

เทคนิคการตรวจหาคำจากลายมือเขียนโดยอัตโนมัติ

กรัณย์ ต้นไม้ทอง และ สุภาวรรณ ทัศนประเสริฐ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Emails: golfkungjaa@gmail.com, supawan@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

การปรับปรุงลายมือให้มีความสวยงาม (Handwriting beautification) ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 2 ขั้นตอนได้แก่ 1. ขั้นตอนก่อนการประมวลผล (Preprocessing) 2. ขั้นตอนการปรับลายเส้นตัวอักษรให้มีความสวยงาม (Beautification) โดยขั้นตอนก่อนการประมวลผลประกอบด้วยกระบวนการค้นหาเส้นบรรทัดและกระบวนการค้นหาคำ (word) จากประโยค ในขณะที่ขั้นตอนการปรับลายเส้นตัวอักษรให้มีความสวยงามประกอบด้วยกระบวนการปรับลายเส้นตัวอักษรให้ความชัดเจน มีความสวยงามและทำให้ตัวอักษรอ่านได้ง่ายยิ่งขึ้น ในบทความฉบับนี้นำเสนอเฉพาะกระบวนการค้นหาคำจากประโยคซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการที่อยู่ในขั้นตอนก่อนการประมวลผล จำนวนทั้งสิ้น 2 วิธีการได้แก่ การค้นหาจากประโยคด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรม และการค้นหาคำจากประโยคด้วยการเชื่อมต่อกรอบระหว่างตัวอักษร

Abstract

Handwriting beautification includes with two main processes. First, preprocessing step which is a method for line segmentation and word segmentation. Second, beautification step which is a method to beautify the characters. In this paper we present interesting and widely used preprocessing techniques. Two methods are introduced, Projection Profile method and Distance Calculating method.

คำสำคัญ – ฮิสโตแกรม; ช่องว่าง; การตรวจหาคำ; ลายมือเขียน; ตัวอักษร;

1. บทนำ

วิธีการปรับปรุงลายมือเขียนให้มีความสวยงาม (Handwriting Beautification) [1-3] เป็นวิธีที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลตัวอย่าง (Training) ทำให้ไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรในการจัดเก็บข้อมูลและเป็นวิธีการที่อนุญาตให้ผู้เขียนสามารถจดบันทึกสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่ใช่ตัวอักษรหรือพยัญชนะ ซึ่งได้รับความนิยมและแพร่หลายในหลากหลายภาษา การปรับปรุงลายมือเขียนให้มีความสวยงามประกอบด้วย

2 ขั้นตอนหลักที่สำคัญได้แก่ ขั้นตอนก่อนการประมวลผล (Preprocessing) และขั้นตอนการปรับลายเส้นตัวอักษรให้มีความสวยงาม (Beautification) กระบวนการค้นหาคำจากประโยค [4-5] เป็นกระบวนการที่อยู่ในขั้นตอนก่อนการประมวลผล และเป็นกระบวนการที่สำคัญที่ช่วยให้การปรับปรุงลายมือเขียนให้มีความสวยงามเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยทั่วไปก่อนการค้นหาคำจากประโยคจำเป็นต้อง

ผ่านการค้นหาเส้นบรรทัด (Line Segmentation) เสียก่อน กระบวนการค้นหาเส้นบรรทัดเป็นหนึ่งในกระบวนการที่อยู่ในขั้นตอนก่อนการประมวลผล เป็นขั้นตอนที่ใช้สำหรับการค้นหาเส้นบรรทัดเพื่อใช้เป็นแนวอ้างอิงก่อนนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการถัดไป

กระบวนการค้นหาคำจากประโยคสามารถทำได้หลากหลายวิธี ซึ่งในบทความฉบับนี้กล่าวถึงวิธีการค้นหาคำจากประโยคจำนวน 2 วิธีได้แก่

1. การค้นหาคำจากประโยคด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรม [4]
2. การค้นหาคำจากประโยคด้วยการเชื่อมต่อกรอบระหว่างตัวอักษร [5]

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจของผู้อ่าน ผู้เขียนจึงลำดับการเขียนบทความด้วยลำดับดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 2 อธิบายถึงลักษณะตัวอักษรภาษาอังกฤษและการเก็บข้อมูลลายมือเขียนดิจิทัล

