

โครงการวิทยาศาสตร์

การพัฒนาโอชีอาร์ภาษาไทยด้วยเทคนิคไดนามิกไทม์วาร์ปฟิง
โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลชุดแบบอักษร

นายธีรพล

เดี่ยวมรกต

นายพงษ์เศรษฐ์

แดงเส็ง

นายประยุทธ์

เจตสิกทัต

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี

โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (องค์การมหาชน)

ปีการศึกษา 2550

โครงการวิทยาศาสตร์

การพัฒนาโอชีอาร์ภาษาไทยด้วยเทคนิคไดนามิกไทม์วาร์ปฟิง
โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลชุดแบบอักษร

นายธีรพล

เดี่ยวมรกต

นายพงษ์เศรษฐ์

แดงเส็ง

นายประยุทธ์

เจตสิกทัต

สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี

โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (องค์การมหาชน)

ปีการศึกษา 2550



ใบรับรองโครงงานวิทยาศาสตร์

โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (องค์การมหาชน)

มัธยมศึกษาตอนปลาย

คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี

หลักสูตร

สาขาวิชา

การพัฒนาโอซีอาร์ภาษาไทยด้วยเทคนิคไดนามิกไทม์วอร์ปิง

โดยใช้ข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลชุดแบบอักษร

(The Development of Thai-OCR by Using Dynamic Time Warping Technique with Font Files)

นามผู้ทำโครงงาน นาย ชีรพล เดียวมรกฏ ม. 6/1 เลขประจำตัวนักเรียน 04514
นาย พงษ์เศรษฐ์ แดงเส็ง ม. 6/1 เลขประจำตัวนักเรียน 04516
นาย ประยุทธ์ เจตสิกทัต ม. 6/3 เลขประจำตัวนักเรียน 04560

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(อาจารย์ปทุมศิริ สงศิริ)

กรรมการ.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(อาจารย์เลขาขวัญ งามประสิทธิ์)

กรรมการ.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(อาจารย์ศิริพร บุญเปลี่ยนพล)

กรรมการ.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(อาจารย์บุญนที ศักดิ์บุญญารัตน์)

กรรมการที่ปรึกษาพิเศษวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

หัวหน้าสาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

(อาจารย์พรชัย โกพัฒนา)

หัวข้อโครงการ	การพัฒนาโอซีอาร์ภาษาไทยด้วยเทคนิคไดนามิกไทม์วาร์ปฟิงโดยใช้ข้อมูลจาก แฟ้มข้อมูลชุดแบบอักษร		
ผู้ทำโครงการ	นายธีรพล เตียววรภักดิ์ นายพงษ์เศรษฐ์ แดงเส็ง และนายประยุทธ์ เจตสิกทัต		
อาจารย์ที่ปรึกษา	นางสาวปทุมศิริ สงศิริ		
สาขาวิชา	คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี		
โรงเรียน	มหิดลวิทยานุสรณ์	ปีการศึกษา	2550

บทคัดย่อ

การแก้ไขเอกสารที่ได้ทำการจัดพิมพ์ไปแล้วนั้น จำเป็นที่จะต้องพิมพ์เอกสารนั้นๆ อีกครั้ง ซึ่งเป็นการเสียเวลาโดยใช้เหตุ จากปัญหาดังกล่าว จึงมีการศึกษาการรู้จำตัวอักษร โดยใช้แสง (Optical Character Recognition: OCR) ขึ้นโดยวิธีการนี้จะช่วยคัดลอกเอกสารจากกระดาษลงในคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของไฟล์ตัวอักษรโดยไม่จำเป็นต้องพิมพ์ซ้ำ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ซึ่งในการรู้จำนี้มีข้อเสียที่ต้องใช้เวลานานในการวิจัยเพื่อหาค่าลักษณะที่เหมาะสมของแต่ละฟอนต์ ด้วยเหตุนี้ผู้พัฒนาโครงการจึงสนใจที่จะออกแบบขั้นตอนวิธีของโอซีอาร์ที่สามารถใช้ได้กับฟอนต์โดยทั่วไปโดยไม่ต้องเสียเวลาทำวิจัยซ้ำหลายครั้งเมื่อจะใช้กับฟอนต์ใหม่ ซึ่งขั้นตอนวิธีที่ออกแบบประกอบด้วยสองส่วนคือ การประมวลผลส่วนหน้า และส่วนประมวลผล ซึ่งจะออกแบบไว้สองวิธี คือ Hausdroff Distance และ Dynamic Time Warping โดยทั้งสองวิธีจะใช้แม่แบบตัวอักษรจากไฟล์ฟอนต์เป็นหลัก จากการทดสอบประสิทธิภาพของทั้งสองวิธีด้วยการใช้ภาพเอกสารจริงขนาด A4 เป็นข้อมูลนำเข้า โดยในแต่ละวิธีการจะทดสอบกับฟอนต์ 3 รูปแบบ ได้แก่ Angsana New, Cordia New และ PS Pimdeed รูปแบบละประมาณ 6,000 ตัวอักษร ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 76.19 และ 76.50 สำหรับวิธี Hausdroff Distance และ Dynamic Time Warping ตามลำดับ ส่วนเวลาที่ใช้ในการประมวลผล วิธีการแบบ Hausdroff Distance จะใช้เวลาน้อยกว่าอีกวิธีการหนึ่ง

Research Title	The Development of Thai-OCR by Using Dynamic Time Warping technique with Font Files		
Researchers	Mr. Teerapon Thewmorakot, Mr. Pongsate Tangseng and Mr. Prayook Jetsiktat		
Advisor	Miss Patoomsiri Songsiri		
Department	Computer and Technology		
School	Mahidol Wittayanusorn	Academic Year	2007

Abstract

Generally, the way to edit printed documents is retyping those documents. Optical Character Recognition (OCR) is a tool for translating paper documents to text files without typing. The well-known algorithm for pattern recognition is Artificial Neural Network (ANN); however, this algorithm spends much time on features extraction procedure for searching suitable features for each small group of fonts. Because of this reason, we are interested in developing algorithms that are suitable for general fonts and do not waste more time doing the research again when we use these algorithms with new fonts. Our algorithms consist of two parts, i.e., Preprocessing and Processing. In the Processing part, we use two different techniques called Hausdroff Distance and Dynamic Time Warping using alphabet models from font files. The evaluation uses a set of pictures in A4 size document. Each dataset contains three fonts, i.e., Angsana New, Cordia New and PS Pimdeed, and each one includes about 6,000 characters. From the result of this experiment, the average accuracies are 76.19 % for Hausdroff Distance technique and 76.50 % for Dynamic Time Warping technique and average time usage of Hausdroff Distance technique is less than Dynamic Time Warping technique.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ปทุมศิริ สงศิริ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาสละเวลา ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ทุกท่าน ซึ่งกรุณาให้คำแนะนำในการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ สำหรับทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ สำหรับทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ โครงการ Young Scientist Competition (YSC.) ที่มอบทุนสนับสนุนในการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ ดร.สรรพฤทธิ์ มฤคทัต และ นักวิจัยด้านเทคโนโลยีภาพของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ให้คำปรึกษา และคำติชมทางด้านการออกแบบโปรแกรม

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการ

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสสำหรับการศึกษามีค่ายิ่ง

คณะผู้จัดทำ

22 พฤศจิกายน 2550

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช

บทที่	หน้า
1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ระยะเวลาทำโครงการ	3
1.6 สถานที่ทำโครงการ	3
1.7 นิยามเชิงปฏิบัติการ	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ขั้นตอนวิธีของไอซีอาร์	4
2.2 การเปลี่ยนภาพสีประเภท RGB เป็นภาพโทนสีเทา	7
2.3 การเปลี่ยนภาพโทนสีเทาเป็นภาพขาวดำ	7
2.4 การกำจัดสิ่งรบกวนในภาพ (Noise reducing)	7
2.5 การหมุนเอกสาร (Rotation)	10
2.6 การแยกภาพตัวอักษร	11
2.7 การทำตัวอักษรให้บาง (Thinning)	12

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.8 การปรับขนาด (Scaling)	15
2.9 การรู้จำตัวอักษร (Character recognition)	15
2.10 เฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์ (Hausdorff Distance)	17
2.11 การวิเคราะห์ลักษณะเด่นของตัวอักษร	18
2.12 ไดนามิกไทม์วาร์ปิง (Dynamic Time Warping)	19
2.13 Levenshtein Distance	21
3 การพัฒนาโอชีอาร์ภาษาไทยด้วยเทคนิคไดนามิกไทม์วาร์ปิงและเฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์	
3.1 การประมวลผลส่วนหน้า (Preprocessing)	24
3.2 การประมวลผล (Processing)	27
4 ผลการทดลอง และ อภิปรายผลการทดลอง	
4.1 วิธีการทดสอบ	31
4.2 ผลการทดลอง	31
4.3 อภิปรายผลการทดลอง	32
5 สรุปผลการทดลอง	
5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	33
5.2 ข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	35
ภาคผนวก	
ก การใช้งานโปรแกรมแปลงรูปภาพเป็นไฟล์ตัวอักษร	36
ข ภาพเอกสารสำหรับทดสอบ	40
ประวัติผู้วิจัย	50

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ความถูกต้องเฉลี่ยในแต่ละชุดทดสอบ	31
4.2 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละชุดทดสอบ	32

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	แผนผังการทำงานของโอซีอาร์โดยทั่วไป
2.2	แสดงกระบวนการ Opening และ Closing สำหรับการกำจัดสิ่งรบกวน
2.3	แสดงการทำงานของกรองสัญญาณรบกวนแบบ kFill
2.4	Horizontal projection profile ของภาพเอกสารที่เอียง
2.5	Horizontal projection profile ของภาพเอกสารที่ตรง
2.6	การแยกบรรทัดโดยใช้ Horizontal Projection Profile Method
2.7	การแยกตัวอักษรในแต่ละบรรทัดโดยใช้ Vertical Projection Profile Method
2.8	การทำให้บางด้วยวิธีแกะพิกเซลที่อยู่รอบนอกออก
2.9	ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการทำให้บางโดยใช้ Distance Transform
2.10	แสดงการทำงานของ PTA ในการทำให้บาง
2.11	แสดงการทำงานของ MB algorithm ในการทำให้บาง
2.12	โครงข่ายอย่างง่ายของ MLP
2.13	ตัวอย่างการจัดกลุ่มพยัญชนะภาษาไทยตามลักษณะเด่น
2.14	แสดงการเชื่อมโยงระหว่างลำดับสองชุด เพื่อเปรียบเทียบโดยใช้ DTW
2.15	ลักษณะของ Warping Path
2.16	ระดับของอักขระภาษาไทย
3.1	สิ่งรบกวนขนาดใหญ่ในเอกสาร
3.2	แสดงลักษณะของฮิสโตแกรมที่ใช้แบ่งบรรทัดในภาพเอกสาร
3.3	แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลตัวอักษรในบรรทัด
3.4	ตัวอย่างผลลัพธ์จากการทำให้บางด้วย MB algorithm และ Parallel Thinning Algorithm ร่วมกัน

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การแปลงข้อมูลจากเอกสารทั่วไป เข้าเป็นแฟ้มข้อมูลในคอมพิวเตอร์ มักจะใช้วิธีการสแกนเป็นรูปเข้ามา ซึ่งมีข้อเสียที่ต้องใช้พื้นที่ในการเก็บไฟล์รูปภาพที่มาก และการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในไฟล์รูปภาพ เป็นสิ่งที่ทำได้ยาก หรือ ถ้าใช้บุคลากรในการพิมพ์เพื่อคัดลอกเอกสารนั้น แล้วบันทึกไว้เป็นแฟ้มข้อมูลตัวอักษร ก็จะมีข้อเสียคือ ต้องสิ้นเปลืองทั้งบุคลากรและเวลาที่ใช้ในการพิมพ์ แต่ในปัจจุบันก็เริ่มมีการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถแปลงภาพเอกสารออกมาเป็นไฟล์ตัวอักษร หรือ โอซีอาร์ (Optical Character Recognition: OCR) เพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้น

และจากการศึกษา วิธีการที่ใช้ในการรู้จำอักขระภาษาไทยด้วยแสง พบว่า โปรแกรมโดยส่วนใหญ่ จะใช้วิธีการรู้จำด้วย การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งยังมีความผิดพลาดในการแปลงข้อมูล และมีข้อจำกัดบางอย่าง โดยเฉพาะฟอนต์ที่สามารถรู้จำได้มีจำนวนจำกัด คณะผู้จัดทำโครงการจึงเกิดความสนใจที่จะทำการศึกษา และพัฒนากรรมวิธีที่เหมาะสมเพื่อลดข้อจำกัด และเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำอักขระภาษาไทยให้มากขึ้น

วิธีการที่ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางเทคนิคหนึ่งสำหรับการทำโอซีอาร์ คือ โครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งสำหรับเทคนิคนี้ ผู้วิจัยจะต้องหาคุณลักษณะที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้ในการเรียนรู้สำหรับแต่ละกลุ่มฟอนต์ที่สามารถนำไปใช้กับฟอนต์ได้เพียง 5 ถึง 6 ฟอนต์ ทั้งนี้หากมีฟอนต์ชนิดใหม่ ที่ได้ถูกสร้างขึ้น ผู้วิจัยก็ต้องกลับไปเริ่มทำขั้นตอนวิเคราะห์คุณลักษณะใหม่อีกครั้งเพื่อให้โปรแกรมรองรับฟอนต์ใหม่ที่เกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นการเสียเวลาอย่างมากถ้าฟอนต์นั้นไม่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการนำแม่แบบฟอนต์ มาช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าว

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ปรับปรุงประสิทธิภาพของวิธีการรู้จำอักขระภาษาไทย ลดข้อจำกัดด้านฟอนต์ มีความถูกต้องแม่นยำสูง รวมถึงใช้เวลาในการคำนวณต่ำ

1.4.2 สามารถประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีแบบไดนามิกไทม์วอร์ปพิง กับ การเรียนรู้ของเครื่องแบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำมากขึ้น

1.4.3 การทำโครงการนี้เป็นการเพิ่มแนวทางและกรรมวิธีสำหรับการทำโอซีอาร์ภาษาไทย ให้หลากหลายยิ่งขึ้น

1.4.4 สามารถลดข้อจำกัดของโอซีอาร์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ให้สามารถนำไปใช้ได้กับฟอนต์จำนวนมากโดยไม่ต้องเสียเวลาในการรู้จำฟอนต์ใหม่

1.5 ระยะเวลาทำโครงการ

มีระยะเวลา 1 ปี เริ่มตั้งแต่ กรกฎาคม พ.ศ. 2549 – กรกฎาคม พ.ศ. 2550

1.6 สถานที่ทำโครงการ

โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ จ.นครปฐม และ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

1.7 นิยามเชิงปฏิบัติการ

การรู้จำอักขระด้วยแสง (Optical Character Recognition: OCR)

เฮาซดอร์ฟดิสเทนซ์ (Hausdorff Distance)

ไดนามิกไทม์วอร์ปพิง (Dynamic Time Warping: DTW)

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning)

บิตแมป (Bitmap)

ขาวดำ (Monochrome)

โทนสีเทา (Grayscale)

จุดพิมพ์ต่อนิ้ว (dot per inch: dpi)

ส่วนติดต่อผู้ใช้แบบกราฟฟิก (Graphic User Interface: GUI)

บทที่ 2

เอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

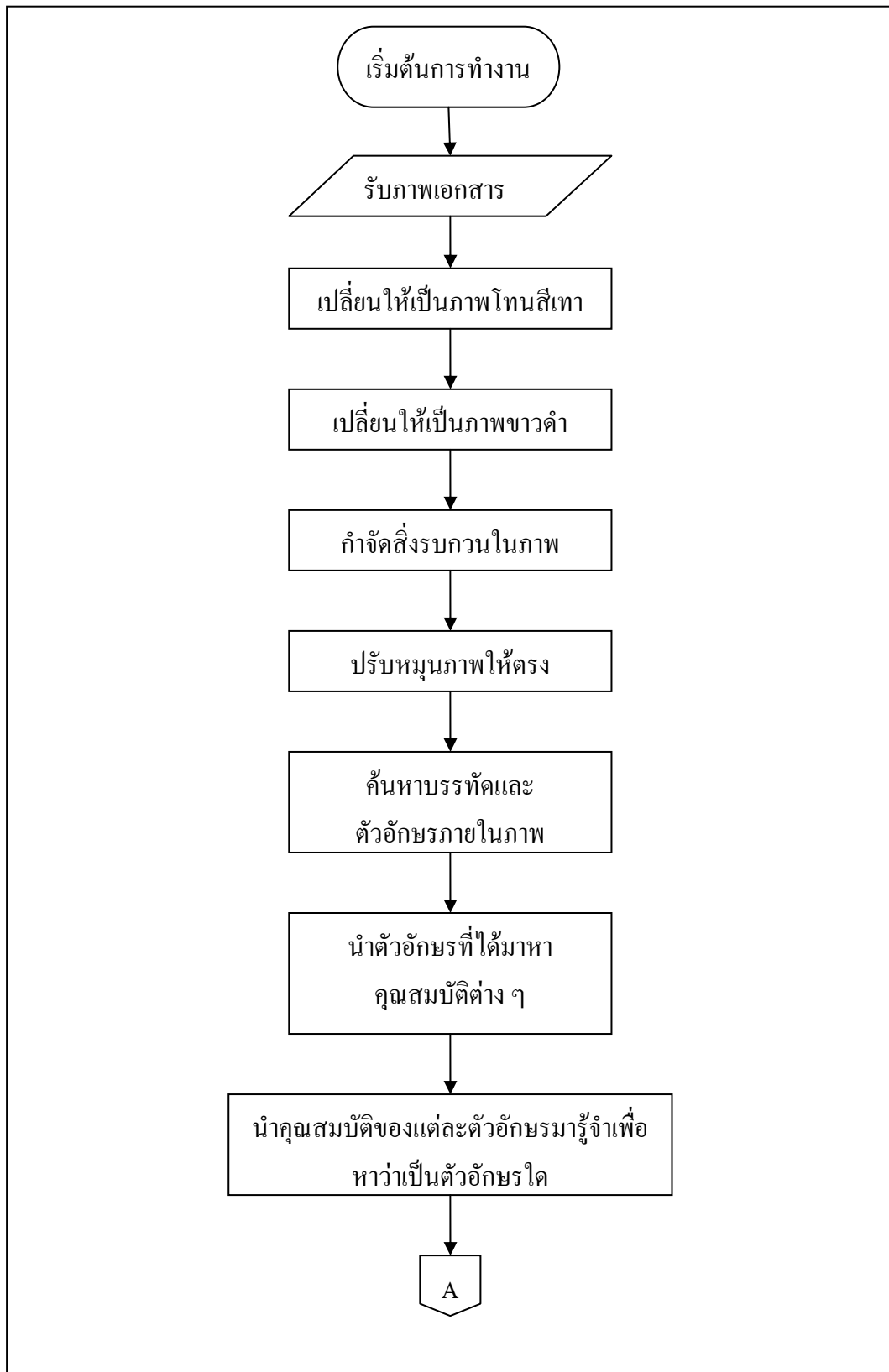
2.1 ขั้นตอนวิธีของโอซีอาร์

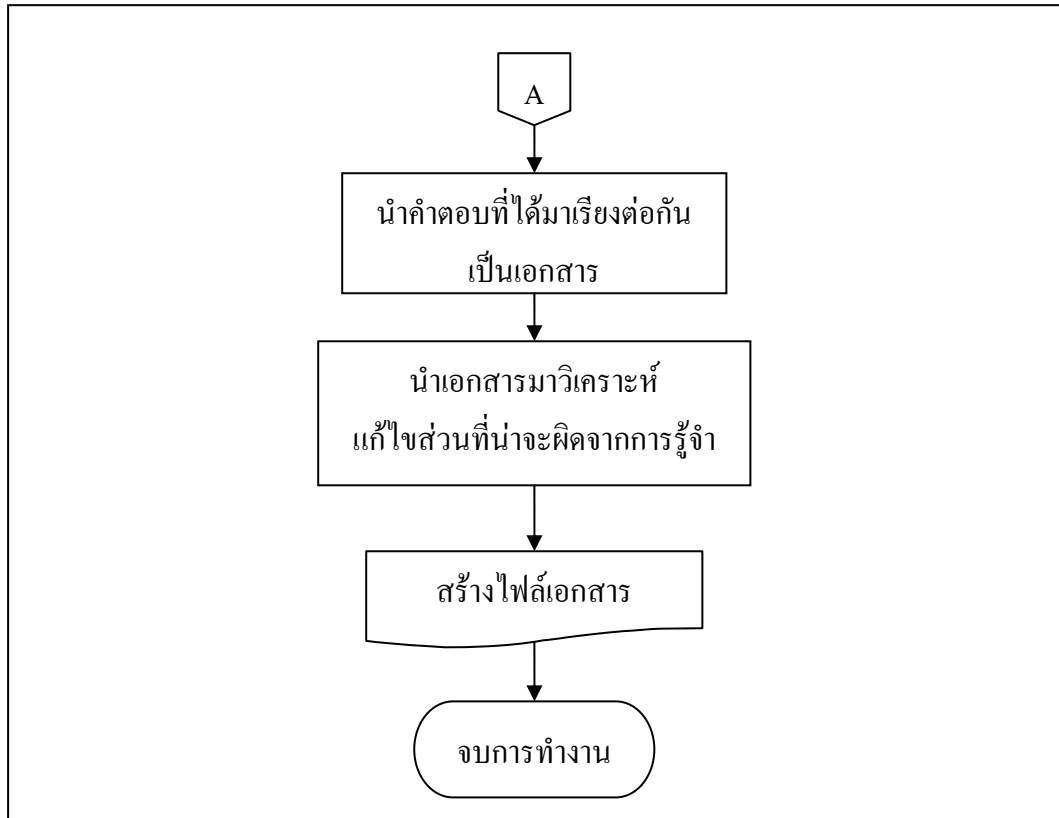
2.1.1 ขั้นตอนโดยทั่วไป

ขั้นตอนวิธีของโอซีอาร์ สามารถแบ่งได้ 3 ส่วน คือ

- การประมวลผลส่วนหน้า (Preprocessing) เป็นส่วนที่รวมตั้งแต่การนำเข้าข้อมูลภาพ ไปจนถึงการค้นหาตัวอักษรภายในภาพ
- ส่วนการประมวลผล (Processing) เป็นส่วนที่นำภาพตัวอักษรแต่ละตัวมาทำการวิเคราะห์หว่าเป็นตัวอักษรใด
- การประมวลผลส่วนหลัง (Post processing) เป็นส่วนที่นำข้อความที่ได้จากส่วนประมวลผลมาแก้ไขส่วนที่น่าจะผิด เพื่อให้มีความถูกต้องสูงขึ้น

