บทที่ 3
โมเดลที่นำเสนอ

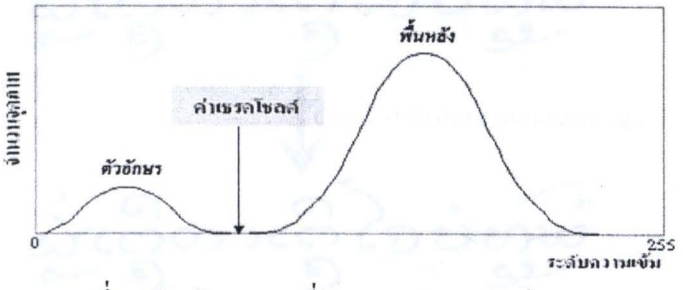
งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการแยกตัวอักษรติดกันโดยการใช้โครงสร้างของตัวอักษรเป็นแนวทางในการแยกตัวอักษร ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอขั้นตอนและอัลกอริทึมที่ใช้ในการแยกตัวอักษรล้านนาที่ติดกันให้เป็นตัวอักษรเดี่ยว

3.1 ขั้นตอนการแบ่งตัวอักษรล้านนาที่ติดกัน

ขั้นตอนการแบ่งตัวอักษรล้านนาที่ติดกันให้เป็นตัวอักษรเดี่ยว แบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

3.1.1 การแปลงภาพสีไปเป็นภาพขาวดำ

ทำการแปลงไฟล์ภาพตัวอักษรล้านนาจากภาพสี (RGB image) ไปเป็นภาพขาวดำ (Binary image) ซึ่งในกระบวนการนี้อาศัยวิธีการทำเธรดโชลด์ (Otsu's method) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการแปลงภาพสีให้อยู่ในรูปแบบของภาพขาวดำทำให้สามารถจำแนกตัวอักษรและพื้นหลังออกจากกันได้ ซึ่งหากดูจากภาพที่ 3.1 แสดงฮิสโตรแกรมที่แสดงระดับความเข้มของภาพ $f(i, j)$ นั้นจะเห็นว่าส่วนที่เป็นพื้นหลังจะมีเข้มมากกว่าส่วนที่เป็นตัวอักษร ดังนั้นจะทำให้สามารถแยกกลุ่มของตัวอักษรและพื้นหลังออกจากกันได้อย่างชัดเจนและเลือกค่าเธรดโชลด์ที่มีระดับความเข้มอยู่ระหว่างกลุ่มทั้งสองของฮิสโตรแกรมได้



ภาพที่ 3.1 ฮิสโตรแกรมที่แสดงระดับความเข้มของภาพ

จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าของแต่ละจุดภาพ หากค่า $f(i, j)$ น้อยกว่าค่าเธรดโชลด์จุดภาพนั้นจะถูกปรับให้เป็นสีดำ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 และหากค่า $f(i, j)$ มากกว่าหรือเท่ากับค่าเธรดโชลด์

จุดภาพนั้นจะถูกปรับให้เป็นสีขาวซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 0 หรือสามารถเขียนแทนด้วยสมการที่ 15 ดังต่อไปนี้

$$f_{new}(i,j) = \begin{cases} 1 & if \quad f_{olf}(i,j) < T \\ 0 & if \quad f_{old}(i,j) \geq T \end{cases} \tag{15}$$