ส่วนที่ 3 อธิบายถึงการค้นหาคำจากประโยคด้วยวิธีการต่าง ๆ

ส่วนที่ 4 เป็นส่วนสรุปสุดท้ายของบทความฉบับนี้

2. ลักษณะตัวอักษรภาษาอังกฤษและการเก็บข้อมูลลายมือเขียนดิจิทัล

2.1. ลักษณะโดยทั่วไปของตัวอักษรภาษาอังกฤษ

ตัวอักษรภาษาอังกฤษแบ่งออกเป็น 4 แบบได้แก่

1. ตัวพิมพ์ใหญ่ (Capital letters)
2. ตัวพิมพ์เล็ก (small letters)
3. ตัวเขียนใหญ่ (cursive uppercase letters)
4. ตัวเขียนเล็ก (cursive lowercase letters)

ดังรูปที่ 1 แสดงตัวอย่างของตัวอักษรภาษาอังกฤษแบบตัวพิมพ์ใหญ่ ตัวพิมพ์เล็ก ตัวเขียนใหญ่ และตัวเขียนเล็ก



รูปที่ 1 ตัวอักษรภาษาอังกฤษแบบต่าง ๆ

โครงสร้างของประโยค (Sentence) ภาษาอังกฤษประกอบด้วยคำ (Word) หลาย ๆ คำ ซึ่งคำในประโยคถูกแบ่งด้วยช่องว่าง แต่ละคำในประโยคทำหน้าที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ ประธาน กริยา หรือกรรม เป็นต้น เมื่อจบประโยคภาษาอังกฤษต้องเขียนเครื่องหมาย "." (Full Stop) กำกับอยู่ท้ายประโยคเสมอเพื่อเป็นการบ่งชี้ว่าประโยคนั้นถูกเขียนจบโดยสมบูรณ์แล้ว ลักษณะการเขียนภาษาอังกฤษแบบตัวพิมพ์และแบบตัวเขียนมีความแตกต่างกันอยู่เล็กน้อย กล่าวคือการเขียนภาษาอังกฤษแบบตัวพิมพ์ ตัวอักษรแต่ละตัวถูกเขียนเรียงห่างกันเล็กน้อย ตัวอักษรไม่ถูกเขียนเชื่อมกัน เมื่อจบคำจะเว้นช่องว่างหรือช่องไฟเล็กน้อยพอประมาณก่อนเริ่มต้นเขียนคำด้วยตัวอักษรตัวต่อไป (ตัวอย่างดังรูปที่ 2) ในขณะที่การเขียนภาษาอังกฤษแบบตัวเขียนจะเขียนตัวอักษรเชื่อมต่อกันไปเรื่อย ๆ เมื่อจบคำจะเว้นช่องว่างหรือช่องไฟเล็กน้อยพอประมาณก่อนเริ่มต้นเขียนคำด้วยตัวอักษรตัวต่อไป (ตัวอย่างดังรูปที่ 3)

There is a lot of effects and benefits spending on the computer. One, the effect of spending on the computer is the time for study is reduced. We must preparing a timetables to divide the time for studying and playing. And the time for studying is organized neat.

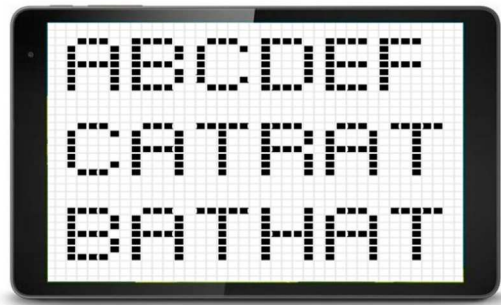
รูปที่ 2 การเขียนภาษาอังกฤษแบบตัวพิมพ์

*Avesta Berlin Catalpa Delphic Euphoria
Franchise Gordon Hellenic Ionic Jasper
Kepler Limbic Monterey Neutron Orestes
Practical Quast Redolent Scintillating
Tropical Universal Vestal Winter Xerxes
Yesterday Zanzibar Theseus*