แผนผังการทำงานของโอซีอาร์โดยทั่วไป





ภาพที่ 2.1 แผนผังการทำงานของโอซีอาร์โดยทั่วไป

2.1.2 ขั้นตอนวิธีที่เคยได้รับการศึกษาวิจัย

- Kijisirikul และคณะ (1998) นำเสนอวิธีการรู้จำ ภาพตัวอักษรภาษาไทย โดยใช้ Inductive Logic Programming ในการสร้างกฎของตัวอักษรเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการรู้จำ ซึ่งตัวอักษรแต่ละตัวอาจประกอบไปด้วย เส้นตรง วงกลม เส้นโค้ง และเส้นหยัก เป็นต้น จากนั้นนำกฎที่ได้มาเข้าสู่การเรียนรู้ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับเพื่อทำ การรู้จำ วิธีการนี้มีข้อเสียคือ ในกรณีที่ภาพตัวอักษรมีการขาดหายไปบางส่วนหรือมีสัญญาณรบกวน อาจจะทำให้ไม่สามารถสร้างกฎที่ถูกต้องเพื่อทดสอบการรู้จำได้ซึ่งจะมีผลทำให้ความถูกต้องของการรู้จำลดลง

- Srisuk (1999) เสนอการใช้เฮชครอปฟิสแทนซ์ และการวิเคราะห์ลักษณะเด่น มาใช้ในการรู้จำภาพตัวอักษรที่สัญญาณรบกวนในระดับต่างๆ ผลที่ได้มีความถูกต้องในระดับที่สูงมากที่สุดที่สัญญาณรบกวน 15% และจะเริ่มลดลงที่สัญญาณรบกวน 20% แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือ มีภาพแม่แบบฟอนต์เพียงลักษณะเดียวและขนาดเดียว ซึ่งอาจจะไม่ตรงกับลักษณะฟอนต์ของภาพที่จะทดสอบ

- กฤษฎา วิไลลักษณ์ และคณะ นำเสนอวิธีการรู้จำ อักษรตัวพิมพ์ภาษาไทย โดยพิจารณาใช้ลักษณะเด่นของการเขียนตัวอักษร เช่น ตัวอักษรมีการลากเส้น ขึ้น ลง ซ้าย ขวา และการเขียนหัวของตัวอักษรเป็นต้น ซึ่งวิธีการนี้มีความผิดพลาดสูงมากหากตัวอักษรมีการขาดหายและเส้นไม่ต่อเนื่อง เพราะจะทำให้ไม่สามารถดูลักษณะของการลากเส้นในแบบต่าง ๆ ได้

- พิชัย ภัคคาร์ตกุล นำเสนอการรู้จำตัวอักษรภาษาไทย โดยการนับจำนวนจุดภาพในแนวแกนตั้งและแนวนอนจากนั้นเลือกค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดที่นับได้นำมาสร้างเป็นกฎของฟัซซี่ (Fuzzy rules) วิธีการนี้จะมีข้อเสียคือเมื่อภาพมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นทำให้จำนวนจุดภาพของตัวอักษรมีมากขึ้นหรือน้อยลง การนับจำนวนจุดก็จะเป็นการนับจุดที่เป็นสัญญาณรบกวนด้วย ซึ่งจะมีผลทำให้ความถูกต้องของการรู้จำลดลงไปเป็นอย่างมาก

- นายจิตเกษม ปิ่นทะยา และนายอักรินทร์ ล้วนจำเริญ (2006) นำเสนอการรู้จำอักษรภาษาไทยโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับเรียนรู้ กับพอนต์ทั้งหมด 7 พอนต์ ซึ่งสามารถรู้จำตัวอักษรภาษาไทยที่เป็นพอนต์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับพอนต์ที่ใช้เรียนรู้ โดยให้ความถูกต้องในระดับที่สูง แต่มีข้อจำกัดที่สามารถให้อัตราความถูกต้องสูงกับพอนต์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้เพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น

2.2 การเปลี่ยนภาพสีประเภท RGB เป็นภาพโทนสีเทา

การเปลี่ยนภาพสีประเภท RGB หรือภาพที่มีประกอบขึ้นจากสีสามสีคือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เป็นภาพโทนสีเทา สามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ เปลี่ยนโดยใช้วิธีการกับทุกๆ พิกเซล ดังนี้

$$Gray = (Red \times 29.9\%) + (Green \times 58.7\%) + (Blue \times 11.4\%) \quad (1)$$

2.3 การเปลี่ยนภาพโทนสีเทาเป็นภาพขาวดำ [2]

การเปลี่ยนภาพโทนสีเทาเป็นภาพขาวดำเป็นการลดความยุ่งยากในการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป ซึ่งทำได้สองวิธีคือ

2.3.1 Global threshold เป็นการใช้ค่าคงที่ค่าเดียวในการแบ่งแยกจุดสีทั้งเอกสารว่าพิกเซลไหนควรเป็นสีขาว หรือพิกเซลไหนควรเป็นสีดำ

2.3.2 Adaptive threshold เป็นการใช้ค่าแบ่งหลายค่าในเอกสารหน้าเดียว โดยค่าแบ่งในแต่ละบริเวณของเอกสารจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับลักษณะของเอกสารในแต่ละบริเวณ ซึ่งเหมาะสำหรับเอกสารที่มีพื้นหลังที่ต่างกันในแต่ละบริเวณ หรือพื้นหลังไล่ระดับ

2.4 การกำจัดสิ่งรบกวนในภาพ (Noise reducing) [2]

สิ่งรบกวนในภาพคือสิ่งที่เป็นอุปสรรคในการประมวลผลซึ่งอาจทำให้การประมวลผลผิดพลาดได้ จึงจำเป็นต้องกำจัดออก สิ่งรบกวนมีหลายรูปแบบ เช่น จุดเล็ก ๆ ที่เกิดจากสิ่งสกปรกบนเอกสาร รอยเงาขนาดใหญ่ที่เกิดจากการถ่ายเอกสาร เป็นต้น ซึ่งมีวิธีการกำจัดสิ่งรบกวนในภาพดังนี้

2.4.1 Morphological Image Processing เป็นการนำโครงสร้าง 0 หรือ 1 ขนาดหนึ่งไปวางบนภาพ ที่แต่ละตำแหน่งบนภาพจะใช้การอนุมานด้วยเหตุผลระหว่างโครงสร้างกับภาพที่อยู่ใต้โครงสร้างได้ผลลัพธ์มาปรับค่าที่ตำแหน่งนั้น

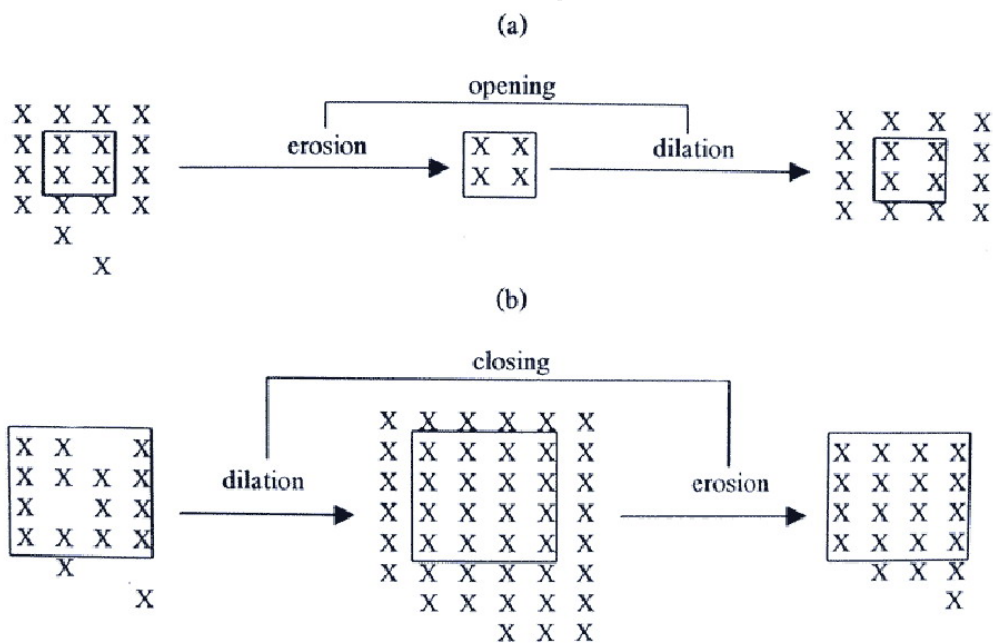
Morphological Image Processing มีการทำงานพื้นฐาน 2 แบบ คือ

Erosion การกำจัดจุดที่เป็นขอบทุกจุด ซึ่งจะทำให้วัตถุเล็กลงโดยรอบ 1 พิกเซล

Dilation ทำการเพิ่มจุดรอบขอบวัตถุ 1 พิกเซล

Erosion ต่อด้วย Dilation เรียกว่า Opening ทำให้วัตถุเล็ก ถูกกำจัดออกไป แยกวัตถุที่เชื่อมกันด้วย ส่วนบาง ๆ ออกจากกัน และ ทำให้วัตถุขึ้นใหญ่มีขอบเรียบขึ้นและขนาดไม่เปลี่ยนไป

Dilation ต่อด้วย Erosion เรียกว่า Closing รูเล็ก ๆ บนวัตถุถูกเติมจนเต็ม วัตถุที่อยู่ใกล้กันมากจะเชื่อมต่อเป็นวัตถุชิ้นเดียวกัน และวัตถุมีขอบเรียบขึ้นโดยขนาดไม่เปลี่ยนไป



ภาพที่ 2.2 แสดงกระบวนการ Opening (a) และ Closing (b)

2.4.2 การกรองสัญญาณรบกวนบนภาพเอกสาร (Text Noise Filters) เป็นการกรองสัญญาณรบกวนบนภาพโดยที่ตัวอักษรบนภาพมีความคมชัดไม่เปลี่ยนจะไม่มีการลบมุม ลบเส้นสั้น ๆ

พื้นที่ขนาด 1 พิกเซล ที่ปรากฏโดด ๆ เป็นรู หรือ เป็นส่วนที่นูนออกมา จะตรวจสอบได้โดยใช้โครงสร้างขนาด 3 x 3 พิกเซล

พื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 พิกเซล ใช้การกรองแบบ kFill ตรวจสอบได้ ซึ่ง kFill เป็นการใช้โครงสร้างขนาด k x k พิกเซล ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่อยู่ตรงกลาง มีขนาด (k - 2) x (k - 2) พิกเซล

และล้อมรอบตรงกลางอีก $4(k - 1)$ เช่น 3×3 จะมีตรงกลาง $(3-2) \times (3-2) = 1$ พิกเซล และล้อมรอบด้วย $4(3-1) = 8$ พิกเซลในส่วนตรงกลางจะถูกกำหนดค่าให้เหมือนกันหมด (fill) เป็น 1(ON) หรือ 0(OFF) การพิจารณาค่าเป็น ON (หรือ OFF) นั้นจะต้องดูว่าภาพที่ส่วนตรงกลางของโครงสร้างที่อยู่นั้นต้องเป็น 0 (หรือ 1) ทั้งหมด และ เงื่อนไขซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของตัวแปร 3 ตัวที่ได้จากค่าของพิกเซลในส่วนที่ล้อมรอบอยู่ ต่อไปนี้ต้องเป็นจริงดังสมการที่ 2

$$(c = 1) \text{AND} \{ (n > 3k - 4) \text{OR} [(n = 3k - 4) \text{AND} (r = 2)] \} \quad (2)$$

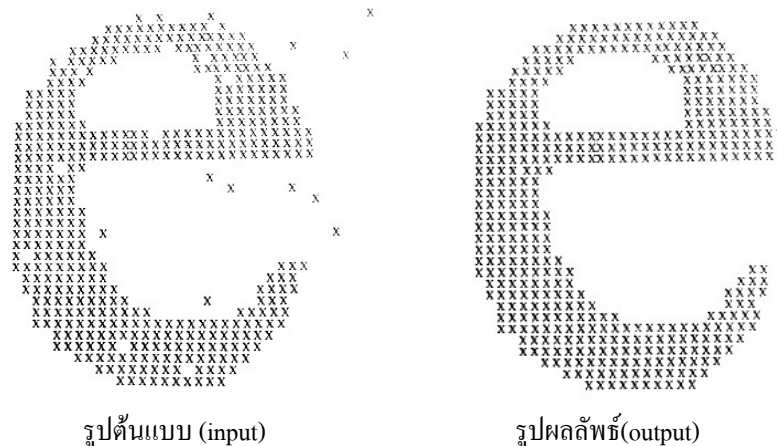
เมื่อ n คือ จำนวนพิกเซลในส่วนที่ล้อมรอบที่มีค่าเป็น 1 (หรือ 0)

c คือ จำนวนกลุ่มของพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 ที่อยู่ติดต่อกัน ในส่วนที่ล้อมรอบ

r คือ จำนวนพิกเซลที่อยู่มุมที่มีค่าเป็น 1 (หรือ 0)

เงื่อนไขของ n และ r ขึ้นกับ k เพื่อคงคุณลักษณะเดิมของตัวอักษรไว้ ส่วนการกำหนดเงื่อนไขว่า $c=1$ เป็น

การประกันว่าการทำ ON-fills (หรือ OFF-fills) จะไม่เปลี่ยนลักษณะของการเชื่อมต่อ ซึ่งการทำงานจะสลับกันระหว่าง ON-fills กับ OFF-fills จนกว่าจะไม่เกิดทั้ง ON-fills และ OFF-fills ดังในรูปที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงการทำงานของกรกรองสัญญาณรบกวนแบบ kFill

การกรองสัญญาณแบบ kFill สามารถปรับมุมที่น้อยกว่า 90 องศาของตัวอักษรไว้ได้ ตัวอักษรจะมีคุณภาพดีเหมือนเดิม นอกจากนี้ยังสามารถปรับค่า k ให้ใช้กับภาพตัวอักษรที่มีขนาดและความละเอียดต่าง ๆ ได้ จึงสามารถรักษาคูณสมบัติของส่วนเล็ก ๆ เช่น จุดและเส้นปลายของตัวอักษรไว้ได้ ข้อเสียคือวิธีการนี้ใช้เวลาค่อนข้างมาก

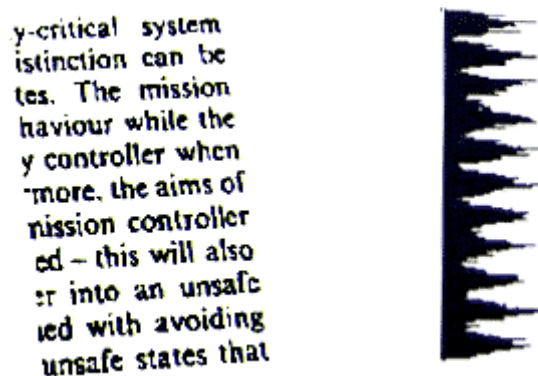
2.5 การหมุนเอกสาร (Rotation) [2]

เป็นการตรวจสอบหาความเอียงของภาพและปรับบรรทัดของตัวอักษรในเอกสารให้ตรง เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ภาพตัวอักษร

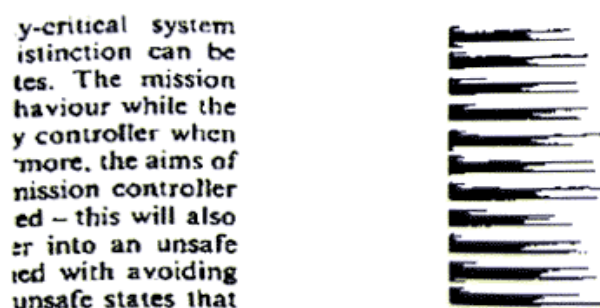
2.5.1 เทคนิคที่ใช้ในการตัดสินใจกับเอกสารที่เอียง และการหาค่าประมาณความเอียงของเอกสาร มีวิธีในการตัดสินใจและหาค่าประมาณ 3 วิธี

วิธีที่หนึ่ง Projection Profiles Methods เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด projection profile เป็นแผนภาพ Histogram ของจำนวนพิกเซลที่มีสถานะเป็น ON (พิกเซลที่มีสีดำ) ในแต่ละแถวหรือแต่ละสดมภ์ของภาพเอกสาร เรียกว่า Horizontal projection profile หรือ Vertical projection profile ซึ่งจะนำมาหาความเอียงโดยทำการหมุนรูปภาพในช่วงต่าง ๆ แล้วคำนวณ projection profiles แล้วนำค่าทั้งหมดมาพิจารณาว่าการหมุนที่มุมใดที่เปลี่ยนแปลงความสูงใน Profile มากที่สุด แล้วจะทำการเลือกเป็นมุมที่ใช้ในการแปลงเอกสาร

ต่อมา Baird ได้ปรับปรุงวิธีนี้ โดยทำการรอบของส่วนที่อยู่ติดต่อกันแล้วแทนส่วนนั้นด้วยจุดกึ่งกลางด้านล่างของกรอบนั้น ใช้ได้กับเอกสารที่เอียงได้ถูกต้องที่ ± 0.5 องศา และใช้ได้กับภาพเอกสารที่มีความเอียงที่ ± 10 องศา ดังรูปที่ 5 และ 6



ภาพที่ 2.4 ภาพเอกสารที่เอียง จะเห็นว่า Horizontal projection profile ของภาพในแต่ละบรรทัดจะรวมเป็นกลุ่มเดียวกัน



ภาพที่ 2.5 ภาพเอกสารที่ตรง จะเห็นว่า Horizontal projection profile ของภาพในแต่ละบรรทัดจะแยกกันอย่างชัดเจน

วิธีที่สอง Hough Transform Methods เป็นเทคนิคในการตรวจหาเส้นตรง ทำโดยการจับคู่จุด (x,y) บนระนาบไปยังจุด (r, θ) บนระนาบ Hough ของเส้นตรงที่เป็นไปได้ที่ผ่านจุด (x,y) ด้วยความชัน θ และมีระยะทางจากจุดศูนย์กลาง(จุด origin) เป็น r การประยุกต์ Hough Transform มาใช้ตรวจสอบภาพเอกสารที่เอียงนี้ ใช้ความจริงของตัวเลขที่สูงสุดของจุดเส้นที่ร่วมกัน (co-linear) อยู่บนเส้นจนกระทั่ง เป็นเหตุการณ์ที่ร่วมกันกับฐานเส้นของตัวหนังสือ การทำงานจะทำการสุ่มตัวอย่างทุก ๆ หนึ่งในยี่สิบจุดในแกนนอนและแกนตั้งในการเปลี่ยนรูป ทำการคัดเลือกโดยรวม r ของแต่ละค่าของ θ และคัดเลือกมุมที่มากที่สุด การหมุนจะทำได้ดีที่สุด เมื่อเอกสารเอียงไม่เกิน 15 องศา

วิธีที่สาม Nearest-Neighbor Methods เป็นวิธีที่จะไม่มีข้อจำกัดของการหาองศาสูงสุด ซึ่งต่างจาก 2 วิธีที่กล่าวมาแล้วซึ่งจำกัดองศาสูงสุด โดยจะทำการหากลุ่มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน หาเส้นทางที่ใกล้ที่สุดระหว่างกลุ่ม และคำนวณหามุมระหว่างศูนย์กลางของกลุ่มทุกกลุ่ม ระยะข้างเคียงจะมาจากตัวอักษรที่อยู่ติดกันบนบรรทัดทุกเวกเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่ใกล้กันที่สุดจะถูกรวมในแต่ละทิศทางนำมาสร้างเป็น Histogram ซึ่งยอดของ Histogram จะบอกถึงทิศทางที่มีอิทธิพล ซึ่งก็คือ มุมที่ต้องใช้ในการหมุน วิธีนี้ใช้การคำนวณมากและความถูกต้องขึ้นอยู่กับจำนวนของกลุ่ม สิ่งที่ทำให้ความถูกต้องลดลง คือ มีกลุ่มที่ใกล้กันที่สุดเพียงกลุ่มเดียว มีกลุ่มที่ใกล้กับกลุ่มของสัญญาณรบกวน มีกลุ่มที่ใกล้กันเป็นส่วนของตัวอักษรเดียวกัน

2.5.2 วิธีการเอียงภาพ

เอียงภาพให้ตรงตามความเอียงที่หาได้จาก 2.5.1 ด้วย สมการ

$$(x', y') = (x \cos(t) + y \sin(t), y \cos(t) - x \sin(t)) \quad (3)$$

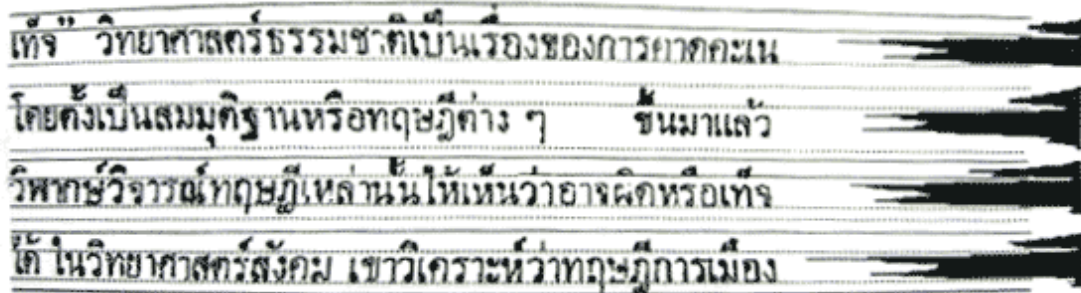
โดย t คือองศาที่ใช้ในการหมุน

(x, y) เป็นตำแหน่งของพิกเซลก่อนการหมุน

(x', y') เป็นตำแหน่งของพิกเซลหลังการหมุน

2.6 การแยกภาพตัวอักษร [2]

