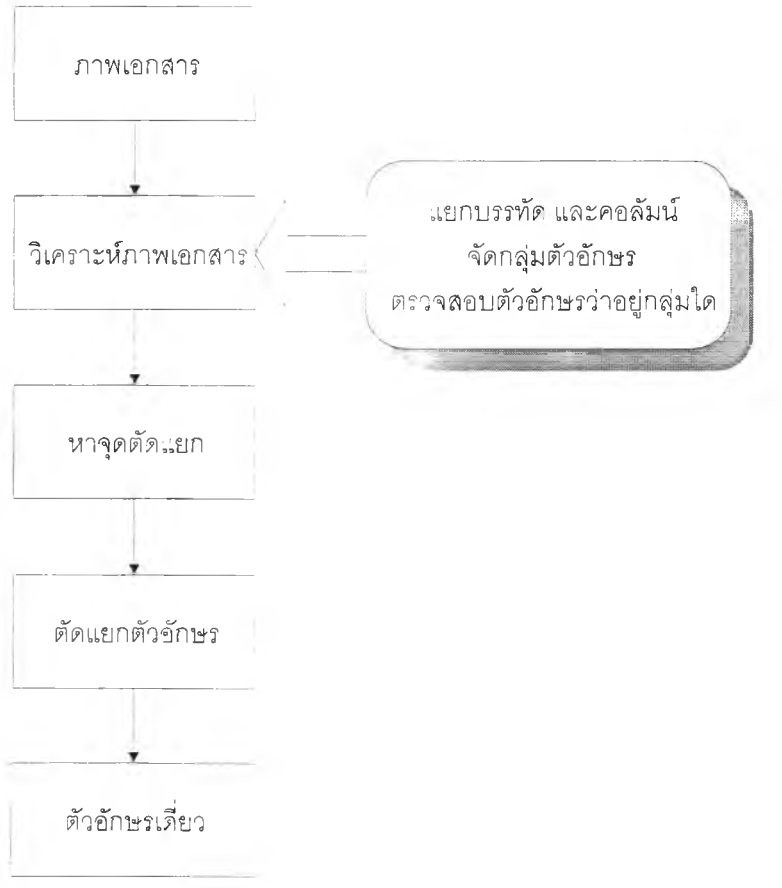
บทที่ 3
วิธีดำเนินการ และเทคนิคในการตัดแยกตัวอักษร

การตัดแยกตัวอักษรภาษาไทยที่ติดกัน เป็นกระบวนการหนึ่งที่ช่วยให้ระบบรู้จำตัวอักษรภาษาไทย มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยกระบวนการตัดแยกตัวอักษรภาษาไทยที่ติดกัน จะเริ่มจากการอ่านภาพเอกสารที่ได้จากเครื่องสแกน แล้วทำการวิเคราะห์ภาพเอกสาร เพื่อทำการแยกออกมาเป็นบรรทัดตัวอักษร และทำการวิเคราะห์ภาพเอกสารที่ถูกตัดเป็นบรรทัดตัวอักษร เพื่อทำการตัดแยกออกเป็นคอลัมน์ตัวอักษร โดยที่คอลัมน์ตัวอักษรนี้ จะประกอบไปด้วยภาพตัวอักษรเดี่ยว และภาพตัวอักษรที่ติดกันทั้งในแนวดิ่ง และแนวนอน โดยภาพตัวอักษรที่ติดกันในแนวดิ่ง และแนวนอน จะผ่านกรรมวิธีในการหาจุดตัดแยกตัวอักษรที่ติดกันก่อน แล้วจึงค่อยทำการตัดแยกเป็นตัวอักษรเดี่ยว ก่อนที่จะส่งให้ระบบการรู้จำตัวอักษรทำการเปลี่ยนภาพตัวอักษรเป็น เท็กซ์ไฟล์ต่อไป เราสามารถเขียนแผนภาพกระบวนการหลักๆ ของระบบได้ดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 กระบวนการหลักของการตัดแยกตัวอักษรภาษาไทยที่ติดกัน

3.1 การจัดกลุ่มตัวอักษร

จากตารางที่ 2-1 จะพบว่าโอกาสที่ตัวอักษรจะติดกันได้ในแต่ละกลุ่ม เกิดจากการจับคู่ระหว่างกลุ่ม หรือภายในกลุ่มเดียวกันเช่น 1 ติด 1(กลุ่มที่ 1 ติดกับ กลุ่มที่1),1 ติด 2,1 ติด 3,1 ติด 4,2 ติด 2, 2 ติด 3 เป็นต้น ซึ่งพบว่าตัวอักษรในบางกลุ่มก็ไม่มีโอกาสเกิดการติดกันกับบางกลุ่มได้ เช่น กลุ่มที่ 1 กับ 5 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ากลุ่มที่มีโอกาสติดกันทั้งหมดเป็นตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3-1 แสดงกลุ่มตัวอักษรที่ติดกัน

รูปแบบที่ติดกัน	กลุ่มอักษรที่ติดกันได้	ตัวอย่าง
1	1 ติด 1	วิ ริ ก์ ชี
2	1 ติด 1 (อยู่คอลัมน์เดียวกัน)	ที่ สี่
3	1 ติด 2 (อยู่คอลัมน์เดียวกัน)	ฟั ป็ ฝี
4	1 ติด 2 (1 อยู่หน้า)	มี ไ น้ ใ ที่ ไ นี้ ใ นี้ ไ
5	1 ติด 3	สั ศี ชั
6	2 ติด 2	ฟ ไ ป ไ
7	2 ติด 3	ษ ไ ศ ใ
8	1 ติด 2 (2 อยู่หน้า)	ปรี
9	2 ติด 3	ไม
10	3 ติด 3	เม เภ ษย นน
11	3 ติด 5	นู ญ ฐ

