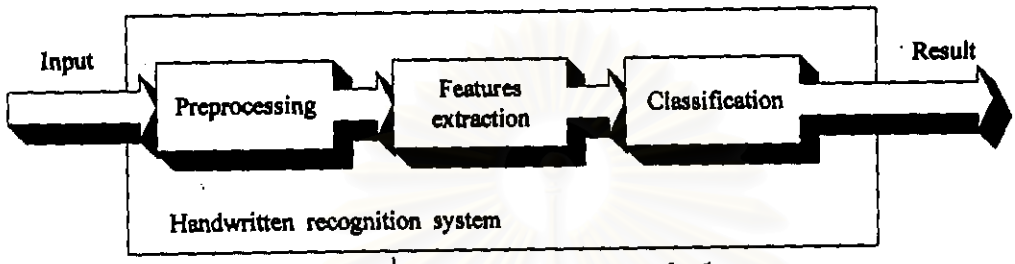
บทที่ 3

กระบวนการที่ใช้ในระบบการรู้จำแบบรูปลายมือเขียนภาษาไทย

3.1 กระบวนการรู้จำแบบรูปลายมือเขียน



รูปที่ 3.1 การรู้จำแบบรูปลายมือเขียน

กระบวนการรู้จำแบบรูปประกอบด้วย

1. ข้อมูลเข้าสู่ระบบการรู้จำแบบรูป (Input)
2. ระบบการรู้จำแบบรูปลายมือเขียน (Handwritten recognition system)
3. ผลลัพธ์เมื่อผ่านระบบการรู้จำแบบรูป (Result)

1. ข้อมูลเข้าสู่ระบบการรู้จำแบบรูป (Input)

ข้อมูลถูกรับเข้ามาโดยผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่ากระดานอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ปากกาในกรอกข้อมูลลงในกระดาน ข้อมูลเข้าจะถูกจัดเก็บลงในฐานข้อมูลโดยใช้มาตรฐานในการเก็บข้อมูลเป็น Portable GrayMap (.pgm) ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลหนึ่งในการจัดเก็บภาพในลักษณะเลขฐานสองตามระดับความเข้มของแสง กล่าวคือสีดำมีค่าเท่ากับศูนย์ ในขณะที่สีขาวมีค่าเท่ากับหนึ่ง

2. ในระบบการรู้จำแบบรูปลายมือเขียนสามารถแบ่งกระบวนการที่ใช้ในการรู้จำได้ออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้
   - กระบวนการก่อนหน้า (Preprocessing)
   - การดึงคุณลักษณะ (Features extraction)
   - การจำแนก (Classification)

3. ผลลัพธ์เมื่อผ่านกระบวนการรู้จำแบบรูป (Result)

ภาพข้อมูลเข้าตัวอักษรที่เข้าสู่ระบบการรู้จำแบบรูปลายมือเขียนจะถูกรู้จำโดยการตัดสินใจเข้าคู่ภาพตัวอักษรกับอักษรตัวพิมพ์ที่ให้ผลลัพธ์ตรงตามเงื่อนไขการตัดสินใจในการเข้าคู่ที่ถูกต้อง

3.2 ระบบการรู้จำแบบรูปลายมือเขียน แบ่งได้เป็นสามส่วนหลักดังนี้

3.2.1 กระบวนการก่อนหน้า (Preprocessing)

กระบวนการก่อนหน้า เป็นกระบวนการที่สัมพันธ์กับการดึงคุณลักษณะ (Feature extraction) โดยมีจุดมุ่งหมายของกระบวนการเพื่อกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการและเน้นส่วนต้องการ เพื่อให้ได้องค์ประกอบในการพิจารณาคุณลักษณะที่นำมาใช้ ซึ่งมีคุณลักษณะที่แตกต่างหลายชนิดซึ่งจะกล่าวต่อไปในหัวข้อ 3.2.2 การดึงคุณลักษณะ

กระบวนการก่อนหน้าที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีดังนี้

3.2.1.1 กระบวนการตรวจจับขอบเขตภาพ (Boundary)

3.2.1.2 กระบวนการทำโครงร่างภาพ (Skeleton)

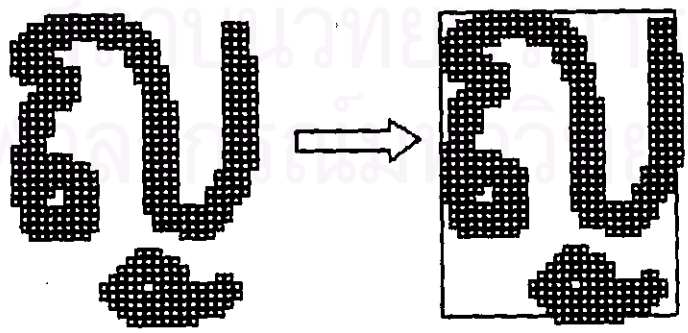
3.2.1.3 กระบวนการเน้นขอบภาพ (Edge detection)

3.2.1.4 กระบวนการลบขอบภาพด้านนอก (Deletion)

ภาพตัวอักษรที่รับเข้ามาจะผ่านกระบวนการก่อนหน้าทั้ง 4 ที่กล่าวข้างต้นโดยแต่ละกระบวนการจะให้ผลลัพธ์คือองค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณาคุณลักษณะ

3.2.1.1 กระบวนการตรวจจับขอบเขตภาพ

การตรวจจับขอบเขตภาพจะตรวจจับขอบเขตกรอบของภาพตัวอักษรพยัญชนะไทยที่รับเข้ามาจากกรอบบริเวณที่ใช้รับข้อมูลเข้า ภาพตัวอักษรพยัญชนะไทยที่ผ่านกระบวนการนี้จะให้ขอบเขตของภาพประกอบด้วยองค์ประกอบของขอบด้านซ้าย ขอบด้านขวา ขอบด้านบน และขอบด้านล่าง แสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งผลที่ได้จากการจับขอบเขตภาพจะทำให้การดำเนินการในกระบวนการถัดไปกระทำเพียงเฉพาะในส่วนที่เป็นเนื้อของภาพตัวอักษรเท่านั้น



(ก) (ข)

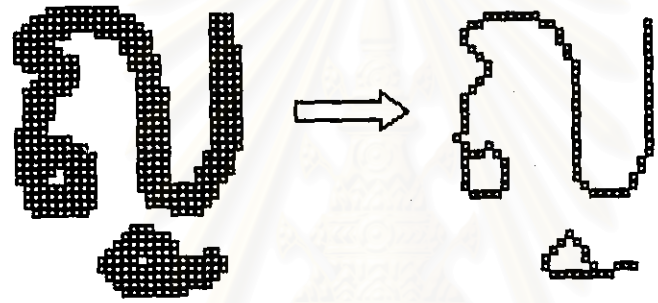
รูปที่ 3.2 กระบวนการตรวจจับขอบภาพตัวอักษร (ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพเมื่อผ่านการตรวจจับขอบภาพ