รูปที่ 3 การเขียนภาษาอังกฤษแบบตัวเขียน

2.2. ข้อมูลลายมือเขียนดิจิทัลและการเก็บข้อมูลลายมือเขียนดิจิทัล

เมื่อเขียนตัวอักษรบนอุปกรณ์เก็บข้อมูลอย่างเช่นแท็บเล็ตทำให้เกิดลายเส้นจำนวนหลากหลาย ซึ่งลายเส้นต่างๆ เหล่านี้เกิดจากการเรียงตัวกันของพิกเซล โดยที่พิกเซลแต่ละพิกเซลมีข้อมูลประจำตำแหน่งคือค่าพิกัดบนแกน x และแกน y (รูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงการเรียงตัวของพิกเซลและค่าพิกัดบนระนาบแกน x และแกน y ของแต่ละพิกเซล) การเก็บข้อมูลลายมือเขียนดิจิทัลอาศัยการเก็บรวบรวมค่าพิกัดบนระนาบแกน x และแกน y ของแต่ละพิกเซลและนำข้อมูลค่าพิกัดเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในการประมวลผลต่อไป



รูปที่ 4 ลายเส้นเกิดจากการเรียงตัวกันของพิกเซล

3. เทคนิคการค้นหาคำจากประโยค

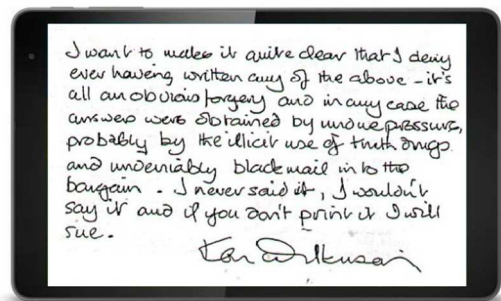
3.1. การหาคำจากประโยคด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรม

3.1.1. ฮิสโตแกรม

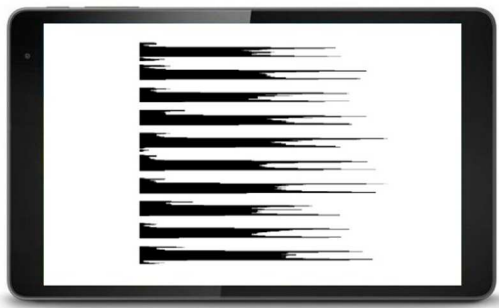
ฮิสโตแกรม คือ รูปแบบของการนำเสนอข้อมูลแบบหนึ่งซึ่งแกนแนวนองแสดงความถี่ของข้อมูลและแกนแนวนอนแสดงตำแหน่งค่า y นั้นๆของข้อมูล รูปที่ 6 นำเสนอฮิสโตแกรมของลายมือเขียนในรูปที่ 5 ด้วยสมการที่ 1 [2]

$$P(J) = \sum_i I(i, j) \quad (1)$$

เมื่อ $I(i, j)$ คือ ผลรวมของพิกเซลในแถว J



รูปที่ 5 ตัวอย่างลายมือเขียน



รูปที่ 6 ฮิสโตแกรมนำเสนอข้อมูลจำนวนพิกเซลในแต่ละแถวของรูปที่ 5

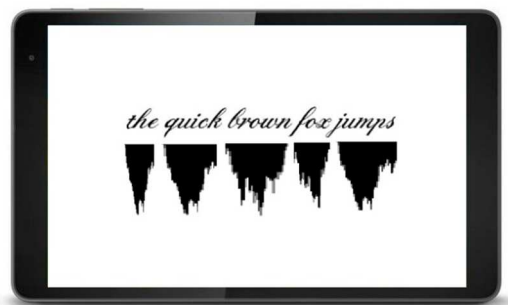
3.1.2. การค้นหาเส้นบรรทัดด้วยฮิสโตแกรม

การค้นหาจากประโยคด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรม เริ่มต้นจากการค้นหาเส้นบรรทัดด้วยวิธีการค้นหาจากฮิสโตแกรม (Projection Profile) [2][4] เมื่อทำการโปรเจกชันพบว่าตำแหน่งเริ่มต้นของข้อมูลบนฮิสโตแกรมมักเป็นส่วนของเส้นบรรทัดบนหรือเส้นบรรทัดกลาง และตำแหน่งสิ้นสุดของข้อมูลบนฮิสโตแกรมมักเป็นส่วนของเส้นบรรทัดฐานหรือเส้นบรรทัดล่าง (ดังรูปที่ 6) การค้นหาเส้นบรรทัดจากฮิสโตแกรมสามารถทำได้โดยกำหนดค่า Threshold ที่เหมาะสมซึ่งหาได้จากการทดลอง เมื่อทำการโปรเจกชันในระนาบแนวนอนให้นำค่า Threshold ดังกล่าวตรวจสอบกับปริมาณพิกเซล ณ ตำแหน่งปัจจุบันและตำแหน่งถัดไปหากปริมาณพิกเซลของทั้งสองตำแหน่งมีค่ามากกว่า Threshold ที่กำหนดและตำแหน่งก่อนหน้ามีปริมาณพิกเซลที่ต่ำกว่าค่า Threshold ที่กำหนดสามารถประมาณการได้ว่าตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งของเส้นบรรทัด อีกกรณีหนึ่งหากตำแหน่งปัจจุบันและตำแหน่งก่อนหน้ามีปริมาณพิกเซลมากกว่าค่า Threshold ที่กำหนดรวมถึงตำแหน่งถัดไปมีปริมาณพิกเซลที่ต่ำกว่าค่า Threshold ที่กำหนดสามารถประมาณการได้ว่าตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งของเส้นบรรทัดได้เช่นกัน ซึ่งการค้นหาเส้นบรรทัดทั้งสองกรณีเกิด