โดยกำหนดให้

1 คือ สีดำ ซึ่งเป็นส่วนของตัวอักษร

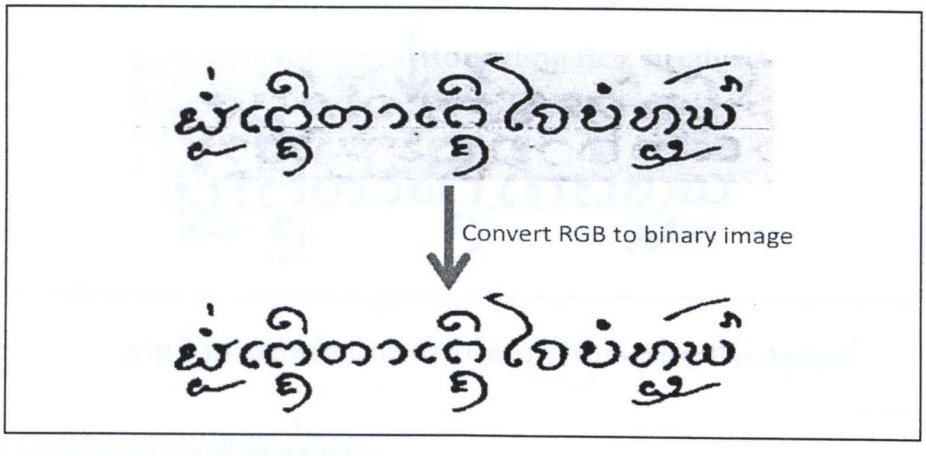
0 คือ สีขาว ซึ่งเป็นส่วนของพื้นหลัง

$f_{new}(i,j)$ คือค่าใหม่ของภาพในลำดับ (i,j)

$f_{old}(i,j)$ คือค่าเก่าของภาพในลำดับ (i,j)

T คือค่าเก่าของภาพในลำดับ (i,j)

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำในกระบวนนี้แสดงได้ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การแปลงภาพสี (RGB Image) ไปเป็นภาพไบนารี (Binary Image)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

3.1.2 การตัดตัวอักษรโดยการใช้ Bounding box analysis

วิธีการระบุกรอบของตัวอักษรโดยอัลกอริทึมที่ใช้ได้แก่ Bounding box analysis เพื่อทำการตัดตัวอักษรให้เป็นตัวอักษรเดี่ยว ขั้นตอนของการตัดตัวอักษรโดยการใช้ Bounding box analysis แสดงได้ดังนี้

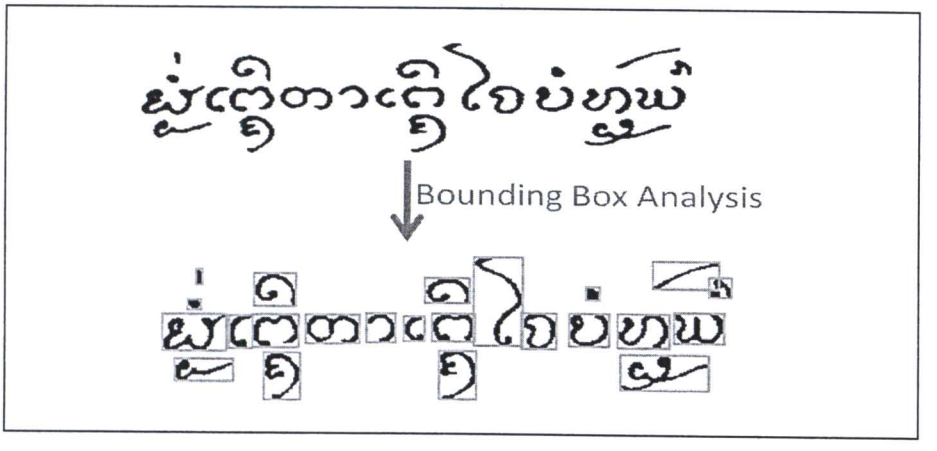
3.1.2.1 ทำการค้นหาจุดสีดำของตัวอักษรโดยเริ่มคอลัมน์ที่ 1 จากด้านซ้ายของภาพและจากด้านแถวบนลงไปแถวล่าง

3.1.2.2 เมื่อพบจุดแรกของตัวอักษรก็ทำการไล่ตามเส้นขอบตัวอักษรที่พบและจะหยุดเมื่อกลับมายังจุดเริ่มต้นโดยในขั้นตอนนี้จะทำให้ได้จุด x และจุด y ของขอบภาพและทำการค้นหาจุดที่มีค่า x มากที่สุดและจุดที่มีค่า x น้อยที่สุด จุดที่มีค่า y มากที่สุดและจุดที่มีค่า y น้อยที่สุด

3.1.2.3 ทำการสร้างบล็อคตัดตัวอักษรจากพิกัดจุด x และจุด y ที่ได้จากข้อก่อนหน้า

3.1.2.4 ทำจนครบทุกภาพตัวอักษร

ผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดตัวอักษรโดยการใช้ Bounding box analysis แสดงได้ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ผลลัพธ์ของการตัดคำโดยการใช้ Bounding Box Analysis

