การประมวลผลภาพเพื่อตัดอักขระภาษาไทยและเรียนรู้จดจำเบื้องต้น

IMAGE PROCESSING IN THAI CHARACTER SEGMENTATION AND PRE-RECOGNITION

โดย
นางสาวศศิกานต์ วรรณา
นางสาวศิริลักษณ์ ชูศักดิ์แสงทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033156

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2536

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้จัดทำ นางสาวศศิกานต์ วรรณา
นางสาวศิริลักษณ์ ชูศักดิ์แสงทอง

______________________ อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. วรวัฒน์ ลิ้มโภคา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประมวลผลภาพเพื่อตัดอักขระภาษาไทยและเรียนรู้จดจำเบื้องต้น

Image Processing in Thai Character Segmentation and Pre-recognition

โดย ศศิกานต์ วรรณา
ศิริลักษณ์ ชูศักดิ์แสงทอง
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วรวัฒน์ ลิ้มโภคา
ปีการศึกษา 2536

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ในการเสนอวิธีการตัดอักขระตัวพิมพ์ภาษาไทยออกจากรูปของประโยคโดยใช้หลักการออกแบบอย่างง่าย ๆ และทำการจัดอักขระที่ตัดได้เข้าไปยังกลุ่มย่อย ๆ โดยอาศัยความสูง , ความกว้าง และตำแหน่งที่อักขระนั้นอยู่ที่ระดับใด พร้อมทั้งได้บอกถึงข้อจำกัดรวมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการทดลองเพื่อเป็นแนวทางแก่ผู้ที่จะศึกษาต่อไป

ทางด้านเนื้อหารายละเอียด จะเริ่มต้นจากประวัติการศึกษาทดลองเกี่ยวกับการเรียนรู้จดจำตัวอักษร ตั้งแต่ในอดีต และกล่าวถึงลักษณะทั่วๆไปของอักขระภาษาไทยว่ามีกี่ระดับ จากนั้นจึงกล่าวถึงหลักการในการตัดอักขระว่ามีวิธีอย่างไรรวมถึงการแก้ปัญหาอักขระที่ขอบเขตเหลื่อมล้ำกัน และที่สำคัญจะกล่าวถึงหลักการในการจัดแบ่งกลุ่มย่อยเพื่อประโยชน์ในการเรียนรู้และจดจำอักขระภาษาไทยได้ดีและรวดเร็วยิ่งขึ้น ในตอนท้ายจะได้กล่าวถึงผลการทดลองและสรุปผลการทำงานที่ได้ภายในปีการศึกษานี้

ABSTRACT

The objective of this thesis is to offer the method in printed thai character segmentation from sentence image.Using an easy algorithm and grouping them into minor group,it has to use height,width and position the character being.The thesis includes limitations and some problems as well as the way for the sooner to solve and learn.

Intertwined with the objective,this thesis describes the history of thai character recognition and model (level) of thai character. Others are basis of thai character segmentation and contouring the bounded-problem characters.Especially,it describes how to group the segmented characters for better result and accesing time. And finally, it summarizes all tesing in this year.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1 บทนำ		1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1	
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน	1	
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1	
บทที่ 2 ระบบการตรวจรู้อักขระ		3
2.1 การรับภาพของมนุษย์	3	
2.2 ระบบการตรวจรู้อักขระ	4	
2.3 ประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับระบบการตรวจรู้อักขระ	7	
2.4 เทคนิคการตรวจรู้อักขระ	10	
บทที่ 3 การตรวจรู้อักขระ		12
3.1 โครงสร้างของอักขระและคำในภาษาไทย	12	
3.2 เซกเมนต์เตชัน	17	
3.3 พรีรีคอกนิชัน	22	
3.4 การตามขอบภาพ	25	
3.5 การจดจำตัวอักษร	31	
บทที่ 4 ผลที่ได้จากโครงงาน		40
4.1 อักขระที่บรรทัดปกติ	41	
4.2 อักขระที่อยู่เหนือบรรทัดปกติ	44	
4.3 อักขระที่อยู่ต่ำกว่าบรรทัดปกติ	45	
บทที่ 5 สรุปผลของการทำโครงงานและข้อเสนอแนะ		46
5.1 สรุปผลของโครงงาน	46	
5.2 ปัญหาและข้อจำกัด	48	
5.3 ข้อเสนอแนะ	48	
ภาคผนวก ก ผังงานในการออกแบบการตรวจรู้อักขระ		50
ภาคผนวก ข ตัวอย่างภาพที่ได้จากการสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์		65
ภาคผนวก ค ตัวอย่างของการจัดกลุ่มตัวอักษร		68
กิตติกรรมประกาศ		80
บรรณานุกรม		81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของนัยน์ตามนุษย์ 3
รูปที่ 2.2 ส่วนรับภาพของเครื่อง OCR 5
รูปที่ 2.3 การแบ่งอักขระ 'ก' เพื่อการตรวจรู้โดยวิธีทางสถิติ 10
รูปที่ 3.1 การจัดเรียงคำในภาษาไทย 12
รูปที่ 3.2 อักขระในภาษาไทย 13
รูปที่ 3.3 ตัวอักขระขนาดปกติ 15
รูปที่ 3.4 ตัวอักขระขนาดเกินปกติ 16
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งอักขระในระดับต่าง ๆ กัน 17
รูปที่ 3.6 สระบน 17
รูปที่ 3.7 อักขระที่อยู่ต่ำกว่าระดับปกติ 17
รูปที่ 3.8 ภาพโดยทั่วไปที่ใช้ในการสแกน 19
รูปที่ 3.9 การสแกนภาพเพื่อหาตำแหน่งขอบซ้าย 19
รูปที่ 3.10 การสแกนภาพเพื่อหาตำแหน่งขอบขวา 19
รูปที่ 3.11 การสแกนภาพเพื่อหาตำแหน่งขอบบน 20
รูปที่ 3.12 การสแกนภาพเพื่อหาตำแหน่งขอบล่าง 20
รูปที่ 3.13 อักขระที่มีปัญหา 21
รูปที่ 3.14 ภาพอักขระที่มีขอบเหลื่อมล้ำกัน 26
รูปที่ 3.15 ภาพที่ได้จากการตามขอบภาพของอักขระ 29
รูปที่ 3.16 การบันทึกภาพของอักขระที่ได้จากการตามขอบภาพ 30
รูปที่ 3.17 ภาพที่ได้จากเครื่องสแกนเนอร์ 31
รูปที่ 3.18 พิจารณาเนื้อตัวอักษร 32
รูปที่ 3.19 พิจารณาพื้นตัวอักษร 33
รูปที่ 3.20 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอน Initial Feature Extraction 34
รูปที่ 3.21 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอน Unification 36
รูปที่ 3.22 หารหัส concentrate ด้วยเนื้อตัวอักษร 36
รูปที่ 3.23 หารหัส concentrate ด้วยพื้นตัวอักษร 37
รูปที่ 3.24 แสดงการหา concentrate word 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 การจัดกลุ่มย่อยของอักขระในภาษาไทย 40
รูปที่ 5.1 แผนภาพต้นไม้แสดงการจัดกลุ่มย่อยของอักขระในโครงงาน 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ขนาดความสูงและความกว้างของพยัญชนะที่ใช้ในโครงงาน 14

ตารางที่ 3.2 ขนาดความสูงและความกว้างของสระและวรรณยุกต์ที่ใช้ในโครงงาน 15

ตารางที่ 3.3 การกำหนดค่า P-code 32

ตารางที่ 3.4 แสดงการกำหนดค่า Q-code 33

ตารางที่ 3.5 Unification Rule 35

ตารางที่ 3.6 แสดงการแจกแจงความถี่ของ concentrate code จากอักษร 'ห' 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

หากเปรียบเทียบส่วนรับรู้ข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และมนุษย์แล้ว ส่วนรับรู้ข้อมูลของมนุษย์จะมีความสามารถที่สูงกว่ามากไม่ว่าจะเป็นการรับรู้จากการเห็นภาพ การได้ยิน การสัมผัส การได้ กลิ่น หรือการรู้รส เพราะฉะนั้น จึงได้มีผู้พยายามประดิษฐ์ คิดค้น และพัฒนาส่วนการรับรู้ของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้ทัดเทียมกับมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถตรวจรู้ข้อมูลทางภาพ (Pattern Recognition) หรือ ทางเสียง (Sound Recognition) เลียนแบบความสามารถของมนุษย์

การตรวจรู้อักขระ (Character Recognition) เป็นสาขาย่อยหนึ่งของการตรวจรู้ภาพ การนำเทคนิคการตรวจรู้อักขระมาประยุกต์ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นการพัฒนาให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจภาษาเขียนที่มนุษย์ใช้ติดต่อสื่อสารกันได้ ซึ่งจะมีผลทำให้การประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์มีความสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง และประหยัดค่าใช้จ่ายกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้ เทคนิคการตรวจรู้อักขระด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยอื่น ๆ ได้มากมาย เช่น นำไปใช้กับงานวิจัยด้านการแปลภาษาด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ (Machine Translation) การสร้างอุปกรณ์สำหรับช่วยคนพิการตาบอด การตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารทางธุรกิจ การแยกพัสดุไปรษณีย์ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงาน

1.2.1 เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถตรวจรู้ (Pre-recognition) อักขระภาษาไทยในรูปแบบของอักขระตัวพิมพ์ขนาดคงที่และรูปแบบ (font) คงที่ได้

1.2.2 เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถแทนค่าอักขระภาษาไทยแต่ละกลุ่มด้วยรหัส ซึ่งสามารถนำไปประมวลผลต่อไปได้

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการตรวจรู้อักขระภาษาไทยด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีเรื่องการตรวจรู้อักขระนี้จะต้องอาศัยเทคโนโลยีทั้งทางด้านแสง (Optics) อิเลคโทรนิคส์ (Electronics) เครื่องกล (Mechanics) และคอมพิวเตอร์ (Computer) ประกอบกัน แต่ในการทำโครงงานนี้จะมุ่งพัฒนาเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์เรื่องการตรวจรู้อักขระเท่านั้น โดยแบ่งการทำโครงงานออกเป็น 2 ส่วนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.1 ส่วนแปลงอักขระที่ได้จากการสแกน (scan) เข้ามาด้วยเครื่องสแกนเนอร์ (Scanner) ซึ่งจะพบว่าอักขระต่าง ๆ จะอยู่รวมกันในรูปของประโยค ดังนั้นจะต้องทำการแยกให้อยู่ในรูปของอักขระเดี่ยว ๆ แต่ละรูปก่อนจึงจะสามารถนำไปประมวลผลในขั้นต่อไปได้ ขั้นตอนนี้ เราเรียกว่า เซกเมนต์เตชัน (Segmentation)

1.3.2 ทำการแบ่งกลุ่มอักขระออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ตามคุณลักษณะที่เหมือนกัน เช่นความกว้างหรือความสูงของอักขระ เพื่อให้เป็นข้อมูลก่อนนำไปตรวจรู้ (Recogniton) จริง ๆ ได้สะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

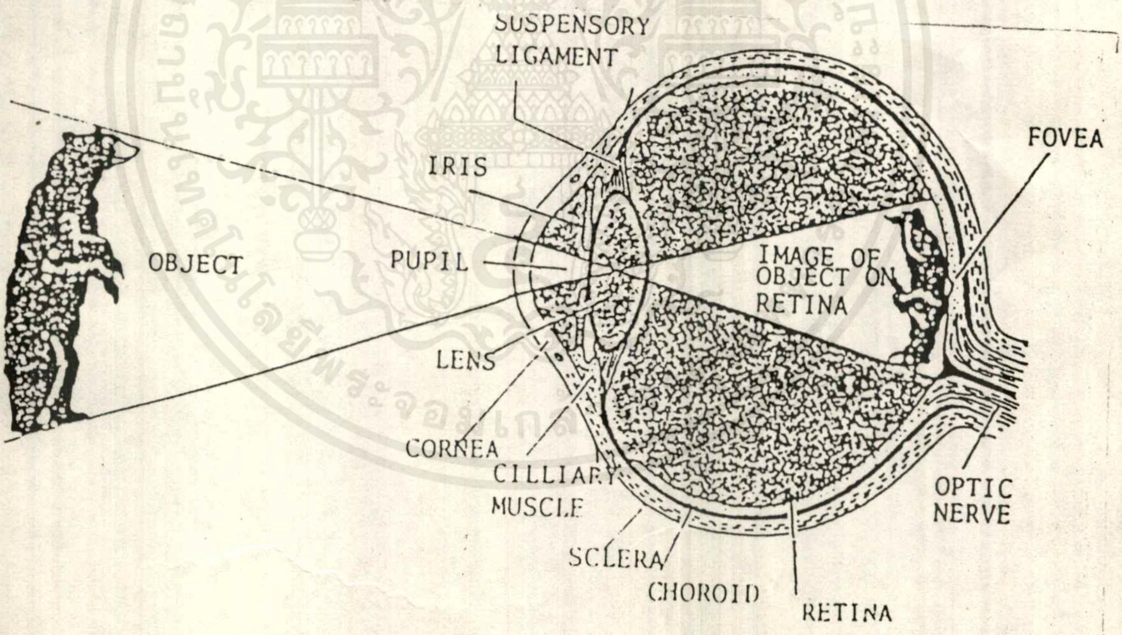
บทที่ 2
ระบบการตรวจรู้อักขระ

2.1 การรับภาพของมนุษย์

การตรวจรู้อักขระด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นแนวความคิดที่จะพัฒนาให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถรับข้อมูลที่เป็นรูปภาพเลียนแบบความสามารถของมนุษย์ และเพื่อให้เกิดความเข้าใจในระบบการรับภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ จึงนำระบบการรับภาพของมนุษย์มาอธิบายไว้ด้วย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

อวัยวะที่ทำหน้าที่รับภาพของมนุษย์คือนัยน์ตา โครงสร้างของนัยน์ตามนุษย์จะมีรูปร่างกลมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร นัยน์ตาประกอบด้วยผนังเนื้อเยื่อเหนียวที่เรียกว่า สเคลอรา (Sclera) คอรอยด์ (Choroid) และเรตินา (Retina) ห่อหุ้มเป็นชั้น ๆ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

โดยผนังแต่ละชั้นมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของนัยน์ตามนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นสเคลอรา เป็นชั้นเนื้อเยื่อเหนียวแต่ไม่ยืดหยุ่น ตอนหน้าสุดของเนื้อเยื่อนี้จะโปร่งใสและนูนออกมา เรียกว่า กระจกตา (Cornea) นอกจากนี้ส่วนที่เป็นนัยน์ตาขาวก็เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อเยื่อชั้นสเคลอราเหมือนกัน

ชั้นคอรอยด์ เป็นชั้นที่มีเส้นเลือดและรงควัตถุแผ่กระจายอยู่เป็นจำนวนมาก เพื่อป้องกันมิให้แสงสว่างส่องทะลุผ่านเนื้อเยื่อชั้นเรตินาไปสู่เนื้อเยื่อชั้นสเคลอราได้ ในชั้นคอรอยด์นี้จะประกอบด้วย ม่านตา (Iris) และเลนส์ (Lens) รับภาพวัตถุ ม่านตาจะเป็นเนื้อเยื่อยื่นลงมาจากด้านบนและด้านล่างของผนังคอรอยด์คล้ายกับเป็นผนังกั้นบางส่วนของเลนส์ ส่วนช่องกลางที่เหลือให้แสงส่องผ่านเข้านั้นมีลักษณะกลม เรียกว่า พิวปิล (Pupil) ขนาดของพิวปิลจะแคบหรือกว้างขึ้นอยู่กับว่าม่านตาจะปิดเลนส์มากหรือน้อยตามลำดับ

ส่วนเลนส์รับภาพจะมีลักษณะใสกั้นนัยน์ตาออกเป็นสองช่อง คือ ช่องหน้าเลนส์ และช่องหลังเลนส์ ภายในช่องทั้งสองจะมีของเหลวใสเรียกว่า น้ำเลี้ยงลูกนัยน์ตาบรรจุอยู่ เลนส์รับภาพนี้จะมีหน้าที่ปรับขนาดของภาพที่มองเห็นให้ไปตกลงบนเรตินาเพื่อให้นัยน์ตาสามารถรับภาพได้ชัดเจนที่สุด

ชั้นเรตินา เป็นผนังชั้นที่มีเซลรับแสงอยู่มากมาย เซลรับแสงนี้จะมีสารสีม่วงแดงชื่อ โรดอปซ ิน (Rhodopsin) สารนี้เมื่อถูกแสงสว่างจะเปลี่ยนโครงสร้างไปเป็นเรตินีน (Retinene) และออปซิน (Opsin) ซึ่งจะทำให้สีของโรดอปซินซีดลง ขณะที่มีการเปลี่ยนสีของสารดังกล่าวก็จะมีกระแสประสาทเกิดขึ้นกระแสประสาทนี้จะถูกส่งไปตามเส้นประสาทนัยน์ตา เพื่อไปประมวลผลภาพยังสมองต่อไป เมื่อไม่มีแสงสว่างสารเรตินีนและออปซินก็จะเปลี่ยนกลับเป็นสารโรดอปซินดังเดิม

2.2 ระบบการตรวจรู้อักขระ

OCR (Optical Character Recognition) เป็นระบบการตรวจรู้อักขระที่มนุษย์สร้างเลียนแบบนัยน์ตาของมนุษย์ขึ้น เพื่อช่วยให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถตรวจรู้อักขระได้เหมือนอย่างมนุษย์ ส่วนประกอบและหน้าที่ของเครื่อง OCR มีลักษณะทั่ว ๆ ไปดังนี้

2.2.1 ส่วนเคลื่อนย้ายเอกสาร (Paper Transport)

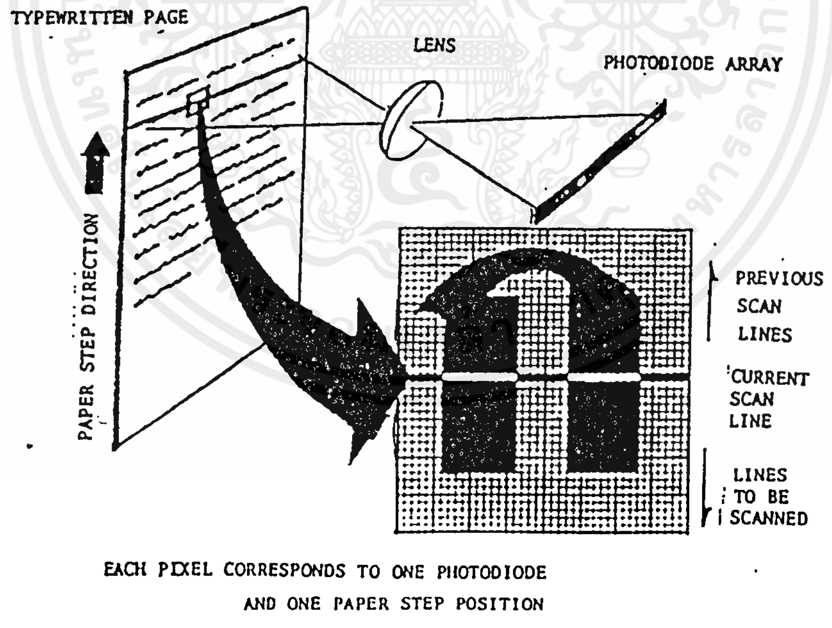
ส่วนนี้ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายเอกสารเข้าสู่ระบบการตรวจรู้อักขระ ในขนาดความเร็วที่กำหนด ปัญหาส่วนเคลื่อนย้ายเอกสารนี้มีอยู่มากมาย เช่น ลักษณะ ขนาด ความหนาบางของเอกสารที่ต้องการจะเคลื่อนย้ายเข้าสู่ระบบการตรวจรู้อักขระ ความเร็ว (Speed) ของการเคลื่อนย้ายเอกสารก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งของส่วนการเคลื่อนย้ายเอกสารนี้

2.2.2 ส่วนรับภาพ (Optical System)

เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถนำคลื่นแสงที่แทนภาพอักขระหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในเอกสารมาทำการประมวลผลโดยตรงได้ เพราะอักขระหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ นั้นเป็นภาพสองมิติ แต่คลื่นแสงซึ่งเป็นสัญญาณทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) นั้นมีมิติเดียว คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นคลื่นที่แทนค่าความเข้มของแสงมากหรือน้อยเท่านั้น จึงไม่สามารถนำคลื่นแสงมาแทนสัญลักษณ์ที่มีสองมิติได้ ฉะนั้น ส่วนรับภาพนี้จึงมีหน้าที่แปลงข้อมูลที่เป็นอักขระหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่เป็นคลื่นแสงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลอักขระหรือสัญลักษณ์เหล่านั้นได้ การปฏิบัติงานของส่วนแปลงสัญญาณนี้ เริ่มจากการให้ลำแสงที่ตกกระทบอักขระบนเอกสารผ่านเลนส์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยที่เลนส์จะมีหน้าที่ปรับขนาดของอักขระให้มีขนาดตามที่ระบบการตรวจรู้สามารถจะนำไปประมวลผลได้ ภาพของอักขระที่ส่องผ่านเลนส์นี้จะอยู่ในรูปของคลื่นแสงซึ่งสามารถแปลงให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้แผงโฟโตไดโอด (Photodiode) ช่วยในการแปลง (โฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเลคโทรนิคส์ที่ใช้แสงเป็นตัวกระตุ้นการทำงาน) เมื่อลำแสงวิ่งผ่านบริเวณที่เป็นสีดำหรือบริเวณที่เป็นตัวอักขระบนเอกสารผ่านเลนส์ไปตกกระทบบนแผงโฟโตไดโอดบริเวณใด บริเวณที่ไม่ได้รับแสงนั้นก็จะมีสัญญาณไฟฟ้าเกิดขึ้น จากนั้นจะใช้ตัวแปลงสัญญาณที่เรียกว่า Analog to Digital Converter (A/D converter) เป็นตัวแปลงสัญญาณไฟฟ้าบนแผงโฟโตไดโอดให้เป็นสัญญาณดิจิตอล