การแยกภาพตัวอักษร (Character Segmentation) เป็นการทำงานเพื่อดึงข้อมูลของตัวอักษรแต่ละตัวออกมาจากข้อความในประโยค ใช้การทำ Horizon Projection Profile Method (จากหัวข้อ 2.5.1) เพื่อแยกข้อความในแต่ละบรรทัดออกมา แล้วนำแต่ละบรรทัดข้อความมาทำ Vertical Projection Profile Method (จากหัวข้อ 2.5.1) เป็นแผนผัง Histogram ที่แสดงจำนวนของพิกเซลที่มีสถานะเป็น ON ในแต่ละสคัมภ์ของข้อความในบรรทัดนั้น ซึ่ง profile จะมีค่าต่ำระหว่างคำ มีค่าสูงภายในคำ และมีค่าสูงสุดตามความสูงของตัวอักษรที่สูงสุดในคำนั้น สำหรับ profile ที่ไม่มีสัญญาณรบกวนค่าความสูงที่เป็น 0 จะบอกถึงตำแหน่งของช่องว่างระหว่างตัวอักษร แต่ถ้าภาพที่มีสัญญาณรบกวนอาจทำให้ตัวอักษร 2 ตัวติดกันได้ หรือ ตัวอักษรตัวเดียวขาดจากกันได้



ภาพที่ 2.6 การแยกบรรทัดโดยใช้การทำ Horizontal Projection Profile Method

จะเห็นว่าเส้นแบ่งบรรทัดจะตรงกับช่วงที่ค่าในฮิสโตแกรมเป็นศูนย์

โดยทั้งเป็นสมมุติฐานหรือทฤษฎีต่าง ๆ

โดยทั้งเป็นสมมุติฐานหรือทฤษฎีต่าง ๆ

โดยทั้งเป็นสมมุติฐานหรือทฤษฎีต่าง ๆ

โดยทั้งเป็นสมมุติฐานหรือทฤษฎีต่าง ๆ

โดยทั้งเป็นสมมุติฐานหรือทฤษฎีต่าง ๆ

ภาพที่ 2.7 การแยกตัวอักษรในแต่ละบรรทัด โดยใช้การทำ Vertical Projection Profile Method

จะเห็นว่าตัวอักษรจะถูกแบ่งโดยช่วงที่มีค่าในฮิสโตแกรมเป็นศูนย์

2.7 การทำตัวอักษรให้บาง (Thinning) [2]

เนื่องจากตัวอักษรโดยทั่วไปที่แยกออกมาได้จากเอกสารจะมีความหนาอยู่ ซึ่งความหนานี้อาจเป็นอุปสรรคทำให้ไม่สามารถนำไปใช้กับเทคนิคบางอย่างได้ จึงต้องมีการทำตัวอักษรให้บางก่อนนำไปประมวลผลสำหรับบางเทคนิค

2.7.1 สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการทำให้บาง

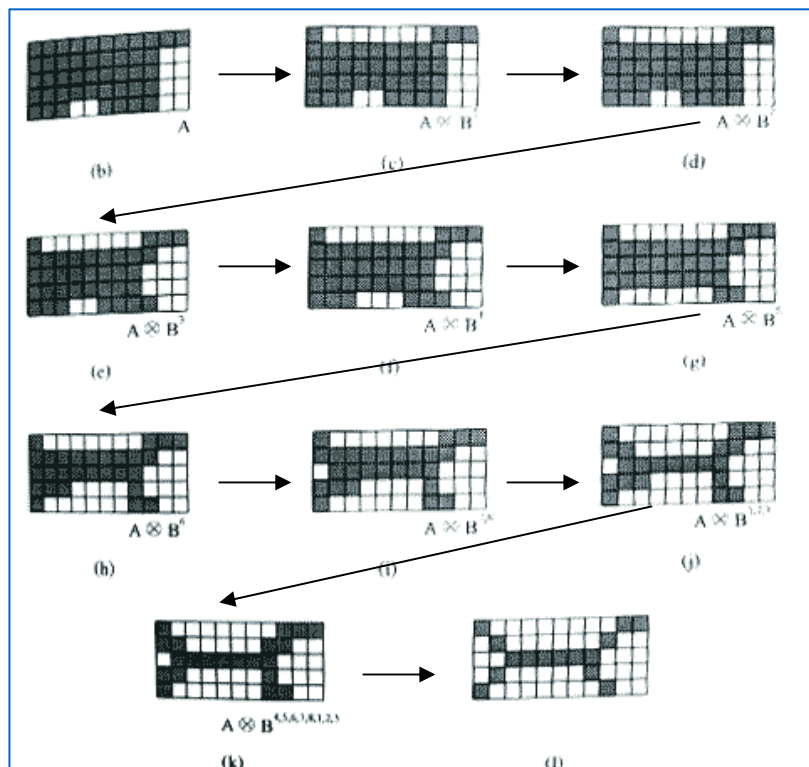
1. พื้นที่ที่เชื่อมกันในกันภาพ จะถูกทำให้บางจนเป็นเส้นที่เชื่อมต่อกัน เพื่อให้ภาพที่ถูกทำให้บางนั้นจำนวนของเส้นที่เชื่อมต่อกัน เท่ากับ จำนวนของพื้นที่ที่เชื่อมต่อกัน
2. จุดที่ได้จากการทำให้บาง ควรเป็นจุดที่มีจุดเชื่อมต่อใน 8 ทิศทางอย่างน้อย 1 ทิศทาง
3. ต้องรักษาดำแหน่งของจุดปลายเส้นต่าง ๆ ไว้ได้ เพราะการทำให้บางเป็นการแกะพิกเซลที่อยู่รอบนอกออกทีละพิกเซล พิกเซลที่อยู่ปลายถ้าถูกแกะออก จะทำให้เส้นสั้นลง และไม่รักษาลักษณะเดิมของภาพ

4. เส้นที่ได้ควรจะเป็นเส้นที่อยู่ตำแหน่งกลางพื้นที่ ในกรณีที่พื้นที่มีความกว้าง 2 พิกเซล การหาเส้นกลางพื้นที่จะทำไม่ได้ จะต้องเลือกเส้นที่อยู่ด้านใดด้านหนึ่งของพื้นที่

5. เส้นที่มีลักษณะเป็นขนสั้น อันเกิดจากการทำให้บาง ควรจะมีน้อยที่สุด เพราะจะทำให้เกิดความสับสน และยากที่จะระบุได้ว่าเป็นสัญญาณรบกวนหรือไม่

2.7.2 เทคนิคในการทำให้บาง มีอยู่ 2 วิธี

วิธีที่หนึ่ง แกะพิกเซลที่อยู่รอบนอกออกทีละพิกเซลจนพื้นที่นั้นกลายเป็นเส้น กระบวนการนี้สามารถใช้การทำ Erosion เป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการทำ Erosion แบบปกติเพื่อหาพิกเซลที่เข้าข่ายการถูกแกะออก แต่ยังไม่ทำการแกะออกจริง ขั้นตอนที่สอง พิกเซลที่เข้าข่ายจะถูกนำมาพิจารณาว่าถ้าแกะออกแล้วจะไม่ทำให้คุณสมบัติการเชื่อมเสียไป และไม่ได้เป็นพิกเซลที่เป็นจุดปลายของเส้นจริง ซึ่งจะทำงานจนกว่าไม่มีพิกเซลใดถูกเปลี่ยนแปลง การแกะออกให้ได้สัดส่วนในทุกด้านจะใช้โครงสร้างที่หมุนรอบพิกเซลตรงกลางตามลำดับชุดหนึ่ง

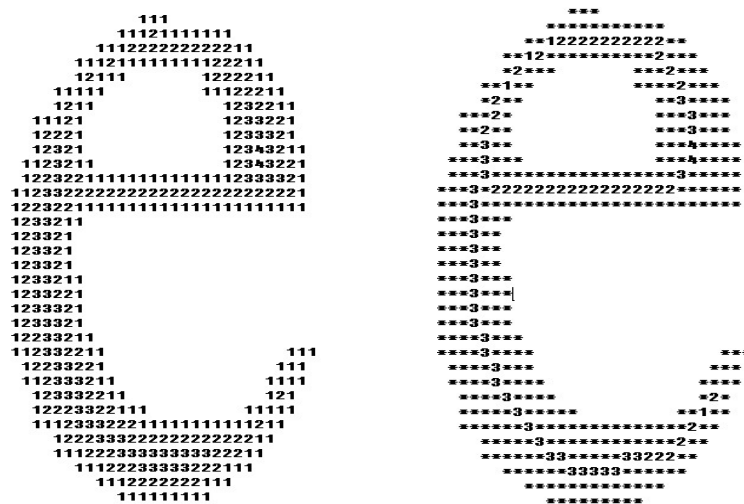


ภาพที่ 2.8 การทำให้บางด้วยวิธีแกะพิกเซลที่อยู่รอบนอกออก

วิธีที่สอง เป็นการแปลงภาพโดยใช้การคำนวณระยะทาง (Distance Transform) จะใช้การเก็บระยะทางสั้นสุดที่จะไปถึงขอบของพื้นที่พิกเซลนั้น พิกเซลที่เรียงอยู่ในแนวที่มีค่าระยะทางมากที่สุดจะเป็นภาพโครงร่าง วิธีนี้นอกจากทำให้ภาพบางแล้ว ภาพยังมีข้อมูลที่ใช้อธิบายเกี่ยวกับภาพต้นแบบ ซึ่งสามารถใช้ในการปรับปรุงภาพต้นแบบใหม่ได้

การทำให้บางด้วยการทำ Distance Transform ทำได้ 2 แบบ

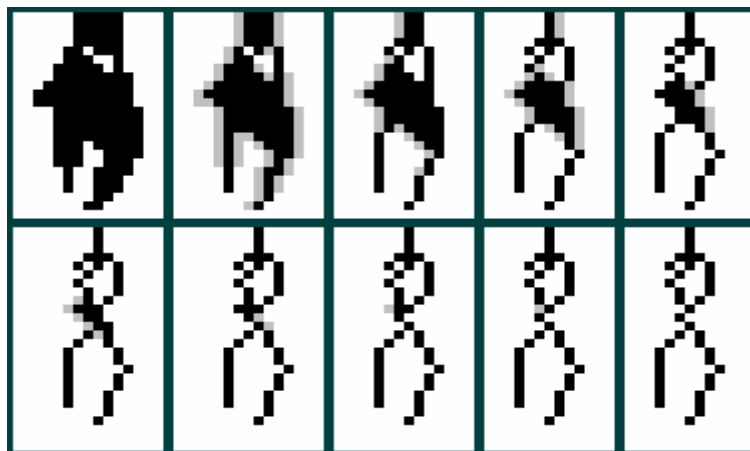
- แบบแรก คล้ายการทำให้บางในวิธีแรก แต่ต่างกันที่พิกเซลที่เข้าข่ายเป็นขอบจะไม่ถูกแกะออกจริง แต่จะกำหนดค่าระยะทางจากขอบให้แก่พิกเซลเหล่านั้นแทน
- แบบสอง จะใช้ค่าประมาณเป็นเลขจำนวนเต็มของการคำนวณระยะทาง Euclidean โดยทำการคำนวณค่าระยะทางของแต่ละพิกเซลไปยังขอบที่ใกล้ที่สุด การคำนวณจะทำ 2 รอบ รอบแรกเริ่มจากมุมบนซ้ายสุดไปยังตำแหน่งมุมล่างขวา รอบที่สองคำนวณสวนทางกลับ เริ่มที่มุมล่างขวาไปยังมุมบนซ้าย เปรียบเทียบผลการคำนวณทั้งสองรอบเพื่อเก็บค่าระยะทางที่สั้นกว่า



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างผลลัพธ์ ที่ได้จากการทำให้บางโดยใช้ Distance Transform

2.7.1 การทำให้บางโดยใช้ Parallel Thinning Algorithm (PTA) [8]

เป็นวิธีการทำให้บางวิธีหนึ่งของ Y.Y. Zhang และ P.S.P. Wang ซึ่งทำให้ผลลัพธ์จากการทำให้บางมีความหนาเพียง 1 พิกเซล แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือจะทำให้โครงสร้างบางส่วนหายไป

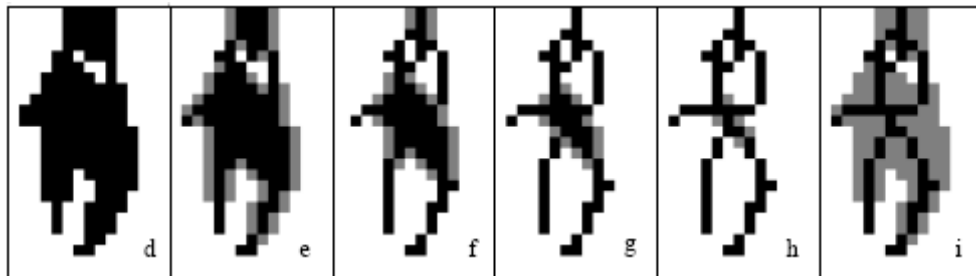


ภาพที่ 2.10 แสดงการทำงานของ PTA

ซึ่งผลลัพธ์ไม่เป็นโครงสร้างที่สมบูรณ์

2.7.2 การทำให้บางโดยใช้ MB algorithm [6]

เป็นวิธีการทำให้บาง วิธีหนึ่งของ Thierry M.Bernard และคณะ ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ คงไว้ซึ่งโครงสร้างของภาพได้อย่างสมบูรณ์ แต่ภาพที่ได้ยังคงมีบริเวณที่หนามากกว่า 1 พิกเซล



ภาพที่ 2.11 แสดงการทำงานของ MB algorithm
ซึ่งผลลัพธ์ยังคงมีส่วนที่หนากว่า 1 พิกเซล

2.8 การปรับขนาด (Scaling) [2]

การปรับขนาด เป็นการปรับขนาดภาพเพื่อให้ภาพที่จะนำเข้าทำงานในส่วนของ Neural Network มีขนาดที่เท่ากันในทุกตัวอักษรและลดความผิดพลาด

สูตรการหาอัตราส่วนการปรับขนาด ดังสมการที่ 4 และ 5

$$RowScaleRate = \frac{NewRow}{OldRow} \quad (4)$$

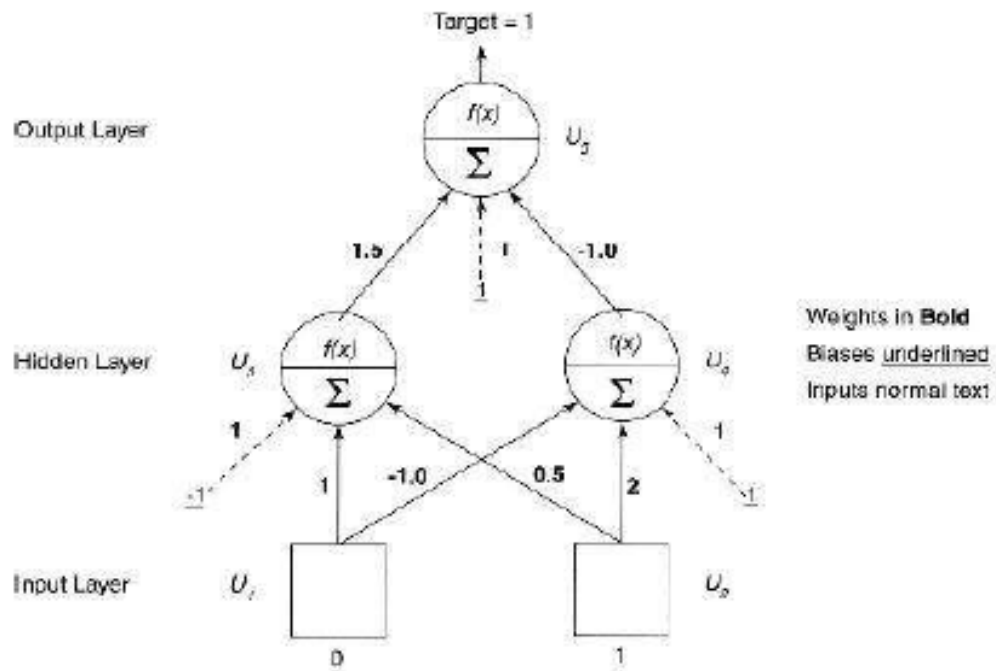
$$ColScaleRate = \frac{ColRow}{ColRow} \quad (5)$$

2.9 การรู้จำตัวอักษร (Character recognition) [1], [2]

เป็นขั้นตอนการจดจำตัวอักษรซึ่งมีหลายเทคนิค เช่น การหาจุดศูนย์กลางของตัวอักษร การตรวจจับเส้นตรง การพิจารณาหัวตัวอักษร การวิเคราะห์โครงร่างของเส้น และการใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ซึ่งที่นี้จะยกตัวอย่างเทคนิคการใช้โครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียม

การเรียนรู้แบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบย้อนกลับ (Back-propagation) เป็นวิธีการหนึ่งของการรู้จำตัวอักษรโดยใช้ Neural Network โดย Neural Network ที่ใช้ส่วนใหญ่ก็จะเป็น Multiple Layer Perceptrons (MLP) เป็น Neural Network ที่ประกอบด้วยชั้น (Layer) หลายชั้น โดยปกติแล้ว MLP ก็จะประกอบด้วย Layer หลัก 3 Layer คือ Input layer, Hidden layer และ Output layer



ภาพที่ 2.12 โครงข่ายอย่างง่ายของ MLP

สำหรับวิธีการของ Back-propagation จะเป็นดังนี้คือ

จะเริ่มต้นด้วยการกำหนด Weight ซึ่งเป็นเส้นเชื่อมระหว่าง node ต่างๆที่อยู่ในแต่ละ Layer เข้าด้วยกันโดยค่าที่กำหนดลงไปนี้จะได้จากการ Random หลังจากกำหนดค่าแล้ว กระบวนการต่อไปนี้จะมีการทำซ้ำจนกระทั่งค่าของ Mean-Squared Error (MSE) ของ Output layer มีค่าที่น้อยเพียงพอ

ในการที่จะใช้ Neural Network แบบ Back-propagation นั้น เราจะต้องทำให้มันเกิดการเรียนรู้ ก่อน โดยเราจะทำการ train Neural Network เพื่อให้มันสามารถที่จะใช้ในการ Recognition อะไรก็ตามที่เหมือนหรือคล้ายกับตัวอย่างที่เอาไป train ได้ ดังนั้นสิ่งที่เราจะต้องมีสำหรับ Neural Network แบบนี้ก็คือ training data

1. ใส่ Data ตัวอย่างที่เราจะ train ให้กับ Input layer และ Output ที่ถูกต้องสำหรับ Data ตัวอย่างให้กับ Output layer

2. คำนวณการแพร่กระจายไปด้านหลังของ Data ตัวอย่างผ่าน Network

3. เริ่มต้นที่ Output ให้มองย้อนผ่านทาง Output คำนวณค่า Error ตามสมการข้างล่าง

$$\delta_o = (C_i - u_s)u_s(1 - u_s) \quad \text{For the output cell} \quad (6)$$

$$\delta_i = \left(\sum_{m:m>i} w_{m,j} \delta_o \right) u_i (1 - u_i) \quad \text{For all hidden cell} \quad (7)$$

m คือเซลล์ทั้งหมดที่ถูกเชื่อมไปยัง Hidden node

w คือค่า Weight ที่กำหนดให้

u คือค่าที่ได้จาก Activated function

4. ท้ายที่สุด weight ที่อยู่ภายใน Network จะถูก update ตามสมการ

$$w_{i,j}^* = w_{i,j} + \rho \delta_o u_i \quad \text{For weights connecting hidden to output} \quad (8)$$

$$w_{i,j}^* = w_{i,j} + \rho \delta_i u_j \quad \text{For weights connecting hidden to output} \quad (9)$$

เมื่อ ρ หมายถึง Learning rate ค่าเล็กๆนี้ จะเป็นตัวจำกัดการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในแต่ละรอบ เราสามารถปรับค่า ρ เพื่อเร่งหรือลดความเร็วในการเข้าถึงคำตอบของอัลกอริทึมแบบ back-propagation ซึ่งถ้าเร็วเกินไปก็อาจจะข้ามคำตอบได้ แต่ถ้าช้าเกินไปก็ใช้เวลานาน จึงควรจะสามารถปรับค่า ρ ได้ขณะที่ train อยู่

2.10 เฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์ (Hausdorff Distance) [3]

เฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์ เป็นขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการวัดความแตกต่างระหว่าง เซตของคู่อันดับสองเซต ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรูปภาพ 2 ระดับได้ โดยมีวิธีการดังนี้

กำหนดให้ภาพที่จะนำ มาทดสอบการรู้จำ เป็นภาพ 2 ระดับ พื้นหลัง กำหนดให้มีค่าเป็น 0 ส่วนตัวอักษรกำหนดให้มีค่าเป็น 1

ตำแหน่งบนภาพที่นำมารู้จำ มีค่าเป็น 1 คือ

$$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_p\}, a_i = (s_i, t_i), 1 \leq i \leq p$$

ตำแหน่ง บนภาพที่เป็นแม่แบบ (Model) ที่มีค่าเป็น 1 คือ

$$B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_q\}, b_i = (x_i, y_i), 1 \leq i \leq q$$

เมื่อ m และ n คือจำนวนจุดบนภาพที่นำมาทดสอบ และจำนวนจุดบนแม่แบบตัวอักษรตามลำดับ สมการเฮาซดอร์ฟดิสแทนซ์ เป็นดังสมการที่ 10, 11 และ 12

$$H(A, B) = \text{Max}(h(A, B), h(B, A)) \quad (10)$$

เมื่อ

$$h(A, B) = \text{Max}_{a \in A} \text{Min}_{b \in B} \|a - b\| \quad (11)$$

$$h(B, A) = \text{Max}_{b \in B} \text{Min}_{a \in A} \|b - a\| \quad (12)$$

จากสมการที่ 11 $h(A, B)$ เป็นการนำ $a \in A$ หนึ่งตำแหน่งไปวัดระยะทางกับ B ทุก ๆ ตำแหน่ง แล้วเลือกระยะทางที่มีค่าน้อยที่สุดไว้ จากนั้นเลื่อนตำแหน่งของ a และนำ ไปวัดระยะทางกับ B อีกครั้ง ทำซ้ำจนกระทั่งสิ้นสุด A แล้วเลือกค่าที่วัดระยะทางระหว่าง A กับ B ที่มีค่ามากที่สุดเพียงค่าเดียวออกมา (เป็นตำแหน่งที่ A ไกลจาก B มากที่สุด) สมการที่ 12 ก็จะวัดระยะทางในลักษณะเดียวกันกับสมการที่ 11 แต่เป็นการวัดจาก B ไป A สุดท้ายสมการที่ 10 จะเป็นการวัดระยะทางจาก A ไป B และจาก B ไป A แล้วเลือกระยะทางที่ไกลที่สุด ซึ่งก็คือเป็นการวัดจุดที่มีความผิดพลาดระหว่าง A กับ B มากที่สุดนั่นเอง.

