



การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียน (ตัวอักษรภาษาไทย)
(Handwriting Character Recognition)

เสนอ

อาจารย์ ดร.ศิวฤทธิ์ สุนทรเสถียร

กลุ่ม

นายอุกฤษฏ์	ทรงจิตต์	เลขทะเบียน	5901108601
นายชนพล	จิตรมั่นคง	เลขทะเบียน	5901108603
นางสาวนิพัทธา	นนทะ	เลขทะเบียน	5901108607 (หัวหน้ากลุ่ม)

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา BC410 สัมมนาทางคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

ประจำภาคต้น ปีการศึกษา 2562

คณะบริหารธุรกิจ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ

มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

คณะผู้จัดทำ



นายอุกฤษฏ์ ทรวงจิตต์
เลขทะเบียน 5901108601
E-Mail ukrit_songchit@hotmail.com



นายธนพล จิตรมั่นคง
เลขทะเบียน 5901108603
E-Mail tanapon_tunk@hotmail.com



นางสาวนิพัทธา นนทะ
เลขทะเบียน 5901108607 (หัวหน้ากลุ่ม)
E-Mail whanniphatha@gmail.com

ชื่อเรื่อง : การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียน (ตัวอักษรภาษาไทย)
 ผู้เขียน : นายอุกฤษฏ์ ทรงจิตต์ เลขทะเบียน 5901108601
 นายธนพล จิตรมั่นคง เลขทะเบียน 5901108603
 นางสาวนิพัทธา นนทะ เลขทะเบียน 5901108607

หลักสูตร คอมพิวเตอร์ธุรกิจ
 คณะ บริหารธุรกิจ
 อาจารย์ประจำวิชา ดร.ศิวฤทธิ์ สุนทรเสถณี
 อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ศิวฤทธิ์ สุนทรเสถณี
 ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการเชื่อมต่อระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์เทคโนโลยีที่สำคัญที่จะทำให้การใช้งานคอมพิวเตอร์ได้ดียิ่งขึ้นซึ่งในอดีตได้มีก้าวรค้นคว้าวิจัยอย่างต่อเนื่องเพื่อพัฒนาให้เป็นระบบที่ดีมีประสิทธิภาพมากที่สุดการรู้จำลายมือเขียนเพื่อใช้สำหรับการรู้จำตัวอักษรลายมือในครพฤติกรรมกรเขียนอักษรไทยเพื่อให้ออกแบบ

การแยกภาพตัวอักษรลายมือเสียงที่ติดอยู่กันแบบโดยเฉพาะตัวอักษรภาษาไทยออกจากกันซึ่งเป็นกระบวนการเตรียมพร้อมสำหรับการรู้จำลายมือลักษณะการเขียนภาษาไทยมีความแตกต่างภาษาอังกฤษซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับโดยสามารถติดกันได้ในระดับเดียวกันและข้ามระดับทั้งในแนวนอนและแนวตั้งหลักการที่ใช้ในบทความนั้นประกอบไปด้วยการรู้จำตัวอักษรลายมือมาครับแยกให้เป็นตัวอักษรเดี่ยวและตัวสอนติดกันจากนั้นจะมีขอตัวสอนด้วยคุณลักษณะตาของตัวของไทยก็แยกตัวสอ งที่ติดกันเมื่อยแล้วตั้งและแนวนอนโดยมีก้าวรใช้เส้นแ่งการวิเคราะห์สำหรับตัดแบ่งระดับพยัญชนะกับสระขั้นตอนนี้ถ้ามีการตัดแต่งตัวอักษรก่อนการรู้จำสอนตามหลักการรู้จำตัวอักษรไทย

ผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญภาพ	ง
สารบัญตาราง	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการทำงาน	1
1.4 วิธีดำเนินงาน	2
1.5 ระยะเวลาดำเนินงาน	2
1.6 ผู้รับผิดชอบโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีทางการบริหารธุรกิจ	
2.1 ทฤษฎี Five Force Model	3
2.2 ทฤษฎี PEST Analysis	5
2.3 ทบทวนวรรณกรรม	5
บทที่ 3 ทฤษฎีสารสนเทศและการจัดการเทคโนโลยี	
3.1 วงจรการพัฒนาระบบ	26
3.2 ระบบการจัดการฐานข้อมูล	27
3.3 ER-Diagram ของ ระบบรู้จำลายมือเขียน	33
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 การทำแบบจำลอง	37
4.2 หน้าผู้ใช้งาน	44
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	
5.1 สรุปผลการวิจัย	48
5.2 ข้อเสนอแนะ	48

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1 5 Force Model (แรงกดดันทางธุรกิจ 5 ประการ)	3
ภาพที่ 3.1แสดงวงจรการพัฒนาาระบบ (System Development : SDLC)	27
ภาพที่ 3.2 แสดงการทำงานของ OCR	30
ภาพที่ 3.3 ส่วนประกอบของ CNN	31
ภาพที่ 3.4 รูปภาพจากฐานข้อมูลฝึกฝน NECTEC	32
ภาพที่ 3.5รูปภาพ ที่ได้ทำการตัด	35
ภาพที่ 3.6 Pooling	35
ภาพที่ 3.7 รูปภาพ ที่ได้ทำการแปลงจากdata set	35
ภาพที่ 3.8 รูปตัวอย่างในการทดสอบระบบ	36
ภาพที่ 4.1 ข้อมูลรูปภาพจากNECTEC	37
ภาพที่ 4.2 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว(SET1)	38
ภาพที่ 4.3 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว(SET1)	38
ภาพที่ 4.4 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว(SET2)	39
ภาพที่ 4.5 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว (SET2)	39
ภาพที่ 4.6 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว (SET3)	40
ภาพที่ 4.7 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว (SET3)	40
ภาพที่ 4.8 แสดงถึงรูปภาพแปลงรูปแล้ว	41
ภาพที่ 4.9 แสดงถึงการแปลงรูปภาพ	41
ภาพที่ 4.10 แสดงถึงการแทนตัวเลขกับตัวอักษรแต่ละตัว	42
ภาพที่ 4.11 แสดงถึงการแทนตัวเลขกับตัวอักษรแต่ละตัว	42
ภาพที่ 4.12 แสดงถึงการแปลงไฟล์ข้อมูล(รูปภาพ)	43
ภาพที่ 4.13 แสดงถึงการประมวลผลไปยังเว็บไซต์	43
ภาพที่ 4.14 แสดงถึงการประมวลผลการเรียงเป็นประโยค	44
ภาพที่ 4.15 แสดงหน้าเว็บไซต์	44
ภาพที่ 4.16 แสดงหน้าเว็บไซต์ที่แสดงผล	45

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 2.1 แสดงกลยุทธ์ทางธุรกิจ	4
ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงกำหนดข้อมูล	34
ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบระบบโดยใช้การรับข้อมูลอินพุตจากประมวลผลภาพ	51
ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบระบบโดยใช้การรับข้อมูลอินพุตจากประมวลผลภาพ (ต่อ)	52

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาการศึกษาวิจัยและพัฒนาโปรแกรมด้านการรู้จำลายมือเขียน (Handwriting Recognition) เริ่มเป็นที่แพร่หลายมากขึ้น ได้มีการนำความรู้ในหลายด้าน มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการรู้จำตัวอักษรที่เขียนด้วยลายมือยังเป็นเรื่องที่ยังยาก เนื่องจากตัวเลขจะมีความหลากหลาย ลายมือเขียนของคนเรานั้นมีเอกลักษณ์ไม่ต่างจากบุคลิกท่าทางเฉพาะตัวอย่างไรก็ตามถึงแม้จะสามารถนำระบบรู้จำภาพไปใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ ได้อย่าง กว้างขวาง แต่การสร้างระบบการรู้จำตัวเลขจากลายมือให้ใช้งานได้จริงยังคงเป็นงานที่ท้าทายและเป็นไปได้ยากอยู่ในปัจจุบันเพราะยังมีปัญหาที่ต้องคำนึงถึงเช่น การเขียนที่ไม่ถูกต้อง ทำให้ได้ตัวเลขรูปร่างแตกต่างจากแบบมาตรฐานทั่วไปซึ่งมนุษย์สามารถอ่าน และเข้าใจได้

เนื่องจากมนุษย์มีโครงสร้างทางสมองที่ซับซ้อนมีการใช้ความรู้หลายด้านมาประมวลผล ก่อนการตัดสินใจ แต่คอมพิวเตอร์ไม่มีสิ่งเหล่านี้ ซึ่งปัญหาเหล่านี้ในปัจจุบันยังคงเป็นปัญหาที่มีความยุ่งยากในการแก้ไขอยู่ขณะนี้ผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาการรู้จำตัวหนังสือที่เขียนด้วยลายมือเป็นตัวเลขด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

คำสำคัญ : การรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย ขั้นตอนวิธีที่ใช้ใน คุณลักษณะพิเศษ การประมวลผลเบื้องต้น

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 2.1. เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการจดจำลายมือเขียนตัวหนังสือด้วยโครงข่ายประสาทเทียม
- 2.2. เพื่อปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีการเชื่อมต่อระหว่างคนและคอมพิวเตอร์

3. ขอบเขตของการวิจัย

- 3.1 ระบบรู้จำลายมือเขียนเป็นแบบออฟไลน์
- 3.2 ใช้อัลกอริทึมการตรวจจับภาพ
- 3.3 ใช้ภาษา Python ในการเขียนโปรแกรมเป็นส่วนใหญ่
- 3.4 ต้องเป็นภาษาไทย

4. รายละเอียดของการพัฒนา

Convolutional Neural Network (CNN)

หรือโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งในกลุ่มbio-inspired โดยที่ CNN จะจำลองพื้นที่ที่เป็นที่ย่อยๆ และนำกลุ่มของพื้นที่ย่อยๆ มาผสมกัน โดย CNN จะเด่นเรื่องข้อมูลของรูปภาพที่จะทำการสแกนรูปหรือแยกองค์ประกอบของรูปออกมา เช่น สี ขอบ ขนาด รูปทรง เป็นต้น

5. ระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลา	2562																	
	ส.ค.		ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.				ธ.ค.			
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.เสนอหัวข้อโครงการ																		
2.ศึกษาและรวบรวมข้อมูล																		
3.วิเคราะห์ระบบและออกแบบฐานข้อมูลของระบบ																		
4.สร้างระบบ																		
5.ทดสอบการใช้งานระบบ																		
6. ปรับปรุงและแก้ไขระบบ																		
7. นำเสนอผลงาน																		

ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาการดำเนินงาน

6. ผู้รับผิดชอบโครงการ

- 6.1 นายอุกฤษฏ์ ทรงจิตต์ หน้าที่ Database , การรวมเป็นประโยค
- 6.2 นายธนพล จิตรมั่นคง หน้าที่ front-end
- 6.3 นางสาวนิพัทธา นนทะ หน้าที่ Database , การประมวลผลภาพ

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

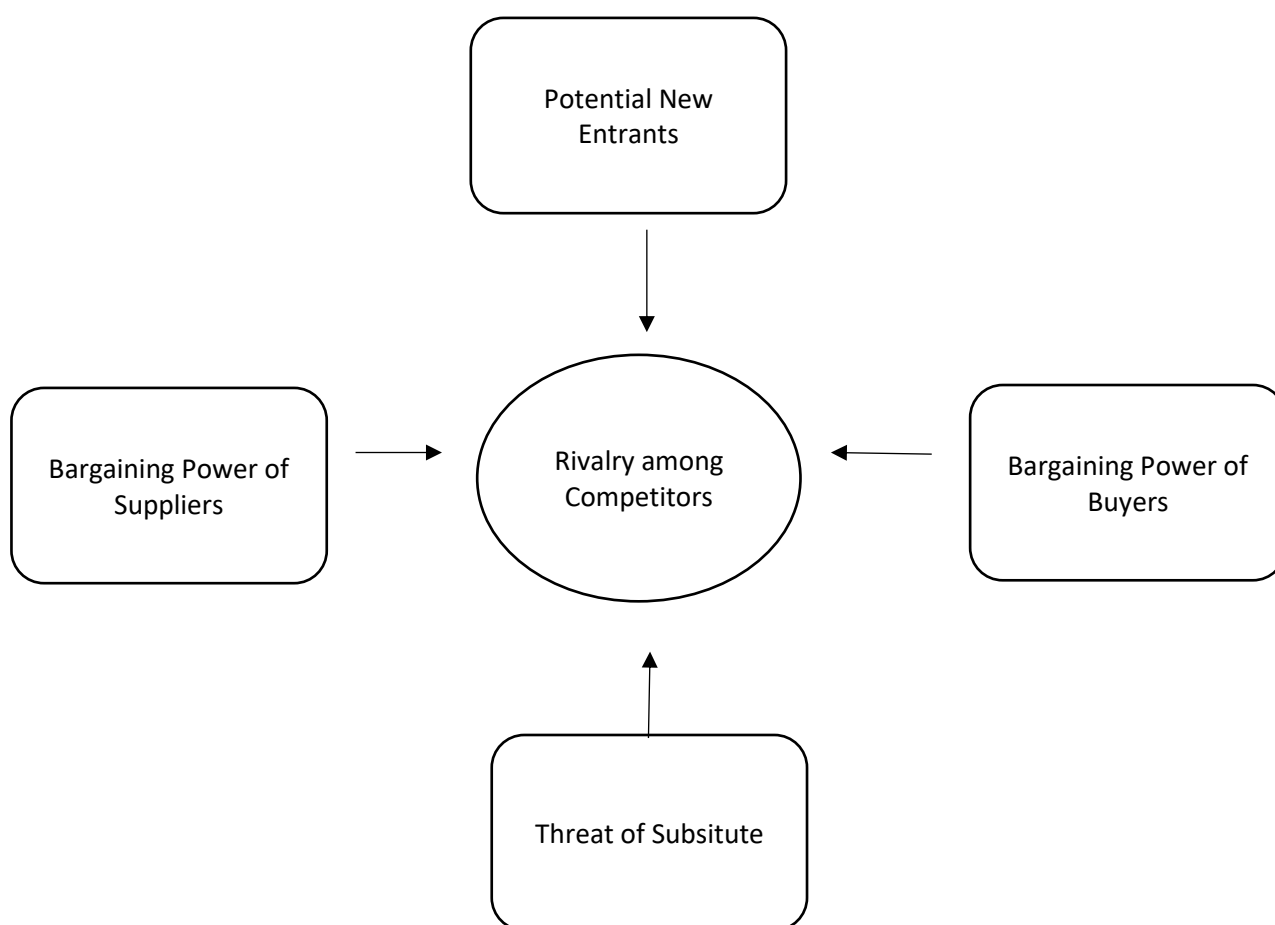
ในการสร้างเว็บไซต์พัฒนาระบบ

การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ และประยุกต์ทฤษฎีทางบริหารธุรกิจไว้ดังนี้

2.1 ประยุกต์ทฤษฎีทางบริหารธุรกิจ

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีทางด้านการบริหารธุรกิจ (Management theory) ทฤษฎี

แรงกดดัน 5 ประการ (Five Forces Model) พลังกดดันทั้ง 5 ประการในการที่ธุรกิจจะถูกกระทำจากสิ่งแวดล้อมทำให้นำมาประยุกต์ใช้เกี่ยวกับเทคโนโลยีแนวคิดแรงกดดันทางการแข่งขัน (competitive forces) ของ Porter (1980) ได้เสนอการประเมินสถานการณ์ความรุนแรงการแข่งขันของธุรกิจไว้ 5 ด้าน เรียกว่า แรงกดดัน 5 ประการ (five forces) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ใช้ประเมินความรุนแรงในการแข่งขัน โอกาสในการประเมินความเข้มแข็งและโอกาสทางธุรกิจ ประกอบไปด้วย



ภาพที่ 2.1 5 Force Model (แรงกดดันทางธุรกิจ 5 ประการ)

- 1). แรงกดดันของการเข้ามายังอุตสาหกรรมของกลุ่มแข่งขันราย ใหม่(new entrants)
 - 2). แรงกดดันจากกลุ่มแข่งขันรายเดิมในอุตสาหกรรม(segment rivalry)
 - 3). แรงกดดันของสินค้าทดแทน (substitute)
 - 4). แรงกดดันจากอำนาจการต่อรองของผู้ซื้อ (buyers)
 - 5). แรงกดดันจากอำนาจการต่อรองของผู้จัดตั้งวัตถุดิบ (suppliers) เป็นการวิเคราะห์สถานการณ์ความรุนแรงทางการแข่งขันในตลาด รวมถึงการประเมินสภาพการแข่งขันของธุรกิจว่าอยู่ในสถานะ ผู้นำผู้ทำชิง ผู้ตาม หรือผู้เจาะตลาดส่วนเล็ก สำหรับกลยุทธ์ในการแข่งขันนั้น มีหลากหลายวิธีในการชนะคู่แข่ง Porter (1980) ได้นำเสนอ 3 วิธี คือ
- 1). การเป็นผู้นำทางด้านต้นทุนรวม (overall cost leadership)
 - 2). การสร้างความแตกต่าง (differentiation)
 - 3). การมุ่งตลาด เฉพาะส่วน(focus) ไม่ว่าผู้บริหารจะใช้วิธีใดก็ตามในการชนะการแข่งขันทางธุรกิจที่ดีผู้บริหารต้องเปลี่ยนแปลงให้ทันตามภาวะปัจจุบัน และแก้โจทย์ปัญหาของการถูกคุกคามจากคู่แข่งให้รวดเร็วที่สุด อีกทั้งยังต้องหาแนวป้องกันและสร้างความเข้มแข็งในตราสินค้าให้สามารถ ครองใจผู้บริโภคได้อย่างยั่งยืน

1.Innovation strategy	กลยุทธ์สร้างนวัตกรรมใหม่
2.Growth Strategies	กลยุทธ์ที่ก่อให้เกิดความเจริญเติบโต
3.Alliance Strategies	กลยุทธ์พันธมิตรหรือสหพันธ์
4.Cost Leadership	กลยุทธ์ผู้นำในการประหยัดงบประมาณ
5.Differentiation Straategy	กลยุทธ์ของความแตกต่าง
6.Sale Information	การขายสารสนเทศ
7.Marketing	การตลาด
8.Advertising	การโฆษณา
9.Cisco Systems	ระบบการทำงานของบริษัท
10.Ross operating valves	การปฏิบัติการของวาล์ว

ตารางที่ 2.1 แสดงกลยุทธ์ทางธุรกิจ

2.2. ทฤษฎี PEST Analysis

ทฤษฎีวิเคราะห์สภาพพื้นที่หรือปัจจัยภายนอกของ Francis J. Aguilar

ซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการบริหารและไม่สามารถควบคุมได้ PEST ประกอบด้วย

- Politics เป็นปัจจัยทางการเมือง เช่น การกำหนดนโยบายต่างๆของภาครัฐ การเดินขบวนประท้วง ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการบริหารหรือส่งผลกระทบต่อผลประโยชน์ขององค์กร
- Economic เป็นปัจจัยทางเศรษฐกิจ เช่น ปัญหาเศรษฐกิจโลกชะลอตัว ปัญหาเงินเฟ้อ เงินฝืด หรือราคาพืชผลทางการเกษตรตกต่ำ
ซึ่งเป็นปัจจัยภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้แต่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อองค์กรธุรกิจ
- Social/ culture ปัจจัยทางสังคม วัฒนธรรม เช่น ปัจจุบันเทรนด์รักสุขภาพมีแนวโน้มสูงขึ้น คนหันมาให้ความสำคัญกับเรื่องการอนุรักษ์
เลือกใช้สินค้าที่บรรจุอยู่หีบห่อหรือกล่องกระดาษที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
หรือพฤติกรรมของบุคคลมีการเดินทางท่องเที่ยวไปต่างประเทศสูงขึ้น
- Technological ปัจจัยทางเทคโนโลยี เช่น การพัฒนาของเทคโนโลยีต่างๆ การพัฒนาของระบบขนส่ง การสื่อสาร และ Social Network
- Legal กฎระเบียบ ปัจจัยทางกฎหมาย เช่น กฎหมายคุ้มครองผู้บริโภค กฎหมายแรงงาน กฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และกฎหมายแรงงาน
- Ecological ปัจจัยจากสภาวะแวดล้อม
เป็นปัจจัยที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติที่อยู่นอกเหนือการควบคุมเช่น ภัยแล้ง โลกร้อน หรือน้ำท่วม

ประโยชน์ของ PEST Analysis

PEST Analysis คือเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ปัจจัยภายนอก

เป็นการวิเคราะห์และทำความเข้าใจภาพรวมของสภาพแวดล้อมที่กำลังจะเข้าไปดำเนินธุรกิจ

หรือวิเคราะห์ปัจจัยที่เกิดขึ้นเพื่อนำข้อมูลมาระดมความคิดหาแนวทางแก้ไขหรือใช้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เป็นประโยชน์ต่อองค์กร

สรุป PEST Analysis คือ เครื่องมือในการบริหารอีกประเภทหนึ่งในการวิเคราะห์ปัจจัยภายนอก

ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้

แต่สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อประกอบการตัดสินใจหาแนวทางปรับเปลี่ยนหรือเปลี่ยนแปลงนำวิกฤตมาเป็นโอกาส หรือระดมความคิดทำให้เกิดความเสียหายจากปัจจัยเหล่านั้นให้น้อยที่สุด

2.3 ทบทวนวรรณกรรม

Kumar et al. (2 5 5 5) นำเสนอการรู้จำตัวเลขจากข้อมูลชุด MNIST โดยใช้ขั้นตอนวิธีที่ประกอบด้วย KNN, ANN และการวิเคราะห์จำแนกประเภทเชิงเส้น (Linear

Discriminant Analysis: LDA) ในการแบ่งกลุ่มข้อมูล และคุณลักษณะพิเศษที่ใช้ในประกอบด้วย Profile-Based Feature และ Kirsch Operator Based Feature จากการทดลองปรากฏว่าอัตราการเรียนรู้จำสูงที่สุดคือ 93% เมื่อใช้ Classifier เพียงตัวเดียว และเมื่อใช้ MV ปรากฏว่าอัตราการเรียนรู้จำเพิ่มสูงขึ้นเป็น 98.05%

Rathi et al. (2555) นำเสนอผลการรู้จำ ตัวอักษร Devanagari เฉพาะตัวสระเพียงเท่านั้น โดย ใช้ ข้อมูล ตัว อักษร ลายมือ เขียน จาก สถาบัน ISI (Indian Statistical Institute) เขียนโดยบุคคลที่อาศัยในเมือง โกลกาตา ซึ่งมีตัวสระของอักษรเทวนาครีจำนวน 9,191 สระ จากนั้นจึงแบ่งข้อมูลออกเป็นสี่ส่วน โดย 3 ส่วนถูกแบ่งให้เป็นข้อมูลชุดเรียนรู้ และอีก 1 ส่วนถูกแบ่งให้เป็นข้อมูลชุดทดสอบ งานวิจัยนี้ได้ใช้ขั้นตอนวิธีฟิเจอร์ไมนิ่ง (Feature Mining) เพื่อหาคุณลักษณะพิเศษของตัวอักษร เนื่องจากในตัวอักษรลายมือเขียนนั้น ลักษณะของการเขียนตัวอักษรย่อมมีความแตกต่างกัน ซึ่งเทคนิคของ Feature Mining นั้นใช้ประโยชน์จากลักษณะรูปร่างของตัวอักษรเป็นหลัก ในกระบวนการของการรู้จำได้ใช้ขั้นตอนวิธีสำหรับการจัดกลุ่มของตัวอักษร โดยรู้จำตัวสระผิดเพียง 88 ตัวเท่านั้น จากทั้งหมด 2,281 ตัว และมีความถูกต้องสูงถึง 96.14%

