ระบบรู้จำตัวอักษรพิมพ์ไทยโดยใช้รูปลักษณ์ในการจำแนกในภาพวีดิทัศน์ตามแนวเส้นบรรทัด

นางสาวสิริขวัญ ไชยวัฒนพันธุ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Printed Thai Character Recognition using Shape Classification in Video Sequence along a Line

Miss Sirikwan Chaiwatanaphan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบรู้จำตัวอักษรพิมพ์ไทยโดยใช้รูปลักษณ์ในการจำแนกในภาพวีดิทัศน์ตามแนวเส้นบรรทัด
โดย	นางสาวสิริขวัญ ไชยวัฒนพันธุ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์ พุ่มรินทร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุมพล พลวิชัย)

Chulalongkorn University

สิริขวัญ ไชยวัฒนพันธุ์ : ระบบรู้จำตัวอักษรพิมพ์ไทยโดยใช้รูปลักษณ์ในการจำแนกในภาพวีดิทัศน์ตามแนวเส้นบรรทัด (Printed Thai Character Recognition using Shape Classification in Video Sequence along a Line) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช, 35 หน้า.

บทความฉบับนี้นำเสนอวิธีการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยในภาพจากกล้องที่เคลื่อนที่ไปตามบรรทัดโดยใช้ลักษณะรูปลักษณ์ของตัวอักษร เช่น ความสูง, ความกว้าง, ขอบบน ล่าง และ ขวา, จำนวนและตำแหน่งของวงกลมและจุดสิ้นสุด ในการจำแนกอักษรพิมพ์ของไทยทั้ง 68 รูป เนื่องจากตัวอักษรแต่ละตัวในบรรทัดปรากฏในภาพมากกว่าหนึ่งเฟรมจากกล้องที่เคลื่อนที่ไปตามบรรทัด จึงมีความจำเป็นต้องมีกระบวนการจัดกลุ่มการเรียงตัวกันของกลุ่มตัวอักษรในแต่ละเฟรมด้วย เพื่อให้กล้องนั้นสามารถอ่านการเรียงตัวกันของอักษรในแต่ละบรรทัดได้ถูกต้อง ระบบรู้จำตัวอักษรตามแนวบรรทัดนี้ถูกทดสอบกับชุดภาพตัวอักษรพิมพ์ไทยที่มีชุดแบบแตกต่างกัน 4 ชุด พบว่าได้ผลความถูกต้องโดยรวมประมาณ 85.64%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5770326121 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEYWORDS:

SIRIKWAN CHAIWATANAPHAN: Printed Thai Character Recognition using Shape Classification in Video Sequence along a Line. ADVISOR: ASST. PROF. CHARNCHAI PLUEMPITIWIRIYAWEJ, Ph.D., 35 pp.

This paper presents a novel method for recognition of 68 printed Thai characters in image sequences captured along a line of characters, based on their shape appearance such as the height and width, the top, bottom, and right edges, the numbers and positions of the circles (head of Thai characters) and the end points. Since each character appears in more than one frame of the image sequence that moves along the line, an algorithm to identify the arrangement of the characters in each line is necessary for accurate recognition results. We tested our system on image sequences with four different Thai fonts. The recognition rate is about 85.64% correct.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Electrical Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Electrical Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของอาจารย์ชาญชัย ปลื้มปิติวิริยะเวช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคน สำหรับข้อแนะนำและความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านในการทำวิจัย อีกทั้งเป็นกำลังใจ และแรงผลักดันในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญรูปภาพ 1
สารบัญตาราง 1
บทที่ 1 2
บทนำ 2
1.1 ที่มาและความสำคัญ 2
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตการทำวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3
บทที่ 2 5
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 การวิเคราะห์การเคลื่อนไหว 5
2.2 เทคนิคการขีดแบ่ง (Thresholding Technique) 6
2.3 การกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน (Connected-component labeling) 6
2.4 การรู้จำ (Recognition) 7
2.4.1 กรอบของอักษร 7
2.4.2 จุดสิ้นสุดของตัวอักษร (Endpoint) 8
2.4.3 หัวของตัวอักษร 8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.5 Cell Array 8
2.6 ฟังก์ชั่นทางสถิติ (Statistical Functions) 9
2.6 ฟังก์ชั่นทางตรรกศาสตร์ (Logical Functions) 9
2.7 การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงร่างของภาพ (Morphological processing) 10
บทที่ 3 11
แนวคิดวิทยานิพนธ์ 11
3.1 กระบวนการเตรียมภาพก่อนการนำเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวอักษร 11
3.1.1 การรับข้อมูล 12
3.1.2 การคัดเลือกเฟรมที่จะทำมาประมวลผล 12
3.1.3 การแยกตัวอักษร 12
3.1.4 การจัดเรียงตัวอักษรลงในเมทริกซ์ 13
3.2 กระบวนการรู้จำตัวอักษรแต่ละตัว 13
3.3 กระบวนการจัดกลุ่มตัวอักษรในแต่ละบรรทัด 22
บทที่ 4 26
ผลการวิจัยและวิเคราะห์ 26
4.1 การวิจัยในขั้นตอนวิธีการรู้จำตัวอักษร 26
4.2 การวิจัยขั้นตอนกระบวนการการจัดกลุ่มตัวอักษร 28
บทที่ 5 31
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 31
5.1 สรุป 31
5.2 ข้อเสนอแนะ 32
รายการอ้างอิง 33
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 แบบจุด 4 จุด เชื่อมกันและแบบจุด 8 จุด เชื่อมกัน 6
รูปที่ 2 กรอบของตัวอักษร 8
รูปที่ 3 ลักษณะของจุดสิ้นสุด 8
รูปที่ 4 รูปแบบของ Cell Array 9
รูปที่ 5 การใช้ฟังก์ชั่น thin 10
รูปที่ 6 กระบวนการเตรียมภาพก่อนการนำเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวอักษร 11
รูปที่ 7 การเลือกเฟรม 12
รูปที่ 8 การแยกตัวอักษร 13
รูปที่ 9 การจัดเรียงตัวอักษร 13
รูปที่ 10 ความสูงของตัวอักษร 14
รูปที่ 11 ความกว้างของตัวอักษร 14
รูปที่ 12 จุดสัมผัสขอบบนและขอบล่าง 15
รูปที่ 13 ปริมาณของจุดสัมผัสขอบหลัง 15
รูปที่ 14 จำนวนวงกลมของตัวอักษร 15
รูปที่ 15 ตำแหน่งวงกลมของตัวอักษรที่ต่างกัน 16
รูปที่ 16 จำนวนและตำแหน่งของจุดสิ้นสุดที่ต่างกัน 16
รูปที่ 17 การวนหัว 17
รูปที่ 18 ผังการจำแนกตัวอักษรของกลุ่มที่ 1 18
รูปที่ 19 ผังการจำแนกตัวอักษรของกลุ่มที่ 2 19
รูปที่ 20 ผังการจำแนกตัวอักษรของกลุ่มที่ 3 20
รูปที่ 21 ผังการจำแนกตัวอักษรของกลุ่มที่ 4 21
รูปที่ 22 รหัสของตัวอักษร 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 23 ชุดข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า 22
รูปที่ 24 การเช็คของตัวเลข 22
รูปที่ 25 การจัดเรียงตัวอักษร 23
รูปที่ 26 การเลือกกลุ่ม 24
รูปที่ 27 การเลือกรหัสในแต่ละหลัก 24
รูปที่ 28 การแปลงรหัสกลับมาเป็นตัวอักษร 24
รูปที่ 29 ผลลัพธ์ทาง Matlab 25
รูปที่ 30 รูปแบบตัวอักษรทั้ง 4 แบบ 27
รูปที่ 31 ตัวอักษรที่ไม่สมบูรณ์ 27
รูปที่ 32 ตัวอักษรที่มีการซ้อนทับกัน 27
รูปที่ 33 บทความที่ใช้ในการวิจัย 28
รูปที่ 34 ตัวอักษรที่ถูกต้อง 29
รูปที่ 35 ความผิดพลาดที่เกิดจากตรวจจับตัวอักษรพลาด 29
รูปที่ 36 ความผิดพลาดที่เกิดจากการตรวจจับถูกบางส่วน 29
รูปที่ 37 ความผิดพลาดที่เกิดจากตัวอักษรมีจำนวนไม่พอในการจัดกลุ่ม 29

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ผลการรู้จำตัวอักษร 26

ตารางที่ 2 ผลการจัดกลุ่มและแสดงผลการรู้จำตัวอักษรในแต่ละบรรทัดโดยเลือกเฟรมทุกๆ 15 เฟรม 30

ตารางที่ 3 ผลการจัดกลุ่มและแสดงผลการรู้จำตัวอักษรในแต่ละบรรทัดโดยเลือกเฟรมทุกๆ 20 เฟรม 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (computer vision) เป็นกระบวนการประมวลผลภาพจากกล้อง (ซึ่งเปรียบเสมือนดวงตามนุษย์) ด้วยคอมพิวเตอร์ให้สามารถเข้าใจ จดจำ และ จำแนก สิ่งต่าง ๆ ตามที่มนุษย์เข้าใจ ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์วิทัศน์เข้ามามีส่วนร่วมในการทำงานด้านต่าง ๆ มากขึ้น อาทิ ระบบรักษาความปลอดภัยที่ใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและเฝ้าระวังการทำผิดกฎหมายในที่ต่าง ๆ ระบบอุตสาหกรรมใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อคัดแยกหรือตรวจสอบคุณภาพของสินค้า รวมทั้งในด้านการศึกษา เริ่มมีการนำคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อช่วยในการอ่านหนังสือให้กับผู้พิการทางสายตา หรือช่วยในการฝึกออกเสียงแก่เด็ก เราเล็งเห็นถึงความสำคัญของการใช้ในด้านการศึกษาจึงต้องการพัฒนาระบบที่ใช้กล้องอ่านข้อความตามแนวบรรทัดแล้วนำมาประมวลผลการรู้จำตัวอักษร เพื่อจะนำไปแปลงออกมาเป็นเสียงพูดเพื่ออำนวยความสะดวกในการอ่านหนังสือให้กับผู้พิการทางสายตาต่อไป