$\|a-b\|$ คือระยะทางจากจุด a ไปถึงจุด b ซึ่งจะใช้การวัดระยะทางแบบใดก็ได้ ซึ่งการวัดระยะทางมีอยู่ 3 แบบ คือ

- Euclidean Distance เป็นการวัดระยะทางจริงบนระนาบ ตามสมการที่ 13

$$\text{EuclideanD}((x_1, y_1), (x_2, y_2)) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (13)$$

เมื่อ (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) เป็นคู่อันดับของจุดสองจุดบนระนาบ

- 4-Distance เป็นการวัดระยะทางโดยนับจำนวนครั้งที่ใช้เดินจากจุดหนึ่งบนภาพไปยังอีกจุดหนึ่งโดยสามารถเดินได้เพียง 4 ทิศเท่านั้น คือด้านบน ด้านล่าง ด้านซ้าย และด้านขวา หาระยะทางได้ตามสมการที่ 14

$$\text{fourD}((x_1, y_1), (x_2, y_2)) = |x_1 - x_2| + |y_1 - y_2| \quad (14)$$

เมื่อ (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) เป็นคู่อันดับของจุดสองจุดบนภาพ

- 8-Distance เป็นการวัดระยะทางโดยนับจำนวนครั้งที่ใช้เดินจากจุดหนึ่งบนภาพไปยังอีกจุดหนึ่งโดยสามารถเดินได้เพียง 8 ทิศ หาระยะทางได้ตามสมการที่ 15

$$\text{eightD}((x_1, y_1), (x_2, y_2)) = \text{Max}(|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|) \quad (15)$$

เมื่อ (x_1, y_1) และ (x_2, y_2) เป็นคู่อันดับของจุดสองจุดบนภาพ

2.11 การวิเคราะห์ลักษณะเด่นของตัวอักษร [3]

การวิเคราะห์ลักษณะเด่นของตัวอักษรเป็นวิธีการที่ใช้ในการรู้จำตัวอักษรวิธีหนึ่ง เนื่องจากตัวอักษรแต่ละตัวจะมีลักษณะเด่นเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ในกลุ่มพยัญชนะภาษาไทย ก็จะมีทั้งตัวอักษรที่มีหัวและไม่มีหัว ในกลุ่มของพยัญชนะที่มีหัวก็สามารถดูได้อีกว่าหัว

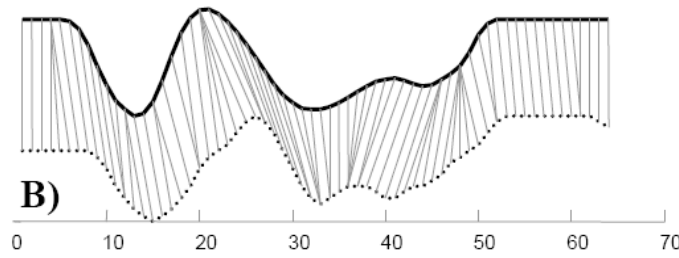
อยู่ที่ตำแหน่งใด หัวมีรอยหยักหรือไม่ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะช่วยให้สามารถคัดกรองตัวอักษรที่มีลักษณะเด่นไม่ตรงกันออกได้จำนวนหนึ่ง ทำให้การประมวลผลสำหรับการรู้จำในขั้นตอนต่อไปทำได้เร็วขึ้น และถูกต้องมากขึ้น



ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างการจัดกลุ่มพยัญชนะภาษาไทยตามลักษณะเด่น

2.12 ไดนามิกไทม์วาร์ปิง (Dynamic Time Warping) [5]

เป็นวิธีการที่ใช้ในการวัดความคล้ายคลึงระหว่าง ชุดลำดับสองชุด โดยไม่จำเป็นต้องเปรียบเทียบที่ลำดับเวลาเดียวกัน แต่เลือกเปรียบเทียบในลำดับเวลาที่เหมาะสมกว่าเพื่อให้ได้การเปรียบเทียบที่ตรงตำแหน่ง ในลำดับที่มีความต่างกันไม่มากนัก ยกตัวอย่าง ดังรูป



ภาพที่ 2.14 แสดงการเชื่อมโยงระหว่างลำดับสองชุด เพื่อเปรียบเทียบโดยใช้ DTW

สมมติให้มีชุดลำดับอยู่ 2 ชุด คือ Q, C โดยที่ความยาวของ $Q = n$ และความยาวของ $C = m$ จะได้ว่า

$$Q = q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$$

$$C = c_1, c_2, c_3, \dots, c_m$$

การจะทำให้ทั้ง 2 ชุดตรงกันจะต้องสร้างเมตริกซ์ $m \times n$ ขึ้น เมื่อ (i, j) เป็นส่วนหนึ่งของเมตริกซ์ ทำหน้าที่เก็บค่าระยะทาง $d(q_i, c_j)$ ระหว่าง q_i กับ c_j และทางเดิน W เป็นเซตของคู่อันดับ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเมตริกซ์ที่ติดกันที่แสดงการจับคู่กันระหว่าง Q กับ C และ $w_k = (i, j)_k$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$W = w_1, w_2, w_3, \dots, w_k, \dots, w_K \quad \text{เมื่อ } \text{Max}(m, n) \leq K < m + n - 1$$

โดยมีเงื่อนไข ดังนี้

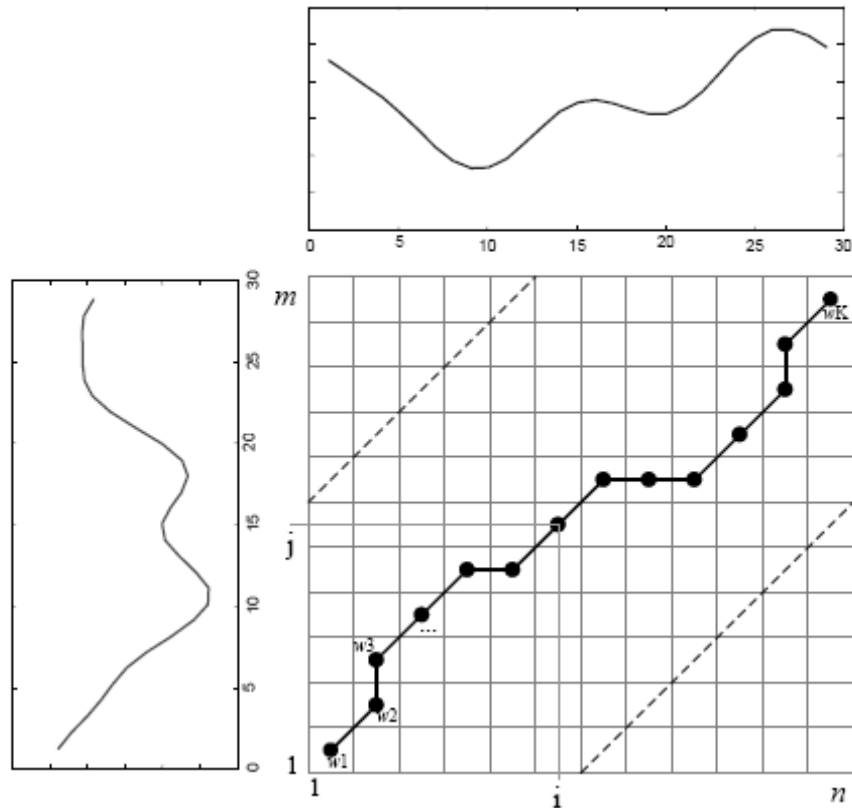
1. ด้านขอบเขต: คือ $w_1 = (1, 1)$ และ $w_K = (m, n)$ แสดงว่า Warping Path จะต้องเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ตำแหน่งมุมตรงข้ามของเมตริกซ์ เสมอ
2. ด้านความต่อเนื่อง: ถ้าให้ $w_k = (a, b)$ แล้ว $w_{k-1} = (a', b')$ เมื่อ $a - a' \leq 1$ และ $b - b' \leq 1$ ขอบเขตนี้บังคับให้การเดินไปของ Warping Path จะต้องเดินไปตำแหน่งที่ประชิดกันเท่านั้น (รวมถึงการประชิดในแนวทแยงมุมด้วย)
3. ด้านการซ้ำตำแหน่ง: ถ้าให้ $w_k = (a, b)$ แล้ว $w_{k-1} = (a', b')$ เมื่อ $a - a' \leq 0$ และ $b - b' \leq 0$ ขอบเขตนี้จะบังคับให้แต่ละจุดใน Warping Path ซ้ำกัน

จากขอบเขตเหล่านี้ จะสามารถนำไปสร้าง Warping Path ได้หลายเส้นทาง แต่เราจะสนใจเพียงเส้นทางเดียว ที่ใช้ Warping Cost น้อยที่สุด ดังสมการที่ 16

$$DTW(Q, C) = \text{Min} \left\{ \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^K w_k}}{K} \right\} \quad (16)$$

เส้นทางนี้สามารถหาได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ Dynamic Programming เพื่อหาค่าในฟังก์ชันเวียนเกิด (17) ซึ่งนิยามให้ $\gamma(i, j)$ เป็นระยะทางสะสม ที่มาจากค่าระยะทางที่อยู่ในช่องนั้น $d(q_i, c_j)$ รวมกับค่าที่น้อยที่สุดในระยะทางสะสมทั้งสามค่าของช่องที่อยู่ประชิดกัน

$$\gamma(i, j) = d(q_i, c_j) + \min\{\gamma(i-1, j-1), \gamma(i-1, j), \gamma(i, j-1)\} \quad (17)$$



ภาพที่ 2.15 ลักษณะของ Warping Path (W)

2.13 Levenshtein Distance

Levenshtein Distance เป็นขั้นตอนวิธีแบบหนึ่งที่ใช้ในการหา Edit Distance ซึ่งเป็นการหาความแตกต่างระหว่าง 2 สายอักขระ(String) ซึ่งค่า Levenshtein Distance ที่หาได้จะเป็นจำนวนครั้งที่น้อยที่สุดในการลบ เพิ่ม และแทนที่ อักขระจาก สายอักขระแรก ให้เป็นสายอักขระที่สอง ซึ่งวิธีการนี้สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความคล้ายของข้อความต่างๆ ได้ ตัวอย่างเช่น "kitten" and "sitting" จะมี Levenshtein distance หรือ edit distance เท่ากับ 3 เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสายอักขระสามขั้นตอน ได้แก่

kitten \rightarrow sitten (แทนที่ k ด้วย s)

sitten \rightarrow sittin (แทนที่ e ด้วย i)

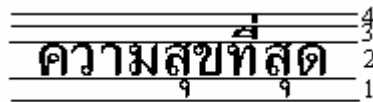
sittin \rightarrow sitting (เพิ่ม g ไว้ที่ท้ายสุด)

ตัวอย่างของตารางแสดงการคำนวณที่ได้จากขั้นตอนวิธี Levenshtein Distance

	s a t u r d a y										k i t t e n						
	0	1	2	3	4	5	6	7	8		0	1	2	3	4	5	6
s	1	0	1	2	3	4	5	6	7	s	1	1	2	3	4	5	6
u	2	1	1	2	2	3	4	5	6	i	2	2	1	2	3	4	5
n	3	2	2	2	3	3	4	5	6	t	3	3	2	1	2	3	4
d	4	3	3	3	3	4	3	4	5	t	4	4	3	2	1	2	3
a	5	4	3	4	4	4	4	3	4	i	5	5	4	3	2	2	3
y	6	5	4	4	5	5	5	4	3	n	6	6	5	4	3	3	2
										g	7	7	6	5	4	4	3

2.14 ลักษณะของอักขระภาษาไทย

อักขระภาษาไทยมีทั้งหมด 4 ระดับ คือ ระดับล่าง (ระดับ 1) ระดับกลาง (ระดับ 2) ระดับบน (ระดับ 3) และระดับบนสุด (ระดับ 4)



ภาพที่ 2.16 ระดับของอักขระภาษาไทย

อักขระภาษาไทยสามารถแบ่งแยกเป็นพยัญชนะ สระ วรรณยุกต์ และสัญลักษณ์

1) รูปพยัญชนะ มีทั้งหมด 46 รูป ได้แก่

ก ข ฃ ค ฅ ฉ ง จ ฉ ช ซ ฌ ญ ฎ ฏ ฐ ฑ ฒ ณ ด ต ถ ท
ธ น บ ป ผ ฝ พ ฟ ภ ม ย ร ฤ ล ฦ ว ศ ษ ส ห พ อ ฮ

2) รูปสระ มีทั้งหมด 21 รูป ได้แก่

ะ อา เยาว อยู่ระดับ 2
 ๖ ๐ ๙ ๔ อยู่ระดับ 3
 ๑ ๒ อยู่ระดับ 1
 ใ ๓ อยู่ทั้งระดับ 2 และระดับ 3
 ฤ ฦ ฦ ฦ อยู่ทั้งระดับ 1 และระดับ 2

3) วรรณยุกต์ มีทั้งหมด 4 ตัว ได้แก่

ˊ ˋ ˊ ˋ อยู่ได้ 2 ระดับ คือ ระดับ 3 หรือ ระดับ 4 ในกรณีที่สระอยู่ที่ระดับ 3

4) สัญลักษณ์ ได้แก่

รูป	ชื่อ	ระดับที่อยู่
๗	ไปยาลน้อย	2
๗	ไม้ยมก	1 และ 2
๗	ทัณฑฆาต	3
๗	นิคหิต	3
๗	โกมุตร	2
๗	อังกุ่นคู่	2
๗	ฟองมัน	2
๗	ยามักการ	3

บทที่ 3

การพัฒนาโอซีอาร์ภาษาไทย

ด้วยเทคนิคไดนามิกไทม์วาร์ปิงและเฮาซดอร์ฟดิสเทนซ์

ขั้นตอนวิธีสำหรับโอซีอาร์ภาษาไทยที่พัฒนาขึ้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนวิธีทั้งหมดที่ใช้ในการพัฒนาโอซีอาร์ในโครงงานนี้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การประมวลผลส่วนหน้า (Preprocessing) และส่วนของการประมวลผล (Processing) โดยในการทำโครงงานครั้งนี้ ผู้พัฒนามีแนวความคิดในการนำแม่แบบพอนต์มาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม เนื่องจากลักษณะของตัวอักษรที่ได้จากเอกสารนั้นจะค่อนข้างเหมือนกับลักษณะของตัวอักษรที่อ่านจากไฟล์พอนต์ที่ใช้พิมพ์เอกสารนั้น ซึ่งทำให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบลักษณะในส่วนของการประมวลผล และเนื่องจากการใช้แม่แบบพอนต์นี้เอง ผู้พัฒนาจึงจำเป็นต้องออกแบบขั้นตอนวิธีในการประมวลผลส่วนหน้าขึ้นใหม่บางส่วน เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานในส่วนประมวลผลได้

ในส่วนการประมวลผล เทคนิคที่ได้รับความนิยม คือ การใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) แต่สำหรับในโครงงานนี้ ผู้พัฒนาได้ทดลองใช้เทคนิค Hausdorff Distance ซึ่งได้ผลดีแม้จะมีสัญญาณรบกวน และ Dynamic Time Warping ซึ่งปกติจะใช้ในการรู้จำเสียงพูด เชื่อมโยงภาพวิดีโอ หรือ เชื่อมโยงเสียง แต่เนื่องจากผู้พัฒนาสังเกตเห็นว่าตัวอักษรเกิดจากการลากเส้นซึ่งมีลักษณะข้อมูลเป็นลำดับ และการเปรียบเทียบลำดับเหล่านี้ก็สามารถใช้ Dynamic Time Warping ได้

3.1 การประมวลผลส่วนหน้า

3.1.1 รับภาพเอกสาร ประเภทบิตแมปแบบประเภทโทนสีเทา หรือขาวดำ

3.1.2 ในกรณีที่รับภาพโทนสีเทาให้เปลี่ยนเป็นแบบขาวดำ โดยใช้ Global Threshold เป็นค่าคงที่เท่ากับ 160

3.1.3 ตรวจสอบจำนวนพิกเซลสีดำ และสีขาวทั้งหมด ถ้าจำนวนพิกเซลสีขาวมากกว่าให้เปลี่ยนสีทุกพิกเซลในเอกสารจากสีดำเป็นสีขาว และจากสีขาวเป็นสีดำ เพื่อให้พื้นหลังเป็นสีขาว และตัวอักษรเป็นสีดำ

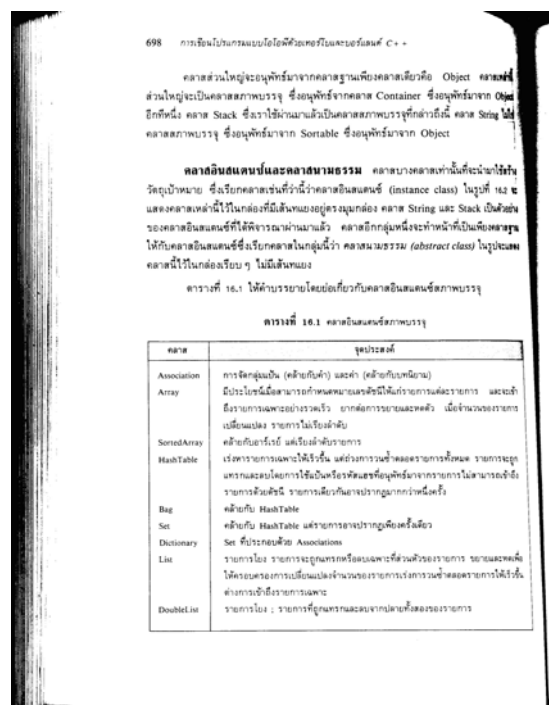
3.1.4 ลบสิ่งรบกวนในภาพ ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

3.1.4.1 ลบสิ่งรบกวนขนาดเล็ก โดยดูจากกลุ่มของพิกเซลสีดำที่อยู่ติดกัน ถ้ากลุ่มมีขนาดเล็กกว่า 3 พิกเซล กลุ่มนั้นก็จะถูกลบทิ้งไป

3.1.4.2 ลบสิ่งรบกวนขนาดใหญ่ โดยดูจากกลุ่มของพิกเซลสีดำที่อยู่ติดกัน ถ้ากลุ่มมีจำนวนพิกเซลมากกว่า Extreme Data ก็จะถูกลบออกจากเอกสาร โดย

$$ExtremeData = (Q_3 + 3(Q_3 - Q_1))$$

เมื่อ Q_1 และ Q_3 เป็นค่าควอไทล์ที่ 1 และ 3 ของชุดข้อมูลซึ่งประกอบด้วย จำนวนพิกเซลของแต่ละกลุ่มพิกเซลทั้งหมดในเอกสารหลังจากกำจัดสิ่งรบกวนขนาดเล็กออกแล้ว



ภาพที่ 3.1 สิ่งรบกวนขนาดใหญ่ในเอกสาร

3.1.5 หมุนรูปเอกสารให้ตรง โดยใช้วิธี Horizontal Projection Profile Method โดยทดลองหมุนภาพในองศาต่างๆ แล้วทำฮิสโตแกรม ในแนวนอนเพื่อหาว่าการหมุนที่องศาใดสามารถที่จะแบ่งบรรทัดได้ชัดเจนที่สุด โดยจะเลือกจากองศาที่หมุนแล้วทำให้มีจำนวนแถวที่มีฮิสโตแกรมไม่เป็นศูนย์น้อยที่สุดก่อน แต่ถ้าได้ค่าเท่ากัน จะเลือกองศาที่หมุนแล้วทำให้ค่าสูงสุดในฮิสโตแกรมมีค่ามากที่สุด

3.1.6 ค้นหาบรรทัด และตัวอักษรภายในเอกสาร มีขั้นตอนดังนี้

3.1.6.1 สร้างฮิสโตแกรม ของจำนวนกลุ่มพิกเซลสีดำที่ผ่านในแนวนอน แล้วหาค่าความชันของฮิสโตแกรม ในแต่ละตำแหน่ง แล้วปรับค่าในฮิสโตแกรมนั้นโดยรวมค่าฮิสโตแกรมที่

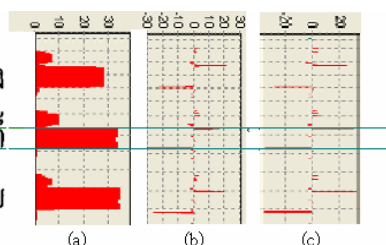
ไม่เท่ากับศูนย์ที่อยู่ติดกัน ไว้ที่แท่งที่สูงที่สุดในกลุ่มที่อยู่ติดกัน แล้วลบค่าที่น้อยกว่าในกลุ่มนั้นออกทั้งหมด เพื่อลดความคลุมเครือในการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

3.1.5.2 เลือกตำแหน่งสองตำแหน่งที่มีค่าความชันสูงสุด และ ต่ำสุด ซึ่งสองตำแหน่งนี้จะต้องไม่ถูกกันด้วยแถวที่มีค่าฮิสโตแกรมเป็นศูนย์ แม้แต่ค่าเดียว จะได้ว่าทั้งสองตำแหน่งนั้นเป็นส่วนบนสุด และส่วนล่างสุด ของ ระดับ 2 ในบรรทัดนั้น

3.1.5.3 สํารวจแต่ละพิกเซลจากบนลงล่างในระดับ 2 แล้วเลื่อนไปทางขวาเรื่อย ๆ เมื่อเจอพิกเซลสีดำให้เก็บตัวอักษรตัวนั้นไว้ด้วยวิธีการไล่หาพิกเซลที่อยู่ติดกันไปเรื่อย ๆ จนหมด (Flood fill แบบ 8 ทิศทาง) จากนั้นให้กั้นขอบเขตทางซ้ายและขวา (ดังภาพที่ 3.3) แล้วสำรวจลงไปด้วยด้านล่างเป็นระยะทาง 40% ของความสูงของระดับ 2 และสำรวจขึ้นไปเป็นระยะทาง 60% ของความสูงของระดับ 2 เมื่อพบอักขระให้เก็บไว้ด้วยวิธีการ Flood fill แบบ 8 ทิศทางเช่นกัน โดยอักขระแต่ละตัวที่เก็บมาต้องมีข้อมูล ได้แก่ ลักษณะที่พิกเซลนั้นเกาะกลุ่มกันอยู่ ความกว้าง ความสูง ระดับที่พบ(1, 2, 3, 4) ตำแหน่งล่างสุดของระดับสอง(ของบรรทัดนั้น)เมื่ออ้างอิงจากตำแหน่งบนสุดของตัวอักษร และความห่างจากตัวอักษรที่อยู่ข้างหน้าซึ่งใช้ในการพิจารณาการเว้นวรรค