3.1.3 ขั้นตอนการหาตัวอักษรติดกัน

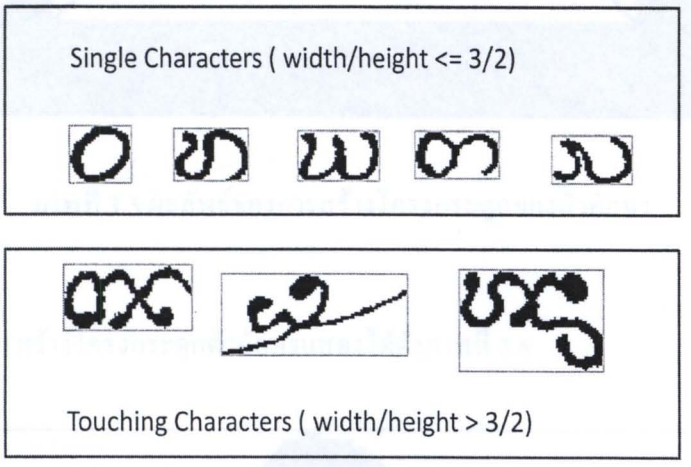
หลังจากที่ผ่านขั้นตอนที่สองมาแล้วก็จะทำการหาภาพตัวอักษรที่มีลักษณะติดกันโดยมีการกำหนดค่าที่จะใช้ในการหาดังนี้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 02 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 249852
เลขเรียกหนังสือ

3.1.3.1 ขนาดของภาพตัวอักษรที่มีขนาดใหญ่มากกว่าภาพตัวอักษรทั่วๆไปจะถือว่าเป็นตัวอักษรติดกัน

3.1.3.2 ขนาดของตัวอักษรเดี่ยวของตัวอักษรล้านนาจะมีขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3/2 ถ้าภาพตัวอักษรที่ได้มีอัตราส่วนระหว่างความกว้างและความสูงมากกว่า 3/2 จะถือว่าเป็นตัวอักษรติดกัน

ตัวอย่างของการหาตัวอักษรที่ตัดกันโดยการใช้ขั้นตอนที่ 1.3.1 และขั้นตอนที่ 1.3.2 แสดงได้ดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการหาตัวอักษรติดกัน

3.1.4 การสร้างโครงกระดูกตัวอักษร

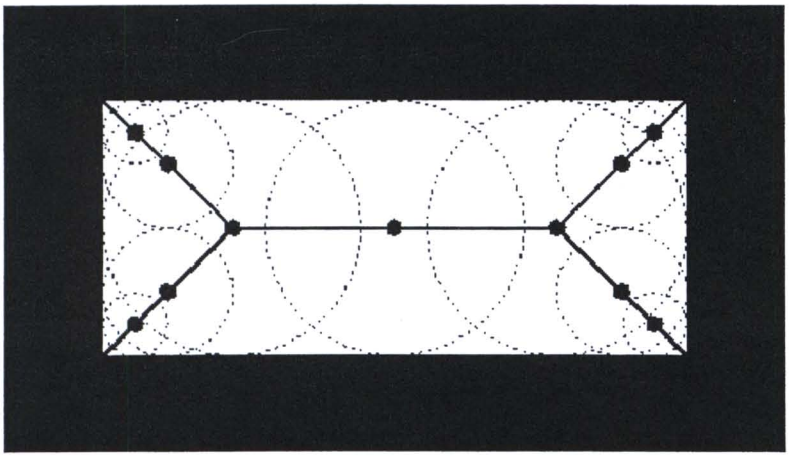
ทำการสร้างแกนหลักของโครงกระดูกตัวอักษรที่ติดกันที่ได้มาจากขั้นตอนที่สาม โดยมีขั้นตอนการสร้างโครงกระดูตัวอักษรดังนี้

3.1.4.1 ทำการสร้างวงกลมให้อยู่ในพื้นที่ของตัวอักษรโดยมีเงื่อนไขว่าต้องมีด้านของวงกลมอย่างน้อยสองด้านขึ้นไปที่ติดกับเส้นขอบของตัวอักษรและทำการสร้างจากด้านซ้ายไปด้านขวา