ระบบรู้จำตัวอักษรที่ถูกออกแบบในที่นี้ เน้นการอ่านตัวอักษรพิมพ์ไทยผ่านกล้องวีดิทัศน์ที่อ่านข้อความต่าง ๆ ตามแนวบรรทัดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างจากระบบรู้จำตัวอักษรแบบที่ประมวลผลจากกล้องที่ถ่าย (หรือสแกน) ภาพข้อความในหน้ากระดาษแบบภาพนิ่งเพียงครั้งเดียว เนื่องจากการถ่ายภาพแบบนั้น มีเพียงภาพเดียวในการวิเคราะห์และแสดงผล และหากภาพดังกล่าวเป็นภาพที่ไม่ชัดเจนซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยได้หลายอย่างเช่น สภาพแสงที่ไม่คงที่ ภาพที่บ่อยครั้งมักเกิดเงาบังตัวอักษร การสั่นไหวขณะถ่ายภาพ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลกระทบต่อระบบรู้จำตัวอักษรเป็นอย่างมาก อีกทั้งก่อนการประมวลผลต้องมีการแยกข้อความในแต่ละบรรทัดออกจากกันก่อนด้วยซึ่งทำให้ใช้เวลามากในการประมวลผล นอกจากนี้ การใช้ภาพเพียงภาพเดียวในการประมวลผลจำเป็นต้องใช้ภาพที่มีความละเอียดสูงเพียงพอที่จะเห็นตัวอักษรครบทุกตัวในทั้งหน้ากระดาษ ซึ่งกล้องทั่วไปในปัจจุบันอาจจะยังให้ภาพที่ความละเอียดไม่สูงพอ

ในงานวิจัยนี้เราจึงเลือกสร้างระบบรู้จำที่ใช้วิเคราะห์ชุดภาพจากกล้องวีดิทัศน์ความละเอียดปกติที่จับภาพตัวอักษรอย่างต่อเนื่องในแต่ละบรรทัดของข้อความ เนื่องด้วยข้อดีหลายปัจจัย ได้แก่ 1. ระบบสามารถใช้ประโยชน์จากการที่ตัวอักษรแต่ละตัวปรากฏขึ้นในภาพมากกว่าหนึ่งเฟรมในชุดภาพที่นำมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลการรู้จำตัวอักษรที่ถูกต้องแม่นยำ 2. ระบบไม่จำเป็นต้องมีกระบวนแยกบรรทัดก่อนเฉกเช่นในกรณีการถ่ายภาพนิ่ง เนื่องจากกล้องวีดิทัศน์นั้นจับข้อความไปตามแนวบรรทัด

อยู่แล้ว และ 3. ความละเอียดของภาพที่ได้จากกล้องนั้นจึงไม่จำเป็นต้องสูงมาก เท่ากับกล้องที่ใช้ภาพถ่ายนิ่งของข้อความทั้งหน้าในครั้งเดียว

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- เพื่อศึกษากระบวนวิธีรู้จำตัวอักษรและเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม
- เพื่อพัฒนาระบบรู้จำตัวอักษรโดยใช้กล้องเลื่อนไปตามบรรทัดข้อความ
- เพื่อพัฒนาระบบรู้จำตัวอักษรให้ใช้งานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตการทำวิจัย

- ระบบสามารถรู้จำตัวอักษรภาษาไทยได้
- กล้องที่ใช้ในการถ่ายวีดิทัศน์มีความละเอียดอยู่ที่ 240*320 พิกเซลและมีอัตราการบันทึกภาพ 30 เฟรมต่อวินาที
- วีดิทัศน์ที่ใช้ในการประมวลผลต้องจับข้อความอย่างต่อเนื่องในแต่ละแนวบรรทัด
- ระบบรู้จำตัวอักษรจะแสดงผลการรู้จำเป็นตัวอักษรแต่ละตัว
- รูปแบบตัวอักษรที่ใช้คือ Cordia New, Angsana New, Tahoma, TH Sarabun New โดยขนาดตัวอักษรตั้งแต่ 8 - 18

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ระบบรู้จำตัวอักษรโดยอ่านชุดภาพจากการเลื่อนกล้องไปตามบรรทัดที่มีประสิทธิภาพและสามารถใช้งานได้ตามเวลาจริง

1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพและการรู้จำมากมาย ซึ่งประเด็นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมีดังนี้

วิเชษฐ์รจน์ เอี่ยมสาอางค์ และรัชฎา คงคะจันทร์ กล่าวถึงการแยกภาพตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยแบบอัตโนมัติ โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นและการเรียนรู้ด้วยต้นไม้ตัดสินใจ ซึ่งในการแยกแยะจะนำลักษณะเด่นตัวอักษรแล้วสร้างต้นไม้ตัดสินใจของตัวอักษร สำหรับงานวิจัยนี้มีการใช้ลักษณะเด่นของตัวอักษรในการแยกแยะจำนวนมากทำให้เราจะพัฒนาโดยใช้ลักษณะที่มีจำนวนน้อยลงเพื่อให้สามารถแยกแยะออกมาได้เร็วขึ้น[1]

Chomtip Pornpanomchai and Montri Daveloh กล่าวถึงการรู้จำตัวภาษาไทยโดยใช้ Game of Life ในการจำแนกตัวอักษร ซึ่งในการใช้ Game of Life จะมีกฎเกณฑ์เพื่อหาเซลล์ที่มีชีวิตรอด ซึ่งในแต่ละตัวอักษรจะมีค่าเฉพาะตัว สำหรับงานวิจัยนี้สามารถจำแนกตัวอักษรได้หลากหลายรูปแบบและมีความแม่นยำ แต่เนื่องจากมีกฎเกณฑ์หลายขั้นตอนทำให้การประมวลแต่ละตัวอักษรใช้เวลามากกว่า 1 นาที ทำให้เราคิดพัฒนาโดยใช้วิธีอื่นเพื่อให้สามารถจำแนกตัวอักษรได้รวดเร็วยิ่งขึ้น[2]

Takeshi Mita et al กล่าวถึงวิธีใหม่ที่พัฒนาการรู้จำข้อความจากวีดิทัศน์ให้มีความเที่ยงตรงมากขึ้นโดยใช้ประโยชน์จากวีดิทัศน์ซึ่งวีดิทัศน์เกิดจากเฟรมหลาย ๆ เฟรมประกอบกัน จึงนำเฟรมที่มีข้อความซ้ำกันในวีดิทัศน์โดยจะแบ่งออกเป็นส่วน ๆ และจึงมาทำการรู้จำ เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงมากขึ้น สำหรับงานวิจัยนี้ทำในภาษาอังกฤษ ซึ่งภาษาอังกฤษจะไม่มีสระที่อยู่ข้างบนหรือข้างล่างตัวอักษรในบรรทัดเหมือนในภาษาไทยทำให้เราจะนำมาพัฒนาเพิ่มในส่วนการจัดกลุ่มของสระ[3]

M. Usman Akram et al กล่าวถึงการรู้จำตัวอักษรโดยใช้ลักษณะและรูปแบบของตัวอักษรในการจำแนก โดยในตัวอักษรแต่ละตัวมีรูปแบบพื้นฐานมาจากรูปร่างเรขาคณิต เช่น จุดสิ้นสุด, มุม, บริเวณทางแยก ดังนั้นจึงได้นำมาใช้ในการแยกแยะตัวอักษรแต่ละตัว การใช้เรขาคณิตมาแยกตัวอักษรนั้น มีอักษรบางตัวที่มีลักษณะคล้ายกัน เช่น ตัวอักษร N กับตัวอักษร Z ทำให้ผลที่ออกมามีความหมายคลาดเคลื่อน[4, 5]

Sunil Bhooshan et al กล่าวถึงการรู้จำตัวอักษรโดยใช้รูปแบบเรขาคณิตของแต่ละตัวอักษร ซึ่งวิธีการจะใช้รูปร่างของตัวอักษรเช่น เส้นตรง เส้นทแยงมุม วงกลม เป็นต้น เพื่อจำแนกตัวอักษรแต่ละแบบซึ่งสามารถแบ่งตัวอักษรออกเป็นแต่ละแบบได้ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ M. Usman Akram จะเห็นว่า [1]ในการใช้เรขาคณิตของงานวิจัยเกิดจากแยกส่วนของตัวอักษรหนึ่งตัว เช่น ตัวอักษร R ประกอบด้วย เส้นตรง ครึ่งวงกลมและเส้นทแยง ซึ่งทำให้ตัวอักษรสามารถแยกแยะออกจากกันได้ดีกว่า[6]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวิเคราะห์การเคลื่อนไหว

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวเป็นการพิจารณาการประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ วิดิทัศน์เพื่อติดตามวัตถุหรือรู้จำวัตถุ มันใช้การเรียนรู้จากเฟรมตั้งแต่ 2 เฟรมขึ้นไป โดยใช้เทคนิคจากการซ้ำซ้อนกันของเฟรมในวีดีโอ โดยจุดประสงค์หลักในการใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวเพื่อช่วยในการคัดเลือกข้อความที่ผิดพลาด, ตรวจสอบตำแหน่งของตัวอักษรในแต่ละเฟรมและระบุจุดเริ่มต้นและจุดจบของคำซึ่งจะมีระยะของตำแหน่งในแต่ละเฟรม ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวนั้นประกอบไปด้วยขั้นตอนทั้งหมด 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การตรวจจับข้อความ (Text tracking) : ขั้นตอนนี้จะทำหน้าที่ในการตรวจจับข้อความในเฟรมซึ่งในแต่ละข้อความจะประกอบไปด้วยตัวอักษรแต่ละตัวที่เรียงต่อกัน โดยในเฟรมที่ติดกันอาจมีตัวอักษรเหมือนกันทำให้เราต้องทำการจัดกลุ่มโดยอาศัยขนาดของตัวอักษร ซึ่งในทุกๆครั้งจะต้องหาพื้นที่ของตัวอักษรแต่ละตัวหลังจากนั้นจะหาตำแหน่งของตัวอักษรนั้นๆ
2. การหาปริพันธ์ของข้อความ (Text integration) : ขั้นตอนที่เป็นการจับกลุ่มของตัวอักษรโดยขึ้นอยู่กับช่องว่างและการวิเคราะห์ในแต่ละตัวอักษรเพื่อกำจัดตัวอักษรที่ผิดพลาด
3. การกู้ตัวอักขระ (Character Recovery) : การซ้ำซ้อนกันของเฟรมวีดีโอทำให้เราสามารถตรวจสอบตัวอักษรที่เราพลาดไปได้ในบางเฟรมซึ่งในการทำให้ได้คำที่ถูกต้องเราจะทำการขยายและใส่ตัวอักษรที่เราพลาดไปโดยอาศัยการซ้ำซ้อนของเฟรมภาพ สำหรับการตรวจจับตัวอักษรในแต่ละเฟรมเพื่อพัฒนาให้ได้ตัวอักษรที่สมบูรณ์จากการที่เราไปในบางเฟรม
4. การกำจัดการซ้ำของคำ (Elimination of Overlapped Words) : การขจัดของการคาบเกี่ยวหรือซ้ำของตัวอักษรเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาการซ้ำกันของตัวอักษรอาจเกิดขึ้นได้เมื่อมีการตรวจจับตัวอักษรผิดพลาดซึ่งอาจเกิดจากเงาของแสงหรือตัวอักษรไม่ชัดเจน เพื่อเพิ่มความแม่นยำให้มากขึ้น เราจะนำตัวอักษรที่มีการซ้ำกันมาพิจารณาโดยตัวอักษรที่มีขนาดเล็กกว่าจะถูกขจัดออกไป

