงสร้างวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นในตัวอักษรภาษาไทย เพื่อหาสาเหตุการของปัญหาต่างๆ และกล่าวถึงวิธีการแก้ปัญหาต่างๆที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นวิธีการตัดแบ่งตัวอักษรที่สัมผัสกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหา

ลักษณะของตัวอักษรไทย

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับภาพอักษร

ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย

สาเหตุของปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย

ลักษณะของปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย

วิธีการตัดแบ่งตัวอักษรที่มีอยู่ในปัจจุบัน

บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย มีขั้นตอนต่างๆดังนี้

ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย

ขั้นตอนการแยกภาพตัวอักษร

- ขั้นตอนการแยกภาพบรรทัดออกจากภาพเอกสารด้วยวิธีการทำ Horizontal Projection
- ขั้นตอนการแยกภาพอักษรออกจากภาพบรรทัดโดยวิธีการเปลี่ยนรหัสขอบ

เงื่อนไขของการตรวจสอบภาพที่เกิดการซ้อนทับกัน

บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการแบ่งประเภทการซ้อนทับ ลักษณะโครงสร้างของแต่ละประเภทและโครงสร้างจุดตัดของแต่ละประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์และแบ่งประเภทการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย

- ขั้นตอนการแบ่งประเภทของการซ้อนทับ
  - ภาพอักษรที่อยู่เฉพาะส่วนบน
  - ภาพอักษรที่มีตำแหน่งอยู่ในส่วนบนและส่วนกลาง

ขั้นตอนการวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตการพิจารณา

ขั้นตอนการกำหนดโครงสร้างจุดที่ใช้ในการเปรียบเทียบจุดตัด

ขั้นตอนการหาจุดตัดแบ่งของภาพอักษรที่เกิดการซ้อนทับ

- ขั้นตอนการหาจุดตัดแบ่งของภาพพยัญชนะซ้อนทับกับสระ
- ขั้นตอนการหาจุดตัดแบ่งของภาพสระซ้อนทับกับสระ

บทที่ 5 กล่าวถึงขั้นตอนการตัดแบ่งในแต่ละประเภท และขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรที่ขาดหายไปหลังการตัดแบ่ง

การตัดแบ่งภาพที่เกิดการซ้อนทับ

- การตัดแบ่งของภาพพยัญชนะซ้อนทับกับสระ
- การตัดแบ่งของภาพสระซ้อนทับกับสระ

ขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรที่ขาดหายไป

- ขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษร
  - การต่อเติมเนื้อของภาพพยัญชนะซ้อนทับกับสระ
  - การต่อเติมเนื้อของภาพสระซ้อนทับกับสระ

บทที่ 6 กล่าวถึงผลการทดลองและปัญหาที่พบ

กล่าวถึงผลการทดสอบลักษณะการซ้อนทับของตัวอักษรภาษาไทย

กล่าวถึงผลการทดสอบความถูกต้องของการตัดแยกตัวอักษร

บทที่ 7 กล่าวถึงข้อสรุปของงานวิจัยและแนวทางในการพัฒนาในอนาคต

กล่าวถึงข้อสรุปของงานวิจัยนี้

เสนอแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# การศึกษาสาเหตุและลักษณะของปัญหา

## 2.1 ลักษณะของตัวอักษรไทย

ตัวอักษรภาษาไทยประกอบด้วย 44 พยัญชนะ 19 สระและ 4 วรรณยุกต์ โดยลักษณะของประโยคภาษาไทยมีการเรียงที่ต่างระดับกัน ซึ่งสามารถแบ่งระดับของตัวอักษรออกได้ 3 ระดับ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.1 คือ[11][22][23]

ระดับที่ 1 ระดับบน (UZ)

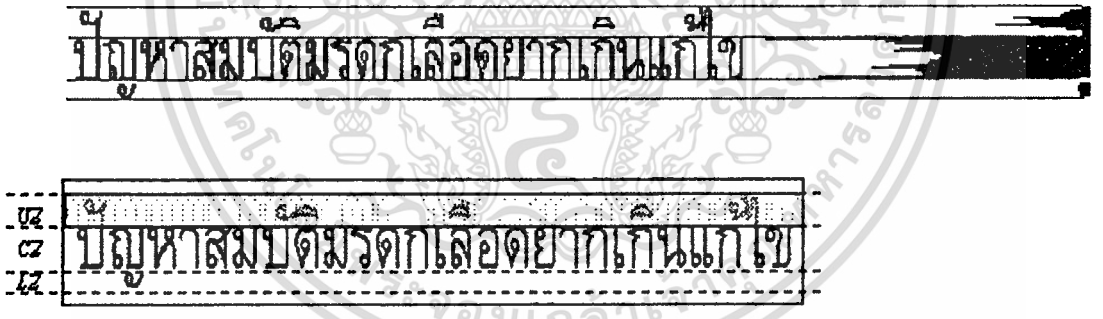
ประกอบด้วย สระระดับบน และวรรณยุกต์

ระดับที่ 2 ระดับกลาง (MZ)

ประกอบด้วย พยัญชนะและสระระดับกลาง

ระดับที่ 3 ระดับล่าง (LZ)

ประกอบด้วย สระระดับล่าง และบางส่วนของพยัญชะ




รูปที่ 2.1 แสดงระดับของตัวอักษรภาษาไทย

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของพยัญชนะ สระและวรรณยุกต์สามารถแบ่งประเภทของตัวอักษรตามลักษณะของตำแหน่งได้ 5 ประเภท ซึ่งขั้นตอนการระบุตำแหน่งของตัวอักษรแต่ละตัวทำได้โดยทำการคำนวนจุดที่เป็นเนื้อตามแนวนอน (Horizontal projection) เพื่อแบ่งระดับของบรรทัด ดังแสดงในรูปที่ 2.1 แล้วใช้ค่าจุดกึ่งกลางของภาพอักษรแต่ละตัว (Center Point) เปรียบเทียบกับค่าระดับของบรรทัดว่าภาพอักษรตัวนั้นๆอยู่ในประเภทใดใน 5 ประเภทซึ่งสามารถแบ่งพยัญชนะ สระและวรรณยุกต์ได้ดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงประเภทของตัวอักษรเดี่ยว

| ประเภท | ระดับ | สมาชิก |
|---|---|---|
| 1 | Upper | ◌ั ◌ิ ◌ี ◌ึ ◌ื ◌ุ ◌ู ◌็ ◌่ ◌้ ◌๊ ◌๋ |
| 2 | Upper + Center | ป ฝ ฟ ไ ใ โ |
| 3 | Center | ก ข ค ฅ ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฐ ฑ ฒ ณ ด ต ถ ท ธ น บ ผ พ ภ ม ย ร ล ว ศ ษ ส ห อ ฮ |
| 4 | Lower + Center | ฎ ฏ ๆ ฎ ฎ |
| 5 | Lower | ◌ฺ ◌ฺ ◌ฺ ◌ฺ |

## 2.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นกับภาพอักษร

ปัญหาของภาพอักษรที่ส่งผลต่อความถูกต้องของการรู้จำ เช่น ปัญหาการสัมผัสกันของภาพอักษร ตัวอักษรซ้อนทับกัน ตัวอักษรขาดกัน การเอียงของเอกสาร ทุกปัญหาเกิดในขั้นตอนการจัดการล่วงหน้า โดยแต่ละปัญหามีผลต่อการรู้จำตัวอักษรที่แตกต่างกัน ซึ่งลักษณะของปัญหาทำให้ภาพตัวอักษรมีโครงสร้างที่เปลี่ยนโดยเปลี่ยนแปลงไปได้ 2 กรณีคือ ปัญหาที่เนื้ออักษรที่เพิ่มหรือเกินจากโครงสร้างปรกติ เช่น ตัวอักษรสัมผัสกัน ตัวอักษรซ้อนทับกัน และปัญหาที่เนื้ออักษรขาดหายไป เช่น ตัวอักษรซ้อนทับกัน ตัวอักษรขาด ปัญหาลักษณะต่างๆมีความจำเป็นต้องแก้ไขโดยการปรับเปลี่ยนโครงสร้างที่ไม่ถูกต้องให้ถูกต้อง ด้วยวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหานั้นๆ

จากการศึกษาลักษณะปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการจัดการล่วงหน้าพบว่าการเกิดปัญหานิดจากขั้นตอนการจัดเตรียมเอกสารดังนี้

1. ปัญหาจากขั้นตอนการจัดเตรียมเอกสารเป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาการสัมผัสกันของภาพอักษร ปัญหาการขาดกันของโครงสร้างของอักษร ในการจัดเตรียมเอกสาร การสแกน (Scan) เป็นขั้นตอนการจัดทำภาพเอกสารที่ใช้ในการรู้จำ ดังนั้นคุณภาพในการสแกนจึงเป็นปัจจัยหลักของคุณภาพของภาพเอกสาร ดั้งนั้นสามารถลดปัญหาได้โดยการสแกนด้วยคุณภาพที่เหมาะสม
2. ปัญหาจากรูปแบบตัวอักษรภาษาไทย เป็นปัญหานี้เกิดจากการกำหนดรูปแบบอักษรของเอกสาร ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทย ซึ่งเมื่อเกิดปัญหานี้แล้วไม่สามารถแก้ไขโดยการเพิ่มคุณภาพของการพิมพ์ คุณภาพของกระดาษ คุณภาพของของเครื่องพิมพ์ หรือการสแกนด้วยคุณภาพที่เหมาะสม ดังนั้นจึงเป็นปัญหาที่สำคัญในการที่มีผลต่อการรู้จำตัวอักษรภาษาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย

การวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงปัญหาของการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทยโดยเริ่มจากการศึกษาสาเหตุการเกิดการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทย ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการซ้อนทับกันของอักษรและแนวทางแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น โดยเริ่มทำการเก็บรวบรวมรูปแบบที่เกิดการซ้อนทับของอักษรภาษาไทย ซึ่งสามารถรวบรวมได้ 71 แบบแล้วตัดเฉพาะส่วนที่เกิดการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทยมาศึกษาถึงลักษณะที่ก่อให้เกิดปัญหาและมีลักษณะของปัญหาที่แตกต่างจากปัญหาอื่นอย่างใด ได้แก่ ปัญหาการสัมผัสกันของตัวอักษรภาษาไทย การขาดกันของตัวอักษร เป็นต้น เมื่อทราบถึงความแตกต่างของปัญหาจึงใช้ข้อมูลนี้เป็นเงื่อนไขในการเลือกภาพที่เกิดปัญหาการซ้อนทับและใช้เป็นข้อมูลในการหาวิธีการตัดแบ่งตัวอักษรที่เกิดการซ้อนทับ

### 2.3.1 สาเหตุของปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย

การศึกษาปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทยพบว่าสาเหตุเกิดจากการกำหนดรูปแบบโครงสร้างของแบบอักษร(Font) ด้วยเหตุผลต่างๆ เช่น เพื่อความสวยงาม เป็นต้น ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 2.2 โดยแต่ละแบบอักษร (Font) จะมีลักษณะการเกิดการซ้อนทับที่แตกต่างกันไป ซึ่งแตกต่างจากสาเหตุของการสัมผัสกันของอักษรภาษาไทยและการขาดกันของตัวอักษรที่เกิดจากคุณภาพการพิมพ์เช่นการใช้เครื่องพิมพ์แบบอิงค์เจ็ทซึ่งทำให้เกิดการสัมผัสกันมากกว่าการใช้เครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์ ดังนั้นเราสามารถลดปัญหาการสัมผัสกันและการขาดกันได้โดยการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ที่มีคุณภาพ

แก้ไขปัญหาคุณสมบัติ

รูปที่ 2.2 ลักษณะการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย

### 2.3.2 ลักษณะของปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย

จากการศึกษาสามารถบอกถึงลักษณะโดยทั่วไปของการซ้อนทับได้ดังนี้

1. เกิดการซ้อนทับกันระหว่าง 2 ตัวอักษรเท่านั้น
2. เมื่อเกิดการซ้อนทับกันทำให้เนื้ออักษรหายไปบางส่วนเนื่องจากเกิดการซ้อนกันของเนื้ออักษร 2 ตัว
3. จุดตัดแบ่งมีมากกว่าหนึ่งจุดเนื่องจากการซ้อนทับกันจำเป็นต้องแบ่งภาพอักษรออกเป็นหลายส่วนเพื่อให้ได้ภาพที่มีโครงสร้างที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของปัญหาการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทยเมื่อทำการตัดแบ่งด้วยวิธีการแยกภาพอักษรที่มีอยู่ พบว่าเกิดปัญหาการตัดแบ่งภาพอักษรผิดตำแหน่งและภาพที่ได้หลังการตัดมีโครงสร้างของเนื้ออักษรขาดหายไปหรือเกินจากโครงสร้างปรกติแม้จะตัดถูกตำแหน่งก็ตาม เนื่องจากณ. จุดของการซ้อนทับมีลักษณะไม่แตกต่างจากจุดอื่นๆของภาพอักษร สาเหตุของการตัดผิดตำแหน่งเนื่องจากวิธีการที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันใช้เพื่อการตัดแบ่งภาพที่เกิดจากปัญหาการสัมผัสกันของอักษร ลักษณะของการสัมผัสกันเกิดจากการต่อเชื่อมกันของอักษร 2 ตัวขึ้นไป จุดตัดแบ่งหรือจุดสัมผัสมีเพียงจุดเดียวสำหรับการสัมผัสกัน 2 ตัวอักษร จุดสัมผัสมักมีปริมาณของเนื้ออักษรที่น้อยผิดปรกติเมื่อทำการตรวจสอบด้วยวิธีการคำนวนจุดที่เป็นเนื้อตามแนวนอน (Vertical Projection) แม้สามารถตัดถูกตำแหน่งก็ยังเกิดปัญหาโครงสร้างของเนื้ออักษรขาดหายไปจนทำให้โครงสร้างของอักษรไม่สมบรูณ์หรือมีเนื้อเกินขึ้นมา ส่วนสาเหตุของปัญหาเกิดขึ้นจากขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลได้แก่ การพิมพ์ และการสแกน โดยการพิมพ์ที่มีคุณภาพสูงและเลือกชนิดของเครื่องพิมพ์ที่มีคุณภาพ เช่น เครื่องพิมพ์เลเซอร์ รวมไปถึงการเลือกคุณภาพกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์ ส่วนการสแกนหากทำการสแกนด้วยความละเอียดที่ดีพอที่ทำให้ไม่เกิดปัญหา Noise หรือตัวอักษรเล็กเกินไป ซึ่งสามารถลดปริมาณการเกิดปัญหาได้

จากลักษณะของปัญหาและสาเหตุของการเกิดปัญหาที่เกิดต่างกัน จะเห็นได้ว่าปัญหาการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทยเกิดขึ้นเสมอแม้ว่าขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลดีเพียงใด และเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลต่อขบวนการรู้จำตัวอักษร

## 2.4 วิธีการตัดแบ่งตัวอักษรที่มีอยู่ในปัจจุบัน

วิธีการแยกอักษรที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน ส่วนใหญ่เป็นวิธีการแยกตัวอักษรที่สัมผัสกันซึ่งใช้หลักในการแบ่งจากลักษณะการสัมผัส เนื่องจากที่จุดสัมผัสกันจะมีลักษณะของการต่อเชื่อมกันของ 2 ตัวอักษรเมื่อตรวจจำนวนเนื้ออักษรที่ระดับของการสัมผัสจะมีจำนวนเนื้ออักษรที่น้อยมาก ดังนั้นหลักการในการหาจุดสัมผัสที่ใช้อยู่ปัจจุบันจึงพยายามในการหาจุดที่มีจำนวนเนื้ออักษรที่น้อยกว่าระดับอื่นซึ่งจะยกตัวอย่างดังนี้

การแยกภาพอักษรภาษาไทย [4], [10] โดยกำหนดขนาดของตัวอักษรแล้วทำการคำนวนจุดที่เป็นเนื้อ (Pixel projection) ของอักษรตามแนวดิ่ง (Vertical projection) และแนวนอน (Horizontal projection) จากสมการดังต่อไปนี้

$$VerticalPXP(x) = \sum_{y} P(x,y)$$

$$HorizontalPXP(y) = \sum_{x} P(x,y)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทำการแบ่งภาพอักษรตามช่วงเนื้ออักษร (Pixel projection) และแบ่งภาพอักษรที่สัมผัสกันที่จุดที่มีค่า เนื้ออักษร (Pixel projection) ที่น้อยที่สุดดังตัวอย่างภาพที่ 2.3 เมื่อ P (x,y) แสดงค่าของจุด ณ. ตำแหน่ง x และ y [1], [10], [22]

รูปที่ 2.3 ภาพการตัดแบ่งอักษรด้วยวิธี Pixel Projection

การใช้ลักษณะเฉพาะของภาษาไทยโดยการใช้ระดับของภาษาไทยเป็นตัวกำหนดเริ่มต้นในการแบ่งกลุ่มของการสัมผัส โดยแต่ละกลุ่มจะมีขั้นตอนและวิธีการตัดแบ่งที่แตกต่างกัน จากนั้นใช้ Vertical projection และ Horizontal projection เพื่อใช้ในการหาจุดตัด [18]

วิธีการหาจุดตัดโดยใช้ Vertical projection และ Horizontal projection อาจผิดพลาดได้ เนื่องจากสัญญาณรบกวน (Noise) ทำให้ที่แนวจุดสัมผัสมีเนื้ออักษรมากขึ้น ดังนั้นจึงได้พัฒนาแนวความคิดโดยการหาค่าเฉลี่ยของ Projection [4] พัฒนาขึ้นโดย Kahan และ Pavlidis และถูกปรับปรุงเพิ่มเติมโดย Lu ที่ได้ทำการเปรียบเทียบกับค่าข้างเคียงดังสมการดังต่อไปนี้

$$\frac{V(x-1) - 2*V(x) + V(x+1)}{V(x)}$$

เมื่อ V(x), V(x+1) และ V(x-1) คือค่า Vertical Pixel Projection ณ. ตำแหน่ง x, x+1 และ x-1 ตามลำดับ ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 แสดงการหาจุดตัดตามวิธีการเปรียบเทียบค่าโปรเจคชั่น