3.1.4.2 ทำการหาจุด x และ y ของศูนย์กลางวงกลม

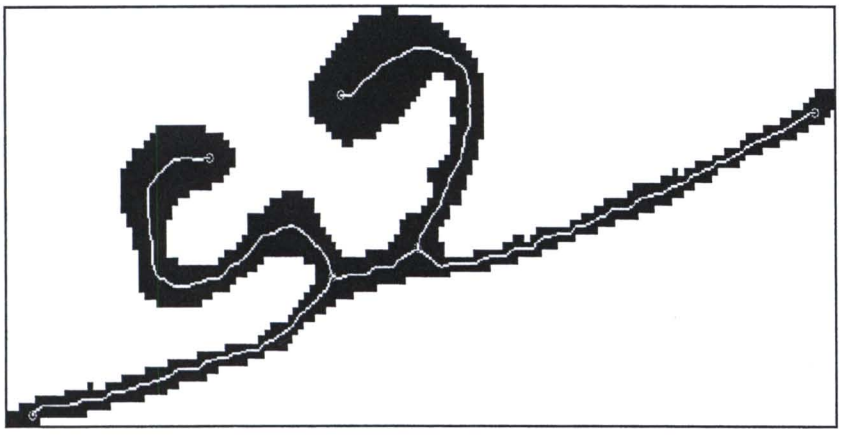
3.1.4.3 สร้างโครงกระดูกของตัวอักษรโดยการนำเอาจุด x และ y ของศูนย์กลางวงกลมมาเชื่อมต่อกัน

วิธีการหาโครงกระดูกตัวอักษรในขั้นตอนดังกล่าวแสดงได้ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ผลลัพธ์ของการสร้างโครงกระดูกของตัวอักษร

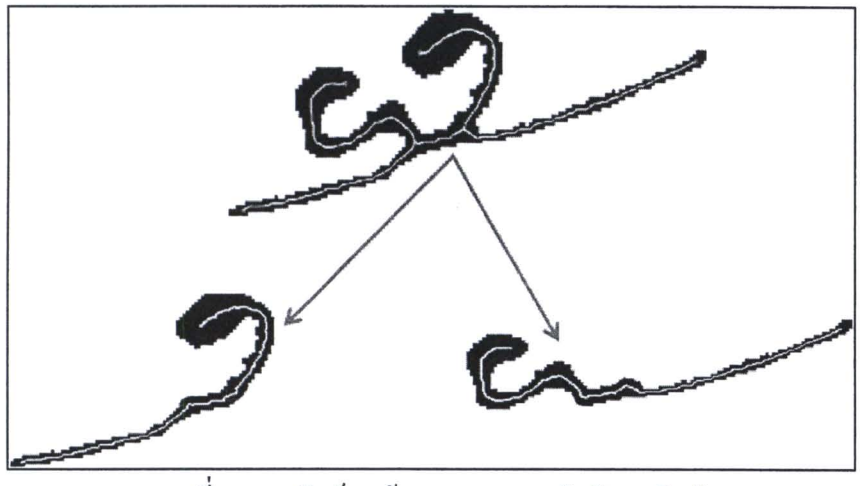
ผลลัพธ์ของการสร้างโครงกระดูกตัวอักษรแสดงได้ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 ผลลัพธ์ของการสร้างโครงกระดูกของตัวอักษร

3.1.5 ผลลัพธ์จากการแยกตัวอักษรติดกัน

ส่งเข้าอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำการแยกตัวอักษรติดกันให้เป็นตัวอักษรเดี่ยว แสดงได้ดังภาพที่ 3.7