น า ย บ ป ร ะ ส ิ ท ธิ์ บ ุ ณ ุ อ น ก (2 5 5 1) การจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยด้วยแผนผังคุณลักษณะจัดการตัวเองงานวิจัยนี้นำเสนอการจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยด้วยแผนผังคุณลักษณะจัดการตัวเองโดยระบบดังกล่าวเป็นการผสมผสานระหว่างเครือข่ายประสาทเทียมแบบการเรียนรู้เวกเตอร์ควอนไทเซชันและเครือข่ายไปข้างหน้า ซึ่งเป็นระบบการจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยที่สามารถจดจำลายมือเขียนภาษาไทยที่มีลักษณะรูปร่างผิดเพี้ยนไปจากเดิมได้ อีกทั้งยังสามารถเรียนรู้ลักษณะลายมือเขียนใหม่ ๆ เพิ่มเติมได้ระบบที่นำเสนอได้ถูกพัฒนาเพิ่มเติมเข้ากับระบบการนำข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ด้วยการประมวลผลภาพเพื่อค้นหาตำแหน่งจุดปลายสุดของนิ้วมือ ส่วนระบบการจดจำลายมือเขียนแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือส่วนการจัดกลุ่มข้อมูลตัวอักษร ตัวอักษรที่มีลักษณะคล้ายกันจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดย ใช้ เครือข่ายการเรียนรู้เวกเตอร์ควอนไทเซชัน ส่วนที่ 2 คือ ส่วน การจดจำตัวอักษร โดย ใช้ เครือข่ายไปข้างหน้า ซึ่งระบบที่ได้ให้ผลการจดจำตัวอักษรได้ถูกต้องด้วยอัตราสูงสุดถึง 91.09%

กาญจนา เรืองธนากรักษ์(2550)การเรียนรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ได้เก็บรวบรวมข้อมูลตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยจำนวน 100 ชุดต่อตัวอักษร จากผู้เขียนจำนวน 10 คน เพื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการทางการวิจัย ประกอบด้วย การประมวลผลภาพเบื้องต้น การหาคุณลักษณะพิเศษของรูปภาพลายมือเขียนภาษาไทย และการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ โดยที่กระบวนการหาคุณลักษณะพิเศษเป็นกระบวนการที่สำคัญ เนื่องจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำงานวิจัยฉบับนี้ได้นำเสนอคุณลักษณะพิเศษ 7 วิธีคือ การหาความหนาแน่น การหาจุดสิ้นสุดของตัวอักษร

การหาตำแหน่งหัวของตัวอักษร การหารหัสลูกโซ่ การหาเส้นสมมุติในแนวนอนและแนวตั้ง การหาทิศทาง และ การ ส แ ก น ใน แ น ว น อ น แ ลະ แ น ว ต้ ง ค ุ ณ ลั ก ษ ณะ พิ เศษ ทั้ง 7 วิธีที่ใช้กับข้อมูลตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 235 คุณลักษณะ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยด้วยโครงข่ายประสาทเทียมถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 87

ป ริ ญ ญ ๑

สงวนสิทธิ์(2547)วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีรู้จำแบบใหม่ด้วยแบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟทำงานร่วมกับ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน สำหรับการรู้จำตัวอักษรเดี่ยวลายมือเขียนภาษาไทยจากคำแบบออนไลน์ ใน ปัจจุบัน งาน วิจัย ทาง ด้าน การรู้จำแบบ รูป มี แนว โ น้ ม เข้า สู่ 2 วิธี การ หลัก คือ วิธี การ สร้าง แบบ จำลอง แบบ เจนเรทีฟเพื่อใช้จำลองรูปแบบของชนิดต่างๆ ซึ่งเทคนิคที่นิยมใช้ในการรู้จำตัวอักษรได้แก่ แบบจำลองฮิดเดน มาร์คอฟ และวิธีการวิเคราะห์ คิ ส ค ริ มิ แ น น ต์ เชิง เส้น ทั้ง โดย ทาง ตรง และ ทาง อ้อม ซึ่งเทคนิคที่กำลังอยู่ในความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน คือ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ขณะที่การรู้จำด้วยแบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟประสบปัญหาในการรู้จำกลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่คล้ายกันส่งผลให้อัตราการรู้จำต่ำเนื่องจากการสร้างแบบจำลองของชนิดที่คล้ายกันแบบจำลองที่ได้ย่อมคล้ายกันทำให้ตัดสินใจผิดพลาด ซึ่งซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนสามารถวิเคราะห์คิ ส ค ริ มิ แ น น ต์ เพื่อหาไฮเปอร์เพลนในการจำแนกชนิดที่คล้ายกันเหล่านี้ได้ แต่ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเป็นตัวจำแนกแบบไบนารีจึงไม่เหมาะสมกับจำนวนชนิดที่มาก เช่น จำนวน ตัว อักษร ภาษา ไทย กรรมวิธีในงานวิจัยนี้จึงนำเอาข้อดีของทั้งสองแนวทางในการรู้จำมาทำงานร่วมกันเพื่อลดข้อผิดพลาดในแบบจำลองฮิดเดน มาร์คอฟในกลุ่มชนิดที่คล้ายกัน และลดจำนวนชนิดที่ต้องจำแนกในซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ผลการทดสอบกระทำบนไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางเป็นเพนเทียมโฟร์ ความเร็ว 2.4 กิกะเฮิร์ตซ์ และมีหน่วยความจำหลัก 512 เมกะไบต์ การทดสอบระบบกับตัวอักษรตัวเดียวระดับบน กลาง และล่างของผู้เขียนอิสระได้อัตราการรู้จำเฉลี่ยร้อยละ 90.57 92.20 และ 97.88 ตามลำดับ

อรรณ เผ่าพนัส(2544)การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยแบบลายมือเขียน โดย ใช้ การ แ ปล ง เว ฟ เล็ต ที่ สามารถ ปร ับ เป ลี ย น รู ป ร ำ ง ได้ ใน ลายมือเขียน ภาษา ไทย นั้น มีรูปแบบการเขียนที่ต่างกันไป ซึ่งจะใช้เส้นโครงร่างของตัวอักษรภาษาไทยแบบตัวพิมพ์มาทำเป็นตัวอักษรต้นแบบ โดยการเปลี่ยนการแสดงเส้นโครงร่างของตัวอักษร ในรูปแบบพิกเซล ให้อยู่ในรูปของ แกนเวลา 1 มิติ หลังจากนั้น ก็ ทำ การ หา ช่วง การ ปร ับ เป ลี ย น รู ป ร ำ ง ของ ตัว อักษร ต้น แบบ จากกลุ่มของตัวอักษรที่ใช้ในการสอนระบบ ซึ่งใช้เส้นโครงร่างของตัวอักษรภาษาไทยแบบลายมือเขียนหลายๆ แบบที่อยู่ในแกนเวลา 1 มิติ แล้วมาทำการแปลงเวฟเลต

หลังจากนั้นก็นำค่าสัมประสิทธิ์ของเวฟเล็ต ที่ได้มาคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ทำให้ตัวอักษรต้นแบบ สามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างไปได้ภายในค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานนี้ เพื่อให้พอดีกับตัวอักษรที่ได้รับเข้ามา เพื่อทำการรู้จำและจะทำการวัดค่าความแตกต่างของตัวอักษรต้นแบบกับตัวอักษรที่ได้รับเข้ามานี้ ตัวอักษรต้นแบบตัวใดที่ให้ค่าความแตกต่างน้อยที่สุดก็จะถือว่าตัวอักษรตัวนั้นเป็นแบบเดียวกันกับตัวอักษรที่ได้รับเข้ามา แสดงออกมาเป็นผลของการรู้จำตัวอักษร ในการทดสอบนั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นเปรียบเทียบผลการรู้จำ เมื่อใช้ลายมือเขียนแบบบรรจงกับลายมือเขียน แบบหวัด โดยเราได้ใช้ตัวอักษรในภาษาไทยทั้ง 44 ตัว ที่เขียน โดยคน 10 คน (440 ตัว) เป็นกลุ่มตัวอักษรสำหรับสอนระบบ และใช้ลายมือเขียนแบบบรรจงและแบบหวัดอีก อย่างละ 10 คน (880 ตัว) เป็นตัวอักษรที่จะทำการรู้จำ ผลการทดสอบแสดงถึง ความ ถูกต้อง เมื่อใช้ลายมือเขียนแบบบรรจงเป็น ร้อยละ 98.64 และเมื่อใช้ลายมือเขียนแบบ หวัดเป็น ร้อยละ 89.1 ในการทดสอบส่วนที่สอง เป็น การ เปรียบ เทียบ ผล การ รู้ จำ เมื่อ ใช้ วิธีการปรับรูปร่างจากค่าสัมประสิทธิ์ของการแปลงฟูเรียร์กับวิธีที่เสนอขึ้น ผลปรากฏว่า วิธีที่เสนอขึ้นนี้ให้อัตราการรู้จำถูกต้องกว่าถึง ร้อยละ 10

วิ

ช

า

พานิช(2539)วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างระบบรู้จำอักษรภาษาไทยโดยใช้ลักษณะบ่งความต่างของอักษรไทย ซึ่งประกอบด้วยงาน 3 ส่วนหลักคือ ส่วนรู้จำอักษรเดี่ยว ส่วนแยกอักษรที่ติดกัน และ ส่วน วิ เ ค ร าะ ห์ เ อ ก ส าร ในส่วนการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยใช้การแบ่งกลุ่มโดยใช้ลักษณะของโครงสร้างหลักร่วมกับระดับของอักษร โดยแบ่งเป็น อักษรระดับบน 1 กลุ่ม ระดับล่าง 1 กลุ่ม และระดับกลางอีก 7 กลุ่ม แล้วจึงแยกแยะใน กลุ่ม ย่อย โดยใช้ ลักษณะ บ่ง ความ ต่าง ของ อักษร ไทย ในส่วนการตัดแยกอักษรที่ติดกันนั้นใช้ลักษณะบ่งความต่างของอักษรไทยแบ่งประเภทของการติดกันโดยใช้ระดับของอักษรได้เป็น 10 กลุ่ม แล้วใช้วิธีเฉพาะของแต่ละกลุ่มในการตัดแยก ในส่วนการวิเคราะห์เอกสารมีการแก้ความเอียงของเอกสาร การแยกคอลัมน์และแยกบรรทัดตัวอักษร โดยทำการทดสอบบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ CPU80486DX2-80 กับอักษรกว่า 50,000 ตัวอักษร ได้ผลการรู้จำร้อยละ 97.6 และใช้เวลาเฉลี่ยในการรู้จำ 36.4 อักษรต่อวินาที

สุ

ร

ติ

ท

ธี

คิวประสพศักดิ์(2544)การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยโดยใช้วิธีการหาคุณลักษณะพื้นฐานในตัวอักษร งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย โดยใช้วิธี หาคุณลักษณะพื้นฐานในตัวอักษร (Feature-based Approach) เพื่อใช้สำหรับการรู้จำ ตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยแบบ Off-line โดยเรามุ่งเน้นที่การพัฒนา Algorithms พื้นฐานที่มีความถูกต้องสูง เพื่อใช้ในการรู้จำฟีเจอร์ (Feature) ของตัวอักษรภาษาไทย และส่งผลให้มีความถูกต้องในการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยที่สูงตามมาด้วย

เราได้ทำการศึกษาคุณลักษณะของภาษาไทย และพฤติกรรมของการเขียนอักษรไทยเพื่อใช้ออกแบบในขั้นตอน โดยได้นำเอา Decision Trees มาใช้เพื่อแยกแยะตัวอักษรออกมาเป็นกลุ่มที่มีฟีเจอร์ลักษณะเดียวกันเป็นจำนวนทั้งสิ้น 5 กลุ่ม ทำให้เราสามารถแยกแยะฟีเจอร์พื้นฐานของตัวอักษรภาษาไทยออกมาได้อย่างชัดเจน ตัวอย่างของคุณลักษณะที่สำคัญ เหล่านี้ได้แก่ ~iEnd-point (EP), Turning Point (TP), Loop (LP), Zigzag (ZZ), Closed Top (CT), Closed Bottom (CB), ~i และ ~iNumber of Legs~i ของตัวอักษร เป็นต้น ฟีเจอร์ต่างๆ เหล่านี้ได้ถูกกำหนดขึ้นมาเป็นฟีเจอร์มาตรฐาน และถูกเรียกว่า "~iThai Character feature Space~i" จากนั้นเราได้ออกแบบเมตริกซ์มาตรฐานขนาด 5x3 ซึ่งถูกเรียกว่า "~iThai Character Solution Space~i" เพื่อใช้ในการกระบวนการ Mapping ของคุณลักษณะมาตรฐานของตัวอักษรภาษาไทยทั้งหมด และใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานในกระบวนการตรวจรู้ตัวอักษรภาษาไทย หลังจากนั้นเราได้ออกแบบและพัฒนา Algorithms เพื่อใช้ในการตรวจรู้คุณลักษณะต่างๆ ทั้งสิ้น 12 Algorithms ซึ่ง Algorithms ต่างๆ ที่นำเสนอได้นอกจากจะสามารถตรวจรู้ฟีเจอร์ที่สมบูรณ์ในตัวอักษรแล้วยังสามารถตรวจรู้ฟีเจอร์ที่ไม่สมบูรณ์ได้อีกด้วย เช่น Incomplete Loop และ Filled Loop เป็นต้น นอกเหนือจากนั้นแล้วเรายังได้พัฒนาระบบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของวิธีการและ Algorithms ที่นำเสนอ โดยได้ทำการทดลองกับตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยมากกว่า 44,600 ตัวอักษร จากจำนวน 100 เอกสาร ที่ถูกเขียนขึ้นโดยคนไทยจำนวน 22 คน จากการวิเคราะห์ผลการทดลองเราพบว่า Algorithms ที่นำเสนอให้ผลที่น่าพอใจอย่างยิ่ง คือให้อัตราการตรวจรู้ฟีเจอร์ถึง 98.66% โดยอัตราการตรวจรู้ฟีเจอร์เฉลี่ย 93.08% ในขณะที่ให้อัตราการตรวจรู้ตัวอักษรภาษาไทยสูงสุด 99.19% ด้วยอัตราจำเฉลี่ย 91.42% จากผลการทดลองที่ออกมาสามารถเป็นเครื่องบ่งชี้ได้ว่าแนวคิดที่นำเสนอนี้มีประสิทธิภาพสูงและสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้เป็นอย่างดี

น า ย ป ร ะ ลี ท ธิ์ บุ ญ อ เน ก (2 5 5 1)

การจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยด้วยแผนผังคุณลักษณะจัดการตัวเองงานวิจัยนี้นำเสนอการจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยด้วยแผนผังคุณลักษณะจัดการตัวเองโดยระบบดังกล่าวเป็นการผสมผสานระหว่างเครือข่ายประสาทเทียมแบบการเรียนรู้เวกเตอร์ควอนไทเซชันและเครือข่ายไปข้างหน้า ซึ่งเป็นระบบการจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยที่สามารถจดจำลายมือเขียนภาษาไทยที่มีลักษณะรูปร่างผิดปกติไปจากเดิมได้อีกทั้งยังสามารถเรียนรู้ลักษณะลายมือเขียนใหม่ๆ เพิ่มเติมได้ระบบที่นำเสนอได้ถูกพัฒนาเพิ่มเติมเข้ากับระบบการนำข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ด้วยการประมวลผลภาพเพื่อค้นหาตำแหน่งจุดปลายสุดของนิ้วมือ ส่วนระบบการจดจำลายมือเขียนแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือส่วนการจัดกลุ่มข้อมูลตัวอักษร ตัวอักษรที่มีลักษณะคล้ายกันจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยใช้เครือข่ายการเรียนรู้เวกเตอร์ควอนไทเซชัน ส่วนที่ 2 คือส่วนการจดจำตัวอักษร โดยใช้เครือข่ายไปข้างหน้า ซึ่งระบบที่ได้ให้ผลการจดจำตัวอักษรได้ถูกต้องด้วยอัตราสูงสุดถึง 91.09%

สรุปงานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาระบบการจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยระบบการจัดกลุ่มตัวอักษรโดยเครือข่าย LVQ และระบบการระบุตัวอักษรโดยเครือข่ายไปข้างหน้าการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ดังกล่าวสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์โดยสามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยและพัฒนาทางวิศวกรรมเป็นข้อสรุปได้ดังต่อไปนี้การปฏิสัมพันธ์กรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้รับการรายงานไว้ในบทที่ 2 ซึ่งพบว่าระบบแบบเดิมยังไม่สามารถทำการระบุตัวอักษรกับข้อมูลตัวอักษรที่มีลักษณะผิดเพี้ยนไปจากเดิมได้เนื่องจากระบบแบบเดิมใช้หลักการทางตรรกะพื้นฐานของพีชคณิตระบบดังกล่าวจะต้องมีการพิจารณาลักษณะความแตกต่างของตัวอักษรแต่ละตัวเพื่อนำมาออกแบบโปรแกรมให้สอดคล้องกับลักษณะตัวอักษรนั้นๆ การออกแบบระบบจึงต้องใช้เวลาและมีความซับซ้อนมากดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงดำเนินการพัฒนาวิธีการจดจำลายมือเขียนแบบใหม่ซึ่งระบบที่ได้สามารถทำการเรียนรู้ลักษณะตัวอักษรลายมือเขียนได้เองโดยอัตโนมัติและมีความยืดหยุ่นต่อลักษณะข้อมูลอินพุตที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิมได้มากขึ้น

รายละเอียดของโครงสร้างระบบใช้เครือข่ายประสาทเทียม LVQ ร่วมกับเครือข่ายไปข้างหน้าซึ่งเครือข่าย LVQ ทำหน้าที่จัดกลุ่มตัวอักษร โดยจะต้องมีข้อมูลที่ใช้สำหรับการเรียนรู้ที่ได้จากเครือข่าย SOFM ซึ่งได้มีการแสดงผลการจัดกลุ่มตัวอักษรอย่างคร่าวๆ ด้วยกราฟกำหนดเวกเตอร์น้ำหนักประสาทที่ต่างกัน ผลที่ได้ออกมาสอดคล้องกันคือตัวอักษรจะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มข้อมูลที่ได้นี้จะถูกนำไปใช้ในการฝึกสอนเครือข่าย LVQ ต่อไปในการจัดกลุ่มตัวอักษรจะประกอบไปด้วยเครือข่าย LVQ สองชั้นตอนในชั้นตอนแรกเครือข่ายสามารถแบ่งตัวอักษรออกเป็น 4 กลุ่มในชั้นที่สองเครือข่ายจะทำการแบ่งตัวอักษรที่ได้จากชั้นตอนแรกออกเป็น 16 กลุ่มส่วนการระบุตัวอักษรในแต่ละกลุ่มใช้เครือข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้าระบบการจดจำลายมือเขียนที่ได้นี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยสามารถประมวลผลให้ความถูกต้องถึง 91.09% งานวิจัยนี้เลือกใช้ LVQ และ SOFM เป็นเครื่องมือในการช่วยจดจำตัวอักษรลายมือเขียนการประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียมดังกล่าวในด้านการช่วยจดจำตัวอักษรลายมือเขียนถือว่าเป็นแนวคิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพเป็นอย่างดี

นอกจากจะใช้เพียงขั้นตอนวิธี kNN ในการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนซึ่งสามารถเรียกวิธีการแบบนี้ว่าการใช้เพียงขั้นตอนวิธีเดียวในการรู้จำซึ่งอาจเป็นเรื่องยากที่จะทำให้อัตราการเรียนรู้ที่สูงยังมีอีกหลากหลายงานวิจัยที่ใช้เอ็นเซมเบิลเทคนิค (Ensemble Technique) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในงานด้านการจำแนกรูปแบบ (Pattern Classification) และ ML (38)

วิธีนี้ทำงานด้วยการนำผลที่ได้จากการคาดการณ์ของแต่ละขั้นตอนวิธีมาจัดกลุ่มใหม่ โดยในแต่ละ Classifier อาจจะแสดงค่าการคาดการณ์ที่อาจจะแตกต่าง หรือเหมือนกัน ดังนั้นค่าการคาดการณ์ที่ปรากฏบ่อยที่สุดจาก Classifier ทั้งหมด นั่นก็คือผลลัพธ์ของ Ensemble Technique

เดชา รัตนธาร(2538)วัดการรู้จำตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยใช้เทคนิคแบบฟัซซีโลจิก และ วิธี ชี แ ท ก ดิ ก วั ต ถุ ป ระ ส ง ค์ ข อ ง วิ ท ย า นิ พ น ธ์ นี ก็ อ การรู้จำตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยใช้เทคนิคฟัซซีโลจิกและวิธีชินแทกติก ขบวนการแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ Preprocessing, Pattern Representation และ การจำแนก ส่วนของ Preprocessing ประกอบด้วย การลดสัญญาณรบกวนข้อมูลภาพที่รับเข้ามา และ การดำตัวอักษรให้บาง ที่มีการตัดแปลงให้ทำงานดีขึ้น ส่วนของ Pattern Presentation ประกอบด้วย การทำให้เป็นเวกเตอร์ และการแปลงเวกเตอร์ให้ เป็นคั่นไม้ Primitive ส่วนของการจำแนก ประกอบด้วย การวิเคราะห์ โครงร่างของคั่นไม้, การวิเคราะห์ทาง feature และ ใน กร ณี ที่ ไ ม่ ส าม า ร ถ รู้ จ า ตั ว อักษรจะใช้เทคนิคฟัซซีโลจิกมาทำการวัดความเหมือนของเอกลักษณ์เพื่อใช้ในการจำแนก ตัวอักษรต้นแบบที่นำมาใช้มี 120 ตัวอักษร และ ตัวอักษรที่ใช้ทดสอบมี 1106 ตัวอักษร ผลการรู้จำมีความถูกต้องร้อยละ 99.64 โดยประมาณ และ เวลาในการ รู้จำโดยเฉลี่ย 0.89 วินาที ต่อตัวอักษร เมื่อใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 486Dx2-66

บุศยพลกร(2546)การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยแบบออนไลน์โดยใช้แบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟและฟัซซีโลจิก วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีรู้จำแบบใหม่ด้วยแบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟทำงานร่วมกับฟัซซีโลจิก สำหรับการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยจากคำแบบออนไลน์ในปัจจุบันงานวิจัยทางด้านการรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยในปัจจุบันมีแนวโน้มเข้าสู่ 2 วิธีการหลักคือ วิธีทางสถิติ เช่น แบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟ โครงข่ายประสาทเทียม เป็นต้น และ วิธี ที่ อยู่ บน พื้น ฐาน ของ โครงสร้างและกฎ ขณะที่การรู้จำด้วยแบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟประสบปัญหาเกี่ยวกับอัตราการเรียนรู้ต่ำในกลุ่มตัวอักษรภาษาไทยที่คล้ายกันการรู้จำด้วยฟัซซีโลจิกก็ยากที่จะตั้งกฎให้ครอบคลุมรูปแบบลายมือเขียนได้ทั้งหมดกรรมวิธีในงานวิจัยนี้จึงนำเอาข้อดีของทั้งสองแนวทางในการรู้จำมาทำงานร่วมกันเพื่อชดเชยอัตราการเรียนรู้ต่ำในแบบจำลอง ฮิด เด น ม าร์ ค อ ฟ และ ความ ล ำ บ า ก ใน การ ตั้ง ก ฎ จ ำน ว น มาก ผลการทดสอบกระทำบนไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางเป็นเพนเทียมทรีความเร็ว 733 เมกะเฮิรตซ์ และมี หน่วย ข ความ จ ำ ห ลัก 256 เมกะไบต์ การทดสอบระบบกับตัวอักษรตัวเดียวระดับกลางของผู้เขียนอิสระได้อัตราการเรียนรู้เฉลี่ยร้อยละ 93.1 และการทดสอบระบบกับตัวอักษรตัวเดียวระดับบนของผู้เขียนอิสระได้อัตราการเรียนรู้เฉลี่ยร้อยละ 91.0 โดยใช้เวลาในการคำนวณเฉลี่ย 0.09 วินาทีต่อตัวอักษร

โอพาริก สุรินตะ (2560) งานวิจัยด้านการรู้จำตัวอักษร (Character Recognition) นักวิจัยได้ เริ่มต้น ค ว ำ เมื่ อ ป ระ ม า ณ ปี ค . ศ . 1940

ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกับการพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์แบบดิจิทัลซึ่งการรู้จำตัวอักษรเริ่มต้นพัฒนาเพื่อใช้สำหรับงานด้านประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์เพียงเท่านั้น ซึ่งต่อมานักวิจัยต่างให้ความสนใจศึกษาค้นคว้า และพัฒนา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ โดยงานวิจัยด้านการรู้จำตัวอักษรเป็นกระบวนการในการประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งทำงานควบคู่กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมาโดยเฉพาะและมีลักษณะการทำงานแบบอัตโนมัติกระบวนการในการประมวลผลเริ่มตั้งแต่การสแกนเอกสารการแปลงรูปภาพของตัวอักษรจนกระทั่งการรู้จำตัวอักษร ทั้งนี้เพื่อบันทึกข้อมูลรูปภาพตัวอักษรให้อยู่ในรูปแบบของเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ผู้ใช้งานสามารถที่จะนำข้อมูลตัวอักษรไปเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้อย่างสะดวก และรวดเร็ว ในปัจจุบัน บริษัทต่าง ๆ ได้นำงานวิจัยด้านการรู้จำตัวอักษรไปพัฒนาและใช้งานในเชิงพาณิชย์กันอย่างแพร่หลายตัวอย่างเช่น ABBYY Fine Reader, Wondershare PDFelement, Nuance Omni Page และ Readiris เป็นต้น อีกทั้งยังได้พัฒนาให้สามารถใช้งานผ่านสมาร์ตโฟนเพื่ออำนวยความสะดวกผู้ใช้ให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น เช่น Atalasoft Mobile Image! และ Scanner Pro เป็นต้น โดยโปรแกรมที่กล่าวมาข้างต้นเป็นโปรแกรมเชิงพาณิชย์ที่พัฒนาเพื่อใช้ในการรู้จำตัวอักษรซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับเอกสารหลากหลายประเภทและทำงานในลักษณะของการรู้จำตัวอักษรพิมพ์เพียงเท่านั้น ในส่วนของ การรู้จำตัวอักษรภาษาไทย ในปี ค.ศ. 1996 ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้ร่วมกันพัฒนาโปรแกรมอ่านไทย (Am Thai)

เพื่อสนับสนุนการทำงานในส่วนของตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยงานวิจัยทางด้านการรู้จำตัวอักษรเป็นงานวิจัยที่ได้รับความนิยม ซึ่งต้องอาศัยความรู้ทางด้านการรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) ซึ่งเป็นส่วนย่อยของงานวิจัยทาง

ฉันทิตา (2552) การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยด้วยโครงข่ายประสาทเทียม ได้เก็บรวบรวมข้อมูลตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยจำนวนทั้งสิ้น 44,000 ตัวอักษร จากผู้เขียนจำนวน 10 คน เพื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการทางการวิจัย ประกอบด้วย การประมวลผลภาพเบื้องต้น การหาคุณลักษณะพิเศษของรูปภาพลายมือเขียนภาษาไทย และการรู้จำด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ โดยที่กระบวนการหาคุณลักษณะพิเศษเป็นกระบวนการที่สำคัญ เนื่องจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำงานวิจัยฉบับนี้ได้เสนอคุณลักษณะพิเศษ 7 วิธีคือ การหาความหนาแน่น การหาจุดสิ้นสุดของตัวอักษร การหาตำแหน่งหัวของตัวอักษร การหารหัสลูกโซ่ การหาเส้นสมมุติในแนวนอนและแนวตั้ง การหาทิศทางและการสแกนในแนวนอนและแนวตั้ง คุณลักษณะพิเศษทั้ง 7

วิธีที่ใช้กับข้อมูลตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 240 คุณลักษณะ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยด้วยโครงข่ายประสาทเทียมร้อยละ 99

จิตรลดา ผลนิมิตร (2541)นิรอลเนตเวิร์คโมเดล นิโอคอคนิตรอน เป็น โมเดลที่ ออกแบบมาเพื่อให้มีความสามารถในการรู้จำรูปแบบโดยขึ้นกับการ ผันแปรรูปร่างของรูปแบบเพียงเล็กน้อย ความสามารถที่จะรู้จำ รูปแบบได้ถูกต้องมากขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับการคัดเลือกชุดข้อมูลในการ เรียนรู้ จากที่ได้มีการทดลองรู้จำลายมือเขียนในภาษาอื่น เช่น ตัวเลขอารบิก ตัวอักษรภาษาอังกฤษ และเกาหลี ได้ผลดี การ รู้จำตัวอักษรจะขึ้นอยู่กับความเหมือนของรูปแบบ แต่การขึ้นอยู่กับการ ผิดรูป ขนาด หรือตำแหน่งของรูปแบบมีเพียงเล็กน้อย โดย ไม่ต้องทำการนอร์มัลไลซ์ตำแหน่ง ขนาด การเขียนผิดรูป และ ข จั ด สั ญ ญ า ณ ร บ ก ว น อ อ ก ก่ อ น คั ง นั้ น ใน ก า ร วิ จ ย นี้ จึ ง ต้ อ ง ก า ร ทดสอบกับลายมือเขียนตัวอักษรไทยซึ่งมีฟีเจอร์ของตัวอักษร แตกต่างไปจากภาษาที่ได้ทดลองมาแล้ว ว่านิ โอคอคนิตรอน สามารถเรียนรู้ฟีเจอร์ของตัวอักษรไทย และแยกแยะลายมือ เขียนตัวอักษรไทยได้หรือไม่ ในงานวิจัยนี้ได้สอนให้นิ โอคอคนิตรอนทำการเรียนรู้ เพื่ อ รู้ จั ล า ย มื อ ขี ย น ตั ว เลข ไ ท ย 10 ตั ว เพื่ อ ท ด ส อ บ ค ว า ม เป็ น ไป ได้ ที่ จะ ใช้ นิ โอคอคนิตรอน ในการรู้จำลายมือเขียนตัว อักษรไทย จากผลการทดลองพบว่าเป็น โมเดลที่เหมาะสม สำหรับ ใช้ในการรู้จำลายมือเขียน แต่เวลาที่ใช้ในการประมวลผลค่อนข้างมาก จากการทดสอบกับข้อมูลลายมือเขียนตัวเลขไทยแบบ ต่างๆ จำนวน 1023 ตัว ได้ผลการจดจำถูกต้องประมาณ 86.6%

ปิ ย ะ ณ์ ฐิ
พิมลรัตน์(2554)การรู้จำตัวอักษรโดยใช้วิธีทางสหสัมพันธ์ร่วมกับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน การศึกษาทางด้านการรู้จำตัวอักษรโดยอาศัยหลักการของการประมวลผลสัญญาณภาพกำลังเป็นที่น่าสนใจ ใน บั จ จุ บั น วิ ธี ซั พ พ อ ร์ ต เวก เต อ ร์ แม ช ชี น (Support Vector Machines) เป็นวิธีหนึ่งของเทคนิคการรู้จำและแบ่งกลุ่มภาพตัวอักษร ซึ่งสามารถแบ่งออกได้หลายเทคนิค เช่น เอลเอสวีเอ็ม (LSVM) เคอร์เนล ฟังก์ชัน (Kernel functions) และ ซี-เอสวีเอ็ม (C-SVM) เป็น ดั น อย่างไรก็ตามวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนยังมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพในการรู้จำและจำแนกภาพตัวอักษร วิ ทยา นิ พ น ธ์ บั บ นี้ นั้ น ำ เสนอการรู้จำและจำแนกภาพตัวอักษรโดยใช้วิธีทางสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ร่วมกับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจำแนกภาพตัวอักษร โดยวิธี ทาง สัม ป ระ สั ท ธิ์ ส ห สัม พั น ธ์ ถู ก น ำ มา ใช้ เพื่ อ ก า ร แยก ก ลุ่ ม ของ ตั ว อักษร วิธี ซั พ พ อ ร์ ต เวก เต อ ร์ แม ช ชี น ช นี ด เร เดีย ล บั ส เชีย ส ฟั ง ก์ ชั น (Radial Basis Function) ถู ก น ำ มา ใช้ ส า ร ্থ ำ บ ร การจำแนกรูปแบบตัวอักษร ทั้งนี้ตัวอักษรพิมพ์ที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษจำนวน 6,300 รูปแบบ และตัวอักษรเขียนด้วยลายมือจำนวน 20 รูปแบบ จำนวน 2,800 ตัวอักษร ถู ก น ำ มา ใช้ เป็ น ใน ก า ร ท ด ส อ บ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการจำแนกตัวอักษรโดยใช้วิธีทางสัมพันธ์สหสัมพันธ์ร่วมกับซัพพอร์ตเว

คอมพิวเตอร์แมชชีนให้ความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 99.27 และประสิทธิภาพการรู้จำเฉลี่ยร้อยละ 97.94 ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการใช้เทคนิคซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แมชชีนเพียงอย่างเดียวในการทดสอบตัวอักษรที่เป็นตัวอักษรภาษาไทยที่เขียนด้วยลายมือ ผลลัพธ์ได้ปรากฏว่าสามารถจำแนกตัวอักษรได้ 2,116 ตัวอักษร คิดเป็นเฉลี่ยร้อยละ 75.57 และใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 วินาที ดังนั้นวิธีทางเทคนิคที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการรู้จำตัวอักษรที่อาศัยหลักการของการประมวลผลสัญญาณภาพได้

ศุภรัตน์ อภิวงศ์โสภณ (2552) การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยที่เขียนด้วยลายมือในแบบฟอร์มบทความนี้ นำเสนอการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยที่เขียนด้วยลายมือในแบบฟอร์มเพื่อนำข้อความที่รู้จำได้มาเก็บไว้ในฐานข้อมูลวิธีการที่ใช้ในการรู้จำ เริ่มจากการนำแบบฟอร์มที่กรอกข้อมูลแล้วมาผ่านกระบวนการ scan จากนั้นจึงนำรูปภาพที่ได้มากำหนดตำแหน่งที่ต้องการรู้จำพร้อมทั้งกำหนดชื่อ field ในตารางของฐานข้อมูลก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการรู้จำซึ่งในกระบวนการรู้จำจะใช้วิธีการแบ่งระดับของข้อความก่อน จากนั้นจึงทำการหาขอบภาพของแต่ละตัวอักษรแล้วแบ่งครึ่งตัวอักษร และนำมาเปรียบเทียบกับค่ารหัสลูกโซ่ 8 ทิศ เพื่อวิเคราะห์ว่า เป็นตัวอักษรอะไร เมื่อจบสิ้นกระบวนการรู้จำก็จะนำข้อความที่ได้มาจัดเก็บลงบน field ตามที่กำหนดไว้ในฐานข้อมูล และหากมีแบบฟอร์มที่มีรูปแบบเดียวกันอีกก็สามารถนำแบบฟอร์มนั้นมาผ่านกระบวนการรู้จำข้อความที่ตำแหน่งเดียวกันนั้นได้ ซึ่งข้อความที่ได้ก็จะทำการเก็บต่อท้ายในฐานข้อมูลของแบบฟอร์มนั้นได้ประโยชน์ของการรู้จำตัวอักษรและเก็บลงฐานข้อมูล คือสามารถนำฐานข้อมูลนั้นไปประมวลผลสิ่งอื่นๆ ต่อไปได้ โดยไม่ต้องนำแบบฟอร์มใหม่ซึ่งเป็นการลดความผิดพลาดจากการพิมพ์ของมนุษย์

สรุปวิธีการต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วเป็นการลดความผิดพลาดจากการพิมพ์ของมนุษย์ (Problem reduction) ด้วยวิธีการของ divide and conquer ซึ่งจะช่วยให้ลดขอบเขตของการรู้จำ ตัวอักษรลง และส่งผลให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และเมื่อทำการรู้จำตัวอักษรเสร็จแล้วก็สามารถเก็บข้อมูลต่างๆ ของแบบฟอร์มเรื่องเดียวกันลงในฐานข้อมูลแล้วสามารถนำข้อมูลนั้นไปใช้ได้ทันที ซึ่งสะดวกต่อการนำไปใช้โดยไม่ต้องมาสร้างฐานข้อมูลเองสาเหตุของผลการทดลองมีข้อผิดพลาดเนื่องจากการที่ลายมือของคนทีกรอกแบบฟอร์มเขียนแบบลากเส้นของตัวอักษรทำให้เกิดการรู้จำตัวอักษรนั้นผิดพลาด

อาจารย์เข้มบริต ขุนราชเสนา (2562) การรู้จำตัวเลขไทยที่เขียนด้วยลายมือด้วยการเรียนรู้เชิงลึก การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาระบบการรู้จำตัวเลขไทยที่เขียนด้วยลายมือด้วยการเรียนรู้เชิงลึก โดยใช้เทคนิคประสาทเทียมแบบสังเกตุการณ์การ

พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาไพธอนการประมวลผลประกอบด้วยข้อมูล 2 ชุด คือ
ข้อมูลชุดฝึกและข้อมูลชุดทดสอบ ผลการวิจัยพบว่า
การกำหนดจำนวนรอบที่มากขึ้นจะทำให้การประมวลผลชุดข้อมูลมีความแม่นยำมากขึ้น
ซึ่งจำนวนรอบที่มีความแม่นยำสูงสุดเท่ากับ 500 รอบโดยเริ่มจาก 100 รอบ
โดยมีค่าความถูกต้องในการทำนายสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 98.36 และใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 774.98 วินาที
ในการประมวลผลตัวเลขทั้งหมดมีค่าความถูกต้องของข้อมูลชุดฝึกเฉลี่ยเท่ากับ 96.00
และข้อมูลชุดทดสอบเท่ากับ 96.50

วิเชษฐรัตน์ เอี่ยมสำอางค์

(2555)บทความฉบับนี้นำเสนอหลักการสำหรับแยกภาพตัวอักษรลายมือเขียนที่อยู่ติดกันแบบสัมผัสในเอกสารภาพตัวอักษรออกจากกัน ซึ่งเป็นกระบวนการเตรียมพร้อมสำหรับการรู้จำลายมือเขียน
เนื่องจากลักษณะของการเขียนภาษาไทยมีความแตกต่างจากภาษาอังกฤษ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4
ระดับ โดยสามารถติดกันได้ในระดับเดียวกันและข้ามระดับทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง
หลักการที่ใช้ในบทความนี้
ประกอบด้วยการรับภาพเอกสารลายมือเขียนมาคัดแยกให้เป็นตัวอักษรเดี่ยวและตัวอักษรติดกัน
จากนั้นจะวิเคราะห์ตัวอักษรด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวอักษรไทย
เพื่อแยกตัวอักษรที่ติดกันในแนวนอนและแนวตั้ง
โดยมีการใช้เส้นการวิเคราะห์การถดถอยสำหรับตัดแบ่งระดับพยัญชนะกับสระ
ขั้นตอนนี้ทำการตัดแบ่งตัวอักษรก่อนการรู้จำตัวอักษรตามหลักของการรู้จำตัวอักษรไทย
ผลการทดลองพบว่าความถูกต้องของการแยกตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยเป็นร้อยละ 90.44

ในสังคมปัจจุบัน คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนเรา
เกือบทุกระดับอายุเราสามารถนำคอมพิวเตอร์มาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง
เกือบทุกวงการที่เราไม่สามารถใช้ตัวอักษรไทยกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ก่อให้เกิดปัญหา
เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน
และการนำไปใช้ประโยชน์ของคนไทยเป็นอย่างยิ่งเราสามารถเขียนข้อมูลตัวอักษรไทย
ผ่านทางแป้นพิมพ์เหมือนกับเครื่องพิมพ์ดีด คอมพิวเตอร์สามารถแสดงผลตัวอักษรไทยบนจอภาพ
และสามารถพิมพ์ข้อความเอกสารภาษาไทยบนเครื่องพิมพ์ได้เมื่อเราใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลต่างๆ
เช่น ข้อมูลของคนไข้ในโรงพยาบาล ข้อมูลเกี่ยวกับลูกค้า และพนักงานในวงการธุรกิจ เป็นต้น
ปัญหาที่เกิดขึ้น นอกจาก ความจำเป็นต้องแปลข้อมูลจากภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษแล้ว
ยังมีความยุ่งยากในการเขียนชื่อในภาษาไทย เป็นภาษาอังกฤษอีกด้วย เช่น ชื่อ สมชาย และสมชัย อาจใช้
SOMCHAI เหมือนกัน ทำให้ไม่เห็นความแตกต่าง และไม่สามารถเขียนกลับเป็นภาษาไทยได้ถูกต้อง
นอกจากนี้ จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เราอาจใช้คอมพิวเตอร์จัดพิมพ์ จดหมาย
และเอกสารต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางได้ แต่จดหมาย

และเอกสารเหล่านี้ หากใช้ภาษาอังกฤษ จะมีข้อจำกัด ใช้ได้เฉพาะในหมู่คนที่รู้ภาษาอังกฤษ และไม่สามารถใช้ในราชการได้ ดังนั้น นักคอมพิวเตอร์ไทย จึงเห็นความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอักษรไทยขึ้นในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการพัฒนากระบวนการทำงาน ตลอดจนปรับปรุงส่วนประกอบของคอมพิวเตอร์ที่จำเป็น ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถรับข้อมูลที่ป้อนเข้าทางแป้นพิมพ์เป็นอักษรไทย และสามารถแสดงผลเป็นภาษาไทยได้ ทั้งทางจอภาพ และเครื่องพิมพ์ การแสดงผลเป็นภาษาไทยนี้ อาศัยหลักการทำงานเดียวกันกับการแปรรหัสในสนามกีฬา การแปรรหัส เกิดจากกองเชียร์บนอัฒจันทร์ ชูแผ่นป้ายสีต่างๆ ขึ้นพร้อมกันตามที่นัดหมายไว้ เนื่องจาก อัฒจันทร์มีขนาดใหญ่ หากเทียบกับแผ่นป้าย ซึ่งเป็นเพียงหน่วยเล็กๆ เมื่อชูแผ่นป้ายขึ้นพร้อมกัน ก็ทำให้เกิดภาพหรืออักษรที่ต้องการได้ ถ้าเราลองย่ออัฒจันทร์ให้เล็กลงเท่าแผ่นกระดาษ แผ่นป้ายที่แต่ละคนชูขึ้นก็จะเป็นเสมือนจุดเล็กๆ ภาพหรือตัวอักษรที่เกิดขึ้น จะเป็นภาพหรือตัวอักษร ที่เกิดจากการเรียงกันของจุดต่างๆ การเกิดภาพ หรือตัวอักษร บนจอภาพคอมพิวเตอร์ ก็ประกอบไปด้วยจุดเล็กๆ มาเรียงกันเช่นกัน จุดเหล่านี้เกิดจากการกระทบของอิเล็กตรอนบนจอภาพ โดยการควบคุมของคอมพิวเตอร์ จำนวนจุดที่แสดงบนจอภาพนี้ จะมีมากถึงหลายร้อยแถว และแต่ละแถวมีหลายร้อยจุด ความชัดเจนของภาพที่เกิดขึ้นอยู่กับจำนวนจุดว่า มีมากน้อยเพียงใด

อุปสรรคที่สำคัญอย่างหนึ่ง ในการพัฒนาอักษรไทยในคอมพิวเตอร์ ได้แก่ โครงสร้างของคำในภาษาไทย ซึ่งประกอบด้วยสระที่อาจจะอยู่ข้างหน้า ข้างหลัง ข้างบน และข้างล่างของพยัญชนะ ทั้งยังมีวรรณยุกต์ ทำให้ต้องใช้ ๔ บรรทัดไปพร้อมๆ กัน ทั้งในการอ่าน และการเขียน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาอักษรไทยนี้ นับว่า ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี เป็นเหตุให้การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในประเทศไทย เป็นไปอย่างกว้างขวาง และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเป็นอันมาก

ป ก ร ณ์
 บุญศิริ(2545)การปรับปรุงระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์สำหรับตัวอักษรภาษาไทยโดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแบพรักระจายย้อนกลับ ซึ่งประกอบด้วย การประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น การหาลักษณะเด่นของตัวอักษร และการเข้ารหัส โดยมีเทคนิคที่สำคัญที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ การหาวงรอบของตัวอักษร การใช้เขตย่อย และการเพิ่มจำนวนเข้ารหัสโหนด ในการหาวงรอบได้ใช้เทคนิคการหาจุดตัดและการเปลี่ยนแปลงของทิศทางรหัสลูกโซ่ ซึ่งจะทำให้การหาวงรอบมีความแม่นยำมากขึ้น การใช้เขตย่อยแบบ 5 เขต จะเป็นวิธีการจำแนกลักษณะของตัวอักษรได้ดี

และการเพิ่มจำนวนเข้ารหัสโหนดได้ใช้เทคนิคเพิ่มจำนวนโหนดสโตรค และเพิ่มจำนวนโหนดวงรอบของตัวอักษร จากการทดสอบข้างงาน ประสาทที่ได้ ด้วยลายมือของผู้วิจัยจำนวน 2,010 ตัวอักษร พบว่าอัตราการเรียนรู้จำมีความถูกต้องร้อยละ 96.62 รู้จำผิดร้อยละ 1.79 และรู้จำไม่ได้ร้อยละ 1.59

น ว ก ี ท ร

สุจิราโช(2544)การดึงความเร็วการลากเส้นตัวอักษรลายมือเขียนจากภาพระดับสีเทาโดยใช้ตัวแบบแหล่งกำเนิด ศึกษาวิธีการดึงข้อมูลการลากเส้นจากภาพระดับสีเทา ออกมาเป็นความเร็ว เวลา และพารามิเตอร์อื่นๆ ของการเคลื่อนที่ โดยพิจารณาว่าภาพลายมือเขียน เกิดจากแบบแหล่งกำเนิดที่ประกอบด้วย ตัวแบบการเคลื่อนที่ของมือซึ่งเป็นสมการอนุพันธ์อันดับสอง จะทำหน้าที่สร้างตัวอักษร ขึ้น จากความเร็วแวนอน และความเร็วแนวตั้ง ทั้งความเร็วของแวนอนและความเร็วของแนวตั้งจะสัมพันธ์กันและเป็นคุณลักษณะของตัวอักษรนั้นๆ ร่วมกับตัวแบบการเกิดภาพของปากกา ตัวแบบแหล่งกำเนิดนี้จะกำหนดความเข้มและความหนาของเส้น โดยแปรเปลี่ยนตามความเร็วในการลากเส้น จากตัวแบบการเคลื่อนที่ของมือ ในการศึกษาจะใช้ตัวแบบและชุดพารามิเตอร์ที่กำหนดขึ้น ในการสร้างภาพลายมือเขียน และทดลองดึงข้อมูลการลากเส้นกลับคืนมาจากภาพระดับสีเทาเพื่อเปรียบเทียบกัน ผลการทดสอบพบว่าการดึงข้อมูลความเร็วลากเส้นในแนวตั้งและแวนอนได้ดีพอสมควร แต่การดึงพารามิเตอร์ต่างๆ ของการเคลื่อนที่ ได้แก่ ความถี่และความหน่วงที่เวลาต่างๆ ไม่มีเสถียรภาพพอสำหรับการรู้จำผู้เขียนได้

เ ก ร ย ง ศ ก คี เ ห ลี ก คี

(2546)การประมวลผลล่วงหน้าของภาพเอกสารสำหรับการรู้จำตัวอักษรภาษาไทย พัฒนาโปรแกรมสำหรับการประมวลผลล่วงหน้าของภาพเอกสาร ซึ่งจะประกอบไปด้วยโปรแกรมในการสร้างภาพไบนารีจากภาพเอกสาร ที่ประกอบไปด้วยข้อความ พื้นหลัง หรือภาพถ่าย และโปรแกรมปรับมุมการเอียงของภาพเอกสารโดยอัตโนมัติ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอโปรแกรมในการสร้างภาพไบนารีด้วยอัลกอริทึม 2 อัลกอริทึมคือ อัลกอริทึมไบนารีแบล็กหรืออัลกอริทึมของยานิววิทซ์และบรัชสเตียน และโปรแกรมปรับมุมการเอียงของภาพเอกสารโดยอัตโนมัติอีก 2 อัลกอริทึมคืออัลกอริทึมฮัทธรานสฟอรั่มและเนียร์สเนเบอร์คัทเตอร์อิง ข้อมูลภาพเอกสารที่ใช้ทดสอบประกอบด้วยเอกสาร 2 ชุด เอกสารชุดแรกที่ใช้ทดลองการไบนารีเซชันจะด้วยอัลกอริทึมไบนารีแบล็ก หรืออัลกอริทึมของยานิววิทซ์และบรัชสเตียน ผลจากการทดลองในการทำไบนารีเซชันโดยรวม อัลกอริทึมของไบนารีแบล็กจะมีประสิทธิภาพมากกว่า อัลกอริทึมของยานิววิทซ์และบรัชสเตียน จากภาพเอกสารจำนวน 10 ภาพ มีจำนวนตัวอักษรรวม 2,316 ตัว