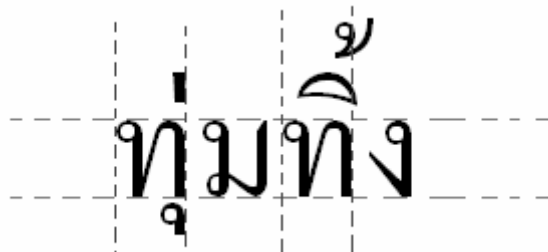
3.1.5.4 ทำวนซ้ำตามขั้นตอนที่กล่าวมาจนหมดทุกบรรทัด แล้วนำข้อมูลตัวอักษรแต่ละบรรทัดมาจัดเรียงจากบรรทัดบนสุด ถึงบรรทัดล่างสุด (เนื่องจากตอนเลือกค่าความชันสูงสุดต่ำสุดไม่ได้เรียงลำดับบรรทัดจากบนลงล่าง)

ในยุคอินเทอร์เน็ต ใครๆก็สามารถสร้างหน้าเอกสารส่วนตัวบนเว็บได้ และคนส่วนใหญ่ก็มักจะคุ้นเคยกับการสร้างเอกสารด้วยโปรแกรม



ภาพที่ 3.2 แสดงลักษณะของฮิสโตแกรมที่ได้จากจำนวนกลุ่มพิกเซลสีดำที่ลากผ่านในแนวนอน (a) ค่าความชันที่คำนวณได้จากฮิสโตแกรม (b) และ ค่าความชันที่ปรับค่าเพื่อลดความคลุมเครือแล้ว (c)

ซึ่งสามารถใช้ในการบอกตำแหน่งของระดับกลางของแต่ละบรรทัดได้



ภาพที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลตัวอักขระในบรรทัดหลังจากที่สามารถหาตำแหน่งที่แน่นอนของระดับกลางในบรรทัดได้ และการกันขอบเขตโดยความกว้างของตัวอักษรที่พบในระดับกลาง เพื่อค้นหาอักขระที่อยู่ทั้งส่วนบนและล่าง ซึ่งจะพบสระอุ ที่ระดับ 1 พบวรรณยุกต์เอกและสระอิ ที่ระดับ 3 พบวรรณยุกต์โท ที่ระดับ 4 และพบพยัญชนะที่เหลือ ที่ระดับ 2

3.2 การประมวลผล

ในส่วนนี้จะนำข้อมูลของตัวอักษรแต่ละตัวที่ได้จากการประมวลผลส่วนหน้ามาหาว่าเป็นตัวอักษรใดโดยในขั้นตอนนี้จะแบ่งเป็นสองวิธีที่แตกต่างกัน ได้แก่ การใช้เฮาซคอร์ฟลิสแทนซ์ และ ไดนามิกไทม์วาร์ปิง

3.2.1 การประมวลผลโดยใช้เฮาซคอร์ฟลิสแทนซ์

3.2.1.1 เนื่องจากตัวอักษรในบรรทัดเดียวกัน เป็นตัวอักษรขนาด (Size) เดียวกัน การประมวลผลในแต่ละบรรทัดจึงต้องทำการบันทึกภาพจากไฟล์ฟอนต์ของฟอนต์ที่ผู้ใช้งานกำหนด ในขนาดของบรรทัดนั้น ในทุกๆ อักษรที่มีในขอบเขตการศึกษา

3.2.1.2 หลังจากได้ข้อมูลภาพจากไฟล์ฟอนต์มาแล้วก็นำตัวอักษรจากการประมวลผลส่วนหน้า มาดูว่าข้อมูลของตัวอักษรแต่ละตัวจากข้อ 3.1.5.3(ยกเว้นลักษณะการเกาะกลุ่มของพิกเซล) มีความใกล้เคียงกับข้อมูลของตัวอักษรแต่ละตัวที่ได้จากไฟล์ฟอนต์ มากเพียงใด ถ้าค่าใกล้เคียงกัน ก็จะถือว่าค่านั้นอาจจะเป็นคำตอบได้ ขั้นตอนนี้จะตัดตัวอักษรที่ไม่ใช่ออกไปได้บางส่วน ซึ่งจะทำให้การประมวลผลในส่วนถัดๆ ไป ทำงานได้เร็วขึ้น

แต่ถ้าเกิดกรณีที่ข้อมูลของอักขระตัวใดตัวหนึ่งจากเอกสาร ไม่ใกล้เคียงกับอักขระตัวใดที่ได้จากไฟล์ฟอนต์แม้แต่ตัวเดียว แสดงว่าตัวอักษรนั้นอาจไม่อยู่ในขอบเขตของการศึกษา

3.2.1.3 ถ้าตัวอักษรที่น่าจะเป็นไปได้ ยังคงเหลือมากกว่า 1 ตัว ก็จะนำมาทำการวิเคราะห์หาลักษณะเด่น โดยนำส่วนของลักษณะเด่นต่อไปนี้มาเปรียบเทียบกับบริเวณเดียวกันของตัวอักษรที่น่าจะเป็นไปได้ ได้แก่

ส่วนซ้ายบนของ ก ถ้าค่าเฮาซคอร์ฟลิสแทนซ์ที่น้อยที่สุดจะต้องนำตัวอักษรนั้นมาเปรียบเทียบกับค่าเฮาซคอร์ฟลิสแทนซ์ระหว่าง ส่วนซ้ายล่างของ ก ส่วนซ้ายล่างของ ก และส่วนซ้าย

ล่างของ ก เพื่อคู่ว่าเป็นแบบหัวเข้าหรือหัวออกหรือไม่มีหัว ซึ่งจะแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มหัวเข้า ได้แก่ ฉ ญ ณ ถ กลุ่มหัวออก ได้แก่ ภ ฎ ฏ และตัวที่ไม่มีหัวมี ก เพียงตัวเดียว

ส่วนหัว ข ถ้าค่าเฮาซคอร์พลิสแทนซ์ที่น้อยที่สุดจะเหลือตัวอักษรได้แก่ ข ข

ส่วนหัว ข ถ้าค่าเฮาซคอร์พลิสแทนซ์ที่น้อยที่สุดจะเหลือตัวอักษรได้แก่ ข ฃ ฅ ง ฉ

ส่วนล่างซ้ายของ ค ถ้าค่าเฮาซคอร์พลิสแทนซ์ที่น้อยที่สุดจะเหลือตัวอักษรได้แก่ ค ต ฅ

ส่วนล่างซ้ายของ ค ถ้าค่าเฮาซคอร์พลิสแทนซ์ที่น้อยที่สุดจะเหลือตัวอักษรได้แก่ ค ศ ฅ

ส่วนทางซ้ายของ ฃ ถ้าค่าเฮาซคอร์พลิสแทนซ์ที่น้อยที่สุดจะเหลือตัวอักษรได้แก่ ฃ ฅ ง

ส่วนทางซ้ายของ ฅ ถ้าค่าเฮาซคอร์พลิสแทนซ์ที่น้อยที่สุดจะเหลือตัวอักษรได้แก่ ฅ ง ฉ ซ ฌ ฎ ฏ

ฟ ม ษ ห พ

ส่วนตัวอักษรที่ไม่มีลักษณะเด่นที่กล่าวมานี้จะใช้ตัวอักษรเต็มเป็นลักษณะเด่นของตัวอักษรนั้นๆ ซึ่งการวิเคราะห์ลักษณะเด่นนี้จะใช้การหาเฮาซคอร์พลิสแทนซ์ที่น้อยที่สุด เมื่อเทียบลักษณะเด่นของตัวอักษรที่ไม่รู้กับลักษณะเด่นทุกแบบที่หาได้จากไฟล์ฟอนต์ ซึ่งหลังจากการผ่านขั้นตอนนี้จะทำให้ตัวอักษรที่น่าจะเป็นไปได้ มีจำนวนน้อยลง ซึ่งจะทำให้การทำงานในส่วนต่อไป ทำงานได้เร็วขึ้น

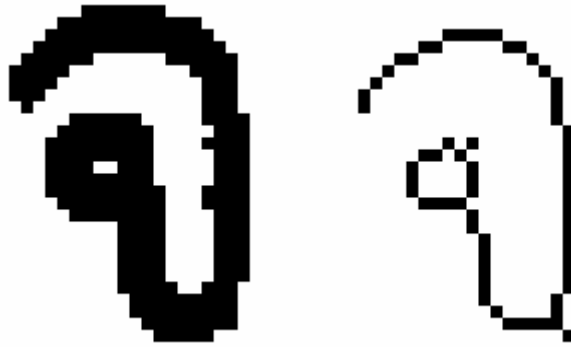
3.2.1.4 ถ้าตัวอักษรที่น่าจะเป็นไปได้ ยังคงเหลือมากกว่า 1 ตัว ให้ใช้เฮาซคอร์พลิสแทนซ์ ในการวัดความคล้ายว่าน่าจะเป็นตัวอักษรตัวใดมากที่สุด

เปรียบเทียบทั้งใน 3.2.1.3 และ 3.2.1.4 จะใช้ข้อมูลที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งล่างสุดของระดับ 2 เพื่อจัดตำแหน่งของอักษรให้ตรงกัน และใช้ข้อมูลการเกาะกลุ่มของพิกเซลมาใช้ในการเปรียบเทียบความคล้ายโดยจะใช้ Eight-Distance ในการวัดระยะทาง ของเฮาซคอร์พลิสแทนซ์

3.2.2 การประมวลผลโดยใช้ไดนามิกโปรแกรม

3.2.2.1 เนื่องจากตัวอักษรในบรรทัดเดียวกัน เป็นตัวอักษรขนาด (Size) เดียวกัน การประมวลผลในแต่ละบรรทัดจึงต้องทำการบันทึกภาพจากไฟล์ฟอนต์ของฟอนต์ที่ผู้ใช้งานกำหนด ในขนาดของบรรทัดนั้น ในทุกๆ อักษรที่มีในขอบเขตการศึกษา

3.2.2.2 นำตัวอักษรทุกตัวทั้งที่ได้รับมาจากฟอนต์ และ เอกสาร มาทำให้บางด้วยวิธีการของ MB algorithm และ Parallel Thinning Algorithm ตามลำดับ เนื่องจาก MB algorithm จะให้ผลลัพธ์ที่มีโครงสร้างสมบูรณ์แต่ยังมีส่วนที่หนามากกว่า 1 พิกเซลซึ่งทำให้ยากต่อการประมวลผลในขั้นตอนต่อไป จึงใช้ Parallel Thinning Algorithm ในการปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้จาก MB algorithm เพื่อให้ได้ตัวอักษรแบบบางที่มีความหนาเพียง 1 พิกเซล และมีโครงสร้างสมบูรณ์เพื่อที่จะนำไปประมวลผลต่อไป



ภาพที่ 3.4 ภาพก่อนทำให้บาง (ซ้าย) และ
ภาพผลลัพธ์จากการทำให้บางด้วย MB algorithm และ Parallel Thinning Algorithm ร่วมกัน (ขวา)

3.2.2.3 นำตัวอักษรทุกตัวที่ได้จาก 3.2.2.2 มาหาวิถีที่ยาวที่สุด และกิ่งรองของวิถีหลัก โดย จะเดินทางได้ 8 ทิศ และจุดเริ่มต้นต้องอยู่ทางซ้ายของจุดปลาย หรือถ้าอยู่ในสครมภ์เดียวกันให้ เลือกจุดที่อยู่สูงกว่าเป็นจุดเริ่มต้น (ถ้ามีวิถีที่ยาวที่สุดหลายวิถี ให้เลือกวิถีแรกที่พบ โดยวิธีการหา จะเลือกจุดปลายมาก่อน จากซ้ายไปขวา บนลงล่าง แล้วเดินไปเรื่อยๆ เมื่อพบทางแยกให้เดินเข้าตาม แยกโดยวนตามเข็มนาฬิกาจากแยกที่เดินมา เดินไปเรื่อยๆจนถึงจุดปลาย)

แล้วสร้างลำดับการเดินทางโดยเดินไปตามเส้นหลัก ถ้ามีเส้นกิ่งอยู่ให้เข้าไปตามเส้นกิ่ง เมื่อ สุดเส้นกิ่ง ให้มาเริ่มเดินทางต่อที่จุดทางแยกที่เดินออกไป ทำเช่นนี้ไปจนถึงจุดปลาย โดยเส้นกิ่งที่ ถูกใช้แล้ว จะไม่ถูกใช้ซ้ำอีก

โดยแต่ละตัวอักษร ต้องเก็บข้อมูลในขั้นตอนนี้ ได้แก่ ลำดับวิถีในการเดิน และ ความยาวของ สายหลัก

หมายเหตุ สำหรับตัวอักษรที่ถูกทำให้บางแล้วแต่ไม่มี จุดปลาย ให้ใช้วิธีการหาเซตของ ดิสแทนซ์ ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.1 โดยไม่ต้องหาวิถีที่ยาวที่สุด

3.2.2.4 นำตัวอักษรจากเอกสารที่ถูกหาวิถีแล้ว มาดูว่าข้อมูลของตัวอักษรแต่ละตัวจาก ข้อ 3.1.5.3 (ยกเว้นลักษณะการเกาะกลุ่มของพิกเซล) และ จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของสายหลัก และ ความยาวของสายหลัก มีความใกล้เคียงกับข้อมูลของตัวอักษรแต่ละตัวที่ได้จากไฟล์ฟอนต์ มากเพียงใด ถ้าค่าใกล้เคียงกัน ก็จะถือว่าตัวอักษรนั้นอาจจะเป็นคำตอบได้ ขั้นตอนนี้จะตัด ตัวอักษรที่ไม่ใช่ออกไปได้บางส่วน ซึ่งจะทำให้การประมวลผลในส่วนต่อไป ทำงานได้เร็วขึ้น

แต่ถ้าเกิดกรณีที่ข้อมูลของอักขระตัวใดตัวหนึ่งจากเอกสาร ไม่ใกล้เคียงกับอักขระตัวใดที่ได้ จากไฟล์ฟอนต์แม้แต่ตัวเดียว ซึ่งอาจเกิดจากการมีสัญญาณรบกวนที่ตัวอักษรนั้น ให้นำตัวอักษรนั้น ไปทำการประมวลผลโดยใช้ขั้นตอนวิธี Hausdorff Distance ในข้อ 3.2.1 แทน

หมายเหตุ ส่วนนี้จะหาค่าแบ่งความใกล้เคียงโดยการทดลองและปรับค่าไปเรื่อยๆ

3.2.2.5 ถ้าตัวอักษรที่น่าจะเป็นไปได้ ยังคงเหลือมากกว่า 1 ตัว ก็จะใช้วิธีการไดนามิกโปรแกรมเพื่อวัดความคล้ายว่าน่าจะเป็นตัวอักษรตัวใดมากที่สุด ซึ่งผู้จัดทำได้นำไดนามิกโปรแกรมมาปรับใช้ โดย จากปกติ ไดนามิกโปรแกรมจะใช้เทียบความต่างในลำดับซึ่งมีตัวแปรเดียว (จาก 2.12) แต่ในการปรับใช้จะใช้เทียบความต่างในลำดับของทางเดินในแต่ละตัวอักษรซึ่งเป็นพิกัด ประกอบด้วย 2 ตัวแปร จึงใช้ Euclidian Distance ในการวัดระยะห่าง

บทที่ 4

ผลการทดลอง และ อภิปรายผลการทดลอง

4.1 วิธีการทดสอบ

1. สร้างเอกสารโดยใช้โปรแกรม Microsoft Word จำนวน 3 ชุด ชุดละ 3 หน้าขนาด A4 โดยแต่ละชุด มีข้อความเหมือนกันทั้งหมด ใช้ตัวอักษรสีดำ บนกระดาษสีขาวเหมือนกัน แต่ ใช้ฟอนต์ที่ต่างกัน ดังนี้

- ชุดที่ 1 ใช้ ฟอนต์ Angsana New ขนาด 18 pt
- ชุดที่ 2 ใช้ ฟอนต์ PS Pimpdeed ขนาด 18 pt
- ชุดที่ 3 ใช้ ฟอนต์ Cordia New ขนาด 18 pt

โดยลักษณะของเอกสารทั้งหมด จะตรงตามขอบเขตของการศึกษาในบทที่ 1

2. พิมพ์เอกสารทั้งหมดด้วยเครื่องพิมพ์ แล้วนำมาสแกนด้วยเครื่องสแกน เป็นไฟล์ บิตแมปแบบขาวดำ ด้วยความละเอียด 100 dpi

3. นำไฟล์ภาพมาใช้กับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทั้งแบบแฮชคอร์พดิสเทนซ์ และไดนามิกไทม์วอร์ปฟิงโดย บันทึกเวลา และทำการทดสอบความถูกต้องโดยใช้วิธี Levenshtein distance คิดเป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนอักขระที่รู้จำได้ถูกต้อง ต่อจำนวนอักขระทั้งหมดที่มีในเอกสารจริง

4.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ความถูกต้องเฉลี่ยในแต่ละชุดทดสอบ

ฟอนต์	ความถูกต้อง (%)	
	Dynamic Time Warping	Hausdorff Distance
Angsana New	80.64	70.68
PS Pimpdeed	71.80	82.19
Cordia New	77.07	75.71
เฉลี่ย	76.50	76.19

ตารางที่ 4.2 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละชุดทดสอบ

ฟอนต์	เวลาที่ใช้** (วินาที/หน้า*)	
	Dynamic Time Warping	Hausdorff Distance
Angsana New	25.67	21.67
PS Pimpdeed	30.67	30.00
Cordia New	33.33	27.67
เฉลี่ย	29.89	26.45

หมายเหตุ

** เวลาที่ใช้ในส่วนนี้ไม่รวมเวลาที่ใช้ในการรับข้อมูลจากไฟล์ฟอนต์

* หนึ่งหน้ากระดาษขนาด A4 มีตัวอักษรประมาณ 1900 ตัวอักษร

4.3 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลอง ในด้านเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะพบว่า วิธีการแบบ Hausdorff Distance ใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าวิธีการแบบ Dynamic Time Warping ในทุก ๆ ฟอนต์ แต่เมื่อพิจารณาในด้านความถูกต้อง พบว่า วิธีการแบบ Dynamic Time Warping ใช้กับฟอนต์ Angsana New และ Cordia New ได้ผลดีกว่า ส่วนวิธีการแบบ Hausdorff Distance จะใช้กับฟอนต์ PS Pimdeed ได้ผลดีกว่า แต่เมื่อดูจากค่าเฉลี่ยความถูกต้องแล้วจะเห็นว่า วิธีการแบบ Dynamic Time Warping มีผลลัพธ์ที่ดีกว่าอีกวิธีหนึ่งอยู่เพียงเล็กน้อย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

วิธีการแบบ Hausdorff Distance จะใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่าวิธีการแบบ Dynamic Time Warping เนื่องจาก วิธีการแบบ Hausdorff Distance ไม่ต้องประมวลผลในส่วนของการทำให้บาง และการหาสายที่ยาวที่สุดเพื่อนำไปคำนวณแบบ Dynamic Time Warping และยังมีการวิเคราะห์ลักษณะเด่นเพื่อลดปริมาณการคำนวณอีกด้วย

ในด้านความถูกต้อง ประสิทธิภาพของวิธีการทั้งสองจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของฟอนต์ ดังในตัวอย่างฟอนต์ที่นำมาใช้ วิธีการแบบ Dynamic Time Warping จะมีความถูกต้องสูงกว่า เมื่อใช้กับฟอนต์ Angsana New และ Cordia New เนื่องจากฟอนต์ทั้งสอง ในแต่ละตัวอักษรค่อนข้างคล้ายกัน ทำให้การวิเคราะห์ลักษณะเด่นผิดพลาดได้มาก และส่งผลให้การประมวลผลส่วนของ Hausdorff Distance ผิดพลาด นอกจากนั้นความชัดเจนของฟอนต์ทั้งสองทำให้สามารถหาสายที่ยาวที่สุดในวิธีการของ Dynamic Time Warping ได้ง่าย แต่สำหรับฟอนต์ PS Pimdee วิธีการที่ใช้ได้ดีกว่าก็คือ Hausdorff Distance เนื่องจากหัวของตัวอักษรมีขนาดเล็ก เมื่อสแกนจะทำให้รู้ที่หัวตัวอักษรหายไป ต่างจากข้อมูลที่ได้รับจากฟอนต์ซึ่งที่หัวตัวอักษรยังคงมีอยู่ ทำให้การหาสายที่ยาวที่สุด มีความแตกต่างกันเป็นผลให้ ประสิทธิภาพของวิธี Dynamic Time Warping ลดลง แต่ปัญหานี้จะไม่เกิดกับวิธีการแบบ Hausdorff Distance เนื่องจากวิธีนี้จะไม่ได้รับผลกระทบจากสิ่งรบกวนนั้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการรับข้อมูลจากไฟล์ฟอนต์ ในโครงการนี้ใช้วิธีการรับผ่าน component “Timage” ของ Borland C++ Builder 6 ทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมาก และทำให้เป็นข้อเสียอย่างหนึ่งของการติดต่อไฟล์ฟอนต์ ถ้าสามารถอ่านข้อมูลจากไฟล์ฟอนต์ได้โดยตรงจะสามารถเข้าถึงข้อมูลหลายชนิดในไฟล์ เช่น โครงร่างอักขระแบบเวกเตอร์ ที่สามารถนำมาใช้ในการรู้จำได้ง่าย รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมากกว่า

2. สำหรับวิธีการแบบ Dynamic Time Warping ขั้นตอนวิธีสำหรับการหาสายที่ยาวที่สุด เป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานาน และยังมีความผิดพลาดอยู่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะเมื่อคุณภาพของเอกสารต่ำ จะทำให้สายที่ยาวที่สุดที่ได้ในตัวอักษรเดียวกัน เกิดความคลาดเคลื่อน จึงควรหาวิธีใหม่สำหรับขั้นตอนการหาสายที่ยาวที่สุด ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า