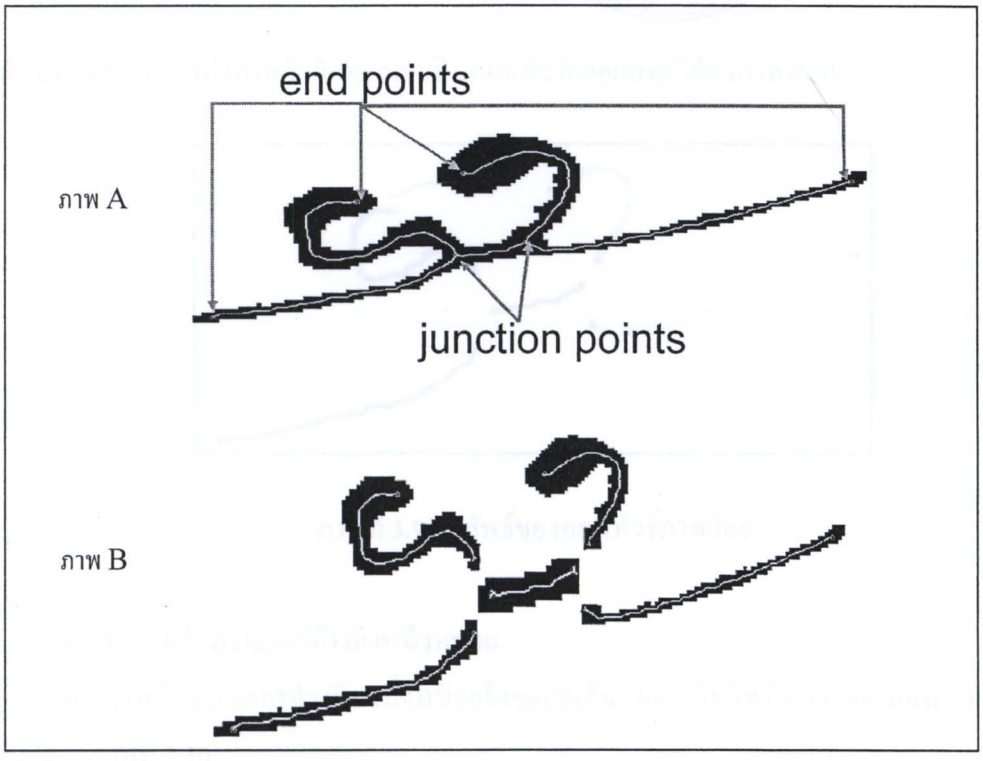
ภาพที่ 3.7 ผลลัพธ์สุดท้ายของการแยกตัวอักษรติดกัน

3.2 อัลกอริทึม

อัลกอริทึมที่ใช้ในการแยกตัวอักษรล้านนาที่ติดกันให้เป็นตัวอักษรเดี่ยว ในงานวิจัยครั้งนี้แสดงได้ดังต่อไปนี้

3.2.1 การสร้างโครงกระดูกและหาจุดสิ้นสุดและจุดแยกตัวอักษร

นำภาพตัวอักษรล้านนาที่ติดกันมาทำการสร้างโครงกระดูกของภาพตัวอักษร จากนั้นทำการหาจุดปลายของตัวอักษรและจุดทางแยกของตัวอักษรที่ติดกัน จากนั้นใช้จุดทางแยกเป็นแกนหลักในการแบ่งภาพตัวอักษรให้เป็นภาพย่อยๆ แสดงได้ดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 ภาพ A จุดปลายและจุดทางแยกของตัวอักษรติดกัน
ภาพ B การแบ่งภาพตัวอักษรติดกันให้เป็นภาพย่อย

3.2.2 การแบ่งภาพหลักให้เป็นภาพย่อย

เมื่อได้รูปภาพชิ้นย่อยๆ จากกระบวนการในขั้นตอนที่ 3.2.1 ในขั้นตอนนี้จะทำการหาว่าชิ้นส่วนของภาพนั้นเป็น สมาชิกของจุดทางแยกด้านไหนโดยการหาค่าความเป็นสมาชิกจากสมการที่ 16

$$T\begin{bmatrix} C_{ix} \\ C_{iy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{ix} \\ C_{iy} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} J_{ix} \\ J_{iy} \end{bmatrix} \qquad (16)$$

โดยกำหนดให้

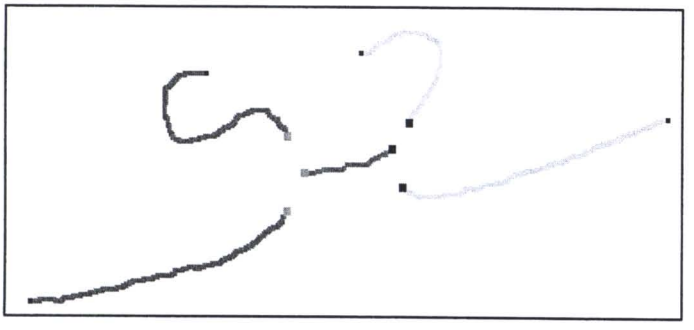
T คือ Translation Operator

C_{ix} และ C_{iy} คือจุดตำแหน่งของเส้นโครงกระดูกตัวอักษรลำดับ (x,y)