รูปที่ 2.2 ส่วนรับภาพของเครื่อง OCR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ส่วนตรวจรู้และตัดสินผลการตรวจรู้อักขระ (Recognition & Decision Logic)

เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถจะแยกค่าดิจิตอลที่แปลงมาจากสัญญาณภาพของอักขระแต่ละรูปได้ว่าค่าดิจิตอลนั้นแทนอักขระรูปใด ส่วนตรวจรู้และตัดสินผลการตรวจรู้อักขระจึงมีหน้าที่ตรวจรู้ให้ได้ว่าค่าดิจิตอลที่รับเข้ามาประมวลผลนั้นแทนค่าอักขระรูปใด โดยการใช้แบบการคำนวณเปลี่ยนค่าดิจิตอลให้เป็นรหัสที่แทนอักขระแต่ละรูป และสามารถนำรหัสเหล่านั้นไปประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้

เมื่อตรวจรู้และตัดสินผลการตรวจรู้อักขระได้แล้ว ส่วนตรวจรู้และตัดสินผลนี้จะนำรหัสของอักขระที่ตรวจรู้ได้ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำสำรอง (Temporary Storage) ก่อนจะส่งไปยังหน่วยประมวลผลข้อมูล (Data Processor) หรือจะส่งไปประมวลผลยังหน่วยประมวลผลข้อมูลโดยตรงแบบออนไลน์ (Online) ก็ได้ แล้วแต่ลักษณะการออกแบบระบบงานนั้น ๆ

ปัญหาของส่วนตรวจรู้และตัดสินผลการตรวจรู้อักขระมีดังนี้

2.2.3.1 ขนาดของตัวอักขระที่จะตรวจรู้จะต้องมีขนาดที่พอเหมาะ เพราะอักขระที่มีขนาดเล็ก การตรวจรู้อักขระจะเป็นไปด้วยความยากลำบาก

2.2.3.2 รูปแบบของอักขระที่จะตรวจรู้ ถ้าเป็นรูปแบบที่เป็นมาตรฐานหรือเป็นรูปแบบที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องพิมพ์ดีดทั่ว ๆ ไป การตรวจรู้อักขระก็จะทำได้ง่ายกว่าอักขระที่มีรูปแบบที่เขียนด้วยลายมือ (ในปัจจุบันก็ได้มีผู้ทำโครงงานเกี่ยวกับการตรวจรู้อักขระด้วยลายมือเขียนแล้วหลายท่าน)

2.2.3.3 ลักษณะการวางอักขระจะต้องวางในแนวตั้งตรง ไม่เอียงหรือตะแคง เพราะอักขระที่เอียงหรือตะแคงนั้นรูปแบบของอักขระจะเปลี่ยนไป

2.2.3.4 ความเร็วของการตรวจรู้อักขระในแต่ละรูปแบบ การคำนวณที่ดีจะต้องใช้เวลาในการตรวจรู้อักขระไม่มากจนเกินไป

2.2.4 ส่วนควบคุมการทำงานของระบบ (Control Unit)

หลังจากตรวจรู้อักขระแต่ละรูปในเอกสารได้แล้ว ส่วนนี้จะส่งผลลัพธ์ของการตรวจรู้ไปจัดรูปประโยคเพื่อที่จะให้เครื่องคอมพิวเตอร์นำผลลัพธ์ที่อยู่ในรูปประโยคไปใช้ในการประมวลผลต่อไป ในขณะเดียวกันนั้น ส่วนควบคุมการทำงานของระบบก็จะสั่งงานไปยังส่วนเคลื่อนย้ายเอกสารให้เลื่อนเอกสารที่จะตรวจรู้ชุดถัดไปเข้าสู่ระบบ

ปัญหาของส่วนควบคุมการทำงานของระบบคือ ความสัมพันธ์ระหว่างด้านความเร็วของส่วนเคลื่อนย้ายเอกสารกับส่วนตรวจรู้อักขระ หากส่วนหนึ่งส่วนใดปฏิบัติงานช้ากว่าอีกส่วนหนึ่งก็จะต้องมีการสร้างที่พักข้อมูลชั่วคราว (Buffer) สำหรับใช้เป็นที่เก็บข้อมูลก่อนการประมวลผล

2.3 ประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับระบบการตรวจรู้อักขระ

2.3.1 ประวัติการค้นคว้าในต่างประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การค้นคว้าเรื่องการตรวจรู้อักขระนี้ได้เริ่มมีการค้นคว้าขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1809 คือมีการพัฒนาเครื่องช่วยอ่านหนังสือสำหรับคนพิการตาบอดขึ้น ส่วนเครื่อง OCR ได้มีการพัฒนามากว่า 100 ปีแล้ว ดังมีรายละเอียดบางส่วนดังนี้

ในปี ค.ศ. 1870 C.R.Carey แห่งเมือง Boston มลรัฐ Massachusetts ได้พัฒนาเครื่อง Retina Scanner ได้เป็นเครื่องแรก โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Photocells เป็นตัววิเคราะห์อักขระแต่ละรูป

ในปี ค.ศ. 1890 P.Niphow แห่ง Poland ได้พัฒนาเครื่อง Scanning Disk ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาเครื่อง Television Cameras ในเวลาต่อมา

ต่อมา Emmanuel Goldberg แห่งเมือง Chicago ได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นข้อความแล้วแทนด้วยรหัสมอส (Morse Code)

ในปี ค.ศ. 1950 Mark Sheppard ได้ประดิษฐ์หุ่นยนต์โรบอท (Robot) ชื่อ GISMO ซึ่งเป็นหุ่นยนต์ที่สามารถอ่านและเขียนหนังสือได้ ซึ่งทำให้การค้นคว้าเรื่อง OCR ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางมากขึ้น

ในปี ค.ศ. 1954 Jacob Rabinow ได้พัฒนาเครื่องอ่านอักขระตัวพิมพ์ใหญ่ภาษาอังกฤษที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ดีดได้ด้วยความเร็ว 1 ตัวอักขระต่อนาที

ในปี ค.ศ. 1956 American Banker 's Association ได้คิดแบบพิมพ์มาตรฐาน (Standard Font) ของอักขระที่ใช้สารแม่เหล็กเป็นส่วนผสมเรียก Magnetic Ink Character Recognition (MICR) สำหรับตรวจ สอบความถูกต้องของเอกสารทางธุรกิจ เช่น หมายเลขเช็ค เป็นต้น

จากความสำเร็จของการนำเทคนิค MICR มาใช้ ทำให้บริษัทต่าง ๆ ได้เริ่มหันมาใช้เทคนิค MICR ใน ธุรกิจของตน โดยที่แต่ละบริษัทก็จะค้นคิดแบบพิมพ์ของตนขึ้นมา จนในปี ค.ศ. 1956 American National Standard Institute ได้กำหนดแบบพิมพ์มาตรฐานที่ใช้ในระบบการตรวจรู้อักขระเรียกว่า USASI-A (OCR-A) และต่อมากลุ่มประเทศทางแถบยุโรปก็ได้มีการพัฒนาแบบพิมพ์มาตรฐานของตนขึ้นใช้เรียก OCR-B

หลังปี ค.ศ. 1970 รูปแบบของอักขระที่ใช้กับเครื่อง OCR นอกจากจะเป็นตัวอักขระแล้ว ยังมีการพัฒนาให้เครื่อง OCR สามารถตรวจรู้รหัสที่เป็นกลุ่มเส้นขนานขนาดหนาบางไม่เท่ากันเรียงกันเป็นแถบที่เรียกว่า Bar Code จำนวนเส้นและขนาดความหนาบางของ Bar Code นี้ สามารถใช้แทนความหมายต่าง ๆ ทางธุรกิจ ได้มาก มาย เช่น ชื่อสินค้า ราคาสินค้า จำนวนสินค้าคงคลัง ฯลฯ

2.3.2 ประวัติการค้นคว้าในประเทศไทย

ประวัติความเป็นมาของการตรวจรู้อักขระภาษาไทยในประเทศไทย ตั้งแต่ปี 2530-2532

2.3.2.1 ในปี 2530 มีเอกสารฉบับย่อ 2 ฉบับ คือ

1.การแยกภาพตัวอักขระภาษาไทยออกจากภาพของประโยคของ อนุชิต จารุวนารัตน์ , สุรสิทธิ์ ราตรี และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน ทำการเซกเมนต์ตัวอักขระทีละตัวออกมาจากรูปประโยค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยวิธีการหาขอบเขตกรอบรอบตัวอักขระ แล้วหาจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดจากเส้นขอบของตัวอักขระตัวนั้น แล้วจะทำให้ทราบขนาดความสูงของตัวอักขระนั้น และตรวจหาจุดที่อยู่ริมซ้ายสุดและริมขวาสุดซึ่งจะทราบความกว้างของอักขระตัวนั้น ซึ่งแนวความคิดนี้ใช้ไม่ได้กับตัวอักขระที่ติดกับสระ เช่น

ปืน ฟืน

2.การจดจำรูปแบบตัวพิมพ์อักขระภาษาไทยโดยวิธีวิเคราะห์โครงสร้าง แบบมีไวยากรณ์ของ สุรสิทธิ์ ราตรี และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน เป็นบทความที่เสนอแนะวิธีการวิเคราะห์ตัวอักขระที่ทำการเซกเมนต์เตชันเสร็จเรียบร้อยแล้ว นั่นคือใช้ตัวอักขระเดี่ยว ไม่ใช้อักขระที่อยู่รวมกันในรูปประโยคมาวิเคราะห์และไม่มีการกล่าวถึงวิธีการเซกเมนต์เตชัน สำหรับการวิเคราะห์ก็กระทำโดยการแบ่งพื้นที่ของตัวอักขระออกเป็น 4 ส่วน แล้วพิจารณาลักษณะพื้นฐานในทุกส่วนของพื้นที่มาประกอบกันเป็นคุณสมบัติของตัวอักขระ คุณสมบัติของเส้นบนตัวอักขระก็เช่น เส้นโค้ง เส้นตรง วงกลม หรือ เส้นตัด

2.3.2.2 ในปี 2531 มีเอกสารฉบับย่อ 2 ฉบับคือ

1.การหารหัสเบื้องต้นโดยอัตโนมัติของรูปร่างตัวพิมพ์อักขระภาษาไทย ของ เสรี ปานซาง , สุรสิทธิ์ และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน จะอ้างอิงจากบทความเรื่อง การแยกภาพตัวอักขระภาษาไทยออกจากภาพของประโยค ในปี 2530 โดยการแยกโครงร่างของตัวอักขระออกเป็นส่วนย่อย ๆ ซึ่งส่วนย่อย ๆ ของตัวอักขระทุกตัวจะถูกพิจารณาจากบริเวณเดียวกันเพื่อเป็นมาตราฐานเหมือนกันและพบว่า ณ บริเวณส่วนย่อยเดียวกันของตัวอักขระแต่ละตัว จะปรากฏลักษณะโครงร่างของส่วนย่อยนั้นมีลักษณะรูปร่างที่เหมือนและแตกต่างกันจนสามารถแยกออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้ เมื่อพบว่าส่วนย่อยที่บริเวณเดียวกันของรูปร่างตัวอักขระทุกตัวมีลักษณะที่เหมือนและแตกต่างกัน จึงได้หาวิธีการกำหนดให้กับลักษณะรูปร่างส่วนย่อยของแต่ละกลุ่มเหล่านั้น รหัสทุกค่าที่กำหนดขึ้นจากรูปร่างส่วนย่อยที่ทุกบริเวณของตัวอักขระซึ่งรูปร่างส่วนย่อยของตัวอักขระทุกตัวจะได้ค่ารหัสโดยอัตโนมัติและรหัสที่บ่งบอกถึงลักษณะย่อย ๆ ของรูปร่างตัวอักขระ สามารถนำมาประกอบกันเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของอักขระแต่ละตัว หลักในการแบ่งส่วนย่อยก็ใช้วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง

2.การออกแบบพจนานุกรมโดยอัตโนมัติสำหรับการจดจำรูปแบบตัวเลขคัดลายมือของ สมศักดิ์ มิตะถา ,ชาย เกษมอมรกุล และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน เป็นบทความที่ทำขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจรู้อักขระ คือ หมายถึงว่าทำการจดจำรูปแบบตัวอักขระได้แล้ว เสนอว่าจะลดขนาดของพจนานุกรมของการจดจำลงไปได้โดยการหารหัสเฉพาะที่แทนลักษณะเด่นของตัวเลขทั้ง 10 ตัว ลักษณะเด่นจะพิจารณาจากลักษณะลายเส้นและพื้นเบื้องหลังของตัวเลขเหล่านั้น โดยการคิดสูตรของรหัสขึ้นมาโดยเฉพาะ เมื่อได้รหัสที่แทนลักษณะต่าง ๆ ในรูปร่างของตัวเลขแต่ละตัวแล้ว จะนำรหัสใดไปเก็บไว้เป็นพจนานุกรมของการจดจำจะใช้วิธีการทางสถิติมาช่วยในการตัดสินใจ

2.3.2.3 ในปี 2532 มีเอกสารฉบับย่อ 2 ฉบับคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การรู้จำอักขระคัดลายมือภาษาไทยสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการพิจารณาลักษณะเด่นของตัวอักขระ โดยชาย เกษมอมรกุล และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน พิจารณาส่วนที่เป็นลายเส้น และส่วนที่เป็นพื้นเบื้องหลังเพื่อจัดทำพจนานุกรม ตลอดจนการจัดทำพจนานุกรมให้มีขนาดที่เล็กลง บทความนี้ จึงขอนำเสนอวิธีการจัดทำพจนานุกรมโดยอัตโนมัติสำหรับการจดจำรูปแบบตัวเลขคัดลายมือ คือมีขั้นตอนหลักๆ 3 ขั้นตอน คือ

1) การเริ่มต้นพิจารณาข้อมูลที่ประกอบกันเป็นตัวอักขระ (Initial feature Extraction) คือ การแทนรหัส P-code และ Q-code ให้กับอักขระในส่วนที่เป็นส่วนเนื้อและส่วนพื้นตามลำดับ

2) Unification เป็นส่วนในการเปลี่ยน Q-code เพื่อแสดงลักษณะที่เป็นโครงสร้างที่แท้จริงโดยอาศัยคุณสมบัติทางโทโปโลยี (Topology) ด้วยการนำค่า Q-code ที่อยู่ติดกันมาพิจารณาเปลี่ยน รหัสใหม่ตามกฎเกณฑ์ของ Unification

3)Concentration

พิจารณาที่เนื้อตัวอักษร ซึ่งเป็นลักษณะของ P- code โดยพิจารณาหา Q- code ที่ อยู่โดยรอบทั้ง 4 ทิศทางแล้วนำมาสร้างเป็นรหัสคอนเซนเตรต (concentrate)

พิจารณาพื้นตัวอักษร ซึ่งเป็นลักษณะของ Q- code โดยพิจารณาหา Q- code ที่อยู่ ถัดจาก P- code ที่อยู่ถัดจากจุดที่พิจารณาออกไปทั้ง 4 ทิศทาง แล้วนำมาสร้างเป็นรหัสคอนเซนเตรต

2. การรู้จำรูปแบบตัวพิมพ์อักขระภาษาไทยหลายรูปแบบ โดย สุรสิทธิ์ ราตรี , และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน เป็นบทความที่กล่าวถึงการจดจำรูปแบบตัวอักขระไทยโดยใช้วิธีเดียวกับบทความเรื่องการรู้จักอักขระคัดลายมือภาษาไทยสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แต่มีการทำการแยกส่วนย่อยของรูปร่างตัวอักขระก่อนโดยหาจุดศูนย์ถ่วงของภาพ แล้วมาพิจารณาทีละส่วนย่อยด้วยการหาจุดศูนย์ถ่วงในส่วนย่อยนั้น ๆ ถ้าจุดศูนย์ถ่วงเป็นส่วนพื้นของตัวอักขระจะแทนค่าทั้ง 4 ด้านรอบจุดศูนย์ถ่วงที่เป็นพื้นด้วยค่า Q-code แต่ถ้าจุดศูนย์ถ่วงของส่วนย่อยตรงกับบริเวณที่เป็นเนื้อ จะทำการหาค่า Q-code ณ ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงนั้น 4 ค่าคือเริ่มทำการตรวจสอบหาจุดที่จะเป็นพื้นนั้นตามทิศทางทั้ง 4 ทิศ เมื่อหาแต่ละทิศทางพบบริเวณที่เป็นพื้นแล้วให้นับต่อออกไปอีก 3 ตำแหน่งและให้ถือว่าจุดนั้นเป็นจุดตำแหน่งปัจจุบันที่จะคำนวณหาค่า Q-code ที่ตำแหน่งนั้นอีกครั้งหนึ่ง จะพบว่าจุดศูนย์ถ่วงที่ตำแหน่งบริเวณเนื้อของส่วนย่อยใด ๆ หากรูปร่างลักษณะของส่วนย่อยนั้น มีลักษณะคล้ายกันค่ารหัสที่ได้จะเป็นค่าเดียวกัน

2.4 เทคนิคการตรวจรู้อักขระ

เทคนิคการตรวจรู้อักขระที่ใช้โดยทั่วไป สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

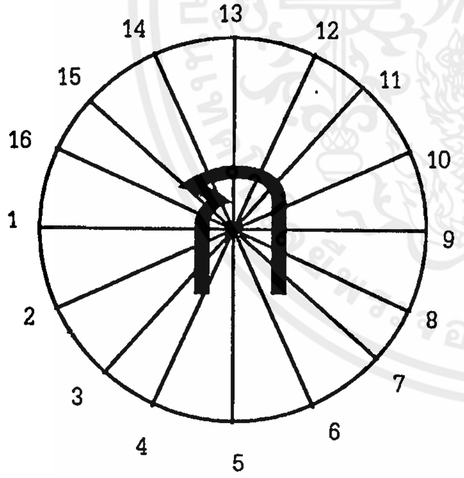
2.4.1 การจับคู่เปรียบเทียบกับอักขระต้นแบบ (Template Matching)

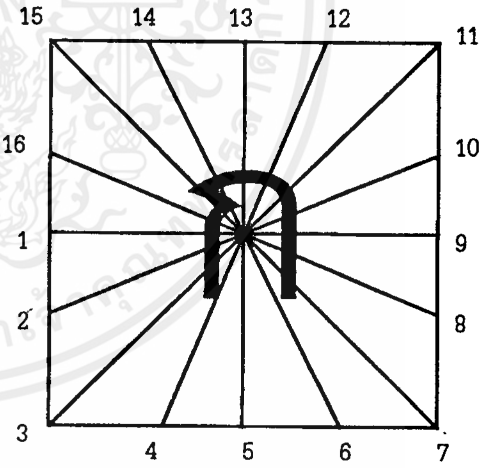
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
033156

การตรวจรู้อักขระด้วยวิธีนี้ มีหลักการปฏิบัติโดยการนำเอาอักขระที่ต้องการตรวจรู้มาจับคู่เปรียบเทียบกับอักขระต้นแบบที่เก็บเอาไว้ในสื่อข้อมูล เมื่ออักขระที่ต้องการตรวจรู้สามารถจับคู่กับอักขระต้นแบบรูปใดก็จะได้ผลลัพธ์ของการตรวจรู้อักขระนั้น หากไม่สามารถจับคู่อักขระที่ต้องการตรวจรู้กับอักขระต้นแบบได้ ก็แสดงว่าไม่สามารถตรวจรู้อักขระนั้นได้ เครื่อง OCR ก็จะหาวิธีการต่าง ๆ ที่จะเปลี่ยนรูปแบบของอักขระให้ต่างไปจากเดิมเล็กน้อย เช่น การตัดทอนอักขระบางส่วนเพื่อให้รูปแบบของอักขระมีความคมชัดยิ่งขึ้น ฯลฯ แล้วจึงเริ่มทำการจับคู่เปรียบเทียบกับอักขระต้นแบบใหม่จนกว่าจะสามารถตรวจรู้อักขระเหล่านั้นได้ หากเปลี่ยนรูปแบบของอักขระแล้วยังไม่สามารถตรวจรู้อักขระได้ เครื่อง OCR บางระบบจะให้ผู้ควบคุมเครื่อง OCR นั้นใส่ค่าที่ถูกต้องของอักขระที่ไม่สามารถจะตรวจรู้นั้น

2.4.2 การตรวจรู้จากข้อมูลทางสถิติ (Statistical Methods)

การตรวจรู้อักขระวิธีนี้ จะใช้ข้อมูลที่เป็นตัวเลขในการวิเคราะห์หารหัสต้นแบบของอักขระ ตัวเลขดังกล่าวได้จากขั้นตอนการจัดเตรียมภาพก่อนการประมวลผล (Preprocessing) และใช้วิธีการวิเคราะห์และแยกภาพโดยสมการทางคณิตศาสตร์ (Deterministic Classification Techniques) ในการหาหรือในบางวิธีจะใช้ทฤษฎีทางสถิติเรื่องความน่าจะเป็นเข้าช่วยเช่น วิธีของ Bayesian Estimation เป็นต้น