จากสมการนี้สามารถแปลความได้ว่า ค่าในวงเล็บจะมากก็ต่อเมื่อมีค่า Projection น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับค่า Projection ข้างเคียง ซึ่งถูกต้องตามลักษณะของการสัมผัสกันของตัวอักษรภาษาไทย และถึงแม้จะมีสัญญาณรบกวนก็ยังคงได้จุดที่เกิดการสัมผัสกัน ซึ่งแตกต่างจากการแตกต่างจากการคำนวนโดยตรงด้วย Vertical projection และ Horizontal projection แต่เนื่องจากลักษณะของจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เกิดการซ้อนทับมีเนื้อของตัวอักษรไม่มีความแตกต่างจากเนื้อของตัวอักษรทั่วไปดังนั้นหลักการแบ่งตัวอักษรที่มีอยู่จึงมีความผิดพลาดสูง และหลังจากตัดแบ่งอักษรที่ซ้อนทับกันด้วยวิธีการนี้จะเกิดปัญหาการขาดหายไปของเนื้อของตัวอักษรหรือการมีเนื้อของตัวอักษรเกินขึ้นมา จึงไม่สามารถใช้วิธีการที่กล่าวข้างต้นในการตัดแบ่งตัวอักษรที่ซ้อนทับกันได้ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมต่อการแก้ปัญหาการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทยและหาวิธีการต่อเติมเนื้ออักษรที่ขาดหายไปหลังการตัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย

## 3.1 ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการหาลักษณะการซ้อนทับของตัวอักษรภาษาไทยที่มีโอกาสที่เกิดขึ้นได้ทั้งหมด โดยการทำการพิมพ์ประโยคที่อาจเกิดการซ้อนทับโดยที่โปรแกรม Editor อนุญาติให้พิมพ์ได้ เพื่อทำการหาแบบที่สามารถเกิดการซ้อนทับ และทำการพิมพ์แบบอักษรทั้งหมด 10 แบบ ดังนี้ AngsanaUPC, BrowalliaUPC, CodiaUPC, DilleniaUPC, EucrosiaUPC, FresiaUPC, IrisUPC, JasmineUPC, KodchiangUPC และ LilyUPC โดยกำหนดขนาดให้เท่ากับ 18 Points แล้วทำการศึกษาถึงลักษณะของการซ้อนทับกันในแต่ละแบบอักษรพบว่าแต่ละแบบอักษร (Font) มีลักษณะการซ้อนทับกันของตัวอักษรไม่เหมือนกัน จากนั้นนำแบบที่เกิดการซ้อนทับทั้งหมดมาพิมพ์แล้วนำไปสแกนโดยบันทึกอยู่ในรูปแบบ "Monochrome Bitmap" โดยไฟล์ภาพที่ได้จะใช้เป็นต้นแบบในการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาการซ้อนทับ

## 3.2 ขั้นตอนการแยกภาพตัวอักษร

ในการรู้จำตัวอักษรจะเป็นขั้นตอนที่ต้องทำการรู้จำที่ละตัวอักษร แต่เมื่อภาพข้อมูลเริ่มต้นเป็นภาพของหน้าเอกสาร ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการแบ่งแยกภาพเอกสารให้ได้ภาพของอักษรที่ละตัวตามลำดับ เพื่อนำไปเข้าสู่ขบวนการรู้จำตัวอักษร โดยขั้นตอนการแยกภาพเอกสารจะใช้แนวคิดของการหาค่าจุดเนื้ออักษร (Pixel Projection) และการเปลี่ยนรหัสขอบของภาพอักษร

โดยทั้งสองแนวคิดจะใช้เพื่อประโยชน์ต่างกัน คือ ใช้การหาค่าจุดเนื้ออักษรเพื่อการแบ่งบรรทัดหน้าเอกสารออกเป็นที่ละบรรทัด ส่วนการเปลี่ยนรหัสขอบใช้เพื่อการแยกภาพอักษรแต่ละตัวออกจากบรรทัด สามารถอธิบายวิธีการได้ดังนี้

### 3.2.1 ขั้นตอนการแยกภาพบรรทัดออกจากภาพเอกสารด้วยวิธีการทำ Horizontal Projection

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยนี้เริ่มจากนำภาพข้อมูลหรือภาพเอกสาร ซึ่งจัดเก็บอยู่ในรูปแบบ "Monochrome Bitmap" ที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูลนำมาผ่านขั้นตอนการตัดแบ่งภาพเอกสาร (Segmentation) โดยเริ่มจากการแบ่งแยกภาพเอกสารออกให้ได้ภาพแต่ละบรรทัด โดยใช้วิธีการคำนวนจุดที่เป็นเนื้ออักษร (Pixel projection) ตามแนวนอน (Horizontal projection) จากสมการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$HorizontalPXP(y) = \sum_{x} P(x,y)$$

ค่าจุดเนื้อของอักษรตามแนวนอน (Horizontal Projection) เป็นการนับจำนวนจุดเนื้อของอักษรที่อยู่ในบรรทัดเดียวกัน หรือตามแนวนอน ดังนั้นการหาช่องว่างระหว่างบรรทัดจะทำได้โดยการหาค่าของการคำนวนที่เท่ากับศูนย์ และค่าช่องว่างนั้นต้องมีความกว้างที่เหมาะสม เนื่องจากค่าช่องว่าอาจเป็นช่องว่างของระดับในบรรระทัดเดียวกันก็ได้ ดังนั้นเราสามารถหาค่าของระดับต่างในบรรทัดโดยการใช้จำนวนค่าของ Horizontal Projection เป็นบ่งบอกระดับต่างๆในบรรทัดดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 3.1

รูปที่ 3.1 การตัดแบ่งภาพบรรทัดออกจากภาพประโยค

3.2.2 ขั้นตอนการแยกภาพอักษรออกจากภาพบรรทัดโดยวิธีการเปลี่ยนรหัสขอบ

เมื่อได้ภาพบรรทัดแล้วจะต้องทำการแยกย่อยภาพแต่ละบรรทัดให้ได้ภาพอักษร โดยใช้วิธีการเปลี่ยนรหัสขอบ โดยการเปลี่ยนรหัสขอบมีขั้นตอนดังนี้ การวิ่งหาผิวเนื้ออักษรซึ่งก็คือจุดดำนั้นเองเมื่อพบเนื้ออักษรทำการวิ่งไต่ผิวของอักษรโดยทำการเปลี่ยนรหัสของผิวเพื่อใช้เป็นขอบเขตของการดึงภาพอักษรนั้นๆ แล้วทำการดึงภาพตัวอักษรถัดไปดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 3.2 [5]

รูปที่ 3.2 การแยกภาพอักษรออกจากภาพประโยค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากลักษณะของการดึงภาพอักษรด้วยวิธีการเปลี่ยนรหัสขอบนั้น มีข้อดีคือสามารถแยกภาพอักษรที่มีการเหลื่อมกันอยู่ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 3.3 ซึ่งจะไม่สามารถแยกได้ด้วยวิธีการนับจุดตามแนวดิ่งได้ (Vertical projection) แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาภาพอักษรที่มีเนื้ออักษรเชื่อมต่อกัน เช่น ปัญหาการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทย ปัญหาการสัมผัสกันของตัวอักษร เป็นต้น

รูปที่ 3.3 การซ้อนกันของจุดเนื้ออักษร

ดังนั้นภาพอักษรที่ได้อาจเป็นได้ทั้งภาพที่มีตัวอักษรเพียงหนึ่งตัวหรือมากว่าหนึ่งตัวก็ได้ จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนในการตรวจสอบ และแก้ไขก่อนการเข้าสู่ขบวนการรู้จำตัวอักษร

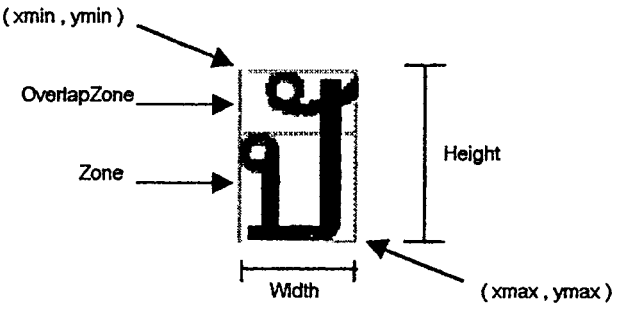
โดยในขั้นตอนต่างๆข้างต้นจะมีการเก็บค่าข้อมูลเฉพาะของภาพอักษรแต่ละตัว เช่น ค่าลำดับที่ของอักษรในบรรทัดนั้น ค่าตำแหน่งของอักษรได้แก่ค่า xmin, xmax, yminและymax ค่าความสูงของภาพอักษร ความกว้างของภาพอักษร ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.4 ซึ่งมีโครงสร้างการเก็บข้อมูลดังนี้[5]

#CharNum <xmin> <ymin> <xmax> <ymax> <width> <height> <Zone> <OverlapZone>

ความหมายของค่าตัวแปร

| | |
|---|---|
| CharNum | ลำดับของภาพอักษร |
| <xmin><ymin> | ตำแหน่งมุมบนขวา |
| <xmax><ymax> | ตำแหน่งมุมล่างซ้าย |
| <width> | ความกว้างของภาพอักษร |
| <height> | ความสูงของภาพอักษร |
| <Zone> | ระดับภาพอักษรหลัก |
| <OverlabZone> | ระดับภาพอักษรส่วนที่สอง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 3.4 ข้อมูลที่เก็บของแต่ละภาพอักษร

## 3.3 เงื่อนไขของการตรวจสอบภาพที่เกิดการซ้อนทับกัน

เมื่อได้ภาพอักษรแล้วต้องทำการตรวจสอบปัญหาต่างๆที่อาจเกิดขึ้นเพื่อนำภาพที่มีปัญหาไปผ่านขบวนการแก้ปัญหาเฉพาะกรณีเพื่อให้ได้ผลของการรู้จำที่ดีขึ้น เช่น ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย ปัญหาการสัมผัสกันของตัวอักษร เป็นต้น ดังนั้นก่อนนำภาพเข้าสู่ขบวนการรู้จำตัวอักษรจำเป็นต้องทำการคัดเลือกว่าภาพอักษรที่ต้องการรู้จำนั้นเป็นภาพที่เกิดการซ้อนทับกันหรือไม่ โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงลักษณะการซ้อนทับของอักษรภาษาไทยและกำหนดเงื่อนไขในการตรวจสอบภาพอักษณะที่ซ้อนทับกันเพื่อทำการคัดเลือกเฉพาะภาพที่เกิดการซ้อนทับกัน จากการศึกษาสามารถบ่งบอกลักษณะเฉพาะของภาพอักษรที่เกิดการซ้อนทับกันออกจากภาพอักษรปรกติได้โดยใช้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

3.3.1 ต้องเป็นภาพที่อยู่ในระดับบน (Upper Zone) และระดับกลาง (Center Zone) และมีค่าความกว้างของตัวอักษรในส่วนของระดับบนมากกว่า 0.5*AW เมื่อ AW คือค่าความกว้างเฉลี่ยของตัวอักษร และมีความกว้างของอักษรในส่วนระดับกลางมากกว่า 0.8*AW โดยค่าความกว้างเฉลี่ย (AW) มีค่าเท่ากับ 0.8 ของความสูงของระดับกลาง (Center Zone)

3.3.2 ต้องเป็นภาพที่อยู่ในระดับบน (Upper Zone) และระดับกลาง (Center Zone)และมีค่าความกว้างของอักษรในส่วนระดับบนต้องมากกว่าความกว้างเฉลี่ยและมีความกว้างของอักษรในส่วนระดับกลางน้อยกว่า (0.8*AW) ซึ่งจะได้ภาพการซ้อนทับประเภทสระซ้อนทับกับสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ต้องเป็นภาพที่อยู่เฉพาะระดับบน (Upper Zone) และมีค่าความกว้างของอักษรต้องมากกว่า 1.2 ของความกว้างเฉลี่ยซึ่งได้ภาพการซ้อนทับประเภทสระซ้อนทับกับสระ

เงื่อนไขทั้ง 3 ข้อเป็นเงื่อนไขที่เลือกภาพที่เกิดการซ้อนทับกันเท่านั้น เมื่อได้ภาพที่เกิดการซ้อนทับกัน ต้องไปผ่านขบวนการแก้ไขปัญหาการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การแบ่งประเภทการซ้อนทับและโครงสร้างจุดตัด

## 4.1 การวิเคราะห์และแบ่งประเภทการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย

เมื่อได้ภาพอักษรที่เกิดการซ้อนทับกัน จากจากขั้นตอนการตรวจสอบการซ้อนทับแล้วต้องนำมาผ่านขั้นตอนทำการแบ่งภาพ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1 ) ตรวจสอบประเภทของการซ้อนทับกันของตัวอักษร

2 ) ทำการแบ่งตามประเภทของอักษรซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การซ้อนทับกันระหว่างพยัญชนะและสระและการซ้อนทับกันระหว่างสระกับสระ

เมื่อแบ่งประเภทแล้วนำมาหาขอบเขตที่ใช้พิจารณาการซ้อนทับ จากนั้นนำเฉพาะส่วนของภาพที่อยู่ในขอบเขตที่ใช้พิจารณามาหาวิธีการกำหนดจุดตัดซึ่งอาจมีได้มากกว่าหนึ่งจุด เพราะการซ้อนทับมีจุดที่เกิดการซ้อนทับมากกว่าหนึ่งจุดเพื่อให้ได้ภาพหลังการตัดแบ่งมีโครงสร้างที่สมบรูณ์มากที่สุด โดยจากการวิจัยได้ทำการแบ่งประเภทของภาพอักษรที่ซ้อนทับกันออกเป็น 2 ประเภทโดยในแต่ละประเภทมีขั้นตอนต่างๆแยกออกจากกันได้แก่ ขั้นตอนจุดตัดแบ่ง ขั้นตอนการตัดแบ่งตัวอักษรและขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรหลังการตัดแบ่ง

### 4.1.1 ขั้นตอนการแบ่งประเภทของการซ้อนทับ

ภาพอักษรที่เกิดการซ้อนทับที่ได้จากการขั้นตอนการตรวจสอบภาพที่เกิดการซ้อนทับ มีลักษณะของการซ้อนทับที่แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการแบ่งกลุ่มของภาพที่เกิดการซ้อนทับเพื่อจำแนกวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งจากการศึกษาสามารถแบ่งประเภทของการซ้อนทับได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

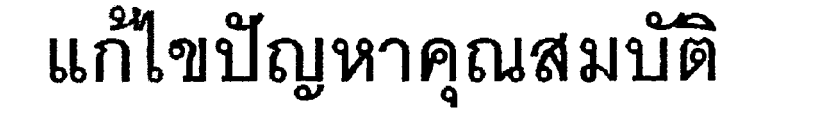
1. การซ้อนทับกันระหว่างสระกับสระ ซึ่งแบ่งย่อยได้อีกเป็นสองประเภทคือ
   1.1 การซ้อนทับกันของสระส่วนบนกับสระส่วนบน (Upper Zone) ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.1

แก้ไขปัญหาคุณสมบัติ

รูปที่ 4.1 ภาพการซ้อนทับกันระหว่างสระบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 การซ้อนทับกันของสระส่วนบน (Upper Zone) กับสระที่อยู่ทั้งส่วนบนและส่วนกลาง (Upper and Center Zone) ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.2




รูปที่ 4.2 ภาพที่เกิดการซ้อนทับกันระหว่างสระบนและสระบน-กลาง

2. การซ้อนทับของพยัญชนะกับสระ โดยพัญชนะที่เกิดการซ้อนทับเป็นประเภทที่อยู่ทั้งส่วนบนและส่วนกลาง (Upper and Center Zone) ได้แก่ ป ฟ ฝ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 ภาพที่เกิดการซ้อนทับกันระหว่างพยัญชนะและสระบน

จากลักษณะของการซ้อนทับของตัวอักษรภาษาไทย ต้องหากำหนดเงื่อนไขในการเลือกภาพอักษรที่ซ้อนทับกันเพื่อให้ได้ภาพในแต่และแบบสำหรับขั้นตอนการตัดแบ่งในแต่ละประเภท

**4.1.1.1 ภาพอักษรที่อยู่เฉพาะส่วนบน ( Upper Zone)**

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลสามารถแบ่งการซ้อนทับกันเองของสระได้เป็น 2 ประเภทดังนี้ ประเภทแรกคือการซ้อนทับกันของสระบนกับสระบน (UpperZone) และประเภทที่สองคือภาพของสระส่วนบน (UpperZone) ซ้อนทับกับสระที่อยู่ในส่วนบน (Upper Zone) และส่วนกลาง (Center Zone) ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 การซ้อนทับกันของสระกับสระ

ในการตรวจสอบภาพการซ้อนทับกันของสระที่อยู่เฉพาะในส่วนบน (Upper Zone) ใช้หลักการตรวจสอบตำแหน่งของภาพและเปรียบเทียบความกว้างของภาพกับความกว้างที่กำหนดโดยมีขั้นตอนการตรวจสอบตามเงื่อนไขนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ภาพที่มีตำแหน่งอยู่เฉพาะส่วนบนเท่านั้น (Upper Zone)

2. ภาพอักษรต้องมีความกว้างมากกว่าค่าความกว้างที่กำหนด ( 1.2*0.8*CH )