J_{ix} และ J_{iy} คือจุดตำแหน่งทางแยกของเส้นโครงกระดูกตัวอักษรลำดับ (x,y)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

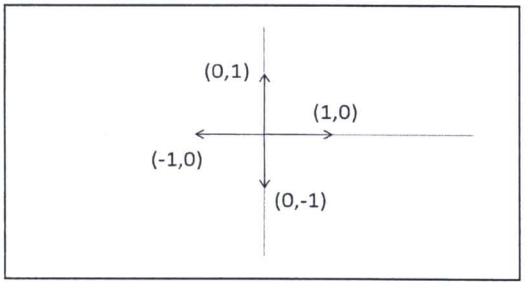
ผลลัพธ์ที่ได้จากการแบ่งภาพตัวอักษรออกเป็นคอนทัวร์ย่อยแสดงได้ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ผลลัพธ์ของคอนทัวร์ภาพย่อย

3.2.3 การสร้างเวกเตอร์อ้างอิงหนึ่งหน่วย

ทำการสร้างเวกเตอร์อ้างอิงหนึ่งหน่วยยังจุดเริ่มต้น (0,0) ไปในทิศทางของแกน x และแกน y แสดงได้ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ภาพเวกเตอร์อ้างอิงหนึ่งหน่วยในแนวแกน x และแนวแกน y

3.2.4 การหาขนาดของรูปภาพย่อย

ทำการหาขนาดของแต่ละคอนทัวร์ย่อยเพื่อที่จะนำไปสร้างเป็นเวกเตอร์สำหรับกระบวนการแยกตัวอักษรติดกันโดยการหามุมของคู่ลำดับ (x,y) ในคอนทัวร์ย่อยนั้นกับเวกเตอร์อ้างอิงหนึ่งหน่วย ทำโดยการหามุมตามเข็มนาฬิกาจากเวกเตอร์ของจุดพิกเซลบนคอนทัวร์กับเวกเตอร์อ้างอิงหนึ่งหน่วยในแนวแกน x หรือ y ที่ใกล้ที่สุดในทิศทางตามเข็มนาฬิกาและจะทำการหยุดก็ต่อเมื่อมุมที่ได้มีการซ้ำกัน 3 ครั้ง การหามุมของเวกเตอร์ดังกล่าวหาได้จากสมการที่ 17