3.2 การวิเคราะห์ภาพเอกสาร

การวิเคราะห์ภาพเอกสารเริ่มจากการอ่านภาพที่สแกนเข้ามา แล้วทำการแยกบรรทัด โดยใช้โปรเจกชั่นแนวนอน(Horizontal Projection) เพื่อตัดภาพเอกสารออกเป็นบรรทัด โดยหาจากค่าโปรเจกชั่นแนวนอนที่มีการเปลี่ยนจาก 0 เป็นมีค่า ใดๆ ก็ตามให้สันนิษฐานว่าเป็นจุดเริ่มต้นของเส้นบรรทัดบน ถ้าเส้นระหว่างบรรทัดห่างพอ ค่าจะน้อยลงจนเท่ากับ 0 อีกครั้ง ทำให้สามารถตัดแบ่งออกเป็นบรรทัดได้ ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนทั่วภาพเอกสาร ก็จะได้บรรทัดอักษรตามที่ต้องการ หลังจากที่ได้บรรทัดอักษรแล้ว ทำโปรเจกชั่นแนวดิ่ง(Vertical Projection) เพื่อตัดบรรทัดตัวอักษรออกเป็นตัวอักษร โดยทำเช่นเดียวกับ Horizontal Projection แต่ทำแนวดิ่งแทน ก็จะสามารถตัดแยกเป็นคอลัมน์ตัวอักษร ซึ่งประกอบไปด้วยตัวอักษรเดี่ยว และตัวอักษรที่ติดกัน

เมื่อได้คอลัมน์ตัวอักษรแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การตรวจสอบระดับของตัวอักษร เพื่อระบุว่าคอลัมน์ตัวอักษรที่ตัดมาได้นั้น อยู่ในกลุ่มใดตามตารางที่ 2-1 หลังจากนั้นทำการตรวจสอบคอลัมน์ตัวอักษรจากความกว้าง(ความกว้าง = ความสูง * 1.3) ได้จากการหาค่าเฉลี่ยจากการเปรียบเทียบความสูง กับความกว้างของตัวอักษรลักษณะต่างๆ และขนาดต่างๆ) ความสูงของตัวอักษรคำนวณได้จากผลต่างระหว่างค่า Baseline กับค่า Topline ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป โดยตรวจสอบความกว้างว่าพอที่จะเป็นตัวอักษรที่ติดกันหรือไม่ เพื่อส่งให้ส่วนแยกแยะกลุ่มตัวอักษรเพื่อแยกตัวอักษรที่มีลักษณะคล้ายตัวอักษรที่ติดกันออกไป ก่อนทำการตัดแยกเป็นตัวอักษรเดี่ยวต่อไป

3.2.1. การตรวจสอบระดับตัวอักษร

แนวทางในการตรวจสอบระดับของตัวอักษรนั้น เริ่มจากการหาค่าของ Horizontal Projection ของบรรทัดอักษรนั้นๆ ตัวอย่างภาพที่ 3-2 ภาพบรรทัดอักษร และ Horizontal Projection ของภาพบรรทัดอักษร ภาพที่ 3-3

ผู้หญิงกลุ่มอุตสาหกรรม

ภาพที่ 3-2 แสดงภาพบรรทัดตัวอักษร

ภาพที่ 3-3 แสดง Horizontal Projection ของภาพบรรทัดตัวอักษร

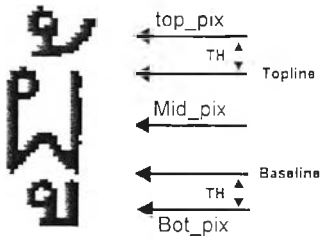
จากการสังเกตเอกสารที่เป็นภาษาไทย พบว่าบรรทัดตัวอักษรในภาษาไทยจะมีตัวอักษรระดับกลาง หรือ กลุ่มที่ 3 ตามตารางที่ 2-1 ปริมาณมากกว่าระดับอื่นๆ ซึ่งถ้านำบรรทัดอักษรจากภาพที่ 3-2 มาทำการหาค่า Horizontal Projection ดังภาพที่ 3-3 พบว่า บริเวณ a คือส่วนที่เป็น สระบน และ วรรณยุกต์ หรือกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตอนบน บริเวณ c คือส่วนที่เป็น สระล่าง และพยัญชนะบางตัว หรือ กลุ่มที่ 5 และกลุ่มที่ 4 ตอนล่าง บริเวณ

b คือส่วนของพยัญชนะ หรือกลุ่มที่ 3 ดังนั้นเราสามารถกำหนดเส้นแบ่งระดับตัวอักษรได้ดังนี้

- Topline เส้นแบ่งระดับระหว่างบริเวณ a กับบริเวณ b ซึ่งหาได้จาก ค่าของ Horizontal Projection บริเวณ a ลดลงจนเป็นศูนย์ หรือใกล้ศูนย์ แล้วเพิ่มขึ้นเป็นค่าสูงสุด ของ Horizontal Projection ของบรรทัด คือบริเวณ b
- Baseline เส้นแบ่งระดับระหว่างบริเวณ b กับบริเวณ c ซึ่งหาได้จาก ค่าของ Horizontal Projection บริเวณ b ซึ่งมีค่าสูงสุด แล้วลดลงจนเป็นศูนย์ หรือใกล้ศูนย์ ในบริเวณ c

3.2.2. การตรวจสอบลักษณะคอลัมน์ตัวอักษรว่าอยู่กลุ่มใด

ลักษณะของตัวอักษรที่แบ่งออกเป็นกลุ่มตามตารางที่ 2-1 นั้นสามารถทำการตรวจสอบได้โดยนำตำแหน่งกรอบคอลัมน์ตัวอักษร มาเปรียบเทียบกับเส้นตัดสินใจซึ่งเส้นบนจะสูงกว่าเส้น Topline (ได้จากการหาระดับของตัวอักษร) เป็นค่า TH(กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 80% ของค่า Mid_pix โดยที่ค่า Mid_pix หาได้จาก ค่ากลางระหว่างค่า Topline กับ Baseline) เส้นตัดสินใจล่างจะต่ำกว่าเส้น Baseline เป็นค่า TH เช่นกัน เราเรียกเส้นทั้งสองนี้ว่า top_pix และ bot_pix ตามลำดับ ที่ไม่ใช้เส้น Topline และ Baseline โดยตรงเพราะกรณีที่เป็นอักษรบน หรือล่างจริงๆ จะเกินค่าตัดสินใจแน่นอน และตัวอักษรบางตัวเช่น ส ศ จะถูกตัดสินว่าเป็นตัวอักษรในกลุ่มที่ 2 ส่วนเส้นตัดสินใจอีกเส้นหนึ่ง คือ mid_pix ซึ่งอยู่ระหว่าง Topline และ Baseline ดังรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 แสดงเส้นตัดสินกลุ่มตัวอักษร