ขั้นตอนการตรวจสอบตำแหน่งของภาพว่าอยู่ในระดับบนหรือไม่นั้น มีการเก็บข้อมูลต่างๆของภาพเรียบร้อยแล้วในขั้นตอนของการแบ่งแยกภาพเอกสาร (Segmentation) ซึ่งทำการเก็บข้อมูลระดับของภาพอักษรแต่ละตัว โดยเมื่อต้องการทราบระดับของภาพใดก็ทำการดึงข้อมูลของภาพที่ต้องการเพื่อใช้ทำการตรวจสอบว่ามีตำแหน่งของภาพอยู่ในระดับบนและต้องไม่มีส่งใดส่วนหนึ่งของภาพอยู่ในระดับอื่นๆ (Overlap Zone) สำหรับข้อมูลที่จัดเก็บมีโครงสร้างดังตัวอย่างในรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 ข้อมูลในการตรวจสอบประเภทการซ้อนทับ

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบประเภทการซ้อนทับ

| CharNum | xmin | ymin | xmax | Ymax | width | Height | Zone | Overlapzone |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 183 | 10 | 204 | 23 | 21 | 13 | Upzone | None |

ภาพที่อยู่เฉพาะส่วนบน ( UpperZone) ทำการพิจารณาหาความกว้างของอักษรว่ามีความกว้างเกินกว่าความกว้างที่กำหนดหรือไม่โดยค่าความกว้างที่กำหนดมีค่าตามสมการนี้

$$CharWidth >= (1.2*0.8*CH)$$

โดยค่าของตัวแปลต่างๆมีความหมายดังนี้

CharWidth คือความกว้างของภาพอักษร

CH คือค่าความสูงของส่วนของระดับกลาง (Center Zone)

0.8 * CH คือค่าความกว้างเฉลี่ยของตัวอักษรที่มี 2 ขา

1.2 * 0.8 * CH คือค่าความกว้างที่กำหนด

หากภาพที่มีความกว้างมากกว่าความกว้างที่กำหนดให้ถือว่าเกิดปัญหาการซ้อนทับกันเองของสระระดับบนกับสระระดับบน โดยความกว้างที่กำหนดได้จากการเก็บรวบรวมจากภาพที่ได้ทำการรวบรวม แล้วทำการเปรียบเทียบความกว้างของภาพที่ซ้อนทับกับความกว้างเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.1.1.2 ภาพอักษรที่มีตำแหน่งอยู่ในส่วนบนและส่วนกลาง ( Upper and Center Zone)**

การพิจารณาในหัวข้อนี้เป็นการพิจารณาภาพอักษรที่มีตำแหน่งอยู่ในระดับบนและระดับกลาง จากขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลสามารถแบ่งประเภทได้ 2 ประเภทคือ ประเภทแรกคือการซ้อนทับกันระหว่างพยัญชนะที่อยู่ในระดับบนและระดับกลาง (Upper and Center Zone) กับสระระดับบน (Upper Zone) และประเภทที่สองของการซ้อนทับกันของตัวสระระดับบนกับตัวสระระดับบนและกลาง (Upper-Center Zone) ดังตัวอย่างภาพที่ 4.6 ทั้งสองประเภทมีตำแหน่งของการซ้อนทับอยู่ในระดับบน (Upper Zone) และมีส่วนที่อยู่ในระดับกลาง (Center Zone)

รูปที่ 4.6 ภาพการซ้อนทับกันของระดับบนและระดับกลาง

ดังนั้นในขั้นตอนการตรวจเลือกภาพอักษรที่เกิดการซ้อนทับของประเภทนี้จึงใช้ตำแหน่งของตัวอักษรว่าอยู่ในระดับบน (Upper Zone) และระดับกลาง (Center Zone) หรือไม่และใช้ความกว้างของแต่ระดับเป็นตัวตรวจสอบ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกภาพที่มีตำแหน่งอยู่ในระดับส่วนบนและส่วนกลาง (Upper and Center Zone) การตรวจสอบว่าภาพนั้นอยู่ในระดับบนและระดับกลางหรือไม่นั้นทำโดยการดึงจากคุณสมบัติของภาพอักษรนั้นๆโดยต้องมีโครงสร้างดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อมูลประเภทของภาพระดับส่วนบนและส่วนกลาง (Upper and Center Zone)

| CharNum | Xmin | Ymin | Xmax | Ymax | Width | Height | Zone | OverlapZone |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | 9 | 20 | 51 | 14 | 42 | CenZone | UpZone |

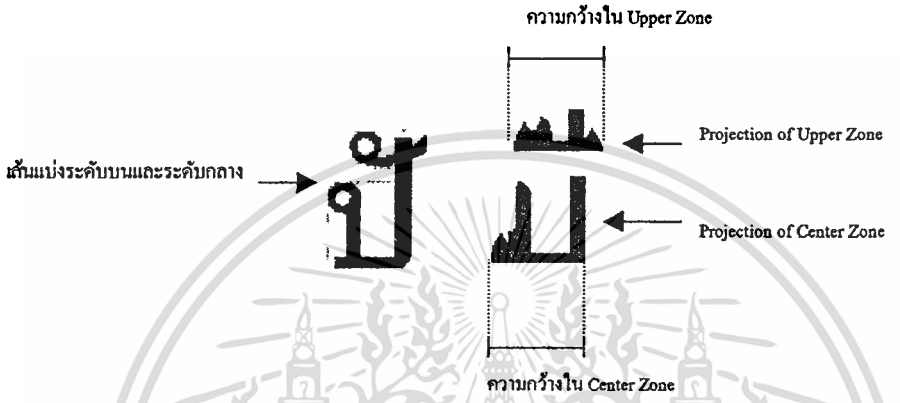
2. ตรวจสอบความกว้างของภาพอักษรทั้งในระดับบน (Upper Zone) และ ระดับกลาง (Center Zone)

ทำการแยกภาพอักษรออกเป็น 2 ส่วน โดยใช้เส้นแบ่งระดับบนและระดับล้างในการตัดแบ่งภาพแล้วนำภาพที่ได้ในแต่ละระดับมาหาความกว้าง โดยทำการคำนวนเนื้ออักษรตามแนวดิ่ง (Vertical Projection) แล้วนับความกว้างของค่า Vertical Projection ในแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละระดับดังตัวอย่างในรูปที่ 4.7 นำความกว้างในแต่ละระดับมาเปรียบเทียบกับเงื่อนไขตามประเภทดังต่อไปนี้

ประเภทที่ 1 ต้องมีความกว้างในระดับบนมากกว่า 0.5*AW โดยที่ค่า AW คือค่าความกว้างเฉลี่ยของตัวอักษรภาษาไทยและความกว้างของระดับกลางต้องมีความกว้างมากกว่า 0.8*AW ดังตัวอย่างภาพที่ 4.7




รูปที่ 4.7 การหาความกว้างของระดับต่างๆของภาพอักษร

ค่าความกว้างตามเงื่อนไขที่ได้จากการทำ Vertical Projection มีค่าตามสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Center Width} > 0.8 * AW$$

$$\text{Upper Width} > 0.5 * AW$$

โดยค่าของตัวแปลต่างๆมีความหมายดังนี้

Center Width คือความกว้างของภาพอักษรในส่วนของระดับกลาง (Center Zone)

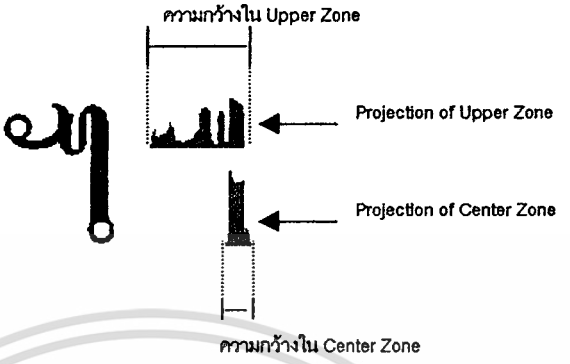
Upper Width คือความกว้างของภาพอักษรในส่วนของระดับบน (Upper Zone)

AW คือค่าความกว้างเฉลี่ยของตัวอักษรภาษาไทยที่มี 2 ขาซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.8*CH

CH คือค่าความสูงของส่วนของระดับกลาง (Center Zone)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 2 ต้องมีความกว้างในระดับบนมากว่า ความกว้างเฉลี่ยและความกว้างในระดับกลางต้องมีค่าน้อยกว่า 0.8ของความกว้างเฉลี่ย ดังตัวอย่างภาพที่ 4.8




รูปที่ 4.8 การหาความกว้างของระดับต่างๆของภาพอักษร

ค่าความกว้างที่ได้จากการทำ Vertical Projection นำมาเปรียบเทียบตามสมการดังต่อไปนี้

$$\text{Center Width} < 0.8 * AW$$

$$\text{Upper Width} > AW$$

เมื่อตรวจสอบภาพที่เกิดการซ้อนทับทั้งสองประเภทจะได้ทำการตัดภาพเฉพาะส่วนที่เกิดการซ้อนทับนั้นคือส่วนของระดับบน (Upper Zone) เพื่อลดขอบเขตของการพิจารณาและให้ได้ผลของการกำหนดจุดตัดถูกต้องยิ่งขึ้น

## 4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์และกำหนดขอบเขตการพิจารณา

เมื่อได้รูปอักษรที่ซ้อนทับต้องมีการกำหนดขอบเขตของส่วนที่เกิดการซ้อนทับ เนื่องจากขั้นตอนการกำหนดจุดตัดแบ่งตัวอักษรที่ซ้อนทับกันเกิดขึ้นเฉพาะส่วนนั้น ดังนั้นในการลดขอบเขตของการพิจารณาทำให้ลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ จากการศึกษาลักษณะของการซ้อนทับของตัวอักษรภาษาไทยทั้ง 2 ประเภทได้แก่ ประเภทแรกคือการซ้อนทับของพยัญชนะกับสระบนจะเกิดขึ้นในส่วนของขาหลังของพยัญชนะดังตัวอย่างภาพที่ 4.9

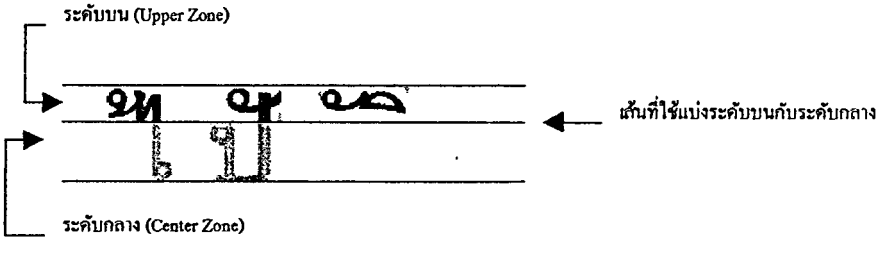
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 การซ้อนทับกันของพยัญชนะและสระ

ส่วนประเภทของการซ้อนทับกันระหว่างสระกับสระก็เกิดขึ้นเฉพาะส่วนของ UpperZone เช่นเดียวกัน ดังภาพที่ 4.10

รูปที่ 4.10 การซ้อนทับกันระหว่างสระ

ดังนั้นการพิจารณาการขอบเขตของการพิจารณาการซ้อนทับกันของทั้ง 2 ประเภทสามารถตัดเฉพาะส่วนของระดับบน (UpperZone) มาพิจารณาเท่านั้น โดยขั้นตอนกำหนดขอบเขตการพิจารณานั้นใช้เส้นแบ่งระดับ มาเป็นเส้นของการตัดแบ่งและนำภาพที่ให้ได้เฉพาะส่วนของ UpperZone ซึ่งเส้นแบ่งระดับนี้ได้จากขั้นตอนการแบ่งภาพเอกสาร (Segmentation) ดังตัวอย่างภาพที่ 4.11




รูปที่ 4.11 การหาเส้นแบ่งระดับบน และระดับกลาง

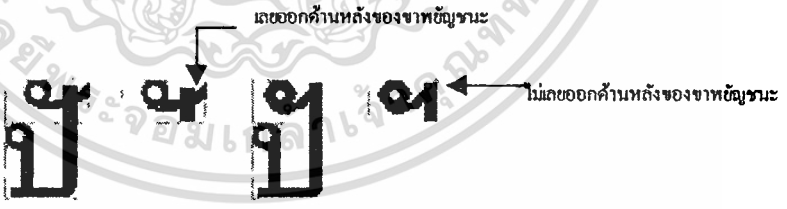
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ขอบเขตของภาพที่ใช้ในการพิจารณาแล้วจะทำการหาจุดตัด ซึ่งขั้นตอนการหาจุดตัดของทั้ง 2 ประเภทมีวิธีการที่ต่างกัน แต่ใช้แนวคิดการหาจุดที่มีโครงสร้างจุดตัดตรงตามที่กำหนด ซึ่งทั้ง 2 ประเภทมีโครงสร้างจุดตัดที่แตกต่างกันไป

## 4.3 ขั้นตอนการกำหนดโครงสร้างจุดที่ใช้ในการเปรียบเทียบจุดตัด

โครงสร้างจุดตัดได้จากการศึกษาถึงลักษณะการซ้อนทับกันของแต่ละประเภท โดยโครงสร้างจุดตัดที่ได้นั้นก็คือโครงสร้าง ณ.จุดที่เกิดการซ้อนทับนั้นเอง แต่ลักษณะการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทยมีด้วยกันหลายลักษณะ ดังนั้นในขั้นตอนการกำหนดโครงสร้างจุดตัดของแต่ละแบบจะต้องทำการศึกษาถึงลักษณะของจุดที่เกิดการซ้อนทับในแต่ละประเภทให้ได้แบบที่ครบคลุมทุกแบบ ขั้นตอนการหาโครงสร้างจุดตัดเริ่มจากการเก็บรวบรวมรูปแบบของการซ้อนทับของแต่ละประเภท แล้วศึกษาถึงโครงสร้างจุดที่เกิดการซ้อนทับในแต่ละประเภท โดยจากการศึกษาสามารถกำหนดโครงสร้างจุดตัดในแต่ละประเภทได้ดังต่อไปนี้

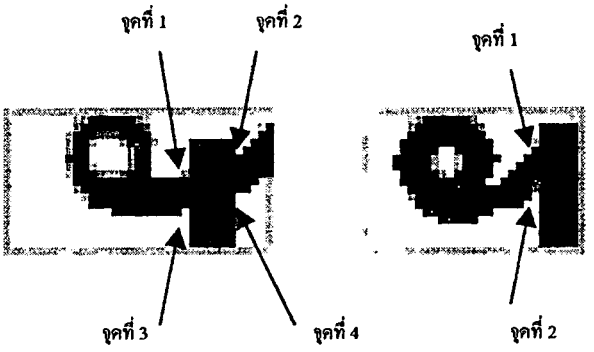
โครงสร้างจุดตัดของภาพประเภทพยัญชนะซ้อนทับสระส่วนบน จากการศึกษาการซ้อนทับในประเภทนี้เกิดขึ้นในส่วนของขาหลังของพยัญชนะ โดยสระบนอาจมีการซ้อนทับได้ 2 ลักษณะ คือ การซ้อนทับโดยหางของสระเลยออกด้านหลังของขาพยัญชนะ และการซ้อนทับโดยหางของสระไม่เลยออกด้านหลังของขาพยัญชนะ ดังตัวอย่างภาพที่ 4.12




รูปที่ 4.12 ลักษณะการซ้อนทับของพยัญชนะและสระ

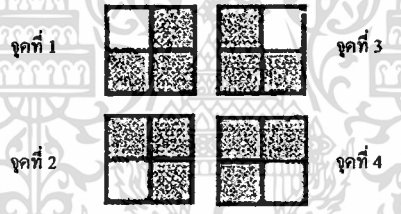
ดังนั้นจุดที่เกิดการซ้อนทับได้แก่จุดมุมทั้ง 4 และกรณีของหางสระไม่เลยออกก็ยังคงมีจุดที่เกิดการซ้อนทับ 2 จุด ดังตัวอย่างภาพที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




รูปที่ 4.13 จุดที่เกิดการซ้อนทับของพยัญชนะซ้อนทับสระ

จากจุดที่เกิดการซ้อนทับของทั้ง 2 แบบ สามารถกำหนดโครงสร้างจุดตัดได้ทั้งหมด 4 จุด ซึ่งในแบบที่เกิดการซ้อนทับโดยหางสระไม่เลยออกมานั้นก็สามารถใช้โครงสร้างทั้ง 4 จุดได้เพียงแต่เมื่อทำการตรวจกวาดหาจุดตัดนั้นจะพบเพียง 2 จุดเท่านั้น สำหรับโครงสร้างของจุดตัดทั้ง 4 มีโครงสร้างตามมุมของการซ้อนทับซึ่งได้กำหนดโครงสร้างตามรูปที่ 4.14



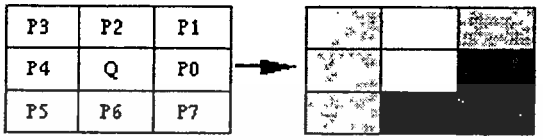

รูปที่ 4.14 โครงสร้างจุดตัดของการซ้อนทับกันของพยัญชนะกับสระ

โครงสร้างของจุดตัดประเภทของการซ้อนทับของสระกับสระ จากการศึกษาการซ้อนทับกันในประเภทนี้พบว่ามีด้วยกันหลายแบบแต่ทุกแบบจุดที่เกิดการซ้อนทับกันเกิดขึ้นบริเวณรอบต่อระหว่างสระทั้งสองตัว ดังตัวอย่างภาพที่ 4.15

รูปที่ 4.15 จุดที่เกิดการซ้อนทับกันของสระกับสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจุดที่เกิดการซ้อนทับกันในประเภทนี้มีเพียงจุดเดียว ดังนั้นจึงนำโครงสร้างของรอยต่อระหว่างสระมาเป็นโครงสร้างต้นแบบในการออกแบบโครงสร้างจุดตัด ซึ่งได้กำหนดโครงสร้างจุดตัดดังรูปที่ 4.16 โดยโครงสร้างจุดตัดประกอบด้วยจุดทั้งหมด 9 จุด ซึ่งจุดกึ่งกลางเป็นจุดที่ทำการพิจารณา โดยจุดที่มีสีดำกำหนดให้เป็นเนื้อของอักษร จุดสีขาวเป็นจุดของช่องว่าง ส่วนจุดสีเทาเป็นจุดที่ไม่ใช้ในการพิจารณา