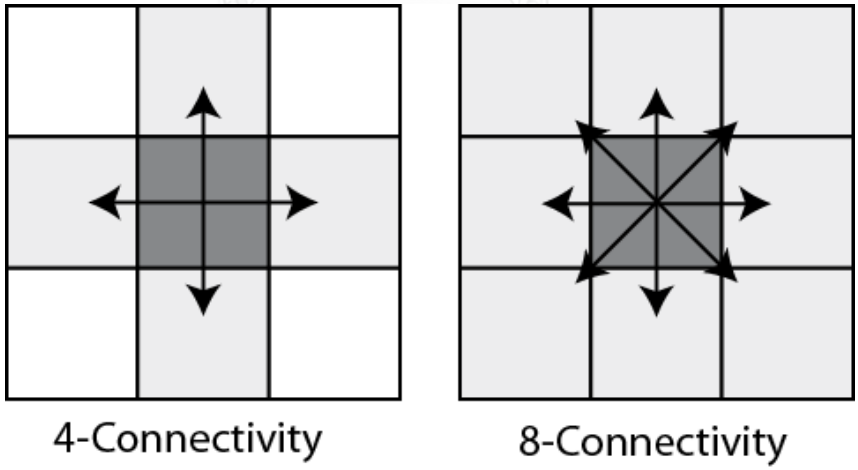
5. การหมุนข้อความ (Text Rotation) : เป็นขั้นตอนการจัดข้อความให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง เพื่อจะทำได้นำไปเข้าสู่ขั้นตอนอื่นๆอีกต่อไป

2.2 เทคนิคการขีดแบ่ง (Thresholding Technique)

เทคนิคการขีดแบ่งเป็นการพิจารณาว่าจุดภาพสีขาวหรือสีดำโดยการเปรียบเทียบระหว่างจุดภาพของภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่หนึ่งเรียกกว่า ค่าการขีดแบ่ง (Threshold Value) เทคนิคนี้ใช้กันมากใน กรณีที่ข้อมูลภาพมีลักษณะที่ต่างกันระหว่างวัตถุ (Object) และพื้นหลัง (Background) โดยค่าของจุดภาพของภาพใด ๆ ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าการขีดแบ่ง จะถูกเปลี่ยนเป็น 0 (จุดภาพสีดำ) และ จุดภาพของภาพที่มีน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าการขีดแบ่ง จะถูกเปลี่ยนเป็น 1 (จุดภาพสีขาว)

2.3 การกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน (Connected-component labeling)

ใช้ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบหรือบริเวณที่มีการเชื่อมติดกันและใช้ในการแยกบริเวณต่างๆออกจากกันซึ่งไม่เหมือนกับวิธีตัดแยกโดยวิธีการกำหนดหมายเลขให้ส่วนที่เชื่อมกัน เป็นวิธีที่ใช้ในคอมพิวเตอร์วิทัศน์เพื่อ ตรวจจับบริเวณที่เชื่อมติดกันของภาพขาวดำภาพสีแต่โดยทั่วไปใช้ในภาพขาวดำที่ผ่านการประมวลผลมาแล้วอาจใช้ในการนับจำนวน การกรองและการติดตาม



รูปที่ 1 แบบจุด 4 จุด เชื่อมกันและแบบจุด 8 จุด เชื่อมกัน

จากรูปที่1 จุดที่อยู่รอบๆ จุดที่อยู่ตำแหน่งตรงกลางคือเพื่อนบ้านมีทั้งแบบจุด 4 จุด เชื่อมกัน และแบบจุด 8 จุด เชื่อมกันโดยเพื่อนบ้านที่เชื่อมกันก็คือขอบนั้นเอง การกำหนดหมายเลขมี2 แบบคือ

แบบจุด 4 จุด เชื่อมกันและแบบจุด 8 จุด เชื่อมกัน มีข้อแตกต่างกันคือ ถ้าเป็นแบบจุด 4 จุด เชื่อมกันจะเลือกจุดที่เชื่อมกันเฉพาะบน ล่าง ซ้ายขวา แต่หากเป็นแบบจุด 8 จุดเชื่อมกันจะ เลือกรวมจุดที่อยู่มุมทแยงจากตำแหน่งกลางอีก 4 จุดด้วย

2.4 การรู้จำ (Recognition)

การรู้จำ (Recognition) มีความสำคัญ และเป็นแขนงหนึ่งของระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) การรู้จำมีหลายชนิดเช่น การรู้จำวัตถุ การรู้จำเสียง การรู้จำภาพ และการรู้จำตัวอักษร เป็นต้น การรู้จำตัวอักษรมีขั้นตอนการทำงานที่สำคัญคือ การแยกตัวอักษรออกจากภาพและการรู้จำตัวอักษรที่ได้ ทั้ง 2 ขั้นตอนต่างมีความสำคัญในการรู้จำทั้งสิ้น การแยกตัวอักษรออกจากภาพ เป็นการวิเคราะห์ภาพที่ประกอบไปด้วยตัวอักษร แล้วทำการดึงตัวอักษรออกมาทีละตัวตามลำดับการเขียน เพื่อป้อนเป็นอินพุตให้กับระบบรู้จำ หากการแยกตัวอักษรไม่มีประสิทธิภาพและไม่เป็นลำดับที่ถูกต้อง จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนการรู้จำผิดพลาดได้

ในการรู้จำมีหลากหลายวิธีซึ่งวิธีที่เราสนใจเป็นการใช้ลักษณะของตัวอักษรในการจำแนกซึ่งมีดังต่อไปนี้

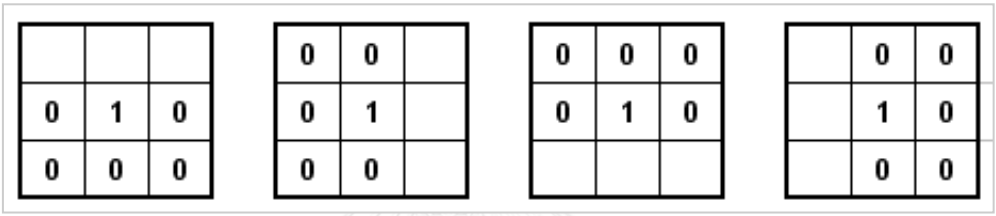
2.4.1 กรอบของอักษร

ในตัวอักษรไทยจะมีรูปแบบโครงสร้างอยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมภายในเส้นที่สมมติขึ้น เรียกว่ากรอบตัวอักษร โดยประกอบไปด้วย เส้นกรอบบน เส้นกรอบล่าง เส้นกรอบซ้ายและเส้นกรอบล่าง ดังรูปที่ 2 ซึ่งเราได้นำจุดสัมผัสของขอบบน ขอบล่างและขอบหลัง มาจำแนกตัวอักษรไทยโดยบริเวณจุดสัมผัสขอบบนจะมีบริเวณที่สัมผัสตั้งแต่ 1-3 จุด บริเวณจุดสัมผัสขอบล่างจะมีบริเวณที่สัมผัสตั้งแต่ 1-3 จุด และบริเวณจุดสัมผัสขอบหลังเราจะใช้ขนาดของบริเวณที่สัมผัสของหลังเพื่อมาจำแนกตัวอักษร

รูปที่ 2 กรอบของตัวอักษร

2.4.2 จุดสิ้นสุดของตัวอักษร (Endpoint)

ใช้ในการวิเคราะห์สำหรับหาบริเวณที่เป็นจุดสิ้นสุดของตัวอักษรซึ่งบริเวณที่มีเป็นจุดสิ้นสุดของตัวอักษรจะมีลักษณะ 4 แบบดังรูปที่ 3 ซึ่งเราจะนับทุกบริเวณที่พบจุดสิ้นสุดเนื่องจากตัวอักษรแต่ละตัวนั่นจะมีจำนวนและตำแหน่งของจุดสิ้นสุดที่ต่างกัน



รูปที่ 3 ลักษณะของจุดสิ้นสุด

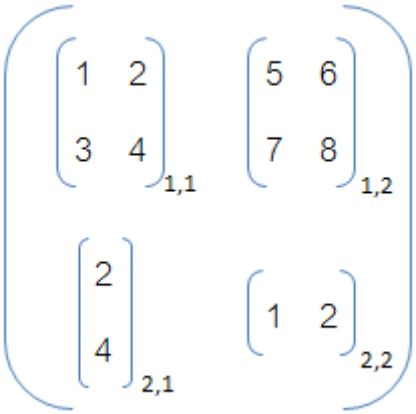
2.4.3 หัวของตัวอักษร

ตัวอักษรไทยเกือบทุกตัวจะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยหัวยกเว้นแค่ “ก” กับ “ธ” ซึ่งหัวของอักษรจะมีตำแหน่งที่แตกต่างกันทำให้เราสามารถนำความแตกต่างตรงนี้มาทำการจำแนกตัวอักษรออกจากกันได้

Chulalongkorn University

2.5 Cell Array

เป็นโครงสร้างตัวแปรที่มีลักษณะคล้ายเมทริกซ์ โดย สมาชิกของเมทริกซ์จะต้องเป็นตัวเลขหรือตัวอักษรเท่านั้น แต่สำหรับ Cell Array นั่น สมาชิกของเมทริกซ์สามารถเป็นเมทริกซ์ได้ โดยการกำหนด Cell Array จะใช้วงเล็บปีกกา {} ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 รูปแบบของ Cell Array

2.6 ฟังก์ชั่นทางสถิติ (Statistical Functions)

เป็นฟังก์ชั่นทางสถิติที่ใช้ใน Matlab ประกอบด้วยฟังก์ชั่นหลักๆต่อไปนี้

- max(x) จะให้ค่าที่มากที่สุดของ x ถ้า x เป็นเมทริกซ์ จะได้ผลเป็นเวกเตอร์แถวที่บรรจุค่าสูงสุดในแต่ละหลัก ของ x ถ้า x เป็นจำนวนเชิงซ้อนจะได้ผลเป็นค่าที่มีขนาดสูงสุด
- min(x) จะให้ค่าที่มากที่สุดของ x ถ้า x เป็นเมทริกซ์ จะได้ผลเป็นเวกเตอร์แถวที่บรรจุค่าน้อยสุดในแต่ละหลัก ของ x ถ้า x เป็นจำนวนเชิงซ้อนจะได้ผลเป็นค่าที่มีขนาดน้อยสุด
- sum(x) ถ้า x เป็น เวกเตอร์ จะได้ผลเป็นการรวมค่าทั้งหมดของสมาชิกใน x แต่ถ้า x เป็นเมทริกซ์ จะได้ผลเป็นเวกเตอร์แถวที่บรรจุผลบวกแต่ละหลักของ x ไว้