ผลการรู้จำตัวอักษรเมื่อนำภาพเอกสารที่ผ่านการทำให้เป็นไบนารีเซชัน ด้วยอัลกอริทึมของอ้อคส์ จำนวนตัวอักษรที่ถูกต้องเท่ากับ 49.32% เอกสารภาพที่ผ่านอัลกอริทึมของโนแบล็ก จำนวนตัวอักษรที่ถูกต้องเท่ากับ 63.16% เอกสารภาพที่ผ่านอัลกอริทึมของยาโนวิทซ์และบรีคสเดียน จำนวนตัวอักษรที่ถูกต้องเท่ากับ 60.75% ส่วนผลจากการทดลองในการปรับมุมการเอียงโดยอัตโนมัติ ด้วยอัลกอริทึมเนียร์สเนเบอร์คัทเตอร์จะเร็วกว่า และมีความละเอียดมากกว่าอัลกอริทึมฮัทธานสฟอรัม โดยที่อัลกอริทึมเนียร์สเนเบอร์คัทเตอร์มีค่าของมุมคลาดเคลื่อน $+0^{\circ}$ ถึง $+2^{\circ}$ และอัลกอริทึมฮัทธานสฟอรัมมีค่าของมุมคลาดเคลื่อน คลาดเคลื่อน $+0^{\circ}$ ถึง $+3^{\circ}$

สุ ก ริ ติ น ฐ ภิ ญ โ ญ
(2541) การประยุกต์การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยและแบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์กในการรู้จำตัวพิมพ์
อ ก ษ ร ไ ท ย
การรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยได้รับการศึกษาจากผู้วิจัยอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานานโดยมีการใช้วิธีการต่างๆ เพื่อทำการทดลอง วิธีการโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย (Inductive Logic Programming: ILP) หรือไอแอลพี เป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กับการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยได้เป็นอย่างดี มีอัตราการรู้จำ 84.97% ซึ่งวิธีการนี้ทำการรู้จำโดยการสร้างกฎขึ้นจากตัวอย่างบวก ตัวอย่างลบ และความรู้ภูมิหลัง ทั้งหมดนี้ ถูกอธิบายในรูปของโปรแกรมตรรกะ อย่างไรก็ตามในการใช้วิธีการไอแอลพีเพื่อทำการจำแนกตัวพิมพ์อักษรไทย 77 ตัว ออกเป็นหลายคลาส (class) จะเกิดปัญหาขึ้น เนื่องจากระบบที่ใช้วิธีการไอแอลพีส่วนใหญ่จะทำงานเกี่ยวกับตัวอย่างเพียง 2 คลาส คือ ตัวอย่างบวก และตัวอย่างลบ และสร้างกฎสำหรับตัวอย่างบวกขึ้น ตัวอย่างที่ไม่ตรงกับกฎจะถูกจำแนกเป็นลบ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ วิธีการไอแอลพี จะต้องทำการเรียนรู้แนวคิดแบบหลายคลาส (multi-class concept) ซึ่งสามารถทำได้โดยสร้างกฎสำหรับแต่ละคลาสขึ้นจากตัวอย่างบวกซึ่งเป็นตัวอย่างของคลาสนั้นและตัวอย่างลบซึ่งเป็นตัวอย่างของคลาสอื่นๆ กฎเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ในการจำแนกตัวอย่างใหม่ต่อไป แต่ในกรณีของตัวอย่างใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่มีสัญญาณรบกวนอาจไม่ตรงกับกฎข้อใดเลย ซึ่งวิธีการไอแอลพี จะไม่สามารถจำแนกตัวอย่างเหล่านี้ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการอื่นเพื่อทำการประมาณในการเลือกกฎที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างในกรณีดังกล่าว วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการทำการประมาณเพื่อเลือกกฎโดยใช้แบ็กพรอพาเกชันนิวรอลเน็ตเวิร์ก (Backpropagation Neural Network: BNN) หรือ บีเอ็นเอ็น ซึ่งในบีเอ็นเอ็นแบบที่หนึ่งใช้จำนวนสัญญาณ (literal) ที่ไม่ตรงและจำนวนสัญญาณที่ตรงกับตัวอย่างเป็นอินพุตเวกเตอร์ (input vector) ในกระบวนการเรียนรู้ อัตราการรู้จำของบีเอ็นเอ็นแบบนี้มีค่า 92.55% ซึ่งสูงกว่าอัตราการรู้จำของไอแอลพีเพียงอย่างเดียว แต่ข้อเสียคือบีเอ็นเอ็นแบบที่หนึ่งให้ความสำคัญของทุกสัญญาณในกฎแต่ละข้อเท่ากัน ดังนั้นจึงไม่สามารถกำหนดให้สัญญาณที่สำคัญกว่ามีค่าน้ำหนักมากกว่าสัญญาณอื่นๆ ได้

เมื่อใช้ค่าความจริงของสัญญาณทุกสัญญาณในกฎแต่ละข้อแทนจำนวนสัญญาณที่ไม่ตรงและจำนวนสัญญาณที่ตรงกับตัวอย่างเป็นอินพุตเวกเตอร์ในโครงสร้างปิเอ็นเอ็นแบบที่สอง ทำให้ได้อัตราการรู้จำสูงขึ้นเป็น 94.26% ซึ่งสูงกว่าวิธีการอื่นๆ ที่ทำการทดสอบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

อภิญา สุพรรณวรรณ(2540)การประยุกต์ใช้การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัยในการรู้จำตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย หรือ ไอแอลพี ในการรู้จำตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย ระบบไอแอลพีที่เลือกใช้ คือ ระบบ PROGOL ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการใช้ PROGOL ในการเรียนรู้ตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ ได้แก่ ตัวอย่างและความรู้ส่วนหลังผลที่ได้จากการเรียนรู้ คือ กลุ่มของกฎ ซึ่งแต่ละกฎจะนิยามลักษณะสำคัญของตัวอักษรภาษาไทยแต่ละตัว ขั้นตอนถัดมา คือ การนำกฎที่ได้จากการเรียนรู้มาใช้ในการรู้จำตัวอักษร โดยเปรียบเทียบกฎที่ได้กับตัวอักษรที่ต้องการรู้จำ และเลือกกฎที่ตรงกับลักษณะของตัวอักษรนั้นๆ มากที่สุดให้เป็นผลการรู้จำ การทดสอบวิธีการดังกล่าวแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองแรกเพื่อทดสอบการรู้จำตัวอักษรแบบที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อน โดยใช้ตัวอักษรรูปแบบ EUCROSIA ในการเรียนรู้ และใช้รูปแบบ CORDIA ในการทดสอบการรู้จำ พบว่าผลการรู้จำมีความถูกต้อง 87.38% จากจำนวนตัวอักษรที่ทำการทดสอบ 539 ตัวอักษร การทดลองที่สองเพื่อทดสอบการรู้จำตัวอักษรที่มีสัญญาณรบกวน โดยใช้ตัวอักษรรูปแบบ CORDIA และ EUCROSIA ในการเรียนรู้ และนำตัวอักษรทั้งสองรูปแบบนั้นไปคัดลอกด้วยเครื่องถ่ายเอกสารได้จำนวนตัวอักษร 2156 ตัวอักษร แล้วจึงนำมาทดสอบการรู้จำ พบว่าผลการรู้จำมีความถูกต้อง 87.89% เวลาในการรู้จำโดยเฉลี่ย 0.13 วินาทีต่อการรู้จำ 1 ตัวอักษร

ปกรณีย์(2545)การปรับปรุงระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์สำหรับตัวอักษรภาษาไทยโดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแบพรักระจายย้อนกลับ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ สำหรับตัวอักษรภาษาไทย เน้นปรับปรุงข้อมูลที่ใช้ในการสอนข่ายงานประสาทแบบแบพรักระจายย้อนกลับ ซึ่งประกอบด้วย การประมวลผลข้อมูลตัวอักษรเบื้องต้น การหาลักษณะเด่นของตัวอักษร และการเข้ารหัส โดยมีเทคนิคที่สำคัญที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ การหาวงรอบของตัวอักษร การใช้เขตย่อย และการเพิ่มจำนวนเข้ารหัสโหนด ในการหาวงรอบได้ใช้เทคนิคการหาจุดตัดและการเปลี่ยนแปลงของทิศทางรหัสลูกโซ่ ซึ่งจะทำให้การหาวงรอบมีความแม่นยำมากขึ้น การใช้เขตย่อยแบบ 5 เขต จะเป็นวิธีการจำแนกลักษณะของตัวอักษรได้ดี และการเพิ่มจำนวนเข้ารหัสโหนดได้ใช้เทคนิคเพิ่มจำนวนโหนดสตอรัค

และเพิ่มจำนวน โหนดวงรอบของตัวอักษร จากการทดสอบข้างงาน ประสาทที่ได้ ด้วยลายมือของผู้วิจัยจำนวน 2,010 ตัวอักษร พบว่าอัตราการเรียนรู้จำมีความถูกต้องร้อยละ 96.62 รู้จำผิดร้อยละ 1.79 และรู้จำไม่ได้ร้อยละ 1.59

กิตติยานันท์(2544)การพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับระบบการเรียนรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ โดย ใช้ ข้างงาน ประสาท แบบ แพร่กระจายย้อนกลับ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับระบบการเรียนรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์โดยใช้ข้างงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ เครื่องมือซอฟต์แวร์นี้ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถพัฒนาระบบการเรียนรู้จำลายมือเขียน โดยเครื่องมือนี้จะนำข้อมูลตัวอักษรลายมือ และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญมาทำการประมวลผล จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลเหล่านั้นส่งไปยังโปรแกรมข้างงาน ประสาทเพื่อการเรียนรู้จำลายมือเขียน รวมไปถึงการรายงานผลการรู้จำให้กับผู้ใช้เครื่องมือได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้ภาระในการเขียนโปรแกรมลดลง เครื่องมือนี้ยังประกอบไปด้วยความสามารถดังนี้คือ ส่วนจัดเก็บข้อมูลตัวอักษรไว้ในฐานข้อมูลที่สามารถรองรับลายมือเขียนจากผู้เขียนหลายคน ส่วนการสร้างและแก้ไขภาษาไพธอนสคริปต์ที่ใช้ในการประมวลผลลายมือเขียน รวมไปถึงการจัดเตรียมส่วนต่อประสานกับโปรแกรมข้างงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับเพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ได้อย่างสะดวกและง่ายยิ่งขึ้น ในส่วนสุดท้ายของเครื่องมือคือส่วนในการแสดงผลการเรียนรู้จำในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ จากการออกแบบเครื่องมือนี้ กระบวนการในการเข้ารหัสข้อมูลลายมือเขียน ซึ่งเป็น ส่วนที่สำคัญ ในการพัฒนาอัตราการเรียนรู้จำให้ดีขึ้น สามารถถูกเพิ่ม และ แก้ไข ได้ โดยไม่มีผลกระทบกับส่วนอื่นๆ จากการทดสอบฟังก์ชันการประมวลผลตัวอักษรที่สร้างขึ้นด้วยภาษาไพธอนสคริปต์ และทดสอบการทำงานทั้งหมดของเครื่องมือพบว่า เครื่องมือนี้สามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้และสามารถนำไปใช้งาน ได้จริง

ทวีศักดิ์ เอี่ยมสวัสดิ์(2559)การเรียนรู้จำตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยใช้หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว วิธีแบ่งส่วนสำหรับการรู้จำตัวอักษรทำงานโดยการแบ่งภาพบรรทัดตัวอักษรเป็นภาพตัวอักษรและนำไปรู้จำ ตัว อัก ขร แ ต่ ละ ตัว อัก ขร วิธีนี้ได้รับผลกระทบจากประสิทธิภาพของกระบวนการแบ่งส่วนในปัญหาตัวอักษรที่เชื่อมติดกันหรือตัวอัก ขร ที่ บ าง ส่ว น ขาด หาย อ ย่ าง ม า ก ในขณะที่วิธีไม่แบ่งส่วนจะทำการรู้จำภาพบรรทัดตัวอักษรโดยไม่แบ่งส่วนภาพตัวอักษรแต่ละตัว วิธีนี้เหมาะสมกับภาษาอย่างเช่นภาษาไทยที่ประกอบด้วยตัวอักษรที่เชื่อมติดกันจำนวนมาก เป้าหมายของวิทยานิพนธ์นี้คือการประยุกต์ใช้หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว

ซึ่ง เป็น วิถี ไม่ แบ่ง ส่วน ใน การ รู้ จำ ตัว อักษร ภาษา ไทย นอก จาก นี้ วิท ยานิ พน ธ์ นำ เสน อ วิถี การ เลื่อน องค์ ประกอบ แนว ตั้ง ในการ แก้ไข ปัญหา รูปแบบ การ รวม กัน ของ ตัว อักษร ที่ เกิด ขึ้น แนว ตั้ง จำนวน มาก บน โครงสร้าง ตัว อักษร สี่ ระดับ ของ ภาษา ไทย และ ยาก ต่อ การ นำ มา ใช้ กับ โครงข่าย หน่วย ความ จำ ระยะ สั้น แบบ ยาว มา ตระฐาน ผล การ ทดลอง แสดง ค่า ความ แม่นยำ เปรียบ เทียบ วิถี ที่ นำ เสน อ บน โครงข่าย หน่วย ความ จำ ระยะ สั้น แบบ ยาว มา ตระฐาน กับ ซอฟต์แวร์ เชิง พาณิ ชย์ ในการ รู้ จำ ตัว อักษร ภาษา ไทย

อุ ด ม
สถาพรชัยสิทธิ์(2549)การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญแบบหลายประเภท
แ ล ะ นี ว ร อ ล เ นื้ ต เ ว ร ี ก
นำเสนอวิธีการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยแบบใหม่ที่เรียกว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญแบบหลายประเภท
สั า ห ร ี บ ก า ร รู้ จ า ต้ ว อักษร ภาษา ไทย
โดยวิธีการนี้มีแนวคิดพื้นฐานมาจากการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญดั้งเดิม
ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญดั้งเดิมมีข้อดีที่สามารถลดปริมาณข้อมูลทำให้ข้อมูลที่ได้มีขนาดกะทัดรัด
โดยใช้กระบวนการแปลงเชิงเส้น และการตัดลดคุณลักษณะที่ไม่สำคัญออก
อย่างไรก็ดีการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญดั้งเดิมนี้อย่างขาดประสิทธิภาพในการแบ่งแยกข้อมูลประเภทที่มีจำ
นวน มาก ดัง เช่น ตัว อักษร ภาษา ไทย
ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญแบบหลายประเภทที่นำเสนอนี้มีประสิทธิภาพในการแบ่งแยกข้อมูล
โดยการสร้างเซตขององค์ประกอบสำคัญ โดยที่แต่ละเซตสร้างจากข้อมูลในแต่ละประเภท
แต่การสร้างเซตขององค์ประกอบสำคัญหลายเซตนั้นมีจุดอ่อนตรงที่ต้องใช้ทรัพยากรและเวลาในการคำนวณ
มากเกินไปซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองและเสียเวลาจึงต้องมีวิธีในการลดจำนวนองค์ประกอบสำคัญให้น้อยลง
ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำเสนอวิธีการสำหรับการกำหนดจำนวนองค์ประกอบสำคัญที่เหมาะสมสำ
ห ร ี บ ขั อ มู ล แ ต่ ล ะ ป ระเภท ที่ แ ต่ ต่ า ง กั น 4 วิถี ดั ว ย กั น
โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนี้ให้ความถูกต้องในการรู้จำตัวอักษรที่สูงขึ้นว่าวิธีการวิ
เคราะห์องค์ประกอบสำคัญดั้งเดิม

อิ ท ธิ พั น ธ์
เมธเศรษฐ์(2543)การรู้จำตัวอักษรเขียนภาษาไทยที่เป็นคำแบบออฟไลน์โดยใช้หลักเกณฑ์ทางพีชชีร่วมกับคุณ
ณ ลั ก ษ ณ ะ บั ง ค วา ม ต่ า ง
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างวิธีการรู้จำตัวอักษรเขียนภาษาไทยที่เป็นคำเรียกชื่อจังหวัด
โดยประยุกต์ใช้พีชชีโลจิก ร่วมกับคุณลักษณะบ่งความต่างของอักษรภาษาไทย
โดยระบบจะพิจารณาความคล้ายของตัวอักษรกับรูปแบบมาตรฐานที่อยู่ในรูปของกฎทางพีชชี
และเลือกรูปแบบที่มีความคล้ายมากที่สุด 5 รูป ไปตรวจสอบกับพจนานุกรมคำเรียกชื่อจังหวัด
ในการตรวจสอบผลการรู้จำกับพจนานุกรมสามารถลดเวลาการทำงานได้โดยแบ่งกลุ่มคำออกตามความยาว

ข อ ง ต้ ว อ้ ก ย ร
ผลการทดสอบกระทำบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางเป็นเพนเทียมความเร็ว 600 เมกะเฮิร์ตซ์ และมีหน่วยความจำแรม 128 เมกะไบต์ ตัวอักษรที่ใช้ทดสอบเป็นอักษรตัวเดียว พยัญชนะ 44 ตัว จำนวน 100 แบบ รวม 4400 ตัว สระและวรรณยุกต์ 19 ตัว จำนวน 40 แบบ รวม 5,160 ตัว ตัว อ ก ข ร ระ ดับ ค่ำ 76 ค่ำ จ ำน ว น 40 แ บ บ 3,040 ค่ำ ร ว ม 23,720 ตัว อ ก ข ร อัตราการรู้จำผิดพลาดในกรณีตัวอักษรเดี่ยวร้อยละ 3.62 และอัตราการรู้จำผิดพลาดในกรณีคำภาษาไทย ร้อยละ 1.71

ป ร ะ เ ส ริ ฐ ฑ อ เรี อ ง วิ วั ฒ น์
(2541) การรู้จำตัวอักษรเขียนภาษาไทยโดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะบ่งความต่าง สร้างวิธีการรู้จำตัวอักษรเขียนพยัญชนะไทย โดยใช้คุณลักษณะบ่งความต่างของอักษรภาษาไทย ประกอบด้วยคุณลักษณะร่วมและคุณลักษณะเฉพาะ โดยคุณลักษณะร่วมที่ใช้ได้แก่ จำนวนเกาะ จำนวนหัว ระดับของหัว การต่อเชื่อมของหัว และการเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่านซึ่งได้ดัดแปลงเทคนิค ให้เหมาะสมกับตัวอักษรภาษาไทย โดยเริ่มจากตำแหน่งศูนย์กลางหัวของตัวอักษร หากการเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่านแนวนอนได้แก่ ด้านซ้ายและด้านขวา และแนวดิ่งได้แก่ ด้านบนและด้านล่าง ได้รหัสการเปลี่ยนสายลำดับการลากผ่านเป็นซ้าย, บน, ขวา และล่าง ตามลำดับ คุณ ลักษณะ เฉพาะ ที่ ใช้ ได้ แก่ การ พิจารณาคุณ ลักษณะ จุด ใน บริเวณ ที่ กำหนด อัตราส่วนความกว้างต่อความสูง และรอยหยัก ผลการทดสอบกระทำบนไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางเป็นเพนเทียมความเร็ว 133 เมกะเฮิร์ตซ์ และมีหน่วยความจำแรม 56 เมกะไบต์ ตัวอักษรที่ใช้รวม 6,160 ตัว ได้จาก 28 คน ทั้งนี้แต่ละคนเขียนตัวอักษรพยัญชนะไทย 44 ตัว จำนวน 5 ชุด อัตราการรู้จำที่ได้ประมาณร้อยละ 95 และมีความเร็วในการประมวลผลประมาณ 350 ตัวอักษรต่อนาที

จามร ติรยานนท์ (2543) การรู้จำตัวอักษรเขียนภาษาไทยโดยใช้วิธีสแกนนิ่งเอ็น-ทูเปิ้ล วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการนำเสนอวิธีสแกนนิ่งเอ็น-ทูเปิ้ลสำหรับการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยจากคำแบบเชื่อมตรง โดยจุดคู่ลำดับของตัวอักษรจะถูกเข้ารหัสลูกโซ่ และใช้สแกนนิ่งเอ็น-ทูเปิ้ลหาแบบจำลองทางสถิติของตัวอักษร ในการจำแนกใช้ความน่าจะเป็นสูงสุด และใช้การตรวจสอบเงื่อนไข ได้แก่ ความสูงสุดของตัวอักษรและระดับของตัวอักษร ความกว้างของตัวอักษร อัตราส่วนความกว้างต่อความสูง ความแตกต่างระหว่างจุดจรดปากกากับจุดสูงสุด และการตรวจคุณลักษณะในบริเวณที่กำหนด มาช่วยในการแก้ปัญหาตัวอักษรที่มีความคล้ายกัน ใน ส่วน ของ การ รู้ จั ำ ระ ดับ ค่ำ นั้น ได้ ใช้ วิ ธี ก าร ห า ค ะ แ น น สูง สุ ด ผลการทดสอบกระทำบนไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางเป็นเพนเทียมความเร็ว 400 เมกะเฮิร์ตซ์ และมีหน่วยความจำหลัก 128 เมกะไบต์ การทดสอบระบบกับตัวอักษรตัวเดียว 10,365 ตัวอักษร ซึ่งเขียนโดยผู้ทดสอบ 20 คน ได้อัตราการรู้จำร้อยละ 86.39 การรู้จำระดับคำซึ่งมีคำศัพท์จำนวน 91

คำ จากการเขียนโดยผู้ทดสอบ 20 คน รวมทั้งสิ้น 1,820 คำ ได้อัตราการรู้จำร้อยละ 99.67 ในกรณีที่ใช้ตัวอักษรตัวเดียวที่รู้จำออกมาลำดับแรก และร้อยละ 100 ในกรณีที่ใช้ตัวอักษรตัวเดียวที่รู้จำออกมา 3 ลำดับแรก โดยมีความเร็วในการฝึกฝนระบบประมาณ 380 ตัวอักษรต่อวินาที และความเร็วในการรู้จำประมาณ 23 ตัวอักษรต่อวินาที

พัฒนชัย เบศรบุญญวงศ์(2545)การรู้จำตัวอักษรไทยโดยใช้ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แมชชีนและเคอร์เนล ปรับปรุงความถูกต้องในการรู้จำของโปรแกรมโอซีอาร์ภาษาไทย โดยได้นำเอาเทคนิคของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แมชชีน (เอสวีเอ็ม) และเคอร์เนลเข้ามาประยุกต์ใช้ในส่วนของการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของข้อมูล ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการดึงเอาลักษณะสำคัญของข้อมูลรูปภาพตัวอักษร ก่อนที่จะส่งข้อมูลที่ได้ไปยังส่วนรู้จำของโปรแกรมโอซีอาร์ เพื่อแยกแยะว่าเป็นตัวอักษรชนิดใดต่อไป โดยเรียกเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของข้อมูลแบบนี้เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของข้อมูลแบบเคอร์เนล ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งรูปภาพที่ใช้ทดสอบออกเป็นสองกลุ่ม คือรูปภาพชุดเรียนรู้อ้างอิง 8,544 ตัว และรูปภาพชุดทดสอบจำนวน 1,424 ตัว ประกอบด้วยตัวอักษรแบบ AngsanaUPC, BrowalliaUPC, CordiaUPC, DilleniaUPC, EucrosiaUPC และ FreesiaUPC แต่ละแบบประกอบด้วยตัวอักษรขนาด 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28 และ 36 จุด ผลของการทดสอบพบว่า ผลของการรู้จำของโปรแกรมโอซีอาร์ภาษาไทยที่ใช้เทคนิคของการวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของข้อมูลแบบเคอร์เนล ให้ผลการรู้จำที่ดีขึ้นจากโปรแกรมโอซีอาร์ภาษาไทยตัวเดิม อย่างไรก็ตามวิธีใหม่นี้กลับใช้หน่วยความจำและเวลาที่เพิ่มขึ้นจากเดิม

