

การประมวลผลเชิงภาพก่อนการรู้จำตัวอักษรไทย

นุชรี เปรมชัยสวัสดิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ดร. วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการเสนอแนวทางการประมวลผลเชิงภาพก่อนการรู้จำตัวอักษรไทย โดยการพัฒนาเครื่องมือเพื่อให้สามารถแสดงผลการทำงานในแต่ละขั้นตอนในลักษณะของภาพ เพื่อให้ง่ายต่อการทดลอง ตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไข เริ่มต้นจากการนำภาพตัวอักษรที่ได้จากเครื่องกวาดภาพเข้าสู่หน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งแสดงผลทางจอภาพ แล้วทำการแยกบรรทัดของเอกสารออกจากกัน แสดงตำแหน่งของการแบ่งบรรทัด แล้วทำการแยกอักขระในแต่ละบรรทัด แสดงขอบเขตบล็อคลักษณะหรือกลุ่มตัวอักษรที่อยู่ในแต่ละบรรทัด จากนั้นทำการแยกตัวอักษรแต่ละตัวออกมา พร้อมทั้งให้ตำแหน่งขอบเขตของแต่ละตัวอักษร ซึ่งจะใช้เป็นข่าวสารบ่งชี้ว่าตัวอักษรนี้ควรอยู่ที่ระดับใดในสมรรถนะของภาษาไทย อีกทั้งได้ข้อมูลที่ถูกจัดเรียงลำดับไว้อย่างถูกต้อง ทำให้ง่ายต่อการรู้จำตัวอักษรเนื่องจากสามารถลดจำนวนกลุ่มอ้างอิงที่ใช้ในการรู้จำตัวอักษรลงได้ นอกจากนั้นยังได้แสดงผลของการปรับขนาดของตัวอักษรให้อยู่ในขนาดที่เหมาะสมและการทำงานที่ง่าย จากการทดลองพบว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถแสดงข้อมูลของแยกตัวอักษรและให้ข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อการรู้จำตัวอักษรได้เป็นอย่างดี และสามารถปรับขนาดของผลลัพธ์ให้เหมาะสมกับการใช้งานได้

Visual Preprocessing for Thai OCR

Nucharee Premchaiswadi

Assistant Professor

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Dr. Wichian Premchaiswadi

Associate Professor

Department of Computer Engineering

Faculty of Engineering Khon Kaen University

Abstract

This paper presents techniques using in preprocessing for Thai OCR in a visual way which will make an experiment, examination and adjustment of each process more easily. The process begins with bringing a document image into memory of a computer and displays it on a monitor. Then, the document is separated into lines and its position will be shown. After that each line is separated into blocks which each block may consist of one character or more. Each character will be extracted from blocks and its size and position of each character will be known. This information will indicate which group it should belong to in Thai language. This will reduce the number of reference patterns using in character recognition process. The information about a sequence of each character is also given. The size of each character can be scaled in to the suitable size and a skeleton of each character is also shown. The experimental results show that the proposed technique can separate each character from a document image and give an useful information for using in a character recognition process.

บทนำ

การจัดเก็บเอกสารเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นและหลีกเลี่ยงไม่ได้ในงานสำนักงานทั่วไปไม่ว่าในภาคเอกชนหรือรัฐ เมื่อคอมพิวเตอร์มีราคาถูกลงในขณะที่มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดความเป็นไปได้เป็นอย่างมากในการที่จะนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดเก็บเอกสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการแปลงภาพเอกสารที่ได้รับจากเครื่องกวาดภาพให้มาอยู่ในรูปของ Text file โดยอาศัยขบวนการรู้จำตัวอักษร เพื่อให้ขนาดของข้อมูลเล็กลงและสามารถใช้ในการค้นหาข้อความ หรือนำมาแก้ไขเพิ่มเติมหรือใช้ใหม่ได้ จึงทำให้เกิดการวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำตัวอักษรกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการรู้จำตัวอักษรในภาษาอังกฤษและภาษาญี่ปุ่น ส่วนภาษาอื่นๆ ก็มีการทำการวิจัยกันบ้างแต่ยังไม่มากนัก

ในส่วนของภาษาไทย ซึ่งเป็นภาษาที่มีเอกลักษณ์เฉพาะ ทำให้ไม่สามารถนำเทคนิคที่ใช้กับภาษาอื่นมาใช้ได้โดยตรง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาและปรับปรุงเทคนิคต่างๆ ขึ้นมาเองด้วย ปัจจุบันก็ได้มีการทำวิจัยเกี่ยวกับการรู้จำตัวอักษรไทยกันอยู่บ้างพอสมควร[1-3] แต่การเพิ่มขึ้นของจำนวนรูปแบบตัวอักษร (Font) ทำให้การรู้จำตัวอักษรด้วยเทคนิคต่างๆ ทำได้ยากยิ่งขึ้น อีกทั้งตัวอักษรไทยหลายตัวมีความคล้ายคลึงกันเป็นอย่างมาก เช่น ค กับ ด หรือ ช กับ ซ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้ขบวนการรู้จำตัวอักษรสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ข้อมูลและข่าวสารต่างๆ ของข้อมูลภาพจะต้องมีความชัดเจนและถูกต้องมากยิ่งขึ้น ข้อมูลและข่าวสารเหล่านี้สามารถหาได้จากขบวนการประมวลผลก่อนการรู้จำตัวอักษร

การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะทำการสร้างเครื่องมือเพื่อทำการวิเคราะห์ และเตรียมข้อมูลที่เหมาะสม และข่าวสารที่จำเป็นต่อการรู้จำตัวอักษรในเชิงภาพ เพื่อให้เห็นการทำงานในแต่ละขั้นตอน และเป็นแนวทางในการทดลอง ตรวจสอบ และแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลและข่าวสารที่เป็นประโยชน์และสามารถนำไปใช้ในส่วนของการขบวนการรู้จำตัวอักษรต่อไป

การประมวลผลก่อนการรู้จำ

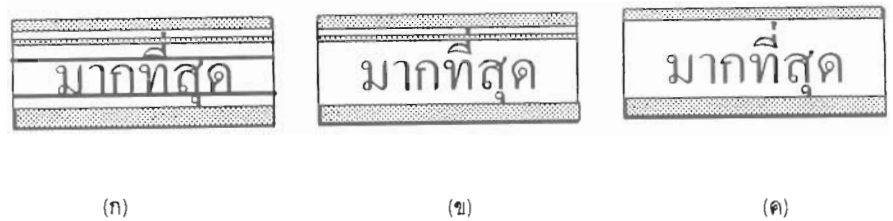
ในส่วนนี้จะได้กล่าวถึงขบวนการที่ใช้ในการประมวลผลก่อนการรู้จำตัวอักษร เริ่มต้นจากการอ่านเอกสารด้วยเครื่องกวาดภาพแล้วทำการจัดเก็บไว้ในลักษณะของแฟ้มข้อมูลแบบ Bitmap จากนั้นนำเอกสารภาพที่ได้ เข้ามาในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ ในขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดความกว้างและความยาวของเอกสารภาพเพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป จากนั้นนำข้อมูลเอกสารภาพนี้ขึ้นแสดงผลทางจอภาพ เนื่องจากเราต้องการแสดงผลการทำงานของขั้นตอนต่างๆ ทางจอภาพ เพื่อให้สามารถมองเห็นผลของแต่ละขบวนการที่จะทำต่อไปดังนี้

- 2.1 การแบ่งบรรทัด
- 2.2 การหาล็อกของตัวอักษรในแต่ละบรรทัด
- 2.3 การหาอักษรภาพแต่ละตัวในบล็อก
- 2.4 การปรับขนาดตัวอักษร
- 2.5 การทำตัวอักษรให้บาง

การแบ่งบรรทัด

เนื่องจากในกรณีของเอกสารทั่วไป เอกสารภาพที่ได้จากเครื่องกวาดภาพนั้นเราสามารถแยกความแตกต่างของตัวอักษรและพื้นได้ด้วยสี เช่นสีขาวแทนสีพื้นและสีดำแทนเนื้อตัวอักษร ดังนั้นการแยกบรรทัดจึงสามารถทำได้ด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) การทำการกวาดภาพทางแนวนอนจากแถวแรกของภาพไปจนสุดความกว้างของภาพ ทำการบันทึกว่าพบเนื้อตัวอักษรหรือไม่
- 2) เลื่อนลงมาแถวถัดไป ทำซ้ำตามข้อ 1) จนกระทั่งสิ้นสุดความยาวของภาพ
- 3) นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผล ทำให้ทราบความกว้างพร้อมตำแหน่งของแต่ละบรรทัดที่มีเนื้อตัวอักษร จากนั้นทำการแสดงการแบ่งบรรทัดตัวอักษรบนจอภาพ ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 1(ก)



รูปที่ 1 ตัวอย่างการแบ่งบรรทัด

กรณีในรูปที่ 1(ก) นั้นจะเห็นได้ว่าข้อความในเบื้องต้นนั้นจะถูกแบ่งออกได้ถึง 4 บรรทัด ซึ่งไม่ตรงกับหลักการเขียนภาษาไทย และจะทำให้เกิดความยุ่งยากในการระบุตำแหน่งที่ถูกตัดของวรรณยุกต์แต่ละตัว จึงต้องทำการรวมพยัญชนะ สระบน ล่าง และวรรณยุกต์เข้าด้วยกัน โดยอาศัยหลักการที่ว่า สระบน ล่าง และวรรณยุกต์ ควรมีความกว้างน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของพยัญชนะ และระยะห่างระหว่างพยัญชนะ สระบน ล่าง และวรรณยุกต์ ควรมีขนาดน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของพยัญชนะ เมื่อตรวจสอบและทำการรวมบรรทัดตามเงื่อนไขทั้งสองข้อนี้ จะได้ผลลัพธ์ดังตัวอย่างในรูปที่ 1(ข) และ 1(ค) ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามจะพบว่ากรณีที่ยกมานี้เป็นกรณีที่เกิดขึ้นได้ แต่ไม่บ่อยนักเนื่องจากตัวอักษรที่เขียนทั่วไปในแต่ละบรรทัดจะมีตัวอักษรหรือสระ ไ ฤ ฦ ฎ และวรรณยุกต์เข้าไปด้วย ทำให้ไม่มีช่องว่างระหว่างตัวพยัญชนะ สระบน ล่าง และวรรณยุกต์ จึงทำให้ได้ผลลัพธ์ในลักษณะของรูปที่ 1(ค) เลย ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.