อัลกอริทึม การตรวจจับขอบภาพ

1. ทำการกวาดตรวจตั้งแต่จุดเริ่มต้น(มุมซ้ายบน) ไปจุดสุดท้ายของกรอบบริเวณ(มุมขวาล่าง)ที่ใช้ในการรับข้อมูลเข้า
2. ในระหว่างทำการกวาดตรวจ ทำการเก็บค่าขอบเขตบริเวณของภาพ
3. ผลลัพธ์ที่ได้ จะได้กรอบของภาพอักษรพยัญชนะซึ่งประกอบด้วย ขอบด้านซ้าย ขอบด้านขวา ขอบด้านบน และขอบด้านล่างของภาพ

3.2.1.2 กระบวนการทำโครงร่างภาพ

การทำโครงร่างภาพเป็นกระบวนการทำให้ภาพที่รับเข้ามามีความหนาของภาพเพียงหนึ่งจุดภาพแสดงในรูปที่ 3.3



(ก) (ข)

รูปที่ 3.3 กระบวนการทำโครงร่างภาพ (ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพที่ผ่านการทำโครงร่างภาพ

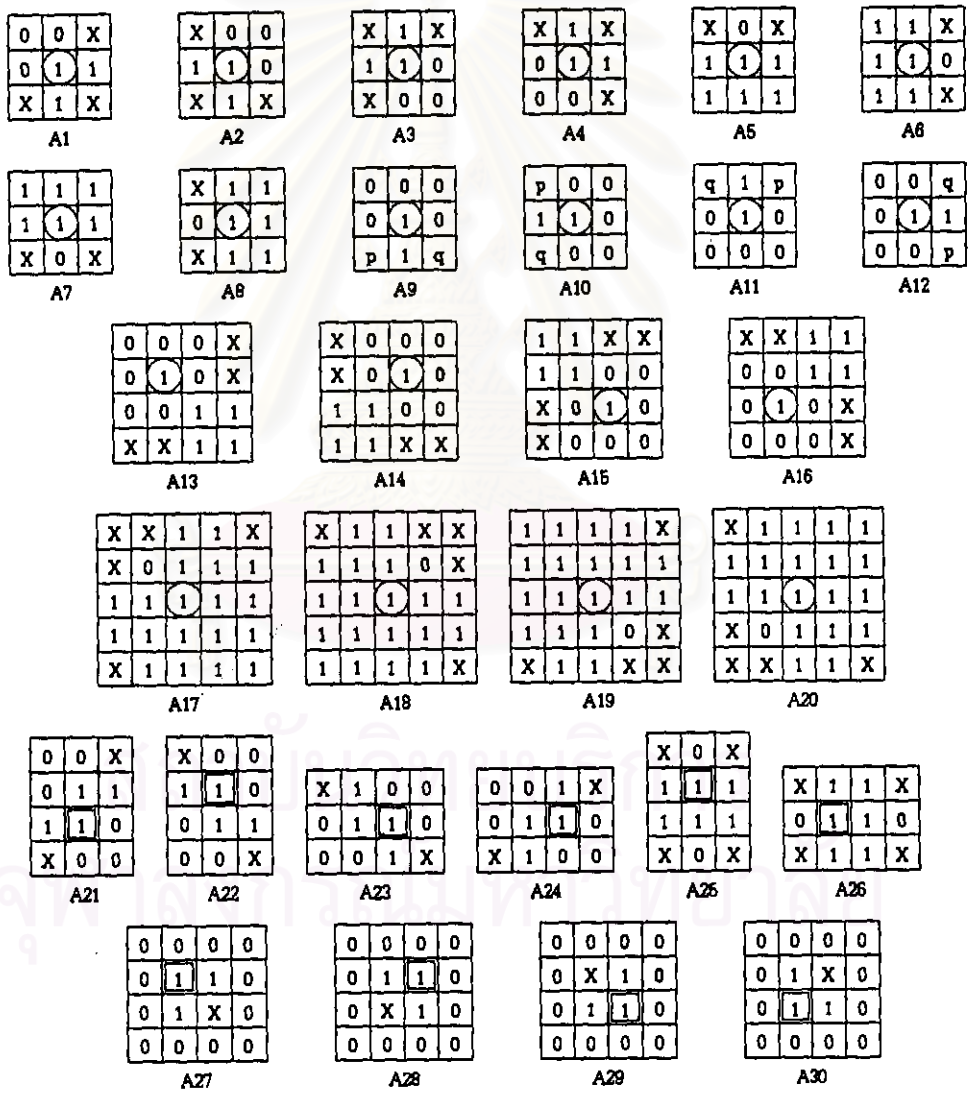
ภาพที่ผ่านกระบวนการทำโครงร่างภาพจะได้คุณลักษณะของจุดต่อในภาพโครงร่างซึ่งประกอบด้วย

- จุดปลาย คือจุดที่มีผลรวมของจุดรอบข้างเท่ากับหนึ่ง
- จุดต่อเนื่อง คือจุดที่มีผลรวมของจุดรอบข้างเท่ากับสอง
- จุดแยกสาม คือจุดที่มีผลรวมของจุดรอบข้างเท่ากับสาม
- จุดแยกสี่ คือจุดที่มีผลรวมของจุดรอบข้างเท่ากับสี่

จุดประสงค์ของกระบวนการทำโครงร่างภาพ เพื่อตรวจจุดแยกสามที่ได้จากการทำบางภาพตัวอักษร ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการกำหนดคุณลักษณะในส่วนของการดึงคุณลักษณะ (Feature extraction) ในส่วนการพิจารณาการต่อเชื่อมของหัวตัวอักษร ซึ่งจะกล่าวอีกครั้งในส่วนในหัวข้อ 3.2.2.1.4 การดึงคุณลักษณะโดยการพิจารณาการต่อเชื่อมหัวของตัวอักษร

เนื่องจากการทำโครงร่างภาพมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีได้เลือกใช้การทำบางโดยกรรมวิธี One-Pass Parallel Thinning ของ Ben K. Jang และ Roland T. Chin (1992) เพราะให้รายละเอียดคุณลักษณะของจุดต่อภาพได้ดีเพียงพอ

โดยมีแบบรูป (Template) ที่ใช้ในการทำโครงร่างภาพทั้งหมด 30 รูปแบบ ซึ่งแบบรูป (Templates) A1 ถึง A20 เป็นแบบรูปการทำโครงร่างภาพ ในขณะที่ A21 ถึง A30 เป็นแบบรูปการเรียกกลับคืน (Restoring) p และ q เป็นตัวดำเนินการทางตรรกศาสตร์ : p or q = 1 และ X เป็นค่าที่ไม่สนใจ ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แบบรูป (Templates) การทำโครงร่างภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อัลกอริทึม การทำโครงร่างภาพ

1. จุดภาพจะถูกทำการตรวจสอบตามแบบรูปการทำโครงร่างภาพ (Template) ทั้งหมด
2. หากจุดภาพที่ถูกตรวจอยู่ในแบบรูป A1 ถึง A20 จะถูกลบจุดภาพ ในขณะที่จุดภาพอยู่ในอยู่แบบ A21 ถึง A30 จะถูกกู้กลับคืนมา
3. เมื่อภาพผ่านกระบวนการทำโครงร่างบางจะเหลือความกว้างของภาพเพียง 1 จุดภาพ