สมศักดิ์ คงถาวรวัฒนา(2539)การรู้จำสายอักขระไทยตัวพิมพ์โดยวิธีชินแทกติก การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาอัลกอริทึมต้นแบบที่สามารถนำไปใช้การรู้จำสายอักขระตัวพิมพ์ไทยเพื่อให้อัตราการรู้จำที่ได้ออกมาเป็นลักษณะของแฟ้มข้อมูลของตัวอักษร ตามมาตรฐานภาษาไทยของ สมอ. โดยตัวอักษรที่จะนำมาทดสอบจะเป็นตัวอักษรแบบ EucrosiaUPC ขนาด 18 points สำหรับระบบการรู้จำสายอักขระตัวพิมพ์ไทยประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญคือ ขั้นตอนการแยกกลุ่มของข้อมูลภาพ โดยให้เทคนิคการหาขอบภาพ การจัดเรียงตัวอักษรโดยใช้วิธีการพิจารณาเส้นฐานและขนาดตัวอักษร ขั้นตอนการรู้จำตัวอักษรโดยใช้วิธีชินแทกติก (สนธยา, 2537) ผลการทดลองซึ่งใช้สายตัวอักษร 150 สายรวม 1,974 ตัวอักษร พบว่าเมื่อนำภาพตัวอักษรที่ต้องการรู้จำมาทดสอบกับระบบการรู้จำที่พัฒนาขึ้นนั้น สามารถที่จะรู้จำสายอักขระเหล่านั้นได้โดยผลของการรู้จำสำหรับการวิจัยนี้มีอัตราการรู้จำ 92.70% ไม่สามารถรู้จำได้ 2.90% และรู้จำผิด 4.40%

กรรณทิพย์ กิริติรัตนพฤษย์(2544)การแยกตัวอักษรจากลายมือเขียนภาษาไทยที่เป็นคำ สร้างกระบวนการตัดแยกตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย

โดยใช้วิธีการแยกตัวอักษรด้วยการวิเคราะห์ห้องคี่ประกอบเชิงภาพ (Image based or dissection) ร่วมกับความรู้ไวยาวัศรศาสตร์ซึ่งได้จากการวิเคราะห์โครงสร้างตัวอักษรภาษาไทย มาใช้ในการตรวจสอบบริเวณการติดกันของตัวอักษร เพื่อหาแนวทางการแยกการติดกันของตัวอักษร (Segmentation Path) ที่เหมาะสม ผลการทดสอบกระทำบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ใช้หน่วยประมวลผลการเป็นเพนเทียมความเร็ว 733 เมกะเฮิร์ตซ์ และมีหน่วยความจำแรม 128 เมกะไบต์ฐานข้อมูลภาพคำที่ใช้ทดสอบจำนวน 1,539 คำ ประกอบด้วยตัวอักษรจำนวน 12,117 ตัว แบ่งออกเป็น ข้อมูลภาพคำที่มีแต่ตัวอักษรเดี่ยวจำนวน 191 คำ ข้อมูลภาพคำที่มีเฉพาะการติดกันของตัวอักษรในแนวระดับจำนวน 846 คำ ข้อมูลภาพคำที่มีเฉพาะการติดกันของตัวอักษรต่างระดับจำนวน 277 คำ และข้อมูลภาพคำที่มีการติดกันของตัวอักษรทั้งในแนวระดับและต่างระดับจำนวน 225 คำ อัตราความถูกต้องของตัวอักษรที่ได้จากการตัดแยก 84.71%

วัลทน พัตนฤติ (2533) ระบบการรับรู้ลายมือเขียนอักษรไทย ระบบการรับรู้รูปแบบลายมือเขียนอักษรไทยที่บรรยายถึงในวิทยานิพนธ์นี้เป็นระบบการรับรู้รูปแบบที่ประกอบด้วยการประมวลผลหลายขั้นตอนสามารถแบ่งออกได้เป็น ขั้นตอนแรกเป็นการแยกย่อยกลุ่มรูปแบบลายมือเขียนคร่าวๆ โดยอาศัยการตรวจสอบตามตำแหน่งของจุดปลายทั้งสองออกเป็นกลุ่ม 3 กลุ่มย่อย โดยมีภารกิจหาขอบเขตระดับการเขียนไว้ล่วงหน้า ขั้นตอนต่อมาเป็นการหาลักษณะเด่นของรูปแบบตามรหัสทิศทางฟรีแมน เพื่อให้ได้กลุ่มรูปแบบที่เหมาะสมจากการแยกย่อยกลุ่มใน 32 กลุ่มอักษรขั้นตอนการรับรู้รูปแบบประยุกต์ทฤษฎีไดนามิกโปรแกรมมิ่งในการหาความแตกต่างระหว่างรูปแบบ และรูปแบบในกลุ่ม เมื่อได้รูปแบบอ้างอิงที่มีความแตกต่างน้อยที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จะผ่านการตรวจสอบของภาคจัดการผลลัพธ์ระหว่างรูปแบบในกลุ่มใกล้เคียงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้รูปแบบ ผลการวิจัยตามข้อมูล โดยผู้เขียนเฉพาะบุคคลเดียว โดยเฉลี่ยสามารถรับรู้รูปแบบได้ในอัตราร้อยละ 98.5

นัชชัย ยิงนวลจันทร์ (2546) ระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์ สำหรับสัญลักษณ์ภาษาเชดโดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์สำหรับสัญลักษณ์ในภาษาเชดโดยใช้ข่ายงานประสาทแบบแพร่กระจายย้อนกลับ โดยครอบคลุมสัญลักษณ์ที่แตกต่างกันจำนวน 103 ตัว งานวิจัยมีการพัฒนากระบวนการประมวลผลเบื้องต้นด้วยเทคนิคการนอร์มอลไลซ์แบบพิจารณาลักษณะของสโตรค การพัฒนากระบวนการหาลักษณะเด่นด้วยเทคนิคการแบ่งสโตรคออกเป็นเซกเมนต์ และหาชนิดของสโตรคและเซกเมนต์โดยพิจารณาจากค่าความโค้งและจำนวนจุดเด่นของแต่ละสโตรค และการพัฒนากระบวนการเข้ารหัสด้วยการจัดโครงสร้างของข้อมูลนำเข้าให้เป็นสัดส่วนสำหรับลักษณะเด่น

ในแต่ละชนิดของแต่ละสโตรค จากการสอนข้างงานประสาทด้วยข้อมูลลักษณะเด่น ได้แก่ จำนวนสโตรคของสัญลักษณ์จำนวนสโตรคชนิดจุด จำนวนสโตรคชนิดวงรอบ จำนวนสโตรคชนิดเส้นตรง อัตราส่วนของจุดในแต่ละโซน รหัสลูกโซ่ของสัญลักษณ์ ชนิดของเซกเมนต์ และจำนวนจุดเด่นของแต่ละสโตรค เมื่อทดสอบข้างงานประสาทที่ได้ด้วยลายมือของผู้วิจัยจำนวน 3,090 ตัว ได้ค่าอัตราการเรียนรู้จำถูกต้องร้อยละ 92.46 รู้จำผิดร้อยละ 5.50 และรู้จำไม่ได้ร้อยละ 2.04 ซึ่งสามารถประมาณค่าอัตราการเรียนรู้จำของข้างงานประสาท ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ อยู่ในช่วงร้อยละ 91.53 ถึง 93.39

ศิริ ขวัญ ไชยวัฒนพันธุ์ (2559)ระบบรู้จำตัวอักษรพิมพ์ไทยโดยใช้รูปลักษณะในการจำแนกในภาพวิดิทัศน์ตามแนวเส้นบรรทัด บทความฉบับนี้นำเสนอวิธีการรู้จำตัวอักษรภาษาไทยในภาพจากกล้องที่เคลื่อนที่ไปตามบรรทัดโดยใช้ลักษณะรูปลักษณะของตัวอักษร เช่น ความสูง, ความกว้าง, ขอบบน ล่าง และ ขวา, จำนวนและตำแหน่งของวงกลมและจุดสิ้นสุด ในการจำแนกตัวอักษรพิมพ์ของไทยทั้ง 68 รูป เนื่องจากตัวอักษรแต่ละตัวในบรรทัดปรากฏในภาพมากกว่าหนึ่งเฟรมจากกล้องที่เคลื่อนที่ไปตามบรรทัด จึงมีความจำเป็นต้องมีกระบวนการจัดกลุ่มการเรียงตัวกันของกลุ่มตัวอักษรในแต่ละเฟรมด้วย เพื่อให้กล้องนั้น สามารถอ่าน การเรียงตัวกันของอักษรในแต่ละบรรทัดได้ถูกต้อง ระบบรู้จำตัวอักษรตามแนวบรรทัดนี้ถูกทดสอบกับชุดภาพตัวอักษรพิมพ์ไทยที่มีชุดแบบแตกต่างกัน 4 ชุด พบว่าได้ผลความถูกต้องโดยรวมประมาณ 85.64%

วิชา พานิช(2539)ระบบรู้จำอักษรภาษาไทยโดยใช้ลักษณะบ่งความต่างของตัวอักษรไทย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างระบบรู้จำอักษรภาษาไทย โดยใช้ลักษณะบ่งความต่างของอักษรไทย ซึ่งประกอบด้วยงาน 3 ส่วนหลักคือ ส่วนรู้จำอักษรเดี่ยว ส่วนแยกอักษรที่ติดกัน และ ส่วนวิเคราะห์เอกสาร ในส่วนการรู้จำอักษรภาษาไทยใช้การแบ่งกลุ่มโดยใช้ลักษณะของโครงสร้างหลักร่วมกับระดับของอักษร โดยแบ่งเป็น อักษรระดับบน 1 กลุ่ม ระดับล่าง 1 กลุ่ม และระดับกลางอีก 7 กลุ่ม แล้วจึงแยกแยะในกลุ่มย่อยโดยใช้ลักษณะบ่งความต่างของอักษรไทย ในส่วนการตัดแยกอักษรที่ติดกันนั้นใช้ลักษณะบ่งความต่างของอักษรไทยแบ่งประเภทของการติดกันโดยใช้ระดับของอักษรได้เป็น 10 กลุ่มแล้วใช้วิธีเฉพาะของแต่ละกลุ่มในการตัดแยก ในส่วนการวิเคราะห์เอกสารมีการแก้ความเอียงของเอกสาร การแยกคอลัมน์และแยกบรรทัดตัวอักษร โดยทำการทดสอบบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ CPU 80486DX2-80 กับอักษรกว่า 50,000 ตัวอักษรได้ผลการรู้จำร้อยละ 97.6 และใช้เวลาเฉลี่ยในการรู้จำ 36.4 อักษรต่อวินาที

โกวิท ปัญญาโสภณเลิศ(2551)เทคนิคการลดมิติข้อมูลสำหรับการรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยแบบออฟไลน์ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการหาวิธีการลดมิติสำหรับการรู้จำตัวอักษรลาย

มือเขียนภาษาไทยที่มีความเหมาะสมสำหรับการรู้จำโดยใช้วิธีการเพื่อนบ้านใกล้เคียง k ตัวเป็นตัวจำแนกประเภท โดยทำการเปรียบเทียบอัตราการรู้จำด้วยวิธีการลดมิติต่างๆ ได้แก่ พีซีเอ, แอลดีเอ, แอล - เอ็ม ดี เอ ส , แอล พี พี , แอล ดี อี , ดี เอ็น อี และ แอล - โอ โช แอม ป นอกจากนี้ยังได้เสนอเทคนิคการทำภาพเบลอแบบกระจายเพื่อใช้ในขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้นเพื่อให้ง่ายต่อการวัดความคล้าย กันของข้อมูลด้วยระยะทางยุคลิดมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น การทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลองหลัก คือ 1. การทดสอบประสิทธิภาพของการทำภาพเบลอแบบกระจาย และ 2. การทดสอบประสิทธิภาพในการรู้จำตัวอักษร โดยใช้วิธีการลดมิติแต่ละวิธีภายในแต่ละการทดลองได้แบ่งชุดข้อมูลทดสอบออกเป็นชุดที่ขึ้นต่อผู้เขียนและชุดทดสอบที่ไม่ขึ้นต่อผู้เขียน ตัวอักษรทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ตามตำแหน่งในการเขียน คือ ตัวอักษรระดับบน, ระดับกลาง และ ระดับล่าง ขอบของบรรทัด และยังสามารถเพิ่มกลุ่มย่อยสำหรับตัวอักษรที่มีความคล้ายคลึงกันในการทดลองด้วย ผลการทดลองพบว่าการลดมิติด้วยวิธีดีเอ็นเอให้อัตราการรู้จำโดยเฉลี่ยดีกว่าวิธีการลดมิติแบบอื่นทั้งหมด ทั้งยังมีความง่ายในการนำไปใช้งาน เพราะมีตัวแปรเพียง 1 ตัว นั่น คือ จำนวนเพื่อนบ้าน ใน ขั้นตอนการสร้างกราฟ จากผลการทดลองยังแสดงให้เห็นอีกว่าการทำภาพเบลอแบบกระจายในขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้น ทำให้ อัตราการรู้จำเพิ่มขึ้นในทุกๆ การทดลอง โดยผลการทดลองที่ดีที่สุดสำหรับชุดข้อมูลทดสอบที่ขึ้นต่อผู้เขียนและไม่ขึ้นต่อผู้เขียนมีอัตราการรู้จำที่ 88.01 เปอร์เซ็นต์ และ 84.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยใช้วิธีดีเอ็นเอในการลดมิติ

นิตยา ศิริประเสริฐ (2545) การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการแบ่งส่วนในหน้าเอกสารสำหรับการรู้จำตัวอักษร วิจัยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการแบ่งส่วนในหน้าเอกสารสำหรับการรู้จำตัวอักษร เพื่อจำแนกประเภทของข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ตาราง และรูปภาพ ออกจากกัน โดยใช้วิธีการแบ่งส่วนแบบล่างขึ้นบน และวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลแบบเชิงสถิติ ข้อมูลภาพเอกสารที่ใช้ทดสอบ ประกอบด้วยเอกสาร 50 หน้า โปรแกรมเริ่มต้นอ่านข้อมูลทั้งหน้าเอกสาร เพื่อคำนวณหาขอบเขตของข้อมูลที่อยู่ใกล้กันรวมกันให้เป็นข้อมูลบล็อกเดียวกัน จากนั้นขอบเขตของบล็อกข้อมูลทั้งหมดจะนำมาเป็นข้อมูลเข้าสำหรับการวิเคราะห์ เพื่อจำแนกประเภทของข้อมูลที่อยู่ภายในขอบเขตนั้นตามวิธีการเชิงสถิติ ผลจากการทดลอง โปรแกรมสามารถจำแนกประเภทข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยบล็อกของข้อมูลเป็นตัวอักษรจำนวน 7,319 บล็อก บล็อกของตารางจำนวน 22 บล็อก และบล็อกของรูปภาพจำนวน 213 บล็อก แยกความผิดพลาดเป็นภาพของตัวอักษรเฉลี่ย 1.29 เปอร์เซ็นต์ ตารางเฉลี่ย 2 เปอร์เซ็นต์ และรูปภาพเฉลี่ย 18.06 เปอร์เซ็นต์

มรุต นาม บุญ (2550) การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยแบบออนไลน์ การรู้จำลายมือเขียนอักษรภาษาไทย นี่เป็นการที่เราให้คอมพิวเตอร์ทำการเรียนแบบ การรู้และจดจำวิธีการเขียนให้คล้ายกับการจำจดตัวอักษรของมนุษย์ ซึ่งปัจจุบันนี้ การรู้จำลายมือเขียนอักษรภาษาไทยนี้เริ่มมีการนำไปใช้งานอย่างจริงจังแล้ว โครงการฉบับนี้ได้เสนอทฤษฎีเบื้องต้นในการรู้จำอักษรของคอมพิวเตอร์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำข้อมูลที่ได้ มาทำการออกแบบระบบการรู้จำลายมือเขียนอักษรภาษาไทย การคำนวณงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนโดยส่วนที่หนึ่งจะทำการศึกษาและออกแบบระบบการรู้จำลายมือเขียนอักษรภาษาไทย โดยระบบที่ออกแบบขึ้นมา นั้น มีทฤษฎี นำมาวิเคราะห์ Chain Code เพื่อใช้ในการแทนทิศทางในการเขียนของเส้น และการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มอักษรโดยเน้นรูปแบบของหัวอักษรเป็นหลัก และในส่วนที่สองคือการจดจำโดยใช้หลักการและโครงสร้างระบบที่ออกแบบไว้ในส่วนที่หนึ่ง เขียนเป็นโปรแกรมการรู้จำอักษรภาษาไทยทำการทดสอบและสรุปผลการทดสอบโปรแกรม

ปิยะ ฐ พิ ม ล ร ัต น์ (2554) การรู้จำตัวอักษรอังกฤษ - ไทย โดยใช้วิธีทางสถิติร่วมกับซอฟต์แวร์แมชชีน การแปลงตัวอักษรในเอกสารข้อมูลที่เป็นรูปภาพนั้น ปัจจุบันมีผู้ที่ทำการวิจัยจำนวนมาก เช่น การรู้จำตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยการใช้นิเวศของนิวรอลเน็ตเวิร์ก [1] ซึ่งใช้เทคนิคของนิวรอลเน็ตเวิร์กมาทำการแยกแยะ (Ensemble of Classifiers) ด้วยวิธีการ HV (Hierarchy Voting) ที่แบ่งออกเป็น 12 กลุ่มนั้นมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงที่สุด ที่ 93.60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ารวมผลลัพธ์อื่น หรือแม้กระทั่ง HV (Hierarchy Voting) ที่แบ่งออกเป็น 9 กลุ่ม นั้นทำให้เห็นว่าถ้ามีการจำแนกกลุ่มที่ดีจะมีความแม่นยำในการจำแนกตัวอักษรได้ถูกต้องสูงตามไปด้วย ต่อมาในงานวิจัยเรื่องการรู้จำตัวอักษรไทย โดยใช้ซอฟต์แวร์แมชชีนและเคอร์เนล [2] ใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลแบบใหม่ เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของข้อมูลแบบเคอร์เนล (Kernel principal component analysis) สามารถให้ผลลัพธ์ในการรู้จำที่ดีขึ้น แต่จะทำให้ใช้เวลาการรู้จำตัวอักษรมากขึ้นตามไปด้วย ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการรู้จำตัวอักษร อังกฤษ - ไทย เป็นอีกวิธีการหนึ่ง โดยอาศัยเทคนิคของหลักการวิธีทางสถิติแบบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เพื่อใช้ในการแยกกลุ่มของตัวอักษร ส่วนซอฟต์แวร์แมชชีนจะทำการจำแนกตัวอักษร ซึ่งในแต่ละส่วนของวิธีทางสถิติแบบสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ นั้น จะเป็นตัวช่วยแยกชนิดของตัวอักษรให้ได้อีก่อน ที่จะเข้าสู่การจำแนกตัวอักษรทำให้เป็นการเพิ่มความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

สรุปงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคการจำแนกตัวอักษร ใช้วิธีทางสถิติ(ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์) ร่วมกับซอฟต์แวร์แวกเตอร์แมชชีน มาทำงานร่วมกันสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี โดยสามารถแยกเป็นชนิดของแต่กลุ่มตัวอักษรได้ถึง 99.27เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการเรียนรู้ของตัวอักษรได้ถูกต้องเฉลี่ย 97.40เปอร์เซ็นต์ จากรูปภาพในชุดทดสอบที่ใช้การทดสอบทั้งหมด 1260รูป และนอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มความถูกต้องของการจำตัวอักษรได้มากเมื่อเทียบกับการใช้ซอฟต์แวร์แมชชีน เพียงอย่างเดียว แต่ก็ใช้เวลาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในกรณีที่รูปภาพเข้ามามีลักษณะถูกลบบังหรือตัวอักษรมีทิศทางที่แตกต่างไป ประสิทธิภาพในการรู้จำของตัวอักษรจะลดลงไป ด้วยการพัฒนางานวิจัยควรปรับปรุงในเรื่องการปรับแต่งรูปภาพให้ดีขึ้นก่อนที่เข้ากระบวนการรู้จำที่ดีได้

นิรันดร์ เลิศวิมล(2549)การเรียนรู้จำอักขระอักษรธรรมอีสานโดยใช้ตัวแบบฮิดเดนมาร์คอฟ อักขระอักษรธรรมอีสาน เป็นอักขระที่ไม่ใช่มาตรฐานการพิมพ์ทั่วไปบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงยากที่จะนำมาเข้าสู่กระบวนการรู้จำ เนื่องจากรูปแบบการเขียนไม่แน่นอนซับซ้อน และยืดหยุ่นตามลักษณะของภูมิภาคที่ผู้เขียนนั้นอยู่ ในการรู้จำจึงต้องอาศัยการสกัดลักษณะเฉพาะจากลักษณะเด่นหลาย ๆ อย่าง ทั้งนี้เพื่อให้สามารถอธิบายเอกลักษณ์ที่สำคัญของอักขระแต่ละตัวได้อย่างครบถ้วนมากที่สุด งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาการเรียนรู้จำอักขระตัว อักขระอักษรธรรมอีสานจำนวน 91 ตัวๆ ละ 6 แบบ โดยใช้วิธีการปรับการกระจายของพิกเซลของตัวอักขระแบบไม่เชิงเส้นและคุณลักษณะเด่นของอักขระหลายวิธีร่วมกันโดยใช้ตัวแบบฮิดเดนมาร์คอฟชนิดต่าง ๆ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ โดยมีการกำหนดจำนวนสถานะของตัวแบบในลักษณะที่ ันแน่นอนและไม่แน่นอน ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่าจำนวนสถานะที่เหมาะสมและน้อยที่สุดที่ ะให้ผลอัตราการเรียนรู้เฉลี่ยสูงสุดสำหรับตัวแบบชนิด Left-Right มีจำนวนสถานะอยู่ระหว่าง ะ 20 -40 สถานะ โดยมีอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 98.9%

สรุปผลการวิจัยจากผลการวิจัยสรุปได้ว่า อักขระอักษรธรรมอีสานสามารถนำมาเข้าสู่กระบวนการรู้จำได้ โดยนำข้อมูลของตัวอักษรจากรูปแบบของ Text file มาแปลงเป็นรูปภาพ (image file) จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วยการปรับมาตรฐานรูปร่างแบบไม่เชิงเส้น (Non-LinearShape Normalization :NSN) และ การลดความหนาของตัวอักขระ (Thinning) จากนั้นจึงเข้าสู่การสกัดลักษณะเฉพาะของอักษรธรรมอีสาน โดยการหาค่าการกระจายของจุดแล้วนับจำนวนของจุด และการหาจำนวนหัวของอักขระ รวมทั้งการจุดเชื่อมต่อ จุดแยก และจุดสิ้นสุดของตัวอักขระ แล้วได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลแวกเตอร์ ที่มีจำนวนข้อมูล 41 ข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 5.1 จากนั้นจึงนำข้อมูลแวกเตอร์ดังกล่าวไปใช้เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อการฝึกฝนและทดสอบการรู้จำต่อไปเมื่อได้ข้อมูลแวก