ห้องปฏิบัติการวิจัย

รูปที่ 2 ตัวอย่างการแบ่งบรรทัดในครั้งเดียว

การหาบล็อกของตัวอักษรในแต่ละบรรทัด

ในส่วนนี้จะทำการแบ่งตัวอักษรออกจากบรรทัด โดยการกวาดภาพตามแนวตั้ง และทำการแบ่งกรอบตัวอักษรคล้ายกับขบวนการที่ทำในข้อที่ผ่านมาแต่ทำในแนวตั้ง จากการทำเช่นนี้ก็จะทำให้ได้บล็อกของตัวอักษรที่มีความสูงเท่ากับความกว้างของบรรทัด ซึ่งไม่ใช่ความสูงที่แท้จริงของตัวอักษรแต่ละตัว ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 บล็อกของตัวอักษรในแต่ละบรรทัด

จากข้อมูลในรูปที่ 3 พบว่าในแต่ละบล็อกนั้นอาจจะประกอบไปด้วยตัวอักษรเพียงตัวเดียวหรือมากกว่าก็ได้ จากขั้นตอนนี้ทำให้ได้ข่าวสารเกี่ยวกับลำดับของแต่ละบล็อกที่ถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงลำดับของบล็อกของตัวอักษร

การหาอักษรภาพแต่ละตัวในบล็อก

หลังจากที่ได้จำนวน ตำแหน่ง และลำดับของบล็อกทั้งหมดแล้ว ต่อไปก็จะทำการนำเอาอักษรภาพแต่ละตัวออกจากแต่ละบล็อก ขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ขนาดที่แท้จริงของตัวอักษรแต่ละตัวพร้อมทั้ง

ตำแหน่ง ทำให้ทราบว่าตัวอักษรที่ได้มานี้ควรจะอยู่ที่ระดับใดในสามระดับของภาษาไทย วิธีการในการหาอักษรภาพในบล็อคนี้ ได้นำเอาแนวความคิดการตามขอบภาพโดยอาศัยความสัมพันธ์ของ G.R.Wilson และ B.G.Batchelor[4] มาใช้ซึ่งมีวิธีการดังนี้

เริ่มต้นด้วยการตรวจสอบ Attribute ของ $W(x,y)$ โดยที่ (x,y) เป็นจุดที่เราสนใจ พิจารณาจุดรอบข้าง โดยใช้กรอบ ขนาด 2×2 พิกเซล $\begin{bmatrix} 8 & 4 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$ โดยที่ 1 เป็นจุด x,y ที่กำลังสนใจ กำหนดให้ส่วนที่เป็นเนื้อหาพิกเซลเป็น "1" ส่วนที่เป็นพื้นจะให้ค่าเป็น "0" หากค่า $W(x,y)$ จากการนำค่าจากจุด 8 4 2 และ 1 มาเรียงต่อกัน ซึ่งให้ค่าตั้งแต่ "0000" จนถึง "1111" เราจะนำค่าดังกล่าวนี้มาหาความสัมพันธ์ Link เพื่อกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

เมื่อเปรียบเทียบค่า Link ที่ได้ แล้วทำการเคลื่อนกรอบขนาด 2×2 หรือเปลี่ยนแปลงค่า x,y ไปตามทิศที่กำหนดไว้ในตารางจนกระทั่ง x,y เคลื่อนที่กลับมาบรรจบกับค่า x,y เริ่มต้น ก็ให้หยุดการเคลื่อนที่ เราจะได้เส้นโครงนอกของเนื้อหาพิกเซลหนึ่ง ซึ่งจะถือว่าเป็นอักษรหนึ่งตัว ในขณะที่เคลื่อนที่ไปนั้น ก็จะมีการตรวจสอบจุดที่เป็นมุมซ้ายบน (X_{min}, Y_{min}) และมุมขวาล่าง (X_{max}, Y_{max}) ไปพร้อมๆ กัน จะทำให้เราได้กรอบสี่เหลี่ยมที่ล้อมรอบตัวอักษรตัวนั้น จากนั้นเราจะทำการกวาดภาพจาก $X_{min} \rightarrow X_{max}$ และ $Y_{min} \rightarrow Y_{max}$ เพื่อดึงตัวอักษรออกมาไว้ในที่ใหม่และลบเนื้อหา ณ ตำแหน่งเดิมทิ้งไป ในขั้นนี้ทำโดยการเปลี่ยนสีของอักษรภาพที่ถูกดึงออกไปแล้ว