จากสมมติฐานที่ว่าตำแหน่งของเส้นบรรทัดบนฮิสโตแกรมมักเป็นตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ของปริมาณพิกเซลอย่างกระทันหัน

การค้นหาเส้นบรรทัดด้วยฮิสโตแกรมเป็นวิธีที่เรียบง่ายแต่มีข้อจำกัดอยู่กับการกำหนดค่าเรดโซว์ที่เหมาะสมซึ่งค่าเรดโซว์ที่เหมาะสมไม่มีกฎกำหนดที่ตายตัวแต่สามารถค้นหาได้จากการทดลอง จากสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้ผลการค้นหาเส้นบรรทัดด้วยฮิสโตแกรมเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย อีกทั้งหากข้อมูลลายมือเขียนที่นำมาโปรเจกชันมีปริมาณของพิกเซลอันไม่ถึงประสงค์ (Noise) เป็นจำนวนมากส่งผลให้การค้นหาเส้นบรรทัดด้วยวิธีนี้เกิดข้อผิดพลาดได้เช่นกัน

3.1.3. การตรวจหาคำจากประโยคด้วยฮิสโตแกรม



รูปที่ 7 การแบ่งคำด้วยฮิสโตแกรม

การค้นหาเส้นบรรทัดด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรมทำให้สามารถแบ่งบรรทัดจากลายมือเขียนที่กำลังสนใจได้ การตรวจหาคำจากประโยคด้วยฮิสโตแกรมเป็นการนำคำหรือประโยคที่อยู่ในบรรทัดเดียวกันมาผ่านกระบวนการโปรเจกชัน เพื่อทำการแปลงข้อมูลพิกเซลเป็นข้อมูลความถี่ของพิกเซลในแต่ละคอลัมน์ให้แสดงผลข้อมูลออกมาในลักษณะของกราฟ (ตัวอย่างดังรูปที่ 7) การตรวจหาคำหรือการแบ่งคำใช้หลักการที่คล้ายคลึงกับการค้นหาเส้นบรรทัดด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรม กล่าวคือการตรวจหาคำจากประโยคด้วยฮิสโตแกรม อาศัยการกำหนดค่าเรดโซว์ที่เหมาะสม และนำค่าดังกล่าวไป

ตรวจสอบกับปริมาณพิกเซลด้วยกระบวนการโปรเจกชันในระนาบแนวนอน หากพบว่าข้อมูลชุดหนึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเรดโซว์แล้วแสดงว่าข้อมูลชุดนั้น ๆ เป็นส่วนข้อมูลของคำที่ต้องการ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับลายเส้นตัวอักษรให้มีความสวยงามต่อไปได้

การตรวจหาค่าจากประโยคด้วยฮิสโตแกรมเป็นวิธีที่เรียบง่ายเช่นเดียวกันกับค้นหาเส้นบรรทัดด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรม แต่การตรวจหาค่าจากประโยคด้วยฮิสโตแกรมก็มีข้อจำกัดเช่นเดียวกันนั่นคือหากมีการกำหนดค่าเรดโซว์ที่ไม่เหมาะสมแล้วจะส่งผลให้การตรวจหาค่าจากประโยคด้วยฮิสโตแกรมนั้นเกิดข้อผิดพลาดได้โดยง่ายเช่นกัน