ต่อ ร แ ล้ ว ก็ จ ะ น ำ ไป เป็น ข ้อมูล นำ เ ช้ า เพื่อ เ ช้ า สู่ กระบวนการรู้จำโดยการสร้างตัวแบบฮิดเดนมาร์คอฟให้กับตัวอักษรแต่ละตัว แล้วคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต(Observation : O) โดยใช้หลักการ Forward-Backward Algorithm ห ลั ง จ า ก นั้ น จ ะ ค ำน ว ณ ห ค่า ค วาม น ำ จ ะ เป็น ส ูง ส ุด เพื่อตัดสินใจว่าข้อมูลที่นำเข้ามาตรงกบอักขระตัวใด ได้ผลลัพธ์ดังตัวอย่างในตารางที่ 5.1ตารางที่ 5.1แสดงตัวอย่างค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกต (O) ของตัวอักษรทั้ง 91 ตัว 6 แบบ บ ตัว อ ก ข ร ะ ล ำ ด ับ ที่ 6 7 (ส ร ะ อ ำ) แบบ ที่ 3 – 6 มีค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกตสูงและใกล้เคียงกัน ส่วนตัวอักษรแบบที่ 1 และ 2 มีค่าความน่าจะเป็นต่ำ ดังนั้น เมื่อนำเอาข้อมูลแบบที่ 1 หรือ 2 เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อทดสอบกระบวนการรู้จำ จะได้ผลลัพธ์ออกมาที่ไม่ใช่สระอำ จึงได้ร้อยละของอัตราการเรียนรู้จำถูกต้อง 66.67 ส่วนตัวอักษรลำดับอื่นๆ เช่น ลำดับที่ 1 (ตัว ก) มีค่าความน่าจะเป็นของลำดับการสังเกตที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้น เมื่อนำข้อมูลแบบอักขระใดๆ เป็นข้อมูลนำเข้า จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น ตัว ก ทุกตัว จึง ท ำ ให้ ไ้ ได้ ร ้อย ล ะ ข อ ง อ ัต ร าก าร ร ู้ จ ำ ถ ูก ต ี อ ง เป็น 100และเมื่อนำค่าร้อยละของอัตราการเรียนรู้จำถูกต้องของตัวอักษรทั้ง 91 ตัวๆ ละ 6 แบบ รวมทั้งสิ้น 546 ตัว จะมีค่าเฉลี่ยของอัตราอยู่ที่ 98.9% จากผลการวิจัย จะเห็นว่า ตัวอักษรบางตัว เช่น ตัวอักษรลำดับ 13 (ตัว ค)และตัวอักษรลำดับที่ 17 (ตัว ท) ของแต่ละหน่วยงานจะเป็นตัวอักษรธรรมตัวเดียว จะมีแบบที่ 6 ที่ออกแบบให้แตกต่างกันในส่วนของหางตัวอักษร ดังนั้น หากนำภาพอักขระลำดับที่ 13 ไปตรวจสอบกับตัวแบบฮิดเดนมาร์คอฟผลลัพธ์ที่ได้ออกมา ระบบอาจจะบอกว่าเป็นตัวอักษรลำดับที่ 13 หรือ 17 ก็ได้ (ดูผลในตารางที่ 4.2)จึงอาจทำให้สับสนได้ว่า จริงๆ แล้วภาพตัวอักษรที่ป้อนเข้าไป คือตัวอักษรใดกันแน่

ป ร ะ ลี ท ธิ์ บ ุ ณ ุ อ เ น ก (2 5 5 1) การจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยด้วยแผนผังคุณลักษณะจัดการงานวิจัยนี้นำเสนอการจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยด้วยแผนผังคุณลักษณะจัดการตัวเองโดยระบบดังกล่าวเป็นการผสมผสานระหว่างเครือข่ายประสาทเทียมแบบการเรียนรู้เวกเตอร์ควอนไทเซชันและเครือข่ายไปข้างหน้า ซึ่งเป็นระบบการจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยที่สามารถจดจำลายมือเขียนภาษาไทยที่มีลักษณะรูปร่างผิดปกติ ไป จาก เดิม ได้ อี ก ทั้ง ยัง ส าม า ร ถ เรี ย น ร ู้ ลั ก ษ ณ ะ ล าย มื อ เี ย น ไ ห ม ่ ๆ เ พิ่ ม เติ ม ได้ระบบที่นำเสนอได้ถูกพัฒนาเพิ่มเติมเข้ากับระบบการนำข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ด้วยการประมวลผลภาพเพื่อค้นหาตำแหน่งจุดปลายสุดของนิ้วมือ ส่วนระบบการจดจำลายมือเขียนแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือส่วนการจัดกลุ่มข้อมูลตัวอักษร ตัวอักษรที่มีลักษณะคล้ายกันจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยใช้ เครื่อ ข ่าย ก าร เรี ย น ร ู้ เ ว ก เ ต อ ร์ ค ว อ น ไ ท เซ ชั น ส่วน ที่ 2 คื อ ส ่วน ก าร จ ด จ ำ ต ัว อ ก ข ร โด ย ใช้ เ ค รื่อ ข ่าย ไป ข ้าง ห น ำ ซึ่งระบบที่ได้ให้ผลการจดจำตัวอักษรได้ถูกต้องด้วยอัตราสูงสุดถึง 91.09%

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาระบบการจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยระบบการจัดกลุ่มตัวอักษรโดยเครือข่าย LVQ และระบบการระบุตัวอักษรโดยเครือข่ายไปข้างหน้าการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ดังกล่าวสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์โดยสามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยและพัฒนาทางวิศวกรรมเป็นข้อสรุปได้ดังต่อไปนี้การปฏิสัมพันธ์ระหว่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้รับการรายงานไว้ในบทที่ 2 ซึ่งพบว่าระบบแบบเดิมยังไม่สามารถทำการระบุตัวอักษรกับข้อมูลตัวอักษรที่มีลักษณะผิดเพี้ยนไปจากเดิมได้เนื่องจากระบบแบบเดิมใช้หลักการทางตรรกะพื้นฐานของพีชคณิตระบบดังกล่าวจะต้องมีการพิจารณาลักษณะความแตกต่างของตัวอักษรแต่ละตัวเพื่อนำมาออกแบบโปรแกรมให้สอดคล้องกับลักษณะตัวอักษรนั้นๆ การออกแบบระบบจึงต้องใช้เวลานานและมีความซับซ้อนมากดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงดำเนินการพัฒนาวิธีการจดจำลายมือเขียนแบบใหม่ซึ่งระบบที่ได้สามารถทำการเรียนรู้ลักษณะตัวอักษรลายมือเขียนได้เองโดยอัตโนมัติและมีความยืดหยุ่นต่อลักษณะข้อมูลผิดพลาดที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิมได้มากขึ้นรายละเอียดของโครงสร้างระบบใช้เครือข่ายประสาทเทียม LVQ ร่วมกับเครือข่ายไปข้างหน้า ซึ่งเครือข่าย LVQ ทำหน้าที่จัดกลุ่มตัวอักษรโดยจะต้องมีข้อมูลที่ใช้สำหรับการเรียนรู้ที่ได้จากเครือข่าย SOFM ซึ่งได้มีการแสดงผลการจัดกลุ่มตัวอักษรอย่างคร่าวๆ ด้วยการกำหนดเวกเตอร์น้ำหนักประสาทที่ต่างกันผลที่ได้ออกมาสอดคล้องกันคือตัวอักษรจะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มข้อมูลที่ได้นี้จะถูกนำไปใช้ในการฝึกสอนเครือข่าย LVQ ต่อไปในการจัดกลุ่มอักษรอักษรจะประกอบไปด้วยเครือข่าย LVQ สองชั้นตอนในชั้นตอนแรกเครือข่ายสามารถแบ่งตัวอักษรออกเป็น 4 กลุ่มในชั้นที่สองเครือข่ายทำการแบ่งตัวอักษรที่ได้จากชั้นตอนแรกออกเป็น 16 กลุ่มส่วนการระบุตัวอักษรในแต่ละกลุ่มใช้เครือข่ายประสาทเทียมแบบไปข้างหน้าระบบการจดจำลายมือเขียนที่ได้นี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยสามารถประมวลผลให้ความถูกต้องถึง 91.09% งานวิจัยนี้เลือกใช้ LVQ และ SOFM เป็นเครื่องมือในการช่วยจดจำตัวอักษรลายมือเขียนการประยุกต์ใช้เครือข่ายประสาทเทียมดังกล่าวในด้านการช่วยจดจำตัวอักษรลายมือเขียนถือว่าเป็นแนวคิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพเป็นอย่างดี

วิเศษฐิร จันเี่ยมสำอางค์(2556)การแยกภาพตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยแบบอัตโนมัติโดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นและการเรียนรู้ด้วยต้นไม้ตัดสินใจบทความฉบับนี้นำเสนอหลักการสำหรับแยกภาพตัวอักษรลายมือเขียนที่อยู่ติดกันแบบสัมผัสในเอกสารภาพตัวอักษรออกจากกัน ซึ่งเป็นกระบวนการเตรียมพร้อมสำหรับการรู้จำลายมือเขียน

เนื่องจากลักษณะของการเขียนภาษาไทยมีความแตกต่างจากภาษาอังกฤษ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ โดยสามารถติดกันได้ในระดับเดียวกันและข้ามระดับทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง หลักการที่ใช้ในบทความนี้ประกอบด้วยการรับภาพเอกสารลายมือเขียนมาคัดแยกให้เป็นตัวอักษรเดี่ยวและตัวอักษรติดกัน จากนั้นจะวิเคราะห์ตัวอักษรด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ของตัวอักษรไทย เพื่อแยกตัวอักษรที่ติดกันในแนวนอนและแนวตั้งโดยมีการใช้เส้นการวิเคราะห์การถดถอยสำหรับตัดแบ่งระดับ พ ย ญ ช น ะ กั บ ส ร ะ ขั้นตอนนี้ทำการตัดแบ่งตัวอักษรก่อนการรู้จำตัวอักษรตามหลักของการรู้จำตัวอักษรไทย ผลการทดลองพบว่าความถูกต้องของการแยกตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทยเป็นร้อยละ 90.44

จากการทดลองการตัดในแนวตั้งจากการใช้เส้นจากการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นสามารถตัดแยกระหว่างพยัญชนะกับสระบนและสระล่างได้ แต่บางครั้งเส้นจากการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นที่ได้มีความผิดพลาดจึงต้องใช้ค่าเฉลี่ยของความสูงพยัญชนะเพื่อหาเส้นระดับพยัญชนะแทน ส่วนการตัดในแนวนอนด้วยค่าความกว้างมัธยฐานของตัวอักษรบนรูปภาพในการหาค่าความกว้างมัธยฐานของตัวอักษรนั้น จะต้องนำเอาเฉพาะความกว้างของพยัญชนะมาคำนวณเท่านั้น เนื่องจากค่าในบางข้อความอาจจะมีสระข้างปะปนอยู่รวมด้วย ซึ่งสระข้างโดยปกติจะมีความกว้างน้อยกว่าพยัญชนะ เช่น สระเอ สระโอ ทำให้การคำนวณค่าเฉลี่ยความกว้างเกิดความผิดพลาดได้ ส่งผลให้การตัดผิดพลาดตามไปด้วย แต่เมื่อนำเอาเฉพาะพยัญชนะมาคำนวณทำให้ผลที่ได้จากการตัดในแนวนอนมีความถูกต้องแม่นยำเพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบัน ข้อมูล มีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งถ้าข้อมูลเขียนบนกระดาษ ถ้าใช้กำลังคนในการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบจะใช้เวลานานและอาจเกิดการผิดพลาดจากการนำข้อมูลได้ แต่ถ้าเก็บเป็นรูปภาพ ระบบฐานข้อมูลก็จะต้องใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลนั้นมาก จึงมีระบบการรู้จำภาพตัวอักษรเกิดขึ้นเพื่อความรวดเร็วและประหยัดพื้นที่ในการเก็บข้อมูล ซึ่งขั้นตอนของระบบการรู้จำภาพตัวอักษรจะมีหลายขั้นตอน เริ่มจากรับข้อความเป็นรูปภาพ ทำการตัดแยกตัวอักษรทั้งหมด แล้วนำมาทำการรู้จำตัวอักษร จากนั้นนำผลที่ได้จากการรู้จำมาเก็บลงระบบฐานข้อมูล ข้อมูลที่ได้ในการรู้จำตัวอักษรจะมีความถูกต้องก็ต่อเมื่อมีผลจากการแยกตัวอักษรที่ถูกต้อง ในการตัดแยกตัวอักษรนั้น มีความยากในการตัดรูปแบบตัวเขียน เนื่องจากรูปแบบการเขียนตัวอักษรภาษาไทยมีทั้งตัวอักษรเดี่ยวและตัวอักษรติดระหว่างพยัญชนะกับสระบนและพยัญชนะกับสระล่าง

การรับรู้ของอักขระภาษาอูรดูที่เขียนด้วยลายมือโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ในด้านการจดจำรูปแบบและการวิจัยการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์งานในการจดจำข้อความที่เขียนด้วยลายมือ ถือ เป็น หนึ่งใน พื้นที่ ที่ ท้า ทาย ที่ สุด

เป็นที่สังเกตว่าโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องหลายอย่างเช่น SVM (รองรับเครื่องเวกเตอร์) [12], NB (ไ้รู้ เเค่ ย ง ส ำ Bayes) [13], ANN (เค รื อ ข ำ ย ป ระ ส ำ ท เที ย ม) [14 , 15] ฯล ฯ ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ภาษาอูรดู ข้อความที่เขียนด้วยลายมือในการสำรวจวรรณกรรม นอกจากนี้เรายังพิสูจน์ความสามารถในการแข่งขันของวิธีการข้างต้นในการวิเคราะห์ภาพข้อความ ในวรรณคดีนักวิจัยหลายคนแนะนำใหใ้ใช้ซีเอ็นเอ็น (เครือข่ายประสาทเทียม) [16 , 17] ในการดึงข้อมูลจากภาพที่มีข้อมูลตัวอักษร นอกจากนี้งานเด่นที่รายงานใน [18 , 19 , 20] สรุปว่า CNN เ ป้ น ห นี ง ใน DNNs ที่ใ้ใช้กันมากที่สุดในการประมวลผลภาพในขณะที่ทำงานที่ซับซ้อนเช่นการจัดรูปแบบการวิเคราะห์รูปแบบ ฯล ฯ นอกจากนี้ CNN ยังสามารถใ้ใช้ใ้ได้กับคลังข้อมูลทั้งคำหรืออักขระ ระดับโดยไม่มีความรู้ล่วงหน้าเกี่ยวกับโครงสร้างประโยค (หรือความหมาย) ของภาษา โมเดล CNN นั้นใ้ใช้ใ้ได้กับงานด้านวิทยาศาสตร์ข้อมูลที่หลากหลายตั้งแต่แอปพลิเคชันการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ไปจนถึงการรู้จำเสียงและอื่น ๆ เหตุผลเบื้องหลังการใ้ใช้งานต่อเนื่องของ DNN คือโมเดลเครือข่ายเหล่านี้สร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องที่จำเป็นระหว่างอินพุตที่กำหนดและเอาต์พุตโดยไม่คำนึงถึงลักษณะพื้นฐานของโมเดลไม่ว่าจะเป็นแบบเชิงเส้นหรือไม่เชิงเส้น ยิ่งไปกว่านั้น ข้อมูลใน DNN เคลื่อนที่ผ่านเลเยอร์ต้นแบบที่คำนวณความน่าจะเป็นของแต่ละเอาต์พุต ค ว ำ ม ส ำ ม า ร ถ นี ท ำ ใ ห้ DNN

เป็นหนึ่งในโมเดลที่น่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพสำหรับการแก้ปัญหาที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้ นอกจากนี้ความสามารถในการเรียนรู้แบบลึกของการแยกและการระบุคุณสมบัติที่แปลกประหลาดมีบทบาทสำคัญในการสร้างผลลัพธ์ที่คมชัดและเชื่อถือได้ให้กับนักวิจัย วิธีการเหล่านี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถแข่งขันกับโมเดลดั้งเดิมได้วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำลายมือข้อความภาษาอูรดู [ความสามารถของแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกของการแยกและการระบุคุณสมบัติที่แปลกประหลาดมีบทบาทสำคัญในการสร้างผลลัพธ์ที่คมชัดและเชื่อถือได้สำหรับนักวิจัย วิธีการเหล่านี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถแข่งขันกับโมเดลดั้งเดิมได้วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำลายมือข้อความภาษาอูรดู [ความสามารถของแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกของการแยกและการระบุคุณสมบัติที่แปลกประหลาดมีบทบาทสำคัญในการสร้างผลลัพธ์ที่คมชัดและเชื่อถือได้สำหรับนักวิจัย วิธีการเหล่านี้ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถแข่งขันกับโมเดลดั้งเดิมได้วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำลายมือข้อความภาษาอูรดู [21 , 22 , 23 , 24 , 25 , 26 , 27] ยังแนะนำรุ่นเครือข่ายลึกเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในเวลาน้อยที่สุด

ในบทความนี้เราใช้ประโยชน์จาก CNN (เครือข่ายประสาทเทียม) ในการจำแนกและจำแนกตัวอักษรที่เขียนด้วยลายมือภาษาอูรดู นอกจากนี้เรายังสร้างชุดข้อมูลใหม่ของตัวอักษรและตัวเลขที่เขียนด้วยลายมือภาษาอูรดู ขณะทำการทดลองกับชุดข้อมูลที่เรานำเสนอโดยใช้ CNN เรายเปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีการที่แตกต่างกันเพื่อเสนอคำแนะนำตามการปรับพารามิเตอร์ แอปพลิเคชันของ CNN ในการจัดหมวดหมู่ของตัวอักษรที่เขียนด้วยลายมือภาษาอูรดูเป็นแพลตฟอร์มสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับเด็กในระดับเริ่มต้นเพื่อเรียนรู้วิธีการเขียนตัวอักษรและตัวเลขภาษาอูรดูอย่างถูกต้อง นอกจากนี้ยังมีการขาดทรัพยากรข้อมูลมาตรฐานในโดเมนภาษาอูรดูเพื่อสร้างผลลัพธ์มาตรฐาน

ในด้านการเรียนรู้ของเครื่องจักรซีเอ็นเอ็นลึกมาพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงพฤติโดยให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพค่อนข้างเมื่อเทียบกับวิธีการทั่วไป อย่างไรก็ตามยังมีปัญหาที่น่าสงสัยบางประการเช่นไม่มีความรู้ในการกำหนดจำนวนของระดับและเซลล์ประสาทที่ซ่อนอยู่ในแต่ละชั้น นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องมีชุดข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของรุ่นเครือข่ายที่ลึก ดังนั้นในการทดลองของเราเราต้องฝึก CNN ด้วยตัวอย่างมากมาย นอกจากนี้การหาชุดของพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดเพื่อสร้างผลลัพธ์ที่ปราศจากข้อผิดพลาดก็เป็นปัญหาการวิจัยเช่นกัน นอกจากนี้ตัวจำแนกของเรายังสามารถประเมินได้โดยใช้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมอื่นๆ เช่น BLSTM สอนมิติหรือ LSTM สอนทิศทาง

ในอนาคตงานที่ซับซ้อนบางอย่างเช่น การรู้จำอักขระหมุนข้อความกระจก และภาพที่มีเสียงดัง โดยการแยกคุณสมบัติใหม่ ๆ จะได้ประโยชน์ นอกจากนี้เรายังวางแผนที่จะพัฒนาระบบที่ควรจดจำตัวอักษรภาษาอูรดูแต่ละตัวแทนที่จะเป็นแบบกลุ่ม เนื่องจากวิทยาศาสตร์ข้อมูลได้ให้ชุดข้อมูลขนาดใหญ่หลายแง่มุมอย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบระบบและพัฒนาแบบจำลอง CNN ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งคุ้มค่าในการใช้ทรัพยากรเช่นหน่วยความจำแบนด์วิดท์การคำนวณ ฯลฯ

ธนารักษ์ธีรรมงคลวงศ์ (2545) OCR ภาษาไทยที่เขียนด้วยลายมือแบบแยกบรรทัดใช้การฉายบนเกาะพร้อมโมเดล n-gram และโมเดลมาร์คอฟที่ซ่อนอยู่งานเขียนแบบดั้งเดิมจำนวนมากเกี่ยวกับการรู้จำอักขระที่เขียนด้วยลายมือภาษาไทยแบบออฟไลน์ใช้ชุดของคุณสมบัติในพื้นที่รวมถึงวงกลม, เว้า, จุดสิ้นสุดและเส้นเพื่อจดจำตัวอักษรที่พิมพ์ด้วยมือ อย่างไรก็ตามในการเขียนด้วยลายมือตามธรรมชาติคุณสมบัติในท้องถิ่นเหล่านี้มักจะพลัดเนื่องจาก การเขียนที่รวดเร็วส่งผลให้ความแม่นยำในการจดจำลดลงอย่างมาก แทนที่จะใช้คุณลักษณะเฉพาะที่ในท้องถิ่นบทความนี้นำเสนอวิธีการแยกพีเจอร์จากอักขระที่เขียนด้วยลายมือโดยใช้การฉายแบบหลายทิศทางตามเกาะ มีการเสนอวิธีการรับรู้ทางสถิติสองวิธีโดยใช้แบบจำลอง n-gram (n-gram) และแบบจำลองมาร์คอฟที่ซ่อนอยู่ (HMM) ประสิทธิภาพของการสกัดคุณลักษณะและวิธีการจดจำของเรานั้นได้รับการตรวจสอบโดยใช้ตัวอักษรที่พิมพ์ด้วยมือและเขียนด้วยมือเกือบ 23,400 ตัวซึ่งเก็บรวบรวมจาก 25 วิชา

ปิยะฉัตรภูมิพิมลรัตน์(2554)การรู้จำตัวอักษรโดยใช้วิธีทางสหสัมพันธ์ร่วมกับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน การศึกษาทางด้านการรู้จำตัวอักษรโดยอาศัยหลักการของการประมวลผลสัญญาณภาพกำลังเป็นที่น่าสนใจในปัจจุบัน วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines) เป็นวิธีหนึ่งของเทคนิคการรู้จำและแบ่งกลุ่มภาพตัวอักษร ซึ่งสามารถแบ่งออกได้หลายเทคนิค เช่น เลสแอสควเอร์ (LSVM) เคอร์เนล ฟังก์ชัน (Kernel functions) และ ซี-เอสควเอร์ (C-SVM) เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนยังมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพในการรู้จำและจำแนกภาพตัวอักษร วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการรู้จำและจำแนกภาพตัวอักษรโดยใช้วิธีทางสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) ร่วมกับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจำแนกภาพตัวอักษร โดยวิธีทางสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถูกนำมาใช้เพื่อการแยกกลุ่มของตัวอักษร วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ชนิดเรเดียลเบส ฟังก์ชัน (Radial Basis Function) ถูกนำมาใช้สำหรับการจำแนกรูปแบบตัวอักษร ทั้งนี้ตัวอักษรพิมพ์ที่เป็นภาษาไทยและภาษาอังกฤษจำนวน 6,300 รูปแบบ และตัวอักษรเขียนด้วยลายมือจำนวน 20 รูปแบบ จำนวน 2,800 ตัวอักษร ถูกนำไปใช้ในการทดสอบผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการจำแนกตัวอักษรโดยใช้วิธีทางสัมประสิทธิ์

หสัมพันธ์ร่วมกับซอฟต์แวร์แมชชีนให้ความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 99.27 และประสิทธิภาพการรู้จำเฉลี่ยร้อยละ 97.94 ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการใช้เทคนิคซอฟต์แวร์แมชชีนเพียงอย่างเดียวในการทดสอบตัวอักษรที่เป็นตัวอักษรภาษาไทยที่เขียนด้วยลายมือ ผลลัพธ์ได้ปรากฏว่าสามารถจำแนกตัวอักษรได้ 2,116 ตัวอักษร คิดเป็นเฉลี่ยร้อยละ 75.57 และใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 วินาที ดังนั้นวิธีทางเทคนิคที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้สามารถนำไปประยุกต์ในระบบการรู้จำตัวอักษรที่อาศัยหลักการของการประมวลผลสัญญาณภาพได้