ตารางที่ 1

แสดงความสัมพันธ์ของพิกเซลและทิศทาง (x = don't care)

Attribute $W(x,y)$	Link	Previous link	Location of next pixel (relative to the current pixel)
0000	x	x	does not occur
0001	0	x	current column +1
0010	3	x	current row +1
0011	0	x	current column +1
0100	1	x	current row -1
0101	1	x	current row -1
0110	3	0	current row +1
0110	1	1,2,3	current row -1
0111	1	x	current row -1
1000	2	x	current column -1
1001	0	1	current column +1
1001	2	0,2,3	current column -1
1010	3	x	current row +1
1011	0	x	current column +1
1100	2	x	current column -1
1101	2	x	current column -1
1110	3	x	current row +1
1111	x	x	does not occur

ตัวอย่างเช่นในบล็อกแรกซึ่งประกอบด้วย  ก็จะถูกแยกออกเป็นสามบล็อก ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลลัพธ์ของการแยกตัวอักษร

เนื่องจากเราทราบตำแหน่งกรอบของแต่ละตัวอักษร ทำให้การเรียงลำดับเพื่อป้อนต่อไปยังขั้นตอนการรู้จำตัวอักษรสามารถทำได้อย่างถูกต้อง

การปรับขนาดตัวอักษร (Scaling)

ขั้นตอนการนี้จะใช้หรือไม่ขึ้นอยู่กับเทคนิคในการรู้จำตัวอักษรด้วย แต่อย่างไรการปรับขนาดตัวอักษรให้มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างถูกต้องก็สามารถให้ข้อมูลในรายละเอียดที่สำคัญได้ เช่น การพิจารณาว่ามีการหยักที่หัวตัวอักษรหรือไม่เพื่อบอกความแตกต่างของ ด และ ต เป็นต้น จากตัวอักษรที่ได้ในขั้นตอนที่ 4 เราจะได้ข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน ทั้งขนาดความกว้างและความสูง จึงต้องทำการปรับขนาดตัวอักษรให้อยู่ในขนาดเดียวกัน เพื่อให้สามารถนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงได้ โดยเฉพาะเมื่อนำไปใช้เป็น input ในการรู้จำตัวอักษร ที่ใช้เทคนิคทางเครือข่ายนิวรอล สมการรูปทั่วไปของการปรับอัตราส่วนภาพ ได้แก่

$$\begin{bmatrix} X_{new} \\ Y_{new} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X & 0 \\ 0 & \Delta Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{old} \\ Y_{old} \end{bmatrix}$$

เมื่อ $\Delta X, \Delta Y$ เป็นอัตราส่วนใหม่ที่ต้องการ โดยทั่วไปในภาษาไทยจะมีอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อความกว้างของตัวอักษรประมาณ 1 ถึง 1.5 เช่น ต้องการเลือกใช้ตัวอักษรขนาด 20×25 จุด ดังนั้นจะหาค่า $\Delta X, \Delta Y$ ได้จากสมการ

$$\Delta X = \frac{20}{X_{max} - X_{min}}$$

$$\Delta Y = \frac{25}{Y_{max} - Y_{min}}$$

การปรับขนาดให้เล็กลงกว่าเดิมจะไม่มีปัญหาอะไรมากนัก เนื่องจากเป็นการจับคู่ (mapping) แบบ many to one คือจะมีบางจุดซ้ำกันอยู่ แต่ถ้าปรับให้ใหญ่ขึ้นกว่าเดิมจะเป็นการจับคู่แบบ one to many จะทำให้ภาพแตก เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงได้นำแนวคิดของ H.D.Cheng และคณะ[5] มาใช้เพื่อทำการเติมภาพให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เริ่มจากการหา $V(x, y)$ ซึ่งประกอบไปด้วย จุดต่างๆ รอบๆ จุด (x, y) ที่กำลังสนใจ โดยที่ $P_1 = (x+1, y+1)$, $P_2 = (x, y+1)$, $P_3 = (x-1, y-1)$, $P_4 = (x-1, y)$ และ $V(x, y) = (P_4 P_3 P_2 P_1)$ การเพิ่มเติมจะกระทำการดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

การเติมข้อมูลตามแนวคิดของ H.D.Cheng และคณะ

$V(x, y)$	(0001)	(0010)	(0011)
(0100)	(0101)	(0110)	(0111)
(1000)	(1001)	(1010)	(1011)
(1100)	(1101)	(1110)	(1111)