3.2.1.3 กระบวนการเน้นขอบภาพ

การเน้นขอบภาพเป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยเน้นส่วนที่เป็นขอบภาพ ส่วนบริเวณที่ไม่ใช่ขอบของภาพจะถูกกำจัด ซึ่งผลจากการเน้นขอบภาพจะได้ขอบภาพประกอบด้วยขอบภาพด้านในและขอบภาพด้านนอก ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ภาพที่ได้ผ่านกระบวนการเน้นขอบภาพจะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการลบขอบภาพด้านนอก ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อ 3.2.1.4 เพื่อให้ได้องค์ประกอบในการพิจารณาการดึงคุณลักษณะ

Seong-Whan Lee (1996) ได้นำกระบวนการเน้นขอบภาพมาใช้ในการดึงคุณลักษณะ โดยได้ทำการศึกษาและสรุปไว้ว่า ในกรรมวิธีการเน้นขอบภาพ (Edge detection) อันได้แก่ FreiChen edge detection, Kirsch edge detection, Prewitt edge detection, Sobel edge detection และ อื่นๆ ในบรรดากรรมวิธีการเน้นขอบภาพทั้งหมด Kirsch edge detection เป็นที่รู้จักกันดีว่าจะทำการเน้นขอบภาพทั้งสี่ทิศทางอันได้แก่ แนวดิ่ง แนวราบ แนวทะแยงซ้าย และแนวทะแยงขวา ซึ่งมีความถูกต้องมากกว่ามากกว่าการเน้นขอบภาพโดยกรรมวิธีอื่น ๆ

Kirsch compass operator มีตัวดำเนินการ 8 ตัวดังนี้

$$W_0=\begin{bmatrix}5&5&5\\-3&0&-3\\-3&-3&-3\end{bmatrix}\quad W_1=\begin{bmatrix}5&5&-3\\5&0&-3\\-3&-3&-3\end{bmatrix}\quad W_2=\begin{bmatrix}5&-3&-3\\5&0&-3\\5&-3&-3\end{bmatrix}\quad W_3=\begin{bmatrix}-3&-3&-3\\5&0&-3\\5&5&-3\end{bmatrix}$$

$$W_4=\begin{bmatrix}-3&-3&-3\\-3&0&-3\\5&5&5\end{bmatrix}\quad W_5=\begin{bmatrix}-3&-3&-3\\-3&0&5\\-3&5&5\end{bmatrix}\quad W_6=\begin{bmatrix}-3&-3&5\\-3&0&5\\-3&-3&5\end{bmatrix}\quad W_7=\begin{bmatrix}-3&5&5\\-3&0&5\\-3&-3&-3\end{bmatrix}$$

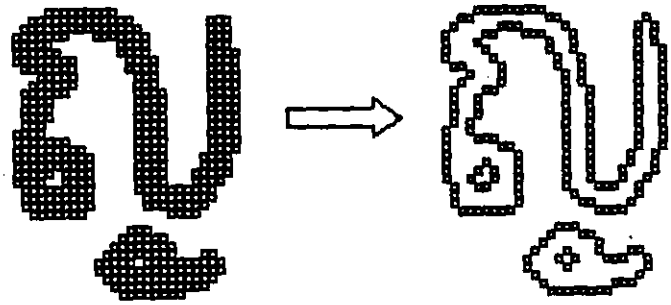
สำหรับตัวดำเนินการ compass ขอบของภาพสามารถคำนวณได้จากสมาการ

$$y(i,j)=\max\{|y_0(i,j)|,|y_1(i,j)|,\ldots,|y_7(i,j)|\} \quad (1)$$

ขณะที่ y_0, y_1, และอื่นๆ เป็น cross correlations ของ masks W_0,W_1 และอื่น ๆ กับภาพ

อัลกอริทึม การเน้นขอบภาพ

1. ทำการเน้นขอบภาพโดยเลือกใช้ operator Kirsch ซึ่งประกอบด้วยหน้าต่าง (Mask) 8 รูปแบบ ด้วยกัน
2. จุดภาพจะถูกคำนวณโดยผ่านหน้าต่างทั้ง 8 รูปแบบ ซึ่งกำหนดค่าธรณีประตู (Threshold) ในการตัดสิน
3. พิจารณาแบบรูปผลลัพธ์ที่ให้ค่ามากที่สุดตามสมการที่ 1 จะได้จุดที่เป็นขอบภาพ



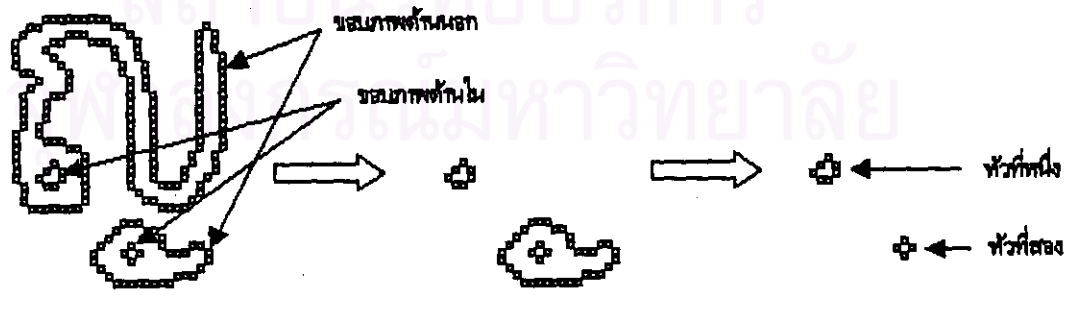
(ก) (ข)

รูปที่ 3.5 กระบวนการเน้นขอบภาพตัวอักษร (ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพที่ผ่านการเน้นขอบภาพ

3.2.1.4 กระบวนการลบขอบด้านนอก

ในงานวิจัยการรู้จำแบบรูปลายมือเขียนภาษาไทยโดยการพิจารณาหัวที่ได้เสนอโดย Suraphun Airphabon และคณะ (1989) ได้นำกรรมวิธีในการลบขอบภาพด้านนอกมาใช้เพื่อหาหัวของตัวอักษร ผลลัพธ์ที่ได้คือขอบภาพด้านในซึ่งจะนำจุดศูนย์กลางของขอบภาพด้านในเป็นตัวแทนหัวของตัวอักษร ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีการพิจารณาเช่นเดียวกัน

แต่ความแตกต่างที่เสนอในวิทยานิพนธ์คือภาพที่ผ่านจากกระบวนการเน้นขอบภาพจะประกอบด้วยขอบภาพสองส่วน ได้แก่ขอบภาพด้านนอก และขอบภาพด้านใน ดังนั้นเมื่อลบขอบภาพด้านนอกออก (จะทำให้ได้จำนวนของเกาะที่ใช้เป็นคุณลักษณะอย่างหนึ่ง) จนเหลือเฉพาะขอบภาพด้านใน ซึ่งองค์ประกอบของขอบภาพดังกล่าวจะนำมากำหนดจุดศูนย์กลางในการพิจารณาคุณลักษณะซึ่งได้แก่ จำนวนของหัว ระดับของหัวของตัวอักษรพยัญชนะไทย โดยจะกล่าวถึงคุณลักษณะแต่ละชนิดอย่างละเอียดอีกครั้งในหัวข้อ 3.2.2 การดึงคุณลักษณะ