รูปที่ 2.3 การแบ่งอักขระ "ก" เพื่อการตรวจรู้โดยวิธีทางสถิติ

ตัวอย่างต่อไปนี้ เป็นลักษณะหนึ่งของการตรวจรู้อักขระโดยวิธีการทางสถิติ กล่าวคือจัดเตรียมอักขระที่ต้องการจะตรวจรู้ไว้ในพื้นที่ของรูปวงกลมหรือสี่เหลี่ยมที่มีขนาดพอเหมาะ โดยพื้นที่ดังกล่าวจะมีเส้นตรงลากแบ่งพื้นที่นั้นออกเป็นส่วน ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เส้นตรงที่ลากแบ่งพื้นที่ดังกล่าว จะลากแบ่งอักขระที่จะตรวจรู้ออกเป็นส่วน ๆ ตามแต่ที่เส้นตรงนั้นจะลากมาพบอักขระนั้น ณ ที่ตำแหน่งใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่ออักขระที่ต้องการจะตรวจรู้ถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ แล้ว อักขระแต่ละส่วนก็จะมีค่าเวคเตอร์ (Vector) เฉพาะหากนำหลักวิชาทางสถิติมาใช้หาค่าต่าง ๆ ที่สามารถใช้ตรวจรู้อักขระนั้น ๆ ได้ เช่น ค่าผลเฉลี่ยของเวกเตอร์ (Mean Vector) ของอักขระแต่ละรูป เป็นต้น เราก็สามารถนำค่าทางสถิติดังกล่าวมาใช้ในการตรวจรู้อักขระได้ เพราะค่าสถิติเหล่านั้นจะมีค่าเฉพาะสำหรับอักขระแต่ละรูป

2.4.3 การตรวจรู้จากหลักโครงสร้างของอักขระ (Syntactic Methods)

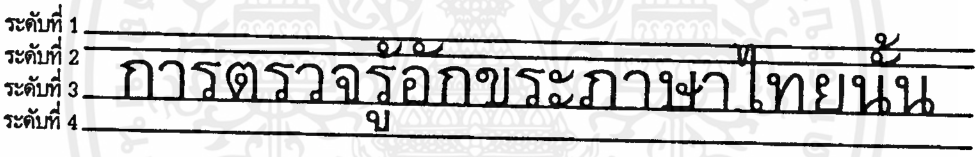
การตรวจรู้อักขระวิธีนี้ จะอาศัยแบบการคำนวณที่สามารถเปลี่ยนรูปแบบของตัวอักขระให้เป็นรหัสที่สามารถใช้อ้างอิงถึงอักขระนั้น ๆ ได้ โดยรหัสเหล่านั้นจะต้องเป็นรหัสที่ไม่ซ้ำกันสำหรับอักขระที่ต่างรูปกัน และจะมีค่าของรหัสเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันสำหรับอักขระรูปเดียวกันแต่ต่างแบบพิมพ์กัน เมื่อนำรหัสของอักขระทุกรูปมารวมกัน ก็จะได้เป็นรหัสต้นแบบที่สามารถใช้ในการเปรียบเทียบกับรหัสของอักขระที่ต้องการจะตรวจรู้ได้ วิธีการที่ใช้ในการค้นหารหัสที่จะตรวจรู้กับรหัสต้นแบบนั้นจะใช้วิธีการสร้างกฎเกณฑ์หรือหลักไวยากรณ์ (Pattern Grammar) ของรหัสของอักขระ เพื่อใช้ในการค้นหารหัสของอักขระที่ต้องการจะตรวจรู้กับต้นแบบ เพราะอักขระรูปเดียวกันแต่ต่างแบบพิมพ์กันย่อมจะมีค่ารหัสที่คล้ายกันจนสามารถใช้หลักเกณฑ์บางอย่างซึ่งสามารถใช้เป็นหลักไวยากรณ์ของรหัสนั้นมาอ้างอิงถึงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การตรวจรู้อักขระภาษาไทย

3.1 โครงสร้างของอักขระและคำในภาษาไทย

อักขระภาษาไทยนั้นประกอบด้วย พยัญชนะ 44 รูป (ปัจจุบันเลิกใช้ไป 2 รูปคือ ฃ กับ ฅ) สระ 21 รูป และวรรณยุกต์อีก 4 รูป ถ้ามองอักขระภาษาไทยในลักษณะของรูปทรงทางเรขาคณิตจะประกอบด้วยรูปวงรี วงกลม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม และกากบาท ตัวอย่างของอักขระภาษาไทยได้แสดงไว้ในรูป 3.2 ในภาษาไทยนั้นจะแบ่งตำแหน่งการจัดเรียงพยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ออกเป็น 4 ระดับ โดยที่ระดับที่ 1 และ 2 จะเป็นตำแหน่งของสระ และวรรณยุกต์ ระดับที่ 3 จะเป็นตำแหน่งของสระ และพยัญชนะ ส่วนในระดับที่ 4 จะเป็นตำแหน่งของ สระเพียง 2 รูปคือ สระอุ กับสระอู และบางส่วนของพยัญชนะบางตัว คือ ญ กับ ฐ ตัวอย่างของการจัดเรียง พยัญชนะ สระ และวรรณยุกต์ให้เป็นคำในภาษาไทยใน 1 บรรทัดได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การจัดเรียงคำในภาษาไทย

ลักษณะของอักขระในภาษาไทย ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งเป็นรูปแบบและขนาดของอักขระที่ใช้ในโครงงานครั้งนี้ เมื่อพิจารณาดูตามลักษณะการจัดวางตำแหน่งอักขระใน 1 บรรทัดประกอบกับขนาดความสูงของอักขระทำให้สามารถแบ่งกลุ่มอักขระได้เป็นดังนี้

3.1.1 อักขระที่อยู่ในบรรทัดปกติ

หมายถึง อักขระที่ถูกจัดวางไว้ในบรรทัดปกติ คำว่า "บรรทัดปกติ" หมายถึง บรรทัดในระดับที่ 3 และอักขระในข้อนี้ก็คืออักขระในระดับที่ 3 ตามรูปที่ 3.1 อักขระในกลุ่มนี้ ได้แก่ พยัญชนะทั้ง 42 ตัวกับสระอีก 8 ตัว คือ 'ะ' , 'า' , 'เ' , 'แ' , 'ไ' , 'โ' , 'ใ' และ 'ฤ' จากอักขระในกลุ่มนี้เราสามารถแบ่งกลุ่มย่อยลงไปได้อีกคือ

3.1.1.1 อักขระที่มีขนาดปกติ

หมายถึงอักขระที่มีขนาดความสูงเท่ากับความสูงที่เป็นฐานนิยมโดยรวมของอักขระทั้งหมด ซึ่งโดยปกติแล้ว ความสูงฐานนิยม (ความสูงมาตรฐาน) ก็จะหาได้จากความสูงที่พบได้มากที่สุดในพยัญชนะของภาษาไทยทั้งหมด สาเหตุที่ใช้ความสูงฐานนิยมของพยัญชนะเป็นเกณฑ์แทนความสูงฐานนิยมของอักขระทั้งหมดได้ ก็เนื่องจากว่าจากสถิติของอักขระโดยทั่วไปในภาษาไทยพบว่าเป็นพยัญชนะถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสาร ... ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซนต์ ดังนั้นจึงใช้ความสูงของพยัญชนะเป็นเกณฑ์ได้ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และจากตารางทำให้สามารถสรุปได้ว่า ความสูงมาตรฐานก็คือความสูงขนาด 20 จุด (dots) (สามารถผิดพลาดได้ไม่เกินบวกลบ 1 จุด) ดังนั้นเราจะใช้ค่าความสูงนี้เป็นมาตรฐานสำหรับอักขระที่มีขนาดปกติ ซึ่งอักขระในกลุ่มนี้ดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.2 อักขระในภาษาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อักขระ	ความสูง (dots)	ความกว้าง (dots)	อักขระ	ความสูง (dots)	ความกว้าง (dots)
ก	20	16	ธ	20	17
ข	20	18	น	20	20
ค	20	16	บ	20	18
ฆ	20	21	ป	30	16
ง	20	12	ผ	20	15
จ	20	14	ฝ	30	21
ฉ	20	20	พ	20	20
ช	21	19	ฟ	30	19
ซ	21	20	ภ	20	19
ฌ	20	23	ม	20	17
ญ	20/8	24/12	ย	20	14
ฎ	30	18	ร	20	16
ฏ	30	17	ล	20	14
ฐ	20/9	15/15	ว	20	14
ฑ	20	23	ศ	20	18
ฒ	20	23	ษ	20	22
ณ	20	27	ส	20	17
ด	20	16	ห	20	19
ต	20	16	ฬ	20	23
ถ	20	16	อ	20	14
ท	20	19	ฮ	20	17

ตารางที่ 3.1 ขนาดความสูงและความกว้างของพยัญชนะที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อักขระ	ความสูง (dots)	ความกว้าง (dots)	อักขระ	ความสูง (dots)	ความกว้าง (dots)
ะ	7	12	ไ	35	16
า	20	13	ใ	35	14
อิ	8	15	โ	35	14
อี	10	15	ฦ	29	29
อึ	11	15	ฤ	29	27
อื	10	15		7	3
อุ	11	7	้	9	12
อู	11	12		8	14
เ	10	7		9	8
อำ	7/20	7/13		10	13
	11	12		8	16

ตารางที่ 3.2 ขนาดความสูงและความกว้างของสระและวรรณยุกต์ที่ใช้ในโครงงาน

ก ข ค 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 ฬ อ ฮ

า เ แ

รูปที่ 3.3 ตัวอักขระขนาดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 อักขระที่มีขนาดเกินปกติ

หมายถึงอักขระที่มีขนาดความสูงมากกว่าความสูงมาตรฐาน (ที่หาได้จากข้อ 3.1.1.1) โดยอาจเป็นเพราะว่าหางของอักขระนั้นอยู่สูงเกินหรืออยู่ต่ำกว่าบรรทัดปกติ ดังแสดง ในรูปที่ 3.4 ซึ่งแบ่งเป็น

1) อักษรปลายสูง คือ ' ป ' , ' ฝ ' และ ' ฟ '

2) อักษรปลายต่ำ คือ ' ฎ ' , ' ฏ ' และ ' ฤ '

3) สระปลายสูง คือ ' ไ ' , ' ใ ' และ ' โ '

ฎ	ฏ	ป	ฝ	ฟ	ไ	ใ	โ	ฤ

รูปที่ 3.4 ตัวอักขระขนาดเกินปกติ

3.1.1.3. อักขระที่มีขนาดเล็กกว่าปกติ

หมายถึงอักขระที่มีขนาดความสูงน้อยกว่าความสูงมาตรฐาน ได้แก่สระ 'ะ'

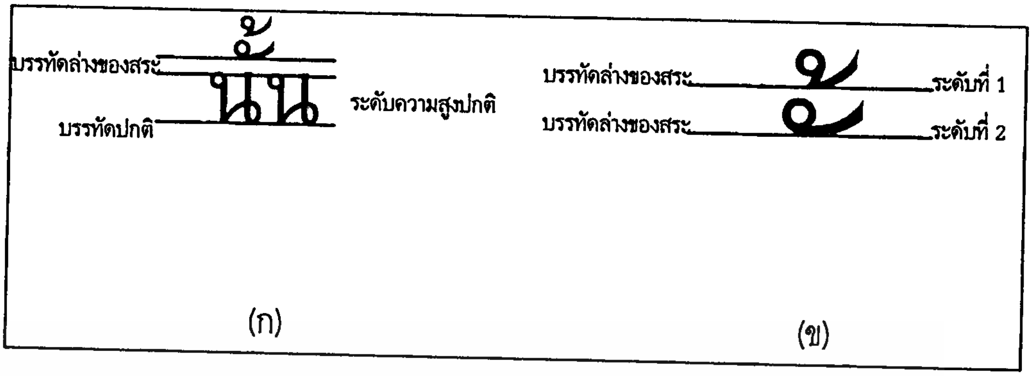
3.1.2 อักขระที่อยู่เหนือบรรทัดปกติ

หมายถึงอักขระที่มีฐาน (บรรทัดล่าง) ของอักขระอยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่าบรรทัดปกติ ดูจากรูปที่ 3.5(ก) ซึ่งตรงกับอักขระในระดับที่ 1 และ 2 ตามรูปที่ 3.5(ข) อักขระที่อยู่เหนือบรรทัดปกตินี้สามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 กลุ่มคือ

1) อักขระในระดับที่ 1 ซึ่งได้แก่ วรรณยุกต์ทั้ง 4 รูปและ ' ์ ' (การันต์)

2) อักขระในระดับที่ 2 ซึ่งได้แก่ สระบน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ,วรรณยุกต์ทั้ง 4 รูป , ไม้หันอากาศ ' ั ' ,ไม้ไต่คู้ ' ็ ' และ การันต์ ' ์ '

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

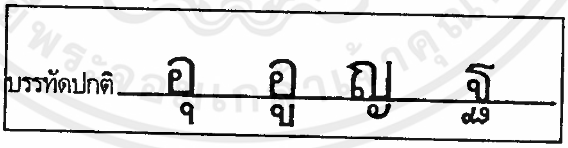


รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของอักขระในระดับต่าง ๆ กัน

รูปที่ 3.6 สระบน

3.1.3 อักขระที่อยู่ต่ำกว่าระดับปกติ

หมายถึง อักขระที่มีขอบบนของอักขระอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าบรรทัดปกติ ดังแสดงใน รูปที่ 3.7 ซึ่งอักขระดังกล่าวนี้จะถูกจัดอยู่ในระดับที่ 4 และประกอบด้วยสระ ' อุ ', สระ ' อู ', ส่วนหาง ของ' ญ ' และ ส่วนหางของ ' ฐ '



รูปที่ 3.7 อักขระที่อยู่ต่ำกว่าระดับปกติ

3.2 เซกเมนต์เตชัน

เป็นกระบวนการแยกอักขระออกจากภาพประโยคเพื่อให้ได้อักขระในรูปเดี่ยวออกมา สำหรับขั้นตอนการทำเซกเมนต์เตชันในโครงงานนี้มีดังนี้

3.2.1 การอ่านข้อมูลที่ถูกสแกนด้วยเครื่องสแกนเนอร์

ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถนำคลื่นแสงที่แทนภาพอักขระในเอกสารมาประมวลผลได้ ดังนั้นจึงต้องเก็บข้อมูลของอักขระที่สแกนได้ในรูปของแฟ้มข้อมูลแบบข้อความ (Text File) ก่อน ซึ่งโดยปกติทั่วไป ภาพที่ได้จากเครื่องสแกนเนอร์ที่ทำการสแกนออกมาจะเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในเชิงการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

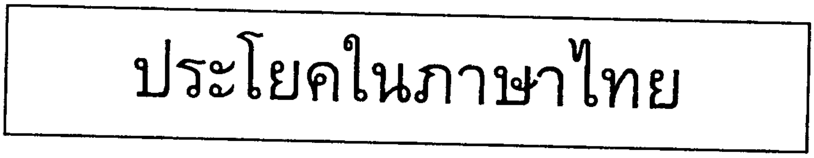
อยู่ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลที่เรียกว่าแฟ้มข้อมูล TIFF แล้วจากนั้นจึงอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล TIFF นี้ ซึ่งอยู่ในรูปของข้อความที่เป็นค่าไบนารี (Binary) คือ 0 กับ 1 แล้วนำมาทำการเซกเมนต์เตชัน ลักษณะข้อมูลในแฟ้มข้อมูล TIFF อยู่ 2 แบบ คือเป็นรูปแบบของโมโตโรลา (Motorola Format) กับรูปแบบของอินเทล (Intel Format) สำหรับในโครงงานนี้ภาพประโยคของอักขระที่ถูกสแกนผ่านเครื่องเดกค์สแกน (Deskscan) ที่ได้มาจะอยู่ในรูปแบบของอินเทล ซึ่งมีลักษณะดังนี้คือ

ค่าข้อมูลที่เป็นความกว้างและความสูงของภาพที่เราใช้สแกน จะอยู่ที่ตำแหน่งที่คงที่สามารถอ่านออกมาโดยตรงได้เลย กล่าวคือ ที่ตำแหน่ง 0x1e จะเป็นตำแหน่งที่แสดงความกว้างของภาพที่ทำการสแกน โดยจะเก็บไบต์ต่ำของขนาดความกว้างเอาไว้ที่ตำแหน่งนี้ ส่วนไบต์สูงจะเก็บไว้ในตำแหน่งถัด ไป คือที่ตำแหน่ง 0x1f และที่ตำแหน่ง 0x2a จะเป็นตำแหน่งที่แสดงความสูงของภาพที่ทำการสแกน และเช่นเดียวกันคือที่ตำแหน่งนี้จะเป็นข้อมูลในไบต์ต่ำ ส่วนข้อมูลไบต์สูงจะเก็บไว้ที่ตำแหน่งถัดไปคือ ตำแหน่ง 0x2b ดังนั้นในการนำภาพออกมาแสดง ก็จำเป็นจะต้องรู้ก่อนว่าภาพที่เราทำการสแกนเข้าไปนั้นมีขนาดความกว้างและความสูงเท่าใด และขนาดความกว้างของภาพที่อ่านออกมาได้จะต้องเป็นจำนวนที่หารด้วย 8 ลงตัวด้วยจึงจะสามารถแสดงภาพได้ถูกต้อง เช่น ขนาดความกว้างของภาพที่อ่านได้เป็น 346 จุด ดังนั้นความกว้างจริง ๆ ที่จะใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับภาพนี้ ก็เป็น 352 จุด เป็นต้น

3.2.2 การหาขอบเขตหรือกรอบของตัวอักขระแต่ละตัว

เป็นการหาขอบเขตของอักขระเดี่ยว ๆ แต่ละตัว เพื่อแยกเอาอักขระแต่ละตัวออกจากประโยคที่ประกอบด้วยอักขระหลาย ๆ ตัว ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของการทำเซกเมนต์เตชัน ดังในรูปที่ 3.8 จะเห็นว่าใน 1 ประโยคจะประกอบไปด้วยอักขระมากมาย โดยที่ค่าข้อมูลของอักขระเหล่านี้จะถูกเก็บเรียงกันไปเป็นแถวยาวจนจบไฟล์ การที่จะรู้ได้ว่าส่วนใดในแฟ้มข้อมูล TIFF ที่เป็นจุดเริ่มต้นจริงของภาพที่ไม่ใช่ส่วนของเฮดเดอร์นั้นสามารถทำได้โดยการพิจารณาที่ข้อมูลในตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งโดยปกติแล้ว ในแฟ้ม ข้อมูล TIFF แบบอินเทลนี้ ค่าข้อมูลที่เป็น 1 นี้ จะหมายถึงส่วนพื้นของภาพ และค่าข้อมูล 0 จะแสดงถึง. ส่วนเนื้อของตัวอักขระจริง ๆ ดังนั้น เมื่ออ่านค่าข้อมูลเข้าได้ 1 ไบต์แล้วพบว่าค่าข้อมูลที่อ่านมานั้นมีค่าเท่ากับ 0xFF หรือเท่ากับ 11111111 ในเลขฐานสอง ก็หมายความว่า ค่าข้อมูลที่ตรงนั้นคือส่วนพื้นของภาพไม่ใช่ส่วนที่เป็นเนื้อของตัวอักขระ เพราะโดยปกติแล้ว ทุกภาพที่นำมาสแกนจะเป็นภาพของอักขระที่มีอักขระอยู่ที่ตำแหน่งกลาง ๆ ภาพทั้งสิ้น ส่วนที่จุดเริ่มของภาพจะเป็นส่วนพื้นของภาพซึ่งว่างเปล่า (ดูจากรูป ที่ 3.8 ประกอบ) และส่วนนี้ก็คือค่าข้อมูลที่เท่ากับ 1 ทั้งสิ้นดังที่เรามองเห็นในแฟ้มข้อมูล TIFF นั่นเอง ดังนั้นถ้าเราต้องการทราบว่าตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ใด ก็สามารถรู้ได้โดยการพิจารณาว่าตำแหน่งใดเป็นตำแหน่งที่เริ่มมีค่าข้อมูลเป็น 0xFF มาก ๆ ติด ๆ กัน (ซึ่งอย่างน้อยต้องติดกันตั้งแต่ 5 ตัวขึ้นไป) ก็แสดงว่านั่นเริ่มเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของภาพแล้ว เมื่อเราทราบว่าตำแหน่งเริ่มต้นของภาพอยู่ที่ใด และทราบทั้งขนาดความกว้างและความสูงของภาพแล้ว ก็สามารถนำภาพไปใช้ในขั้นตอนการเซกเมนต์เตชันต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



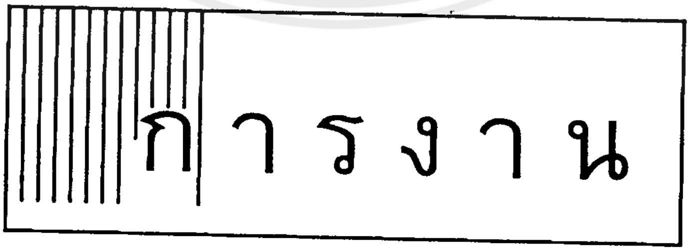
รูปที่ 3.8 ภาพโดยทั่วไปที่ใช้ในการสแกน

การที่จะแยกเอาอักขระแต่ละตัวออกมานั้นก็สามารถทำได้ดังขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

3.2.2.1 เริ่มทำการสแกนภาพในแนวตั้ง โดยเริ่มจากขอบภาพด้านซ้ายไปทางด้านขวาทีละจุดจนกว่าจะพบกับตำแหน่งที่เป็นเนื้อข้อมูลตำแหน่งแรก ให้จดไว้ว่าเป็นตำแหน่งขอบซ้ายของตัวอักขระ ดังรูปที่ 3.9

รูปที่ 3.9 การสแกนภาพเพื่อหาตำแหน่งขอบซ้าย

เมื่อได้ขอบซ้ายของอักขระแล้ว ก็ให้ทำการสแกนในแนวเดิมต่อไปทางขวาจนกระทั่งพบกับตำแหน่งที่ไม่มีเนื้อข้อมูล ก็ให้จดไว้ว่าตำแหน่งก่อนหน้านี้ 1 ตำแหน่ง เป็นตำแหน่งขอบขวาของอักขระ ดังรูปที่ 3.10