3.2. การค้นหาค่าจากประโยคด้วยการเชื่อมต่อกรอบระหว่างตัวอักษร

การค้นหาค่าจากประโยคด้วยการเชื่อมต่อกรอบระหว่างตัวอักษร [5] เป็นวิธีการค้นหาค่าจากประโยคโดยใช้เทคนิคการกำหนดกรอบที่มีความกว้างและความสูงขนาดเท่ากับค่าเฉลี่ยความกว้างและความสูงของตัวอักษรที่กำลังสนใจ จากนั้นนำกรอบที่ถูกกำหนดความกว้างและความสูงแล้วมาทำการครอบตัวอักษร (ส่วนที่มีพิกเซลปรากฏอยู่) และเชื่อมกรอบต่อไปกันไปเรื่อย ๆ (Connected Component) ด้วยเทคนิคนี้ทำให้ทราบได้ว่า ส่วนที่มีกรอบติดต่อกันเป็นจำนวนมากคือส่วนที่ประกอบไปด้วยคำที่ต้องการค้นหา และส่วนที่กรอบห่างกันตามระยะห่างที่กำหนดก็คือช่องว่างสำหรับแบ่งคำนั่นเอง

การค้นหาค่าจากประโยคด้วยการเชื่อมต่อกรอบระหว่างตัวอักษรประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ การกำหนดกรอบสำหรับเชื่อมต่อตัวอักษร และการค้นหาค่าจากประโยคด้วยการคำนวณช่องว่างระหว่างกรอบเชื่อมต่อระหว่างตัวอักษร ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การกำหนดกรอบสำหรับเชื่อมต่อตัวอักษร

การกำหนดกรอบสำหรับการเชื่อมต่อตัวอักษรเป็นขั้นตอนของการกำหนดขนาดความกว้างและขนาดความสูงของกรอบ (Block) ซึ่งค่าความกว้างและค่าความสูงสามารถหาได้จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความกว้างและการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความสูงจากจำนวนพิกเซลที่ผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลเป็นข้อมูลแบบไบนารี (Binarized) เพื่อให้ครอบคลุมลักษณะของตัวอักษรทั้ง 3 กลุ่มซึ่งได้แก่ 1. กลุ่มของตัวอักษรที่ไม่มีหาง 2. กลุ่มของตัวอักษรที่มีหางด้านบน (Ascender) และตัวอักษรที่มีหางด้านล่าง (Descender) 3. กลุ่มของตัวอักษรที่เป็นสัญลักษณ์ อย่างเช่น เครื่องหมายอัฒจันทร์ (!) เครื่องหมายจุด (.) เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดกรอบจำนวน 3 กรอบที่มีขนาดที่แตกต่างกัน โดยกำหนดให้

กรอบสำหรับกลุ่มตัวอักษรที่ไม่มีหางมีขนาดเท่ากับ สมการที่ 2

$$(0.5 \times AH \leq H < 3 \times AH), \quad (2)$$
$$(0.5 \times AW \leq W)$$

กรอบสำหรับกลุ่มตัวอักษรที่มีหางด้านบนและตัวอักษรที่มีหางด้านล่างมีขนาดเท่ากับ สมการที่ 3

$$H \geq 3 \times AH \quad (3)$$

กรอบสำหรับกลุ่มตัวอักษรที่เป็นสัญลักษณ์มีขนาดเท่ากับ สมการที่ 4

$$((H < 3 \times AH) , (0.5 \times AW > W)) \quad (4)$$

โดยกำหนดให้ H คือ ค่าความสูง
AH คือ ค่าความสูงเฉลี่ย
W คือ ค่าความกว้าง
AW คือ ค่าความกว้างเฉลี่ย

จากนั้นนำกรอบที่กำหนดได้ไปครอบตัวอักษรตามกลุ่มที่กำหนดเอาไว้ ทั้งนี้การกำหนดกลุ่มให้แก่ตัวอักษรใช้หลักการค้นหาความสูงของตัวอักษรหากความสูงอยู่ในเกณฑ์ของกรอบใดให้สันนิษฐานว่าตัวอักษรอยู่ในกลุ่มตัวอักษรนั้น ๆ ตัวอย่างการครอบกรอบให้แก่ตัวอักษรเป็นไปดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ตัวอย่างการครอบกรอบให้แก่ตัวอักษร

3.2.2 การค้นหาค่าจากประโยคด้วยการคำนวณช่องว่างระหว่างกรอบเชื่อมต่อระหว่างตัวอักษร