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.6 กระบวนการลบขอบภาพด้านนอก (ก) ภาพตัวอักษรที่เน้นขอบ (ข) เมื่อขอบภาพด้านนอกที่หนึ่งถูกลบ (ค) เมื่อขอบภาพด้านนอกที่สองถูกลบ

อัลกอริทึม การลบขอบภาพด้านนอก

จากภาพที่ปรากฏขอบภาพทั้งด้านนอกและด้านใน และจากขอบเขตของภาพที่ทราบมาจากกระบวนการตรวจจับขอบเขตภาพ เริ่มทำการกวาดภาพจากมุมบนซ้ายของขอบเขตภาพ ไล่จากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง จนถึงมุมล่างขวาของขอบเขตภาพ

1. เมื่อพบจุดภาพที่เป็นขอบภาพแสดงว่าเป็นขอบภาพด้านนอก ซึ่งจุดภาพดังกล่าวจะเป็นจุดเริ่มต้น
2. ลบจุดภาพที่เป็นขอบภาพด้านนอกและค้นจุดภาพต่อเนื่องที่เป็นขอบภาพด้านนอกถัดไป ทำการลบจุดภาพจนกระทั่งการลบสิ้นสุดที่จุดเริ่มต้น
3. หากการลบยังไม่สิ้นสุดที่ขอบเขตภาพ แสดงว่ายังมีขอบภาพด้านนอกที่ยังไม่ได้ลบ ได้แก่ตัวอักษร ญ และ ฐ ที่มีจำนวนเกาะเป็นสอง
4. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 จนสิ้นสุดขอบเขตของภาพ

3.2.2 การดึงคุณลักษณะ

เนื่องจากองค์ประกอบที่ได้จากกระบวนการก่อนหน้ายังมิใช่เป็นคุณลักษณะที่ใช้ในกรรมวิธีการรู้จำแบบรูป กล่าวคือกระบวนการจับกรอบภาพจะช่วยทำให้ลดการประมวลผลในส่วนที่ไม่จำเป็น ในขณะที่กระบวนการทำโครงร่างภาพจะได้ภาพที่เป็นลักษณะของการต่อกันของคุณลักษณะของจุดต่อภาพ และท้ายสุดกระบวนการเน้นขอบภาพและกระบวนการลบขอบภาพด้านนอกจะได้ขอบภาพด้านในซึ่งเป็นองค์ประกอบที่นำมาพิจารณาคุณลักษณะ ซึ่งสามารถแบ่งคุณลักษณะที่ใช้การดึงคุณลักษณะได้ดังนี้

คุณลักษณะสำคัญสามารถแยกออกได้เป็น สองกลุ่มได้แก่

- คุณลักษณะร่วม (Global features) หมายถึงคุณลักษณะที่มีอยู่ร่วมกันในทุกตัวอักษร
- คุณลักษณะเฉพาะ (Local features) หมายถึงคุณลักษณะเฉพาะที่มีระหว่างกันในตัวอักษรบางตัว

คุณลักษณะที่ได้นั้นจะมีความสัมพันธ์กันกับการจำแนกเนื่องจากรูปแบบการตัดสินใจในการรู้จำแบบรูปถูกกำหนดขึ้นมาจากเงื่อนไขโดยใช้คุณลักษณะที่ได้จากกระบวนการนี้

3.2.2.1 คุณลักษณะร่วม ที่นำมาใช้ในการรู้จำแบบรูปสามารถจำแนกได้ดังนี้

- จำนวนเกาะ
- จำนวนหัว
- ระดับของหัว
- การต่อเชื่อมหัว
- การเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่าน

3.2.2.1.1 จำนวนเกาะ

จากที่นิยามคำว่าเกาะในในหัวข้อ 2.6.1 ในกลุ่มของตัวอักษรพยัญชนะไทยสามารถแบ่งโดยการพิจารณาเกาะแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มที่มี 1 เกาะ และกลุ่มที่มี 2 เกาะ แสดงในรูปที่ 3.7

(ก) (ข)

รูปที่ 3.7 การจำแนกตัวอักษรด้วยจำนวนเกาะ (ก) หนึ่งเกาะ (ข) สองเกาะ

3.2.2.1.2 จำนวนหัว

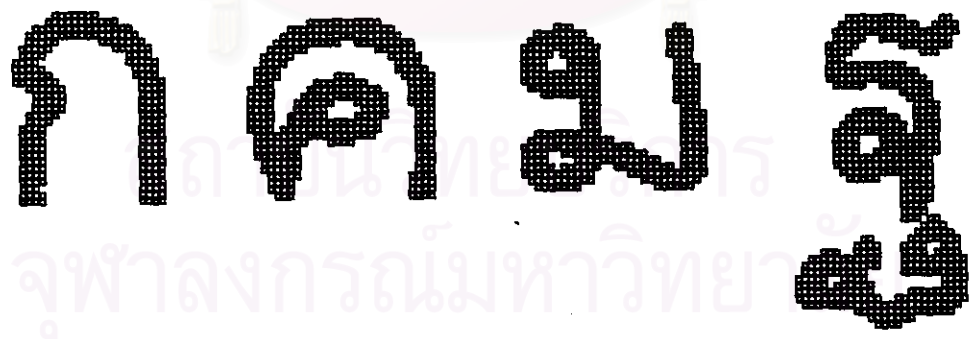
จากที่นิยามคำว่าหัวในในหัวข้อ 2.6.2 ในกลุ่มของตัวอักษรพยัญชนะไทยสามารถแบ่งโดยใช้การพิจารณาจำนวนหัวของตัวอักษรได้เป็น 4 กลุ่ม

กลุ่มที่หนึ่ง ไม่มีหัว ตัวอย่างได้แก่ ก

กลุ่มที่สอง มีหนึ่งหัว ตัวอย่างได้แก่ ค

กลุ่มที่สาม มีสองหัว ตัวอย่างได้แก่ ม

และกลุ่มที่สี่ มีสามหัว ตัวอย่างได้แก่ ฐ



(ก) (ข) (ค) (ง)

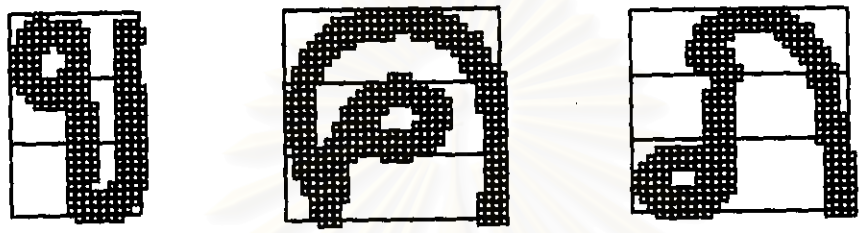
รูปที่ 3.8 การจำแนกตัวอักษรด้วยจำนวนหัว (ก) ไม่มีหัว (ข) หนึ่งหัว (ค) สองหัว (ง) สามหัว

3.2.2.1.3 ระดับของหัว

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.6.3 ในการแบ่งบริเวณเพื่อใช้ในการพิจารณาระดับของหัวตัวอักษร ซึ่งจะนำจุดศูนย์กลางของขอบภาพด้านในเป็นตัวแทนของหัวตัวอักษร เมื่อนำมาพิจารณาการตกในบริเวณที่ได้