รูปที่ 4.16 โครงสร้างจุดตัดของการซ้อนทับกับของสระกับสระ

เมื่อกำหนดโครงสร้างของจุดตัดแบ่งในแต่ละประเภทแล้วต้องทำการหาจุดตัดโดยใช้โครงสร้างที่กำหนดมาเปรียบเทียบกับภาพอักษรโดยให้จุดที่มีโครงสร้างตรงตามที่กำหนดเป็นจุดตัดแบ่ง โดยขั้นตอนการเปรียบเทียบจุดโครงสร้างนั้นในแต่ละประเภทมีขั้นตอนที่แตกต่างกัน

## 4.4 ขั้นตอนการหาจุดตัดแบ่งของภาพอักษรที่เกิดการซ้อนทับ

เมื่อได้โครงสร้างจุดตัดในแต่ละประเภทแล้วนำโครงสร้างที่ได้มาหาจุดที่เกิดการซ้อนทับ โดยในแต่ละประเภทมีวิธีการหาที่ต่างกันเนื่องจากลักษณะการซ้อนทับที่แตกต่างกันโดยได้แบ่งการกวาดหาจุดตัดตามโครงสร้างดังนี้

1.การซ้อนทับกันเองของสระ

2.การซ้อนทับของพยัญชนะกับสระ

ในแต่ละประเภทมีขั้นตอนการหาจุดตัดโดยเปรียบเทียบโครงสร้างจุดกับจุดที่ต้องการ แต่แตกต่างกันตรงที่แนวการกวาดหาจุดตัด จากการศึกษาขั้นตอนการกวาดหาจุดตัดของทั้งสองประเภทต้องใช้วิธีการคำนวนจุดเนื้ออักษรตามแนวดิ่ง (Vertical Projection) และแนวนอน (Horizontal Projection) มาใช้กำหนดจุดเริ่มต้นของการกวาดหาจุดตัดและขอบเขตในการกวาดหาจุดตัด

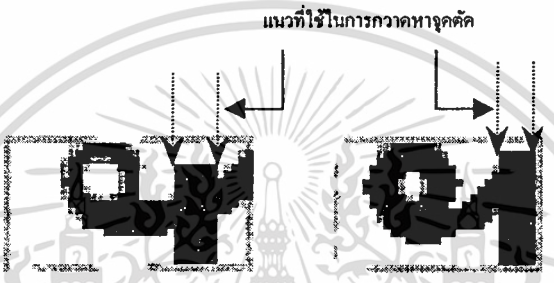
### 4.4.1 ขั้นตอนการหาจุดตัดแบ่งของภาพพยัญชนะซ้อนทับกับสระ

ขั้นตอนการหาจุดตัดของประเภทพยัญชนะและสระมีการกำหนดโครงสร้างจุดตัดของการซ้อนทับในประเภทนี้มีทั้งหมด 4 จุด ซึ่งบางกรณีก็อาจเกิดจุดที่เกิดการซ้อนเพียง 2 จุดขึ้นกับแบบของอักษรดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.17 ขั้นตอนการหาจุดที่เกิดการซ้อนทับโดยนำโครงสร้างจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

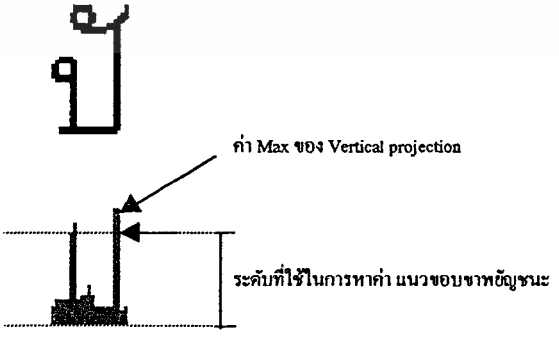
ที่กำหนดทั้ง 4 จุดมากวาดหาจุดที่มีโครงสร้างตรงตามที่กำหนดในขั้นตอนการกวาดหาจุดตัดต้องทำในระดับที่กำหนดและถือว่าจุดนั้นเป็นจุดตัด

จากการศึกษาการซ้อนทับกันของพยัญชนะกับสระระดับบนเกิดการซ้อนทับบริเวณขาของพยัญชนะและเกิดในตำแหน่งระดับบน (Upper Zone) ดังนั้นการพิจารณาหาจุดที่เกิดการซ้อนทับจะทำการตัดเฉพาะส่วนระดับบนมาพิจารณา โดยใช้เส้นแบ่งระดับที่ได้จากขั้นตอนการแบ่งภาพเอกสาร (Segmentation) เมื่อนำภาพเฉพาะระดับบนมาพิจารณาหาแนวที่ใช้ในการกวาดหาจุดตัดจากลักษณะของการซ้อนทับที่เกิดขึ้นจากขาของพยัญชนะจึงใช้แนวระดับของขาพยัญชนะเป็นแนวในการกวาดหาจุดตัดดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 4.17




รูปที่ 4.17 แนวที่ใช้ในการกวาดหาจุดตัด

วิธีการหาแนวของขาพยัญชนะโดยการนำทั้งภาพอักษรมาทำการคำนวนค่าเนื้ออักษรตามแนวดิ่ง (Vertical Projection) แล้วหาค่าที่มากที่สุดของค่า Vertical Projection เพื่อนำค่าที่มากที่สุดมาใช้ในการคำนวนเปรียบเทียบหาค่าแนวของขาพยัญชนะ โดยทำการเปรียบเทียบกับค่า85 เปอร์เซนต์ของค่าที่มากที่สุดมาใช้ในหาค่า Vertical Projection ที่มีค่ามากกว่า โดยเริ่มเปรียบเทียบจากขวาไปซ้ายของตัวอักษรเพื่อให้ได้ค่าขอบขาหลังของพยัญชนะเนื่องจากอาจพบค่าที่มากกว่า 2 ครั้ง ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 4.18




รูปที่ 4.18 การหาแนวขอบขาของพยัญชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าระดับที่ใช้ในการหาขอบขาของพยัญชนะมีค่าเท่ากับ 85 เปอร์เซ็นต์ของค่ามากที่สุดของค่า Vertical Projection (Max-hisx) ดังยังอย่างสมการนี้

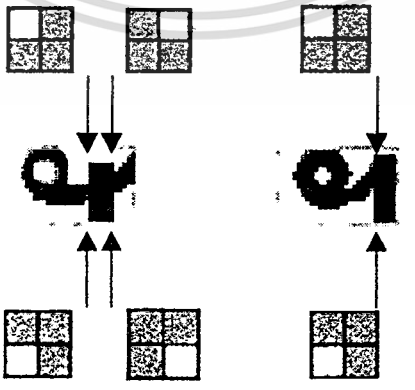
$$\text{ค่าระดับที่ใช้ในการเปรียบเทียบ} = (0.85 * \text{Max-hisx})$$

โดยค่าของตัวแปลต่างๆมีความหมายดังนี้

Max-hisx คือค่ามากสุดของค่า Vertical Projection

0.85 * Max-hisx คือค่าของระดับที่ใช้ในการหาขอบขาของพยัญชนะ

เมื่อได้แนวขอบขาพยัญชนะแล้วนำแบบของโครงสร้างจุดที่กำหนดทั้งหมด 4 แบบมากวาดหาจุดตัดทั้ง 4 ตำแหน่ง โดยทำการกวาดหาตามแนวขอบขาจากบนลงล่างเพื่อหาจุดที่มีตัดที่มีโครงสร้างตรงกับจุดที่ 1 และ จุดที่ 2 และกวาดหาจุดตัดที่มีโครงสร้างตรงกับจุดที่ 3 และจุดที่ 4 ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 4.19 ซึ่งบางกรณีพบจุดตัดเพียง 2 จุดขึ้นกับลักษณะของการซ้อนทับและรูปแบบของอักษรเมื่อได้จุดที่มีโครงสร้างตรงตามที่กำหนดและใช้จุดที่ได้เป็นแนวในการตัดแบ่งภาพและต่อเติมเนื้ออักษรที่ขาดหาย โดยกรณีของแบบอักษรที่ได้จุดตัด 4 จุดให้ใช้แนวขอบขาทั้งสองแนวในการตัดโดยจะได้ขอบขาของพยัญชนะและภาพตัวสระ 2 ส่วน สำหรับกรณีที่ได้จุดตัด 2 จุดจะใช้แนวขอบขาในส่วนด้านซ้ายเป็นแนวในการแบ่งแยกภาพตัวสระ ในขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรจะทำเฉพาะกรณีของแบบอักษรที่พบจุดตัด 4 จุด โดยใช้จุดตัดทั้ง 4 จุดเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่าง 2 ส่วน

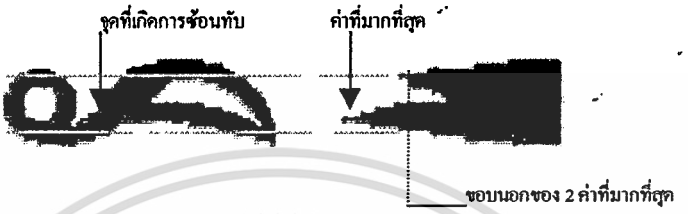


รูปที่ 4.19 ตำแหน่งจุดตัดตามโครงสร้างที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.4.2 ขั้นตอนการหาจุดตัดแบ่งของภาพสระซ้อนทับกับสระ**

การซ้อนทับกันของสระกับสระเกิดขึ้นเฉพาะระดับบน (Upper Zone) ดังนั้นจึงทำการตัดเฉพาะส่วนระดับบน (Upper Zone) ของภาพมาพิจารณาเท่านั้น จากการศึกษาพบว่าการซ้อนทับกันประเภทนี้เกิดขึ้นในขอบเขตของค่าสูงสุด 2 ค่าของค่าเนื้ออักษรตามแนวนอน (Horizontal Projection) ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 4.20

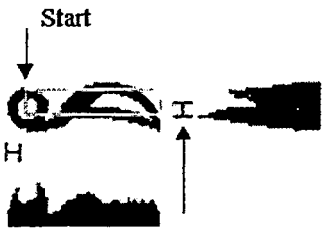



รูปที่ 4.20 การหา 2 ค่าที่มากที่สุดของ Horizontal projection

ขั้นตอนการหาค่าที่มากที่สุด 2 ค่าของเนื้ออักษรตามแนวนอน (Horizontal Projection) เริ่มจากการคำนวนเนื้ออักษรตามแนวนอน (Horizontal Projection) แล้วทำการคำนวนหาค่าที่มากที่สุดของ Horizontal projection (Max-hisy) เพื่อใช้เป็นค่าเปรียบเทียบหาขอบเขตตามแนวนอนหรือแนวของ 2 ค่าที่มากที่สุด ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 4.20 โดยมีขั้นตอนดังนี้ นำค่าที่มากที่สุด(Max-hisy) มาเป็นระดับของการเปรียบเทียบโดยทำการหาค่า 2 ค่าที่มากกว่าค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบ หากไม่พบให้ทำการลดระดับลงมาเลื่อยๆ จนกว่าจะได้ค่า2 ค่าที่มากกว่าหรือแนวที่ใช้เป็นขอบเขตของการพิจารณาหาจุดตัด ดังแสดงตัวอย่างที่แสดงในรูป 4.20

จากการศึกษาพบว่าเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการหาจุดตัดต้องทำการลดขอบเขตของการพิจารณาลงอีกโดยการลดขอบเขตตามแนวดิ่ง โดยทำการหาค่าเนื้ออักษรตามแนวดิ่ง (Vertical Projection) เพื่อใช้ในการหาจุดเริ่มตามแนวดิ่ง ในการลดขอบเขตลงมีขั้นตอนดังนี้ ทำการเปลี่ยนจุดเริ่มต้นที่ใช้พิจารณา โดยเลื่อนไปทางขวาให้มีความกว้างเท่ากับค่าความกว้างระหว่างระดับค่า Horizontal Projection ที่สูงที่สุดกับระดับค่าน้อยที่สุด ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



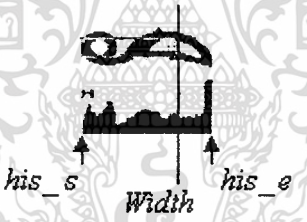

(Max-hisy - Min-hisy)

รูปที่ 4.21 ค่าเริ่มต้นในการพิจารณาหาจุดตัด

Max-hisy คือค่ามากที่สุดของเนื้ออักษรตามแนวนอน (Horizontal projection )

Min-hisy คือค่าน้อยที่สุดที่อยู่ในขอบเขตแนวนอน

เมื่อลดขอบเขตส่วนหน้าแล้วต้องลดขอบเขตลงอีก โดยการเปลี่ยนจุดสุดท้ายตามแนวดิ่งให้มีค่าไม่เกินค่า 1.2 เท่าของค่าความกว้างของภาพอักษรดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 4.22




Width = 1.2 * (his_e - his_s) / 2

รูปที่ 4.22 ค่าสุดท้ายในการพิจารณาจุดตัด

โดยค่าของตัวแปลต่างๆมีความหมายดังนี้

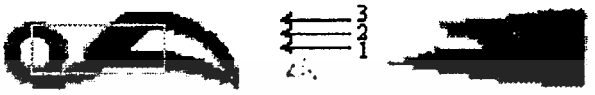
his_s คือ ค่าเริ่มต้นของ Vertical projection

his_e คือ ค่าสุดท้ายของ Vertical projection

(his_e - his_s) คือ ค่าความกว้างของภาพอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการลดขนาดของขอบเขตของการพิจารณาแล้วทำการหาจุดตัดทำการหาจุดตัดโดยการกวาดหาจุดที่มีโครงสร้างจุดตรงกับที่กำหนด โดยระดับเริ่มต้นกวาดจากขวาไปซ้ายในระดับของค่าที่น้อยที่สุดของ Horizontal projection (Min-hisy) ถ้าระดับนี้ไม่พบจุดที่ต้องการให้เลื่อนขึ้นทีละระดับแล้วทำการกวาดหาจากขวาไปซ้ายใหม่จนกว่าจะพบจุดที่ต้องการ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 4.23




รูปที่ 4.23 ขั้นตอนการกวาดหาจุดตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

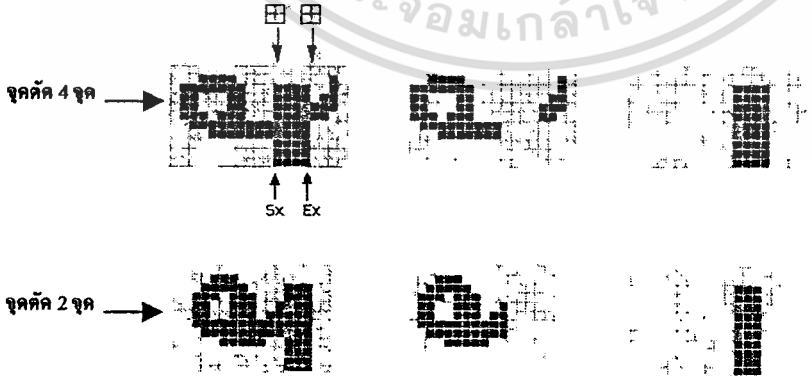
# บทที่ 5
# การตัดแบ่งและต่อเติมเนื้ออักษร

## 5.1 การตัดแบ่งภาพที่เกิดการซ้อนทับ

ขั้นตอนการตัดแบ่งภาพอักษรภาษาไทยที่เกิดการซ้อนทับโดยใช้จุดตัดที่หาได้จากขั้นตอนการกำหนดจุดตัดซึ่งในแต่ละประเภทมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนั้นในขั้นตอนการตัดแบ่งภาพอักษรจึงมีวิธีการที่ต่างกันในแต่ละประเภท เมื่อได้ภาพหลังการตัดในแต่ละประเภทอาจมีโครงสร้างที่มีการขาดหาไปบางส่วนของภาพอักษรหรืออาจเกิดการส่วนเกินขึ้นมา ทั้ง 2 กรณีอาจทำให้การรู้จำตัวอักษรมีความผิดพลาดได้ ดังนั้นต้องนำภาพที่ได้หลังการตัดแบ่งมาผ่านขบวนการต่อเติมเนื้ออักษร ซึ่งขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรได้แบ่งวิธีการตามประเภทของการซ้อนทับ

### 5.1.1 การตัดแบ่งของภาพพยัญชนะซ้อนทับกับสระ

ภาพการซ้อนทับของพยัญชนะกับสระสามารถหาจุดตัดได้ 2 กรณี คือ ได้จุดตัด 2 จุดหรือ 4 จุด จุดตัดที่ได้ของทั้ง 2 กรณีนี้สามารถใช้ในการตัดแบ่งภาพประเภทนี้ได้ทั้ง 2 กรณี ซึ่งจุดตัดที่ได้เป็นจุดที่อยู่ในระดับแนวขอบขาของพยัญชนะ ดังนั้นขั้นตอนการตัดแบ่งภาพจะทำการตัดภาพส่วนขาของพยัญชนะก่อนเป็นอันดับแรกโดยทำการตัดตามแนวจุดตัดจะได้ภาพส่วนของขาของพยัญชนะ กรณีของจุดตัด 4 จุดจะได้ภาพสระถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เนื่องจากมีบางส่วนของเนื้อสระหาไปในขาของพยัญชนะและกรณีของจุดตัด 2 จุดจะได้ภาพสระ 1 ส่วนดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 5.1



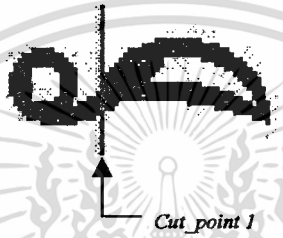

รูปที่ 5.1 การตัดแบ่งภาพพยัญชนะและสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ส่วนของขาพยัญชนะซึ่งเป็นส่วนที่สมบรูณ์ ดังนั้นสามารถนำไปต่อกับส่วนขาของภาพพยัญชนะในระดับกลาง (Center Zone) ได้โดยไม่ต้องมีการตัดต่อภาพอีกต่อไป ส่วนของภาพสระที่ได้ไม่ว่าประเภทที่หาจุดตัดได้ 2 จุดหรือ 4 จุดจะต้องนำไปผ่านขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรและการลดเนื้ออักษรที่เกิน