บทที่ 3

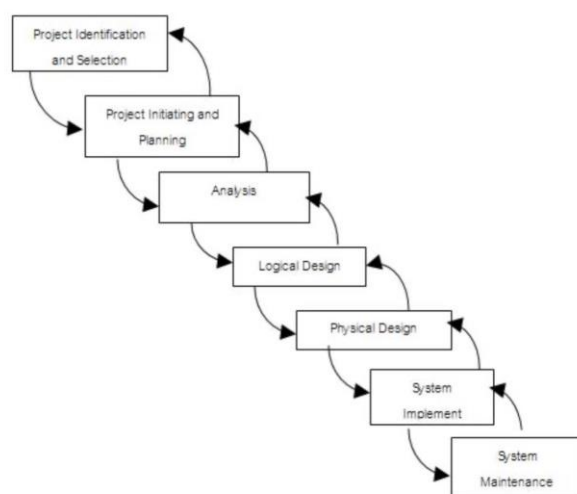
ทฤษฎีสารสนเทศและการจัดการเทคโนโลยี

3.1 วงจรการพัฒนากระบวน (System Development: SDLC)

กระบวนการทางความคิด (Logical Process) ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อแก้ปัญหาทางธุรกิจและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ โดยระบบที่จะพัฒนานั้น อาจเริ่มด้วยการพัฒนาระบบใหม่เลยหรือนำระบบเดิมที่มีอยู่แล้วมาปรับเปลี่ยนให้ดียิ่งขึ้น ภายในวงจรนี้จะแบ่งกระบวนการพัฒนาออกเป็นระยะ (Phases) ได้แก่ ระยะการวางแผน (Planning Phase) ระยะการวิเคราะห์ (Analysis Phase) ระยะการออกแบบ (Design Phase) และระยะการสร้างและพัฒนา (Implementation Phase) โดยแต่ละระยะจะประกอบไปด้วยขั้นตอน (Steps) ต่างๆ แตกต่างกันไป ตาม Methodology ที่นักวิเคราะห์นำมาใช้ เพื่อให้เหมาะสมกับสถานะทางการเงินและความพร้อมขององค์กรในขณะนั้น ซึ่งขั้นตอนในวงจรพัฒนาระบบช่วยให้ นักวิเคราะห์ระบบสามารถดำเนินการได้อย่างมีแนวทางและเป็นขั้นตอน ทำให้สามารถควบคุมระยะเวลาและงบประมาณในการปฏิบัติงานของโครงการพัฒนาระบบได้ ขั้นตอนต่างๆ นั้นมีลักษณะคล้ายกับการตัดสินใจแก้ปัญหาตามแนวทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Management) อันได้แก่ การค้นหาปัญหา การค้นหาแนวทางแก้ไขปัญหา การประเมินผลแนวทางแก้ไขปัญหาที่ค้นพบ เลือกแนวทางที่ดีที่สุด และพัฒนาทางเลือกนั้นให้ใช้งานได้ สำหรับวงจรพัฒนาระบบนี้ จะแบ่งเป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่

1. ค้นหาและเลือกสรรโครงการ (Project Identification and Selection)

2. จัดตั้งและวางแผนโครงการ (Project Initiating and Planning)
3. วิเคราะห์ระบบ (Analysis)
4. ออกแบบเชิงตรรกะ (Logical Design)
5. ออกแบบเชิงกายภาพ (Physical Design)
6. พัฒนาและติดตั้งระบบ (System Implement)
7. ซ่อมบำรุงระบบ (System Maintenance)



ภาพที่ 3.1แสดงวงจรการพัฒนาระบบ (System Development : SDLC)

ขั้นตอนในวงจรพัฒนาระบบช่วยให้นักวิเคราะห์ระบบสามารถดำเนินการได้อย่างมีแนวทางและเป็นขั้นตอนทำให้สามารถควบคุมระยะเวลาและงบประมาณในการปฏิบัติงานของโครงการพัฒนาระบบได้ ขั้นตอนต่างๆ นั้นมีลักษณะคล้ายกับการตัดสินใจแก้ ปัญหาตามแนวทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Management) อันได้แก่ การค้นหาปัญหา การค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา การประเมินแนวทางในการแก้ไข ปัญหาที่ค้นพบ เลือกแนวทางที่ดีที่สุด และพัฒนาทางเลือกนั้นให้ใช้งานได้

3.1.1 ขั้นตอนค้นหาและเลือกสรรโครงการ (Project Identification and Selection)

ขั้นตอนค้นหาและเลือกสรรโครงการ เป็นขั้นตอนแรกสุดของการเริ่มต้นพัฒนาระบบที่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันของการเริ่มต้นโครงการ สามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และให้ผลประโยชน์กับโครงการมากที่สุด ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ได้ดำเนินการผ่านไปแล้วในเบื้องต้น สามารถสรุปกิจกรรมได้ดังนี้

3.1.1.1 ค้นหาโครงการที่สนใจในการนำไปพัฒนา

3.1.1.2 จำแนกและจัดกลุ่มโครงการ

3.1.1.3 เลือกโครงการที่เหมาะสมที่สุดมาทำการพัฒนา

3.1.2 ขั้นตอนจัดตั้งและวางแผนโครงการ (Project Initiating and Planning)

ขั้นตอนจัดตั้งและวางแผนโครงการเป็นขั้นตอนของการเริ่มต้นจัดทำทีมงานกำหนดตำแหน่งหน้าที่ให้กับทีมงานแต่ละคนอย่างชัดเจน เพื่อร่วมกันสร้างแนวทางเลือกในการนาระบบใหม่มาใช้งาน และเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากนั้นจะร่วมกันวางแผนจัดทำโครงการกำหนดระยะเวลาในการดำเนินโครงการศึกษา

ความเป็นไปได้ของโครงการ และประมาณการต้นทุนที่ใช้ในโครงการพัฒนาระบบ เพื่อพิจารณาอนุมัติดำเนินการในขั้นตอนต่อไปโดยในขณะที่น่าเสนอ สามารถสรุปกิจกรรมได้ดังนี้

3.1.2.1 เริ่มต้นโครงการ

3.1.2.2 เสนอแนวทางในการนำระบบใหม่มาใช้งาน

3.1.2.3 วางแผนโครงการ

3.1.3 ขั้นตอนวิเคราะห์ระบบ (Analysis)

ขั้นตอนวิเคราะห์ระบบเป็นขั้นตอนในการศึกษาและวิเคราะห์ถึงขั้นตอนการดำเนินงานของระบบเดิมเพื่อให้ทราบถึงรายละเอียดของระบบงานที่ใช้อยู่ทั้ง ข้อดี ข้อเสีย ทรัพยากร และความเหมาะสมของระบบงานในแต่ละส่วน ในการนำเสนอโครงการหลังจากนั้นจะรวบรวมความต้องการในระบบใหม่สามารถสรุปกิจกรรมได้ดังนี้

3.1.3.1 ศึกษาขั้นตอนการทำงานของระบบ

3.1.3.2 รวบรวมฟังก์ชันการทำงานของระบบที่จะทำการพัฒนา

3.1.3.3 จำลองแบบความต้องการที่รวบรวมได้

3.1.4 ขั้นตอนออกแบบเชิงตรรกะ (Logical Design)

ขั้นตอนออกแบบเชิงตรรกะเป็นขั้นตอนในการออกแบบลักษณะการทำงานของระบบโดยเริ่มจากการออกแบบงานทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ทั้งในส่วนนำข้อมูลเข้า (Input) ส่วนประมวลผล (Process) ส่วนแสดงผลลัพธ์ (Output) ส่วนจัดเก็บข้อมูล (Storage) การออกแบบจำลองข้อมูลการออกแบบรายงานและการออกแบบหน้าจอ ซึ่งจะต้องมุ่งเน้นการวิเคราะห์ว่าช่วยแก้ปัญหาอะไร (What) และการออกแบบช่วยแก้ปัญหาอย่างไร (How) สามารถสรุปกิจกรรมได้ดังนี้

3.1.4.1 ออกแบบโมเดล

3.1.4.2 ออกแบบหน้าใช้งาน

3.1.5 ขั้นตอนออกแบบเชิงกายภาพ (Physical Design)

ขั้นตอนออกแบบเชิงกายภาพเป็นขั้นตอนที่ระบุถึงลักษณะการทำงานของระบบทางกายภาพหรือทางเทคนิคโดยระบุถึงคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้เทคโนโลยีโปรแกรมภาษาที่จะนำมาทำการเขียนโปรแกรมฐานข้อมูลของการออกแบบเครือข่ายที่เหมาะสมกับระบบ

สิ่งที่ได้จากขั้นตอนการออกแบบทางกายภาพนี้จะเป็นข้อมูลของการออกแบบเพื่อใช้เขียนโปรแกรมตามลักษณะการทำงานของระบบที่ได้ออกแบบและกำหนดไว้ สามารถสรุปกิจกรรมได้ดังนี้

3.1.5.2 ออกแบบฐานข้อมูลในระดับ Physical

3.1.5.3 ออกแบบ front-end

3.1.6 ขั้นตอนพัฒนาและติดตั้งระบบ (System Implement)

ขั้นตอนพัฒนาและติดตั้งระบบ เป็นขั้นตอนการส่งมอบระบบงานเพื่อนำไปใช้จริง โดยจะรวมถึงการจัดนำข้อมูลเฉพาะของการออกแบบมาทำการเขียนโปรแกรมเพื่อให้เป็นไปตามคุณลักษณะและรูปแบบที่ได้ออกแบบไว้ หลังจากเขียนโปรแกรมเรียบร้อยแล้วจะต้องทำการทดสอบโปรแกรมตรวจสอบหาข้อผิดพลาดของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาและสุดท้ายคือการติดตั้งระบบ โดยทำการติดตั้งตัวโปรแกรมติดตั้งอุปกรณ์ พร้อมทั้งจัดทำคู่มือและจัดเตรียมหลักสูตรฝึกอบรมผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ระบบใหม่สามารถใช้งานได้ สามารถสรุปกิจกรรมได้ดังนี้

3.1.6.1 เขียนโปรแกรม

3.1.6.2 ทดสอบโปรแกรม

3.1.6.3 ติดตั้งระบบ

3.1.6.4 จัดทำเอกสารคู่มือการใช้งาน

3.1.6.5 การให้บริการความช่วยเหลือหลังจากการติดตั้งระบบ

3.1.7 ขั้นตอนซ่อมบำรุงระบบ (System Maintenance)

ขั้นตอนซ่อมบำรุงระบบเป็นขั้นตอนสุดท้ายในวงจรพัฒนาระบบ ซึ่งเป็นขั้นตอนการดูแลแก้ไขปัญหาของระบบงานใหม่ในขั้นตอนนี้ถ้าเกิดปัญหาจากโปรแกรมและจากระบบใหม่ได้เริ่มดำเนินการ ผู้ใช้ระบบจะพบกับ ปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่คุ้นเคยกับระบบใหม่ และค้นหาวิธีการแก้ไขปัญหานั้นเพื่อให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้เองได้ สามารถสรุปกิจกรรมใน ได้ดังนี้

3.1.7.1 เก็บรวบรวมปัญหาในการใช้งานระบบ

3.1.7.2 วิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการปรับปรุง

3.1.7.3 ออกแบบการท างานของระบบที่ต้องการปรับปรุง

3.1.7.4 ปรับปรุงระบบ

3.2 ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System)

ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) หรือที่เรียกว่า ดีบีเอ็มเอส (DBMS) คือซอฟต์แวร์สำหรับบริหารและจัดการฐานข้อมูลเปรียบเสมือนสื่อกลางระหว่างผู้ใช้ และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ฐานข้อมูล ซึ่งมีหน้าที่ช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลได้ง่าย สะดวกและมีประสิทธิภาพ การเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้ อาจเป็นการสร้างฐานข้อมูล การแก้ไข ฐานข้อมูล หรือการตั้งคำถามเพื่อให้ได้ข้อมูลมาโดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรับรู้เกี่ยวกับรายละเอียด

ภายในโครงสร้างของฐานข้อมูล เปรียบเสมือนเป็นสื่อกลางระหว่างผู้ใช้และโปรแกรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูล

00	ก	12	ญ	24	น	36	ว	48	๗
01	ข	13	ฎ	25	บ	37	ศ	49	
02	ฃ	14	ฏ	26	ป	38	ษ	50	เ
03	ค	15	ฐ	27	ผ	39	ส	51	แ
04	ค	16	ฑ	28	ฝ	40	ห	52	โ
05	ฅ	17	ฒ	29	พ	41	ฬ	53	ใ
06	ง	18	ณ	30	ฟ	42	อ	54	ไ
07	จ	19	ด	31	ภ	43	ฮ		
08	ฉ	20	ต	32	ม	44	ฤ		
09	ช	21	ถ	33	ย	45	ภ		
10	ซ	22	ท	34	ร	46	ฉะ		
11	ฌ	23	ธ	35	ล	47	ชา		

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงกำหนดข้อมูล

3.2 OCR (โอซีอาร์) Optical character recognition หรือที่เรียกกันสั้นๆว่า OCR (โอซีอาร์) : คือ การแปลงไฟล์ภาพเอกสาร ให้เป็นไฟล์ข้อความโดยอัตโนมัติ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาพิมพ์งานประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้โปรแกรม OCR ประหยัดพื้นที่จัดเก็บข้อมูล เนื่องจากไฟล์ข้อความมีขนาดเล็กกว่าไฟล์ภาพมากสะดวกในการปรับแต่งและแก้ไขเอกสาร เนื่องจากไฟล์ข้อความสามารถปรับแต่งและแก้ไขได้ง่ายกว่าไฟล์ภาพ

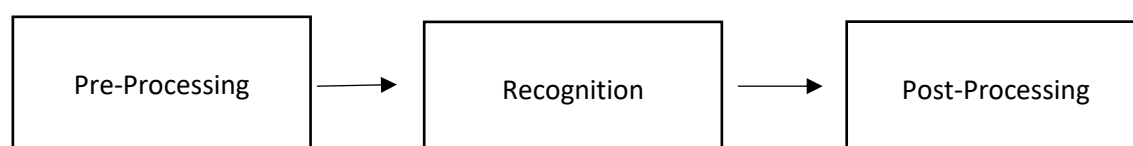
ประเภทของโอซีอาร์

1. การรู้จำตัวอักษรแบบออนไลน์ (On-line Character Recognition)
2. การรู้จำตัวอักษรแบบออฟไลน์ (Off-line Character Recognition)
 - 2.1 ตัวอักษรโดด (Single Character)
 - 2.1.1 การรู้จำตัวพิมพ์แบบฟอนต์เฉพาะ (Printed Fixed-Font Character Recognition)
 - 2.1.2 การรู้จำลายมือเขียนแบบตัวโดด (Isolated Handprint Character Recognition (ICR))
 - 2.2 การรู้จำลายมือแบบเขียนต่อเนื่อง (Script recognition)

โครงสร้างระบบโอซีอาร์

1. ขบวนการประมวลผลขั้นต้น (Pre-Processing)
 - 1.1 การกรองข้อมูลแทรกซ้อน (Noise Filtering)
 - 1.2 การปรับแต่งข้อมูล (Normalization)
 - 1.3 การตัดแบ่งพื้นที่ใช้งาน (Cropping)
 - 1.4 การสกัดลักษณะสำคัญ (Feature Extraction)
2. การรู้จำ (Recognition)
 - 2.1 วิธีการเข้าคู่รูปแบบ (Template Matching)
 - 2.2 วิธีทางสถิติ (Statistical Approach)
 - 2.3 วิธีการวิเคราะห์ทางโครงสร้าง (Structural Analysis)
 - 2.4 วิธีทางโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)
3. ขบวนการประมวลผลขั้นปลาย (Post-Processing)

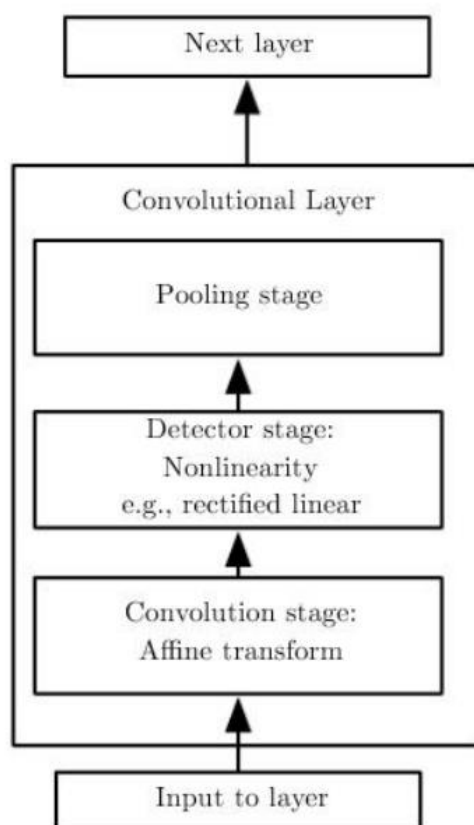
แนะนำโปรแกรม OCR โปรแกรมอ่านไทย, ARN THAI



ภาพที่ 3.2 แสดงการทำงานของ OCR

Convolutional Neural Network (CNN)

หรือโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งในกลุ่มbio-inspired โดยที่ CNN จะจำลองพื้นที่ที่เป็นที่ข้อยๆ และนำกลุ่มของพื้นที่ข้อยๆ มาผสมกัน โดย CNN จะเด่นเรื่องข้อมูลของรูปภาพที่จะทำการสแกนรูปหรือแยกองค์ประกอบของรูปออกมา เช่น สี ขอบ ขนาด รูปทรง เป็นต้น



ภาพที่ 3.3 ส่วนประกอบของ CNN [รูปจาก Deep Learning (Ian Goodfellow, Yoshua Bengio และ Aaron Courville), chap 9, p.336]

โดยใช้ 3 ขั้นตอนในการทำ

1. Convolution stage คือ การสแกนรูปและแยกองค์ประกอบ เช่น สี รูปทรง ขอบ
2. Detector stage คือ ขั้นนี้จะทำหน้าที่รับ output จาก 1. แปลงให้อยู่ในรูปของ nonlinear โดยใช้ activation อย่างเช่น Rectified Linear Units (ReLU) เพื่อความง่ายในการคำนวณ และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ในตำราหรือแหล่งความรู้ส่วนใหญ่จะรวมขั้นตอนไว้ใน 1.

ซึ่งไม่ต้องตกใจถ้าผู้เขียนไม่กล่าวถึงส่วนนี้ เพราะ 2. ถือเป็นส่วนประกอบที่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงเหมือนส่วนอื่น

3. Pooling stage คือ ทำหน้าที่ resize ข้อมูลให้ขนาดเล็กลงโดยที่รายละเอียดของ input ยังคงครบถ้วนเหมือนเดิม หลักการทำงานขั้นตอนนี้อาศัยๆ กับ 1 แต่ต่างที่ตรง output ที่ได้จะมีขนาดเล็กลง Pooling มีประโยชน์ในเรื่องเพิ่มความไวในการคำนวณ และแก้ปัญหา overfitting

4.1 ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการรู้จำตัวเลข และข่างานประสาท โดยการเอา data set จากคลังข้อมูลภาพตัวอักษรในเว็บไซด์ nectec ฐานข้อมูลภาพสำหรับพัฒนาโปรแกรมรู้จำตัวอักษรภาษาไทย แบ่งเป็น ชุดฝึกฝน (Training set) ประกอบด้วยภาพอักษรภาษาไทยประเภท BMP จำนวน 162 ตัวอักษร แต่ละตัวอักษรมี 5,000 รูปแบบ รวมทั้งสิ้น 810,000 รูปแบบ ชุดทดสอบ (Test set) เป็นเป็นไฟล์ภาพเอกสารภาษาไทยประเภท JPG แบ่งเป็น 5 หมวด คือ หนังสือ หนังสือพิมพ์ วารสาร จดหมายราชการ และวารสารวิชาการ จำนวนหมวดละ 100 หน้า

4.2 วิเคราะห์ และออกแบบโปรแกรม จะเป็นแนว classic ที่พยายามตัดตัวอักษรแบ่งเป็นตัวๆ ก่อน แล้วจึงใช้ แล้วจึง CNN (Convolutional Neural Network) มา classify แล้วสร้างไฟล์ Python 3 ขึ้นมาและให้เราโหลด datasets มา โดยข้อมูลที่ใช้ นำมาจากคลังข้อมูลภาพตัวอักษรในเว็บไซด์ nectec มาใช้ ซึ่งการเลือกใช้ CNN (Convolutional Neural Network) ประสบความสำเร็จ ในการแก้ปัญหา Classification ที่เกี่ยวข้องกับรูปภาพ อีกทั้งในปัจจุบัน ถูกนำแนวคิดไปใช้ต่อๆ มากมาย

4.3 ใช้ anaconda และ tensorflow ในการเขียน python 3 เพราะ python เป็นภาษาที่ง่ายต่อการเรียนรู้ในปัจจุบันถูกออกแบบมาให้สามารถเขียนได้คล้ายภาษาอังกฤษทำให้อ่านง่ายไม่ยุ่งยาก สร้างอัลกอริทึมขึ้นมาในการตรวจสอบภาพ

4.4 ทดสอบการใช้งาน

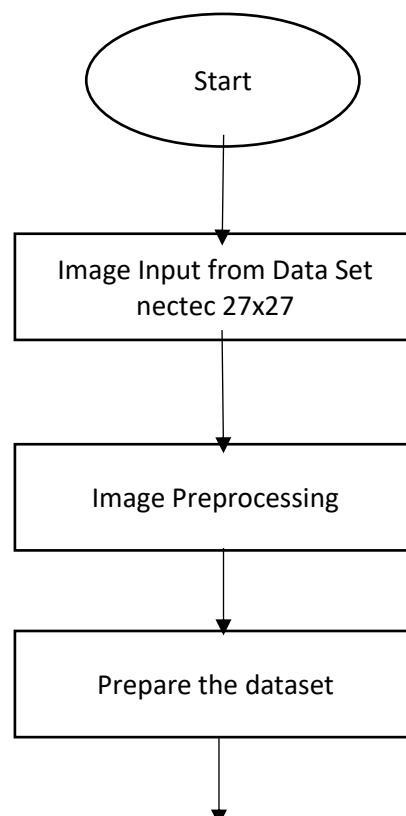
4.5 สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ

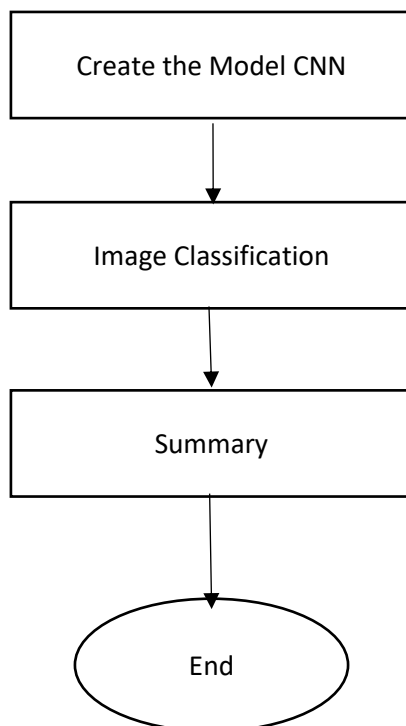
ตัวอย่าง data set จากคลังข้อมูลภาพตัวอักษรของ nectec

[illegible]

ภาพที่ 3.4 รูปภาพจากฐานข้อมูลฝึกฝน NECTEC

5.รายละเอียดโปรแกรมที่จะพัฒนา (Software Specification) ได้แก่





5.1. โหลดข้อมูล **input** จากคลังข้อมูลภาพตัวอักษรมาจากเว็บไซต์ nectec อาจจะเป็นไฟล์ .bmp

5.2. การเตรียมข้อมูลของผู้วิจัยแบ่งข้อมูลเป็น 80% และ 20% 80%นั้นเอาข้อมูลมา train สร้าง model 20% นำมาเป็นข้อมูล Test เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา จะแบบเป็นดังนี้