กำหนดการแบ่งระดับไว้ก่อนหน้าในกลุ่มของตัวอักษรพยัญชนะไทยสามารถแบ่งโดยใช้การพิจารณาระดับของหัวตัวอักษรได้เป็น 3 กลุ่ม

- กลุ่มที่หนึ่ง จุดศูนย์กลางของหัวอยู่บริเวณระดับบน ตัวอย่างได้แก่ ข
- กลุ่มที่สอง จุดศูนย์กลางของหัวอยู่บริเวณระดับกลาง ตัวอย่างได้แก่ ค
- และกลุ่มที่สาม จุดศูนย์กลางของหัวอยู่บริเวณระดับล่าง ตัวอย่างได้แก่ ภ



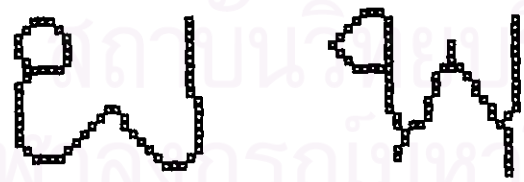
(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.9 การจำแนกตัวอักษรด้วยระดับของหัวตัวอักษร (ก) ระดับบน (ข) ระดับกลาง (ค) ระดับล่าง

3.2.2.1.4 การต่อเชื่อมของหัว

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.6.4 ในการพิจารณาการเข้าหรือออกของหัวตัวอักษร ซึ่งจะพิจารณาการต่อเชื่อมของหัวตัวอักษร ในกลุ่มของตัวอักษรพยัญชนะไทยสามารถแบ่งโดยการพิจารณาการต่อเชื่อมหัวของตัวอักษรได้เป็น 2 กลุ่ม

- กลุ่มที่หนึ่ง มีการต่อเชื่อมของหัวตัวอักษรทางด้านซ้าย ตัวอย่างได้แก่ ผ ค และ ถ
- และกลุ่มที่สอง มีการต่อเชื่อมของหัวตัวอักษรทางด้านขวา ตัวอย่างได้แก่ พ ด และ ภ



(ก) (ข)

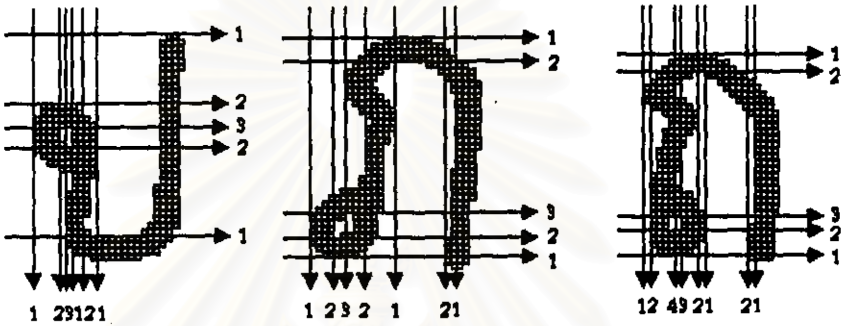
รูปที่ 3.10 การจำแนกตัวอักษรด้วยการต่อเชื่อมของหัวตัวอักษร (ก) ด้านซ้าย (ข) ด้านขวา

3.2.2.1.5 การเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่าน (Stroke Changing Sequence : SCS)

Gwo-En Wang and Jhing-Fa Wang ((1993), (1994)) ได้เสนอการเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่าน (Stroke Changing Sequence : SCS) โดยใช้กับตัวเลขอารบิก ซึ่งพิจารณาการเปลี่ยนลำดับการลากผ่าน .

แนวราบ (Horizontal Stroke Changing Sequence : HSCS) แต่เนื่องจากตัวอักษรพยัญชนะไทยนั้นมีจำนวน 44 ตัวอักษร และขณะเดียวกันตัวอักษรมีความคล้ายคลึงกันมาก ดังนั้นการพิจารณา HSCS เพียงอย่างเดียวจะไม่เพียงพอ จึงได้ดัดแปลง SCS เพื่อให้เหมาะกับตัวอักษรพยัญชนะไทย โดยการรวมการพิจารณาการเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่านแนวดิ่ง (Vertical Stroke Changing Sequence : VSCS) มาพิจารณาร่วมด้วย

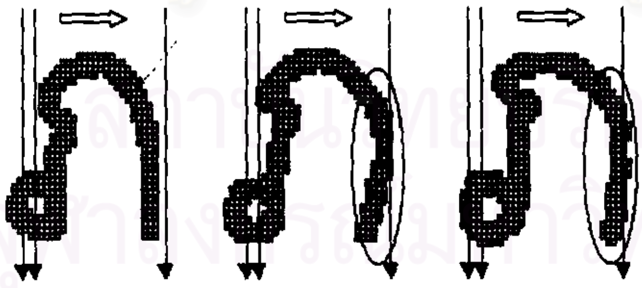
ตัวอย่างจากรูปที่ 3.11 จะพบว่าการพิจารณาเฉพาะ HSCS จะได้ค่า HSCS ที่เหมือนกันในขณะที่เป็นตัวอักษรที่ต่างกัน แต่เมื่อพิจารณา VSCS ร่วมด้วยจะพบว่าตัวอักษรทั้ง 3 ตัวสามารถที่จะแยกออกจากกันได้



HSCS :	ป = 12321	ภ = 12321	ถ = 12321
VSCS :	ป = 123121	ภ = 1232121	ถ = 12432121

รูปที่ 3.11 การเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่านแนวราบและแนวดิ่ง

จากการศึกษาพบว่าการรวมการพิจารณา VSCS ร่วมกับ HSCS มีข้อดีแต่ก็มีข้อเสียที่เกิดจากลักษณะรูปแบบในการเขียนและสิ่งรบกวน ซึ่งทำให้ได้รูปแบบของค่า SCS มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.12 จะพบว่าตัวอักษร ภ ให้ค่า VSCS ต่างกัน



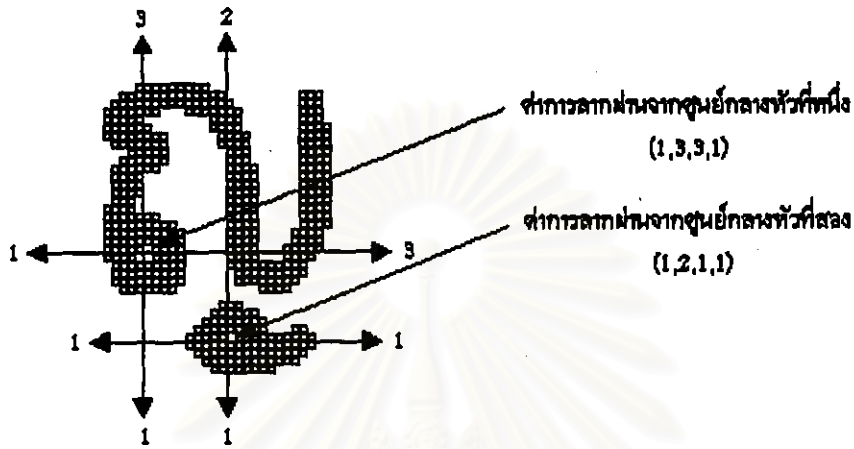
VSCS :	12321	1232121	123212

รูปที่ 3.12 ปัญหาของค่าการเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่าน