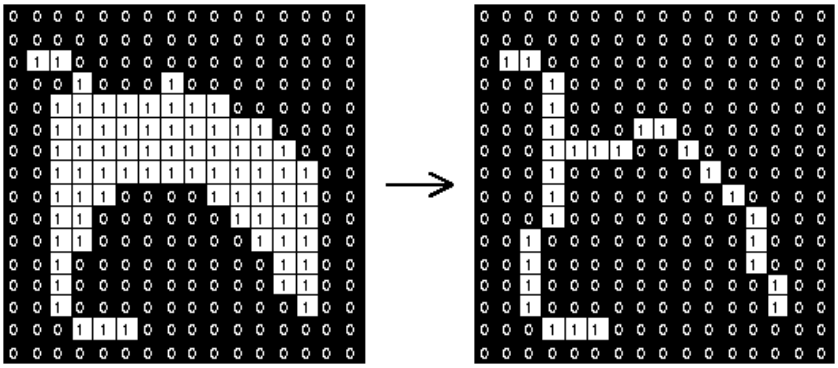
2.6 ฟังก์ชั่นทางตรรกศาสตร์ (Logical Functions)

ใน MATLAB จะมีฟังก์ชั่นทางตรรกศาสตร์หลายฟังก์ชั่น เพราะในบางกรณีเราจำเป็นต้องเปรียบเทียบ, ค้นหาสมาชิกที่อยู่เมทริกซ์ต่าง ๆ หรือตรวจสอบสมาชิกภายในเมทริกซ์ซึ่งฟังก์ชั่นประกอบด้วย

- find(x) จะได้ผลเป็นเวกเตอร์ของตำแหน่งที่มีสมาชิกที่ไม่ใช่ศูนย์ใน x ถ้า x เป็นเมทริกซ์ก็จะได้ผลเป็นเวกเตอร์หลักโดยจะนำผลของแต่ละหลักของ x มาเรียงต่อกันเป็นเวกเตอร์

2.7 การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงร่างของภาพ (Morphological processing)

การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงร่างของภาพ คือการประมวลผลของภาพทางด้านโครงสร้าง โดยเกี่ยวกับการแยกส่วนประกอบของภาพออกเพื่อใช้ในการแสดงรูปร่างในเมทริกซ์จะประกอบไปด้วยค่าระดับขาว-ดำ 2 ค่า คือ 0 และ 1 ซึ่งจะมีตัวดำเนินการที่นำมาใช้คือ “thin” เป็นการนำพิกเซลที่ถูกเลือกออกไปจากภาพขาว-ดำ ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ erosion หรือ opening โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นโครงของภาพดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การใช้ฟังก์ชั่น thin

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

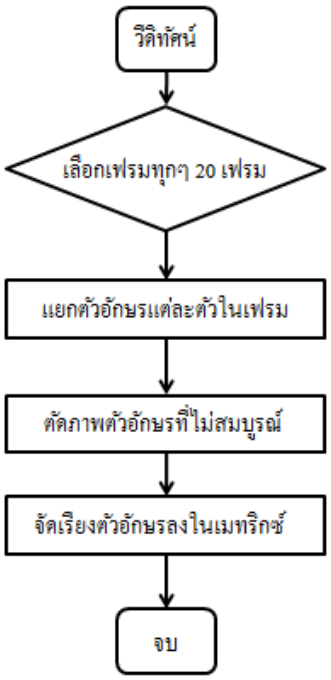
บทที่ 3

แนวคิดวิทยานิพนธ์

แนวคิดในการใช้กล้องถ่ายข้อความตามแนวบรรทัดอย่างต่อเนื่อง แบ่งกระบวนการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ กระบวนการเตรียมภาพก่อนการนำเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวอักษร, กระบวนการรู้จำตัวอักษรแต่ละตัว และกระบวนการจัดกลุ่มตัวอักษรในแต่ละบรรทัด

3.1 กระบวนการเตรียมภาพก่อนการนำเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวอักษร

ในขั้นตอนนี้เมื่อรับวีดิทัศน์จะมีการกำหนดจำนวนเฟรมที่รับมาจากวีดิทัศน์เพื่อทำการประมวลผลหาจำนวนตัวอักษรในแต่ละเฟรม จากนั้นจะจัดเก็บตัวอักษรแยกออกมาทีละตัวในแต่ละเฟรมแล้วจัดเรียงในเมทริกซ์ โดยเราจะทำไปอย่างต่อเนื่องจนครบจำนวนเฟรมตามกำหนดซึ่งสามารถแสดงให้เห็นขั้นตอนได้จากแผนภาพดังต่อไปนี้



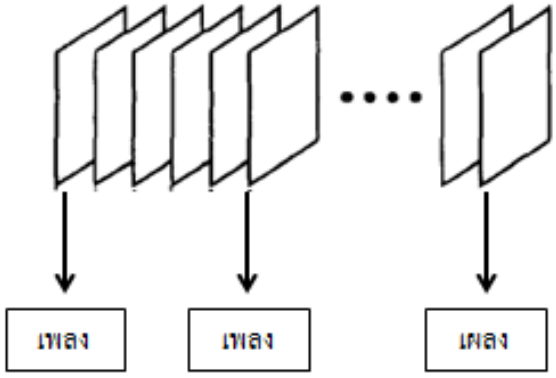
รูปที่ 6 กระบวนการเตรียมภาพก่อนการนำเข้าสู่กระบวนการรู้จำตัวอักษร

3.1.1 การรับข้อมูล

การรับข้อมูลเป็นการนำข้อมูลเข้ามาจากการใช้กล้องอ่านข้อความอย่างต่อเนื่องตามแนวบรรทัดโดยรับข้อความมาเป็นวีดิทัศน์

3.1.2 การคัดเลือกเฟรมที่จะทำมาประมวลผล

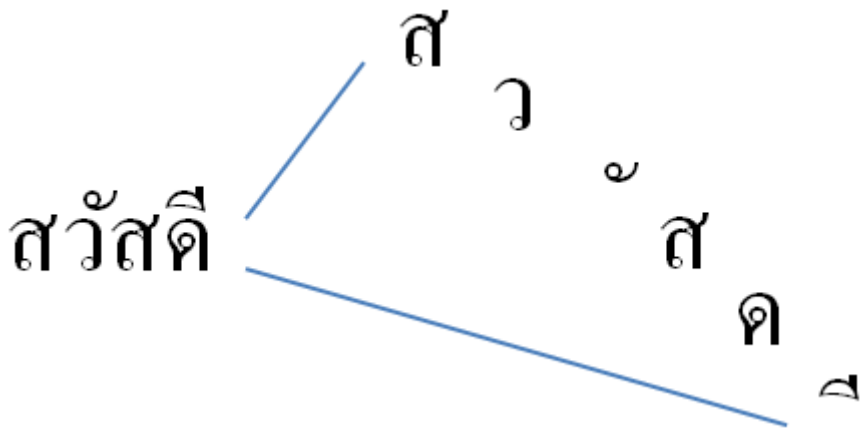
การคัดเลือกภาพที่จะนำมาประมวลผลเนื่องจากวีดิทัศน์เกิดจากการนำเฟรมหลายๆเฟรมมาเรียงต่อกันภายใน 1 วินาที ซึ่งจะมีเฟรมเป็นจำนวนมาก เราจึงต้องมีการเลือกเฟรมที่นำมาใช้โดยเราจะเลือกเฟรมภาพที่จะนำมาประมวลผลที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณทุก ๆ 20 เฟรม กล่าวคือ ระบบจะเลือกเฉพาะเฟรมที่ 1, 20, 40, ⋯ จากชุดภาพต่อเนื่องในวีดิทัศน์มาวิเคราะห์เท่านั้นดังรูปที่ 7 เพื่อให้ได้ผลการรู้จำข้อความตามแนวบรรทัดจากระบบที่ทันท่วงที (real time) ด้วยอัตราการเลือกเฟรมที่นำมาวิเคราะห์นี้ เราพบว่าตัวอักษรตัวเดิมจะปรากฏในเฟรมที่นำมาวิเคราะห์ติดต่อกันอย่างน้อย 3 เฟรมขึ้นไป



รูปที่ 7 การเลือกเฟรม

3.1.3 การแยกตัวอักษร

การแยกตัวอักษรเป็นการหาตัวอักษรที่อยู่ในเฟรมโดยใช้ Threshold ในการแยกพื้นหลังออกจากตัวอักษร แล้วเราจะหาจำนวนและตำแหน่งตัวอักษรในแต่ละเฟรมโดยใช้ Connected component หลังจากนั้นทำการดึงตัวอักษรแต่ละตัวออกมาเก็บไว้ในชุดข้อมูลดังรูปที่ 8 ซึ่งกำหนดให้ 1 แถวต่อ 1 เฟรม ดังนั้นในภาพถัดไปจะขึ้นแถวใหม่ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบจำนวนภาพที่นำมาประมวลผล



รูปที่ 8 การแยกตัวอักษร

3.1.4 การจัดเรียงตัวอักษรลงในเมทริกซ์

ในขั้นตอนนี้จะนำตัวอักษรแต่ละตัวในขั้นตอนที่แล้วมาจัดเรียงในเมทริกซ์โดยแยกแต่ละแถวต่อเฟรมหนึ่งเฟรมและแต่ละหลักต่อตัวอักษรหนึ่งตัวดังรูปที่ 9

ส	ว	อั	ส	ด	อี	← เฟรมที่ 5
ส	ว	อั	ส	ด	อี	← เฟรมที่ 10
						← เฟรมที่ 15
						← เฟรมที่ 20
						← เฟรมที่ 25

รูปที่ 9 การจัดเรียงตัวอักษร

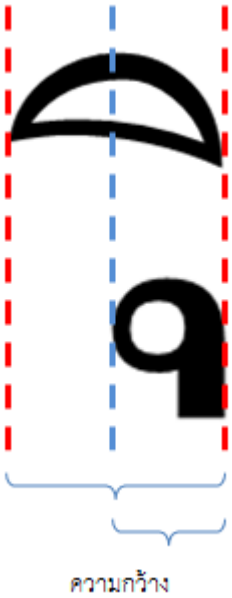
3.2 กระบวนการรู้จำตัวอักษรแต่ละตัว

การประมวลผลจะใช้ชุดข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้ามาประมวลผลเพื่อจำแนกตัวอักษรแต่ละตัวโดยตัวอักษรจะมีลักษณะรูปลักษณ์ที่เฉพาะตัวซึ่งเราได้ใช้ลักษณะในการจำแนกดังต่อไปนี้

1.ความสูงและความกว้างของตัวอักษร

เป็นการใช้ความสูงและความกว้างของตัวอักษรในการจำแนกเนื่องจากพยัญชนะและสระบางตัวที่มีขนาดความสูงที่แตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นรูปแบบตัวอักษรใดก็ตามดังรูปที่ 10 และสระบางตัวจะมีความกว้างที่แตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นรูปแบบตัวอักษรใดก็ตามดังรูปที่ 11