$$\theta_n = \cos^{-1} \frac{U \cdot V_n}{\|U\|\|V_n\|} \tag{17}$$

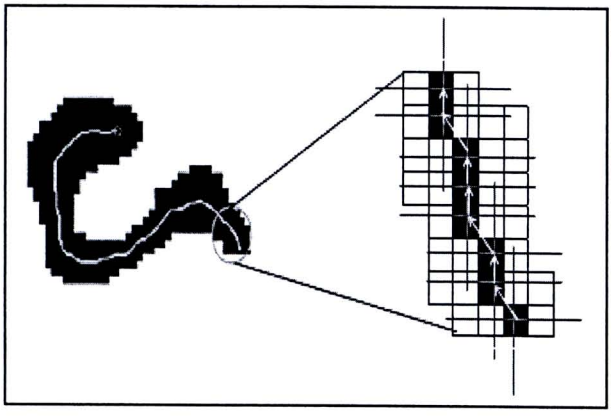
โดยกำหนดให้

θ_n คือมุมที่หาได้จากเวกเตอร์ของจุดพิกเซลบนคอนทัวร์กับเวกเตอร์อ้างอิง

U คือเวกเตอร์อ้างอิงหนึ่งหน่วย

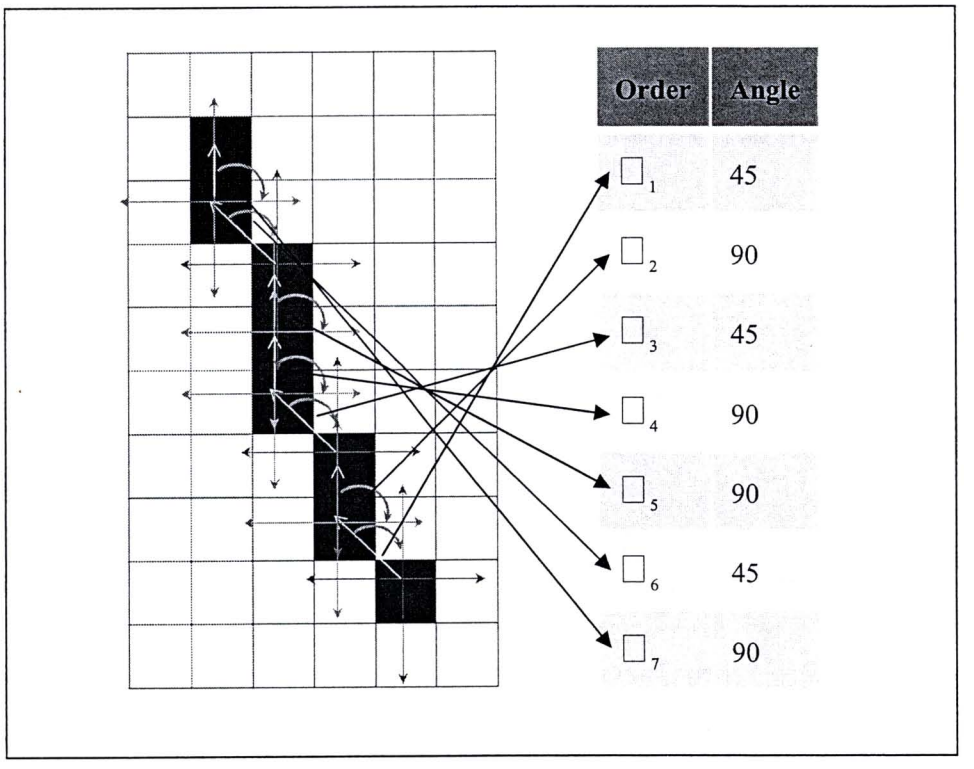
V_n คือเวกเตอร์ของจุดพิกเซลบนคอนทัวร์

จากขั้นตอนดังกล่าวจะแสดงวิธีการการคอนทัวร์ได้ดังภาพที่ 3.11



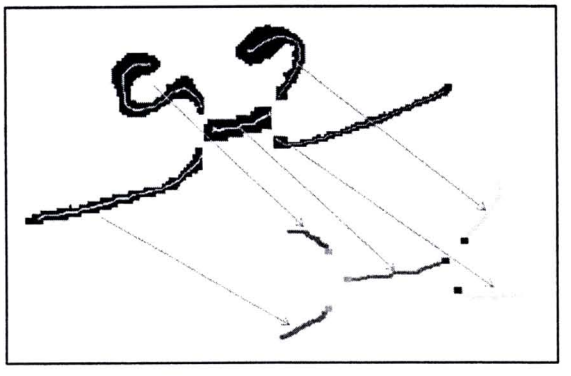
ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการคอนทัวร์ของกิ่งย่อย

และการหามุมที่หาได้จากเวกเตอร์ของจุดพิกเซลในภาพกับเวกเตอร์อ้างอิงแสดงได้ดังภาพที่ 3.12



ภาพที่ 3.12 ขั้นตอนการหามุมในการคอนทัวร์แต่ละพิกเซล

เมื่อทำการคอนทัวร์ครบทุกรูปภาพย่อยตัวอักษรแล้วก็จะได้ขนาดของกิ่งที่จะนำไปสร้างเป็นเวกเตอร์แสดงได้ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 ผลลัพธ์ของเวกเตอร์ของคอนทัวร์ในแต่ละกิ่งย่อย

3.2.5 การสร้างเส้นตรงจากภาพย่อย

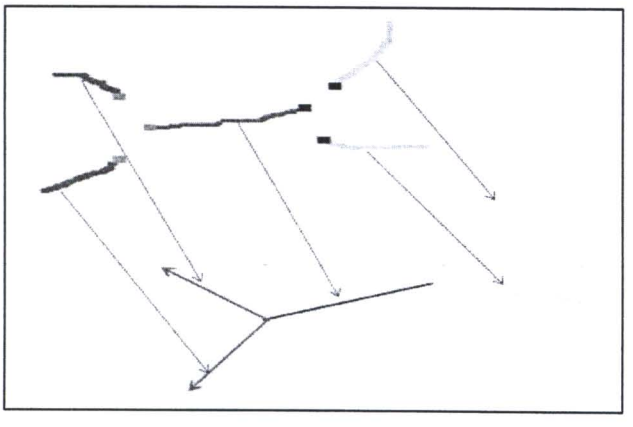
นำกิ่งย่อยที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.2.4 มาทำการปรับให้เป็นเส้นตรงโดยการใช้สมการถดถอย (linear regression) ตามสมการที่ 18, 19 และ 20

$$y = a + bx \tag{18}$$

$$b = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum(x - \bar{x})^2} \tag{19}$$