3. สำหรับวิธีการแบบ Dynamic Time Warping ตัวอักษรที่มีการลากเส้นคล้ายกัน เช่น ท ห พ หรือ ค ต เมื่อหาสายที่ยาวที่สุดแล้วนำไปเปรียบเทียบกันจะมีลักษณะคล้ายกันมาก ซึ่งเป็นจุดสำคัญที่ทำให้การประมวลผลผิดพลาด และควรหาวิธีการแก้ไขที่เหมาะสม

4. ในโครงงานนี้ ผู้ใช้จำเป็นต้องรู้ชื่อฟอนต์ ในเอกสารที่นำมาใช้ ซึ่งเป็นปัญหากับผู้ใช้เป็นอย่างมาก ถ้าสามารถสร้างระบบให้สามารถรู้จำว่าฟอนต์ในเอกสารเป็นฟอนต์ใด จะช่วยลดปัญหาในส่วนนี้ได้

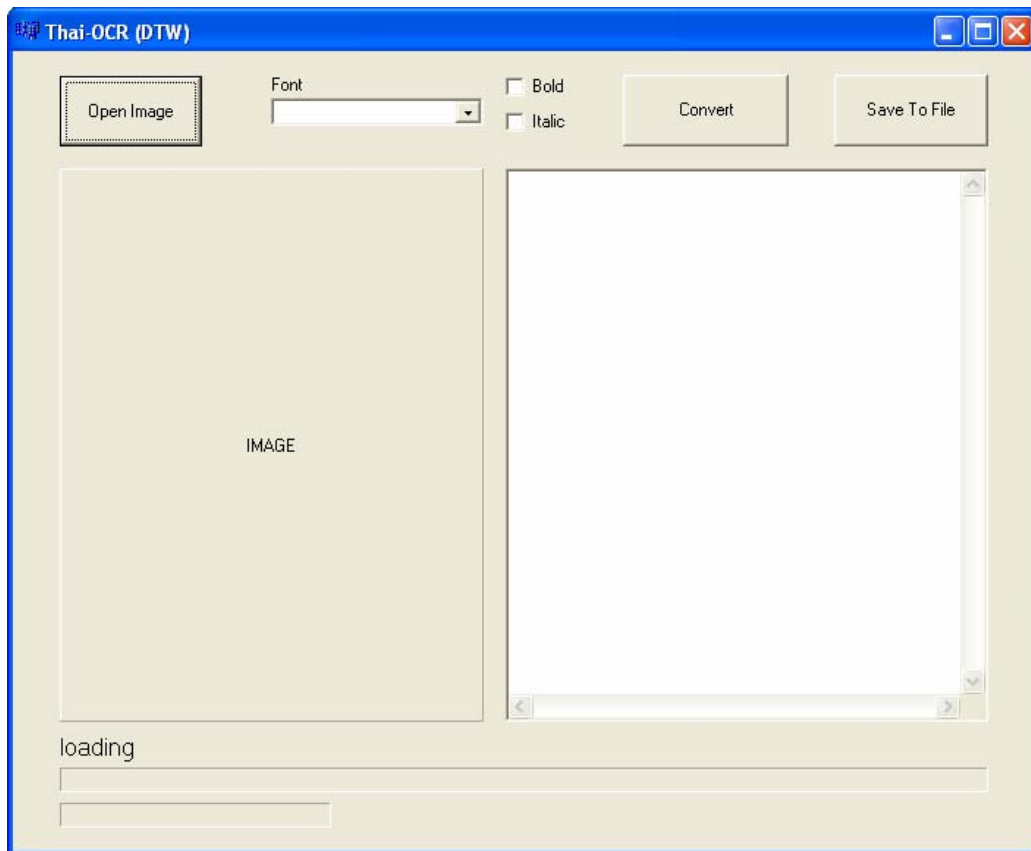
5. ถ้านำวิธีการรู้จำโดยใช้ไฟล์ฟอนต์ ไปรวมกับการรู้จำโดยการเรียนรู้ของเครื่อง น่าจะช่วยให้ระบบมีความสามารถในการรู้จำมากยิ่งขึ้น

6. วิธีการรู้จำโดยใช้ไฟล์ฟอนต์ น่าจะสามารถนำไปใช้กับภาษาอื่นๆ ได้ นอกจากภาษาไทย

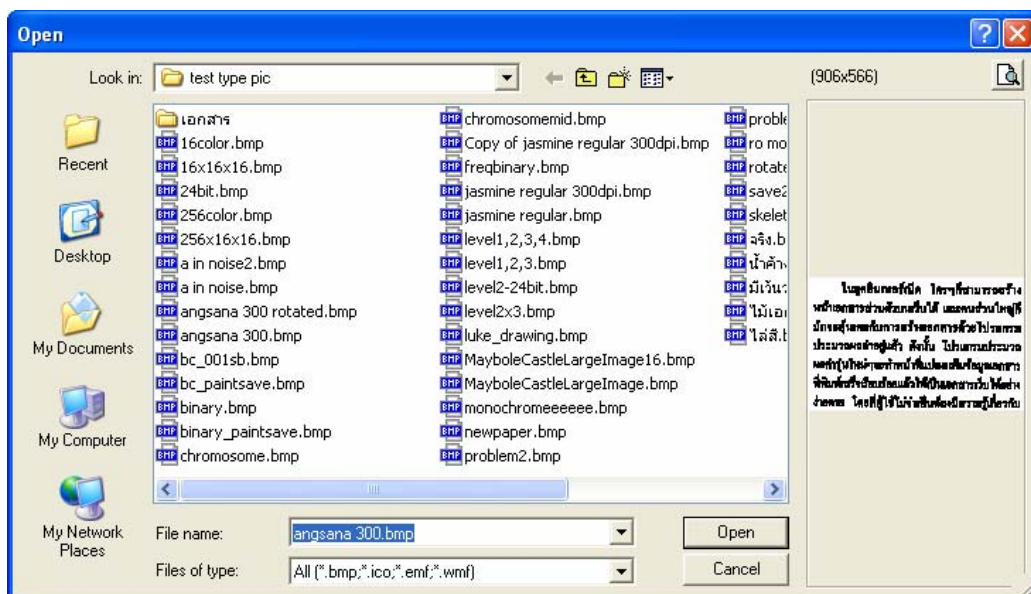
บรรณานุกรม

- [1] จิตเกษม ปิ่นทะยา และ อัครินทร์ ล้วนจำเริญ. 2549. การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <http://www.ce.kmitl.ac.th/project/display1.php?id1=483> [7 มิถุนายน 2550]
- [2] นราพงษ์ อภิรัตน์วรากุล และ นเรศ เกื้อปัญญากุล. 2548. การศึกษาหลักการการจดจำตัวอักษรไทย A Study of Recognition of Thai character. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <http://202.28.94.55/web/320491/2548/web1/g15/index.html> [15 มีนาคม 2550]
- [3] สนั่น ศรีสุข. 2542. การรู้จำอักษรตัวพิมพ์ภาษาไทยโดยใช้แฮชคอร์ฟลิตแทนซ์. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://mad.cpe.ku.ac.th/~pp/rm/papers/Paper_10.pdf [15 มีนาคม 2550]
- [4] Gonzalez, R.C., Woods, R.E. (2002). Digital Image Processing (Second Edition). New Jersey :Printice-Hall.
- [5] Keogh, E.J. and Pazzani, M.J. 2001. Derivative Dynamic Time Warping. (Online). Available: <http://www.cs.ucr.edu/~eamonn/sdm01.pdf> [2007 March, 22]
- [6] Manzanera, A., Bernard, T.M., Preteux, F. and Lonquet, B. 1999. Ultra-fast Skeleton based on an isotropic fully parallel algorithm. (Online). Available: <http://www.springerlink.com/index/j4knuh91g28qhjee.pdf> [2007 January, 12]
- [7] Premnath Dubey. 2006. Optical Character Recognition an Overview. (Online). Available: http://www.tcclab.org/events/uploads/Anlp_Presentation.pdf [2007 March, 15]
- [8] Zhang, Y.Y. and Wang, P.S.P. 1996. A Parallel Thinning Algorithm with Two-Subiteration that Generates One-Pixel-Wide Skeletons. (Online). Available: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=848444> [2007 March, 23]

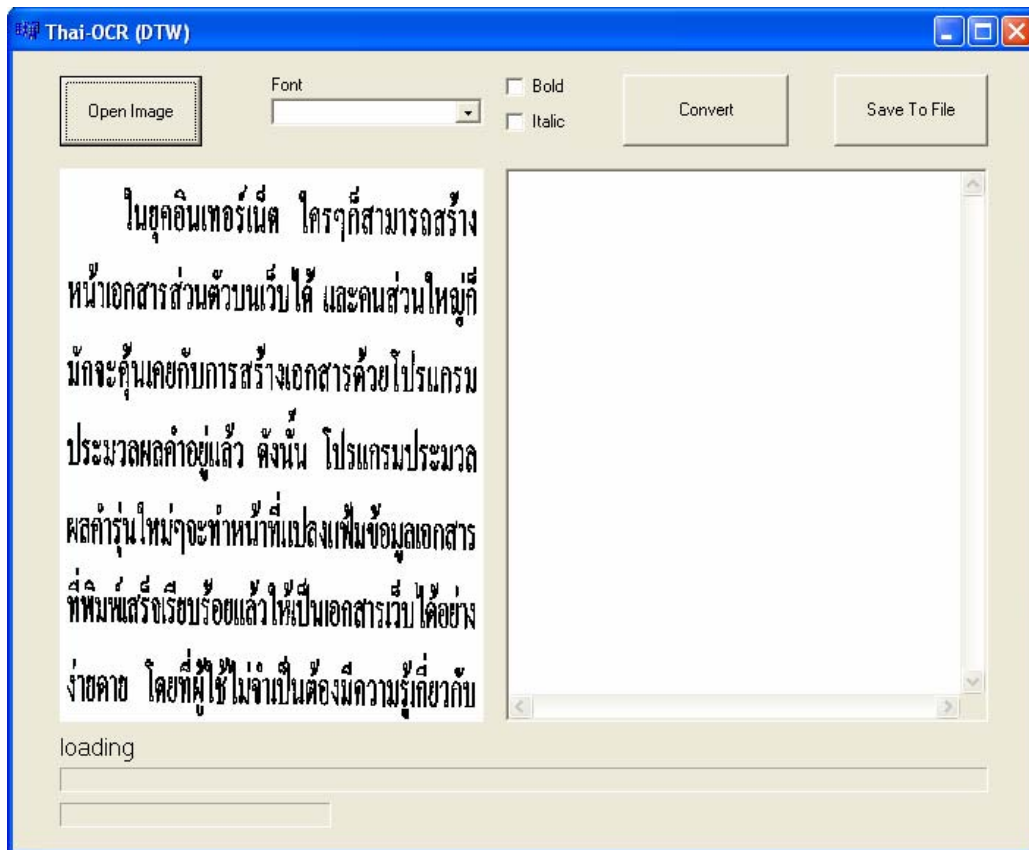
ภาคผนวก ก : การใช้งานโปรแกรมแปลงรูปภาพเป็นไฟล์ตัวอักษร



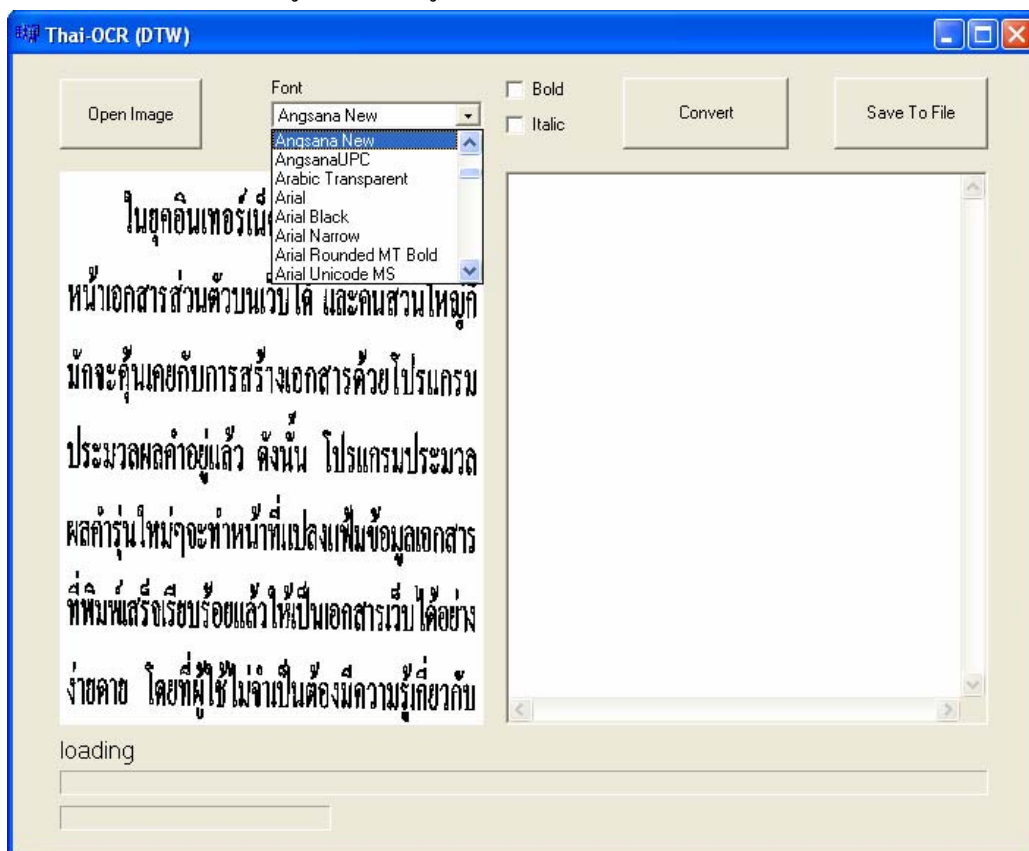
กดปุ่ม Open Image เพื่อเลือกรูปภาพ



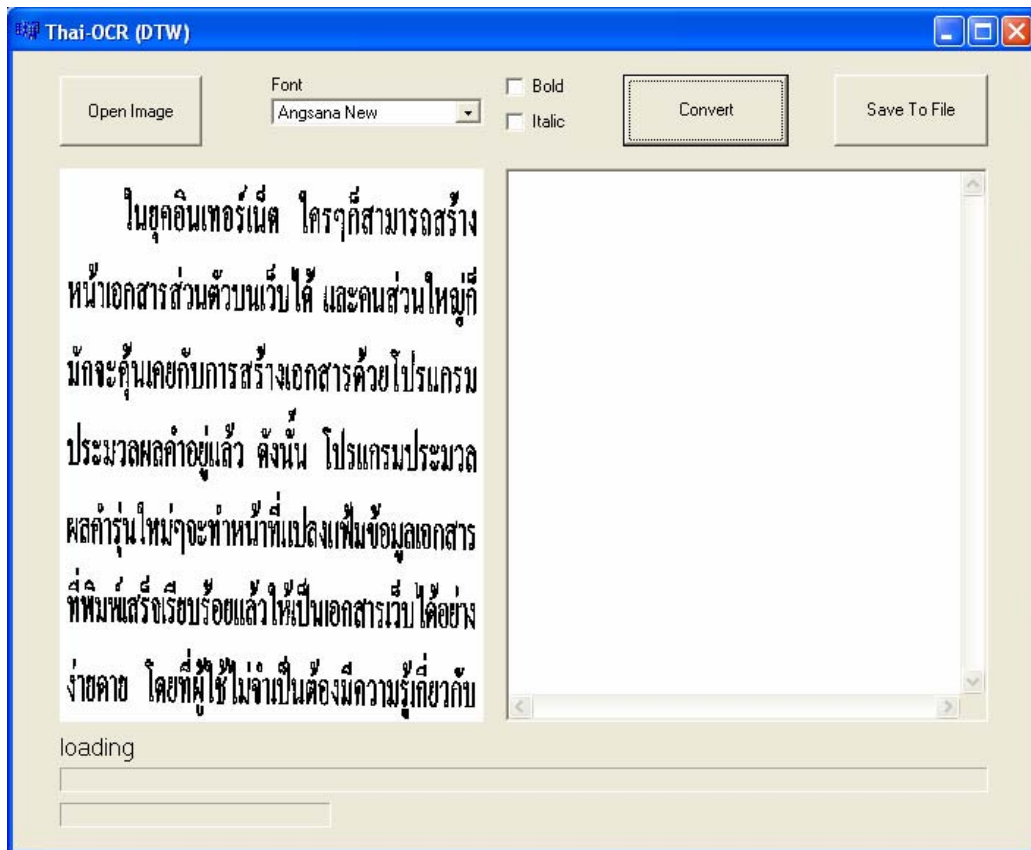
เลือกรูปภาพจากแฟ้ม



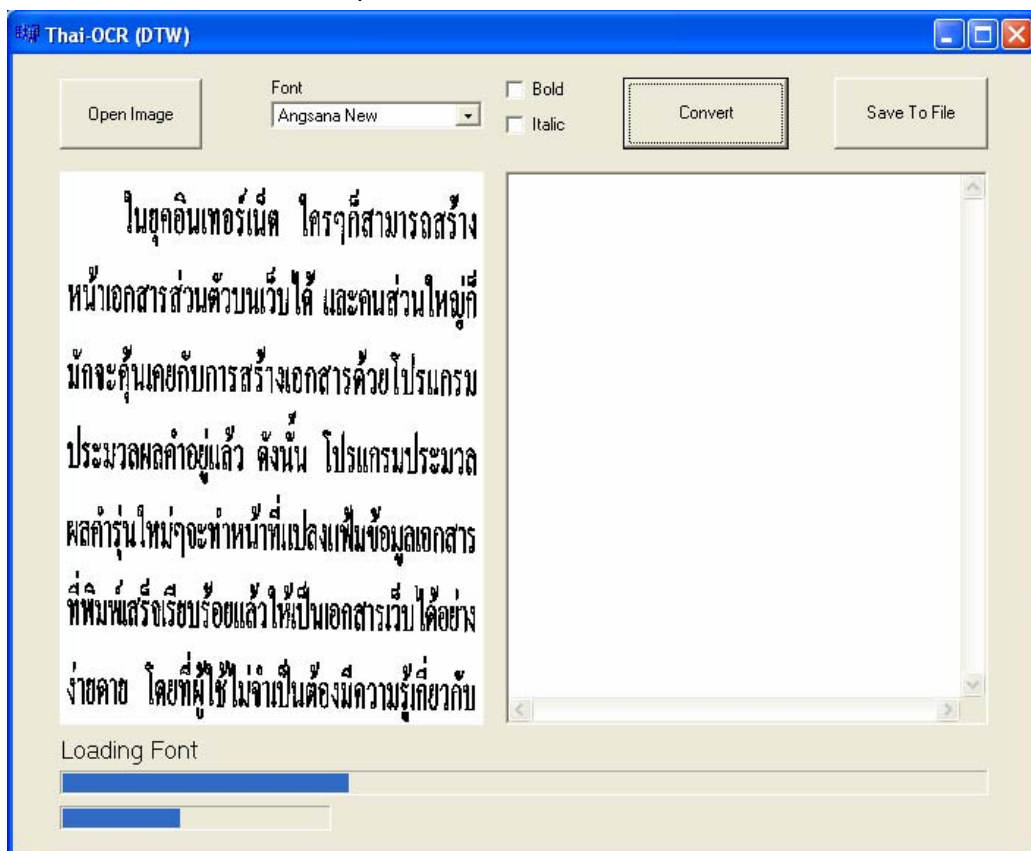
เมื่อเลือกรูปภาพแล้ว รูปภาพจะแสดงขึ้นมาทางกรอบซ้ายมือ



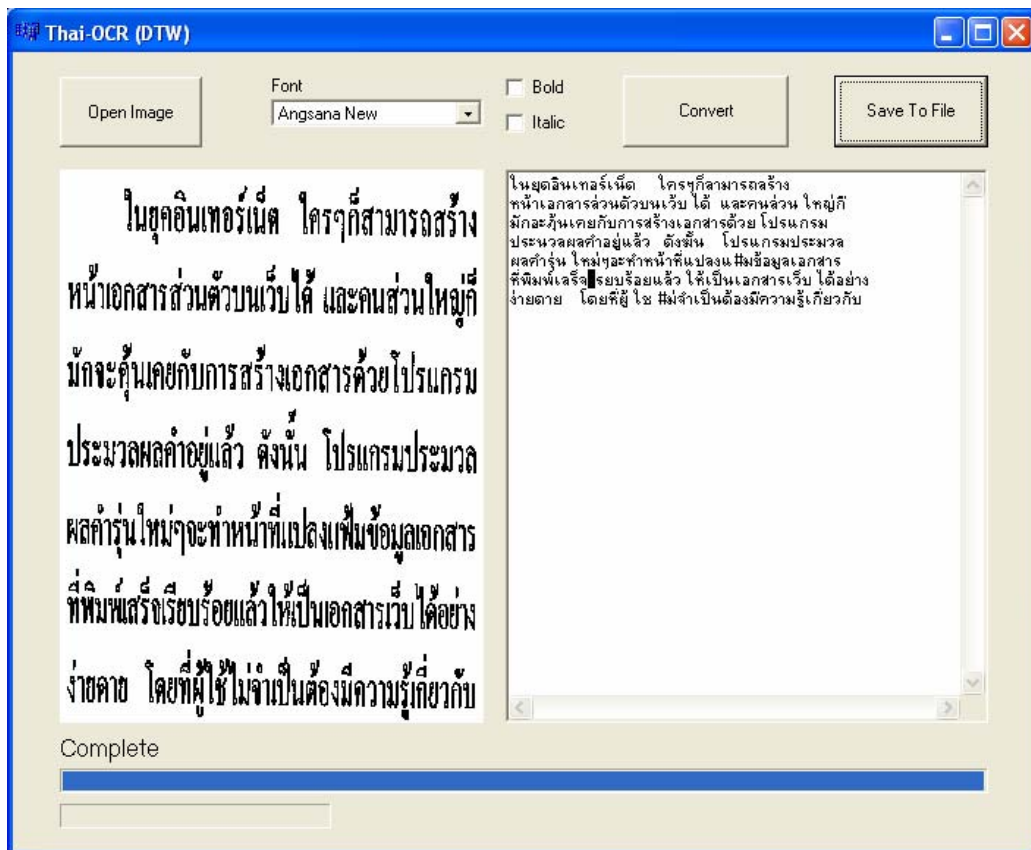
ระบุฟอนต์ของตัวอักษรในรูปภาพ และระบุลักษณะถ้าตัวอักษรหนา(Bold)หรือเอียง(Italic)