ภายหลังการกำหนดกรอบการเชื่อมต่อระหว่างตัวอักษรแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นขั้นตอนคำนวณช่องว่างระหว่างกรอบเชื่อมต่อระหว่างอักษร การกำหนดช่องว่างระหว่างกรอบอาศัยการกำหนดค่าเรตริคซ์ซึ่งค่าเรตริคซ์ที่เหมาะสมเป็นไปดังสมการที่ 5 [5]

$$T = 1.8 \times M \quad (5)$$

เมื่อ T คือ ค่าเรตริคซ์ที่ต้องการ

M คือ ค่ากลาง

ภายหลังการกำหนดค่าเรตริคซ์แล้วทำให้เราสามารถค้นหาค่าจากประโยคได้จากการสังเกตส่วนที่มีกรอบติดต่อกันเป็นจำนวนมากคือส่วนที่ประกอบไปด้วยคำที่ต้องการค้นหา และส่วนที่กรอบห่างกันตามระยะห่างตามค่าเรตริคซ์ก็คือช่องว่างสำหรับแบ่งคำนั่นเอง

4. บทสรุป

วิธีการค้นหาค่าจากประโยคมีอยู่หลายวิธี การค้นหาค่าจากประโยคด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรมเป็นหนึ่งในวิธีการค้นหาค่าจากประโยค ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อยได้แก่ ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรมเพื่อแบ่งแยกแนวบรรทัด และขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรมเพื่อแบ่งแยกค่าจากประโยค การค้นหาค่าจากประโยคด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรมเป็นวิธีที่เรียบง่ายซึ่งอาศัยการกำหนดค่าเรตริคซ์ที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบจำนวนพิกเซลที่ถูกฉายบนฮิสโตแกรมเพื่อใช้ในการตัดสินใจสำหรับการแบ่งเส้นบรรทัดและค่าออกจากกัน ถึงแม้ว่าวิธีการค้นหาค่าจากประโยคด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากฮิสโตแกรมจะเป็นวิธีการที่ง่ายแต่วิธีการนี้ยังคงมีข้อจำกัดในการกำหนดค่าเรตริคซ์ที่ไม่มีกฎตายตัว หากกำหนดค่าเรตริคซ์ที่ไม่เหมาะสมแล้วจะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการแบ่งแยกเส้นบรรทัดและค่าจากประโยคได้โดยง่าย

การค้นหาค่าจากประโยคด้วยการเชื่อมต่อกรอบระหว่างตัวอักษรเป็นอีกหนึ่งวิธีสำหรับการค้นหาค่าจากประโยค ซึ่งประกอบได้ด้วย 2 ขั้นตอนย่อยได้แก่ ขั้นตอนการกำหนดกรอบสำหรับเชื่อมต่อตัวอักษร และขั้นตอนการค้นหาค่าจากประโยคด้วยการคำนวณช่องว่างระหว่างกรอบเชื่อมต่อระหว่างตัวอักษรเป็นวิธีที่ต้องกำหนดค่าของกรอบที่ใช้สำหรับครอบตัวอักษร (ขนาดของกรอบสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2 - 4) และค่าเรตริคซ์ของช่องว่างระหว่างกรอบเชื่อมต่อระหว่างตัวอักษรเพื่อใช้ในการแยกคำที่อยู่ในประโยคเดียวกันออกจากกัน ถึงแม้ว่าการกำหนดค่าเรตริคซ์จะส่งผลต่อความผิดพลาดในการแบ่งแยกคำที่อยู่ในประโยคเดียวกันก็ตาม แต่วิธีการดังกล่าวอาศัยหลักการในการคำนวณเพื่อหาขนาดของกรอบและช่องว่าง ซึ่งเป็นข้อดีและช่วยลดข้อผิดพลาดในการแบ่งแยกคำที่อยู่ในประโยคเดียวกันได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Y. Simard, D. Steinkraus and M. Agrawala, "Ink normalization and beautification," *ICDAR*, 2005.
- [2] R. Chamchong and C. Fung, "Segmentation of Thai handwriiten text for automatic document retrieval," *PEECS2008*, 2008
- [3] Nicchiotti G. and Scagliola C., "Generalised projections: a tool for cursive handwriting normalisation," *Document analysis and recognition*, 1999.
- [4] N. Priyanka, S. Pal, R. Mandal, "Line and Word Segmentation Approach for Printed Document", 2010.
- [5] G. Louloudis, B. Gatos, I. Pratikakis, C. Halatsis, "Line And Word Segmentation of Handwritten Documents", 2008.