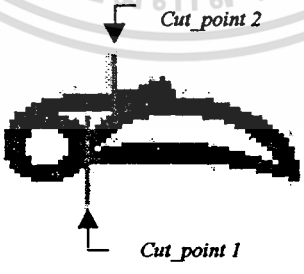
**5.1.2 การตัดแบ่งของภาพสระซ้อนทับกับสระ**

จุดตัดที่ได้ของการซ้อนทับประเภทสระซ้อนทับกับสระจะได้จุดตัดเริ่มต้น 1 จุด ซึ่งขั้นตอนการตัดแบ่งภาพสระออกจากกัน ทำการตัดตามแนวดิ่ง โดยเริ่มตัดจากส่วนล่างของภาพขึ้นบน ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 5.2




รูปที่ 5.2 ภาพการตัดแบ่งภาพประเภทสระซ้อนทับกับสระ

จุดตัดเริ่มต้นนั้นใช้ตัดแบ่งตามแนวดิ่งและต้องตัดผ่านเนื้ออักษรที่ต่อเนื่องกันเท่านั้น แต่ถ้าเกิดมีการตัดผ่านเนื้ออักษร 2 ช่วง จากการศึกษาพบว่าเกิดจากกรณีจากแนวจุดตัดผ่านช่องว่างในเนื้ออักษร ดังนั้นต้องทำการกำหนดจุดตัดเพิ่มขึ้นเพื่อให้การตัดแบ่งภาพมีโครงสร้างสมบรูณ์มากที่สุด โดยในการหาจุดตัดที่ 2 ของภาพอักษรสามารถหาจุดตัดได้จากการเลื่อนจุดไปยังตำแหน่งจุดที่อยู่ในช่องว่างที่อยู่ซ้ายบนสุด เมื่อได้จุดตัดที่ 2 แล้วให้ใช้แนวการตัดในส่วนที่ 2 ร่วมกับแนวของจุดแรกดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 5.3




รูปที่ 5.3 การตัดแบ่งภาพที่เกิดจุดตัด 2 จุด

กรณีการตัดแบ่งภาพในประเภทนี้ภาพที่ได้หลังการตัดแบ่งคือภาพของสระแต่ละตัว ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทของสระบนซ้อนทับกับสระบน (Upper Zone) กรณีนี้ภาพที่ได้เนื้ออักษรเกิดขาดหายไปบางส่วนและมีบางส่วนเกินขึ้นมา จะแก้ไขในขั้นตอนการต่อเติม

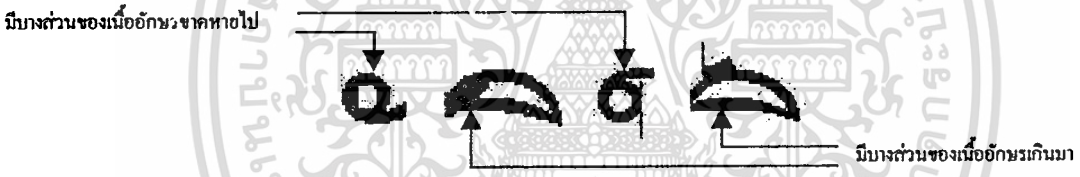
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพอักษร ประเภทที่สอง คือภาพของสระส่วนบนซ้อนทับกับสระส่วนบนและกลาง (Upper and Center Zone) ภาพที่ได้หลังการตัดภาพแรกคือส่วนของสระบนและภาพที่สองคือส่วนบนของสระส่วนบนกลาง ดังนั้นต้องทำการต่อเชื่อมภาพทั้งสองส่วนเข้าด้วยกัน

## 5.2 ขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรที่ขาดหายไป

ภาพที่ได้หลังการตัดมีลักษณะต่างๆดังนี้ การขาดหายไปบางส่วนของเนื้ออักษรเนื่องจากการซ้อนทับโดยมากมักขาดหายไปบริเวณของจุดตัด ภาพสระที่ได้ส่วนหน้าเป็นส่วนของการขาดหายไปบางส่วนของเนื้ออักษร แต่ภาพส่วนหลังเป็นส่วนที่มักเกิดการเกินของเนื้ออักษร กรณีแรกจากการศึกษาพบว่าส่วนที่ขาดหายไปมักเป็นส่วนของหาง ในขั้นตอนของการต่อเติมเนื้อภาพจะใช้จุดตัดที่ได้เป็นตัวคำนวนส่วนหางที่ขาดหายไป

จากลักษณะที่แตกต่างกันของประเภทตัวอักษร จากการวิจัยได้ทำการแยกการปรับปรุงภาพหลังการตัด โดยภาพสระส่วนหน้าเป็นการต่อเติมเนื้อของกัษรที่ขาดหายไป และส่วนหลังเป็นการตัดเนื้อที่เกินจากการซ้อนทับ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 5.4




รูปที่ 5.4 ลักษณะภาพที่ได้หลังการตัด

### 5.2.1 ขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษร

จากการวิจัยทำการแบ่งประเภทของการต่อเติมเนื้อได้ 2 ประเภทตามประเภทของอักษร โดยประเภทของการซ้อนทับกันของพยัญชนะกับสระจะทำการต่อเติมภาพเฉพาะในกรณีที่หาจุดตัดได้ 4 จุดส่วนกรณีหาจุดตัดได้ 2 จุดไม่ทำการต่อเติมเนื้อของอักษรเนื่องจากอาจเป็นภาพปัญหาการสัมผัสกันซึ่งไม่จำเป็นต้องต่อเติมเนื้ออักษร

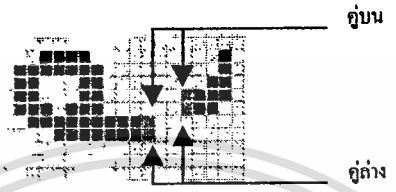
#### 5.2.1.1 การต่อเติมเนื้อของภาพพยัญชนะซ้อนทับกับสระ

จากการวิจัยการต่อเติมเนื้อในประเภทนี้ทำเฉาะภาพที่สามารถหาจุดตัดได้ 4 จุดโดยภาพส่วนหลังไม่ต้องทำการต่อเติมเนื่องจากได้ขาของพยัญชนะที่สมบรูณ์แล้ว แต่ภาพส่วนหน้าที่ได้หลังการตัดเป็นภาพของสระที่ขาดออกจากกัน ดังนั้นขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรจะทำการต่อเชื่อมภาพทั้ง 2 โดยใช้จุดตัดที่ได้ 4 จุดเป็นจุดต่อเชื่อมภาพ มีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การจับคู่จุดตัดเพื่อใช้ในการต่อเชื่อม
2. การคำนวนหาค่าความชันของเนื้อที่ขาดหายไป

ขั้นตอนการจับคู่จุดต่อเชื่อม โดยจุดตัดทั้ง 4 จุด ทำการจับคู่จุดที่อยู่ด้านบนของแต่ละภาพอักษร และจับคู่จุดที่อยู่ด้านล่างของแต่ภาพอักษรดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 5.5

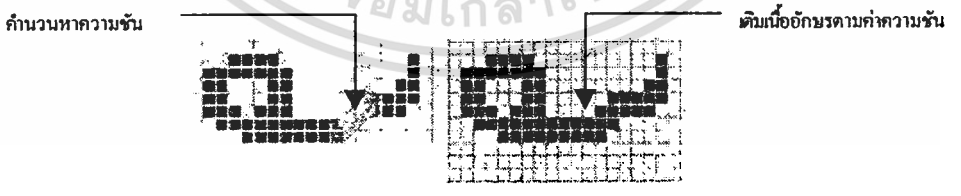



รูปที่ 5.5 การจับคู่จุดที่ใช้ในการต่อเชื่อม

ขั้นตอนการคำนวนหาค่าความชันของเนื้ออักษรโดยใช้คู่จุดบนเป็นคู่ที่ใช้ในการคำนวนหาค่าความชันของเนื้ออักษรดังสมการต่อไปนี้

$$slope = \frac{(y1 - y2)}{(x2 - x1)}$$

เมื่อได้ค่าความชันแล้ว ทำการเติมเนื้ออักษรที่ขาดหายไปตามความชันที่หาได้ โดยเริ่มจากจุดตัดของภาพส่วนหน้าจนถึงจุดตัดของภาพส่วนหลังดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 5.6




รูปที่ 5.6 การต่อเติมเนื้ออักษร

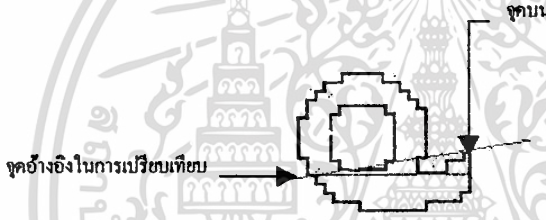
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**5.2.1.2 การต่อเติมเนื้อของภาพสระซ้อนทับกับสระ**

ภาพที่ได้หลังการตัดแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ภาพส่วนหน้าจะเกิดการขาดหายไปของเนื้ออักษร และภาพส่วนหลังเกิดการเกินของเนื้ออักษร ดังนั้นการต่อเติมเนื้อที่ขาดหายไปจะทำเฉพาะภาพส่วนหน้าเท่านั้น โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการต่อเติมภาพได้ดังนี้

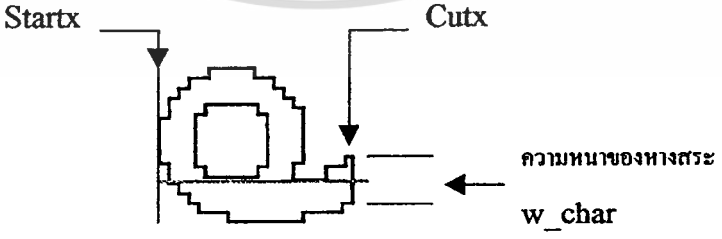
1. การพิจารณาหาความชันของหางที่ขาด
2. การหาความหนาของเนื้อหาง
3. การคำนวนหาความยาวของหางที่ขาด

การพิจารณาหาความชันของหางที่ขาดหายไปนั้น จากการวิจัยสามารถหาได้จากการเปรียบเทียบจุดบนสุดของเนื้อหางสระ กับจุดแรกของระดับที่ผ่านเนื้ออักษรอย่างต่อเนื่องที่ยาวที่สุด ดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 5.7




รูปที่ 5.7 การหาจุดอ้างอิงเพื่อคำนวนหาความชัน

เมื่อได้ทั้ง 2 จุดแล้วทำการคำนวนหาค่าความชันตามสมการข้างต้นจากนั้นทำการหาค่าความหนาของเนื้อหาง จากการศึกษาพบว่าที่จุดตัดแบ่งภาพเป็นจุดของหางสระดังนั้นจึงใช้ค่าความหนาของเนื้ออักษรที่จุดตัดเป็นความหนาของเนื้อหางที่ต้องการต่อเติมดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 5.8




รูปที่ 5.8 การหาความกว้างของหางสระ

ในการคำนวนหาความยางของหางที่ต้องการต่อเติม จากการศึกษาพบว่าความกว้างของภาพหลังการตัดแบ่งที่ทำการพิจารณาต้องมีความกว้างน้อยกว่า 5 เท่าของความกว้างของหางสระและมากกว่า 2 เท่าของความกว้างของหางสระ โดยค่าความกว้างของภาพที่ตัดได้บางส่วนของสระสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาได้ดังสมการดังต่อไปนี้ โดยทำการเปรียบเทียบค่าความกว้างของภาพกับ 5 เท่าของความกว้างของหางสระโดยมีเงื่อนไขดังนี้

$$Char_width = (Cutx - Startx)$$

โดยค่าของตัวแปลต่างๆมีความหมายดังนี้

Char_width คือ ค่าความกว้างของภาพสระบางส่วนของที่ตัดได้

cutx คือแนวแกน x ของจุดตัดแบ่งภาพ

startx คือแนวแกน x เริ่มต้นของภาพสระ

$$(Char_width < 5 * w_char) \&\& (Char_width > 2 * w_char)$$

โดยค่าของตัวแปลต่างๆมีความหมายดังนี้

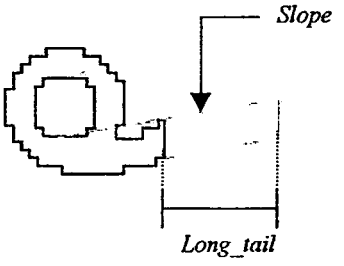
w_char คือ ค่าความหนาของหางสระตามตัวอย่างรูปที่ 5.8

( 5 * w_char ) , ( 2 * w_char ) คือ ค่าความกว้างที่กำหนดใช้ในการเปรียบเทียบหาภาพที่ต้องทการต่อเติม

เมื่อตรงตามเงื่อนไขแล้วทำการคำนวนหาค่าความยาวของหาง จากการศึกษาได้กำหนดความยาวของตัวอักษรโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5 เท่าของความหนาของหางสระ ดังนั้นความยาวของหางที่ต้องต่อเติมมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$Long_tail = (0.8*CH) - Char_width$$

เมื่อได้ความยาวของหางที่ต้องการแล้วต้องคำนวนความชันของหางอักษรเพื่อให้โครงสร้างถูกต้องโดยทำการต่อเติมเนื้ออักษรโดยใช้ค่าความชันของหางและความยาวของหางที่ได้ข้างต้นดังตัวอย่างที่แสดงในรูป 5.9




รูปที่ 5.9 การต่อเติมเนื้อหาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 6

# ผลการทดลอง

ผลการทดสอบโปรแกรมการแยกตัวพิมพ์อักษรไทยที่ซ้อนทับกัน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสแกนรูปภาพเอกสารที่ได้จากวรสาร โดยใช้ความละเอียด 300 จุดต่อนิ้ว โดยเลือกตัดประโยคที่เกิดการซ้อนทับมาทำการทดสอบกับโปรแกรม ทดสอบโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล PentiumII 350 MHz , Memory 64 MB ได้ผลการทดสอบดังหัวข้อต่อไปนี้

## 6.1 ผลการทดสอบลักษณะการซ้อนทับของตัวอักษรภาษาไทย

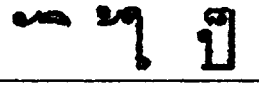
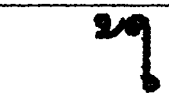
ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบได้จากการนำวารสารต่างๆหลายประเภทมาทำการสแกนให้ได้ภาพเอกสาร ดังนั้นรูปแบบอักษรที่ใช้ทำการทดสอบมีหลายประเภทและขนาดของอักษรของอักษรมีหลายขนาด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงมากที่สุด โดยนำภาพเอกสารทั้งหมดมาตัดเฉพาะส่วนของประโยคที่มีการซ้อนทับเพื่อเป็นข้อมูลในการทดสอบโปรแกรม จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะของการซ้อนทับกันของประโยคภาษาไทย โดยนับจำนวนของอักษรที่เกิดการซ้อนทับกันทั้งหมดเพื่อเปรียบเทียบกับจำนวนอักษรทั้งหมด ดังตารางที่ 6.1 และแบ่งประเภทของการซ้อนทับสามารถสรุปผลได้เป็นกรณีต่างๆ ดังตารางที่ 6.2

ตาราง 6.1 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะการซ้อนทับของตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย

| อักษร | จำนวน | เปอร์เซ็นต์ (%) |
|---|---|---|
| 1. จำนวนอักษรทั้งหมด | 207,038 | 100 |
| 2. จำนวนอักษรที่ซ้อนทับ | 1,205 | 0.582 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6.2 แสดงผลการวิเคราะห์ประเภทของการซ้อนทับของตัวอักษรภาษาไทย

| อักษร | จำนวน | เปอร์เซ็นต์(%) | ตัวอย่าง |
|---|---|---|---|
| จำนวนอักษรที่ซ้อนทับ | 1,205 | 100 |  |
| 1. สระส่วนบนซ้อนทับกับสระส่วนบน | 97 | 8.04 | |
| 2. สระส่วนบนซ้อนทับกับสระส่วนบนและกลาง | 441 | 36.59 |  |
| 3. พยัญชนะซ้อนทับกับสระ | 667 | 55.35 | |

## 6.2 ผลการทดสอบความถูกต้องของการตัดแยกตัวอักษร

จากตัวอักษรที่เกิดการซ้อนทับทั้งหมดจำนวน 1,205 ตัวเมื่อผ่านขั้นตอนการตัดแบ่งของโปรแกรมสามารถวิเคราะห์ตัดแบ่งได้ถูกต้อง 1,087 ตัวอักษร ดังตารางที่ 6.3

ตาราง 6.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการตัดแบ่งภาพที่เกิดการซ้อนทับ

| อักษร | จำนวน | เปอร์เซ็นต์ (%) |
|---|---|---|
| ตัวอักษรที่เกิดการซ้อนทับ | 1,205 | 100 |
| ตัวอักษรที่ตัดแบ่งถูกต้อง | 1,087 | 90.207 |

เมื่อวิเคราะห์ตัวอักษรที่ตัดแบ่งผิดพลาดทั้งหมด 118 ตัว เมื่อทำการเปรียบเทียบความผิดพลาดโดยแบ่งตามประเภทของการซ้อนทับซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6.4

ตาราง 6.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการตัดแยกภาพอักษรที่เกิดการซ้อนทับ

| อักษร | จำนวน | เปอร์เซ็นต์ (%) |
|---|---|---|
| อักษรที่ตัดแบ่งผิดพลาด | 118 | 100 |
| 1. สระส่วนบนซ้อนทับกับสระส่วนบน | 5 | 4.23 |
| 2. สระส่วนบนซ้อนทับกับสระส่วนบนและกลาง | 101 | 85.59 |
| 3. พยัญชนะซ้อนทับกับสระ | 12 | 10.16 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**จากความผิดพลาดในการตัดแบ่งภาพอักษรภาษาไทยที่เกิดการซ้อนทับเมื่อวิเคราะห์สาเหตุของความผิดพลาดได้แก่ ปัญหา Noise ซึ่งทำให้โครงสร้างของอักษรที่เกิดการซ้อนทับเปลี่ยนไป ปัญหาการติดกับมากกว่า 2 ตัวอักษร เป็นต้น**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 7

# สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 7.1 สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบด้วยการทำงานหลายขั้นตอน ซึ่งสามารถสรุปการทำงานในแต่ละขั้นตอนได้ดังนี้

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะของการซ้อนทับของตัวอักษรไทย ในขั้นตอนนี้นำเสนอลักษณะของการซ้อนทับ สาเหตุของการซ้อนทับและขอบเขตของการซ้อนทับ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการแก้ไขปัญหา และนำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ในปัจจุบันซึ่งเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาการสัมผัสกันของอักษรภาษาไทย
2. ขั้นตอนการเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย ในขั้นตอนนี้นำเสนอการแยกภาพตัวอักษรออกจากภาพเอกสาร โดยใช้หลายวิธีการเพื่อให้ได้ภาพอักษรที่เร็วและถูกต้อง เช่น วิธีคำนวนค่าเนื้ออักษรในแนวนอนเพื่อแยกภาพประโยคออกจากภาพเอกสารในแต่ละบรรทัด แล้วทำการแยกภาพอักษรออกจากภาพประโยคด้วยวิธีการเปลี่ยนรหัสขอบ ซึ่งทำการติดตามขอบของอักษร จากนั้นทำการคัดลอกภาพอักษรโดยใช้รหัสขอบที่กำหนดไว้ ดังนั้นวิธีนี้จะแก้ปัญหาการเหลื่อมกัน แต่ไม่สามารถแก้การซ้อนทับกันหรือปัญหาการสัมผัสกัน ในขั้นตอนนี้มีการเก็บข้อมูลที่ใช้จำเป็นต้องใช้ในขั้นตอนการตัดแบ่ง โดยข้อมูลต่างๆนี้ได้จากการเปลี่ยนรหัสขอบ แล้วนำข้อมูลมาใช้ในการคัดเลือกภาพที่เกิดการซ้อนทับโดยใช้ลักษณะโครงสร้างของการซ้อนทับที่ได้จากการวิจัย ทำให้ลดจำนวนภาพที่เข้าสู่ขั้นตอนการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นขั้นตอนการลดจำนวนภาพที่ผ่านเข้าสู่ขั้นตอนการแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้การทำงานเร็วขึ้น
3. ขั้นตอนการแบ่งประเภทการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย ในขั้นตอนนี้นำเสนอวิธีการแบ่งประเภทของภาพที่เกิดการซ้อนทับ โดยพิจารณาแบ่งตามชนิดของตัวอักษรซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ในขั้นตอนนี้มีการนำข้อมูลต่างๆที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมข้อมูลมาใช้และนำวิธีการคำนวนเนื้ออักษรมาช่วยในการวิเคราะห์ด้วย ภาพแต่ละประเภทต้องกำหนดขอบเขตของการแก้ปัญหา โดยในแต่ละประเภทมีวิธีการกำหนดขอบเขตต่างกัน ผลของการแบ่งประเภทและการกำหนดขอบเขตได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ไม่ว่าจะเป็นภาพอักษรแบบใด หรือภาพอักษรขนาดใดก็ตาม และนำเสนอการกำหนดโครงสร้างจุดตัดของแต่ละประเภทเพื่อใช้ในขั้นตอนการกำหนดจุดตัดแบ่ง แต่อาจเกิดข้อผิดพลาดได้จากข้อมูลที่ได้จากข้อมูลในขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้ผลของการคำนวนผิดพลาด หรืออาจเกิดจาก noise ที่มีมากจนทำให้การคำนวณค่าเนื้ออักษรผิดพลาดได้

4. ขั้นตอนการกำหนดโครงสร้างจุดตัดและวิธีการหาจุดตัดแบ่ง ในขั้นตอนนี้นำเสนอแนวทางในการหาโครงสร้างจุดที่ใช้ในการหาจุดตัดแบ่งภาพที่เกิดการซ้อนทับ ในแต่ละประเภทจะมีโครงสร้างจุดตัดที่แตกต่างกัน โดยใช้ลักษณะโครงสร้างของการซ้อนทับในแต่ละประเภทเป็นตัวกำหนดทิศทางการหาจุดตัด และขั้นตอนการแบ่งแยกภาพจากผลการกำหนดจุดตัดแบ่งได้ผลเป็นที่หน้าพอใจ แต่อาจเกิดปัญหาการหาจุดหาตัดแบ่งได้ เช่น ปัญหา noise ซึ่งทำให้โครงสร้างของอักษรเปลี่ยนไป แต่มีการกำหนดขอบเขตของการพิจารณาทำให้จุดตัดที่ได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
5. ขั้นตอนการตัดแบ่งและต่อเติมเนื้ออักษร ในขั้นตอนนี้นำเสนอแนวทางในการตัดแบ่งแยกภาพในแต่และประเภท และขั้นตอนการต่อเติมเนื้อภาพอักษรหลังการตัดแบ่ง ขั้นตอนการตัดแบ่งเริ่มจากการกวาดหาจุดที่มีโครงสร้างตรงกับโครงสร้างจุดตัดที่กำหนดไว้ ซึ่งในแต่ละประเภทมีวิธีการกวาดหาต่างกันขึ้นกับโครงสร้างของแต่ละประเภท และเมื่อได้ภาพหลังการตัดแบ่งต้องผ่านขั้นตอนการต่อเติมเนื้ออักษรเนื่องจากโครงสร้างของภาพมีการขาดหายไปโดยปรกติเป็นส่วนของเนื้อหางอักษร ซึ่งใช้การเปรียบเทียบกับความกว้างเฉลี่ยและความหนาของหางอักษร ผลการตัดแบ่งเป็นที่น่าพอใจแต่อาจเกิดปัญหาได้จากการกำหนดจุดตัดที่ผิดพลาด ซึ่งผลการทดลองได้ค่าเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 6.3

## 7.2 แนวทางในการพัฒนาในอนาคต

งานวิจัยนี้เสนอการแยกตัวพิมพ์อักษรไทยที่ซ้อนทับกัน โดยพบเฉพาะในส่วนของระดับบน(Upper Zone) โดยนำเสนอแนวทางในการคัดเลือกภาพอักษรที่เกิดการซ้อนทับ การแบ่งประเภทการ และการตัดแบ่งภาพตามลำดับ สาเหตุของการตัดแบ่งที่ผิดพลาดส่วนใหญ่เกิดจากปัญหา Noise ซึ่งทำให้โครงสร้างของจุดตัดเปลี่ยนไป ดังนั้นภาพที่พิจารณาควรผ่านขั้นตอนการแก้ปัญหา Noise

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] N. Premchaiswadi, W. Premchaiswadi and S. Narita, "Segmentation of Horizontal and Vertical Touching Thai Characters," IEICE Trans. Fundamental, Vol.E83-A, No.6, June

[2] N. Premchaiswadi, W. Premchaiswadi, P. Limmaneewichid and S. Narita, "Reconstruction of Broken Character Images for Thai Character Recognition Systems," International Conference on Digital Image Computing, Techniques and Applications, DICTA'99, Perth, Australia on December, pp.222-226,1999.

[3] N. Premchaiswadi, W. Premchaiswadi, A. Thammano and S. Narita, "Merged and Broken Printed Thai Characters Segmentation," the 1999 International Conference on Artificial Neural Network In Engineering, St. Loius, USA, on November, pp.893-898,1999.(Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks, Volume 9, ASME PRESS 1999, pp.893-898)

[4] N. Premchaiswadi, W. Premchaiswadi and S. Narita, "Segmentation of Horizontal and Vertical Touching Thai Characters," Proceeding of the 1999 International Technical Conference on Circuit/Systems, Computers and Communications, Sado Island, Nigata, Japan on July 13-15,1999,pp.25-28.

[5] V. Premranatanachai, W. Premchaiswadi and N. Premchaiswadi, "Crossing Thai Characters Segmentation," The 1999 National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC'99), Bangkok, Thailand, December, 1999, pp.240-249.

[6] S. Duangphasuk, W. Premchaiswadi and N. Premchaiswadi, "Document Skew Detection," The 1999 National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC'99), Bangkok, Thailand, December, 1999, pp.146-151.

[7] P. Limmaneewichid, W. Premchaiswadi and N. Premchaiswadi, "Repairing Broken Thai Printed Characters Using Feature Extraction," The 1999 National Computer Science and Engineering Conference (NCSEC'99), Bangkok, Thailand, December, 1999, pp.152-157.

[8] W. Premchaiswadi and N. Premchaiswadi, S. Duangphasuk and S. Narita, "Skew Dectection for Thai Printed Document Images, "Proceeding of The First HAS Symposium on Science and Technology, Chiang Mai, Thailand, October 1999, pp. 52-56.

[9] W. Premchaiswadi and N. Premchaiswadi, V. Premratanachai and S. Narita, "Segmentation Scheme for Crossing Thai Printed Characters, "Proceeding of The First HAS Symposium on Science and Technology, Chiang Mai, Thailand, October 1999, pp. 57-61.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[10] W. Premchaiswadi and N. Premchaiswadi, J. Suksawatchon and S. Narita, "An analysis and Segmentation of Thai Touching Characters, "Proceeding of The First HAS Symposium on Science and Technology, Chiang Mai, Thailand, October 1999, pp. 62-65.

[11] W. Premchaiswadi and N. Premchaiswadi, P. Limmaneewichid and S. Narita, "Connection of Broken Line of Thai Printed Characters, "Proceeding of The First HAS Symposium on Science and Technology, Chiang Mai, Thailand, October 1999, pp. 66-70.

[12] W. Premchaiswadi and N. Premchaiswadi, S. Werawattanakorn and S. Narita, "The Data Structure for Thai Character Recognition, "Proceeding of The First HAS Symposium on Science and Technology, Chiang Mai, Thailand, October 1999, pp. 71-74.

[13] W. Premchaiswadi, et.al, "Thai Character Recognition by Using Specific Characteristics, "EECON-21, 1998, pp.90-93.

[14] N. Premchaiswadi and W. Premchaiswadi, "Visual Preprocessing for Thai OCR",KKU Engineering Journal, Vol.24, No.2, 1997, pp.27-41.

[15] W. Premchaiswadi and N. Premchaiswadi, "Application of Artificial Neural Network for Thai Character Recognition", KKU Engineering Journal, Vol.21, No.1-2, 1994, pp.93-115.

[16] Hiromitsu Nishimura, Hisashi Ikeda and Yasuaki Nakano, "A Segmentation Method for Touching Handwritten Japanese Characters" ,Lecture Notes in Computer Science 1655,Document Analysis Systems Theory and Practice, 1999, pp.130-139.

[17] Masayuki Okamoto, Syougo Sakaguchi and Tadashi Suzuki, "Segmentation of Touching Characters in Formulas", Lecture Notes in Computer Science 1655, Document Analysis Systems Theory and Practice, 1999, pp.151-156.

[18] Wicha Panich, Somchai Jitapunkul and Prasert Choruengwiwat, "Segmentation of Connected Characters Using Distinctive Features of Thai Characters In Thai Characters Recognition System", 20th Electrical Engineering Conference, Bangkok, Thailand, 1997, pp.338-342.

[19] Oivind Due Trier, Anil K. Jain and Torfinn Taxt, "Feature Extraction Methods For Character Recognition", Pattern Recognition, Vol 29,No 4, 1996, pp. 641-662.

[20] Yi Lu, "Machine Printed Character Segmentation", Pattern Recognition, Vol 29, No 4, 1995, pp. 67-80.

[21] Richard G. Casey and Eric Lecolinet, "A Servey of Methods and Strategies in Character Segmentation", IEEE Trancsactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 18, NO. 7, Juny 1996, pp. 690-716.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[22] N. Premchaiswadi, "การตัดแบ่งตัวอักษรไทยที่สัมผัสกัน", KKU Engineering Jounal, Vol.23 No. 2 , Jul-Dec 1996, pp. 1-9.

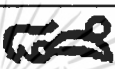
[23] Jiren Wang, Maylor K. H. Leung and Siu Cheung Hui, "Cursive Word Refference Line Detection", Pattern Recognition, Vol. 30, No. 3, 1997, pp.501-511.

[24] Yi Lu and M.Shridhar, "Character Segmentation In Handwritten Word", Pattern Recognition, Vol. 29, No. 1, pp.77-96, 1996.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ก.

**รูปแบบการซ้อนทับของตัวอักษรไทย 71 แบบ**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 10 | 11 | 12 |
| 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 |  19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 |
| 29 | 30 | 31 | 32 |
| 33 | 34 | 35 | 36 |
| 37 | 38 | 39 | 40 |
| 41 | 42 | 43 | 44 |
| 45 | 46 | 47 | 48 |
| 49 | 50 | 51 | |
| 52 | 53 | 54 | |
| 55 | 56 | 57 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| ๅ 58 | ๆ 59 | ็ 60 | |
| ๋ 61 | ์ 62 | ๎ 63 | |
| ป้ 64 | ป็ 65 | ป๊ 66 | ป๋ 67 |
| ป์ 68 | ป 69 | ป๎ 70 | ป๏ 71 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก ข.

## การแยกตัวอักษรไทยที่ซ้อนทับกัน

### Crossing Thai Characters Segmentation

วรวิทย์ เปรมรัตนชัย* วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์* และนุชรี เปรมชัยสวัสดิ์**

*คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ 10520.

E-mail: s1067037@kmitl.ac.th

**ภาควิศวคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40000.

E-mail: nucharee@gear.kku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัญหามีความแตกต่างกันจึงไม่อาจใช้วิธีการแก้ปัญหาเดียวกันได้ หากนำวิธีแก้ปัญหาการสัมผัสกันของตัวอักษรมาใช้กับตัวอักษรซ้อนทับกันทำให้เกิดปัญหาการขาดหายของตัวอักษรหลังการตัดแยก หรือส่งผลให้ได้จุดตัดที่ผิดพลาด ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีวิธีการแยกตัวอักษรที่ซ้อนทับกันโดยเฉพาะ บทความนี้นำเสนอวิธีการที่ใช้ในแยกตัวอักษรภาษาไทยที่ซ้อนทับกันซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้ การหาส่วนที่เกิดการซ้อนทับ การหาจุดซ้อทับเพื่อใช้เป็นจุดตัด การแยกตัวอักษรที่ซ้อนทับกัน การเติมเนื้ออักษรที่ขาดไป ผลสุดท้ายได้ภาพอักษรที่แยกจากกันโดยสมบรูณ์เพื่อนำไปผ่านขั้นตอนการรู้จำตัวอักษร จากการทดลองพบว่าวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถแยกตัวอักษรไทยที่ซ้อนทับกันได้เป็นอย่างดีและทำให้ความถูกต้องของการรู้จำสูงขึ้นเมื่อทดสอบโดยโปรแกรมOCR

Abstract

The problem of crossing character is different from the problem of touching character. Therefore, the algorithm of touching character segmentation can not be applied to crossing character segmentation. To solve the problem, the segmentation scheme for crossing character is required. The paper presents an algorithm for solving this problem. The proposed scheme consists of two steps: finding the crossing point and reconstruction of segmented characters.The reconstruction process could rebuild the segmented characters very close to the original one.The experimental results show that the proposed shceme can segment crossing characters very accurately and correctly.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.บทนำ

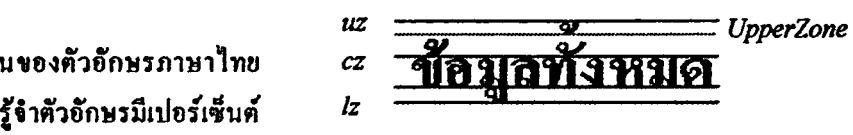
ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทยเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้การรู้จำตัวอักษรมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูง ปัญหาดังกล่าวไม่สามารถแก้โดยใช้วิธีการเดียวกันการแยกตัวอักษรภาษาไทยที่สัมผัสกัน เนื่องจากหลักการที่ใช้ในการหาจุดสัมผัสเพื่อทำการแบ่งแยกตัวอักษรออกจากกันนั้นเมื่อนำมาใช้หาจุดที่เกิดการซ้อนทับกัน จุดตัดที่ได้มีความผิดพลาดสูง หรืออาจเกิดปัญหาหลังจากการตัดตัวอักษรที่ซ้อนทับกัน เช่น การขาดหายไปของเนื้อตัวอักษร เป็นต้น หลักการที่ใช้แยกตัวอักษรภาษาไทยที่สัมผัสกันได้แก่ การใช้โปรเจคชัน [1]เพื่อบ่งบอกจุดต่ำสุดเพื่อเป็นจุดที่ควรตัด หรือ การใช้ฟังก์ชัน peak – to – valley[2] เพื่อหาค่าสูงสุดเป็นจุดที่ควรตัด ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเมื่อนำมาใช้พิจารณาหาจุดที่เกิดการซ้อนทับกันผลของจุดที่ได้มีความผิดพลาดสูง ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาลักษณะของการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทยที่สามารถเกิดขึ้นได้ แล้วนำมาพิจารณาแบ่งประเภทของการซ้อนทับ และพิจารณาหาหลักการแยกตัวอักษรที่ซ้อนทับกัน รวมทั้งหาหลักการเติมเนื้ออักษรที่ขาดหายไปหลังจากการตัดตัวอักษรที่ซ้อนทับกัน

(ก) (ข)

รูปที่ 1 วิธีการหาจุดแบ่งตัวอักษร

2. ลักษณะการซ้อนทับกันของอักษรภาษาไทย

ตัวอักษรไทยในประโยคภาษาไทยสามารถแบ่งแยกตามตำแหน่งที่อยู่ออกได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆด้วยกัน คือ ส่วนบน (Upper Zone) , ส่วนกลาง (Central Zone) และส่วนล่าง (Lower Zone) ดังรูปที่ 2