การทำตัวอักษรให้บาง

การทำตัวอักษรให้บางนั้นเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการเตรียมข้อมูลเพื่อการรู้จำตัวอักษร ซึ่งมีอยู่หลายวิธีการด้วยกัน ในส่วนนี้ได้นำแนวความคิดของ Zhang และ Suen[8] มาประยุกต์ใช้ โดยการพิจารณาที่จุด P_1 และ จุดรอบข้างทั้ง 8 ดังแสดงในรูปที่ 6

โดยมีการทำงานเป็น 2 ขั้นตอน โดยการทำซ้ำจนกว่าจะไม่มีจุดที่สามารถลบออกได้ดังนี้

- 1) หากจุดรอบขอบภาพตัวอักษรเพื่อลบออกจากภาพ โดยจุดที่สามารถทำการลบออกได้นั้นจะต้องมีคุณสมบัติครบทั้ง 4 ประการดังนี้

- ก) $2 \leq N(P_1) \leq 6$
 ข) $S(P_1) = 1$
 ค) $P_2 \cdot P_4 \cdot P_6 = 0$
 ง) $P_4 \cdot P_6 \cdot P_8 = 0$

P_9	P_2	P_3
P_8	P_1	P_4
P_7	P_6	P_5

รูปที่ 6 จุด P และจุดรอบข้างทั้ง 8

โดยที่ $N(P_1)$ เป็นจำนวนจุดที่ไม่เป็น 0 ที่อยู่รอบจุด P_1 นั่นคือ

$$N(P_1) = P_2 + P_3 + \dots + P_8 + P_9$$

และ $S(P_1)$ เป็นจำนวนครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าจาก 0 ไปเป็น 1 โดยเริ่มนับจากจุด P_2 ไปยังจุด P_9 ตามลำดับ

- 2) หลังจากการทำตามเงื่อนไขในข้อ 1 และทำการลบจุดที่ลบได้ออก ก็จะทำการศึกษาจุดเพื่อทำการลบออกอีก โดยจุดที่สามารถลบออกได้ต้องมีคุณสมบัติครบทั้ง 4 ประการดังต่อไปนี้

- ก) $2 \leq N(P_1) \leq 6$
 ข) $S(P_1) = 1$
 ค) $P_2 \cdot P_4 \cdot P_8 = 0$
 ง) $P_2 \cdot P_6 \cdot P_8 = 0$

การทดลอง

ในงานทดลองนั้น ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้สามารถทำงานได้ดังที่ได้อธิบายมาแล้วในข้อ 2 โดยใช้ Visual C++ เวอร์ชัน 4 ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบได้มาจากเครื่องกวาดภาพ โดยใช้ความละเอียดที่ 300 dpi และ scale factor เท่ากับ 50 เปอร์เซนต์ รูปที่ 7 ถึงรูปที่ 12 เป็นตัวอย่างเอกสารภาพ และการแสดงรายละเอียดของผลลัพธ์ที่เกิดจากการทดลองในแต่ละขั้นตอน โดยเริ่มต้นจาก การแยกบรรทัด การหาบล็อกตัวอักษร การแยกตัวอักษรออกจากบล็อกที่ละตัว และการปรับขนาด ซึ่งทำโดยการเปลี่ยนแปลงสีของส่วนของภาพที่ถูกประมวลผลไปแล้ว เพื่อให้เกิดความแตกต่างที่สังเกตได้ การที่ได้เห็นข้อมูลและผลลัพธ์ในแต่ละขั้นตอนของการประมวลผล และการทดสอบกับข้อมูลในลักษณะต่างๆ การทราบถึงข้อบกพร่องในแต่ละจุด ทำให้เกิดแนวความคิดและสามารถนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้นได้ ตัวอย่างเช่น การแยกตัวอักษรออกจากบล็อกของ ปี ถ้าทำการกวาดภาพตามความกว้างจากซ้ายไปขวาจะไม่สามารถแยก ปี กับ ๘ ออกจากกันได้ ทำให้ได้ข้อมูลเฉพาะ ปี พร้อมทั้งส่วนเกินบางส่วนจาก ๘ ด้วย และยังทำให้ข้อมูลของ ๘ หายไปอีกด้วยซึ่งพบจากกรอบที่ซ้อนทับกันบนจอภาพ จึงได้เปลี่ยนมากวาดภาพตามความสูงของบล็อกแทน โดยกวาดภาพบนลงล่างแทน พบว่าสามารถแยกตัวอักษรได้อย่างถูกต้อง เป็นต้น