รูปที่ 10 ความสูงของตัวอักษร



รูปที่ 11 ความกว้างของตัวอักษร

2.จุดสัมผัสของขอบบน ขอบล่างและขอบหลัง

เป็นการใช้จุดสัมผัสของตัวอักษรในการจำแนกเนื่องจากแต่ละตัวอักษรมีจุดสัมผัสของตัวอักษรที่แตกต่างกันโดยเราใช้จำนวนของจุดสัมผัสขอบบนและขอบล่างในการจำแนก ดังรูปที่ 12 จะเห็นว่าตัวอักษร “ก” “ณ” “พ” จะมีจำนวนจุดสัมผัสขอบบนที่แตกต่างกัน โดย “ก” จะมีจุดสัมผัสขอบบน 1 จุดและจุดสัมผัสขอบล่าง 2 จุด “ณ” จะมีจุดสัมผัสขอบบน 2 จุดและจุดสัมผัสขอบล่าง 3 จุด “พ” จะมีจุดสัมผัสขอบบน 3 จุดและจุดสัมผัสขอบล่าง 2 จุด และในส่วนของขอบหลังเราจะใช้ปริมาณของจุดสัมผัสขอบหลังในการจำแนก ดังเช่น ตัวอักษร สระอะ สระอู จะมีปริมาณของจุดสัมผัสขอบหลังที่สัมผัสกับเส้นสีแดงที่ต่างกันดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 13

รูปที่ 12 จุดสัมผัสขอบบนและขอบล่าง

รูปที่ 13 ปริมาณของจุดสัมผัสขอบหลัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.จำนวนและตำแหน่งของวงกลม

เป็นการใช้จำนวนและตำแหน่งของวงกลมของตัวอักษรในการจำแนกตัวอักษรดังรูปที่ 14 จะเห็นว่าตัวอักษร “ก” “ร” “น” จะมีจำนวนของวงกลมที่แตกต่างกันโดย “ก” จะไม่มีวงกลม “ร” จะมี 1 วงกลม “น” จะมี 2 วงกลม และตัวอักษร “ณ” “ฌ” “ฒ” จะมีจำนวนของวงกลมที่เท่ากันแต่จะแตกต่างกันตรงที่ตำแหน่งของวงกลมดังที่แสดงในรูปที่ 15

รูปที่ 14 จำนวนวงกลมของตัวอักษร

รูปที่ 15 ตำแหน่งวงกลมของตัวอักษรที่ต่างกัน

4.จำนวนและตำแหน่งของจุดสิ้นสุด

เป็นการใช้จำนวนและตำแหน่งของจุดสิ้นสุด(Endpoint) ในการจำแนกตัวอักษรดังรูปที่ 16 จะเห็นได้ว่าตัวอักษร “ก” “ฟ” “ว” จะมีจำนวนและตำแหน่งของจุดสิ้นสุดที่แตกต่างกันโดย “ก” จะมีจำนวน 2 จุดซึ่งอยู่ตำแหน่งอยู่ด้านล่าง “ฟ” จะมีจำนวน 1 จุดซึ่งตำแหน่งจะอยู่บนขวา “ว” จะมีจำนวน 1 จุดซึ่งตำแหน่งบนซ้าย

รูปที่ 16 จำนวนและตำแหน่งของจุดสิ้นสุดที่ต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.การวนของหัว

เป็นการใช้การวนของหัวตัวอักษรในการจำแนกตัวอักษร โดยเราจำแนกเป็น 2 แบบ คือการวนหัวตามเข็มนาฬิกา และการวนหัวทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งแสดงให้เห็นดังรูปที่ 17 จะเห็นว่าตัวอักษร “ค” “ด” มีการวนหัวของตัวอักษรที่แตกต่างทำให้เราสามารถจำแนกตัวอักษรได้

รูปที่ 17 การวนหัว

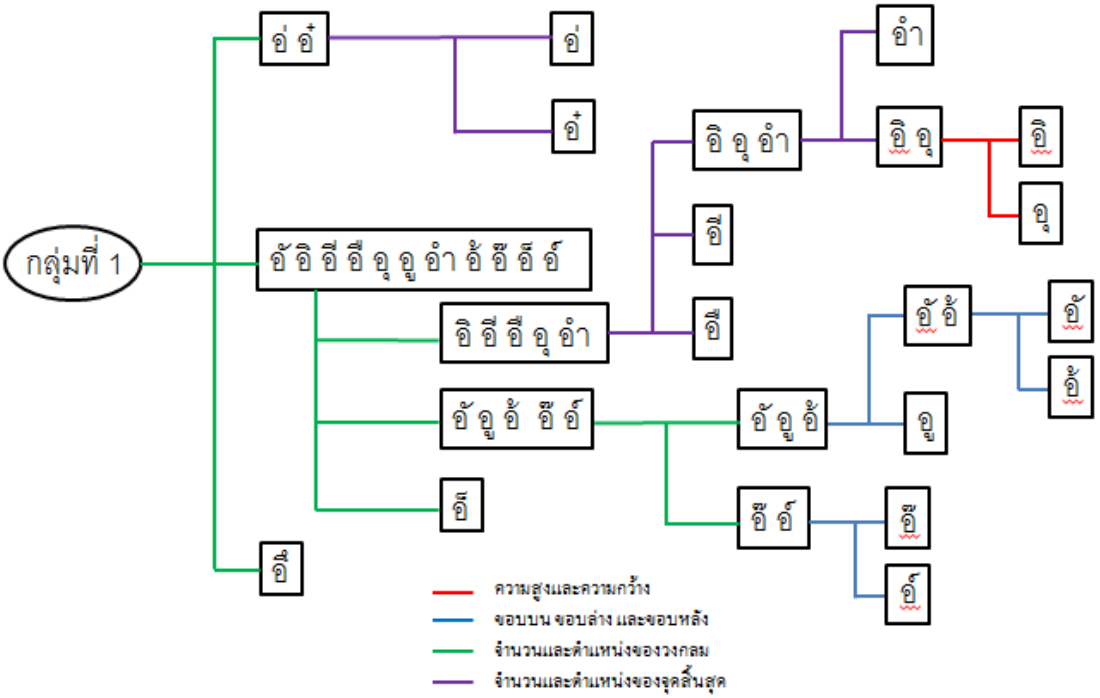
ซึ่งเราจะให้ลักษณะเหล่านี้ในการจำแนกตัวอักษรโดยเริ่มแรกเราจะแบ่งตัวอักษรออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ โดยใช้ความสูงของตัวอักษรจำแนกสระบางตัวออกจากตัวอักษรทั้งหมดแล้วนำตัวอักษรที่เหลือมาแยกโดยใช้ขอบล่างแบ่งได้ดังต่อไปนี้

- กลุ่มที่ 1: อะ อิ อี อึ อื อุ อู อำ อ่ อ้ อ๊ อ๋ อ็ อ์
- กลุ่มที่ 2: ข ฃ ง จ ช ซ ธ บ ป ย ร ว ษ อ ฮ อา เ โ ใ ไ ๆ
- กลุ่มที่ 3: ก ค ฅ ฆ ฉ ญ ฎ ฑ ด ต ถ ท น ผ ฝ พ ฟ ภ ม ล ศ ส ห ฬ
- กลุ่มที่ 4: ณ ฏ ฒ ฌ

หลังจากเราแยกเป็น 4 กลุ่มใหญ่แล้วเราจะใช้ลักษณะต่างๆดังที่กล่าวมาตอนต้นช่วยในการจำแนกจนสามารถจำแนกตัวอักษรแต่ละตัวออกจากกันได้ โดยเราจะแสดงผังการแยกของแต่ละกลุ่มดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