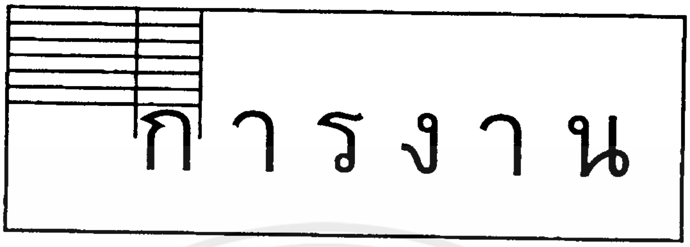


รูปที่ 3.10 การสแกนภาพเพื่อหาตำแหน่งขอบขวา

เมื่อได้ทั้งขอบซ้ายและขอบขวาของอักขระแล้ว ก็ให้ยึดขอบเขตภายในขอบซ้ายและขอบขวาของอักขระเป็นหลักในการสแกน แล้วเปลี่ยนแนวการสแกนเป็นการสแกนภาพในแนวนอน โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการสแกนตั้งแต่ขอบบนสุดของภาพลงมาจนถึงขอบล่างสุดของภาพ พิจารณาว่าที่ตำแหน่งใดที่เป็นเนื้อของข้อมูลตัวแรกก็ให้จดเอาไว้ว่าเป็นขอบบนของอักขระ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การสแกนภาพเพื่อหาตำแหน่งขอบบน

เมื่อได้ขอบบนของอักขระแล้ว ก็ให้ทำการสแกนในแนวเดิมเรื่อยลงมาทางด้านล่างของขอบภาพเพื่อหาว่าที่ตำแหน่งใดที่ไม่มีเนื้อของข้อมูลแล้ว ก็ให้จดเอาไว้ว่าที่ตำแหน่งก่อนหน้านั้น 1 ตำแหน่งคือขอบล่างของอักขระ ดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 การสแกนภาพเพื่อหาตำแหน่งขอบล่าง

เมื่อได้ขอบเขตของอักขระ 1 ตัวแล้ว ก็ให้ทำเช่นนี้ต่อไปจนครบหมดทั้งภาพซึ่งจะได้อักขระทั้งหมดในภาพออกมาเป็นตัวอักขระเดี่ยว ๆ ซึ่งขอบเขตของอักขระที่หาไว้นี้ จะทำให้เราทราบทั้งขนาดความกว้างและความสูงของตัวอักขระนั้น โดยหาได้จาก

ความกว้างของตัวอักขระ = ระยะระหว่างขอบซ้ายกับขอบขวาของตัวอักขระ

ความสูงของตัวอักขระ = ระยะระหว่างขอบบนกับขอบล่างของตัวอักขระ

แต่มีบางครั้ง ที่อักขระที่เราเซกเมนต์เตชันออกมาแล้วไม่ได้เป็นอักขระเดี่ยว ๆ โดยอาจจะเป็นอักษรที่ติดอยู่หรือเหลื่อมกับสระบางตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปั ฝั ฟั ป้ ฝ้ ฟ้ ด้ไ

รูปที่ 3.13 อักขระที่มีปัญหา

อักขระประเภทนี้ จะให้ความสูงที่ไม่ใช่ความสูงที่แท้จริงของตัวอักขระเอง แต่เป็นความสูงของอักขระรวมกับความสูงของสระที่ติดกับปลายของอักขระนี้ ปกติแล้ว อักขระที่มีปัญหาจะเป็นอักขระที่มีลักษณะดังที่สรุปไว้ดังนี้

1. ตัวอักษรปลายสูง กับ สระระดับบน เช่น

ปัน ฟัก ฝัน

2. ตัวอักษรปลายสูง กับ วรรณยุกต์ เช่น

ป้า ฝ้า แป๊ะ

3. ตัวอักษรปลายสูง กับ สระปลายสูง เช่น ไปใน

ไปใน ใฝ่ใจ

4. สระระดับบน กับ วรรณยุกต์ หรือสระระดับบน กับ สัญลักษณ์ เช่น

ผึ้ง พื้น ชื่อ ศักดิ์

5. วรรณยุกต์ กับ สระปลายสูง เช่น

ได้ใจ ให้ได้ นี้ได้

6. สระระดับบน กับ สระระดับบน เช่น บัญญัติ

สมบัติ บัญญัติ

7. สระปลายสูง กับ วรรณยุกต์ เช่น

ก็ให้ ก็ไป ก็โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. สัญลักษณ์ กับ สระปลายสูง เช่น

ผลิตภัณฑ์ใหม่

9. อักขระที่เป็นตัวเดียวกัน แต่ว่ามีช่องว่างระหว่างกันเองทำให้เวลาที่ทำการเซกเมนต์เตชันแล้ว จะได้เป็นอักขระคนละตัวกัน ได้แก่

ญ ฐ ะ

สำหรับการเซกเมนต์เตชันนี้ หลังจากได้แยกอักขระออกมาจากประโยคได้แล้ว ซึ่งลักษณะของอักขระที่ได้ถึงแม้ว่า บางตัวจะไม่ใช่อักขระเดี่ยว ๆ ก็ตาม แต่ก็ต้องนำอักขระทั้งหมดมาใช้ในขั้นตอนต่อไป ซึ่งเรียกว่า พรีรีคอกนิชัน (Pre-recognition)

3.3 พรีรีคอกนิชัน

จากอักขระทั้งหมดที่เซกเมนต์เตชันออกมาได้ จะนำอักขระเหล่านั้นมาแบ่งกลุ่มย่อย ตามลักษณะของอักขระประกอบกับตำแหน่งของอักขระในประโยค 1 บรรทัด วัตถุประสงค์ของพรีรีคอกนิชันก็เพื่อทำการจัดกลุ่มของอักขระตามลักษณะของอักขระและตำแหน่งของอักขระใน 1 บรรทัดนั้น เพื่อให้กลุ่มของอักขระได้ผ่านการจัดกลุ่มหนึ่งครั้งก่อนที่จะนำไปสู่ขั้นตอนการรีคอกนิชัน (Recognition) จริง ๆ โดยขั้นตอนของพรีรีคอกนิชันมีดังนี้

3.3.1 การหาบรรทัดปกติ

ก่อนที่เราจะสามารถจัดกลุ่มของอักขระได้ เราจะต้องทราบก่อนว่า อักขระในบรรทัดใดบ้างที่เราสามารถใช้เป็นอักขระอ้างอิงไปสู่อักขระตัวอื่น ๆ ได้ ตามปกติแล้ว เราสามารถรู้ได้ว่าอักขระใดใน 1 บรรทัดคืออักขระที่เราจะใช้เป็นอักขระอ้างอิง แต่ก่อนที่จะได้อักขระอ้างอิงมานี้ เราจะต้องรู้ก่อนว่าบรรทัดใดที่เป็นบรรทัดของอักขระอ้างอิงเหล่านี้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาให้ได้ก่อนว่า บรรทัดปกติอยู่ที่บรรทัดใด

ดังนั้นการหาบรรทัดปกติ ก็คือการหาบรรทัดปกติของพยัญชนะปกติว่าอยู่ที่ตำแหน่งใดบ้าง จากการเก็บรวบรวมสถิติของตัวอักขระทั้งหมดในภาพที่นำมาเซกเมนต์เตชัน เราจะได้ทั้งขนาดความสูงและขนาดความกว้างของตัวอักษรปกติว่ามีขนาดเป็นเท่าไหร่ ซึ่งความสูงของพยัญชนะปกตินี้เราจะเรียกว่าความสูงมาตรฐาน ซึ่งจะใช้เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบต่อไป จากนั้นก็จะหาว่าที่บรรทัดใดบ้างที่มีตัวอักษรที่มีขนาดความสูงเท่ากับขนาดความสูงมาตรฐานนี้ ก็จะได้ว่าบรรทัดนั้นเป็นบรรทัดปกตินั่นเอง

แต่เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ ในบรรทัดนั้น ๆ ไม่มีตัวอักษรที่มีขนาดความสูงเท่ากับความสูงมาตรฐานเลย ซึ่งในกรณีนี้ เราจะไม่สามารถหาบรรทัดมาตรฐานบรรทัดนี้พบ ได้จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบโดยการนำระยะห่างระหว่างบรรทัดมาใช้เพื่อคิดหาบรรทัดปกติบรรทัดต่อ ไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่เราหาบรรทัดปกติได้แล้ว เราจะต้องทำการเปรียบเทียบระหว่างบรรทัดปกติที่หาได้นั้น ว่าช่วงห่างระหว่างบรรทัดไม่เกินไปกว่าช่วงห่างของบรรทัดปกติที่ควรจะเป็น สำหรับตัวอักขระในรูปแบบนี้และขนาดของอักขระเท่านี้

3.3.2 การหาอักษรปกติ

3.3.2.1 การหาตัวอักษรปกติที่ระดับบรรทัดปกติที่หาได้

สามารถทำได้เพราะเมื่อเราได้รู้แล้วว่าบรรทัดปกตินั้นมีบรรทัดใดบ้าง ก็จะมาทำการหาตัวอักษรปกติที่อยู่ในบรรทัดนั้นทั้งหมด ซึ่งได้แก่ อักขระในรูปที่ 3.3 คือ พยัญชนะดังต่อไปนี้

ก ข ค 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 ฬ อ ฮ

รวมถึงสระที่อยู่ในบรรทัดปกติทั้งหมดที่มีความสูงไม่เกินไปกว่าความสูงของตัวอักษรปกติ ได้แก่

เ แ ะ า

ซึ่งเราสามารถหาตัวอักษรปกติจากระดับบรรทัดปกติได้โดยการตรวจสอบว่า ตัวอักษรที่มีขนาดความสูงเท่ากับขนาดความสูงมาตรฐานที่เราได้ทำการหาสถิติไว้ก่อนแล้ว และตัวอักษรปกตินี้จะต้องมีฐานของตัวอักษรอยู่พอดีกับเส้นบรรทัดปกติด้วย

จากกรณีของอักขระในบรรทัดปกติที่หาได้ สามารถทำการจัดกลุ่มย่อยแล้วรีคอกนิชันอักขระดังต่อไปนี้ได้ทันที คือ

1) สระ 'ะ'

สามารถหาได้จากตัวอักขระในบรรทัดปกติที่มีทั้งขนาดความสูงและขนาดความกว้างน้อยกว่าขนาดความสูงและความกว้างของอักษรปกติ

2) สระ 'เ' และ สระ 'แ'

เราสามารถวิเคราะห์ได้ว่าตัวอักขระใดเป็นสระเอ ก็คือดูจากตัวอักขระปกติ ที่มีความกว้างของอักขระน้อยกว่าความกว้างปกติมาก ๆ โดยที่ความกว้างปกติก็หาจากสถิติฐานนิยมของขนาดความกว้างของพยัญชนะทั้งหมด (ดูได้จากตารางที่ 3.1) แต่เนื่องจากค่าข้อมูลความกว้างของพยัญชนะมีค่ากระจาย มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงได้กำหนดค่าความกว้างปกติไว้แล้วเป็น 18 จุด ซึ่งอักขระที่มีคุณสมบัติดังนี้ ก็จะเป็นสระเอ จากนั้นก็จะทำการตรวจสอบต่อว่า สระเอนั้นมีติดกัน 2 ตัวหรือไม่ ถ้าติดกัน 2 ตัว ก็แสดงว่าเป็นสระแอ

3) อักษร 'ง'

สาเหตุที่เราสามารถทำการรีคอกนิชันตัวอักษร 'ง' ได้ ก็เนื่องจากว่า ความกว้างของอักษรตัวนี้ น้อยกว่าค่าความกว้างปกติมาก คือ เป็นค่าความกว้างที่ไม่เกาะกลุ่มกับกลุ่มของอักษรอื่น ๆ โดยทั่วไปจะสังเกตได้ว่า จากตารางที่ 3.1 ค่าความกว้างที่เกาะกลุ่มกันคือตั้งแต่ 15 จุดถึง 20 จุด แต่อักษร 'ง' กว้างเพียง 12 จุด จึงสามารถทำการแยกออกมาได้ทันทีเลย

3.3.2.2พยัญชนะที่ระดับปกตินั้น เป็นพยัญชนะที่มีปลายสูงเลยระดับปกติหรือเป็นสระที่มีปลายสูงเลยระดับปกติหรือเป็นพยัญชนะพิเศษที่มีการติดกับสระบนหรือวรรณยุกต์

การหาพยัญชนะหรือสระที่มีปลายสูงเกินกว่าระดับปกติ ก็สามารถทำได้ดังนี้ คือ

1) พยัญชนะที่มีปลายสูงเกินระดับปกติ

สามารถหาได้จาก อักขระที่มีขนาดความกว้างของตัวอักขระเท่ากับขนาดความกว้างของตัวอักษรปกติ แต่ว่ามีความสูงของตัวอักขระเกินกว่าความสูงของตัวอักษรปกติ ได้แก่

ป ฝ ฟ

2) สระที่มีปลายสูงเกินระดับปกติ

สามารถหาได้จาก อักขระที่มีขนาดความกว้างของตัวอักขระน้อยกว่าขนาดความกว้างของตัวอักษรปกติ แต่ว่ามีความสูงของตัวอักขระเกินกว่าความสูงของตัวอักษรปกติ ได้แก่

ไ ใ โ

3.3.3 การหาพยัญชนะพิเศษที่มีการติดกับสระหรือวรรณยุกต์ตัวอื่น

สามารถหาได้จาก อักขระที่มีขนาดความกว้างของตัวอักขระเกินกว่าความกว้างของตัวอักษรปกติและมีความสูงของตัวอักขระเกินกว่าความสูงของตัวอักษรปกติด้วย ได้แก่

ปัน ฟัน ฝัน ไ๊

3.3.4การหาสระหรือวรรณยุกต์ในแถวบนของตัวอักษรในบรรทัดปกตินั้น

3.3.4.1 สระหรือวรรณยุกต์ที่มีขนาดปกติ

สามารถหาได้จากตัวอักขระที่มีบรรทัดล่างของตัวอักขระเองอยู่ในบรรทัดที่ต่ำกว่าบรรทัดปกติที่หาได้ลบด้วยขนาดของตัวอักษรปกติ เช่น บรรทัดปกติอยู่ที่บรรทัดที่ 100 และขนาดความสูงของตัวอักษรปกติเท่ากับ 20 ดังนั้นอักขระที่อยู่ต่ำกว่าบรรทัดที่ 100-20=80 และมีขนาดความสูงของอักขระน้อยกว่าขนาดความสูงของตัวอักษรปกติ ก็คือสระหรือวรรณยุกต์ในแถวบนของตัวอักษรในบรรทัดปกตินั้น

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.2 สระหรือวรรณยุกต์ที่มีขนาดผิดปกติ

จะต่างจากข้อ 5.1 ก็คือ ขนาดความสูงของตัวอักขระจะมากกว่าจนเกือบจะเท่าขนาดของตัวอักษรปกติ ดังนั้นจึงสามารถหาสระหรือวรรณยุกต์ที่ผิดปกติได้จากสระหรือวรรณยุกต์ที่มีขนาดเกือบเท่ากับขนาดความสูงของตัวอักษรปกติซึ่งมีค่าประมาณ 20 จุด แต่ว่าขนาดความสูงของสระหรือวรรณยุกต์อย่างมากก็ไม่เกิน 10 จุด

3.4 การตามขอบภาพ (Contouring)

เนื่องจากบางภาพที่ทำการตัดขอบแล้วพบว่ามีตัวอักษรมากกว่า 1 ตัวที่อยู่ภายในภาพที่ทำการตัดขอบแล้ว เนื่องจากลักษณะของการล้ำหน้าและล้ำหลังของตัวอักษรตามรูปที่ 3.14 จะพบว่าขอบทางขวามือของไม้โทอยู่ล้ำเข้าไปในขอบซ้ายของสระโอ การตัดขอบภาพแบบธรรมดาจึงไม่สามารถตัดภาพได้ ดังนั้นจึงต้องมีการตามขอบภาพของตัวอักษรทีละตัว แล้วจึงค่อยนำมาประมวลผลภาพย่อยๆนั้นได้

3.4.1 ขั้นตอนการตามขอบภาพ

1.อ่านภาพทั้งหมดที่ทำการตัดขอบแล้วมาตรวจสอบหาจุดเริ่มต้นของตัวอักษรทางซ้ายมือสุด

2.ทำการตามขอบภาพไปจนกระทั่งวนกลับมาหาจุดเริ่มต้น

3.บันทึกข้อมูลภาพที่ทำการตามขอบของตัวอักษรนั้นลงแฟ้มข้อมูลของตัวอักษรนั้น

4.เปลี่ยนจากเนื้อข้อมูลที่ทำการตัดขอบภาพแล้วให้กลายเป็นพื้นของตัวอักษรเพื่อที่ว่าในการประมวลผลภาพตัวอักษรที่เหลือซึ่งจะทำการตามขอบต่อไปจะได้ทำได้ง่ายขึ้น

5.ตรวจสอบว่ายังมีภาพตัวอักษรที่จะให้ตามขอบอีกหรือไม่ ถ้ามีอีกก็ไปทำตามข้อ 1 ใหม่ ถ้าไม่มีก็จบโปรแกรม

3.4.2 หลักในการตามขอบภาพ

จะใช้หน้าต่างขนาด 3x3 โดยที่ตำแหน่งต่างๆจะเป็นดังนี้

0	1	2
3	4	5
6	7	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
........................IIIIIII...
.......................IIIIIIIIII.
......................III....IIIII
.............IIII....III.......II.
...........IIIIII......IIIII..II..
...........I...II.....IIIII.III...
...........II..II.....III..III....
...........IIII.....IIII...III....
............IIIIIIIIII.....III....
..............IIIIIIII.....III....
..............IIII.........III....
.............IIII..........III....
...........................III....
...........................III....
...........................III....
..III......IIIII...........III....
.IIIII....III.III..........III....
II..III...II....II.........III....
II...II....II...II.........III....
III..II....IIII.II.........III....
.IIIIII.....IIIII..........III....
..IIIII......IIII..........III....
....III....IIIIIII.........III....
....III...III..IIII........III....
....III....II...III........III....
....III...II....III........III....
....III.III.....III........III....
....III.III.....III........III....
....III.II......III........IIIII..
....IIIII.......III........IIIIII.
....IIII........III........III..II
....IIII........III........III..II
....III.........III........III..II
....II..........III.........II..II
....II..........III..........IIII.
```

รูปที่ 3.14 ภาพอักขระที่มีขอบเหลื่อมล้ำกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่จะบรรจุลงบนหน้าต่างทั้ง 9 ช่องจะมีเพียงค่า 0 กับ 1 เท่านั้นค่า 0 แสดงถึงว่าที่ตำแหน่งตรงนั้นคือพื้นตัวอักษร ส่วนค่า 1 คือเนื้อตัวอักษร ที่ช่องหมายเลข 4 คือช่องของตำแหน่งปัจจุบัน ส่วนช่องหมายเลขอื่นก็จะพิจารณาไปตามตำแหน่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตำแหน่งปัจจุบัน โดยที่ช่องที่ 4 จะเป็นช่องที่มีค่า 1 ตลอดเนื่องจากเป็นช่องที่เราพิจารณาว่าเป็นขอบ ดังนั้นจึงเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อตัวอักษร สมมติว่าเราพิจารณาแล้วพบว่าที่ช่องหมายเลข 2 คือ ขอบที่ตำแหน่งถัดไป ดังนั้นช่องหมายเลข 2 จะกลายเป็นช่องหมายเลข 4 ของหน้าต่างถัดไป

การพิจารณาหาขอบภาพตัวอักษร จะพิจารณาไปทีละทิศทางเริ่มจากมองไปทางขวามือก่อน แล้วเมื่อพบว่าไม่มีขอบทางขวามือเลยก็จะพิจารณาในทิศทางด้านล่าง เมื่อพบว่าไม่มีขอบทางด้านล่างก็จะพิจารณาในทิศทางด้านซ้ายมือเป็นลำดับสุดท้าย

3.4.3 การมองในทิศทางขวามือ

		1
	X	2
	4	3

ให้ x คือการแทนตำแหน่งปัจจุบัน และ 1 , 2 , 3 , 4 คือ ช่องหน้าต่างที่เรากำลังพิจารณาเท่านั้น ส่วนช่องหน้าต่างอื่นเราไม่สนใจว่าจะมีเนื้อตัวอักษรอยู่หรือไม่ โดยการพิจารณาจะตามลำดับความสำคัญคือจะเริ่มดูที่ช่องหน้าต่างหมายเลข 1 ก่อน ถ้าพบว่าเป็นเนื้อของตัวอักษรคือที่ช่องหน้าต่างหมายเลข 1 จะมีค่าเท่ากับ 1 ก็จะให้ช่องหมายเลข 1 เป็นขอบถัดไปจากตำแหน่งที่ x ในปัจจุบัน ดังนั้น ช่องหน้าต่างที่ 1 จะกลายเป็นตำแหน่งปัจจุบัน ซึ่งก็คือ x ของหน้าต่างถัดไปนั่นเอง ในกรณีที่ช่องหน้าต่างที่ 1 เป็นพื้นของตัวอักษรนั่นคือมีค่าเท่ากับ 0 ก็จะดูในช่องหน้าต่างหมายเลข 2 ต่อไป และจะพิจารณาเช่นเดียวกับช่องหน้าต่างหมายเลข 1 ข้างต้น และจะพิจารณากับช่องหน้าต่างหมายเลข 3 และ 4 ตามลำดับ จะไม่มีการข้ามขั้นการพิจารณา ถ้าพิจารณาในช่องหน้าต่างที่ 4 แล้วก็ยังไม่พบเนื้อของตัวอักษรเลย ก็จะเริ่มพิจารณาในทิศทางด้านล่าง

3.4.4 การมองในทิศทางลง

5		
4	X	
3	2	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลขที่กำกับช่องหน้าต่างแสดงถึงลำดับความสำคัญในการพิจารณา คือจะต้องพิจารณาช่องหน้าต่างที่ 1 ก่อนเสมอ แล้วค่อยพิจารณาช่องหน้าต่างที่ 2 , 3 , 4 , 5 ตามลำดับ วิธีการพิจารณาก็เหมือนกับการมองในทิศทางขวามือ แต่จะมีข้อเพิ่มเติมคือ ถ้าพบว่าขอบถัดไปคือตำแหน่งในช่องหน้าต่าง 1 หรือ 2 หรือ 3 (มีลักษณะที่เหมือนกันคือค่าตำแหน่งแถว (row) อยู่ต่ำลงมา 1 ตำแหน่ง) ก็จะบังคับว่าครั้งต่อไปในการมองให้มองในทิศทางขวามือ ไม่ใช่มองในทิศทางลง แต่สำหรับช่องหน้าต่างที่ 4 และ 5 นั้นก็พิจารณาเหมือนปกติ หากพบว่าทั้ง 5 ช่องหน้าต่างไม่มีเนื้อของตัวอักษรเลยก็จะเริ่มพิจารณาในทิศทางซ้ายมือ

3.4.5การมองในทิศทางซ้ายมือ

3	4	5
2	X	
1		

เช่นเดียวกับการพิจารณาในทิศทางขวามือคือจะเรียงตามลำดับความสำคัญ จะสังเกตเห็นได้ว่าเราพิจารณาครบรอบจุดที่เราพิจารณาคือ จุด x เราพิจารณาทั้งทิศทางขวามือ , ทิศทางด้านล่างและ ทิศทางซ้ายมือ หากพบว่าโดยรอบไม่มีเนื้อตัวอักษรเลย แสดงว่าจุดที่เรากำลังพิจารณานั้นหามาได้ผิดเนื่องจากเป็นจุดรบกวน (noise) ที่ไม่ได้เป็นเนื้อของตัวอักษรที่กำลังพิจารณาอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง

ลองทำการตามขอบไม้โทซึ่งอยู่ล้ำเข้าไปในสระโอตามรูปที่ 3.15 จะได้ขอบของภาพดังนี้