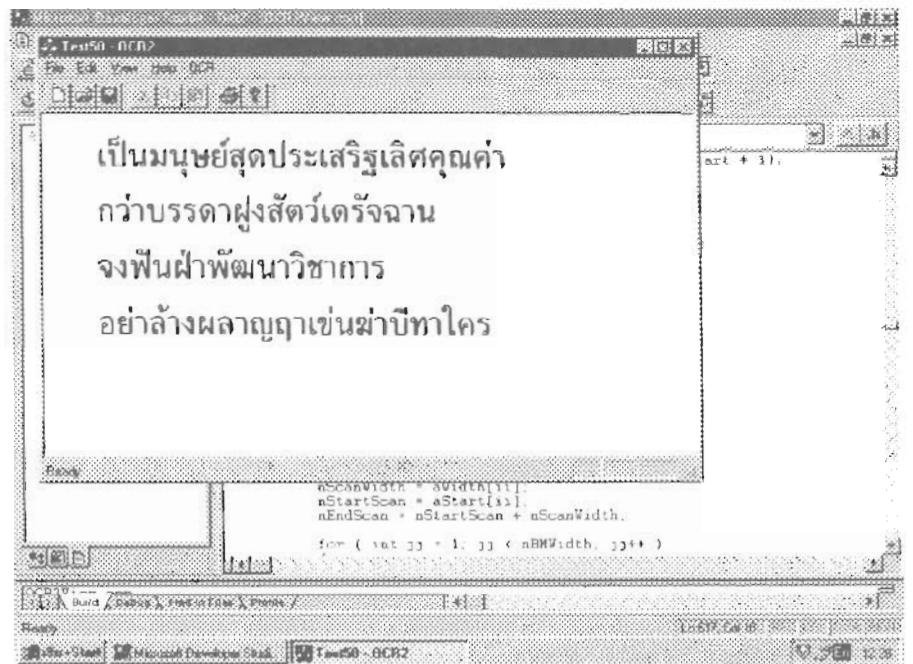
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองพบว่าวิธีการที่น่าเสนอสามารถแสดงข้อมูลพร้อมทั้งข่าวสารที่เป็นประโยชน์ทั้งต่อการปรับปรุงแก้ไขในส่วนของการประมวลผลก่อนการรู้จำ และการรู้จำตัวอักษร เช่น ข่าวสารเกี่ยวกับตำแหน่งของเอกสารภาพแต่ละตัว ทำให้ทราบถึงกลุ่มที่ควรจะได้จากการรู้จำทำให้สามารถลดจำนวนกลุ่มอ้างอิงลงได้ ซึ่งจะทำให้เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องมีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้หลายอัลกอริทึม เพื่อหาและปรับปรุงวิธีการให้เหมาะสมกับภาษาไทยก็เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่น่าสนใจและจะได้พัฒนาต่อไปในอนาคต

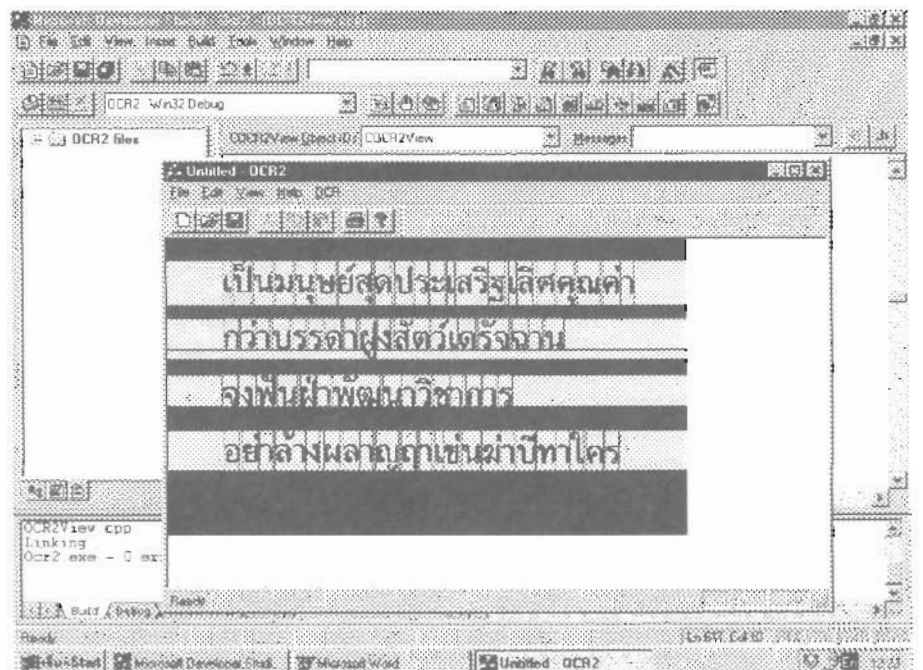
บรรณานุกรม

1. P.Hiranvanichakorn and M.Boonsuwan, "Recognition of Thai Characters". Proceedings of the symposium on Natural Language Processing in Thailand, 123-166 March 1993.