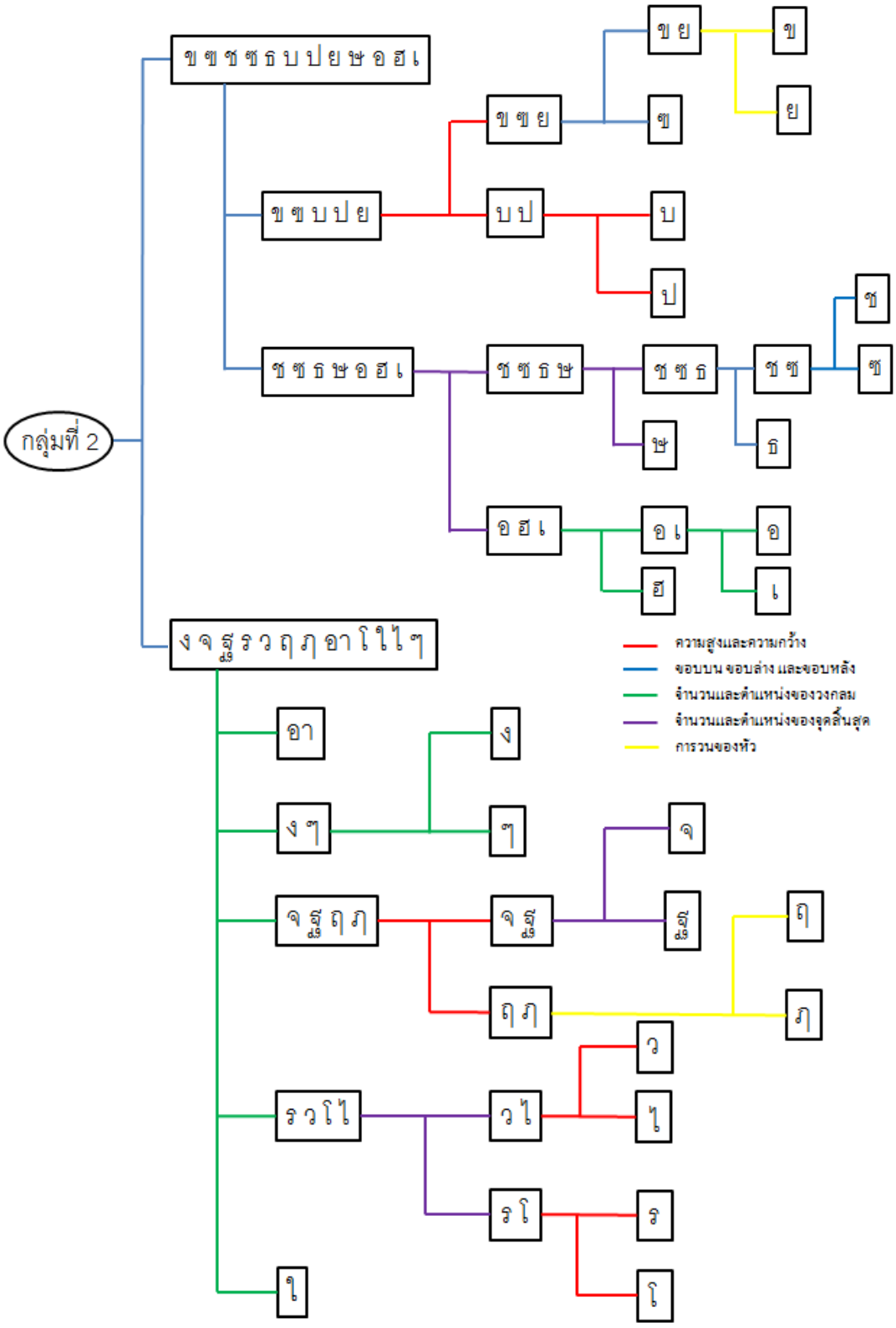
กลุ่มที่ 1



รูปที่ 18 ผังการจำแนกตัวอักษรของกลุ่มที่ 1

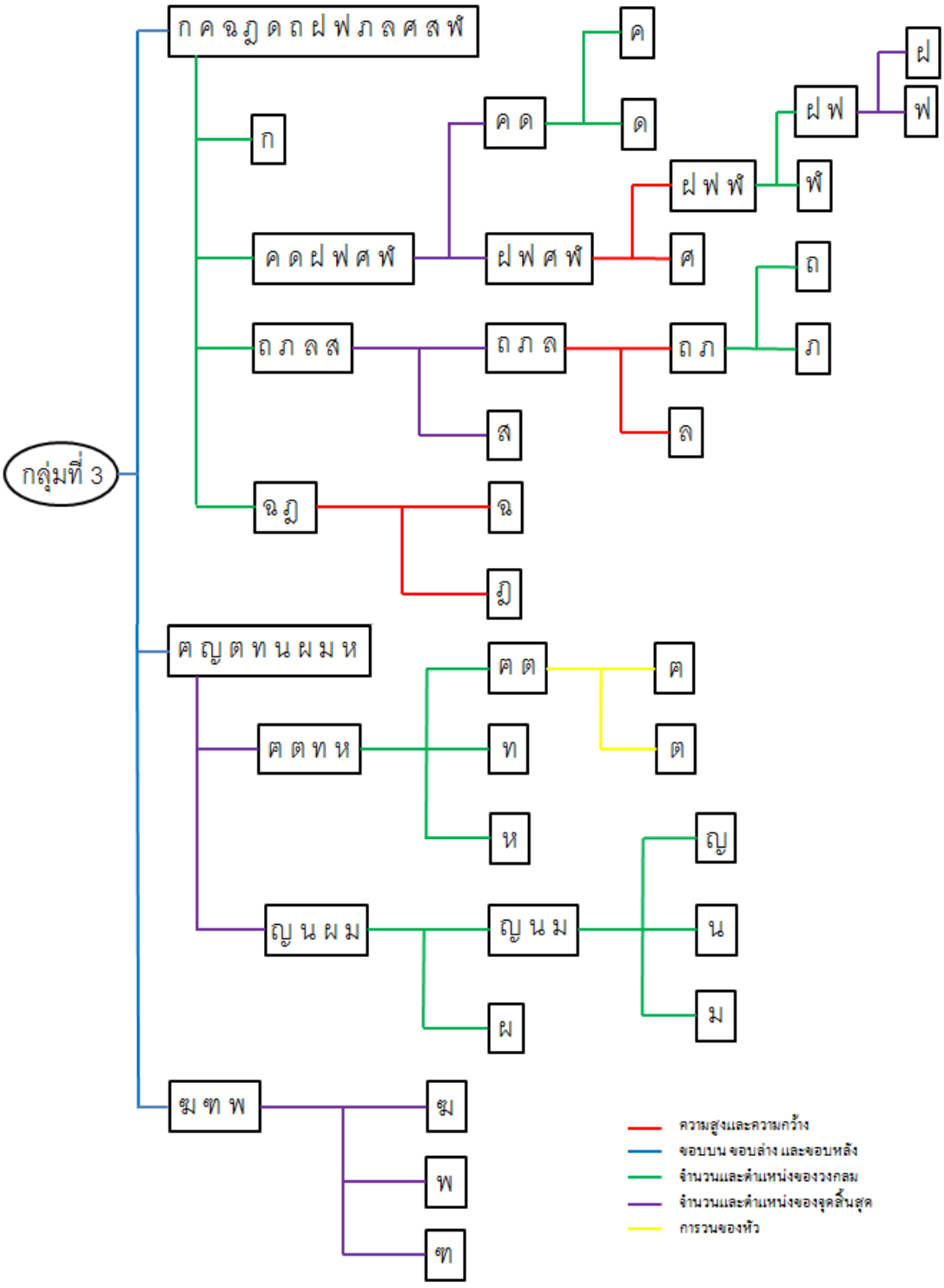
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่มที่ 2



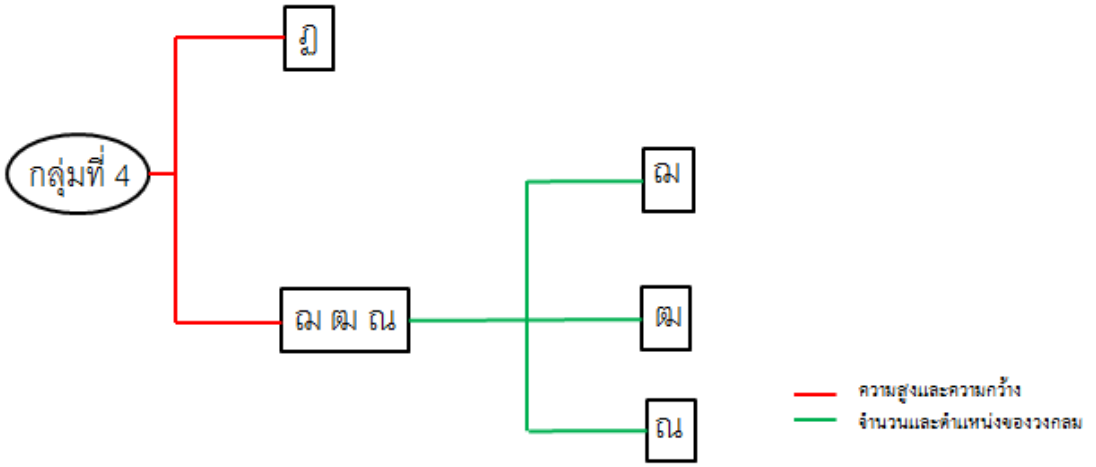
รูปที่ 19 ผังการจำแนกตัวอักษรของกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่ 3



รูปที่ 20 ผังการจำแนกตัวอักษรของกลุ่มที่ 3

กลุ่มที่ 4



รูปที่ 21 ผังการจำแนกตัวอักษรของกลุ่มที่ 4

โดยตัวอักษรแต่ละตัวเราจะใช้ตัวเลขในการแทนเป็นรหัสตัวอักษรดังแสดงให้เห็นในตารางดังรูปที่ 22

ก	39	ญ	56	น	57	ว	34	โ-	37	◌้	9
ข	15	ฎ	30	บ	18	ศ	45	ใ-	38	◌็	2
ฃ	17	ฏ	63	ป	19	ษ	23	-ะ	67	◌๊	13
ค	40	ฐ	31	ผ	59	ส	49	-า	27	◌๋	11
ฅ	52	ฑ	62	ฝ	42	ห	55	◌ิ	4	◌์	12
ฆ	60	ฒ	65	พ	61	ฬ	44	◌ี	6	◌ั	8
ง	28	ณ	66	ฟ	43	อ	24	◌ึ	14	◌ุ	5
จ	30	ด	41	ภ	47	ฮ	26	◌ื	7	◌ู	10
ฉ	50	ต	53	ม	58	ฤ	32	เ-	25		
ช	20	ถ	46	ย	16	ฦ	33	แ-	68		
ซ	21	ท	54	ร	36	ๆ	29	-ำ	3		
ฌ	64	ธ	22	ล	48	ไ	35	◌่	1		

รูปที่ 22 รหัสของตัวอักษร

3.3 กระบวนการจัดกลุ่มตัวอักษรในแต่ละบรรทัด

การจัดกลุ่มตัวอักษรจะใช้ชุดข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้ามาทำการจัดกลุ่มโดยชุดข้อมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นเมทริกซ์ตัวเลขดังรูปที่ 23

C1	C2	C3	C4	C5	C6
41	34	28	39	58	48
41	34	28	39	58	48
34	28	39	58	48	
34	28	46	58	48	
25	28	39	58	48	
28	39	58	49		

รูปที่ 23 ชุดข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า

เมื่อเราชุดข้อมูลตัวเลขมาแล้วเราจะทำการจัดกลุ่มตัวเลขที่มีค่าเท่ากันให้อยู่กลุ่มเดียวกันโดยให้เมทริกซ์แถวแรกเป็นแถวตั้งตนเสมอ แล้วค่อยเช็คในแถวถัดไปเริ่มจากหลักแรกเป็นต้น โดยขั้นตอนในการเช็คมีดังต่อไปนี้

1. หลักแรกให้เช็คกับแถวข้างบนในหลักแรกที่ปรากฏตัวเลขซึ่งถ้าเป็นตัวเลขเดียวกันให้ใส่ตัวเลขดังกล่าวลงในหลักนั้นแถวเดิมได้เลย ถ้าไม่พบให้เช็คหลักถัดไปซึ่งถ้าไม่พบอีกจะต้องแทรกแถวข้างหน้าเพื่อใส่เลขดังกล่าวดังรูปที่ 24

C1	C2	C3	C4	C5	C6
41	34	28	39	58	48
41					

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	41	34	28	39	58	48
42						

รูปที่ 24 การเช็คของตัวเลข

2. หลักถัดไปให้เช็คกับแถวข้างบนในหลักถัดจากหลักที่ เมื่อทำการเช็คจะแบ่งเป็น 2 กรณี
    1. ถ้าเป็นตัวเลขเดียวกันให้ใส่ตัวเลขดังกล่าวลงในหลักนั้นแถวเดิมได้เลย
    2. ถ้าไม่เป็นตัวเลขเดียวกันให้เช็คกับตัวถัดไป ถ้าเกิดเป็นตัวเลขเดียวกันให้ให้ใส่ตัวเลขให้ตรงกับหลักที่เช็คเจอ แต่ถ้าไม่ตัวเลขไม่ตรงกันอีกให้สร้างแถวแทรกเพิ่มต่อจากหลักก่อนหน้าแล้วใส่ตัวเลขแทรกลงไปดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 25 แถวที่ 4 หลัก C6, แถวที่ 5 หลัก C3 และแถวที่ 6 หลัก C9

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
41	34		28	39		58	48	
41	34		28	39		58	48	
	34		28	39		58	48	
	34		28		46	58	48	
		25	28	39		58	48	
			28	39		58		49

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 25 การจัดเรียงตัวอักษร

3. เช็คไปเรื่อยๆจนครบทั้งแถวแล้วจึงขึ้นแถวใหม่แล้วทำตามข้อ 1 และ 2 ต่อไป

เมื่อเราทำการเช็คจนครบทุกแถวเราจะทำการเลือกหลักที่มีค่าสะสมมากกว่า 2 แถวเป็นต้นไปดังแสดงให้เห็นดังรูปที่ 26