การตรวจสอบคอลัมน์ตัวอักษรว่าอยู่ในตัวอักษรกลุ่มใดตามตารางที่ 2-1 สามารถทำได้ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 เมื่อ b_top สูงกว่า top_pix และ b_bot สูงกว่า mid_pix
- กลุ่มที่ 2 เมื่อ b_top สูงกว่า top_pix และ b_bot อยู่ระหว่าง mid_pix กับ bot_pix
- กลุ่มที่ 3 เมื่อ b_top และ b_bot อยู่ระหว่าง top_pix กับ bot_pix
- กลุ่มที่ 4 เมื่อ b_bot ต่ำกว่า bot_pix และ b_top อยู่ระหว่าง mid_pix กับ top_pix
- กลุ่มที่ 5 เมื่อ b_top ต่ำกว่า mid_pix และ b_bot ต่ำกว่า bot_pix

หมายเหตุ 1. b_top คือ ขอบบนของภาพอักษรที่ได้จากการตัดบรรทัดภาพออกเป็นคอลัมน์

2. b_bot คือ ขอบล่างของภาพอักษรที่ได้จากการตัดบรรทัดภาพออกเป็นคอลัมน์

หลังจากทำการตรวจสอบกลุ่มของตัวอักษรด้วยเส้นตัดสินใจแล้ว จะเห็นได้ว่าการติดกันของตัวอักษรทำให้กลุ่มตัวอักษรที่ได้ผิดไป เช่นเมื่อกลุ่มที่ 1 ติดกับกลุ่มที่ 3 จะทำให้ตรวจสอบได้เป็นกลุ่มที่ 2 ดังรูปที่ 3-5 ดังนั้นเมื่อเราได้กลุ่มตัวอักษร แล้วจะต้องทำการวิเคราะห์กลุ่มตัวอักษรเพื่อทำการตรวจสอบ ว่าตัวอักษรที่ติดกันนั้นมีความผิดพลาดแบบใด ตามตารางที่ 3-2 ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ใช้ในการพิจารณาว่าตัวอักษรเป็นอักษรเดี่ยว หรือตัวอักษรที่ติดกัน

รูปที่ 3-5 แสดงตัวอย่างกลุ่มที่ 3 ติดกับกลุ่มที่ 1

ตารางที่ 3-2 แสดงตัวอักษรที่สามารถเป็นตัวอักษรเดี่ยว หรืออักษรติดกลุ่มต่างๆ

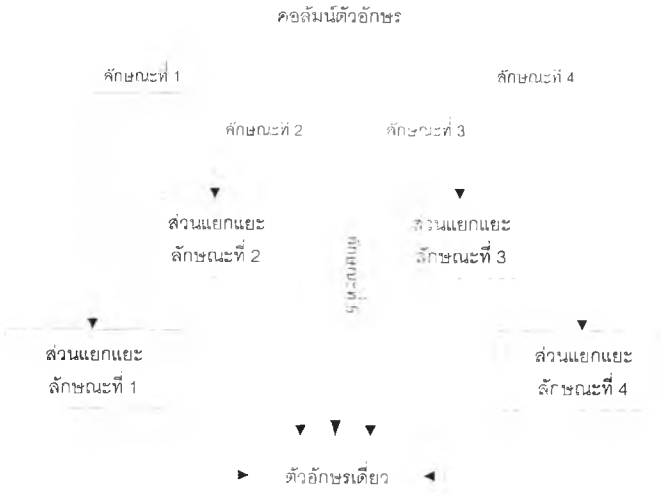
ลักษณะที่ได้	รูปแบบที่ติดกัน	ตัวอักษรเดี่ยว
1	1,2	◌ิ ◌ี ◌ึ ◌ื ◌ั ◌็ ◌่ ◌้ ◌๊ ◌๋ ◌์
2	3,4,5,6,7,8,9	ป ฝ ฟ ฬ ไ ใ โ
3	10	ฯ ะ เ า ก ข ฃ ค ฅ ฆ ง จ ฉ ช ซ ฌ ฑ ฒ ณ ด ต ถ ท ธ น บ ผ พ ภ ม ย ร ล ว ศ ษ ส ห อ ฮ

ลักษณะที่ได้	รูปแบบที่ติดกัน	ตัวอักษรเดี่ยว
3	10	๑ ๒ ๓ ๔ ๕ ๖ ๗ ๘ ๙ ๐
4	11	ฤ ฦ ฎ ฏ ญ ฐ ๆ
5	-	ฃ

จากตารางที่ 3-2 พอสรุปได้ดังนี้

- ลักษณะที่ 1 ส่งไปส่วนแยกแยะลักษณะที่ 1
- ลักษณะที่ 2 ส่งไปส่วนแยกแยะลักษณะที่ 2
- ลักษณะที่ 3 ส่งไปส่วนแยกแยะลักษณะที่ 3
- ลักษณะที่ 4 ส่งไปส่วนแยกแยะลักษณะที่ 4
- ลักษณะที่ 5 เป็นอักษรเดี่ยวเขียนลงเท็กซ์ไฟล์

แสดงผังการทำงานดังรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 แสดงผังหลักการทำงานของส่วนแยกแยะลักษณะตัวอักษร

จากขั้นตอนข้างต้นเห็นได้ว่ามีส่วนการทำงานหลักๆ คือส่วนแยกแยะในลักษณะที่ 1,2,3,4 ซึ่งมีลักษณะการทำงานคล้ายกันดังต่อไปนี้

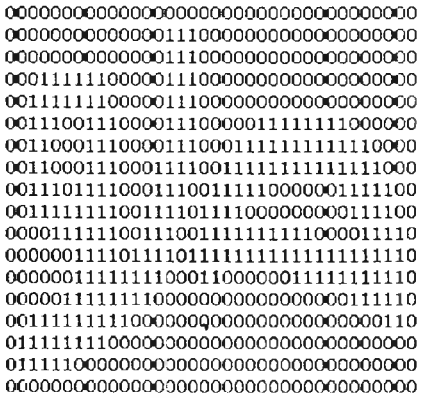
3.2.2.1. ทำการตรวจสอบว่าเป็นตัวอักษรที่ติดกัน หรือไม่

จากผลการศึกษาตัวอักษรไทย พบว่า ตัวอักษรที่มีความกว้างมากที่สุดคือ ฒ ณ ฟ ฝ ฏ ดังนั้นการตรวจสอบเบื้องต้นว่าตัวอักษรในแต่ละแบบนั้นติดกัน หรือไม่ สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบความกว้างของตัวอักษรนั้น กับค่าเฉลี่ยของความกว้างที่มากที่สุดของตัวอักษรในแต่ละแบบ แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดในตอนแรกคือ ไม่สามารถหาความกว้างของตัวอักษรได้โดยตรง ดังนั้นจึงทำการหาความกว้างของตัวอักษรโดยประมาณจาก ความสูงของตัวอักษร ซึ่งความกว้างของตัวอักษรจะมีค่าโดยประมาณเท่ากับ 130% ของความสูงของตัวอักษร(ความสูงของตัวอักษรคำนวณได้จากค่า baseline ลบออกด้วยค่า topline) พยัญชนะที่มีความกว้างมากที่สุดแบ่งตามรูปแบบตัวอักษรมีดังนี้