ด้วยเหตุที่ว่าตัวอักษรพยัญชนะไทยนั้นเป็นตัวอักษรที่มีหัว ดังนั้นจึงได้ดัดแปลงการเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่าน โดยใช้ตำแหน่งศูนย์กลางของหัวตัวอักษรเป็นจุดเริ่มต้นในการหา SCS โดยทำการลากผ่านในแนวราบได้แก่ ซ้ายและขวาจากจุดศูนย์กลาง และลากผ่านในแนวดิ่งได้แก่ บนและล่างจากจุดศูนย์กลาง จะทำ

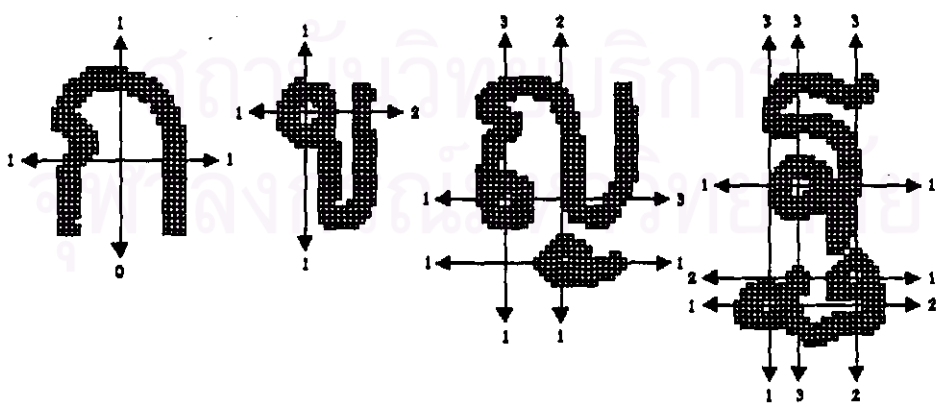
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ให้ได้ค่า SCS ของแต่ละหัวตัวอักษรซึ่งประกอบด้วย ซ้าย บน ขวา และ ล่าง ตามลำดับ(ซ้าย, บน, ขวา, ล่าง) ดังแสดงในรูปที่ 3.13 ซึ่งในกรณีนี้จะลดการคำนวณลงได้อย่างมากกล่าวคือ หัวตัวอักษร 1 หัวจะคำนวณค่า SCS เพียง 4 ค่าเท่านั้น อีกทั้งยังช่วยลดปัญหาการเกิดค่า SCS มากกว่าปกติเนื่องจากไม่ได้หาค่าลำดับการลากผ่านทุกเส้นมาต่อกัน



รูปที่ 3.13 กระบวนการเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่านจากหัวของตัวอักษร

โดยใช้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของหัวตัวอักษรเป็นจุดเริ่มต้นในการหาค่า SCS ได้แก่ค่า SCS ในแนวราบ ซึ่งประกอบด้วยทางด้านซ้ายและทางด้านขวา และค่า SCS ในแนวดิ่ง ซึ่งประกอบด้วยทางด้านบน และทางด้านล่าง โดยเรียงลำดับค่าที่ได้จาก SCS ในสี่ทิศทางดังนี้ (ซ้าย, บน, ขวา, ล่าง) ตามลำดับ ในกรณีของตัวอักษรที่ไม่มีหัวได้แก่ตัวอักษร ก และ ข กำหนดการหาค่า SCS ได้โดยใช้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของขอบเขตภาพพิจารณาค่า SCS ในสี่ทิศทาง ดังแสดงตัวอย่างการหา SCS ของตัวอักษร ก ในรูปที่ 3.14 (ก) ส่วนตัวอักษรที่มี หนึ่งหัว สองหัว และสามหัว แสดงในรูป 3.14 (ข) (ค) และ (ง) ตามลำดับ



(ก) (ข) (ค) (ง)

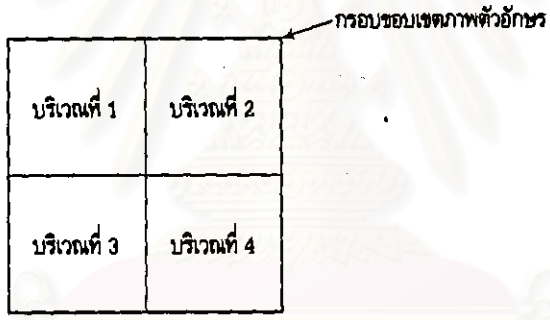
รูปที่ 3.14 การเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่านของตัวอักษร (ก) กรณีไม่มีหัว (ข) กรณีมีหนึ่งหัว (ค) กรณีมีสองหัว (ง) กรณีมีสามหัว

3.2.2.2 คุณลักษณะเฉพาะ ที่นำมาใช้ในการรู้จำสามารถจำแนกได้ดังนี้

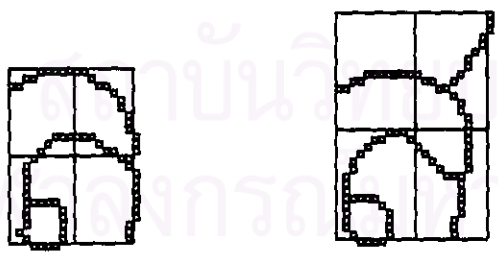
- การตรวจคุณลักษณะสำคัญในบริเวณที่กำหนด
- อัตราส่วนของความกว้างต่อความสูง
- รอยหยัก

3.2.2.2.1 *การตรวจคุณลักษณะสำคัญในบริเวณที่กำหนด*

ตัวอักษรเมื่อผ่านการทำโครงร่างบางจะได้คุณลักษณะของจุดต่อภาพ โดยการกำหนดบริเวณเพื่อพิจารณาจุดต่อภาพที่สนใน ดังแสดงในรูปที่ 3.15 โดยจุดต่อภาพที่สนใจได้แก่ จุดปลาย จุดแยกสาม และจุดแยกสี่เท่านั้น สาเหตุที่ไม่พิจารณาจุดต่อเนื่องเนื่องจากเป็นจุดที่เกิดขึ้นทุกบริเวณที่กำหนดในการพิจารณา (ตัวอย่างในการพิจารณาจุดต่อภาพที่สนใจเช่น ตัวอักษร ล และ ส สามารถใช้การพิจารณาจุดปลายในบริเวณที่ 2 กำหนดในการแยกตัวอักษรทั้งสองเป็นต้น) การกำหนดบริเวณที่ใช้ในการพิจารณา แบ่งออกเป็นสี่บริเวณได้แก่ บริเวณที่ 1 บริเวณที่ 2 บริเวณที่ 2 และบริเวณที่ 4 ดังในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การกำหนดบริเวณในการตรวจสอบ



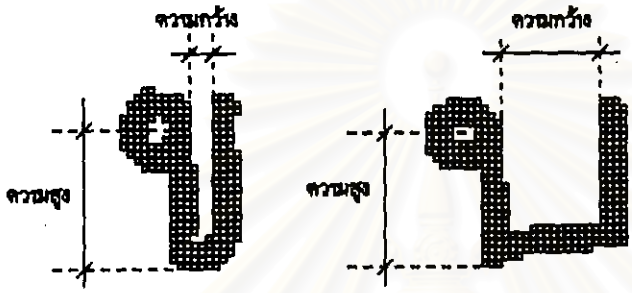
(ก) (ข)