C1	C2	C4	C5	C7	C8
41	34	28	39	58	48
41	34	28	39	58	48
	34	28	39	58	48
	34	28		58	48
		28	39	58	48
		28	39	58	

รูปที่ 26 การเลือกกลุ่ม

หลักจากเลือกหลักที่เราต้องการมาแล้วจะทำการเลือกเลขในแต่ละหลักโดยเลือกค่าฐานนิยมของแต่ละหลักออกมาดังรูปที่ 27 แล้วจึงทำการแปลงเลขที่ได้ออกมาเป็นตัวอักษรตามตารางที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 28

C1	C2	C4	C5	C7	C8
41	34	28	39	58	48

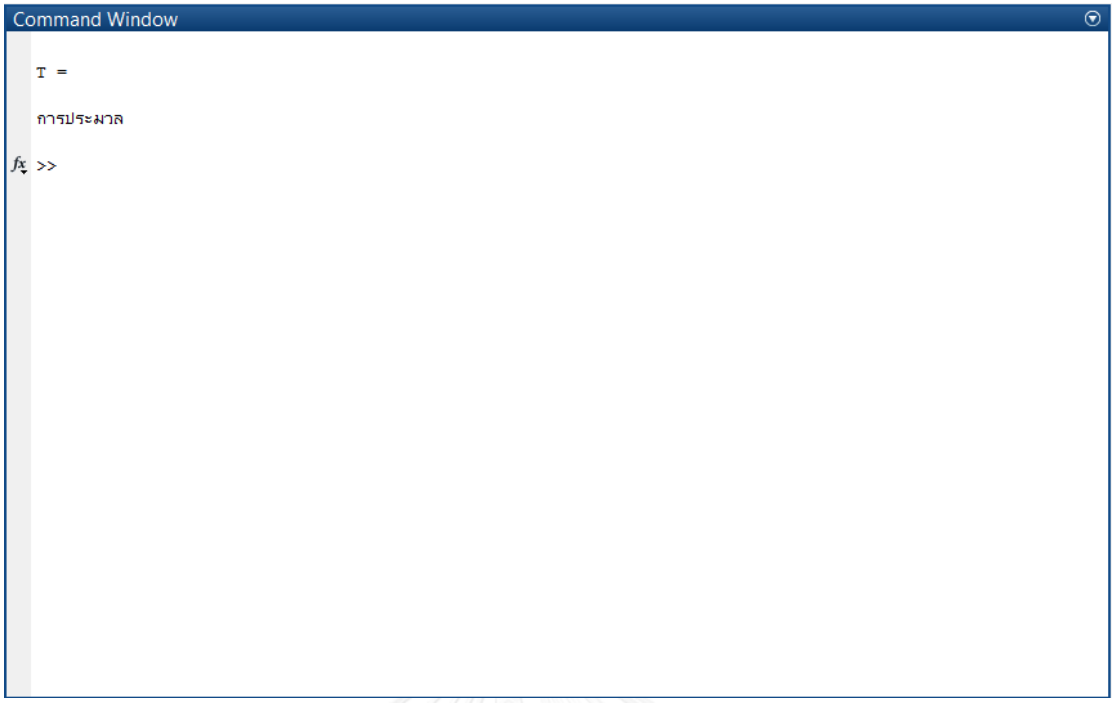
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 27 การเลือกรหัสในแต่ละหลัก

ค	ว	ง	ก	ม	ล

รูปที่ 28 การแปลงรหัสกลับมาเป็นตัวอักษร

เมื่อทำการประมวลผลผ่านกระบวนทั้ง 3 กระบวนผลที่ได้ทาง Matlab จะแสดงออกมาดังรูปที่ 29



รูปที่ 29 ผลลัพธ์ทาง Matlab

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์

ในการวิจัยเราได้แบ่งการวิจัยไว้ใน 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนกระบวนการรู้จำตัวอักษรแต่ละตัว กับขั้นตอนกระบวนการการจัดกลุ่มตัวอักษร เพื่อทำการวิเคราะห์กระบวนการรู้จำตัวอักษรว่ามีประสิทธิภาพในการรู้จำตัวอักษรได้ดีหรือไม่และวิเคราะห์กระบวนการการจัดกลุ่มว่าสามารถจัดเรียงตัวอักษรให้อ่านข้อความตามแนวบรรทัดได้ถูกต้องหรือไม่

4.1 การวิจัยในขั้นตอนวิธีการรู้จำตัวอักษร

เราได้ใช้ตัวอย่างตัวอักษรในการรู้จำทั้งหมด 1,762 ตัวโดยมีรูปแบบตัวอักษรทั้งหมด 4 แบบ ซึ่งผลที่ได้มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ผลการรู้จำตัวอักษร

ตัวอักษร	จำนวนตัวอักษรทั้งหมด	จำนวนตัวอักษรที่จำแนกได้	จำนวนตัวอักษรที่จำแนกไม่ได้
พยัญชนะ	1162	978 (84.17%)	184 (15.83%)
สระ	445	404 (90.79%)	41 (9.21%)
วรรณยุกต์	155	127 (81.94%)	28 (18.06%)
รวม	1762	1509 (85.64%)	253 (14.36%)

จากการวิเคราะห์พบว่าความผิดพลาดของกระบวนการรู้จำนั้นอาจจะเกิดจากหลายสาเหตุดังนี้

1. ตัวอักษรตัวเดียวกันที่มีลักษณะบางประการที่แตกต่างกันในแต่ละรูปแบบตัวอักษรอาจทำให้กระบวนการรู้จำนั้นจำแนกผิดพลาดได้ เช่น ตัวอักษร “ช” ทั้ง 4 รูปแบบดังแสดงในรูปที่ 30

รูปที่ 30 รูปแบบตัวอักษรทั้ง 4 แบบ
(ก) Angsana New (ข)Cordia New (ค)Tahoma (ง)TH Sarabun New

2. ความผิดพลาดในกระบวนการรู้จำอาจเกิดจากผลจากกระบวนการแบ่งส่วนภาพตัวอักษรที่ไม่สมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 31

รูปที่ 31 ตัวอักษรที่ไม่สมบูรณ์

3. เกิดจากการที่ตัวอักษรมีการซ้อนทับกันเช่น สระอิ ที่มีส่วนไปซ้อนทับกับตัวอักษร “ป” ดังแสดงในรูปที่ 32

รูปที่ 32 ตัวอักษรที่มีการซ้อนทับกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ความคลาดเคลื่อนอาจเกิดจากคุณภาพของภาพวีดิทัศน์ที่ใช้เก็บภาพตัวอักษรซึ่งเกิดจากแสงและเงาที่ทำให้ไม่สามารถจับภาพตัวอักษรได้ชัดเจน

4.2 การวิจัยขั้นตอนกระบวนการการจัดกลุ่มตัวอักษร

ขั้นตอนกระบวนการการจัดกลุ่มตัวอักษรในแต่ละเฟรมโดยเราใช้ตัวอย่างบทความดังรูปที่ 33

การประมวลผลภาพ หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ เช่น ระบบรู้จำลายนิ้วมือเพื่อตรวจสอบว่าภาพลายนิ้วมือที่มีอยู่นั้นเป็นของผู้ใด ระบบตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ระบบคัดแยกเกรดหรือคุณภาพของพืชผลทางการเกษตร ระบบอ่านรหัสไปรษณีย์อัตโนมัติ เพื่อคัดแยกปลายทางของจดหมายที่มีจำนวนมากในแต่ละวัน โดยใช้ภาพถ่ายของรหัสไปรษณีย์ที่อยู่บนซอง ระบบเก็บข้อมูลรถที่เข้าและออกอาคาร โดยใช้ภาพถ่ายของป้ายทะเบียนรถเพื่อประโยชน์ในด้านความปลอดภัย ระบบดูแลและตรวจสอบสภาพการจราจรบนท้องถนน โดยการนับจำนวนรถบนท้องถนนในภาพถ่ายด้วยกล้องวงจรปิดในแต่ละช่วงเวลา ระบบรู้จำใบหน้าเพื่อเฝ้าระวังผู้ก่อการร้ายในอาคารสถานที่สำคัญ ๆ หรือในเขตคนเข้าเมือง เป็นต้น จะเห็นได้ว่าระบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประมวลผลภาพจำนวนมาก และเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำ ๆ กันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งงานในลักษณะเหล่านี้ หากให้มนุษย์วิเคราะห์เอง มักต้องใช้เวลามากและใช้แรงงานสูง อีกทั้งหากจำเป็นต้องวิเคราะห์ภาพเป็นจำนวนมาก ผู้วิเคราะห์ภาพเองอาจเกิดอาการล้า ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทนมนุษย์ อีกทั้งเป็นที่ทราบโดยทั่วกันว่าคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคำนวณและประมวลผลข้อมูลจำนวนมหาศาลได้ในเวลาอันสั้น จึงมีประโยชน์อย่างมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลภาพและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากภาพในระบบต่าง ๆ

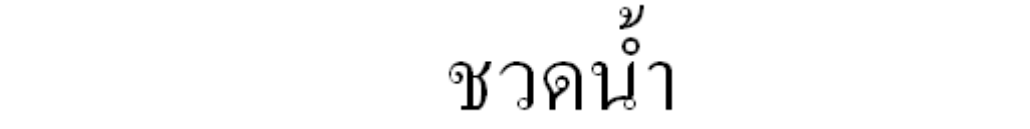
รูปที่ 33 บทความที่ใช้ในการวิจัย

ซึ่งประกอบด้วยตัวอักษรทั้งหมด 1,598 ตัว โดยใช้รูปแบบตัวอักษรทั้งหมด 4 แบบ รวมทั้งใช้เฟรมทุกๆ 15 เฟรมและทุกๆ 20 เฟรมในการวิจัย เราสามารถแบ่งผลลัพธ์เป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ชุดตัวอักษรที่จำแนกได้ถูกต้องทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 34

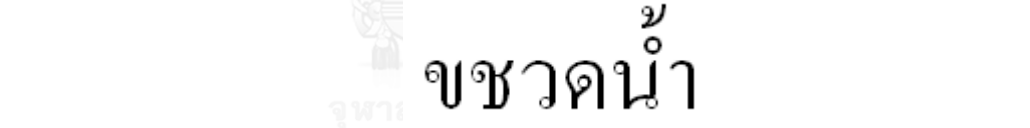
รูปที่ 34 ตัวอักษรที่ถูกต้อง

2. ชุดตัวอักษรที่มีการจำแนกผิดพลาดบางตัว เช่น ตัว ข ไข่ในคำว่า ขวดน้ำ ถูกจำแนกเป็น ตัว ช ช้าง กลายเป็นคำว่า ชวดน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 35



รูปที่ 35 ความผิดพลาดที่เกิดจากตรวจจับตัวอักษรพลาด

3. ชุดตัวอักษรที่จำแนกที่ถูกต้องทั้งหมดแต่มีตัวอักษรอื่นที่ไม่ควรมีแทรกเข้ามา เช่น ตัว ช ช้าง เข้ามาแทรกระหว่างตัว ข ไข่ กับตัว ว แหวน ในคำว่า ขวดน้ำ กลายเป็นคำว่า ขชวดน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 36