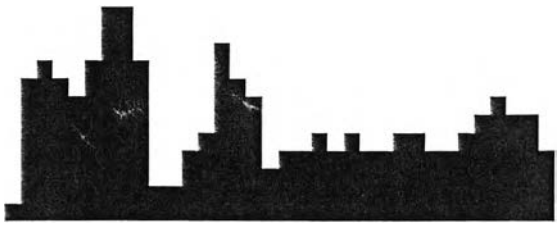
- AngsanaUPC พยัญชนะที่กว้างมากที่สุดคือ ฒ ณ
- BrowalliaUPC พยัญชนะที่กว้างมากที่สุดคือ ณ ฟ
- CordiaUPC พยัญชนะที่กว้างมากที่สุดคือ ฏ ณ
- DilleniaUPC พยัญชนะที่กว้างมากที่สุดคือ ณ ฟ
- EucrosiaUPC พยัญชนะที่กว้างมากที่สุดคือ ณ ฟ
- FreesiaUPC พยัญชนะที่กว้างมากที่สุดคือ ฒ ฟ
- IrisUPC พยัญชนะที่กว้างมากที่สุดคือ ณ ฝ
- JasmineUPC พยัญชนะที่กว้างมากที่สุดคือ ณ ฟ
- KodchiangUPC พยัญชนะที่กว้างมากที่สุดคือ ฒ ฟ
- LilyUPC พยัญชนะที่กว้างมากที่สุดคือ ฒ

3.2.2.2. การดึงเกาะภาพตัวอักษร

การดึงเกาะภาพตัวอักษรคือ การแยกกลุ่มของจุดภาพสองกลุ่มออกจากกัน เนื่องจากไม่สามารถแยกออกจากกันโดยวิธีการตัดในแนวดิ่ง หรือแนวนอน ทั้งนี้เกิดจากกลุ่มของจุดภาพกลุ่มหนึ่งมีการซ้อนทับกันกับกลุ่มภาพอีกกลุ่มหนึ่งในลักษณะที่ไม่ได้ชิดติดกัน กล่าวคือไม่มีจุดภาพของกลุ่มแรกจุดใดๆ ติดกับจุดภาพของกลุ่มที่สอง ดังรูปที่ 3-7 เมื่อทำการคำนวณหาค่า Vertical Projection ของตัวอักษรดังรูปที่ 3-7 แล้วจะไม่มีช่วงที่ค่าของ Vertical Projection ลดน้อยพอที่จะแยกตัวอักษรออกจากกันได้ ดังรูปที่ 3-8



รูปที่ 3-7 แสดงจุดภาพตัวอักษรที่ซ้อนทับกันในแนวดิ่ง



รูปที่ 3-8 แสดง Vertical Projection ของตัวอักษรในรูปที่ 3-7

เนื่องจากตัวอักษรสองตัวไม่มีส่วนของจุดภาพเชื่อมติดกัน ดังนั้นการแยกตัวอักษรทั้งสองตัวออกจากกันจะใช้วิธีดึงเกาะจุดภาพคือ สแกนจากบนลงล่าง และซ้ายไปขวาเมื่อพบจุดดำให้ทำการตรวจสอบจุดข้างเคียงรอบๆ จุดนั้นแล้วทำการสำเนามาเก็บไว้ ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่พบจุดข้างเคียงที่เป็นจุดดำ จะได้ตัวอักษรสองตัวแยกจากกัน

อัลกอริทึมดังนี้

1. *หาจุดดำเป็นจุดเริ่มต้นทางซ้ายสุด โดยสแกนจากบนลงล่าง ซ้ายไปขวา ให้เป็นตำแหน่งจุดปัจจุบัน*
2. *สำเนาจุดดังกล่าวลง array แล้ว หาจุดข้างเคียงใหม่ทำการย้ายตำแหน่งเป็นจุดปัจจุบัน*
3. *ถ้ายังมีจุดข้างเคียงเป็นจุดดำ ให้เริ่มกลับไปทำข้อ 1 จนกว่าจะหมด*

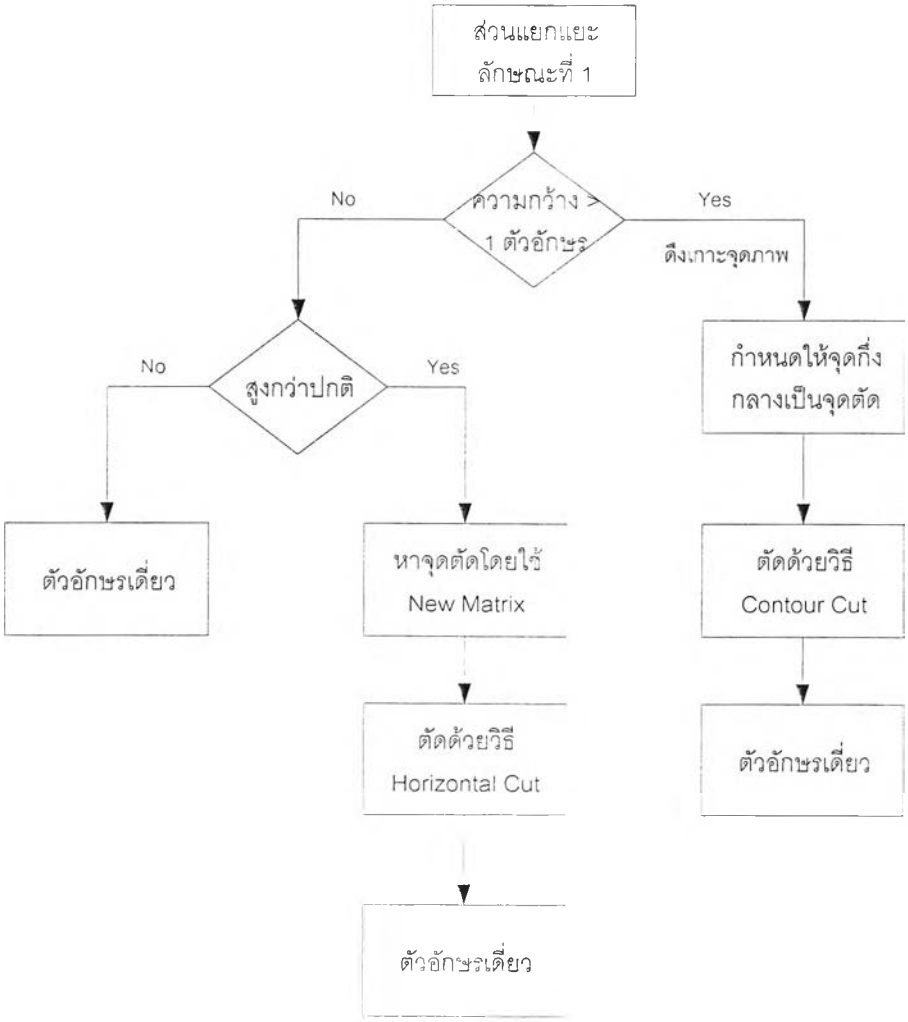
3.2.2.3. หาจุดตัดแยก และทำการตัดแยกด้วยวิธีการต่างๆ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการตรวจสอบเพื่อหาแนวตัดแยกตัวอักษรที่ติดกัน และทำการตัดแยกจะกล่าวในรายละเอียดต่อไปในหัวข้อ การหาจุดตัดแยกตัวอักษรที่ติดกัน และวิธีการตัดแยกตัวอักษรที่ติดกัน