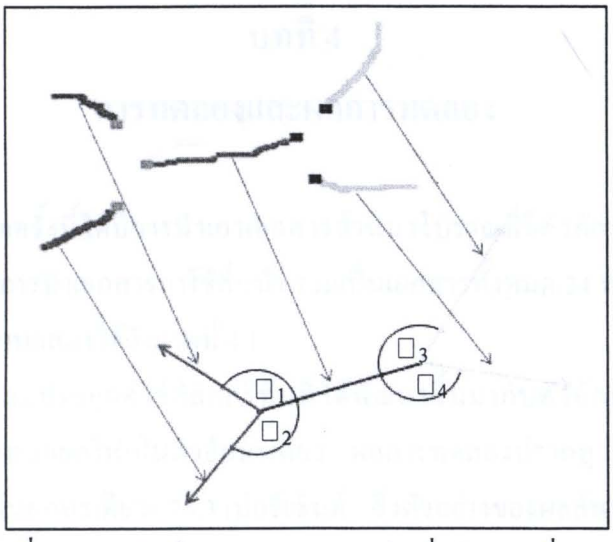
$$a = y - bx \tag{20}$$

หลังจากที่นำกิ่งย่อยของภาพมาทำการปรับเป็นเส้นตรงโดยการใช้สมการถดถอยแล้วผลลัพธ์ที่ได้แสดงได้ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 ผลลัพธ์ของกิ่งย่อยหลังจากผ่านสมการถดถอย

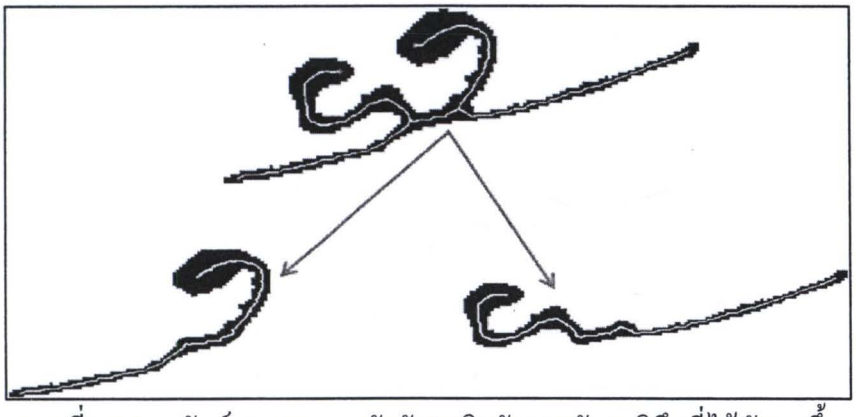
เมื่อทำการแปลงกิ่งย่อยให้เป็นเส้นตรงแล้วก็ทำการหามุมระหว่างกิ่งย่อยกับกิ่งแกนกลางของตัวอักษรที่ติดกันแสดงได้ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 ผลลัพธ์ของการหามุมระหว่างกิ่งย่อยและกิ่งจุดแยก

3.2.6 ผลลัพธ์ของการแยกตัวอักษรที่ได้จากอัลกอริทึม

จากการศึกษาลักษณะการเขียนตัวอักษรล้านนาจะพบว่าจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางอย่างทันทีทันใด ดังนั้นแนวคิดที่ใช้ในการแยกตัวอักษรติดกันของตัวอักษรล้านนาจึงได้มีการเปรียบเทียบมุมที่ได้จากจุดแยกด้านหนึ่งกับมุมที่ได้จากจุดแยกด้านตรงข้าม ถ้ามุมระหว่างจุดแยกใดมีค่าใกล้กันมากที่สุด จะทำการเชื่อมต่อเส้นที่เกี่ยวข้องกับคู่ของมุมนั้นๆ เข้าด้วยกัน ผลลัพธ์ของการแยกตัวอักษรติดกันแสดงได้ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 ผลลัพธ์ของการแยกตัวอักษรติดกันจากอัลกอริทึมที่ได้พัฒนาขึ้น