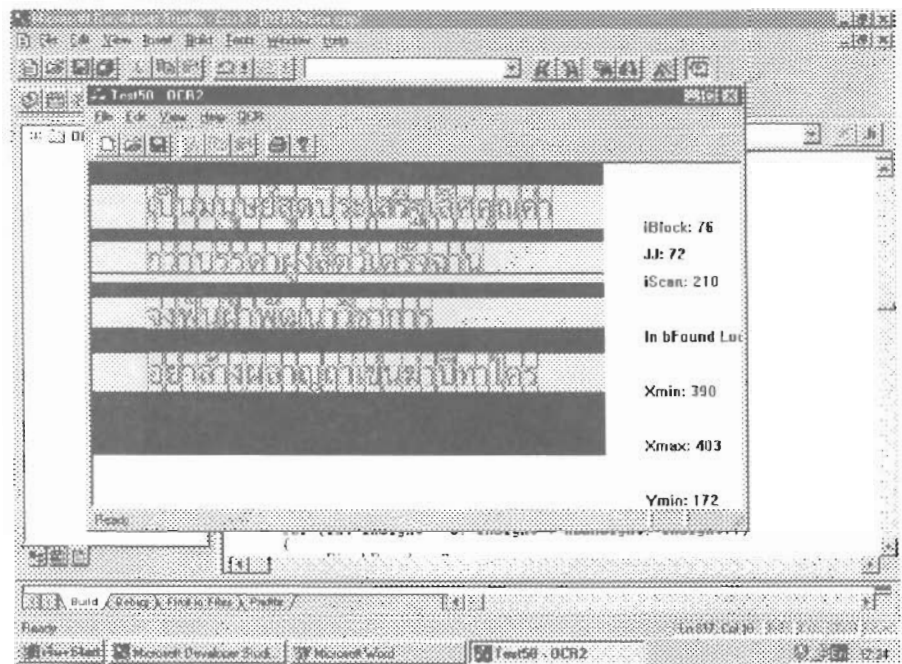
2. C.Kimpan and S.Walairacht, "**Thai Character Recognition**", Proceedings of the symposium on Natural Language Processing in Thailand, 196-260, March 1993
3. วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์ และ นุชรี เปรมชัยสวัสดิ์, "**การประยุกต์เครือข่ายนิวรอลเพื่อใช้ในการรู้จำตัวอักษรไทย**" วิศวกรรมสาร มช ปีที่ 21 ฉบับที่ 1-2 (93-115) 2537.
4. B.G. Batchelor and G.R. Wilson, "**Algorithm for forming relationship between objects in a sence**", IEE PROCEEDING, No.2, March 1990, pp.151-153.
5. C.Y.Suen and H.D.Chang "**Parallel image transnation and its VLSI implementation**", Pattern Recognition, Vol 20, No.10, 1990,
6. David Vernon, "**Image Analysis**", Machine Vision, Prentice Hall Internation, 118-136,1991
7. Ramakant Nevatia, "**Machine Perception**", Prentice Hall Inc. ,1992
8. Zhang T.Y and Suen C.Y, "**A Fast Algorithm for Thinning Digital Pattern.**" Comm. ACM, Vol 27, No.3 pp-236-239.
9. Gonzalez R.C and Wood R.E "**Digital Image Processing.**" Addison Wesley, 1993



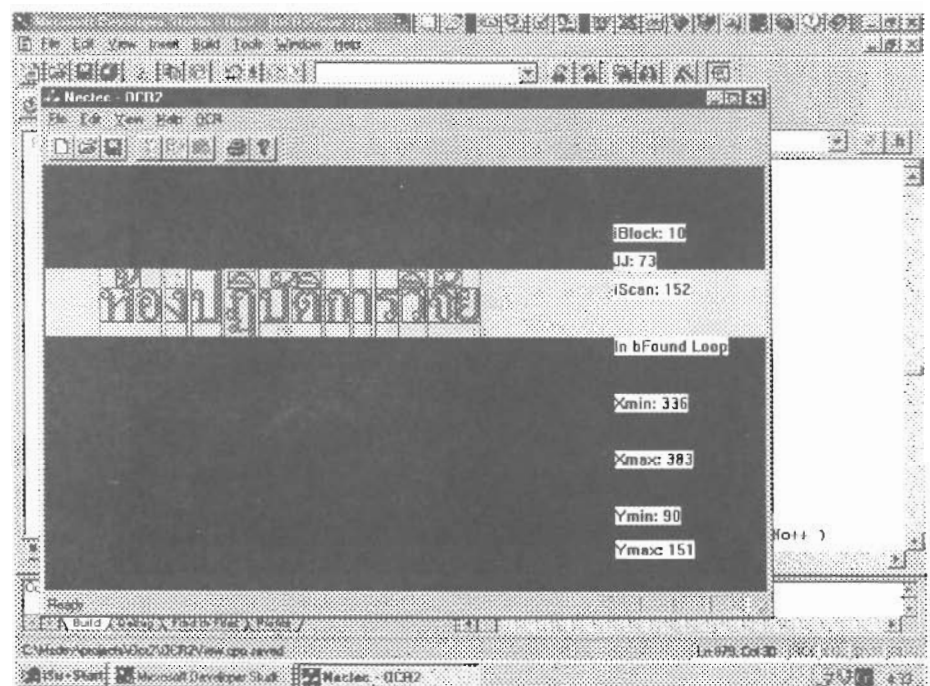
รูปที่ 7 ตัวอย่างภาพเอกสารที่ใช้ในการทดลอง