รูปที่ 36 ความผิดพลาดที่เกิดจากการตรวจจับถูกบางส่วน

4. ชุดตัวอักษรที่มีตัวอักษรบางตัวหายไปหรือไม่สามารถจำแนกได้ ดังแสดงในรูปที่ 37

รูปที่ 37 ความผิดพลาดที่เกิดจากตัวอักษรมีจำนวนไม่พอในการจัดกลุ่ม

ผลการทดลองของระบบรู้จำตัวอักษรจากชุดภาพจากกล้องที่เคลื่อนที่ไปตามบรรทัดตามที่นำเสนอในที่นี้ โดยแสดงเฉพาะส่วนที่ผิดพลาดทั้ง 3 ประเภทนั้นซึ่งผลที่ได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการจัดกลุ่มและแสดงผลการรู้จำตัวอักษรในแต่ละบรรทัดโดยเลือกเฟรมทุกๆ 15 เฟรม

รูปแบบตัวอักษร	ความผิดพลาดในการรู้จำและการจัดกลุ่ม		
	ตัวอักษรรู้จำผิดพลาด	ตัวอักษรอื่นแทรก	ตัวอักษรหาย
Angsana New	88 (5.51%)	259 (16.21%)	11 (0.69%)
Cordia New	100 (6.26%)	230 (14.39%)	12 (0.75%)
Tahoma	94 (5.88%)	167 (10.45%)	18 (1.13%)
TH Sarabun New	130 (8.14%)	153 (9.57%)	21 (1.31%)
รวม	412 (6.45%)	809 (12.66%)	62 (0.67%)

ตารางที่ 3 ผลการจัดกลุ่มและแสดงผลการรู้จำตัวอักษรในแต่ละบรรทัดโดยเลือกเฟรมทุกๆ 20 เฟรม

รูปแบบตัวอักษร	ความผิดพลาดในการรู้จำและการจัดกลุ่ม		
	ตัวอักษรรู้จำผิดพลาด	ตัวอักษรอื่นแทรก	ตัวอักษรหาย
Angsana New	109 (6.82%)	94 (5.88%)	34 (2.13%)
Cordia New	92 (5.76%)	107 (6.7%)	29 (1.81%)
Tahoma	115 (7.2%)	115 (7.2%)	37 (2.32%)
TH Sarabun New	82 (5.13%)	107 (6.7%)	46 (2.88%)
รวม	398 (6.22%)	423 (6.62%)	146 (2.28%)

จากการวิเคราะห์เมื่อเราได้มีการใช้ภาพซ้ำของวีดิทัศน์มาทำการจับกลุ่มจะให้ทำให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นแต่การนำตัวอักษรออกมาเรียงให้เป็นประโยคนั้นอาจจะยังไม่สามารถนำออกมาเรียงได้อย่างถูกต้องเนื่องจากตัวอักษรที่ไม่สามารถจำแนกได้นั้นจะเกิดการจัดกลุ่มกันจึงทำให้ตัวอักษรที่แยกผิดพลาดแสดงผลออกมาให้ข้อความด้วย ทำให้การเรียงข้อความเกิดความผิดพลาดได้ ส่วนตัวอักษรที่หายไปนั้นมักเกิดบริเวณต้นประโยคกับท้ายประโยคเนื่องจากเมื่อมีการถ่ายวีดิทัศน์บริเวณดังกล่าวจะมีการเก็บข้อมูลน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ ทำให้ระบบไม่สามารถจับกลุ่มตัวอักษรนั้น ๆ ได้ถูกต้องแม่นยำ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ในงานวิจัยเราได้ศึกษากระบวนการรู้จำตัวอักษรและได้เลือกใช้รูปลักษณ์ของตัวอักษรในการจำแนกซึ่งพัฒนาระบบโดยการใช้กล้องเลื่อนผ่านข้อความตามแนวบรรทัดให้สามารถรู้จำตัวอักษรได้มีประสิทธิภาพและใช้งานได้ง่ายขึ้น ซึ่งในงานวิจัยเราได้วิจัยโดยใช้รูปแบบตัวอักษรทั้งหมด 4 รูปแบบ ดังนี้ Cordia New, Angsana New, Tahoma และTH Sarabun New ขนาดตัวอักษรตั้งแต่ 8-18

ในกระบวนการรู้จำตัวอักษรแต่ละตัว เราได้ใช้ตัวอย่างในการตรวจจับตัวอักษรทั้งหมด 1,762 ตัว ซึ่งระบบสามารถจำแนกจำนวนตัวอักษรได้ถูกต้อง 1,509 ตัว คิดเป็นร้อยละ 85.64 และจำนวนตัวอักษรที่ไม่สามารถจำแนกได้อย่างถูกต้อง 253 ตัว คิดเป็นร้อยละ 14.36 เมื่อทำการวิเคราะห์เกี่ยวกับข้อผิดพลาดของกระบวนการรู้จำทำให้เราทราบสาเหตุที่อาจทำให้ระบบไม่สามารถจำแนกตัวอักษรได้อย่างถูกต้องดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนจากคุณภาพของวีดิทัศน์ที่ใช้เก็บภาพตัวอักษร
2. ตัวอักษรตัวเดียวอาจมีรูปลักษณ์ที่ต่างกันในแต่ละรูปแบบ
3. ความผิดพลาดจากผลของกระบวนการแบ่งส่วนภาพตัวอักษรที่ไม่สมบูรณ์
4. ความผิดพลาดเกิดจากตัวอักษรมีการซ้อนทับกัน

ในกระบวนการการจัดกลุ่มตัวอักษรในแต่ละบรรทัดและแสดงผลการรู้จำ เราได้ใช้ตัวอย่างตัวอักษรทั้งหมด 1,598 ตัวในแต่ละรูปแบบตัวอักษร โดยเราได้แสดงผลลัพธ์เป็นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นซึ่งความผิดพลาดที่เราสนใจมี 3 แบบดังนี้ ตัวอักษรรู้จำผิดพลาด, ความผิดพลาดจากตัวอักษรแทรก และความผิดพลาดจากตัวอักษรหาย ในกระบวนการจัดกลุ่มตัวอักษร เมื่อเราใช้เฟรมทุกๆ 15 เฟรมผลที่ได้มีดังนี้ รูปแบบ Cordia New เกิดความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรรู้จำผิด 100 ตัว คิดเป็นร้อยละ 6.26 ความผิดพลาดเนื่องจากอักษรอื่นแทรก 230 คิดเป็นร้อยละ 14.39 และความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรหาย 12 คิดเป็นร้อยละ 0.75 ตัวอักษรรูปแบบ Angsana New เกิดความ

ผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรรู้จำผิด 88 ตัว คิดเป็นร้อยละ 5.51 ความผิดพลาดเนื่องจากอักษรอื่นแทรก 259 คิดเป็นร้อยละ 16.21 และความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรหาย 11 คิดเป็นร้อยละ 0.69 ตัวอักษรรูปแบบ Tahoma เกิดความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรรู้จำผิด 94 ตัว คิดเป็นร้อยละ 5.88 ความผิดพลาดเนื่องจากอักษรอื่นแทรก 167 คิดเป็นร้อยละ 10.45 และความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรหาย 18 คิดเป็นร้อยละ 1.13 และตัวอักษรรูปแบบ TH Sarabun New เกิดความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรรู้จำผิด 130 ตัว คิดเป็นร้อยละ 8.14 ความผิดพลาดเนื่องจากอักษรอื่นแทรก 153 คิดเป็นร้อยละ 9.57 และความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรหาย 21 คิดเป็นร้อยละ 1.31และเมื่อเราใช้เฟรมทุกๆ 20 เฟรมผลที่ได้มีดังนี้ รูปแบบ Cordia New เกิดความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรรู้จำผิด 92 ตัว คิดเป็นร้อยละ 5.76 ความผิดพลาดเนื่องจากอักษรอื่นแทรก 107 คิดเป็นร้อยละ 6.7 และความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรหาย 29 คิดเป็นร้อยละ 1.81 ตัวอักษรรูปแบบ Angsana New เกิดความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรรู้จำผิด 109 ตัว คิดเป็นร้อยละ 6.82 ความผิดพลาดเนื่องจากอักษรอื่นแทรก 94 คิดเป็นร้อยละ 5.88 และความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรหาย 34 คิดเป็นร้อยละ 2.13 ตัวอักษรรูปแบบ Tahoma เกิดความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรรู้จำผิด 115 ตัว คิดเป็นร้อยละ 7.2 ความผิดพลาดเนื่องจากอักษรอื่นแทรก 115 คิดเป็นร้อยละ 7.2 และความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรหาย 37 คิดเป็นร้อยละ 2.32 และตัวอักษรรูปแบบ TH Sarabun New เกิดความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรรู้จำผิด 82 ตัว คิดเป็นร้อยละ 5.13 ความผิดพลาดเนื่องจากอักษรอื่นแทรก 107 คิดเป็นร้อยละ 6.7 และความผิดพลาดเนื่องจากตัวอักษรหาย 46 คิดเป็นร้อยละ 2.88

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ระบบรู้จำตัวอักษรสามารถอ่านตัวอักษรได้หลากหลายรูปแบบยิ่งขึ้น
- ระบบรู้จำตัวอักษรสามารถพัฒนาให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น
- ระบบการจัดกลุ่มสามารถจัดกลุ่มตัวอักษรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อช่วยในการอ่านข้อความ

รายการอ้างอิง

[1] W. I. a. R. Kongkachandra, "Automatic Thai Handwritten Characters Segmentation Based on Linear Regression Analysis and Decision Tree Learning," *Thai Journal of Science and Technology,* vol. 2, p. 7, 2013.

[2] C. Pornpanomchai and M. Daveloh, "Printed Thai Character Recognition by Genetic Algorithm," in 2007 *International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 2007, pp. 3354-3359.

[3] T. Mita and O. Hori, "Improvement of video text recognition by character selection," in *Document Analysis and Recognition,* 2001. *Proceedings. Sixth International Conference on*, 2001, pp. 1089-1093.

[4] "<Geometric Feature Points Based Optical Character.pdf>."

[5] M. U. Akram, Z. Bashir, A. Tariq, and S. A. Khan, "Geometric feature points based optical character recognition," in *Industrial Electronics and Applications (ISIEA),* 2013 *IEEE Symposium on*, 2013, pp. 86-89.

[6] S. Bhooshan, V. Kumar, A. K. Singh, T. Negi, and J. Miglani, "Character Recognition Using Geometrical Features of Alphabet: A Novel Technique," in *Communication Software and Networks,* 2009. *ICCSN '09. International Conference on*, 2009, pp. 119-125.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ - สกุล นางสาวสิริขวัญ ไชยวัฒนพันธุ์

วัน เดือน ปีเกิด 9 พฤศจิกายน พ.ศ. 2534

สถานที่เกิด โรงพยาบาลศิริราช กรุงเทพฯ

วุฒิการศึกษา

ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาไฟฟ้าสื่อสาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University