รูปที่ 3.16 การตรวจจุดปลายในบริเวณที่กำหนด (ก) ล ไม่มีจุดปลายในบริเวณที่ 2 (ข) ส มีจุดปลายในบริเวณที่ 2

3.2.2.2.2 การตรวจหาอัตราส่วนของความกว้างต่อความสูง

เนื่องจากตัวอักษรพยัญชนะไทย บางตัวมีความใกล้เคียงกันมาก แต่จะมีความแตกต่างกันเพียงในด้านความกว้างของตัวอักษรเท่านั้น ดังนั้นการพิจารณาอัตราส่วนของความกว้างต่อความสูงจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการแยกตัวอักษร ตัวอย่างได้แก่ ข กับ บ หรือ ช กับ ป เป็นต้น

$$\text{อัตราส่วน} = \frac{\text{ความกว้าง}}{\text{ความสูง}} \qquad (1)$$



รูปที่ 3.17 การหาอัตราส่วนความกว้างต่อความสูง

ความสูงวัดจากศูนย์กลางหัวถึงขอบเขตล่างของขอบภาพ เนื่องจากตัวอักษรที่มีลักษณะที่ต่างกันเพียงอัตราความกว้างต่อความสูง ยังมีในตัวอักษร ช และ ป ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะวัดจากระยะดังกล่าวมากกว่าการวัดความสูงของขอบเขตภาพ

3.2.2.2.3 รอยหยัก

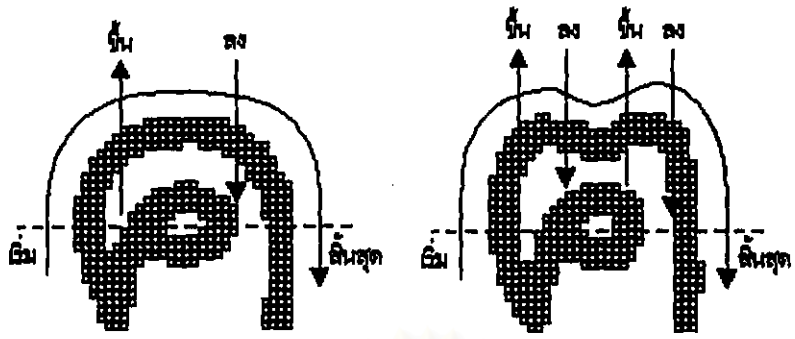
เนื่องจากตัวอักษรพยัญชนะไทย บางตัวมีความใกล้เคียงกันมาก แต่จะมีความแตกต่างกันเพียงรอยหยักของตัวอักษรเท่านั้น ดังนั้นการพิจารณารอยหยักของตัวอักษรจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการแยกตัวอักษร

โดยรอยหยักเกิดขึ้นได้สองกรณี

- กรณีเกิดขึ้นที่ด้านบน ตัวอย่างได้แก่ ค กับ ต หรือ ข กับ ข เป็นต้น
- กรณีเกิดขึ้นที่ด้านล่าง ตัวอย่างได้แก่ ฏ กับ ฏ เป็นต้น

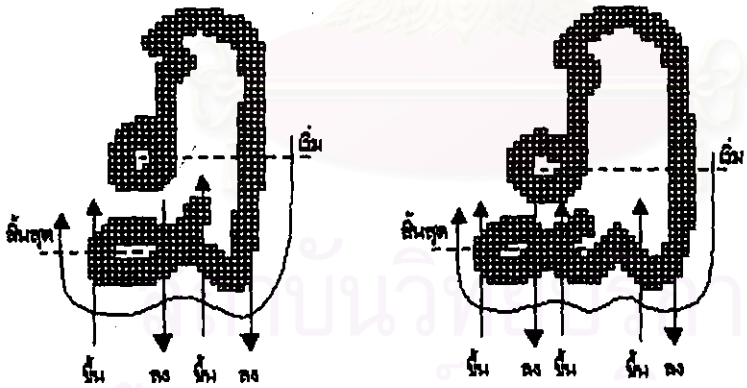
โดยเสนอวิธีในการสืบค้นรอยหยักดังนี้

การสืบค้นรอยหยักด้านบน ทำโดยหาจุดเริ่มต้นทางด้านซ้าย (ซึ่งคือจุดของขอบภาพที่ใกล้ขอบเขตภาพทางด้านซ้ายมากที่สุด) ที่ระดับความสูงของจุดศูนย์กลางของหัวตัวอักษร และจุดสิ้นสุดทางด้านขวา (ซึ่งคือจุดของขอบภาพที่ใกล้ขอบเขตภาพทางด้านขวามากที่สุด) จากนั้นทำการสืบค้นรอยหยักจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด จะได้รอยหยักด้านบนดังแสดงในรูปที่ 3.18 โดยตัวอักษร ค มีรอยหยักเป็น ขึ้น-ลง ในขณะที่ตัวอักษร ต มีรอยหยักเป็น ขึ้น-ลง-ขึ้น-ลง



รูปที่ 3.18 รอยหยักของตัวอักษรที่ด้านบน (ก) มีรอยหยัก ขึ้น-ลง (ข) มีรอยหยัก ขึ้น-ลง-ขึ้น-ลง

การสืบค้นรอยหยักด้านล่าง ที่เกิดกับตัวอักษร ฎ และ ฏ ซึ่งเป็นตัวอักษรที่มี 2 หัว ดังนั้นการพิจารณารอยหยักจะแตกต่างจากกรณีที่มี 1 หัวที่ได้แสดงให้เห็นในรูปที่ 3.18 โดยในกรณีนี้ทำโดยหาจุดเริ่มต้นทางด้านขวา (ซึ่งคือจุดของขอบภาพที่ใกล้ขอบเขตภาพทางด้านขวามากที่สุด) ที่ระดับความสูงของจุดศูนย์กลางของหัวที่หนึ่งของตัวอักษร และจุดสิ้นสุดทางด้านซ้าย (ซึ่งคือจุดของขอบภาพที่ใกล้ขอบเขตภาพทางด้านซ้ายมากที่สุด) ที่ระดับความสูงของจุดศูนย์กลางของหัวที่สองของตัวอักษร จากนั้นทำการสืบค้นรอยหยักจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด จะได้รอยหยักด้านล่างดังแสดงในรูปที่ 3.19 โดยตัวอักษร ฎ มีรอยหยักเป็น ลง-ขึ้น-ลง-ขึ้น ในขณะที่ ฏ มีรอยหยักเป็น ลง-ขึ้น-ลง-ขึ้น-ลง-ขึ้น



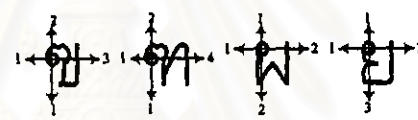
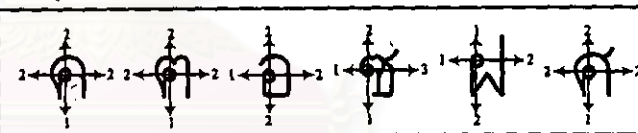
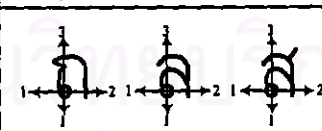
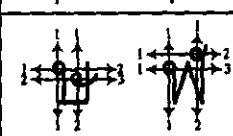
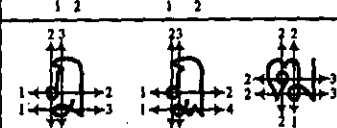
รูปที่ 3.19 รอยหยักของตัวอักษรที่ด้านล่าง (ก) มีรอยหยัก ลง-ขึ้น-ลง-ขึ้น (ข) มีรอยหยัก ลง-ขึ้น-ลง-ขึ้น-ลง-ขึ้น