รูปที่ 2 ระดับชั้นในโครงสร้างภาษาไทย

จากการวิเคราะห์ปัญหาการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย พบว่าเกิดขึ้นในส่วนเฉพาะ Upper Zone ลักษณะการซ้อนทับที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งประเภท ตามชนิดของตัวอักษรที่ซ้อนทับกัน ได้ 3 ประเภทดังนี้

1. การซ้อนทับกันระหว่างสระส่วนบนกับพยัญชนะ ดังตัวอย่าง รูปที่ 3 ( ก ) ( UZ และ CZ )
2. การซ้อนทับกันระหว่างสระส่วนบน ด้วยกันเองดังตัวอย่าง รูปที่ 3 ( ข ) ( UZ และ UZ )
3. การซ้อนทับกันระหว่างสระส่วนบนกับสระที่มีความสูงมากกว่าค่าเฉลี่ย ดังตัวอย่างรูปที่ 3 ( ค ) ( UZ และ UZ )

( ก ) ( ข ) ( ค )

รูปที่ 3 ประเภทการซ้อนทับตัวอักษรภาษาไทย

จากลักษณะการซ้อนทับกันทั้ง 3 ประเภทเป็นลักษณะที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการพิมพ์โดยใช้โปรแกรมจัดทำเอกสารทั่วไป ซึ่งลักษณะของการซ้อนทับเกิดขึ้นจะแตกต่างกันไปตามแบบที่ใช้อักษร เช่น AngsanaUPC และ CordiaUPC เป็นต้น

3. การหาขอบเขตของตัวอักษรและการแยกประเภทของการซ้อนทับกันของตัวอักษรภาษาไทย

จากข้อมูลภาพเริ่มต้นที่ได้จากการ SCAN จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนการหาขอบเขตของตัวอักษรออกเพื่อแยกการพิจารณาที่ละตัวอักษรโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. พิจารณาหาขอบเขตของตัวอักษรที่ซ้อนทับกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แยกประเภทของอักษรที่ซ้อนทับกัน

3.ทำการหาจุดตัดโดยแยกวิธีตามแต่ละประเภทของการซ้อนทับและทำการปรับปรุงภาพที่ได้หลังการตัด

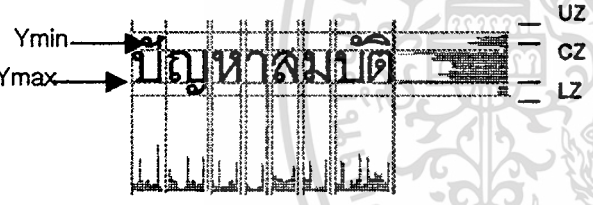
3.1 การหาขอบเขตของตัวอักษรที่ซ้อนทับ

การหาขอบเขตของตัวอักษรที่เกิดการซ้อนทับ เริ่มด้วยการใช้โปรเจคชันเพื่อแบ่งส่วนต่างๆของระดับชั้นตามโครงสร้างภาษาไทยตามรูปที่ 4 และทำการแยกตัวอักษรออกมาที่ละตัวโดยมีขั้นตอนดังนี้

1.หาขอบเขตของพยัญชนะแต่ละตัวจากภาพอักษร โดยใช้โปรเจคชัน ตามแนวแกน X ดังรูปที่ 4 [3]

2.หาเส้นแบ่งระดับของสระบนและพยัญชนะ โดยใช้โปรเจคชันตามแนวแกน Y ดังรูปที่ 4

3.แยกภาพพยัญชนะและสระแต่ละตัวออกจากกันโดยใช้เทคนิคการติดตามขอบวัตถุ




รูปที่ 4 แสดงการใช้โปรเจคชันหาขอบเขตของตัวอักษร

เมื่อแยกตัวอักษรแล้วจึงนำมาพิจารณาว่าควรเป็นส่วนที่เกิดการซ้อนทับกันหรือไม่ และเมื่อได้ภาพตัวอักษรที่ซ้อนทับกันแล้ว ต้องทำการแยกประเภทของการซ้อนทับกัน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

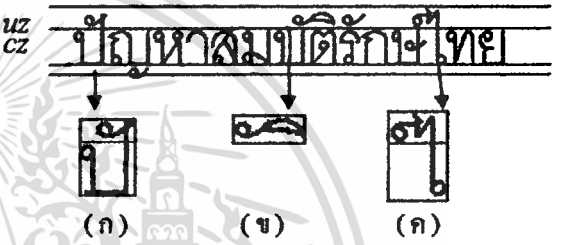
3.2 การแยกประเภทของอักษรที่ซ้อนทับกัน

ตัวอักษรที่ได้จากเทคนิคการติดตามขอบวัตถุ จะถูกนำมาพิจารณาเปรียบเทียบที่ละตัวกับระดับชั้นที่หาได้จากข้อ 3.1 โดยมีขั้นตอนพิจารณาว่าเป็นตัวอักษรที่นำมาพิจารณามีดังนี้

1. เปรียบเทียบค่า Ymin และ Ymax ของตัวอักษรแต่ละตัวกับระดับ UZ ถ้าความสูงของตัวอักษรในระดับ UZ มีค่ามากกว่า 1.5 เท่าของความสูงเฉลี่ยของสระในส่วนบน( H_uz ) ดังแสดงในรูปที่ 5 ( ก ) [4]

2. ตัวอักษรที่อยู่ใน UZ และมีความกว้างมากกว่า 1.45W ดังแสดงในรูปที่ 5 ( ข ) [4]

3. ตัวอักษรที่อยู่ใน CZ และมีความกว้างมากกว่า 1.45W ดังแสดงในรูปที่ 5 ( ค )[4]




รูปที่ 5 ประเภทของการซ้อนทับกันของตัวอักษรไทย

รูปที่ได้จากทั้ง 3 ประเภทเป็นรูปของตัวอักษรซ้อนทับกัน ซึ่งแบ่งตามประเภทของอักษรที่สัมผัสกัน ดังนี้ ประเภท (ก) คือพยัญชนะซ้อนทับกับสระบน ประเภท (ข ) คือสระบนซ้อนทับกันเอง ประเภท (ค ) คือสระบนซ้อนทับกับสระในส่วนกลางที่มีความสูงมากกว่าค่าเฉลี่ย โดยอักษรที่เกิดการซ้อนทับกันได้ทั้งหมดแสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอักษรที่เกิดการซ้อนทับ

| Type | Member |
|---|---|
| พยัญชนะ | ฟ ฝ ป |
| สระบน | ิ ี ึ ื ่ ้ ๊ ๋ ็ ์ |
| สระสูงกว่าค่าเฉลี่ย | ใ ไ โ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิจัยสามารถแบ่งกลุ่มตามลักษณะของการวิเคราะห์ลักษณะการซ้อนทับกันได้เป็น 2 กลุ่มดังนี้

1. กลุ่มของการซ้อนทับกันของพยัญชนะกับสระ ดังแสดงในรูปที่ 5 (ก)
2. กลุ่มของการซ้อนทับกันของสระกับสระ ดังแสดงในรูปที่ 5 (ข) และ 5 (ค)

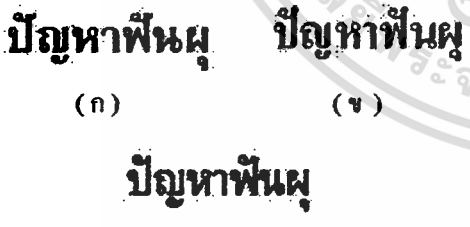
โดยการแบ่งเป็น 2 กลุ่มเนื่องจากลักษณะการซ้อนทับกันมีความแตกต่างกันทำให้จำเป็นต้องแยกการวิเคราะห์หาจุดที่เกิดการซ้อนทับรวมไปถึงวิธีการการเติมเนื้ออักษรที่ขาดหายไป เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับลักษณะของการซ้อนทับ ดังนั้นจึงขอแยกการพิจารณาเป็นลำดับขั้นตามกลุ่มดังนี้

4. การวิเคราะห์ลักษณะการซ้อนทับของพยัญชนะกับ สระ

การหาจุดตัดของการซ้อนทับระหว่างพยัญชนะและสระมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 การแยกสระออกจากพยัญชนะที่เกิดการซ้อนทับกัน

จากการวิจัยลักษณะการซ้อนทับกันของพยัญชนะกับสระบน พบว่าเกิดกับพยัญชนะที่ใช้เนื้อที่ในส่วนกลาง และ ส่วนบน ได้แก่ ฟ ป ฝ ดังรูปที่ 6




(ก) (ข)

(ค)

รูปที่ 6 แสดงการซ้อนทับกันของพยัญชนะกับสระของแบบอักษรต่างๆ ก)AngsanaUPC ข)BrowalliaUPC ค)DilleniaUPC

การซ้อนทับกันของพยัญชนะสระบนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1) การซ้อนทับที่มีส่วนปลายของสระปรากฏอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 6 (ก) (ข)
2) การซ้อนทับที่ส่วนปลายของสระไม่ปรากฏ หมายความว่าส่วนปลายของพยัญชนะทับอยู่บนส่วนปลายของสระ ดังแสดงในรูปที่ 6 (ค)

การแก้ปัญหาอาศัยหลักการพิจารณาลักษณะและตำแหน่งของการซ้อนทับกัน ทำให้ได้ตำแหน่งที่จะแยกพยัญชนะและสระออกจากกัน จากนั้นจะทำการเติมโครงสร้างของสระที่แยกออกมาเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในกระบวนการรู้จำได้

ขั้นตอนของกระบวนการแยกสระและพยัญชนะที่ซ้อนทับกันมีได้ดังนี้

1 นำตัวอักษรที่มีสระบนไปหาลักษณะการซ้อนทับ
2 ลบโครงสร้างของสระที่แยกออกมาเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในกระบวนการรู้จำ

4.1.1 การหาลักษณะการซ้อนทับ

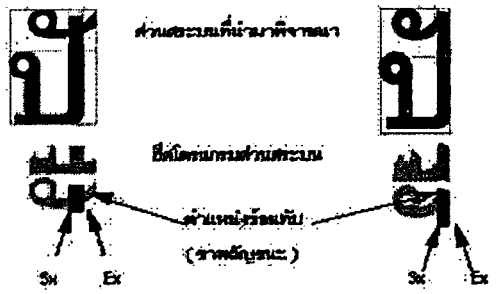
การหาลักษณะการซ้อนทับจะพิจารณาภาพตัวอักษร ในส่วนของสระบน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.หาตำแหน่งและขอบเขตของพยัญชนะโดยใช้โปรเจคชัน ในการพิจารณา
2.หาตำแหน่งการเกิดจุดตัด
3.วิเคราะห์ลักษณะของการทับกันจากจุดตัดที่ได้ในข้อ 2 แล้วลบส่วนเกิน

4.1.2 การหาตำแหน่งและขอบเขตการซ้อนทับ

ขั้นตอนนี้จะพิจารณาโปรเจชันเฉพาะส่วนของสระบนเพื่อหาตำแหน่งและขอบเขตการซ้อนทับ หากพิจารณาถึงลักษณะเด่นของตัวอักษรในภาษาไทย พบว่าตำแหน่งที่ได้จากขั้นตอนนี้คือขาของตัวอักษรนั่นเอง ซึ่งเป็นตัวอักษรประเภทที่มีปลายข้างหนึ่งสูง ได้แก่ ป ฟ และ ฝ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



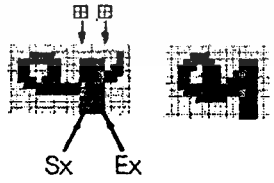
รูปที่ 7 แสดงการใช้โปรเจคชันในการหาตำแหน่งการซ้อนทับ และพิกัดแกน X ของขอบทั้ง 2 ข้างของขาพยัญชนะ

4.1.3 การหาตำแหน่งการเกิดจุดตัด

จุดตัดที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นคู่ ดังนั้นการพิจารณาจะใช้เทมเพลต ทั้งหมด 4 รูปแบบในการพิจารณา ดังรูปที่ 8

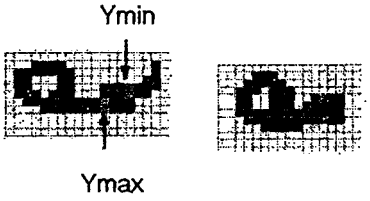
รูปที่ 8 เทมเพลตทั้ง 4 รูปแบบในการพิจารณาหาจุดตัด

การหาจุดตัด ทำโดยการกวาดในทิศแกน Y ตามตำแหน่งขอบขาของพยัญชนะจากบนลงล่าง เพื่อหาจุดที่มีลักษณะตามรูปที่ 8 ถ้าพบจุดที่ตรงกับเทมเพลตก็จะเก็บพิกัด Y ไว้ดังรูปที่ 9




รูปที่ 9 แสดงการกวาดเทมเพลตและจุดตัด (สีเทา)

หลังจากการหาจุดตัดจะได้พิกัด y ที่เป็นตำแหน่งจุดตัด แล้วจะทำการหาจุดต่ำสุดและสูงสุดเพื่อทำการลบส่วนขาพยัญชนะที่ไม่จำเป็นในการพิจารณาออก ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 10




รูปที่ 10 แสดงภาพตัวอักษรหลังการลบส่วนที่ไม่จำเป็นในการพิจารณาออก

4.1.4 วิเคราะห์ลักษณะของการทับกันจากจุดตัดที่ได้ในข้อ 4.1.3 แล้วลบส่วนเกิน

1. จากลักษณะของการซ้อนทับกันพบว่าการเกิดจุดตัดจากการซ้อนทับใน 2 ลักษณะคือ

1.1 การซ้อนทับที่มีส่วนปลายของสระปรากฏอยู่ จะพบจุด ตัด 4 จุดทางขอบทั้ง 2 ด้านของขาพยัญชนะ ดังแสดงในรูปที่ 6 (ก) (ข)

1.2 การซ้อนทับที่ส่วนปลายของพยัญชนะทับส่วนปลายของสระจะพบจุดตัด 2 จุดทางขอบด้านซ้ายของขาพยัญชนะ ดังแสดงในรูปที่ 6 (ค)

2. การลบส่วนเกิน

การลบส่วนที่ซ้อนทับกัน โดยส่วนที่อยู่ระหว่างจุด Sx และ Ex ตามรูปที่ 9 ถือเป็นขาของพยัญชนะ การลบจะพิจารณาจากลักษณะการทับกันในหัวข้อ 4.1.4 ข้อ 1 ดังนั้นการลบจะแบ่งได้เป็น 2 แบบ เช่นกัน

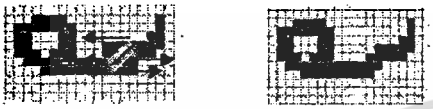
2.1 การลบส่วนเกินสำหรับการซ้อนทับที่มีส่วนปลายของสระปรากฏอยู่

ขอบเขตของส่วนที่เป็นสระจะใช้วิธีการลากเส้นตรงจากจุดที่หนึ่งทางขอบซ้ายมือไปยังจุดที่หนึ่งทางของขวามือ และจากจุดที่สองทางขอบซ้ายมือไปยังจุดที่สองทางขอบขวามือ ดังรูปที่ 11

รูปที่ 11 แสดงเส้นตรงสำหรับขอบเขตของสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับส่วนเกินของสระจะทำการลบจากจุดบนเส้นตรงย้อนกลับ ( ลดค่า x ) และสำหรับขอบด้านล่างจะทำการลบจากจุดเส้นตรงออกไปในทิศออกจากสระ (เพิ่มค่า x ) ซึ่งจำทำให้ได้สระที่ลบส่วนเกินออกไปแล้วดังรูปที่ 12 ในงานวิจัยนี้ใช้การหาจุดบนเส้นตรงโดยใช้อัลกอริทึมของ Bresenham [5]

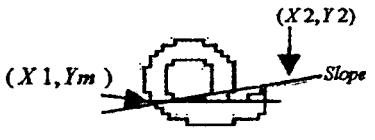


รูปที่ 12 แสดงทิศทางการลบส่วนเกินจากขอบบนและขอบล่างของสระและภาพหลังการลบส่วนเกิน

2.2 การซ้อนทับที่ส่วนปลายของหยัญชนะทับส่วนปลายของสระ

เนื่องจากไม่ทราบจุดของขอบอีกด้านว่าจะเชื่อมไปที่จุดใด และไม่ทราบว่ามีการซ้อนทับกันมากหรือน้อย การลบส่วนเกินจะพิจารณาจากค่าความชันของปลายของสระแล้วทำการลากเส้นที่มีความชันเท่ากับค่าความชันที่คำนวนได้จากรูป ดังนั้น จุดที่เกินเส้นตรงที่ลากนี้จะเป็นส่วนที่ ถูกลบ

2.2.1 การหาความชันของหางที่ขาดการต่อเติมเนื้อหางของสระหลังการแยกสระที่ซ้อนทับกัน ซึ่งต้องทำการหาความชันของหางสระที่ต้องการเติมเนื้อหาง จากการวิจัยพบว่าจุดเปลี่ยนความชันของสระคือส่วนที่มีเนื้อตามแนวแกน Y ที่มากที่สุด เพื่อใช้เป็นระดับอ้างอิงในการหาความชัน ดังแสดงในรูปที่ 13