3.2.3. ส่วนแยกแยะในลักษณะที่ 1

รูปแบบตัวอักษรในลักษณะที่ 1 ประกอบด้วยรูปแบบการติดกันแบบที่ 1 และ 2 ตามตารางที่ 3-1 การตรวจสอบว่าติดกันในลักษณะใดสามารถทำได้โดยใช้ความสูง และความกว้างของภาพอักษรเทียบกับความสูงของบรรทัด โดยแบบที่ 1 จะมีความกว้างมากกว่าปกติ ส่วนแบบที่ 5 จะมีความสูงมากกว่าปกติ เราสามารถเขียน Flow การทำงานได้ดังภาพที่ 3-9



รูปที่ 3-9 แสดง Flow การทำงานของส่วนแยกแยะลักษณะที่ 1

3.2.4. ส่วนแยกแยะในลักษณะที่ 2

รูปแบบตัวอักษรในลักษณะที่ 2 ประกอบด้วยตัวอักษรที่ติดกันรูปแบบที่ 3 ถึง 9 ตามตารางที่ 3-1 และตัวอักษรเดี่ยวในกลุ่มที่ 2 (ป ฝ ฟ ฟ ไ ใ โ) ตามตารางที่ 2-1 การตรวจสอบเราใช้ลักษณะบ่งความต่างของตัวอักษรภาษาไทยดังแสดงในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 แสดงการแยกแยะลักษณะที่ 2 โดยใช้ลักษณะบ่งความต่าง

ลักษณะบ่งความต่าง	**ลักษณะที่ติดกันแบบที่ 2 ตามตารางที่ 3-2**							A	B
	3	4	5	6	7	8	9		
กว้าง > 1 ตัว	0	1	0	1	1	1	1	0	0
มีช่องว่างซ้ายบน	0	-	0	-	-	1	0	-	1
มีช่องว่างซ้ายล่าง	1	-	0	-	-	-	-	-	-
แคบกว่า 60%	0	-	0	-	-	-	-	1	0

หมายเหตุ กลุ่ม 6-7 สามารถแยกโดยดึงเกาะจุดภาพ

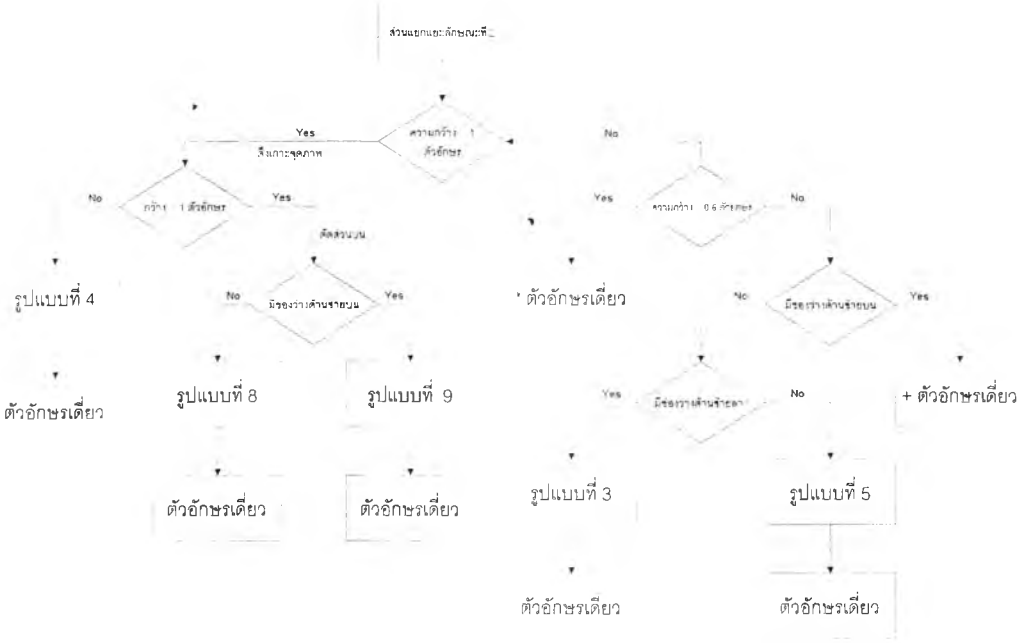
A ตัวอักษรเดี่ยว ไ ใ โ

B ตัวอักษรเดี่ยว ป ฟ ฝ ฟ

0 ไม่มีคุณสมบัติดังกล่าว

1 มีคุณสมบัติดังกล่าว

- ไม่นำมาพิจารณา



รูปที่ 3-10 แสดง Flow การทำงานของส่วนแยกแยะลักษณะที่ 2

การตัดแยกตัวอักษรในลักษณะที่ 2 สามารถแสดงดังรูปที่ 3-10.