```
  IIII
IIIIII
I   II
II  II   II
 IIIIIIIIII
   IIIIIIII
   IIII
  IIII
```

```
   IIIIIII
  IIIIIIIIII
 III     IIIII
III        II
  IIIII   II
 IIIII III
 III  III
      III
      III
      III
      III
      III
      III
      III
      III
      III
     III
     III
     III
     III
     III
     III
     III
     III
     III
     III
     III
     III
     IIIII
     IIIIIIII
     III  II
     III  II
     III  II
      II  II
       IIII
```

รูปที่ 3.15 ภาพที่ได้จากการตามขอบภาพของอักขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อทำการบันทึกภาพสมบูรณ์แบบของไม้โทและสระโอที่ทำการตามขอบแล้ว จะเป็นดังนี้

```
..IIII.....
IIIIII.....
I...II.....
II..II...II
.IIIIIIIIII
...IIIIIIII
...IIII....
..IIII.....
```

```
...IIIIIII...
..IIIIIIIIII.
.III....IIIII
III.......II.
..IIIII..II..
.IIIII.III...
.III..III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......III....
......IIIII..
......IIIIIII
......III..II
......III..II
......III..II
.......II..II
........IIII.
```

รูปที่ 3.16 การบันทึกภาพของอักขระที่ได้จากการตามขอบภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การจดจำตัวอักษร

วิธีการที่จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ ได้เรียนรู้ลักษณะรูปแบบตัวอักษรตลอดจนถึงการจัดทำพจนานุกรมสำหรับไว้เก็บรหัสต้นแบบเพื่อการเปรียบเทียบกับอักขระที่นำมาทดสอบ วิธีหนึ่งก็คือใช้การหาลักษณะเด่นของตัวอักษร (Feature Concentrate Method) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.5.1 การหารูปแบบเริ่มต้น (Initial Feature Extraction)

ข้อมูลที่ได้จากเครื่องฮิวเลตต์ แพคการ์ด สแกนเนอร์ จะถูกสร้างเป็นแฟ้มข้อมูลเก็บไว้ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว แล้วจากนั้นก็นำมาแปลงให้อยู่ในรูปของตัวเลขไบนารีคือ 0 กับ 1 โดยในส่วนเนื้อของตัวอักษรจะแทนด้วยค่า 1 และในส่วนพื้นของตัวอักษรจะแทนด้วยค่า 0 ดังแสดงในรูปที่ 3.17 แล้วพิจารณาสร้างเป็นรหัส 2 ส่วนคือ

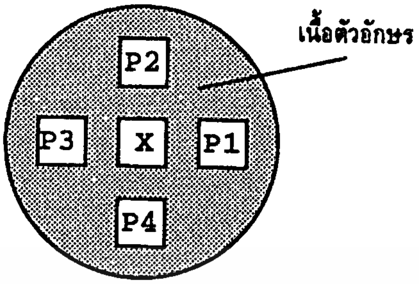
```
0011110000000011100000
1110011100000110111000
1100011100001100011000
1100011100001100011000
1110011100001100011000
1111011100001111011000
0111111100000111111100
0000001110000000111110
0000000110000000111110
0000001100000000111111
0000001100000001100011
0000001110000001100011
0000001110000011000011
0000001110000011000011
0000000110000110000011
0000000110001100000011
0000000110001100000011
0000001110011000000011
0000001110110000000011
0000001111110000000111
0000001111100000000011
0000001111000000000111
0000011100000000000111
```

รูปที่ 3.17 แสดงข้อมูลจากเครื่องสแกนเนอร์

3.5.1.1 การพิจารณาเนื้อของตัวอักษร

พิจารณาจุดดำ "1" ที่เป็นส่วนเนื้อตัวอักษร พร้อมกับดูข้อมูลที่อยู่ข้างเคียงว่าเป็น "1" หรือ "0" ซึ่ง "0" หมายถึงพื้นตัวอักษร ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะถูกแทนด้วยรหัส P การแปลงจะแปลงโดยอาศัย P-code พิจารณาค่าที่อยู่โดยรอบจุดที่สนใจนั้นทั้ง 4 ทิศทาง ตามลำดับในรูปที่ 3.18 แล้วนำไปหารหัสแทนที่ตามตารางที่ 3.3 จะได้รหัสออกมา 4 ลักษณะคือ H,V,I,S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 พิจารณาเนื้อตัวอักษร

โดยที่ P1(X) คือจุดที่อยู่ทางด้านขวาของจุดที่พิจารณา
โดยที่ P2(X) คือจุดที่อยู่ทางด้านบนของจุดที่พิจารณา
โดยที่ P3(X) คือจุดที่อยู่ทางด้านซ้ายของจุดที่พิจารณา
โดยที่ P4(X) คือจุดที่อยู่ทางด้านล่างของจุดที่พิจารณา

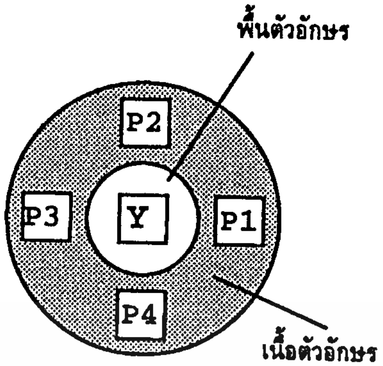
เงื่อนไข	รหัส	ลักษณะเส้น
(1-P2(X)*P4(X))*P1(X)*P3(X) = 1	H	แนวตั้งตรง
(1-P1(X)*P3(X))*P2(X)*P4(X) = 1	V	แนวนอน
(1-P1(X)*P3(X))*(1-P2(X)*P4(X)) = 1	S	แนวทแยง
(P1(X)*P2(X)*P3(X)*P4(X)) = 1	I	ทึบอยู่ภายใน

ตารางที่ 3.3 การกำหนดค่า P-code

3.5.12 การพิจารณาพื้นของตัวอักษร

ซึ่งถูกแทนด้วย 0 จะแปลงโดยอาศัย Q-code พิจารณาหาค่าในทิศทางทั้ง 4 ว่าเป็น 1 หรือไม่ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.19 แล้วนำไปคำนวณหาค่า K ตามสมการที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 พิจารณาพื้นตัวอักษร

K = 8*q1(y)+4*q2(y)+2*q3(y)+1*q4(y) .... (1)

หรือนำลักษณะที่สังเกตได้ไปพิจารณาเทียบกับตารางแสดงค่า Q-code ในตารางที่ 3.4 ซึ่งจะได้ค่าออก มามีความแตกต่างกัน 16 ค่า ตั้งแต่ q0,q1,q2,...,q15 (แสดงด้วย A,B,...,P)

รหัส Q	สัญลักษณ์ เลขฐานสิบหก	รูปแบบ	รหัส Q	สัญลักษณ์ เลขฐานสิบ	รูปแบบ
Q0	0	0 0 0 0 0	Q8	8	
Q1	1	0 0 0 0 1	Q9	9	
Q2	2	0 1 0 0 0	Q10	A	
Q3	3	0 1 0 0 1	Q11	B	0 1 0 1 1

ตารางที่ 3.4 แสดงการกำหนดค่า Q-code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q4	4	1	Q12	C	1
		0 0 0			0 0 1
		0			0
Q5	5	1	Q13	D	1
		0 0 0			0 0 1
		1			1
Q6	6	1	Q14	E	1
		1 0 0			1 0 1
		0			0
Q7	7	1	Q15	F	1
		1 0 0			1 0 1
		1			1

ตารางที่ 3.4 แสดงการกำหนดค่า Q-code (ต่อ)

```
JJshhsLLLLLLLLshsDDDDD
shsPPvhsLLLLLssPshsDDD
vvPPPvivLLLLsvPPPvvDDD
vvPPPvivLLLLvvPPPvvDDD
visPPvivLLLLvvPPPvvDDD
siisPvivLLLLsihsPvvDDD
MshhhhivLLLLPshhhiisDD
MMMMMMsisLLLPPPPviiisD
MMMMMMNvsLLLPPPPviiivD
MMMMMMsvPLLLPPPPvhhhis
MMMMMMvvPLLLPPPsvOOFvv
MMMMMMvisLLLPPPvsOOFvv
MMMMMMvivLLLPPsvOOOFvv
MMMMMMsivLLLPPvsOOOFvv
MMMMMMNvvLLLPssOOOOFvv
MMMMMMNvvLLLsvOOOOOFvv
MMMMMMNvvLLLvsOOOOOFvv
MMMMMMsivLLssOOOOOOFvv
MMMMMMvivLsvOOOOOOOFvv
MMMMMMviihisOOOOOOOsiv
MMMMMMviiisOOOOOOOOFvv
MMMMMMviisOOOOOOOOOsiv
MMMMMshsOOOOOOOOOOOshs
```

รูปที่ 3.20 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอน Initial Feature Extraction

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากการพิจารณาทั้ง 2 อย่าง ก็จะทำการปรับรูปแบบซึ่งเป็นการรวมพื้นของตัวอักษรที่สัมพันธ์ทางโครงสร้างกับรหัสข้างเคียงเข้าด้วยกัน โดยอาศัยคุณสมบัติทางโทโปโลยีเพื่อจะนำไปใช้พิจารณาลดลักษณะที่ซับซ้อนที่ให้ความหมายเดียวกันลงไป

3.5.2 การปรับรูปแบบ (Unification)

เป็นส่วนในการเปลี่ยน Q-code เพื่อแสดงลักษณะที่เป็นโครงสร้างที่แท้จริงโดยอาศัยคุณสมบัติทางโทโปโลยี ด้วยการนำค่า Q-code ที่อยู่ติดกันมาพิจารณาเปลี่ยนรหัสใหม่ ตามกฎเกณฑ์ของการปรับรูปแบบในตารางที่ 3.5

รหัส Q ลำดับ 1	รหัส Q ลำดับ 2	รหัส Q ลำดับ 3
□	⊓ ⊐ ⊔ ⊏ | | =	⊓ ⊐ ⊔ ⊏ | | =
⊓	⊔ หรือ | |	| |
⊐	⊏ หรือ =	=
⊔	⊓ หรือ | |	| |
⊏	⊐ หรือ =	=

ตารางที่ 3.5 Unification Rule

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
JJshhsLLLLLLLLshsDDDDD
shsPPvhsLLLLLssPshsDDD
vvPPPvivLLLLsvPPPvvDDD
vvPPPvivLLLLvvPPPvvDDD
visPPvivLLLLvvPPPvvDDD
siisPvivLLLLsihsPvvDDD
MshhhhivLLLLLshhhiisDD
MMMMMMsisLLLLLLLviiisD
MMMMMMNvsLLLLLLLviiivD
MMMMMMsvLLLLLLLLvhhhis
MMMMMMvvLLLLLLLsvOOOvv
MMMMMMvisLLLLLLvsOOOvv
MMMMMMvivLLLLLsvOOOOvv
MMMMMMsivLLLLLvsOOOOvv
MMMMMMNvvLLLLssOOOOOvv
MMMMMMNvvLLLsvOOOOOOvv
MMMMMMNvvLLLvsOOOOOOvv
MMMMMMsivLLssOOOOOOOvv
MMMMMMvivLsvOOOOOOOOvv
MMMMMMviihisOOOOOOOsiv
MMMMMMviiisOOOOOOOOOvv
MMMMMMviisOOOOOOOOOOiv
MMMMMshsOOOOOOOOOOOOhs
```

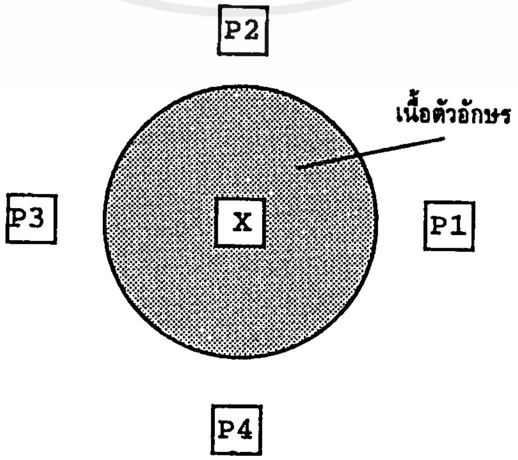
รูปที่ 3.21 แสดงข้อมูลที่ผ่านขั้นตอน Unification

3.5.3 การรวมลักษณะโครงสร้างของรูปแบบ (Concentration)

เป็นกระบวนการในการเก็บเอารหัสที่ได้จาก Initial Feature Extraction และ Unification มาเป็น รหัสเฉพาะของตัวอักษรนั้น โดยการแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.5.3.1 เนื้อตัวอักษร

ซึ่งเป็นลักษณะของ P-code โดยพิจารณาหา Q-code ที่อยู่โดยรอบทั้ง 4 ทิศทางตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.22 แล้วนำมาสร้างเป็นรหัส Concentrate

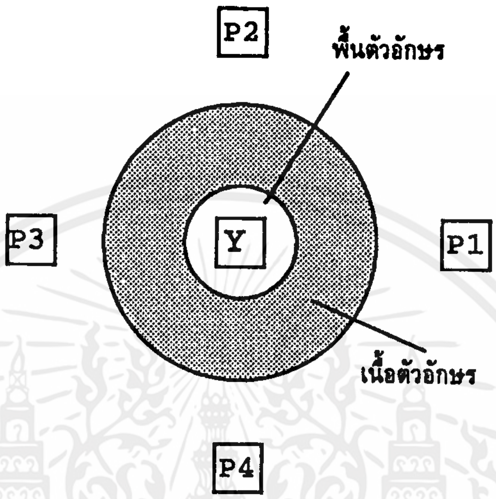


รูปที่ 3.22 หารหัส concentrate ด้วยเนื้อตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ... ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3.2 พื้นตัวอักษร

ซึ่งเป็นลักษณะของ Q-code โดยพิจารณาหา Q-code ที่อยู่ถัดไปจาก P-code ที่อยู่ถัดจากจุดที่พิจารณาออกไปทั้ง 4 ทิศทางตามลำดับ ดังรูปที่ 3.23 แล้วนำมาสร้างเป็นรหัส concentrate

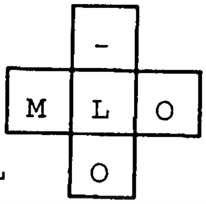


รูปที่ 3.23 หารหัส concentrate ด้วยพื้นตัวอักษร

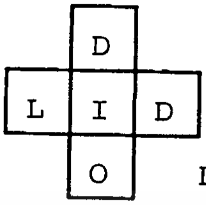
3.5.4 Concentrate code bit structure

เป็นการเก็บค่าของรหัสการรวมลักษณะโครงสร้างของรูปแบบที่ได้เป็นโครงสร้างของบิท ซึ่งการพิจารณาค่ารหัสการรวมลักษณะโครงสร้างของรูปแบบ แล้วนำมาแปลงให้อยู่ในลักษณะของคอนเซนเตรต เวิร์ด (Concentrate Word) ดังรูปที่ 3.24 และจะสังเกตได้ว่า Q-code ที่อยู่รอบบิทที่อยู่ใกล้กับจุดที่สนใจจะไม่ถูกพิจารณา ซึ่งมีค่าเป็น 1 เสมอจากการผ่านจุดที่เป็น P-code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



O-MOL
625B



DDLOI
85D8

```
JJshhsLLLLLLLLshsDDDDD
shsPPvhsLLLLLssPshsDDD
vvPPPvivLLLLsvPPPvvDDD
vvPPPvivLLLLvvPPPvvDDD
visPPvivLLLLvvPPPvvDDD
siisPvivLLLLsihsPvvDDD
MshhhhivLLLLLshhhiisDD
MMMMMMsisLLLLLLLviiisD
MMMMMMNvsLLLLLLLviiivD
MMMMMMsvLLLLLLLLvhhhis
MMMMMMvvLLLLLLLsvOOQvv
MMMMMMvisLLLLLLvsOOOvv
MMMMMMvivLLLLLsvOOOOvv
MMMMMMsivLLLLLvsOOOOvv
MMMMMMNvvLLLLssOOOOOvv
MMMMMMNvvLLLsvOOOOOOvv
MMMMMMNvvLLLvsOOOOOOvv
MMMMMMsivLLssOOOOOOOvv
MMMMMMvivLsvOOOOOOOOvv
MMMMMMviihisOOOOOOOsiv
MMMMMMviiisOOOOOOOOOvv
MMMMMMviisOOOOOOOOOOiv
MMMMMshsOOOOOOOOOOOOhs
```

รูปที่ 3.24 แสดงการหา Concentrate Word

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Concentrate Code	จำนวน
C30C	95
63OE	73
625B	49
630C	47
704	43
......	..
80BB	2
C092	2
85D2	2
C0F2	2
702	2

ตารางที่ 3.6 แสดงการแจกแจงความถี่ของ Concentrate code จากอักษร 'ห'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลที่ได้จากโครงงาน

ตามลักษณะของอัลกอริทึมที่ใช้ในโครงงานนี้ จะประกอบด้วยอัลกอริทึมที่เกี่ยวกับการแยกตัวอักขระออกจากประโยคให้ได้เป็นอักขระเดี่ยว ๆ แล้วจากนั้นจะนำอักขระที่ได้ไปจัดกลุ่มย่อย ดังที่ได้อธิบายไว้บ้างแล้วในบทที่ 3 โดยการจัดกลุ่มย่อยที่ใช้ โดยส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของตัวอักขระเอง ตัวอย่างเช่น ดูจากความสูงหรือความกว้างของตัวอักขระ หรือพิจารณาจากตำแหน่งที่พบอักขระนั้น ๆ เป็นต้น

อักขระที่มีทั้งหมดในภาษาไทยสามารถจำแนกให้เห็นการแบ่งกลุ่มได้อย่างชัดเจน คือสามารถทำการแบ่งครั้งแรกสุดโดยแบ่งตามระดับของอักขระในบรรทัดนั้น เช่น ก อยู่ในระดับที่ 3 เป็นต้น จากนั้นก็จะนำเอาอักขระที่ผ่านขั้นนี้ไปแล้ว ไปทำการจัดกลุ่มย่อยอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 การจัดกลุ่มย่อยของอักขระในภาษาไทยในระดับที่ 3

เมื่อเราสามารถจำแนกอักขระทั่วไปในภาษาไทยได้เป็น 3 กลุ่มย่อยดังที่เห็นนี้แล้ว ก็ถือว่าขอบเขตของตัวอักขระได้แคบลงแล้ว สิ่งที่ใช้เป็นตัวตัดสินว่าอักขระตัวใดควรจะอยู่กลุ่มใดก็ทำได้ โดยอาศัยค่าข้อมูลที่สำคัญและจำเป็น ดังนี้คือ

1) ค่าความสูงมาตรฐาน

ซึ่งกำหนดให้เป็น 20 จุด ก็หมายถึงค่าความสูงของตัวอักษรปกติทั่วไป

2) ค่าความกว้างปกติ

ซึ่งกำหนดให้เป็น 18 จุด ก็หมายถึงค่าความกว้างของตัวอักษรปกติทั่วไป

3) ค่าความสูงพิเศษ

ซึ่งกำหนดให้เป็น 30 จุด ก็หมายถึงค่าความสูงของอักษรปลายสูง ซึ่งปกติจะมากกว่าค่าความสูงมาตรฐาน

4) ค่าความกว้างพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งกำหนดให้เป็น 23 จุด ก็หมายถึงค่าความกว้างของอักษรที่มีขนาดความกว้างมากกว่าค่าความกว้างปกติ

5) ค่าความสูงน้อยที่สุด

ซึ่งกำหนดให้เป็น 10 จุด หมายถึงค่าความสูงที่น้อยกว่าความสูงมาตรฐาน ซึ่งเป็นความสูงของสระหรือวรรณยุกต์