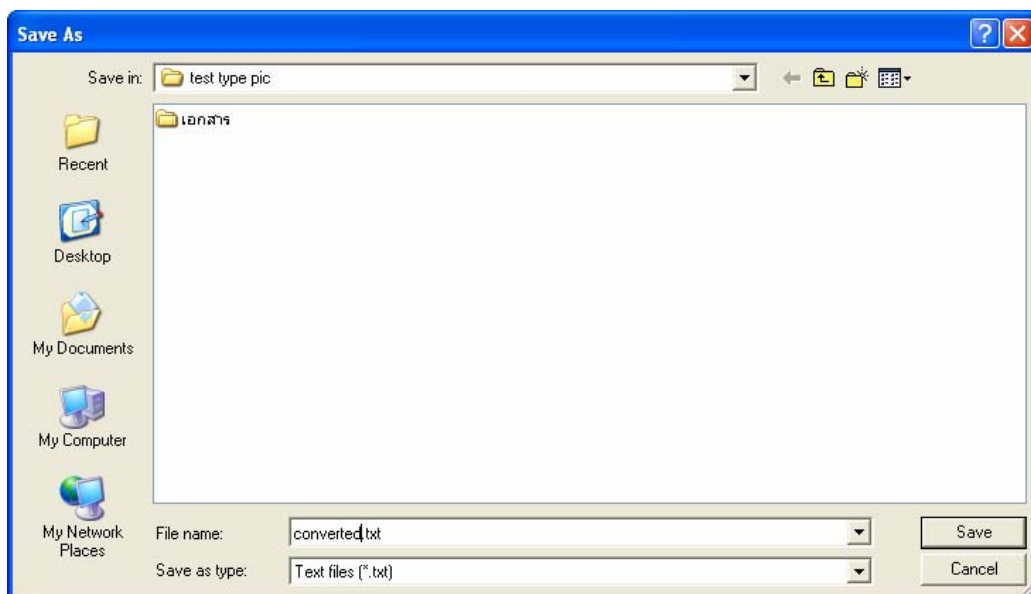
กดปุ่ม Convert เพื่อทำการประมวลผล



กำลังประมวลผล กรุณารอสักครู่



เมื่อการประมวลผลเสร็จสิ้น ตัวอักษรที่แปลงได้จะปรากฏขึ้นที่กรอบด้านขวา
ถ้าต้องการเซฟเป็นไฟล์ .txt ให้กดปุ่ม Save To File



บันทึกไฟล์ .txt ถือเป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการทั้งหมด

ภาคผนวก ข : ภาพเอกสารสำหรับทดสอบ

ภาพเอกสารที่ใช้สำหรับทดสอบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่ออกแบบขึ้นประกอบด้วย 3 ชุด ได้แก่

ชุดที่ 1 ฟอนต์ Angsana New จำนวน 3 หน้า

ชุดที่ 2 ฟอนต์ Cordia New จำนวน 3 หน้า

ชุดที่ 3 ฟอนต์ PS Pimdeed จำนวน 3 หน้า

โดยเอกสารทั้งสามชุด จะเป็นเอกสารที่มีเงื่อนไขตรงตามขอบเขตการศึกษาที่ได้กำหนดไว้ จะถูกนำมาพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ HP LaserJet 2200 Series แล้วนำไปสแกนด้วยเครื่องสแกน Compaq S200 ด้วยความละเอียด 300 dpi แล้วจึงนำภาพเอกสารที่สแกนได้มาตรวจดูว่ามีตัวอักษรที่ติดกันหรือไม่ แล้วตัดตัวอักษรเหล่านั้นออก เพื่อให้ตรงตามขอบเขตการศึกษา

คำวันที่ ยี่สิบหก กรกฎาคม ที่สโมสรตำรวจ พล อ เปรม ติณสูลานนท์ ประธาน
 องคมนตรีและรัฐบุรุษ เป็นประธานงานเลี้ยงกาลาดินเนอร์หาเงินเข้ามูลนิธิ เราจะเป็น
 คนดี ซึ่ง พล ต อ เสรีพิศุทธิ์ เตมียาเวส รักษาการ ผบ ตรเป็นผู้ก่อตั้งมูลนิธิ โดย พล อ
 สุรยุทธ์ จุลานนท์ นายกรัฐมนตรี พล อ สนธิ บุญยรัตกลิน ประธาน คมช และ พล ต อ
 เสรีพิศุทธิ์ ไปร่วมงาน ทั้งนี้ พล อ เปรมกล่าวปาฐกถาพิเศษในหัวข้อเรื่อง เราจะเป็นคน
 ดีได้อย่างไร ว่า ตำรวจยุคนี้โชคดีที่มี พล ต อ เสรีพิศุทธิ์เป็นรักษาการ ผบ ตรเพราะเป็น
 คนดี ตั้งแต่มีเหตุการณ์ไม่สงบในชาติด้านเมืองเมื่อหลายเดือนก่อน ตำรวจเห็นคนน้อย
 มาก ทำหน้าที่อย่างที่คุณดีพึงกระทำ ขอชมเชย พล ต อ เสรีพิศุทธิ์รวมถึงตำรวจที่ทำ
 ความดีให้ชาติด้านเมือง จะยับพวกโกงชาติ นอราชฎ์บังหลวง พล อ เปรมกล่าวว่า คน
 ที่ไม่ดีมาจากถือตน คิดว่ามีสิทธิทำอะไรก็ได้ โดยไม่เคารพต่อกฎหมาย ทำให้คนอื่น
 เดือดร้อน ขาดความสำนึก ขาดคุณธรรม มีกิเลส นอจล ฉลาดแกมโกง หน้าด้าน หลง
 ผิด ไม่สนใจสังคม สิ่งเหล่านี้เป็นบ่อเกิดความไม่ดี คนไม่ดีแยกประเภทได้ สาม ประเภท
 ประเภทแรกคนไม่ดีที่ให้อภัยได้ คือคนพุดจาเพื่อเจ้อ หลงไหล เกียจคร้าน แต่ไม่ทำ
 ความเดือดร้อนให้คนอื่น ประเภทที่ สอง คนไม่ดีที่ไม่ให้อภัยคือ ขโมย อาชญากร ฉลาด
 แต่โกง คนที่คิดบูชาเงิน ใช้เงินเพื่อพวกพ้อง คนไม่ดี และประเภทที่ สาม คนต้อง
 ดำเนินการเฆี่ยนขาดคือ คนที่ค้ายาเสพติด โกงคนอื่น โกงรัฐ โกงชาติด้านเมือง นอ
 ราชฎ์บังหลวง ทยศต่อชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ คนประเภทนี้ต้องไม่ให้อภัย
 ต้องดำเนินการเฆี่ยนขาดตามกฎหมาย จะเห็นกรรมมีจริง กรรมทันตาเห็น คนไม่ดีมี
 ลักษณะอย่างไร คนดีต้องช่วยกันปราบปราม ไม่เคารพ ไม่กราบไหว้ ไม่คบหาสมาคม
 ด้วย ขณะนี้บ้านเมืองวิกฤติใครดีใครไม่ดีจะเห็นชัดเจนในตอนนี คนดีเงินซื้อไม่ได้ คนดี
 ไม่ขายตัว ไม่บูชาเงิน การเป็นคนดีเป็นยาก แต่เป็นไปได้ ต้องมีความสำนึก มีความ
 ต้องการจะเป็น มีความละเอียดที่จะเป็นคนไม่ดี การเป็นคนดีต้องมีแม่แบบ แม่แบบที่ดี
 ที่สุด

คือพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทั่วโลกรับและสรรเสริญ พระองค์ท่านทรง
 กระทำทุกอย่างเพื่อพสกนิกร ทุกวันเวลานึกถึงคนไทย เมื่อวันที่ ยี่สิบหก กรกฎาคม
 นายสมพงษ์ อมรวิวัฒน์ ประธานกรรมการบริหารกลุ่มไทยรักไทย กล่าวถึงกรณีของกลุ่ม
 ไทยรักไทยมีความวิตกกังวลหากร่างรัฐธรรมนูญไม่ผ่านประชามติ แล้วคมช อาจนำ
 รัฐธรรมนูญฉบับปี สองพันห้าร้อยสี่สิบ มาประกาศใช้ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาเงื่อนไขเวลา

การสังกัดพรรคของ ส.ส.ไม่ครบ เก้าสิบ วันว่า แม้จะมีปัญหาเรื่องนี้ แต่กลุ่มไทยรักไทย ยังยืนยันเจตนารมณ์เดิมคือจะไม่รับร่างรัฐธรรมนูญ โดยจะมีการประชุมหาทางออก ภายใน หนึ่งถึงสอง วันนี้ ไม่ว่าแพ้หรือชนะก็จะขอฉันทงศ์ไม่รับร่างรัฐธรรมนูญต่อไป

นักร้องดังร่วมฉันทงศ์ประชาตติ อีกด้านหนึ่ง เมื่อเวลา สิบสี่นาฬิกา คณะกรรมการการ เลือกตั้งได้แถลงการทำสื่อประชาสัมพันธ์ ฉันทงศ์ให้ประชาชนไปออกเสียงประชาตติ โดยทำเป็นสปอตโฆษณาและสารคดีสั้นทั้งทางวิทยุและโทรทัศน์ และเพลงฉันทงศ์โดย มีศิลปินรับเชิญ สาม คน คือ ตึกแตน ชลดา ทองจุลกลาง ขับร้องเพลง คนไทยช่วยกัน พลพล พลกองเส็ง ขับร้องเพลงอยู่ในมือเราและพิสุทธิ ทรัพย์วิจิตร ขับร้องเพลงหัวใจ ของประชาชนไปโดยจากนั้นศิลปินรับเชิญทั้งร่วมสาริตการลงประชาตติและรับโล่

ประกาศเกียรติคุณจาก กกต.โดยนายพลพลกล่าวถึงการเตรียมตัวในการออกเสียง ประชาตติว่า ต้องศึกษาก่อนว่ารัฐธรรมนูญมีข้อดีข้อเสียอย่างไรจึงจะไปลงประชาตติ

กกต. ไฟเขียวชนคนไปโหวตนายอภิชาติ สุจริตคนนั้ ประธาน กกต.กล่าวถึง พ.ร.บ.ว่า ด้วยความสงบเรียบร้อยในการออกเสียงประชาตติที่เพิ่งผ่านการพิจารณาของ สนช. ว่า กกต. จะทำหน้าที่ตามกฎหมายที่ออกมาและเป็นกลางที่สุด ส่วนเรื่องที่

กระทรวงมหาดไทยจะอำนวยความสะดวกให้ประชาชน โดยการจัดรถขนคนไปลง ประชาตตินั้น ส่วนตัวเห็นว่าสามารถทำได้ ถือเป็นการอำนวยความสะดวก หรือการที่ บริษัต์อำนวยความสะดวกโดยชนคนงานไปลงคะแนนก็สามารถทำได้ ตราบใดที่ไม่ไป

ระบุว่าให้ลงมติเห็นชอบหรือไม่ และเรื่องนี้ก็เป็นเรื่องที่ กกต. จะใช้ดุลพินิจว่าสมควร หรือไม่ อีกทั้งการลงประชาตติต่างจากการเลือกตั้ง เพราะไม่มีการเอาแพ้ชนะระหว่าง บุคคลเมื่อวันที ก.ในการประชุมสภานิติบัญญัติแห่งชาติ ได้มีการพิจารณาร่าง พ.ร.บ. ว่าด้วยการออกเสียงประชาตติในวาระและตามที่คณะกรรมการพิจารณาเสร็จแล้ว

โดยใช้เวลาเพียงนาทึ ซึ่งกรรมการฯวิสามัญได้มีการแก้ไขชื่อ เป็นร่าง พ.ร.บ.ว่าด้วย ความเรียบรื้อยในการออกเสียง ประชาตติร่างรัฐธรรมนูญ มีการลดโทษให้เบาลง และ

แก้ไขให้มีการเผยแพร่ผลโพลได้ก่อนการลงประชาตติวัน โดยนายวิริยะ นามศิริ พงศ์พันธุ์ กรรมการเสียงข้างน้อยได้แปรญัตติขอเพิ่มความเป็นมาตราให้ กกต.

อำนวยความสะดวกในการออกเสียงประชาตติให้คนพิการ หากมีการละเว้นให้ถือว่า ต้องได้รับโทษเช่นกัน แต่นายธีรภัทร์ เสรีรังสรรค์ รมต. ประจำสำนักนายกรัฐมนตรี ใน

ฐานะประธานคณะกรรมการฯ ซึ่งแข็งแรงจะขอรับไปประสานกับ กกต ให้อำนวยความสะดวกอย่างเต็มที่กับคนพิการ หากผู้ใดไม่ปฏิบัติตามจะขอให้มีการลงโทษทางวินัย จึงไม่จำเป็นต้องเพิ่มข้อความดังกล่าวไว้ในกฎหมาย ในที่สุดที่ประชุมได้ให้ความเห็นชอบร่าง พ.ร.บ. ดังกล่าวในวาระด้วยคะแนนเสียง ต่อสภานิติบัญญัติต่อไป คตส. จากนั้นที่ประชุมได้พิจารณาร่าง พ.ร.บ. แก้ไขเพิ่มเติมประกาศ คปค ฉบับที่เรื่องการตรวจสอบการกระทำที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่รัฐ ลงวันที่ก ย. ตามที่คณะกรรมการวิสามัญฯ ได้พิจารณาเสร็จแล้ว โดยได้มีการขยายอายุ คตส. จากที่กำหนดไว้ตามร่างเดิม มาเป็นครบกำหนดวันที่มี ย. พร้อมทั้งเพิ่มข้อความในมาตราให้น่า พ.ร.บ. ประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยวิธีพิจารณาคดีอาญาของผู้ดำรงตำแหน่งทางการเมือง และ พ.ร.บ. ประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติมาใช้โดยอนุโลมกับกรณีที่มีพฤติการณ์อันควรสงสัยหรือในกรณีที่ผู้เสียหายกล่าวหาว่ากรรมการตรวจสอบหรืออนุกรรมการผู้ใดร้ายแรงผิดปกติ ปฏิบัติหน้าที่โดยขาดความเที่ยงธรรม หรือกระทำผิดต่อตำแหน่งหน้าที่ ทั้งนี้ นางพงษ์สวาท กายอรุณสุทธิ์ กรรมการสิทธิฯ ช่างน้อย ขอให้คงความตามร่างเดิม โดยให้เหตุผลว่าเชื่อว่า คตส. จะทำสำนวนต่างๆ เสร็จภายในวันที่ ๓๐ ค. นี้ หากไม่เสร็จสามารถส่งต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ และถ้าปล่อยให้ คตส. ใช้ อำนาจหลังจากมีรัฐธรรมนูญฉบับใหม่ อาจมีปัญหาเรื่องเรียนว่ายังมีองค์กรที่ทำงานซ้อนกันคือ คตส. และ ป.ป.ช. ด้านนายบรรศักดิ์ อุวรรณโณ กรรมการสิทธิฯ ช่างมากชี้แจงว่า คตส. เป็นเพียงคณะผู้สอบสวนพิเศษ ทำหน้าที่รวบรวมและส่งเรื่องไปยังศาล และยังมีหลายเรื่องที่พบมูลความผิดในภายหลัง จึงจำเป็นต้องให้ คตส. ทำเรื่องที่ได้รับไว้แล้วให้เสร็จสิ้นเสียก่อน ผ่านกลุ่ตต่ออายุถึงมี ย. ทางด้านนายแก้วสรร อดิโพธิ์ เลขานุการ คตส. และกรรมการฯ ซึ่งแข็งแรงเพิ่มเติมว่า คตส. ทำหน้าที่เสมือนอัยการพิเศษ และมีอำนาจทางธุรกรรมเพิ่ม สำหรับคดีที่สามารถเอาผิดได้แน่ คตส. เป็นขั้นตอนการเตรียมคดีขึ้นสู่ศาล ตั้งแต่ตรวจสอบ หาข้อมูล ตั้งรูปคดีส่งต่ออัยการ ยื่นข้างอัยการสู่กันถึงศาล ซึ่งงานสอบสวนไม่ใช่งานที่จะสามารถกำหนดเวลาลงไปได้ ซึ่งขณะนี้พวกตนว่าอย่าใกล้ถึงฝั่งแล้ว กำลังเร่งเต็มที่จนลามกก็ไล่มาเต็มไปหมด เช่นคดีหุ่นชินคอร์ปที่แตกออกไปแล้วคดี ยิ่งสาวยิ่งเจอ จึงอยู่ที่ว่าจะให้ คตส. ทำงานอย่างเต็มศักยภาพที่มีอยู่หรือไม่ เพราะถ้าไม่ให้เวลา คตส. ก็จะส่งต่อไปให้ ป.ป.ช. หากเปลี่ยนมือจะมีปัญหาด้าน

คำวันที่ ยี่สิบหก กรกฎาคม ที่สโมสรตำรวจ พล อ เปรม ติณสูลานนท์ ประธาน
 องคมนตรีและรัฐบุรุษ เป็นประธานงานเลี้ยงกาลาดินเนอร์หาเงินเข้ามูลนิธิ เราจะเป็น
 คนดี ซึ่ง พล ต อ เสรีพิศุทธิ์ เตมียาเวส รักษาการ ผบ ตรเป็นผู้ก่อตั้งมูลนิธิ โดย พล อ
 สุรยุทธ์ จุลานนท์ นายกรัฐมนตรี พล อ สนธิ บุญยรัตกลิน ประธาน คมช และ พล ต อ
 เสรีพิศุทธิ์ ไปร่วมงาน ทั้งนี้ พล อ เปรมกล่าวปาฐกถาพิเศษในหัวข้อเรื่อง เราจะเป็นคน
 ดีได้อย่างไร ว่า ตำรวจยุคนี้โชคดีที่มี พล ต อ เสรีพิศุทธิ์เป็นรักษาการ ผบ ตรเพราะเป็น
 คนดี ตั้งแต่มีเหตุการณ์ไม่สงบในชาติบ้านเมืองเมื่อหลายเดือนก่อน ตำรวจเหน็ดเหนื่อย
 มาก ทำหน้าที่อย่างที่คนดีพึงกระทำ ขอชมเชย พล ต อ เสรีพิศุทธิ์รวมถึงตำรวจที่ทำ
 ความดีให้ชาติบ้านเมือง ฉะยันพวกโกงชาติ ข้อราษฎ์บังหลวง พล อ เปรมกล่าวว่า คน
 ที่ไม่ดีมาจากถือตน คิดว่ามีสิทธิทำอะไรก็ได้ โดยไม่เคารพต่อกฎหมาย ทำให้คนอื่น
 เดือดร้อน ขาดความสำนึก ขาดคุณธรรม มีกิเลส ข้อฉล ฉลาดแกมโกง หน้าด้าน หลง
 ผิด ไม่สนใจสังคม สิ่งเหล่านี้เป็นบ่อเกิดความไม่ดี คนไม่ดีแยกประเภทได้ สาม ประเภท
 ประเภทแรกคนไม่ดีที่ให้อภัยได้ คือคนพุดจาเพ้อเจ้อ หลงใหล เกียจคร้าน แต่ไม่ทำ
 ความเดือดร้อนให้คนอื่น ประเภทที่สอง คนไม่ดีที่ไม่ให้อภัยคือ ขโมย อาชญากร ฉลาด
 แต่โกง คนที่คิดบูชาเงิน ใช้เงินเพื่อพวกพ้อง คนไม่ดี และประเภทที่ สาม คนต้อง
 ดำเนินการเฉียบขาดคือ คนที่ค้ายาเสพติด โกงคนอื่น โกงรัฐ โกงชาติบ้านเมือง ข้อ
 ราษฎ์บังหลวง ทยศต่อชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ คนประเภทนี้ต้องไม่ให้อภัย
 ต้องดำเนินการเฉียบขาดตามกฎหมาย จะเห็นกรรมมีจริง กรรมทันตาเห็น คนไม่ดีมี
 ลักษณะอย่างไร คนดีต้องช่วยกันปราบปราม ไม่เคารพ ไม่กราบไหว้ ไม่คบหาสมาคม
 ด้วย ขณะนี้บ้านเมืองวิกฤติใครดีใครไม่ดีจะเห็นชัดเจนในตอนนี คนดีเงินซื้อไม่ได้ คนดี
 ไม่ขายตัว ไม่บูชาเงิน การเป็นคนดีเป็นยาก แต่เป็นได้ ต้องมีความสำนึก มีความ
 ต้องการจะเป็น มีความละอายที่จะเป็นคนไม่ดี การเป็นคนดีต้องมีแม่แบบ แม่แบบที่ดี
 ที่สุดคือพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทั่วโลกยอมรับและสรรเสริญ พระองค์ท่านทรง
 กระทำทุกอย่างเพื่อพสกนิกร ทุกวันเวลานึกถึงคนไทย เมื่อวันที่ ยี่สิบหก กรกฎาคม
 นายสมพงษ์ อมรวิวัฒน์ ประธานกรรมการบริหารกลุ่มไทยรักไทย กล่าวถึงกรณีทีกลุ่ม
 ไทยรักไทยมีความวิตกกังวลหากร่างรัฐธรรมนูญไม่ผ่านประชามติ แล้วคมช อาจนำ
 รัฐธรรมนูญฉบับปี สองพันห้าร้อยสี่สิบ มาประกาศใช้ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาเงื่อนไขเวลา

การสังกัดพรรคของ ส.ส.ไม่ครบ เก้าสิบ วันว่า แม้จะมีปัญหาเรื่องนี้ แต่กลุ่มไทยรักไทย ยืนยันเจตนารมณ์เดิมคือจะไม่รับร่างรัฐธรรมนูญ โดยจะมีการประชุมหาทางออก ภายในหนึ่งถึงสอง วันนี้ ไม่ว่าแพ้หรือชนะก็จะขอถอนร่างไม่รับร่างรัฐธรรมนูญต่อไป