- รูปแบบการติดกันที่ 3

  เราสามารถตัดแยกโดยการตัดส่วนล่าง(ส่วนที่ต่ำกว่า Topline) ออก แล้วนำส่วนบนมาตัดแยกส่วนที่ไขว้กันโดยทำการตัดด้วยวิธี Cross Cut (จะกล่าวรายละเอียดในส่วนของวิธีการตัดแยก)

- รูปแบบการติดกันที่ 4

  เราสามารถตัดแยกโดยการตัดส่วนล่าง(ส่วนที่ต่ำกว่า Topline) ออก แล้วนำส่วนบนมาตัดแยกโดยกำหนดจุดตัดให้เป็นจุดกึ่งกลางภาพ แล้วทำการตัดด้วยวิธี Contour Cut (จะกล่าวรายละเอียดในส่วนของวิธีการตัดแยก)

- รูปแบบการติดกันที่ 5

  การตัดแยกตัวอักษรที่ติดกัน ทำได้โดยหาค่า Horizontal New Matrix ของตัวอักษร แล้วพิจารณาส่วนที่มีค่า Horizontal New Matrix น้อยที่สุดเป็นจุดตัด แล้วทำการตัดด้วยวิธี Horizontal Cut

- รูปแบบการติดกันที่ 8

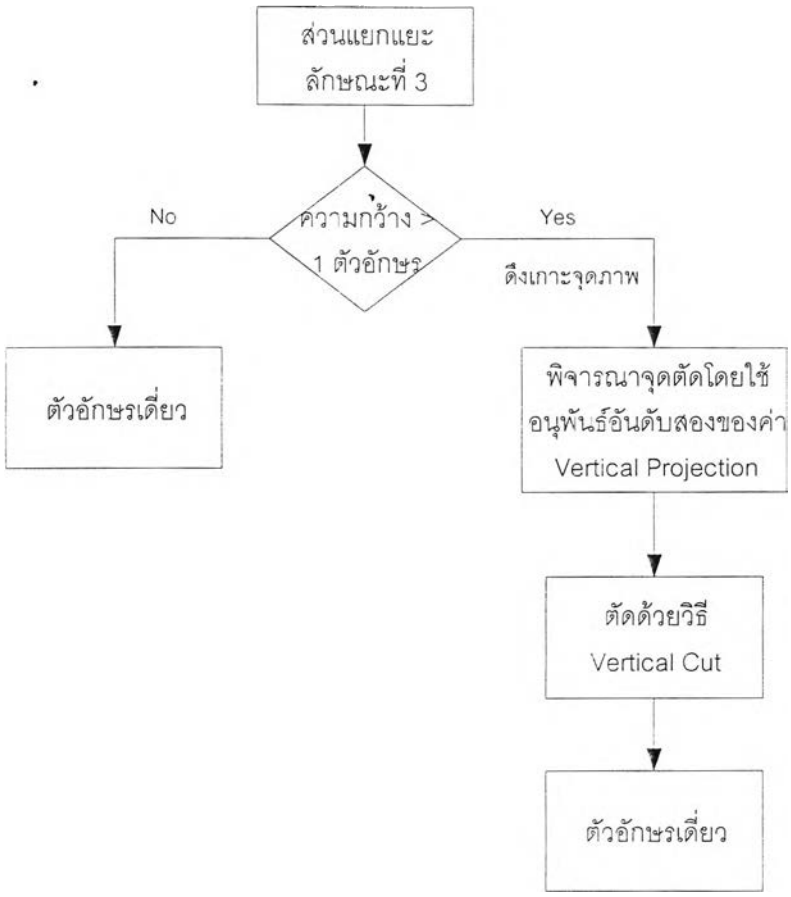
เราสามารถตัดแยกโดยการตัดส่วนล่าง(ส่วนที่ต่ำกว่า Topline) ออก แล้วนำส่วนบนมาหาค่า Vertical Projection พิจารณาจุดตัดจากค่าของ Vertical Projection มีการเปลี่ยนแปลงจากมาก แล้วลดลงกับมาน้อยแสดงถึงจุดบริเวณหาง "ป" แล้วทำการตัดด้วย วิธี Vertical Cut

- รูปแบบการติดกันที่ 9

การตัดแยกตัวอักษรที่ติดกัน ทำได้โดยหาค่า Vertical Projection พิจารณาจุดตัดจากค่า Vertical Projection ที่มีค่าน้อยที่สุด แล้วทำการตัดด้วยวิธี Vertical Cut

3.2.5. ส่วนแยกแยะในลักษณะที่ 3

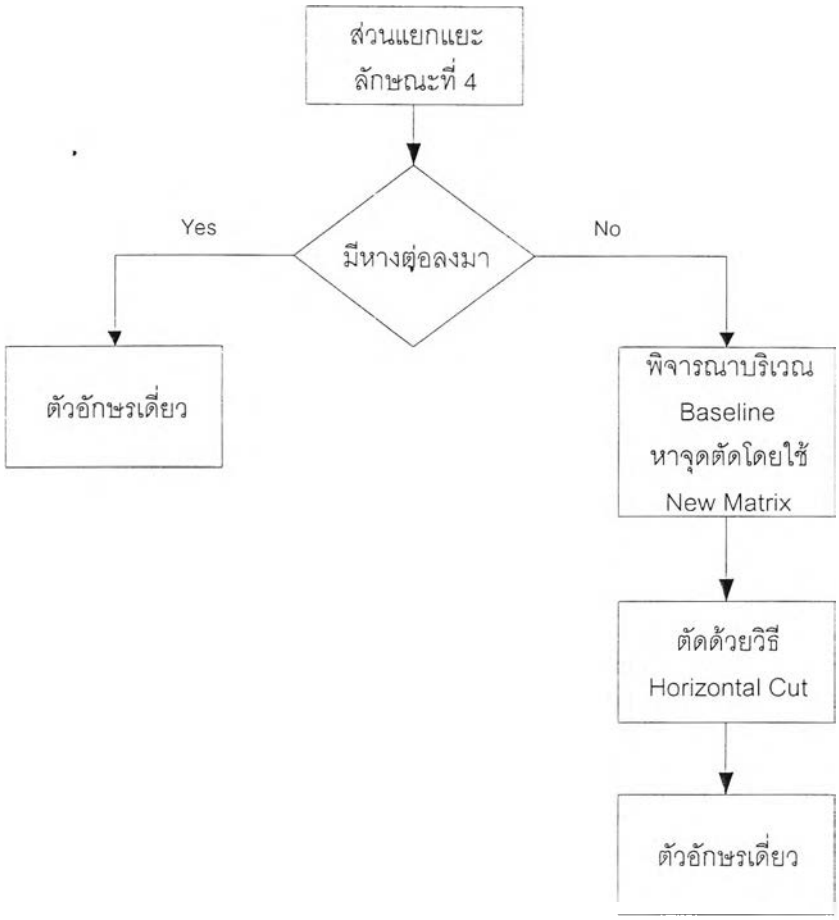
การติดกันในรูปแบบที่ 3 นี้เราเลือกวิธีที่ง่าย และได้ผลดีในการหาจุดตัด ของ Kahan and Pavlidis [11] ซึ่งเขียนไว้ว่า "จุดเชื่อมของตัวอักษร 2 ตัวจะมีค่าของ Vertical Projection V(x) เปลี่ยนแบบ Sharp minimum โดยเสนอว่าให้ใช้อัตราส่วนระหว่าง อนุพันธ์อันดับ 2 คือ V(x-1)-2V(x)+V(x+1) กับค่าของ Projection เป็นสมการเงื่อนไขในการหาจุดตัด เมื่อได้จุดตัดแล้วทำการตัดด้วยวิธี Vertical Cut ซึ่งสามารถเขียน Flow การทำงานได้ดังภาพที่ 3-8 กรณีที่มีตัวอักษรติดกันมากกว่า 2 ตัวอักษรจะทำการตัดก่อน แล้วตรวจสอบความกว้างตัวอักษรที่เหลือถ้ายัง มากกว่า 1 ตัวอักษรจะทำการตัดจนกว่าจนเป็นตัวอักษรเดี่ยว