สาเหตุที่เราสามารถกำหนดขนาดความสูงหรือความกว้างในแบบต่าง ๆ ได้เลย ก็เนื่องจากว่าในโครงงานนี้ เป็นงานสำหรับรูปแบบตัวอักษรแบบเดียว (Single Font) ดังนั้นจึงสามารถกำหนดค่าข้อมูลต่างต่างไว้ใช้ในโครงงานได้เลย แต่ค่าข้อมูลที่กำหนดไว้เหล่านี้ ก็มีความสัมพันธ์กับขนาดของข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงจริง ไม่ใช่เป็นการกล่าวอ้างขึ้นมา โดยสามารถเทียบดูได้จากตารางที่ 3.1 และ 3.2 ในบทที่ 3 ประกอบ

จากนี้เราจะมากล่าวถึงรายละเอียดสำหรับการจัดกลุ่มอักขระที่อยู่ในระดับที่ 1,2,3 และ 4 ว่าใช้หลักการอะไรบ้าง

4.1 อักขระที่บรรทัดปกติ

4.1.1 อักขระปกติ

ก็คือตัวอักษรหรือสระที่มีความสูงเท่ากับความสูงมาตรฐาน (ผิดพลาดได้ไม่เกิน 1 จุด) และสามารถแบ่งย่อยได้เป็น

4.1.1.1 ตัวอักษรปกติที่มีขนาดความกว้างใกล้เคียงความกว้างปกติ เช่น

ก ข ค า

เป็นอักขระประเภทที่มีมากที่สุด สามารถทำการแยกออกมาได้โดยการตรวจสอบว่าอักขระใด ที่มีความกว้างใกล้เคียงกับความกว้างมาตรฐาน (20 จุด) คือให้อยู่ในช่วงระหว่าง 15-22 จุด สำหรับรหัสของกลุ่ม อักขระปกติก็คือ 300

4.1.1.2 ตัวอักษรปกติที่มีขนาดความกว้างน้อยกว่าความกว้างปกติมาก (ต้องน้อยกว่าอย่างน้อย 5 จุดขึ้นไป) ซึ่งจะมีอยู่ 3 ตัวคือ

ง เ แ

ในครั้งแรกที่ทำการเซกเมนต์เตชัน จะยังไม่ได้เป็นสระ 'แ' แต่จะได้เป็นสระ 'เ' ออกมา เราจะ ทำการแยกระหว่างอักษร 'ง' กับสระ 'เ' ก่อน และเพราะว่า ขนาดความกว้างของอักษร 'ง' จะประมาณ 12-13 จุด ในขณะที่สระ 'เ' จะกว้างแค่เพียง 7-8 จุด ดังนั้นก็สามารถตรวจสอบและแยกสระ 'เ' ออกมาได้ ส่วนสระ 'เ' เราจะนำไปทำการตรวจรู้ต่อว่า อักขระที่อยู่ในลำดับติดกัน ถ้าเป็นสระ 'เ' ติดกัน 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัว ก็แสดงว่าเป็นสระ 'แ' ไม่ใช่สระ 'เ' ส่วนรหัสของอักขระในกลุ่มนี้ จะได้รหัสของ 'ง' คือ 301 รหัสของสระ 'เ' คือ 3011 และรหัสของสระ 'แ' คือ 3012

4.1.1.3 ตัวอักษรปกติที่มีความกว้างมากกว่าความกว้างปกติมาก (มากกว่าตั้งแต่ 5 จุดขึ้นไป) ได้แก่

ฌ ญ ฒ ณ ษ ฑ ฬ

สามารถทำการแยกออกมาได้ โดยการตรวจสอบว่าอักขระใดที่มีความกว้างเท่ากับหรือมากกว่าความกว้างพิเศษ (23 จุด) แต่ไม่เกิน 27 จุด สำหรับอักษรประเภทนี้ให้ใช้รหัส 302 และจากอักษรในกลุ่มนี้ เรายังสามารถทำการแยกย่อยออกไปได้อีก คือ เราสามารถตรวจสอบได้ว่าอักขระตัวใดเป็น 'ญ' หรือ 'ฐ' โดยวิธีการพิจารณาจากส่วนหางของ ตัวอักษร 2 ตัวนี้ ให้ดูในหัวข้อที่ 4.3 ประกอบ

4.1.1.4 ตัวอักษรที่มีความสูงเท่ากับความสูงปกติแต่มีความกว้างมากกว่าความกว้างปกติมาก คือมากกว่าประมาณ 10 จุด และความกว้างนี้จะมากกว่าตัวอักษรในข้อ 4.1.1.3 ด้วย มักจะเป็นอักขระที่ติดกัน 2 ตัว ที่ไม่สามารถใช้การสแกนภาพแบบปกติคือสแกนตามได้แนวนอนและแนวตั้งดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ทำการแยกออกมาได้ ต้องใช้วิธีการตามขอบภาพมาช่วยและให้ใช้รหัสเป็น 399 เช่น

ษา รา

4.1.2 อักขระที่มีความสูงมากกว่าความสูงมาตรฐาน

ตัวอักษรในลักษณะนี้ จะมีความสูงมากกว่าความสูงมาตรฐานมาก คือมากกว่าอย่างน้อย 5 จุด ขึ้นไป และใกล้เคียงกับความสูงพิเศษ คืออยู่ในช่วงประมาณ 29-30 จุด อักษรประเภทนี้ได้แก่

ป ฟ ฝ ฎ ฏ ฤ

อักษรในกลุ่มนี้ยังสามารถแยกออกได้เป็นกลุ่มย่อย ๆ คือ

4.1.2.1 อักษรปลายสูงที่มีความสูงเท่ากับความสูงพิเศษ (ค่าความผิดพลาดไม่เกิน 1 จุด) และมีความกว้างเท่ากับความกว้างปกติทั่วไป คือประมาณ 17-19 จุด ก็จะเป็นตัวอักษรปลายสูงธรรมดาและใช้รหัสเป็น 310 อักษรในกลุ่มนี้ได้แก่

ป ฟ

4.1.2.2 อักษรปลายสูงที่มีความสูงเท่ากับความสูงพิเศษ (ค่าความผิดพลาดไม่เกิน 1 จุด) และมีความกว้างน้อยกว่าความกว้างปกติทั่วไป คือประมาณ 15-16 จุด ก็จะเป็นตัวอักษรปลายสูงธรรมดาอีกกลุ่มหนึ่งซึ่งใช้รหัสเป็น 304 คือ

เอกสารนี้มีไว้เพื่อใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝ

4.1.2.3 อักษรปลายสูงที่มีความสูงมากกว่าความสูงพิเศษไม่มากนักคือ ไม่ประมาณ 2 จุด และยังมีความกว้างของตัวอักษรเท่ากับความกว้างทั่วไปของตัวอักษรปลายสูง มักจะเป็นตัวอักษรปลายสูงที่มีสระบนตัวอื่นรวมอยู่ด้วย (แค่รวมอยู่ไม่ใช่ติดกัน) จึงทำให้ขนาดความสูงของตัวอักษรเพิ่มขึ้น โดยจะมีความสูงประมาณ 31-32 จุด แต่ขนาดความกว้างยังคงเท่าเดิม ตัวอักษรในลักษณะนี้จะต้องส่งไปให้กับรูทีนการตามขอบภาพเพื่อทำการแยกเอาสระตัวอื่นที่รวมอยู่ด้วยออกไป รหัสของอักษรในกลุ่มนี้จะเป็น 311 เช่น

ป็ ปิ พิ ฟี

4.1.2.4 อักษรปลายสูงที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าความสูงและความกว้างทั่วไปของตัวอักษรปลายสูงปกติ. คือมีความสูงและความกว้างประมาณ 32-33 จุด และ 22-23 จุดตามลำดับ มักจะเป็นอักขระ ที่มีปัญหาคือปลายของอักษรปลายสูงจะไปติดอยู่กับสระบนตัวอื่น จึงทำให้ทั้งความกว้างและความสูงเพิ่มขึ้น เช่น

ปั ฟั ฝั

สำหรับรหัสของตัวอักษรประเภทนี้ ให้ใช้เป็น 312 ลักษณะของอักษรประเภทนี้เป็นอักษรที่มีปัญหายุ่งยากมากในการทำพรีรีคอกนิชัน ดังที่สรุปไว้แล้วในบทที่ 3

4.1.2.5 สระที่มีขนาดความสูงมากกว่าความสูงพิเศษมาก (อย่างน้อยประมาณ 4-5 จุด) แต่ว่ามีความกว้างน้อยกว่าความกว้างปกติ คือมีความสูงและความกว้างประมาณ 35-36 จุด และ 14-16 จุด ตามลำดับ ทำให้เราสามารถรู้ได้ว่านี่คือสระไม่ใช่พยัญชนะและให้ใช้รหัสเป็น 330 เช่น

ไ ใ โ

4.1.2.6 สระปลายสูงที่มีความสูงและความกว้างมากกว่าสระปลายสูงทั่วไป สาเหตุก็เนื่องมาจากปลายของสระไปติดกับสระตัวอื่น เช่น

ให้ใจ ก็โดย

สระมีปัญหาประเภทนี้ จะต้องส่งไปให้รูทีนการตามขอบภาพเพื่อทำการแยกตัวอักษรที่อยู่ใต้วรรณยุกต์หรือไม้ไต่คู้ก่อน จึงจะสามารถนำมาตรวจสอบเพื่อเข้ารหัสต่อไปได้

4.1.2.7 อักษรปลายต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการจะตรวจสอบอักขระที่มีความสูงมากกว่าความสูงปกติ และจะทราบได้อย่างไร ว่าเป็นอักขระปลายสูงหรืออักษรปลายต่ำ ก็ดูได้จากขอบล่างของตัวอักษรประกอบ กล่าวคือ ถ้าเป็นอักขระปลายสูงก็จะมีขอบล่างอยู่พอดีหรือใกล้เคียงกับบรรทัดปกติ แต่ถ้าเป็นอักษรปลายต่ำก็จะมีขอบล่างของตัวอักษรอยู่ต่ำกว่า บรรทัดปกติมากคือ มากกว่า 5 จุดขึ้นไป และรหัสเป็น 320 ได้แก่

ฎ ฏ ฤ

4.1.2.8 อักขระที่มีความสูงน้อยกว่าความสูงปกติมาก

อักขระในกลุ่มนี้ได้แก่ สระ 'ะ' และสามารถตรวจสอบได้โดยการตรวจดูว่าอักขระใดที่มีความสูงน้อยกว่าความสูงปกติมาก คือสูงประมาณ 7-8 จุด รหัสของสระ 'ะ' จะเป็น 313

4.2 อักขระที่อยู่เหนือบรรทัดปกติ

คืออักขระที่มีขอบล่างอยู่ในบรรทัดที่ต่ำกว่าบรรทัดปกติลบด้วยขนาดของตัวอักษรปกติ โดยปกติแล้วอักขระประเภทนี้จะมีขนาดเล็กกว่าตัวอักษรขนาดปกติมาก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ในบทที่ 3 โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระดับดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 คือ ระดับที่ 1 และ 2

ในครั้งแรกที่ทำการเซกเมนต์เตชัน เราจะได้สระบนและวรรณยุกต์ทั้งหมดอยู่ในระดับที่ 2 และนำมาตรวจสอบเพิ่มในภายหลังว่าถ้ามีสระระดับบนที่ติดกัน 2 ตัวแสดงว่าตัวที่อยู่ในตำแหน่งที่สูงกว่าก็จะเป็นสระระดับบนในระดับที่ 1 และรายละเอียดของการแบ่งกลุ่มย่อยของสระระดับบนทั้ง 2 ระดับ เป็นดังนี้

4.2.1 อักขระในระดับที่ 1

ประกอบไปด้วยตัวการันต์และวรรณยุกต์ทั้ง 4 รูป ดังนั้นจึงสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้โดยการตรวจสอบเป็นลำดับดังนี้

4.2.1.1 คือวรรณยุกต์เอก สามารถตรวจสอบได้โดยตรวจดูว่าอักขระใดที่มีขนาดความกว้างน้อยกว่า 5 จุด และใช้รหัสเป็น 101

4.2.1.2 คือวรรณยุกต์จัตวา สามารถตรวจสอบได้โดยตรวจดูว่าอักขระใดที่มีขนาดความสูงและความกว้างน้อยกว่า 10 จุด และให้ใช้รหัสเป็น 104

4.2.1.3 คือตัวการันต์ สามารถตรวจสอบได้โดยตรวจดูว่าอักขระใดที่มีความสูงและความกว้างตั้งแต่ 10 จุดขึ้นไป และใช้รหัสเป็น 105

4.2.1.4 คือวรรณยุกต์โทและตรี สามารถตรวจสอบได้โดยตรวจดูว่าอักขระใดที่มีความสูงน้อยกว่า 10 จุด แต่มีความกว้างมากกว่า 12 จุด และใช้รหัสเป็น 1

4.2.2 อักขระในระดับที่ 2

ประกอบไปด้วย สระบนคือสระอิ สระอี สระอึ และสระอือ,วรรณยุกต์ทั้ง 4 รูป , ไม้หันอากาศ, ไม้ไต่คู้ และการันต์ สามารถแบ่งกลุ่มย่อยโดยการตรวจสอบเป็นลำดับดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.1 เป็นกลุ่มของสระอำและไม้จัตวา เพราะว่าขนาดที่ใกล้เคียงกันมากจึงจัดไว้ในกลุ่มเดียวกัน โดยการตรวจสอบว่า อักขระที่มีความกว้างและความสูงน้อยกว่า 10 จุด และให้ใช้รหัสเป็น 204

4.2.2.2 เป็นกลุ่มของไม้ไต่คู้ ไม้โทและการันต์ สามารถตรวจสอบได้โดยการตรวจดูว่าอักขระใดที่มีความกว้างประมาณ 12-14 จุด และความสูงไม่เกิน 10 จุด ให้ใช้รหัสเป็น 201

4.2.2.3 เป็นกลุ่มของสระอิกับไม้หันอากาศ สามารถตรวจสอบได้โดยการตรวจดูว่าสระใดที่มีขนาดความสูงประมาณ 7-8 จุดและมีความกว้างของสระประมาณ 15-16 จุด ให้ใช้รหัสเป็น 202

4.2.2.4 เป็นกลุ่มของสระอี สระอึและสระอือ โดยจะต่างกับกลุ่มที่ 202 ตรงที่ขนาดความสูงของสระมีขนาดตั้งแต่ 9 จุดขึ้นไป ให้ใช้รหัสเป็น 203

4.2.2.5 เป็นกลุ่มของสระบนที่มีปัญหาคือ สระบนไปติดกับวรรณยุกต์ โดยให้ใช้รหัสเป็น 199 ตัวอย่างเช่น

ผึ้ง พื้น

4.2.2.6 เป็นกลุ่มของสระบนที่มีปัญหาคือสระบนติดกับสระบน ให้ใช้รหัสเป็น 299 เช่น

สมบัติ บัญญัติ

4.3 อักขระในที่อยู่ต่ำกว่าบรรทัดปกติ

ประกอบไปด้วยสระ อุ,สระ อู,หางของพยัญชนะ 'ญ' และหางของพยัญชนะ 'ฐ' โดยสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ดังนี้

4.3.1 สระอุ ให้ใช้รหัส 401 โดยสามารถแยกได้โดยการตรวจสอบว่า สระที่มีความกว้างน้อยกว่า 10 จุดและมีความสูงมากกว่า 10 จุด

4.3.2 สระอู ให้ใช้รหัส 402 โดยสามารถแยกได้โดยการตรวจสอบว่า สระที่มีความกว้างมากกว่า 10 จุดและมีความสูงมากกว่า 10 จุด

4.3.3 หางของ 'ญ' ให้ใช้รหัส 403 โดยสามารถแยกได้โดยการตรวจสอบว่าสระที่มีความสูงน้อยกว่า 10 จุดและมีกว้างประมาณ 12-13 จุด

4.3.4 หางของ 'ฐ' ให้ใช้รหัส 404 โดยสามารถแยกได้โดยการตรวจสอบว่าสระที่มีความสูงน้อยกว่า 10 จุดและมีความกว้างมากกว่า 13 จุด คือกว้างประมาณ 14-15 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลของการทำโครงงาน และ ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลของโครงงาน

จากการทำโครงงานทำให้สามารถเซกเมนต์เตชันตัวอักษรออกจากประโยคได้ และนำมาผ่านขบวนการพรีรีคอกนิชันโดยใช้หลักการของความสูงและความกว้างของตัวอักขระเป็นเกณฑ์ ประกอบกับตำแหน่งของอักขระที่พบด้วย จึงทำให้สามารถจัดกลุ่มตัวอักขระที่เซกเมนต์เตชันออกมาได้ เป็นกลุ่ม ๆ ไป จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมที่ใช้ก็เป็นอัลกอริทึมธรรมดา ๆ ที่พยายามหาความสัมพันธ์ของความสูงและความกว้างของตัวอักขระให้ได้มากที่สุด เพื่อทำการจัดเข้ากลุ่มให้ได้จำนวนของกลุ่มมากที่สุด เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการทำรีคอกนิชันให้ได้เร็วที่สุด

สำหรับลักษณะของโครงงานก็ได้สรุปมาเป็นข้อ ๆ ดังนี้ คือ

1. ในกรณีที่ตัวอักษรไม่ได้ติดกันหรือตัดกัน สามารถตัดขอบภาพตัวอักษรออกมาทีละตัวได้ โดยใช้วิธีการสแกนในแนวตั้งและแนวนอนและวิธีการตามขอบภาพ

2. สำหรับตัวอักษรที่ติดกันหรือตัดกันไม่สามารถแยกออกจากกันได้ทุกกรณี

3. ภาพของตัวอักษรแต่ละตัวที่ถูกตัดออกจากประโยค จะถูกจัดเข้ากลุ่มเป็นกลุ่มย่อย ๆ แต่ละกลุ่มดังนี้ และแสดงไว้ในรูปที่ 5.1

3.1 กลุ่มอักษรปกติ

3.2 กลุ่มสระและวรรณยุกต์ระดับบน

3.3 กลุ่มสระปลายสูง

3.4 กลุ่มอักษรปลายสูง

3.5 กลุ่มอักษรปลายต่ำ

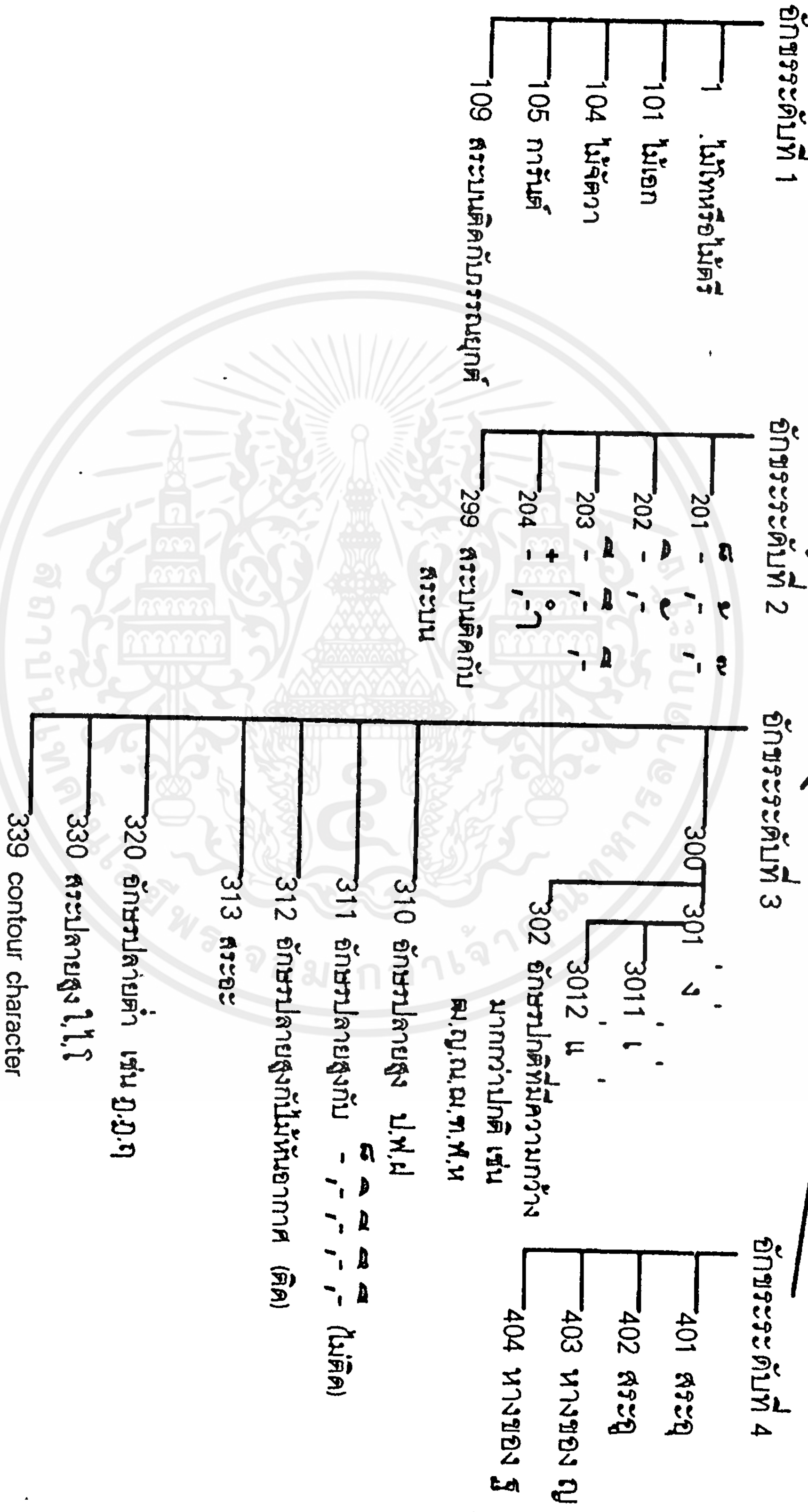
3.6 กลุ่มสระระดับล่าง

3.7 กลุ่มอักษรผิดปกติหรืออักษรที่มีปัญหา

4. การนำความสูงของตัวอักษรมาเปรียบเทียบเพื่อเข้าสู่กลุ่มย่อย ๆ นั้น จะต้องหาขนาดความสูงและความกว้างมาตรฐานให้ได้ก่อน ซึ่งสำหรับการทำโครงงานนี้ที่มีลักษณะเป็นการใช้ตัวอักษรทดลองแค่รูปแบบเดียว ดังนั้นจึงใช้วิธีกำหนดค่าความสูงและความกว้างมาตรฐานไว้ได้เลย เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการคำนวณหาและเก็บสถิติความสูงและความกว้างทั้งหมดของอักขระ