3.2.3 การจำแนกกลุ่ม

คุณลักษณะบ่งความต่างที่ได้จากกระบวนการดึงคุณลักษณะอันประกอบด้วยคุณลักษณะร่วมและเฉพาะ เมื่อนำมาสร้างเงื่อนไขการตัดสินใจเพื่อจำแนกกลุ่มตัวอักษรอย่างมีลำดับชั้น (Hierarchical) มีลำดับการพิจารณาดังนี้

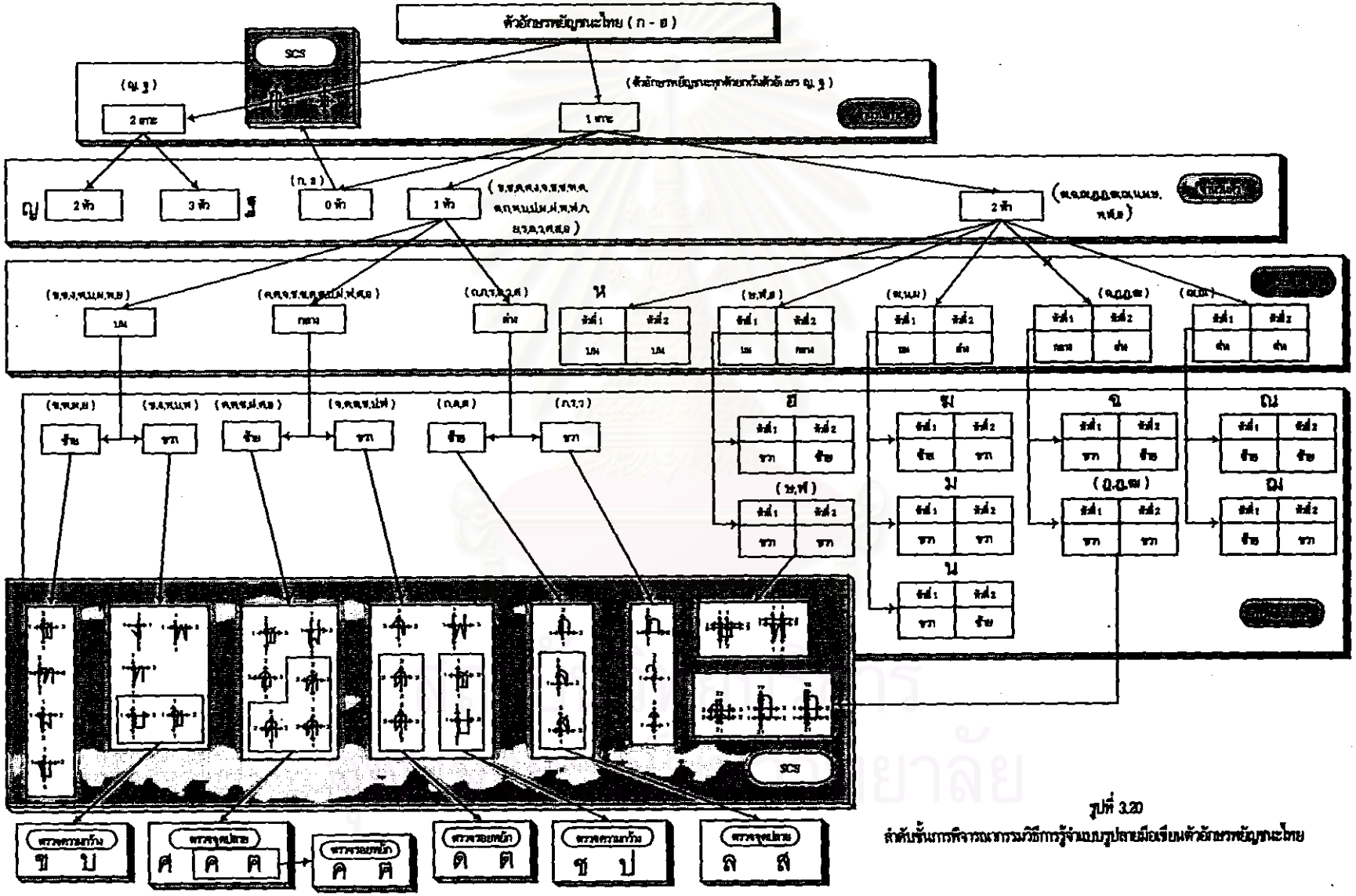
คุณลักษณะร่วมจะถูกนำมาพิจารณาเป็นอันดับแรก ได้แก่ จำนวนเกาะ จำนวนหัว ระดับของหัว การต่อเชื่อมของหัวตัวอักษร และการเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่านตามลำดับ กลุ่มของตัวอักษรที่ผ่านการพิจารณาอย่างมีลำดับขั้นเมื่อถึงการพิจารณาการต่อเชื่อมได้แสดงในตารางที่ 2.4 ที่ผ่านมาแล้วในบทที่ 2 จากนั้นกลุ่มของตัวอักษรที่มีจำนวนตัวอักษรในกลุ่มมากกว่า 1 ตัวจะถูกพิจารณา SCS ซึ่งได้แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่านในการแยกกลุ่มตัวอักษร

จำนวนหัว	ระดับ	การต่อเชื่อม	ตัวอักษร
1	บน	ซ้าย	
		ขวา	
	กลาง	ซ้าย	
		ขวา	
	ล่าง	ซ้าย	
		ขวา	
2	บน,กลาง	ขวา,ขวา	
	กลาง,ล่าง	ขวา,ขวา	

ท้ายที่สุดจะเหลือตัวอักษรบางกลุ่มที่ยังมีตัวอักษรในกลุ่มมากกว่า 1 ตัว ดังนั้นการพิจารณาคุณลักษณะเฉพาะจะถูกนำมาพิจารณาซึ่งได้แก่ การตรวจจุดต่อภาพในบริเวณที่กำหนด (ตัวอย่างได้แก่ ล กับ ส) อัตราส่วนความกว้างต่อความสูง (ตัวอย่างได้แก่ ข กับ บ) หรือรอยหยัก (ตัวอย่างเช่น ด กับ ต) เมื่อตัวอักษรถูกพิจารณาอย่างมีลำดับขั้นจากที่ได้กล่าวมาจะสามารถแยกตัวอักษรพยัญชนะไทยทั้ง 44 ตัวออกจากกันได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.20 แสดงลำดับขั้นการพิจารณาของกรรมวิธีการตัดสินแบบรูปลายมือเขียนตัวอักษรพยัญชนะไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.20
ลำดับขั้นการพิจารณาตามวิธีการรู้จำแบบรูปลายมือเขียนตัวอักษรพยัญชนะไทย