รูปที่ 3-11 แสดง Flow การทำงานของส่วนแยกแยะลักษณะที่ 3

3.2.6. ส่วนแยกแยะในลักษณะที่ 4

ตัวอักษรที่ติดกันรูปแบบที่ 4 นั้นประกอบด้วย ฦ ฤ ๅ ฏ ฏ ญ ฐ และ สระล่าง ุ ู ซึ่งในที่นี้ เราพิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นหางตรงต่อจากตัวอักษรในระดับที่ 3 ได้แก่ ฦ ฤ ๅ ฏ ฏ เท่านั้นเมื่อพบว่ามีส่วนหางต่อลงมาจะไม่ทำการตัดแยกตัวอักษรดังกล่าว กรณีอื่นๆ เช่น ญ ฐ ฎ ฎ จะทำการตัดส่วนล่างออกโดยหาจุดตัดจาก New Matrix แล้วทำการตัดด้วยวิธี Horizontal Cut โดยการพิจารณาในการหาจุดตัดจะเริ่มบริเวณใกล้ Baseline ดังรูปที่ 3-12 แสดง Flow การทำงานของส่วนแยกแยะลักษณะที่ 4



รูปที่ 3-12 แสดง Flow การทำงานของส่วนแยกแยะลักษณะที่ 4

3.3 การหาจุดตัด ตัวอักษรที่ติดกัน

การพิจารณาเพื่อหาจุดตัดแยกตัวอักษรที่ติดกันสามารถแบ่งแยกได้ดังนี้

1. Projection กรณีตัดแยกตัวอักษรที่ติดกันในแนวนอนเช่น เม หรือ ปรี

การหาจุดตัดของตัวอักษรที่ติดกันโดยพิจารณาจากค่าของ Projection ที่มีค่าน้อยที่สุด กรณีของตัวอักษรที่ติดกัน ในรูปแบบที่ 2 ตามตารางที่ 3-1 เช่น เม กรณีการติดกันของตัวอักษรในรูปแบบที่ 5 นั้นจะพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่า Projection จากมากไปน้อยที่มีผลต่าง มากที่สุด

2. New Matrix [8]

การหาจุดตัดของตัวอักษรที่ติดกันโดยพิจารณาจากค่าของ New Matrix ที่มีค่าน้อยที่สุด โดยจะใช้กับกรณีตัวอักษรที่ติดกันในรูปแบบที่ 2 รูปแบบที่ 5 และรูปแบบที่ 11 ตามตารางที่ 3-1

3. อัตราส่วนระหว่างอนุพันธ์อันดับ 2 ของ Projection กับค่าของ Projection [10]

การหาจุดตัดของตัวอักษรที่ติดกันโดยพิจารณาจากค่าของ อัตราส่วนระหว่างอนุพันธ์อันดับที่ 2 ของ Projection กับค่าของ Projection ที่มีค่ามากที่สุด โดยจะใช้กับกรณีตัวอักษรที่ติดกันในรูปแบบที่ 10 ตามตารางที่ 3-1

3.4 วิธีการตัดแยกภาพตัวอักษรที่ติดกัน

เมื่อได้จุดตัดแล้ว การตัดแยกภาพตัวอักษรที่ติดกันนั้นสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. Vertical cut คือ การตัดแยกภาพตัวอักษรออกจากกันในแนวดิ่ง [13]

(a) แสดงภาพตัวอักษรที่ติดกัน (b) แสดง Vertical Cut

รูปที่ 3-13 แสดงตัวอย่างการตัดด้วย Vertical cut

รูปที่ 3-13 (a) เป็นภาพตัวอักษรที่ติดกัน เมื่อพิจารณาจุดตัด จะทำการตัดแยกตัวอักษรที่ติดกันโดยใช้แนวเส้นดังรูป 3-13 (b) เพื่อแยกตัวอักษรออกจากกัน

2. Horizontal cut คือ การตัดแยกตัวอักษรออกจากกันในแนวนอนซึ่งการตัดแยกตัวอักษรจะทำในลักษณะเช่นเดียวกับ Vertical cut

3. Contour cut คือ การตัดแยกตัวอักษรออกจากกันโดยอาศัยแนวขอบเส้นตัวอักษรในการตัดแยกเพื่อให้การแยกตัวอักษรออกจากกันเป็นไปด้วยความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นดังรูปภาพที่ 3-14 แสดงแนวเส้นในการตัดแยก [13]

(a) แสดง Vertical cut (b) แสดง Contour cut

รูปที่ 3-14 แสดงตัวอย่างการตัดแยกด้วยวิธี Contour cut

ตัวอักษรที่ติดกันในลักษณะที่มีการซ้อนทับและติดกันของตัวอักษรทำให้เกิดปัญหาในการตัดแยกดังรูปที่ 3-14 (a) เมื่อทำการตัดแยกตัวอักษรที่ติดกันแล้วจะทำให้ตัวอักษรบางส่วนขาดให้ไปจากเดิมมากซึ่งมีผลต่อระบบรู้จำตัวอักษร ดังนั้นเราสามารถแก้ไขการตัดแยกตัวอักษรที่ติดกัน ด้วยวิธี Contour cut กล่าวคือ เมื่อได้จุดตัดแล้ว ทำการสแกนขึ้น และลงจากจุดตัด เมื่อพบจุดดำ และไม่สามารถสแกนขึ้น หรือลงได้ต่อไปให้ทำการตรวจสอบจุดข้างเคียงทั้งด้านซ้าย และด้านขวา ถ้าเป็นจุดขาวให้เปลี่ยนตำแหน่งแล้วทำการสแกนต่อไปจนกระทั่งไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งต่อไปได้(ด้านบน และด้านข้างเป็นจุดดำทั้งหมด) จากนั้นทำการลากเส้นเชื่อมระหว่างจุด 2 จุดที่สแกนจากด้านบนและ ล่าง เพื่อใช้เป็นแนวตัดแยก