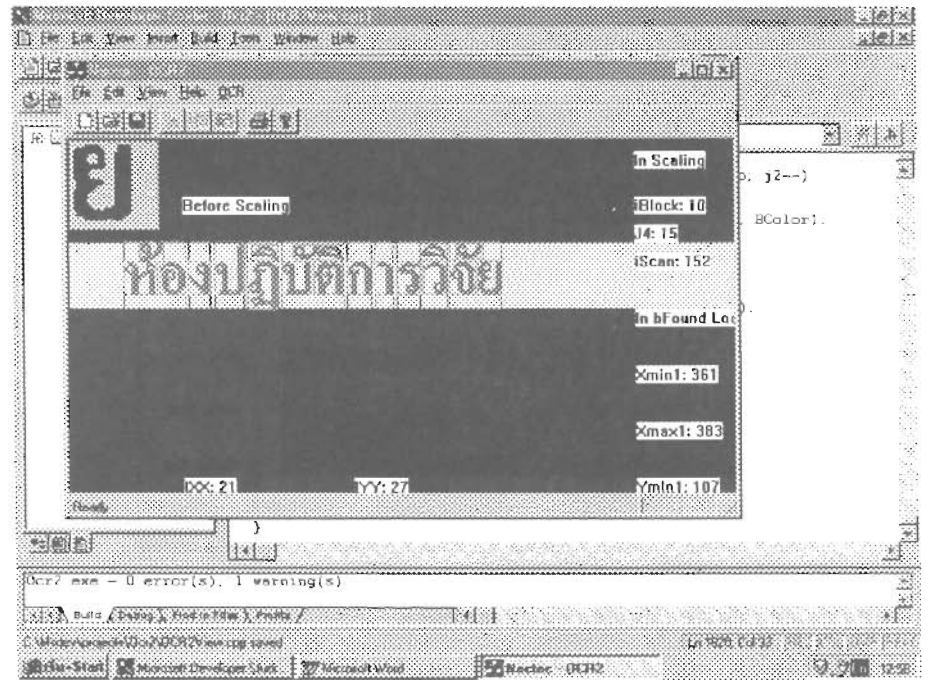
รูปที่ 8 แสดงผลการแบ่งบรรทัดและบล็อกของภาพเอกสารในรูปที่ 7



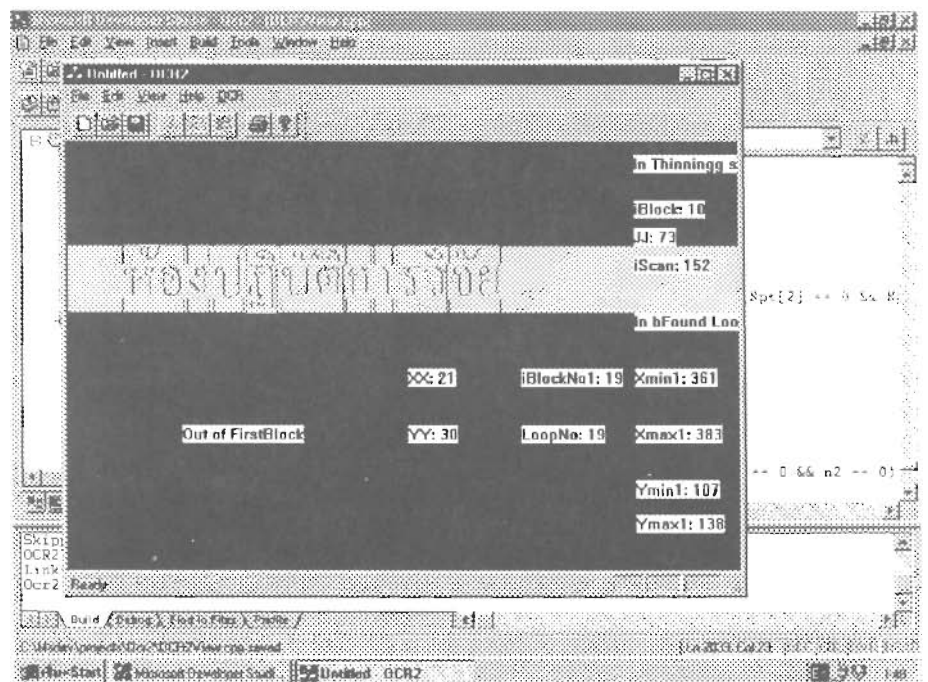
รูปที่ 9 แสดงขอบเขตของตัวอักษรภาพแต่ละตัว



รูปที่ 10 แสดงขอบเขตของตัวอักษรในอีกตัวอย่างหนึ่ง



รูปที่ 11 แสดงผลลัพธ์ในการปรับขนาด



รูปที่ 12 แสดงผลของการทำตัวอักษรให้บาง