นักร้องดังร่วมณรงค์ประชามติ อีกด้านหนึ่ง เมื่อเวลา สิบสี่นาฬิกา คณะกรรมการการเลือกตั้งได้แถลงการทำสื่อประชาสัมพันธ์ รณรงค์ให้ประชาชนไปออกเสียงประชามติ โดยทำเป็นสปอตโฆษณาและสารคดีสั้นทั้งทางวิทยุและโทรทัศน์ และเพลงรณรงค์โดยมีศิลปินรับเชิญ สาม คน คือ ต๊ากแต่น ชลดา ทองจุลกลาง ขับร้องเพลง คนไทยช่วยกัน พลพล พลกองเส็ง ขับร้องเพลงอยู่ในมือเราและพิสุทธ์ ทรัพย์วิจิตร ขับร้องเพลงหัวใจของประชาธิปไตยจากนั้นศิลปินรับเชิญทั้งร่วมสาธิตการลงประชามติและรับโล่ประกาศเกียรติคุณจาก กกต.โดยนายพลพลกล่าวถึงการเตรียมตัวในการออกเสียงประชามติว่า ต้องศึกษาก่อนว่ารัฐธรรมนูญมีข้อดีข้อเสียอย่างไรจึงจะไปลงประชามติ

กกต. ไฟเขียวชวนคนไปโหวตนายอภิชาติ สุขัคคานนท์ ประธาน กกต.กล่าวถึง พ.ร.บ.ว่า ด้วยความสงบเรียบร้อยในการออกเสียงประชามติที่เพิ่งผ่านการพิจารณาของ สนช. ว่า กกต. จะทำหน้าที่ตามกฎหมายที่ออกมาและเป็นกลางที่สุด ส่วนเรื่องที่กระทรวงมหาดไทยจะอำนวยความสะดวกให้ประชาชน โดยการจัดรถขนคนไปลงประชามตินั้น ส่วนตัวเห็นว่าสามารถทำได้ ถือเป็นการอำนวยความสะดวก หรือการที่บริษัทอำนวยความสะดวกโดยขนคนงานไปลงคะแนนก็สามารถทำได้ ตราบใดที่ไม่ไประบุว่าให้ลงมติเห็นชอบหรือไม่ และเรื่องนี้ก็เป็นเรื่องที่ กกต. จะใช้ดุลพินิจว่าสมควรหรือไม่ อีกทั้งการลงประชามติต่างจากการเลือกตั้ง เพราะไม่มีการเอาแพ้ชนะระหว่างบุคคลเมื่อวันที ก. ในการประชุมสภานิติบัญญัติแห่งชาติ ได้มีการพิจารณาร่าง พ.ร.บ. ว่าด้วยการออกเสียงประชามติในวาระและตามที่คณะกรรมการพิจารณาเสร็จแล้ว โดยใช้เวลาเพียงนาที ซึ่งกรรมาธิการวิสามัญได้มีการแก้ไขชื่อ เป็นร่าง พ.ร.บ. ว่าด้วยความเรียบร้อยในการออกเสียง ประชามติร่างรัฐธรรมนูญ มีการลดโทษให้เบาลง และแก้ไขให้มีการเผยแพร่ผลโพลได้ก่อนการลงประชามติวัน โดยนายวิริยะ นามศิริพงศ์พันธุ์ กรรมาธิการเสียงข้างน้อยได้แปรญัตติขอเพิ่มความเป็นมาตราให้ กกต. อำนวยความสะดวกในการออกเสียงประชามติให้คนพิการ หากมีการละเว้นให้ถือว่าต้องได้รับโทษเช่นกัน แต่นายธีรภัทร์ เสรีรังสรรค์ รมต. ประจำสำนักนายกรัฐมนตรี ใน

ฐานะประธานคณะกรรมการฯ ซึ่งแจ้งว่าจะขอรับไปประสานกับ กกต ให้อำนวยความสะดวก
 สะดวกอย่างเต็มที่กับคนพิการ หากผู้ใดไม่ปฏิบัติตามจะขอให้มีการลงโทษทางวินัย จึง
 ไม่จำเป็นต้องเพิ่มข้อความดังกล่าวไว้ในกฎหมาย ในที่สุดที่ประชุมได้ให้ความเห็นชอบ
 ร่าง พ ร บ ดังกล่าวในวาระด้วยคะแนนเสียง ต่อสมานิติบัญญัติถัดมา คตส จากนั้น
 ที่ประชุมได้พิจารณาร่าง พ ร บ แก้ไขเพิ่มเติมประกาศ คปค ฉบับที่เรื่องการตรวจสอบ
 การกระทำที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่รัฐ ลงวันที่ ๖ ตุลาคม ๒๕๖๑ ตามที่คณะกรรมการวิสามัญ
 ได้พิจารณาเสร็จแล้วโดยได้มีการขยายอายุ คตส จากที่กำหนดไว้ตามร่างเดิม ๓ มา
 เป็นครบกำหนดวันที่ ๓๑ มีนาคม ๒๕๖๓ พร้อมทั้งเพิ่มข้อความในมาตรา ๑๖ ให้นำ พ ร บ ประกอบ
 รัฐธรรมนูญว่าด้วยวิธีพิจารณาคดีอาญาของผู้ดำรงตำแหน่งทางการเมือง และ พ ร บ
 ประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติมาใช้โดย
 อนุโลมกับกรณีที่มีพฤติการณ์อันควรสงสัยหรือในกรณีที่ผู้เสียหายกล่าวหาว่ากรรมการ
 ตรวจสอบหรืออนุกรรมการผู้ใดรั่วรัวยผิดปกติ ปฏิบัติหน้าที่โดยขาดความเที่ยงธรรม
 หรือกระทำผิดต่อตำแหน่งหน้าที่ ทั้งนี้ นางพงษ์สวาท กายอรุณสุทธิ์ กรรมการเสียง
 ข้างน้อย ขอให้คงความตามร่างเดิม โดยให้เหตุผลว่าเชื่อว่า คตส จะทำสำนวนต่างๆ
 เสร็จภายในวันที่ ๓๑ มีนาคม ๒๕๖๓ หากไม่เสร็จสามารถส่งต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ และถ้าปล่อย
 ให้ คตส ใช้ อำนาจหลังจากมีรัฐธรรมนูญฉบับใหม่ อาจมีปัญหาร้องเรียนว่ายังมีองค์กร
 ที่ทำงานซ้อนกันคือ คตส และ ป ป ช ด้านนายบวรศักดิ์ อุวรรณโณ กรรมการฯ เสียง
 ข้างมากชี้แจงว่า คตส เป็นเพียงคณะผู้สอบสวนพิเศษ ทำหน้าที่รวบรวมและส่งเรื่องไป
 ยังศาล และยังมีหลายเรื่องที่พบมูลความผิดในภายหลัง จึงจำเป็นต้องให้ คตส ทำเรื่อง
 ที่รับไว้แล้วให้เสร็จสิ้นเสียก่อน ผ่านฉลุยต่ออายุถึง ๓๑ มีนาคม ทางด้านนายแก้วสรร อดิโพธิ์
 เลขาธิการ คตส และกรรมการฯ ซึ่งแจ้งเพิ่มเติมว่า คตส ทำหน้าที่เสมือนอัยการพิเศษ
 และมีอำนาจทางธุรกรรมเพิ่ม สำหรับคดีที่สามารถเอาผิดได้แน่ คตส เป็นขั้นตอนการ
 เตรียมคดีขึ้นสู่ศาล ตั้งแต่ตรวจสอบ หาข้อมูล ตั้งรูปคดีส่งต่ออัยการ ยื่นข้อกล่าวหาสู่กัน
 ถึงศาล ซึ่งงานสอบสวนไม่ใช่งานที่จะสามารถกำหนดเวลาลงไปได้ ซึ่งขณะนี้พวกตน
 วายน้ำใกล้ถึงฝั่งแล้ว กำลังเร่งเต็มที่ฉลามก็ไล่มาเต็มไปหมด เช่นคดีหุ้นชินคอร์ปที่แตก
 ออกไปแล้วคดี ยิงสาวยิงเจอ จึงอยู่ที่ว่าจะให้ คตส ทำงานอย่างเต็มศักยภาพที่มีอยู่
 หรือไม่ เพราะถ้าไม่ใช้เวลา คตส ก็จะส่งต่อไปให้ ป ป ช หากเปลี่ยนมือจะมีปัญหาด้าน

คำวันที่ ยี่สิบหก กรกฎาคม ที่สโมสรตำรวจ พล อ เปรม ติณสูลานนท์ ประธาน
 องคมนตรีและรัฐบุรุษ เป็นประธานงานเลี้ยงกาลาดินเนอร์หาเงินเข้ามูลนิธิ เราจะเป็น
 คนดี ซึ่ง พล ต อ เสรีพิศุทธิ์ เตมียาเวส รักษาการ ผบ ตรเป็นผู้ก่อตั้งมูลนิธิ โดย พล อ
 สุรยุทธ์ จุลานนท์ นายกรัฐมนตรี พล อ สนธิ บุญยรัตกลิน ประธาน คมช และ พล ต อ
 เสรีพิศุทธิ์ ไปร่วมงาน ทั้งนี้ พล อ เปรมกล่าวปาฐกถาพิเศษในหัวข้อเรื่อง เราจะเป็นคน
 ดีได้อย่างไร ว่า ตำรวจยุคนี้โชคดีที่มี พล ต อ เสรีพิศุทธิ์เป็นรักษาการ ผบ ตรเพราะเป็น
 คนดี ตั้งแต่มีเหตุการณ์ไม่สงบในชาติด้านเมืองเมื่อหลายเดือนก่อน ตำรวจเห็นคเห็น้อย
 มาก ทำหน้าที่อย่างที่ดีคนดีพึงกระทำ ขอชมเชย พล ต อ เสรีพิศุทธิ์รวมถึงตำรวจที่ทำ
 ความดีให้ชาติด้านเมือง ฉะยัพวกโกงชาติ นักรบราชวังหลวง พล อ เปรมกล่าวว่า คน
 ที่ไม่ดีมาจากถ้อยคน คิดว่ามีสิทธิทำอะไรก็ได้ โดยไม่เคารพต่อกฎหมาย ทำให้คนอื่น
 เดือดร้อน ขาดความสำนึก ขาดคุณธรรม มีกิเลส นักรบ ฉลาดแกมโกง หน้าด้าน หลง
 ผิด ไม่สนใจสังคม สิ่งเหล่านี้เป็นบ่อเกิดความไม่ดี คนไม่ดีแยกประเภทได้ สาม ประเภท
 ประเภทแรกคนไม่ดีที่ให้อภัยได้ คือคนพวคจาเพื่อเจ้า หลงใหล เกียจคร้าน แต่ไม่ทำ
 ความเดือดร้อนให้คนอื่น ประเภทที่ สอง คนไม่ดีที่ไม่ให้อภัยคือ ขโมย อาชญากร ฉลาด
 แต่โกง คนที่คิดบุชชาเงิน ใช้เงินเพื่อพวกพ้อง คนไม่ดี และประเภทที่ สาม คนต้อง
 ดำเนินการเฉียบขาดคือ คนที่ค้ายาเสพติด โกงคนอื่น โกงรัฐ โกงชาติด้านเมือง นักรบ
 ราชวังหลวง ทรยศต่อชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ คนประเภทนี้ต้องไม่ให้อภัย
 ต้องดำเนินการเฉียบขาดตามกฎหมาย จะเห็นกรรมมีจริง กรรมทันตาเห็น คนไม่ดีมี
 ลักษณะอย่างไร คนดีต้องช่วยกันปราบปราม ไม่เคารพ ไม่กราบไหว้ ไม่คบหาสมาคม
 ด้วย ขณะนี้บ้านเมืองวิกฤติใครดีใครไม่ดีจะเห็นชัดเจนในตอนนี้ คนดีเงินซื้อไม่ได้ คนดี
 ไม่ขายตัว ไม่บุชชาเงิน การเป็นคนดีเป็นยาก แต่เป็นได้ ต้องมีความสำนึก มีความ
 ต้องการจะเป็น มีความละเอียดที่จะเป็นคนไม่ดี การเป็นคนดีต้องมีแม่แบบ แม่แบบที่ดีที่สุดคือ
 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทั่วโลกรับและสรรเสริญ พระองค์ท่านทรง
 กระทำทุกอย่างเพื่อพสกนิกร ทุกวันเวลานึกถึงคนไทย เมื่อวันที่ ยี่สิบหก กรกฎาคม
 นายสมพงษ์ อมรวิวัฒน์ ประธานกรรมการบริหารกลุ่มไทยรักไทย กล่าวถึงกรณีทีกลุ่ม
 ไทยรักไทยมีความวิตกกังวลหากร่างรัฐธรรมนูญไม่ผ่านประชามติ แล้วคมช อาจนำ
 รัฐธรรมนูญฉบับปี สองพันห้าร้อยสี่สิบ มาประกาศใช้ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาเงื่อนเวลา

การสังกัดพรรคของ ส ส ไม่ครบ เก้าสิบ วันว่า แม้จะมีปัญหาเรื่องนี้ แต่กลุ่มไทยรักไทย ยืนยันเจตนารมณ์เดิมคือจะไม่รับร่างรัฐธรรมนูญ โดยจะมีการประชุมหาทางออก ภายใน หนึ่งถึงสอง วันนี้ ไม่ว่าแพ้หรือชนะก็จะขอพรรคไม่รับร่างรัฐธรรมนูญต่อไป นักรณรงค์ร่วมพรรคประชาธิปัตย์ อีกด้านหนึ่ง เมื่อเวลา สิบสี่นาฬิกา คณะกรรมการการเลือกตั้งได้แถลงการทำสื่อประชาสัมพันธ์ พรรคให้ประชาชนไปออกเสียงประชามติ โดยทำเป็นสปอตโฆษณาและสารคดีสั้นทั้งทางวิทยุและโทรทัศน์ และเพลงพรรคโดย มีศิลปินรับเชิญ สาม คน คือ ตึกแตน ชลดา ทองจุลกลาง ขับร้องเพลง คนไทยช่วยกัน พลพล พลกองเส็ง ขับร้องเพลงอยู่ในมือเราและพิสุทธิ์ ทรัพย์วิจิตร ขับร้องเพลงหัวใจ ของประชาธิปไตยจากนั้นศิลปินรับเชิญทั้งสามสาธิตการลงประชามติและรับโล่ ประกาศเกียรติคุณจาก กกต โดยนายพลพลกล่าวถึงการเตรียมตัวในการออกเสียง ประชามติว่า ต้องศึกษาก่อนว่ารัฐธรรมนูญมีข้อดีข้อเสียอย่างไรจึงจะไปลงประชามติ กกต ไฟเขียวชนคนไปไหนตนายอภิชาติ สุจริตานนท์ ประธาน กกตกล่าวถึง พ ร บ ว่า ด้วยความสงบเรียบร้อยในการออกเสียงประชามติที่เพิ่งผ่านการพิจารณาของ สนช ว่า กกต จะทำหน้าที่ตามกฎหมายที่ออกมาและเป็นกลางที่สุด ส่วนเรื่องที่ กระทรวงมหาดไทยจะอำนวยความสะดวกให้ประชาชน โดยการจัดรถขนคนไปลง ประชามตินั้น ส่วนตัวเห็นว่าสามารถทำได้ ถือเป็นอำนวยความสะดวก หรือการที่ บริษัทอำนวยความสะดวกโดยขนคนงานไปลงคะแนนก็สามารถทำได้ ครอบคลุมที่ไม่ไป ระบุว่าให้ลงมติเห็นชอบหรือไม่ และเรื่องนี้ก็เป็นเรื่องที่ กกต จะใช้ดุลพินิจว่าสมควร หรือไม่ อีกทั้งการลงประชามติต่างจากการเลือกตั้ง เพราะไม่มีการเอาแพ้ชนะระหว่าง บุคคลเมื่อวันที ก ในการประชุมสภานิติบัญญัติแห่งชาติ ได้มีการพิจารณาร่าง พ ร บ ว่าด้วยการออกเสียงประชามติในวาระและตามที่คณะกรรมการพิจารณาเสร็จแล้ว โดยใช้เวลาเพียงนาที ซึ่งกรรมาธิการวิสามัญได้มีการแก้ไขชื่อ เป็นร่าง พ ร บ ว่าด้วย ความเรียบร้อยในการออกเสียง ประชามติร่างรัฐธรรมนูญ มีการลดโทษให้เบาลง และ แก้ไขให้มีการเผยแพร่ผลโพลได้ก่อนการลงประชามติวัน โดยนายวิริยะ นามศิริ พงศ์พันธ์ กรรมาธิการเสียงข้างน้อยได้แปรญัตติขอเพิ่มความเป็นมาตราให้ กกต อำนวยความสะดวกในการออกเสียงประชามติให้คนพิการ หากมีการละเว้นให้ถือว่า ต้องได้รับโทษเช่นกัน แต่นายธีรภัทร์ เสรีรังสรรค์ รมค ประจำสำนักนายกรัฐมนตรี ใน

ฐานะประธานคณะกรรมการฯ ซึ่งแจ้งว่าจะขอรับไปประสานกับ กกต. ให้อำนวยความสะดวก
สะดวกอย่างเต็มที่กับคนพิการ หากผู้ใดไม่ปฏิบัติตามจะขอให้มีการลงโทษทางวินัย จึง
ไม่จำเป็นต้องเพิ่มข้อความดังกล่าวไว้ในกฎหมาย ในที่สุดที่ประชุมได้ให้ความเห็นชอบ
ร่าง พ.ร.บ. ดังกล่าวในวาระด้วยคะแนนเสียง ต่อสมานิติบัญญัติถัดอายุ คตส. จากนั้น
ที่ประชุมได้พิจารณา ร่าง พ.ร.บ. แก้ไขเพิ่มเติมประกาศ คปค ฉบับที่เรื่องการตรวจสอบ
การกระทำที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่รัฐ ลงวันที่ ๖ ตามที่คณะกรรมการวิสามัญ
ได้พิจารณาเสร็จแล้วโดยได้มีการขยายอายุ คตส. จากที่กำหนดไว้ตามร่างเดิม ๓ มา
เป็นครบกำหนดวันที่มี ๖ พร้อมทั้งเพิ่มข้อความในมาตรา ๑ หน้า พ.ร.บ. ประกอบ
รัฐธรรมนูญว่าด้วยวิธีพิจารณาคดีอาญาของผู้ดำรงตำแหน่งทางการเมือง และ พ.ร.บ.
ประกอบรัฐธรรมนูญว่าด้วยการป้องกันและปราบปรามการทุจริตแห่งชาติมาใช้โดย
อนุโลมกับกรณีที่มีพฤติการณ์อันควรสงสัยหรือในกรณีที่ผู้เสียหายกล่าวหาว่ากรรมการ
ตรวจสอบหรืออนุกรรมการผู้ใดร้ายแรงผิดปกติ ปฏิบัติหน้าที่โดยขาดความเที่ยงธรรม
หรือกระทำความผิดต่อตำแหน่งหน้าที่ ทั้งนี้ นางพงษ์สวาท กายอรุณสุทธิ์ กรรมการสิทธิ
ข้างน้อย ขอให้คงความตามร่างเดิม โดยให้เหตุผลว่าเชื่อว่า คตส. จะทำสำนวนต่างๆ
เสร็จภายในวันที่ ๓๐ นี้ หากไม่เสร็จสามารถส่งต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ และถ้าปล่อย
ให้ คตส. ใช้ อำนาจหลังจากมีรัฐธรรมนูญฉบับใหม่ อาจมีปัญหาเรื่องเรียนว่ายังมีองค์กร
ที่ทำงานซ้อนกันคือ คตส. และ ป.ป.ช. คำนายนายบรรศักดิ์ อุวรรณโณ กรรมการฯ เสีย
ข้างมากชี้แจงว่า คตส. เป็นเพียงคณะผู้สอบสวนพิเศษ ทำหน้าที่รวบรวมและส่งเรื่องไป
ยังศาล และยังมีหลายเรื่องที่ยังพบมูลความผิดในภายหลัง จึงจำเป็นต้องให้ คตส. ทำเรื่อง
ที่รับไว้แล้วให้เสร็จสิ้นเสียก่อน ผ่านจนสุดอายุถึงมี ยทางค่านายแก้วสรร อติโพธิ
เลขาธิการ คตส. และกรรมการฯ ซึ่งแจ้งเพิ่มเติมว่า คตส. ทำหน้าที่เสมือนอัยการพิเศษ
และมีอำนาจทางธุรกรรมเพิ่ม สำหรับคดีที่สามารถเอาผิดได้แน่ คตส. เป็นขั้นตอนการ
เตรียมคดีขึ้นสู่ศาล ตั้งแต่ตรวจสอบ หาข้อมูล ตั้งรูปคดีส่งต่ออัยการ ยื่นข้างอัยการสู่กัน
ถึงศาล ซึ่งงานสอบสวนไม่ใช่งานที่จะสามารถกำหนดเวลาลงไปได้ ซึ่งขณะนี้พวกตน
ว่าน่าใกล้ถึงฝั่งแล้ว กำลังเร่งเต็มที่ตามกลไกละมาเต็มไปหมด เช่นคดีหุ้นชินคอร์ปที่แตก
ออกไปแล้วคดี ยิ่งสาวยิ่งเจอ จึงอยู่ที่ว่าจะให้ คตส. ทำงานอย่างเต็มศักยภาพที่มีอยู่
หรือไม่ เพราะถ้าไม่ให้เวลา คตส. ก็จะส่งต่อไปให้ ป.ป.ช. หากเปลี่ยนมือจะมีปัญหาด้าน

ประวัติผู้วิจัย

นายประยุทธ์ เจตสิกทัต เกิดวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2533 ที่อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนดรุณาราชบุรี ในปีการศึกษา 2544 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี ในปีการศึกษา 2547 และปัจจุบันศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ จังหวัดนครปฐม

นายพงษ์เศรษฐ์ แดงเส็ง เกิดวันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2532 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่เขตทวีวัฒนา จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนอยู่เย็นวิทยา ในปีการศึกษา 2544 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา พุทธมณฑล จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปีการศึกษา 2547 และปัจจุบันศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ จังหวัดนครปฐม

นายธีรพล เตียววรกฎ เกิดวันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2533 ที่อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนอัสสัมชัญ สมุทรปราการ ในปีการศึกษา 2544 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ ในปีการศึกษา 2547 และปัจจุบันศึกษาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ จังหวัดนครปฐม