อัลกอริทึมดังนี้

1. *กำหนดเริ่มต้นจากจุดตัดด้านบนของภาพ*
2. *ทำการตรวจสอบว่าจุดถัดลงมา 1 จุดเป็นจุดดำ หรือขาว*
3. *ถ้าเป็นจุดขาว ให้ทำการเปลี่ยนตำแหน่งปัจจุบันไปจุดดังกล่าว*
4. *ถ้าเป็นจุดดำ ตรวจสอบจุดทั้งทางด้านซ้าย และขวาว่าเป็นจุดขาวหรือไม่ เพื่อทำการเปลี่ยนตำแหน่งปัจจุบันไปทางด้านซ้าย หรือด้านขวา*
5. *สำเนาด้านซ้าย และด้านขวาของตำแหน่งที่อยู่ ลง array*
6. *ทำซ้ำข้อ 1 – 5 จนกระทั่งไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้เนื่องจากบริเวณด้านล่าง และด้านซ้าย ด้านขวาเป็นจุดดำทั้งหมด*
7. *ทำเหมือนข้อ 1 – 6 แต่เริ่มจากตำแหน่งจุดตัดด้านล่าง ขึ้นบน*
8. *เมื่อได้ตำแหน่งจุดที่หยุด ทั้งด้านบน และด้านล่าง ตรวจสอบว่าจุดใดมีค่าในแนวนอนมากกว่า เพื่อทำการตัดจากจุดที่มีค่าน้อย ไปยังจุดที่มีค่ามาก*

9. เพิ่มในแนวนอน และแนวดิ่งทีละ 1 เพื่อเดินไปถึงอีกจุดหนึ่ง

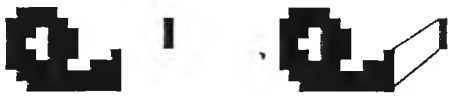
10. ทำการสำเนาด้านซ้าย และด้านขวาลง array ตามแนวจุดที่วิ่งไป

11. ทำซ้ำข้อ 9 – 10 จนกระทั่งทั้ง 2 จุดบรรจบกัน

4. Cross cut คือ วิธีการตัดแยกตัวอักษรที่ไขว้กันดังแสดงไว้ในรูปที่ 3-15

รูปที่ 3-15 แสดงตัวอักษรที่ไขว้กัน

การตัดแยกตัวอักษรที่ติดกันในลักษณะที่ไขว้กันนี้ไม่สามารถใช้วิธีการตัดดังกล่าวข้างต้นได้ เนื่องจากจะส่งผลให้ตัวอักษรดังรูปที่ 3-15 ส่วนล่างผิดลักษณะไปจากเดิม จากการตรวจสอบพบว่าตัวอักษรที่ติดกันในลักษณะนี้มีเพียงการติดกันในรูปแบบที่ 3 ตามตารางที่ 3-1 กล่าวคือตัวอักษรที่อยู่ด้านล่าง(พยัญชนะ) จะมีลักษณะมีหางเป็นเส้นตรงยาวขึ้นไปติดกันตัวอักษรที่อยู่ด้านบน(สระ) ดังนั้นการตัดแยกตัวอักษรเราจะพิจารณาบริเวณเหนือเส้น Topline ขึ้นไป โดยจะทำตรวจสอบแนวหางของพยัญชนะตัวล่าง แล้วทำการสำเนาไปต่อกับส่วนล่างก่อนที่จะทำาารลบออกจากส่วนบน จึงจะได้พยัญชนะตัวล่างที่สมบูรณ์ แล้วทำการเติมจุดดำในส่วนที่ขาดหายไปจากส่วนหางของพยัญชนะตัวล่างที่ลบออกไปโดยพิจารณาจากแนวจุดที่เริ่มขาดแล้วลากเส้นตัดจากจุดดังกล่าวเพื่อเติมจุดดำลงไปแสดงดังรูปที่ 3-16



(a) ลบหาง
พยัญชนะตัวล่างออก

(b) ลากเส้นตัด
บริเวณที่ลบไป

(c) เติมส่วนที่ลบไป
ตามแนวเส้น

รูปที่ 3-16 แสดงวิธีการตัดแบบ Cross cut

อัลกอริทึมดังนี้

1. *กำหนดเริ่มต้นที่บริเวณ Topline เพื่อตัดภาพเป็น 2 ส่วน*
2. *ส่วนบนทำการตรวจสอบบริเวณที่เป็นเส้นตรง เริ่มจาก Topline จนถึงขอบด้านบน ส่วนแนวนอนเริ่มจากขวามาซ้าย*
3. *ตรวจสอบว่ามีจุดดำเริ่มที่ตำแหน่งใด และหลังจากนั้นจุดใดเริ่มเป็นจุดขาวอีกครั้ง*
4. *ทำการสำเนาบริเวณดังกล่าวจากขอบบน จนถึง Topline เพื่อนำไปต่อกับภาพล่าง ก็จะได้อักษร ฟ*
5. *ทีส่วนบน ทำการตรวจสอบจุดตำแหน่งบริเวณที่ถูก ตัดไปเพื่อต่อกับส่วนล่าง*
6. *เริ่มจากบนลงล่างของบริเวณที่ถูกลบไปเป็นแนวเส้นตรง ตรวจสอบว่าบริเวณด้านซ้ายและขวาบริเวณใดเริ่มมีจุดดำอีกครั้ง เมื่อได้จุด 4 จุดที่เป็นตำแหน่ง ปลายขอบที่ถูกต้ดออกแล้ว*
7. *เพิ่มค่าในแนวนอนจากจุด 1 ไปยัง 2 และจากจุด 3 ไป 4 โดยเพิ่มค่าในแนวดิ่งทีละ 1*
8. *ทำการเติมจุดดำลงไป*
9. *ทำซ้ำข้อ 7 - 8 จนกระทั่งทั้ง จุด 1 และจุด 2 เป็นจุดเดียวกัน*