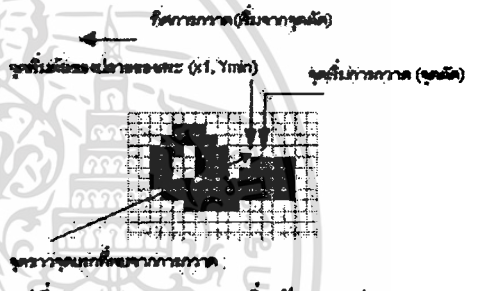

รูปที่ 13 การหาความชันจากจุดอ้างอิง

เมื่อได้ระดับ Ym ซึ่งเป็นตำแหน่งในการอ้างอิงของการหาความชัน ส่วนของพิกัด (X1,Ym) เป็นจุดอ้างอิงแรกในการหาค่าความชัน จุดที่ใช้เปรียบเทียบคือจุดบนสุดของหางที่ถูกตัดดังแสดงในรูปที่ 13 แล้วทำการหาความชันจากจุดสองจุด โดยหาระดับตามใช้สมการดังต่อไปนี้

$$Sloop = \frac{(Ym - Y2)}{(X2 - X1)}$$

2.2.2 การหาจุดปลายของสระและการหาความกว้างของเนื้อสระ

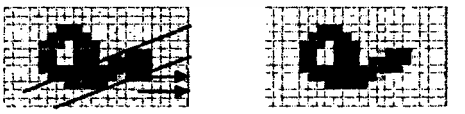
การหาปลายด้านในของสระ โดยการกวาดจากจุดตัดเข้าหาสระ ( ลดค่า x ) หากพบจุดสีขาวจุดแรกแสดงว่าจุดก่อนหน้านี้เป็นจุดเริ่มต้นของปลายของสระ ( x1,Sx1) ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 แสดงการหาจุดเริ่มต้นของปลายของสระ

2.2.3 หาขอบเขตของส่วนล่างของสระและลบส่วน เกิน

โดยทำการลากเส้นตรงจากจุด(X1,Ym)ไปตัดส่วนปลายโดยมีความชันเป็น Slope ที่ได้จาก 2.2.1 โดยส่วนข้อมูลที่เกินจากเส้นที่ลากจะถูกลบออกจากโดยมีทิศทางการลบจากจุดเส้นตรงออกไปในทิศออกจากสระ ( เพิ่มค่า x ) ซึ่งจำทำให้ได้สระที่ลบส่วนเกินออกไปแล้ว ดังรูปที่ 15



รูปที่ 15 การหาขอบเขตสระและการลบส่วนเกิน

5.การวิเคราะห์ลักษณะการซ้อนทับของสระ

ปัญหาการซ้อนทับกันของสระในส่วนบนกับสระในส่วนบนและการซ้อนทับระหว่างสระในส่วนบนกับสระในส่วนกลางที่มีความสูงมากกว่าค่าเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาลักษระการซ้อนกันของสระภาษาไทยที่โปรแกรมจัดทำเอกสารอนุญาตให้พิมพ์ได้ มีด้วยกันหลายแบบ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 16

รูปที่ 16 แสดงการซ้อนทับกันในแบบต่าง

5.1. โครงสร้างจุดตัด

จากการวิจัยสามารถแสดงลักษณะเฉพาะของจุดที่ควรตัด โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 17

รูปที่ 17 โครงสร้างจุดตัด

จากรูปที่ 17 โดยการพิจารณาที่จุด Q จุดที่ล้อมรอบจุด Q สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มดังนี้

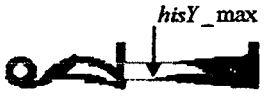
1.1 จุดสีดำ คือ จุดที่แทนเนื้อสระได้แก่จุด P0 , P6 และ P7

1.2 จุดสีขาว คือ จุดที่ไม่เป็นเนื้อสระได้แก่จุด P2 และ Q

1.3 จุดสีเทา คือจุดที่ไม่นำมาพิจารณา ได้แก่จุด P1, P3 , P4 และ P5

5.2 การกำหนดขอบเขตที่ใช้ในการพิจารณาหาจุดตัด

กำหนดได้จากการหาค่าระหว่างจุดสูงสุด 2 ค่าในกราฟโปรเจคชันตามแกน Y ดังแสดงในรูปที่ 18




รูปที่ 18 ขอบเขตที่ใช้ในการพิจารณาหาจุดตัด

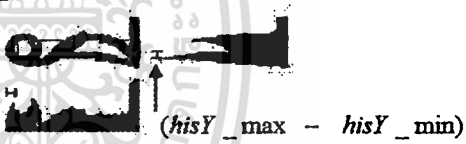
ระดับที่ใช้พิจารณาหาจุดตัดเป็นลำดับแรกคือระดับที่ตรงกับค่าโปรเจคชันที่น้อยที่สุดในขอบเขตที่ใช้ในการพิจารณา และทำการวิ่งหาจุดที่ควรตัดตามทิศทางจาก ขวาไปซ้ายดังแสดงในรูปที่ 19

รูปที่ 19 ระดับ และทิศทางที่ใช้ในการหาจุดตัด

จากขอบเขตที่ได้จำเป็นต้องลดขนาดลงอีกเพื่อเพิ่มความถูกต้อง โดยมีข้อกำหนดที่ใช้ในการหาขอบเขตที่เมหาะสมดังนี้

1. จุดนั้นต้องมีโครงสร้างตามรูปที่ 17

2.จุดนั้นต้องมีระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของกราฟโปรเจคชันตามแกน X ไม่น้อยไปกว่าผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดในขอบเขตที่พิจารณา ดังแสดงในรูปที่ 20

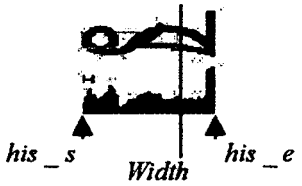



รูปที่ 20 ค่าเริ่มต้นในการพิจารณาหาจุดตัด

3.จุดนั้นต้องมีระยะห่างจากจุดเริ่มต้นของกราฟโปรเจคชันตามแกน X ไม่มากไปกว่า 1.2 เท่าของค่าความกว้างทั้งหมดของกราฟโปรเจคชัน ดังสมการ

$$Width = 1.2 * \frac{(his_e - his_s)}{2}$$

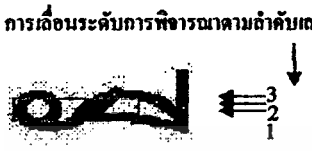
จากสมการจะได้ความกว้างของพื้นที่ที่ใช้เป็นขอบเขตในการพิจารณาหาจุดตัดดังแสดงในรูปที่ 21




รูปที่ 21 ขอบเขตที่ได้เมื่อพิจารณาความกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.หากระดับที่ใช้ไม่พบจุดตัดที่ต้องการ ให้เลื่อนระดับที่ใช้พิจารณาขึ้นที่ละ 1 พิกเซลจนกว่าได้จุดตัดที่ต้องการโดยระดับที่เลื่อนขึ้นจะต้องไม่ให้เกินระดับของขอบเขตที่ใช้พิจารณา ดังรูปที่ 22




รูปที่ 22 ทิศทางการเลื่อนระดับพิจารณา

5.3 การพิจารณาตัดแยกสระที่ซ้อนทับกัน

เมื่อได้ขอบเขตแล้ว ทำการหาจุดที่มีโครงสร้างตามข้อ 5.1จะได้จุดตัด(Cut_point 1)ที่ต้องการ ทำการวิ่งจากล่างขึ้นบนโดยมีหลักพิจารณาลักษณะการตัดแยกสระดังนี้

1. วิ่งจากล่างขึ้นบนเพื่อหาจุดเนื้อสระ ( จุดดำ )ที่ติดกัน
2.ใช้จุด Cut_point1 เป็นจุดตัดเมื่อวิ่งหาเนื้อสระพบเพียงครั้งเดียว ดังแสดงในรูปที่ 23
3.หากพบเนื้อสระมากกว่าหนึ่งครั้งให้หยุดที่จุดที่พบครั้งที่ 2 แล้ววิ่งไปทางขวาจนกว่าจะเจอเนื้อสระจึงหยุดแล้วถือว่าจุดนั้นเป็นจุด ตัดที่ 2 (Cut_point2) ดังแสดงในรูปที่ 23

รูปที่ 23 การตัดแยกสระโดย 2 จุด

4.หากไม่พบจุดตัดแสดงว่าหาจุดที่เหมาะสมไม่ได้ในขอบเขตที่กำหนด ดังนั้นจึงต้องขยายพื้นที่ๆใช้พิจารณาโดยขยายตามแกน Y ขึ้นไปข้างบนโดยใช้ความกว้างเท่าเดิมแล้วทำการหาจุดที่เหมาะสมต่อไป

5.4 การเติมเนื้ออักษรที่ขาดไปหลังการตัด

เนื่องจากการซ้อนทับกันทำให้เนื้ออักษรเกิดการการขาดหาไปหลังการตัด จากการวิจัยพบว่าสระตัวหน้าเมื่อผ่านการตัด ผลภาพที่ได้มีลักษณะขาดเนื้ออักษรบางส่วน ส่วนสระส่วนหลังมีลักษณะของการเกินจากเนื้อสระส่วนหน้าดังแสดงในรูปที่ 24

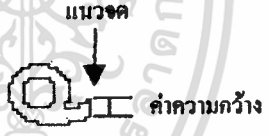
จากลักษณะที่แตกต่างกันของภาพที่ได้ จากการวิจัยได้ทำการแยกการปรับปรุงภาพหลังการตัด โดยสระส่วนหน้าเป็นการเติมเนื้อในส่วนที่ขาดหายไป ส่วนภาพสระส่วนหลังเป็นลักษณะของการตัดเนื้อที่เกินจากการซ้อนทับ ส่วนของสระส่วนหน้าที่ขั้นตอนการทำงานดังนี้

1.การพิจารณาหาความชันของหางที่ขาด

ขั้นตอนการทำงานของส่วนนี้ มีขั้นตอนการทำเหมือนกับข้อ 2.2.1

2.การหาความกว้างของเนื้อสระในส่วนหาง

การหาความกว้างของเนื้อหาง ให้ทำการหาความกว้างของเนื้อสระในแนวแกน Xที่จุดตัด(Cut_point 1) หากมีจุดตัด 2 จุดให้ใช้จุดที่สอง (Cut_point 2) ดังแสดงดังรูปที่ 24



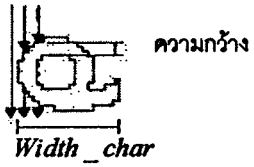

รูปที่ 24 ความกว้างของเนื้อหาง

3.การหาความกว้างของส่วนที่ขาดไป

ต้องพิจารณาหาค่าความกว้างของส่วนที่ขาดไปโดยการเปรียบเทียบกับ 5 เท่าของค่าความกว้างโดยทั่วไปของเนื้ออักษร (Width) ดังนั้นจึงต้องทำการหาความกว้างโดยทั่วไปของเนื้ออักษรซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. วิ่งตามแนวแกน X จาก ซ้ายไปขวาเพื่อหาเนื้ออักษรที่ต่อเนื่องกัน
2. เมื่อวิ่งตามแนวแกน X จนกระทั่งพบเนื้ออักษร 2 ครั้งจึงถือว่าเนื้ออักษรครั้งแรกเป็นค่าความกว้างโดยทั่วไปของเนื้ออักษรดังแสดงในรูปที่ 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

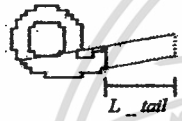



รูปที่ 25 การหาความกว้างโดยทั่วไปของเนื้ออักษร

จากการวิจัยความกว้างที่ได้ค่าส่วนหางที่ขาดหายไปให้มีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$L_tail = (5 * width) - width_char$$

จากสมการจะได้ค่าระยะที่ต้องทำการเติมเนื้อหางที่ขาดหาไปดังแสดงดังรูปที่ 26




รูปที่ 26 ความยาวของส่วนที่ต้องเพิ่มเติม

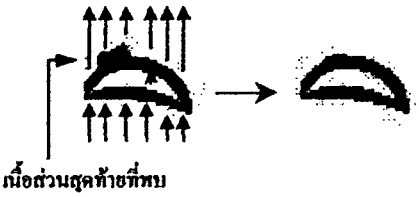
5.5 การลบเนื้อส่วนเกินจากการซ้อนทับหลังการตัด

กรณีนี้เป็นปัญหาของตัวสระส่วนหลังเป็นส่วนใหญ่ซึ่งวิธีแก้ไขเป็นการหาความกว้างของเนื้อสระทั้งแกน X และแกน Y โดยเปรียบเทียบกับความกว้างโดยทั่วไปของเนื้ออักษร ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1.ทำการวิ่งไล่ตามแนวแกน Y จากขวาไปซ้าย เนื่องจากปัญหาการซ้อนทับอยู่ที่ส่วน ซ้าย และการวิ่งไล่ตามแนวแกน X จะต้องวิ่งจากล่างขึ้นบน เพราะการซ้อนทับส่วนมากเกิดขึ้นที่ส่วนบนของสระ

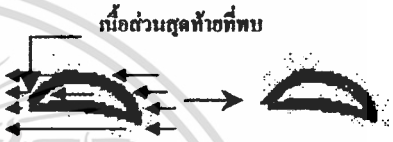
2.หากพบเนื้อของตัวสระมากกว่าหรือเท่ากับสองครั้งจึงพิจารณาว่าความกว้างของเนื้อตัวสระในส่วนที่พบครั้งสุดท้ายมีความกว้างมากกว่า ความกว้างโดยทั่วไปของเนื้ออักษรหรือไม่

3.ถ้ามีความกว้างมากกว่าความกว้างโดยทั่วไปของเนื้ออักษรให้ทำการลบเนื้ออักษรจากจุดที่เกินดังแสดงในรูปที่ 27




รูปที่ 27 การตัดเนื้ออักษรที่ซ้อนทับตามแนวแกน X

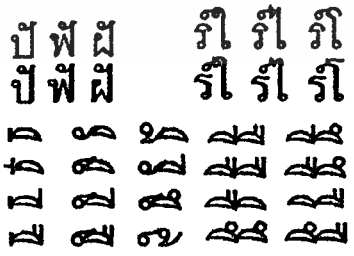
การวิ่งหาจะต้องทำทั้งแกน X และแกน Y เพื่อให้ได้เนื้อที่มีความกว้างที่เหมาะสมทั้งสองแกนดังแสดงในรูปที่ 28




รูปที่ 28 การตัดเนื้ออักษรที่ซ้อนทับตามแนวแกน Y

6. ผลการทดลอง

ทำการทดลองโดยใช้แบบอักษรภาษาไทย (Font) แบบต่างๆ ทำการพิมพ์ชุดข้อมูลที่มีรูปแบบที่เกิดการซ้อนทับของทั้ง 3 ประเภทที่โปรแกรมจัดทำเอกสารอนุญาติให้ทำการพิมพ์ได้ เพื่อให้ได้รูปแบบต่างๆที่เกิดการซ้อนทับซึ่งครอบคลุมทุกรูปแบบที่สามารถเกิดขึ้นได้ในโปรแกรมจัดทำเอกสาร และคัดเลือกข้อมูลที่เกิดการซ้อนทับกันรวมได้ 70 แบบที่ไม่ซ้ำกัน ซึ่งแสดงตัวอย่างข้อมูลที่เกิดการซ้อนทับกันดังรูปที่ 29 เพื่อทำการหาจุดตัดและทดสอบข้อมูลที่ได้กับโปรแกรม OCR



รูปที่ 29 ตัวอย่างรูปแบบการซ้อนทับที่เกิดขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบชุดข้อมูลดังกล่าวทำการสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้ ผลความถูกต้องของจุดตัดที่ได้จากจำนวนแบบอักษรที่เกิดการซ้อนทับ 70 แบบสามารถตัดได้ถูกต้อง 67 แบบจะยังมีการผิดพลาดอยู่ 3 แบบ หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 95.71 และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของแบบต่างๆใช้เวลาไม่เกิน 1 วินาที ตัวอย่างบางส่วนได้แสดงไว้ในรูปที่ 38

รูปที่ 38 ตัวอย่างจุดตัดที่ได้จากการทดสอบ

ข้อมูลที่ได้จากการตัดตัวอักษร ได้นำไปทำการทดสอบการรู้จำตัวอักษร โดยข้อมูลทั้ง 70 แบบทำการแบ่งข้อมูลเป็นก่อนการตัดและหลังการตัด แล้วทำการทดสอบการรู้จำตัวอักษรด้วยโปรแกรมOCR ได้แก่ ArnThai1.0 และ ThaiOCR1.5 สามารถสรุปผลการทดสอบได้ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการรู้จำตัวอักษร

| ชุดข้อมูล | ArnThai 1.0 | ThaiOCR 1.5 |
|---|---|---|
| ก่อนการตัด | 10 % | 20.83 % |
| หลังการตัด | 83.33 % | 82.5 % |

7. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการที่ใช้ในการแบ่งแยกตัวอักษรซ้อนทับ ตลอดจนวิธีการที่ใช้ในการแก้ไขส่วนที่ขาดหายไปของตัวอักษรหรือส่วนที่เกินมา ให้ได้รูปแบบของตัวอักษรที่มีความสมบูรณ์ ใกล้เคียงกับตัวอักษรเดิม จากผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนี้เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและเหมาะที่จะนำไปใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการรู้จำตัวอักษณไทยต่อไป

เอกสารอ้างอิง


[1] Yi Lu, "Machine Printed Character Segmentation – an Overview,"Proceeding of IEEE,Vol.28,No.1, pp.67-80,1995.

[2] Richard G. Casey and Eric Lecolinet, "A Survey of Methods and Strategies in Character Segmentation,"Proceeding of IEEE,Vol.18,No.7, pp.690-695,July 1996.

[3]Wicha Panich, Somchai Jitapunkul , Prasert Choruengwiwat,"Segmentation of Connected Characters Using Distinctive Features of Thai Characters In Thai Character Recognition System",Proceeding of Electrical Engineering Conference,pp.338-342,1997.

[4] Nucharee Premchaiswadi, Wichian Premchaiswadi and Seinosuke Narita"Segmentation of Horizontal and Vertical Touching Thai Character," Proceeding of ITC-CSCC'99 International Technical Conference on Circuit System Computers and Communication,1999,Niigata,Japan.

[5] Rafael C. Gonzalez and Richaed E. Wood,"Digital Image Processing,"Addison-Wesley,1993.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

นายวรวิทย์ เปรมรัตนชัย เกิดวันที่ 26 สิงหาคม พ.ศ.2519 จบการศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ปีการศึกษา 2541



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้