5. ตัวอักขระบางตัว เช่น 'ง','แ','เ' และ 'ะ' สามารถจะทำการตรวจรู้ได้ทันทีเลย โดยการตรวจสอบแค่ความสูงและความกว้างของตัวอักษรเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แผนภาพต้นไม้แสดงการจัดกลุ่มย่อยของอักขระในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้มีการดัดแปลงเนื้อหา ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารในทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตัวอักขระที่ถูกจัดเข้ากลุ่มแล้ว แต่ไม่สามารถตรวจรู้ได้ว่าเป็นอักขระอะไร ก็จะนำไปสู่ขั้นตอนการเรียนรู้จำอักขระ โดยใช้วิธี P-Q code ซึ่งจะทำการเก็บพจนานุกรมของรหัสที่พบบ่อยที่สุดในแต่ละตัวอักษรแล้วใช้รหัสนั้นแทนตัวอักษรตัวนั้น

5.2 ปัญหาและข้อจำกัด

1. สแกนเนอร์ควรจะมีความละเอียดสูง (High Resolution) สำหรับสแกนเนอร์ที่ใช้ในโครงงานครั้งนี้ ก็เป็นสแกนเนอร์ของฮิวเลตต์ แพคการ์ด ซึ่งสามารถทำการสแกนได้ครั้งละ 1 หน้ากระดาษ และยังมีการปรับความคมชัดและความสว่างได้อย่างสะดวก ทำให้เราสารถเลือกปรับให้มีความคมชัดตามที่เราพอใจได้

2. ลักษณะของแฟ้มข้อมูลที่ได้จากสแกนเนอร์ตัวนี้จะเป็นแฟ้มข้อมูลในรูปแบบ TIFF ที่เป็นรูปแบบข้อมูลแบบโมโตโรลา ซึ่งไม่สามารถทำการประมวลผลได้โดยโปรแกรมที่ได้สร้างขึ้นนี้ ดังนั้น จึงต้องทำการแปลงจากโมโตโรลาไปเป็นรูปแบบของอินเทลซึ่งสามารถจะนำไปใช้กับโปรแกรมที่ได้สร้างขึ้นมาได้

3. รูปแบบของตัวอักษรจะใช้ได้แค่รูปแบบเดียวคือ รูปแบบ BrowalliaUPC ที่ได้จาก Microsoft Words 2.0 ที่มีขนาดเท่ากับ 36 จุด

4. ภาพประโยคที่ต้องการจะทำการทดสอบ ควรจะมีความคมชัดของตัวอักษรสูง เช่น พิมพ์ด้วยเครื่องเลเซอร์พรินเตอร์ เป็นต้น และกระดาษที่ใช้ควรจะเป็นกระดาษที่มีความละเอียดสูง ไม่หยาบ ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดจุดรบกวนขึ้นเวลาที่นำภาพประโยคไปทำการสแกน

5.3 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การพัฒนาระบบการตัดภาพอักขระออกจากประโยคสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้นจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1.การกรองสัญญาณรบกวน (Noise Filtering)

จากการทดลองพบว่า มีสัญญาณรบกวนอันเนื่องมาจากตัวสแกนเนอร์หรือเกิดจากการพิมพ์อักขระบนกระดาษที่มีจุดดำ ๆ มากมาย จำเป็นที่จะต้องมีการกรองเอาสัญญาณรบกวนออก เพื่อที่ว่าการตัดอักขระที่เกิดจากสัญญาณรบกวนทำให้ติดกันนั้นจะถูกแยกออกจากกันได้

2.การใช้รูปแบบตัวอักษรหลายแบบ (Multifont)

เนื่องจากการทดลองได้จำกัดว่าใช้แค่ตัวอักษรแบบเดียว ในขณะที่ในท้องตลาดทั่ว ๆ ไปมีตัวอักษรหลายรูปแบบมากมาย ดังนั้นจึงควรที่พัฒนาระบบให้สามารถใช้ได้กับหลายๆ รูปแบบตัวอักษร

3.การเพิ่มความเร็วในการประมวลผลการตัดอักขระ (Speed improvement of thai character segmentation)

ในระหว่างทำการทดลองได้ทดลองกับเครื่องระดับ 80386DX ที่มีหน่วยความจำเพียง 2 MB ดังนั้น เวลาในการประมวลผลจึงช้า ถ้านำไปทดลองกับเครื่องที่มีหน่วยประมวลผลกลางระดับสูงกว่าเช่น 80486 จะช่วยให้ความเร็วในการประมวลผลเร็วขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.การนำเอาระบบตรวจรู้อักขระภาษาไทย (Character recognition) มาใช้

เพื่อความสมบูรณ์แบบของระบบการตัดอักขระ เพราะผลที่ได้จากการตัดอักขระภาษาไทยจะเป็นข้อมูลนำเข้า (input) ให้กับระบบตรวจรู้ตัวอักษรที่ทำให้เวลาในการประมวลผลเร็วขึ้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

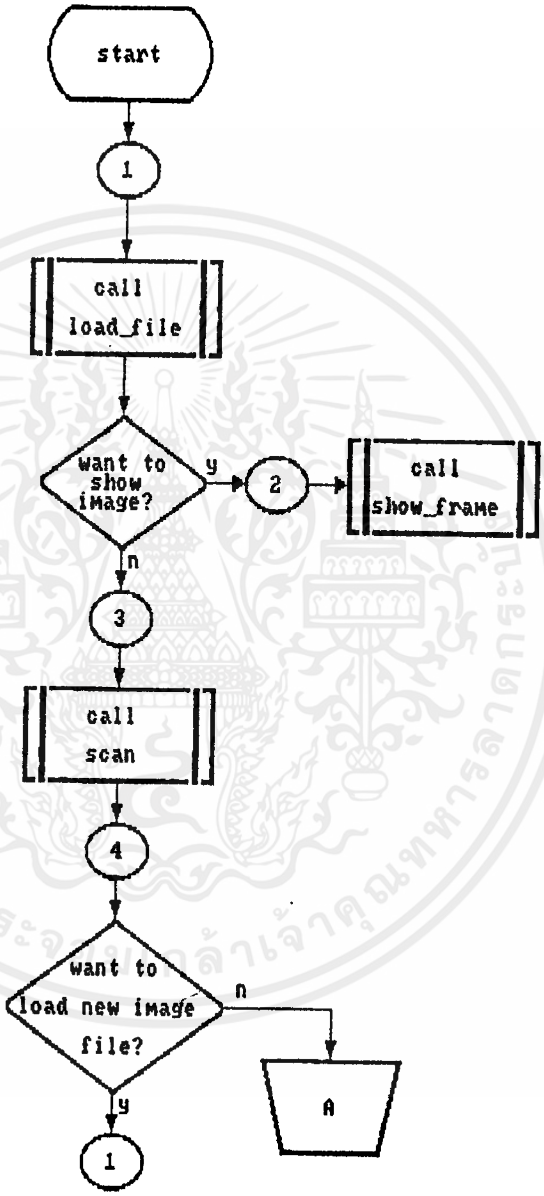
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผังงานในการออกแบบโปรแกรมตรวจรู้ตัวอักษร

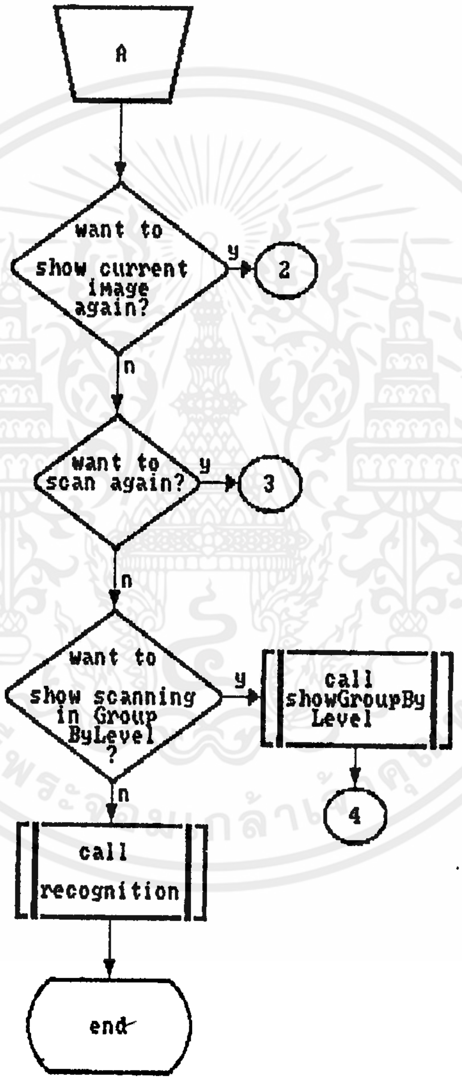
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



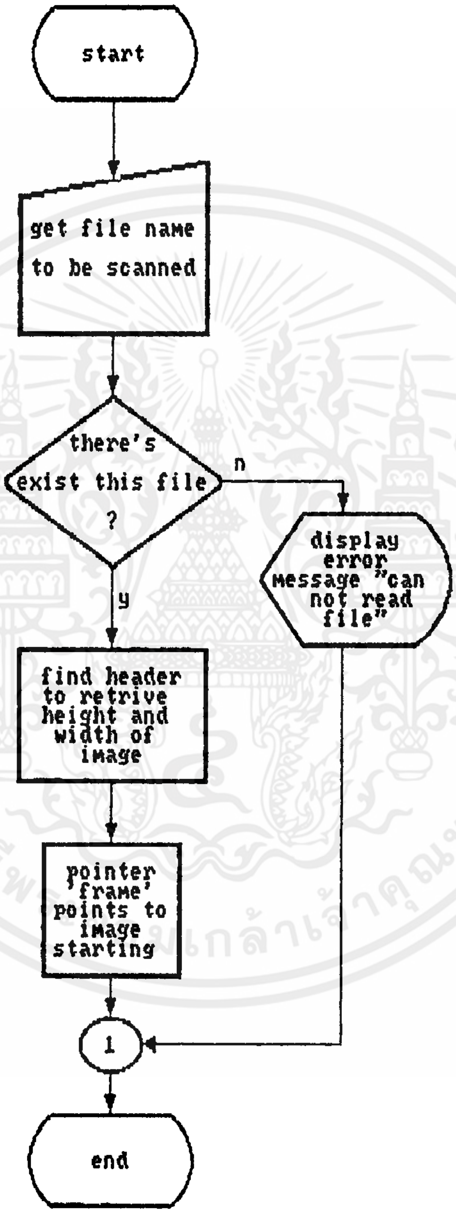
ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



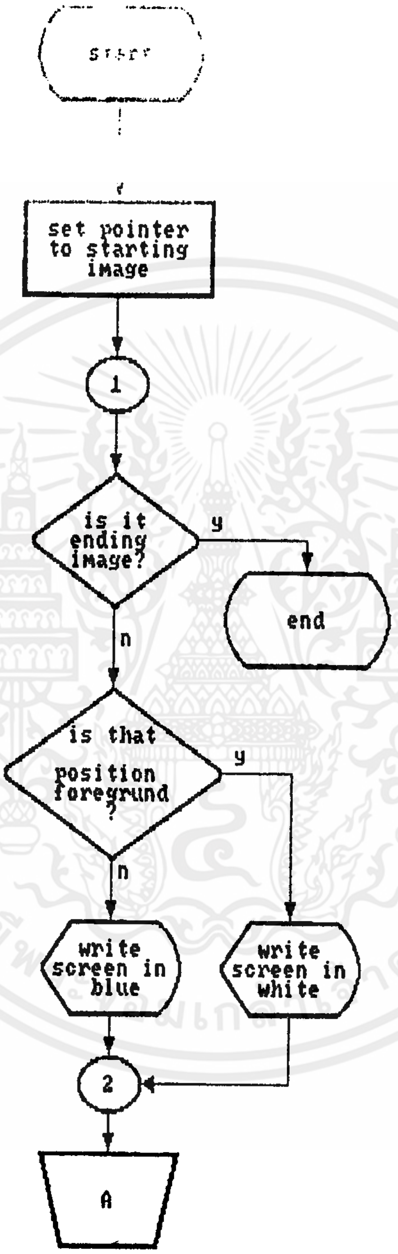
ผังงานแสดงการทำงานของโปรแกรมหลัก (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



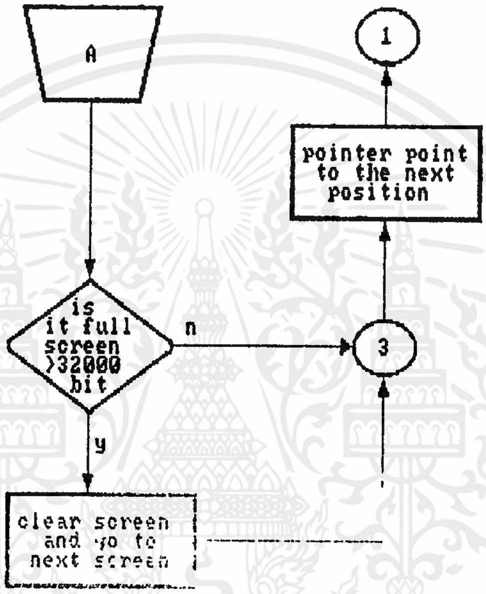
ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนโหลดไฟล์ (load_file)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



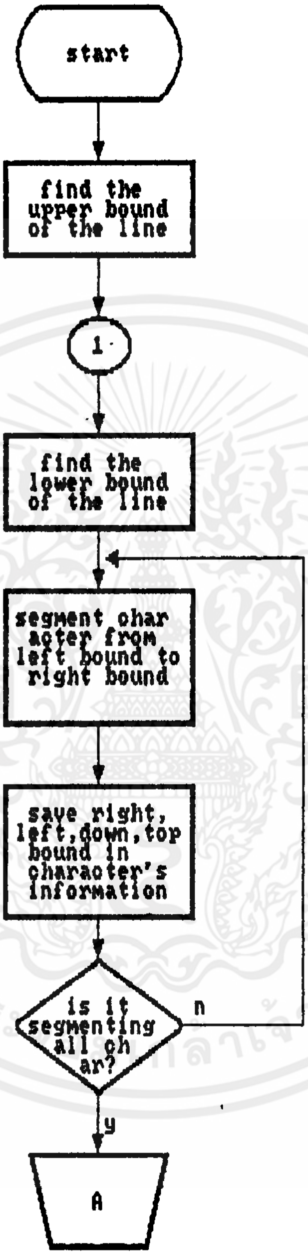
ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนโชว์เฟรม (show_frame)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



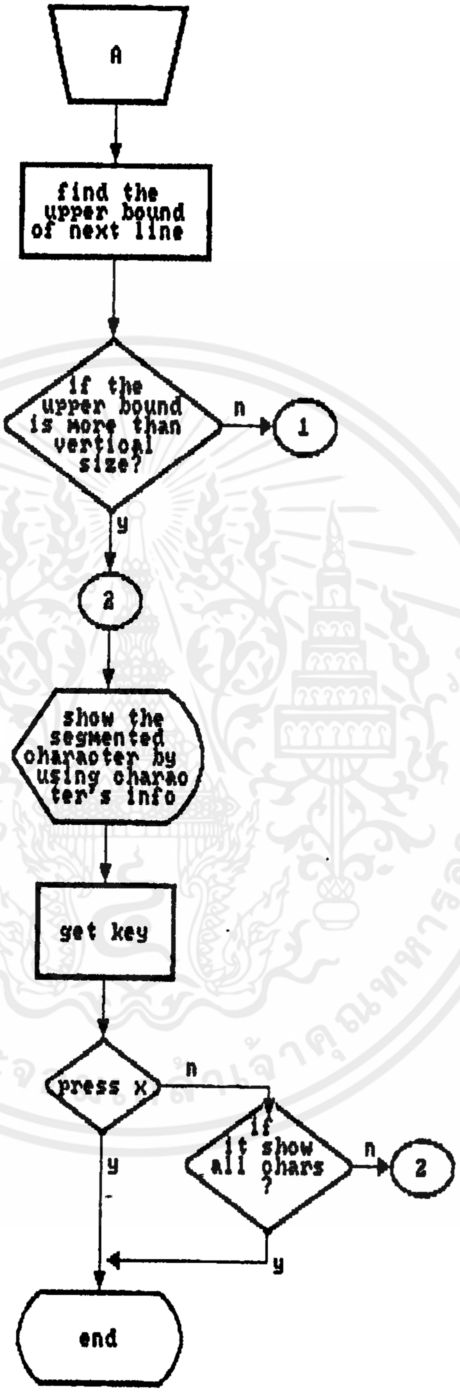
ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนโชว์เฟรม (show_frame) (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



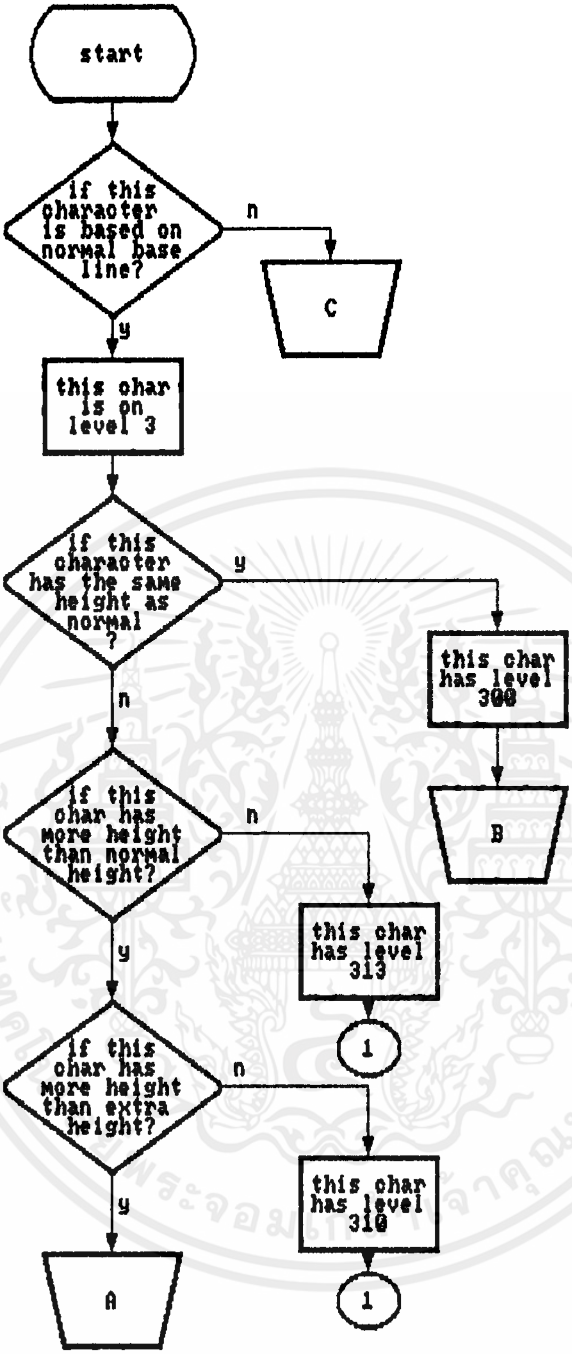
ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนสแกน (scan)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



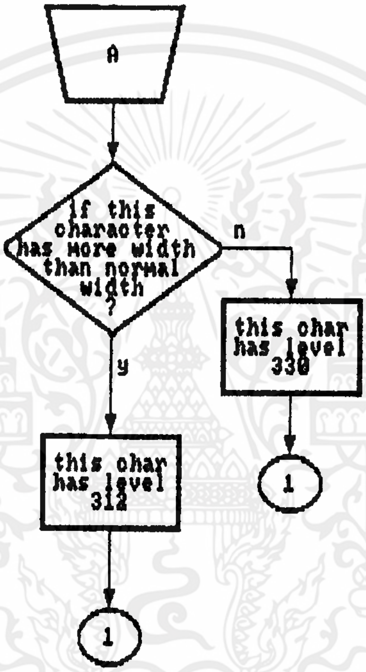
ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนสแกน (scan) (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



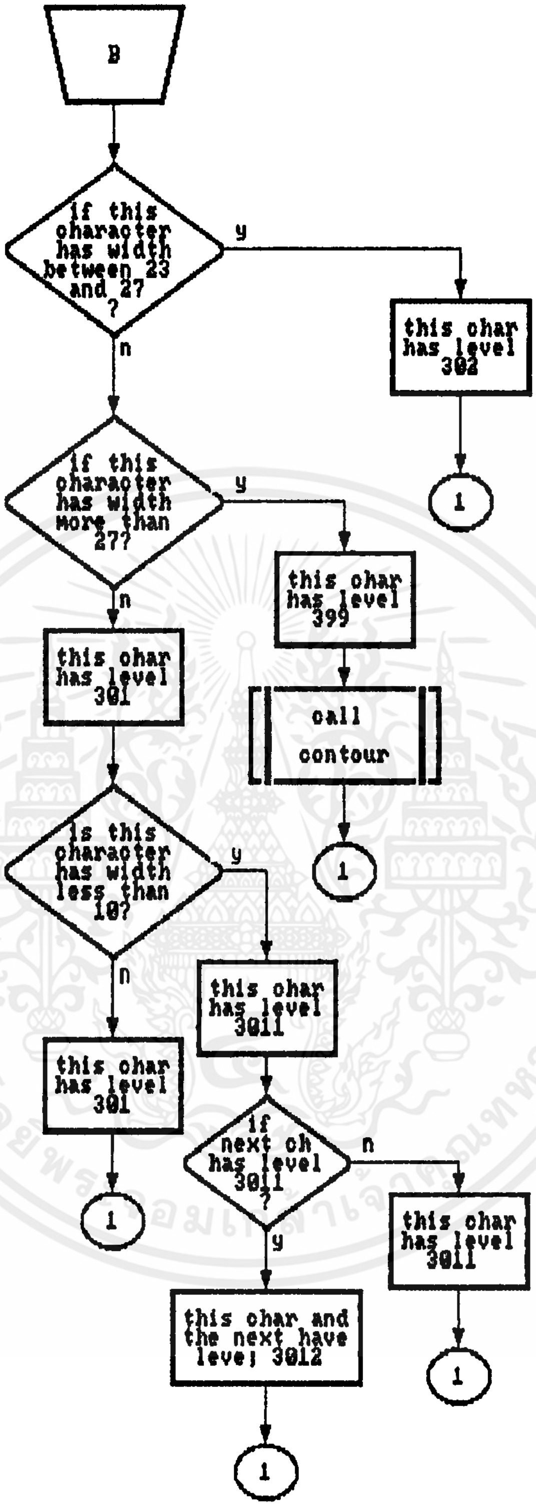
ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนกรุ๊ปบายเลเวล (GroupByLevel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



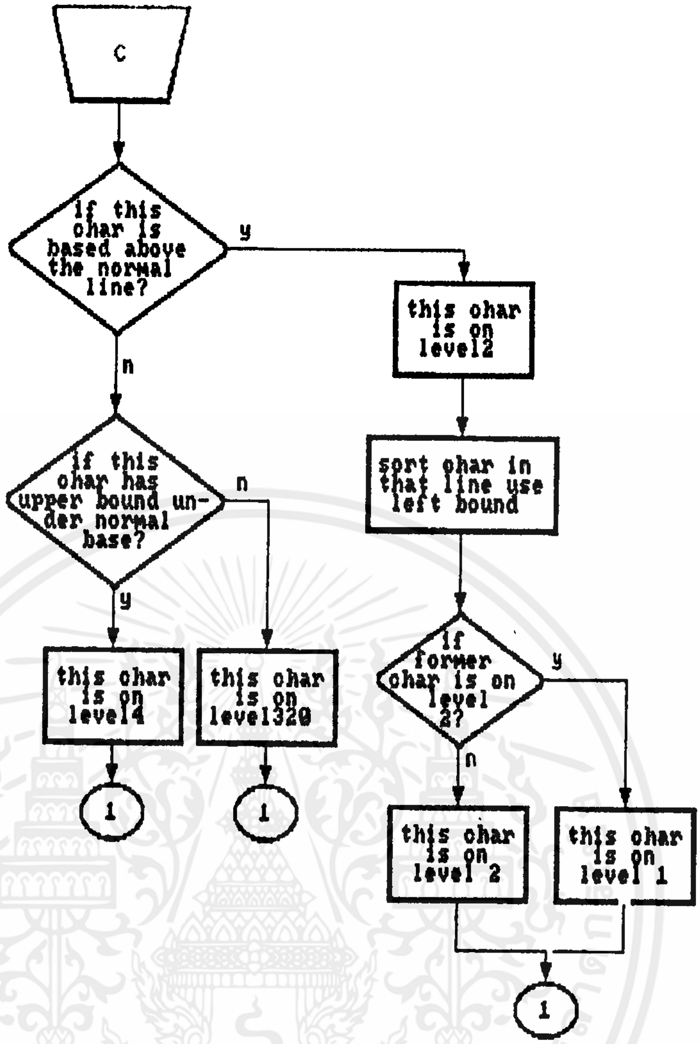
ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนกรุ๊ปบายเลเวล (GroupByLevel) (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



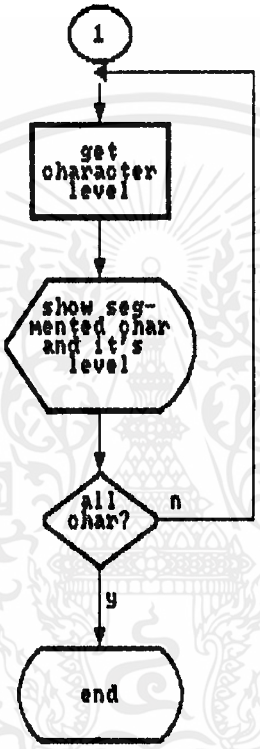
ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนกรุ๊ปบายเลเวล (GroupByLevel) (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



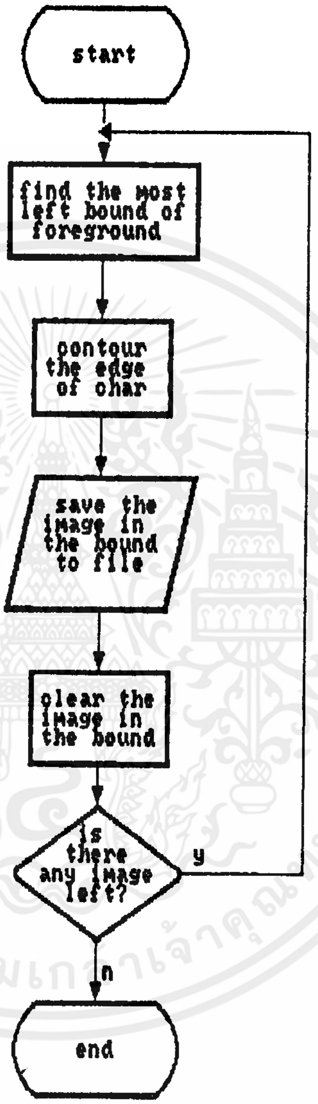
ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนกรุ๊ปบายเลเวล (GroupByLevel) (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



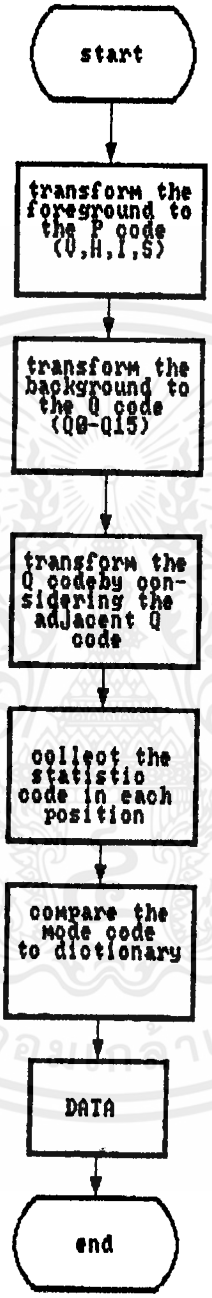
ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนกรุ๊ปบายเลเวล (GroupByLevel) (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนการตามขอบภาพ (contour)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผังงานแสดงการทำงานของรูทีนรีคอกนิชัน (recognition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างภาพที่ได้จากการสแกนด้วยสแกนเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากประเทศของเรายังขาด
หน่วยงานที่จะกำหนดมาตรฐาน ในการ
ควบคุมการปฏิบัติ และออกแบบเกี่ยวกับ
ระบบดับเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพอยู่

Press any key to continue...

ญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฤทัยฤดี ฆราวาส ฆาตกรรม

ฉิ่งฉับทัวร์ คันฉ่อง ซุ่มซ่าม

เฌอแตม ฐานันดรศักดิ์

ฑีฆายุโก เฒ่าหัวงู ผึ้งน้อย

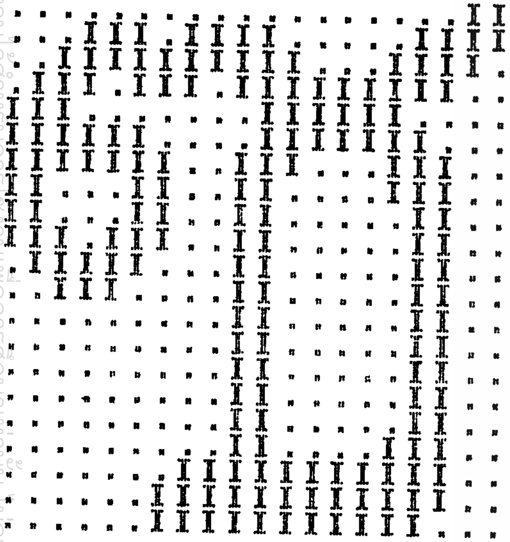
Press any key to continue...

ภาคผนวก ค.

ตัวอย่างของการจัดกลุ่มตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ญ



Height 21 dots. Width 20 dots.

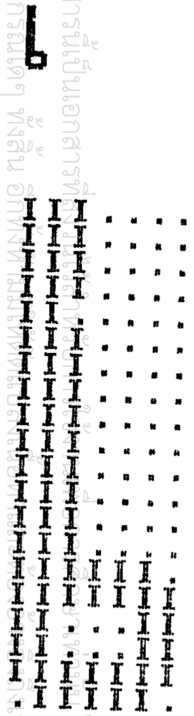
Left = 276 Right = 295

Top = 86 Down = 106

Reference Line = 108

NORMAL CHARACTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Height 20 dots. Width 7 dots.

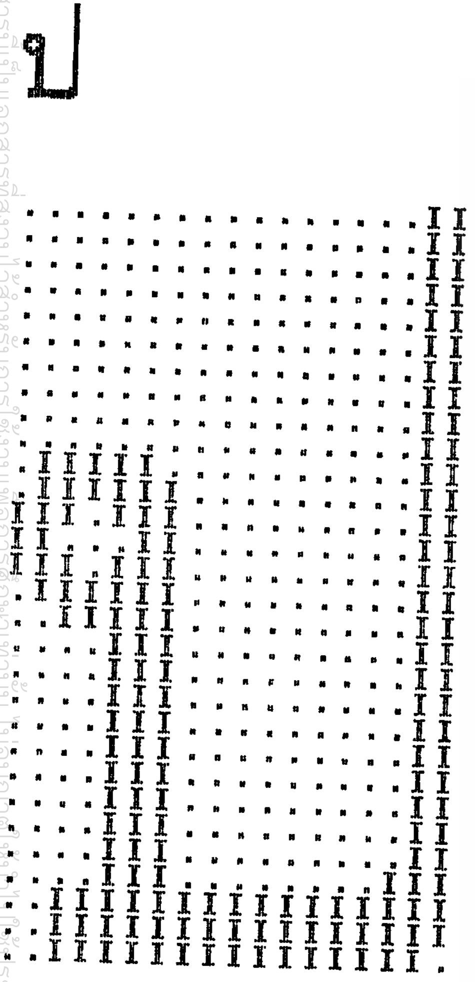
Left = 39 Right = 45

Top = 142 Down = 161

Reference Line = 161

NORMAL VOWEL WITH LESS WIDTH 'A'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้มีการแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Height 30 dots. Width 18 dots.

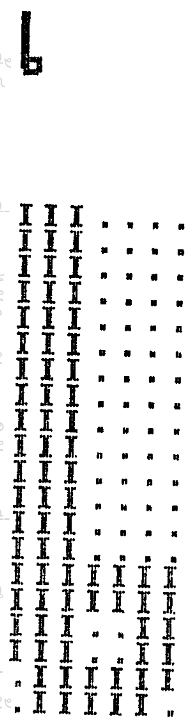
Left = 244 Right = 261

Top = 69 Down = 98

Reference Line = 98

NORMAL CHARACTER WITH HIGH TAIL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Height 20 dots. Width 7 dots.

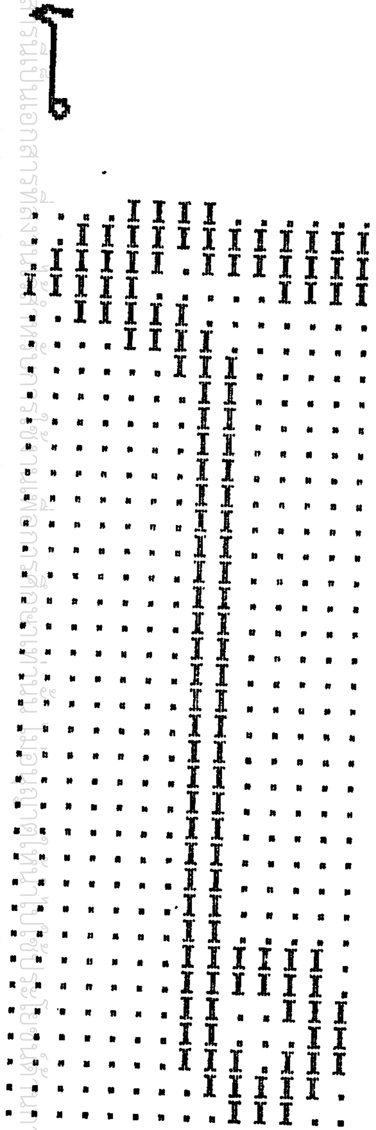
Left = 126 Right = 132

Top = 79 Down = 98

Reference Line = 98

VOWEL 'AE' (DOUBLE 'A')

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Height 36 dots. Width 14 dots.

Left = 102 Right = 115

Top = 214 Down = 249

Reference Line = 249

NORMAL VOWEL WITH HIGH TAIL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟู

```
. . I I I I . . . . I I
. I I I I I I . . . I I
. I I . . I I . . . I I
I I I . . I I I . . I I
. I I . . I I . . . I I
. I I I I I I . . . I I
. . I I I I I . . . I I
. . . . . I I . . . I I
. . . . . I I I . . I I
. . . . . I I I I I I I
. . . . . I I I I I I I
```

Height 11 dots. Width 12 dots.

Left = 209 Right = 220

Top = 165 Down = 175

Reference Line = 161

VOWEL UU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Height 8 dots. Width 16 dots.

Left = 116   Right = 131

Top = 129   Down = 136

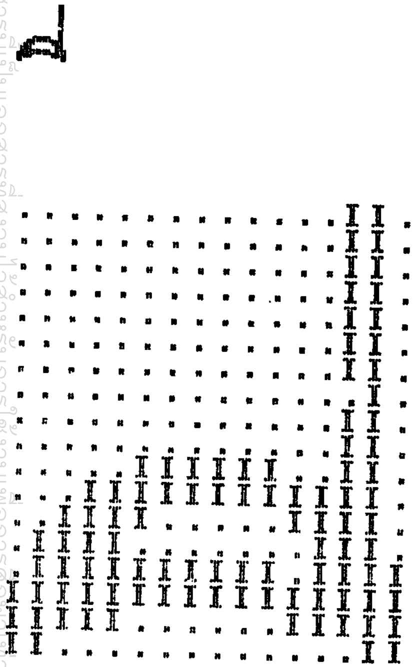
Reference Line = 161

UPPER VOWEL

SARA EI or MAI HUN AKAD

```
. . I I I . . . . . . . . . . .
. I I I I I . . . . . . . . . I
I I . . . I I . . . . . . . I I
I I . . . I I . . . . . . I I I
I I I . . I I . . . . I I I I I
. I I I I I I I I I I I I I I .
. I I I I I I I I I I I I . . .
. . . I I I I I I I I . . . . .
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Height 18 dots. Width 16 dots.

Left = 50 Right = 65

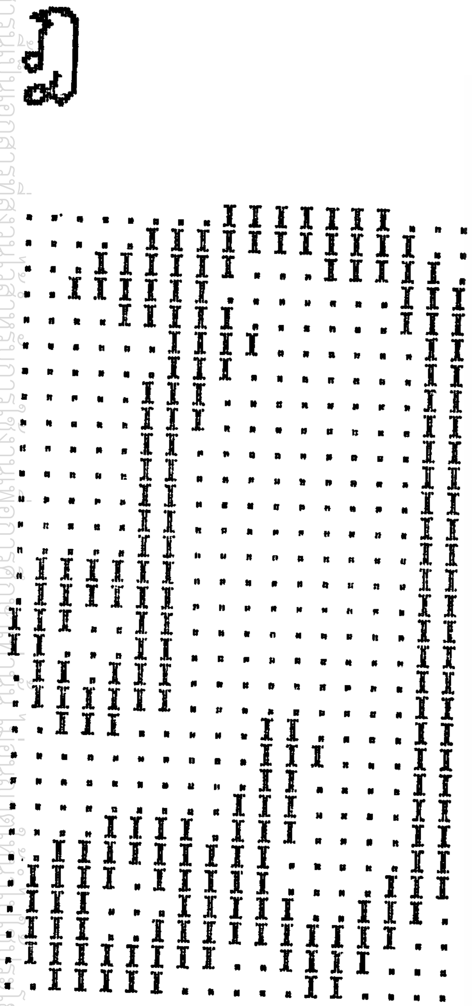
Top = 121 Down = 138

Reference Line = 161

SPECIAL VOWEL IN LEVEL 1

(WANAYOOK AND UPPER VOWEL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Height 31 dots. Width 18 dots.

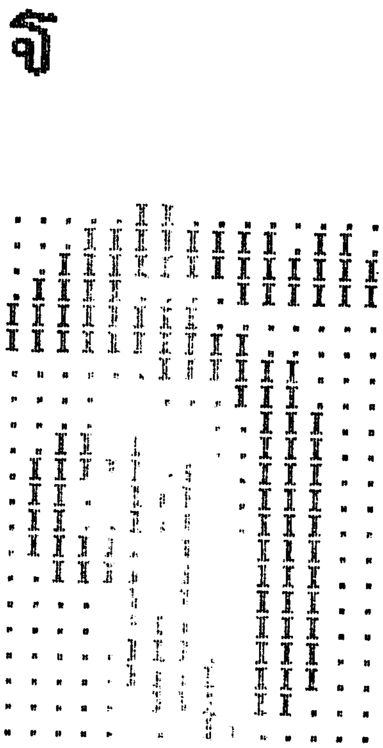
Left = 194 Right = 211

Top = 22 Down = 52

Reference Line = 42

NORMAL CHARACTER WITH LOW TAIL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Height 21 dots. Width 15 dots.

Left = 147 Right = 161

Top = 158 Down = 178

Reference Line = 178

T.TAN

GROUP 3044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
. . . . . . I I . . I I I I .
. . . . . I I I . . I I I I I
. . . . . I I . . I I I . I I
. I I I I I I . . . I I I I I
I I I I I I I . . . . I I I I
I I . . I I I I I I . . I I I
I I I I I I I I I I I I I I .
. I I I I I I I . I I I I . .
```

Height 8 dots. Width 15 dots.

Left = 145   Right = 159

Top = 181   Down = 188

Reference Line = 178

TAIL OF CHARACTER 'TAN'

GROUP 404

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากบุคคลหลายๆฝ่าย คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ดร.วรวัฒน์ ลิ้มโภคา เป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ ท่านเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยแนะนำ,ชี้นำช่องทางและเสนอแนวความคิดในการออกแบบโปรแกรม ขอขอบคุณทางภาควิชาคอมพิวเตอร์และศูนย์วิจัยคอมพิวเตอร์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์บางชนิดในการทำโครงงาน ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ทุกคนโดยเฉพาะคุณศักดิ์ชัย วิริยะคุณเกษม ที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือทางด้านเทคนิคการเขียนโปรแกรมภาษา C ขอขอบคุณ คุณ ชัยณรงค์ คล้ายมณี รุ่นพี่ปริญญาโทที่ให้กำลังใจ และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ และ รุ่นพี่บางท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ ที่ช่วยเหลือทางด้านความสะดวกสำหรับอุปกรณ์และสถานที่พัก

คณะผู้จัดทำ

17 มีนาคม 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชมทิพ พรพนมชัย , "การใช้คอมพิวเตอร์ตรวจรู้อักขระภาษาไทย" , วิทยานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2529.

ชาย เกษมอมรกุล และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน , "การรู้จำอักษรคัดลายมือภาษาไทยสำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยการพิจารณาลักษณะเด่นของตัวอักษร" , การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 12 , 2532.

สมศักดิ์ มิตะถา , ชาย เกษมอมรกุล และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน , "การออกแบบพจนานุกรมโดยอัตโนมัติสำหรับการจดจำรูปแบบตัวเลขคัดลายมือ" , การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 11 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล , 2531.

สุรสิทธิ์ ราตรี และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน , "การจดจำรูปแบบตัวพิมพ์อักษรภาษาไทยโดยวิธีวิเคราะห์โครงสร้างแบบมีไวยากรณ์" , การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 10 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 24-25 พฤศจิกายน 2530.

สุรสิทธิ์ ราตรี และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน , "การจดจำรูปแบบตัวพิมพ์อักษรภาษาไทยหลายรูปแบบ" , การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 12 , 2532.

เสรี ปานซาง , สุรสิทธิ์ ราตรี และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน , "การหารหัสเบื้องต้นโดยอัตโนมัติของรูปร่างตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย" , การประชุมวิศวกรรมทางไฟฟ้าครั้งที่ 11 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล , 2531.

อนุชิต จารุวนารัตน์ , สุรสิทธิ์ ราตรี และ รศ.ดร.ชม กิ้มปาน , "การแยกภาพตัวอักษรภาษาไทยออกจากภาพของประโยค" , การประชุมวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 10 ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 24-25 พฤศจิกายน 2530.

David C. Kay and John R. , "Levine Graphics File Formats" , WINDCREST/McGRAWHILL , 1992'

Steve Rimmer , "Supercharge Bitmapped Graphics" , WINDCREST/McGRAWHILL , 1992.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้