Training images – 648,000 រូបរាង

Testing images – 162,000 រូបឯក

พัฒนาระบบต้นแบบการรู้จำตัวอักษรลายมือเขียนภาษาไทย สำหรับตัวอักษรภาษาไทย

พญัญชนะ 46 ตัว

สระ 18 ตัว

วรรณยุกต์ 4 ตัว

พญ์ชนะ

ក ប ប ក ក ង ង ច ឆ ឆ ឈ ឈ ឡ ឡ ត ត ត ត ត

คตทช นบปผฝพฝภมยรฤลภวศษ

ส ห พ อ ฮ

၆၄၃

ဝိ ဝး ဝါ ဝိ ဝိ ဝိ ဝိ ဝု ဝု

เอ แอ โอ โอ ไอ ำ ะ อี อี๋ อ๋

วรรณยุกต์

อ อ๋ อี อี๋

Image Preprocessing คือ อ

เป็นการประมวลผลภาพเป็นเทคนิคในการประมวลผลที่มีข้อมูลเป็นภาพคอมพิวเตอร์จะอ่านภาพที่ถูกส่งเข้าไปแล้วแปลงเป็นตัวเลข แก๊ซ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ การนำข้อมูลเข้า สามารถรับจากเครื่องสแกนหรือภาพที่สร้างจากโปรแกรม Photoshop หรือ Paint Brush โดยรับข้อมูลเข้ามาเป็นรูปภาพสี

ข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบเป็นลายมือเขียนภาษาไทยที่เขียนอยู่บนกระดาษสีที่มีคำสีที่แตกต่างจากหมึกปากกา ไม่มีลายเส้น ไม่เขียนเอียง ไม่มีรูปภาพประกอบ ใช้ปากกาสีเข้ม เช่น น้ำเงิน แดง ดำ เป็นต้น และไม่มีสัญญาณรบกวน ในรูปแบบต่าง ๆ

Prepare the data set คือ เป็นการเตรียมข้อมูลโดยใช้ data set ที่ต้องการทำการประมวลเข้าไป



ภาพที่ 3.5รูปภาพ ที่ได้ทำการตัด

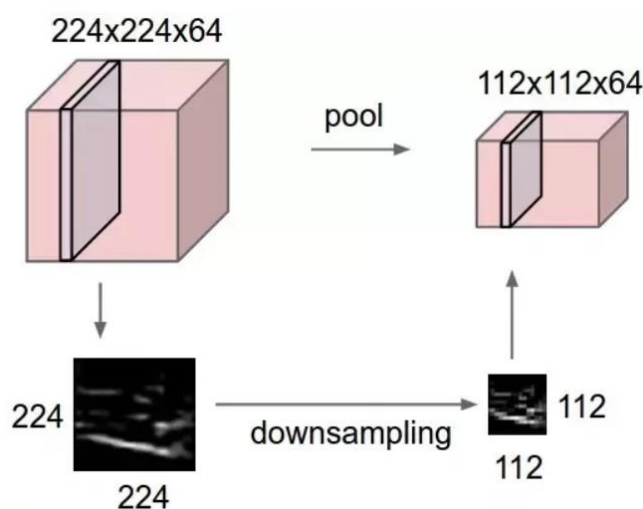
Create the Model CNN

ขั้นตอนของการทำ cnn Convolutional Neural Network (CNN) หรือโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเป็นโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งในกลุ่มbio-inspired โดยที่ CNN จะจำลองพื้นที่ที่เป็นที่ย่อย ๆ และนำกลุ่มของพื้นที่ย่อย ๆ มาผสมกัน โดย CNN จะเด่นเรื่องข้อมูลของรูปภาพที่จะทำการสแกนรูปหรือแยกองค์ประกอบของรูปออกมา

Coutour – เป็นการหารูปแยกกับวัตถุพื้นหลังและจะตัดเป็นกรอบให้เอง

Closeing – เติมจุดสีขาวให้เต็มให้เกิดความชัดเจน

Direction – ทำให้ตัวหนังสือใหญ่แต่ขนาดรูปเท่าเดิมเพื่อให้ Coutour หาได้ง่ายขึ้น



ภาพที่ 3.6 Pooling

Source: https://computersciencewiki.org/index.php/Max-pooling/_Pooling



ภาพที่ 3.7 รูปภาพ ที่ได้ทำการแปลงจากdata set

5.3.หลังจากที่ทดลองใช้โปรแกรมแล้วเกิดผลลัพธ์ที่ใช้ได้แล้วจะบันทึกเป็น model

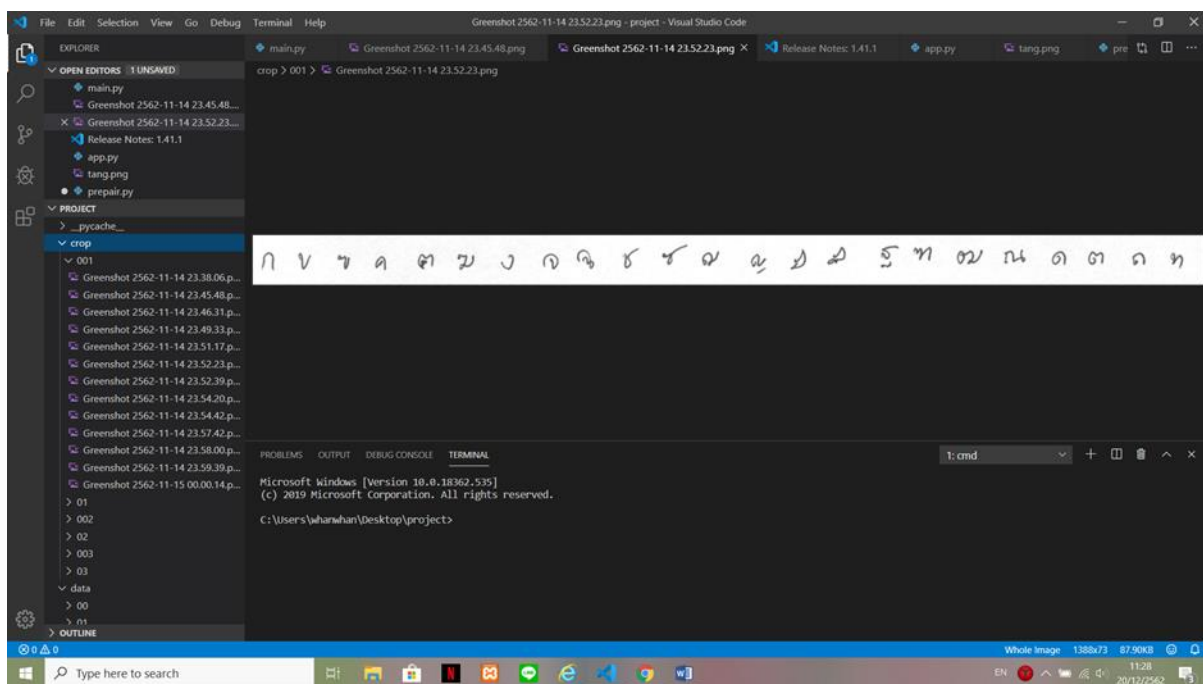
Image Classification คือ การจำแนกข้อมูลภาพการแยกแยะภาพที่มีคุณลักษณะเดียวกันออกเป็นกลุ่มๆ

Summary คือ ผลลัพธ์ของกระบวนการการพัฒนาโปรแกรม มาใช้ให้เกิดการทำนายผลลัพธ์รูปภาพที่ได้นำมาจากคลังข้อมูลภาพตัวอักษรที่ทางผู้วิจัย นั้นได้ใส่เข้าไปและเกิดผลลัพธ์ออกมา และมีการเรียงตัวอักษรเพื่อให้เป็นประโยชน์ข้อความโดยเรียงจากซ้ายไปขวา

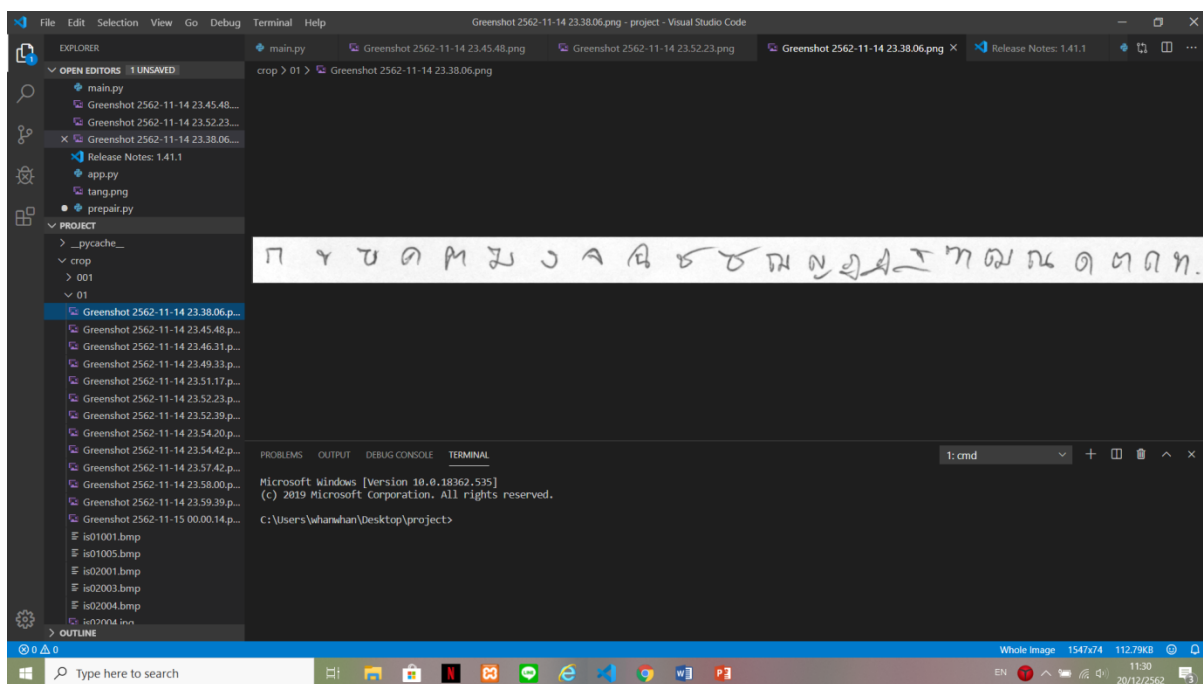
[illegible]

ภาพที่ 4.1 ข้อมูลรูปภาพจากNECTEC

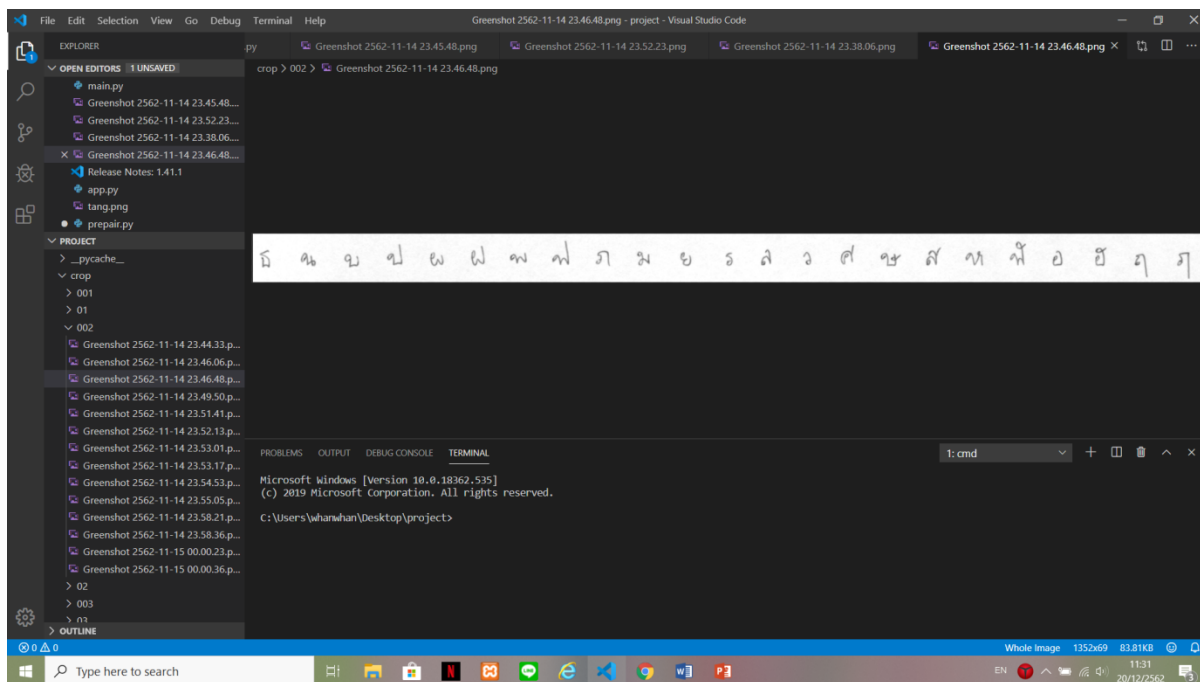
โดยประกอบรูปภาพจำนวน 7 ชุด ในรูปภาพประกอบด้วยลายมือเขียนโดยมีลายละเอียดดังนี้
ตัวอักษรภาษาไทย สระ วรรณยุกต์ พยัญชนะ 46 ตัว สระ 18 ตัวและ วรรณยุกต์ 4 ตัว และประโยคคำ



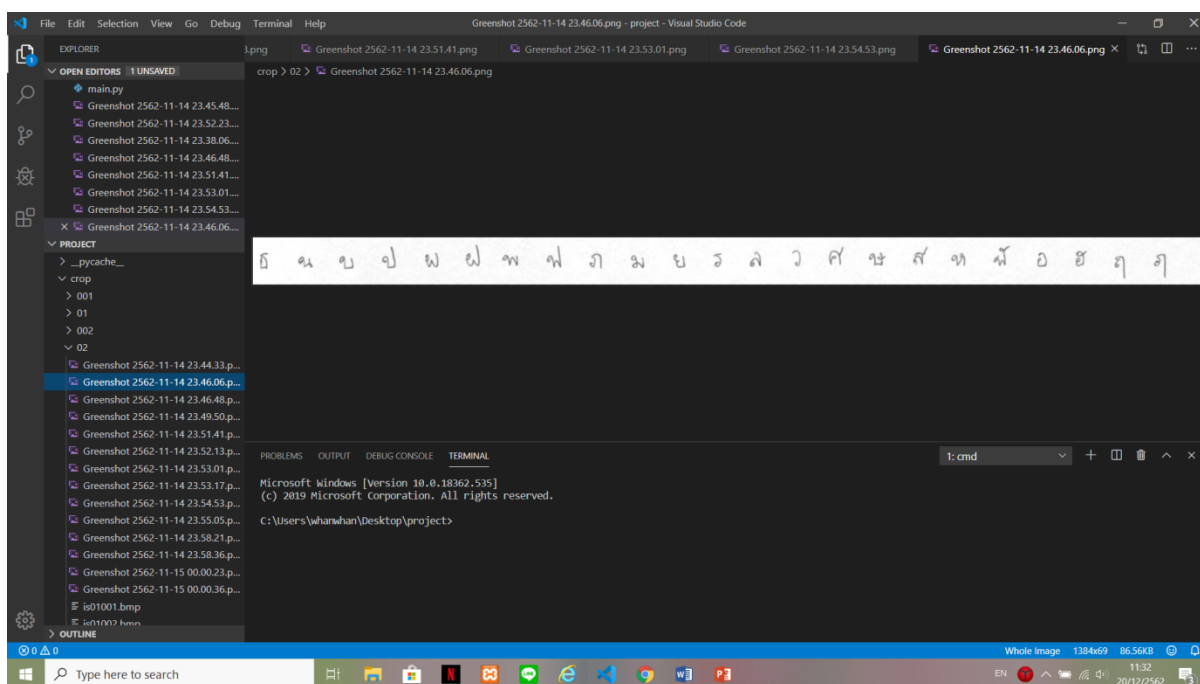
ภาพที่ 4.2 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว (SET1)



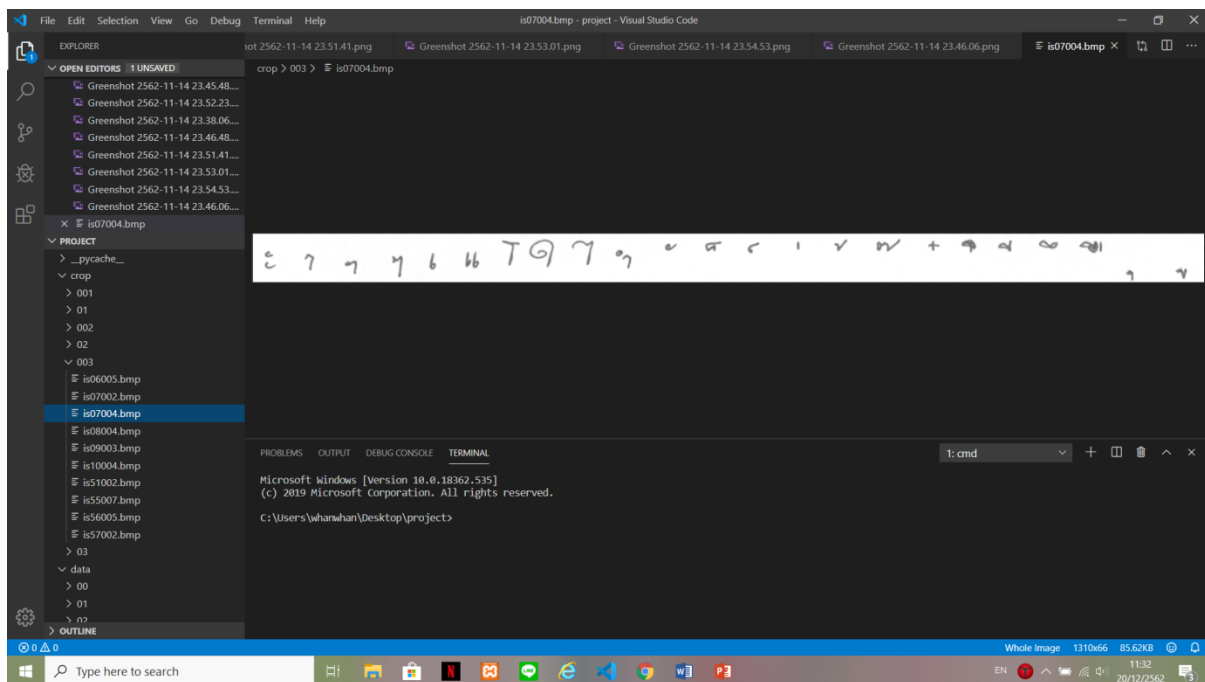
ภาพที่ 4.3 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว (SET1)



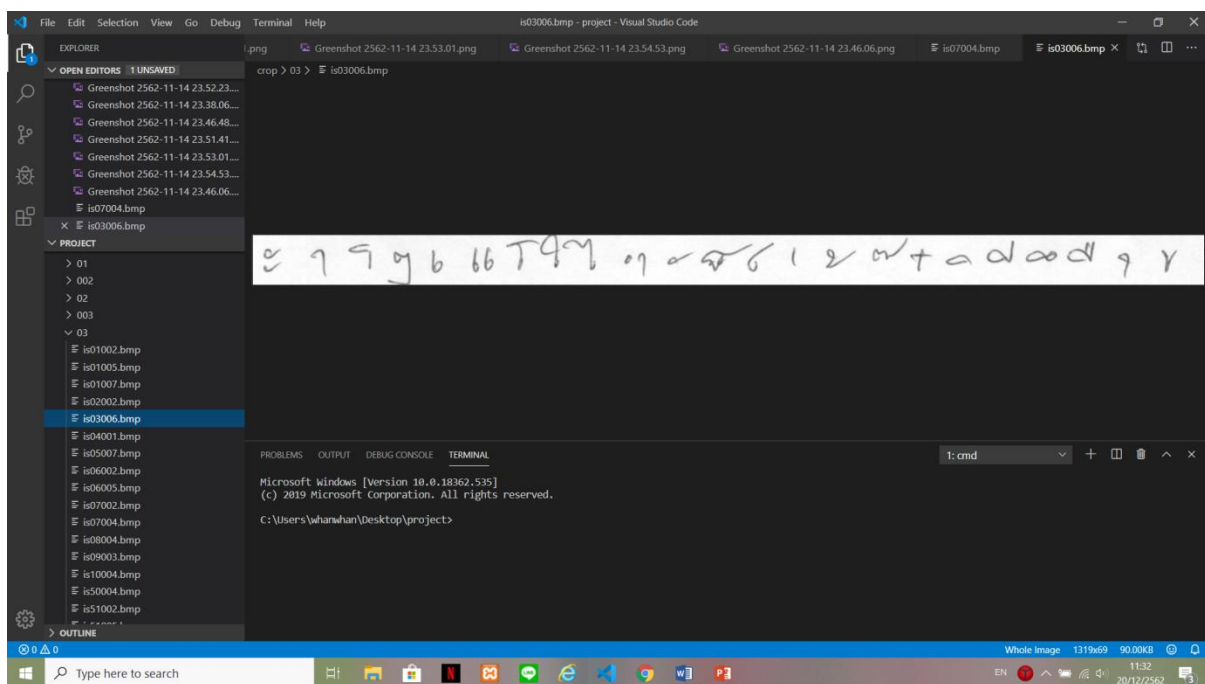
ภาพที่ 4.4 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว (SET2)



ภาพที่ 4.5 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว (SET2)



ภาพที่ 4.6 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว (SET3)

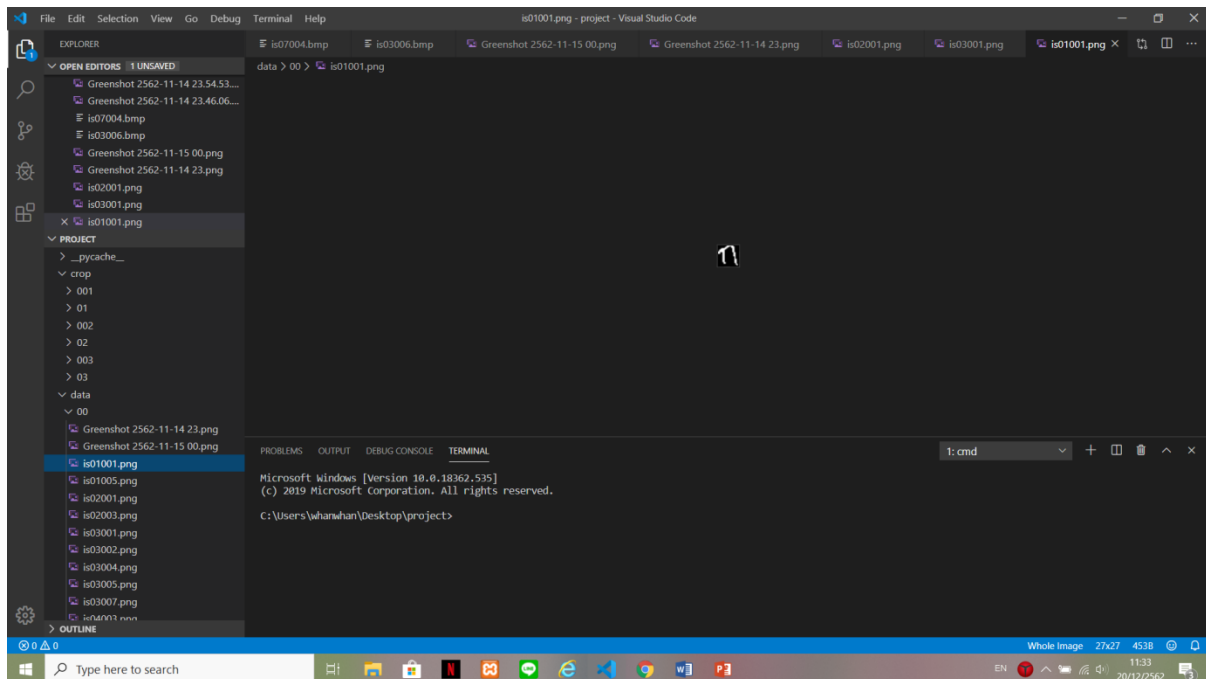


ภาพที่ 4.7 แสดงถึงรูปภาพที่ตัดแล้ว (SET3)

จากภาพที่ 4.2 - 4.7 ได้ใช้โปรแกรม photoshop cc

ในการตัดภาพเป็นแนวนอนทีละบรรทัด โดยจะแบ่งการตัดภาพเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกคือ ก – ค กลุ่มที่สอง ง

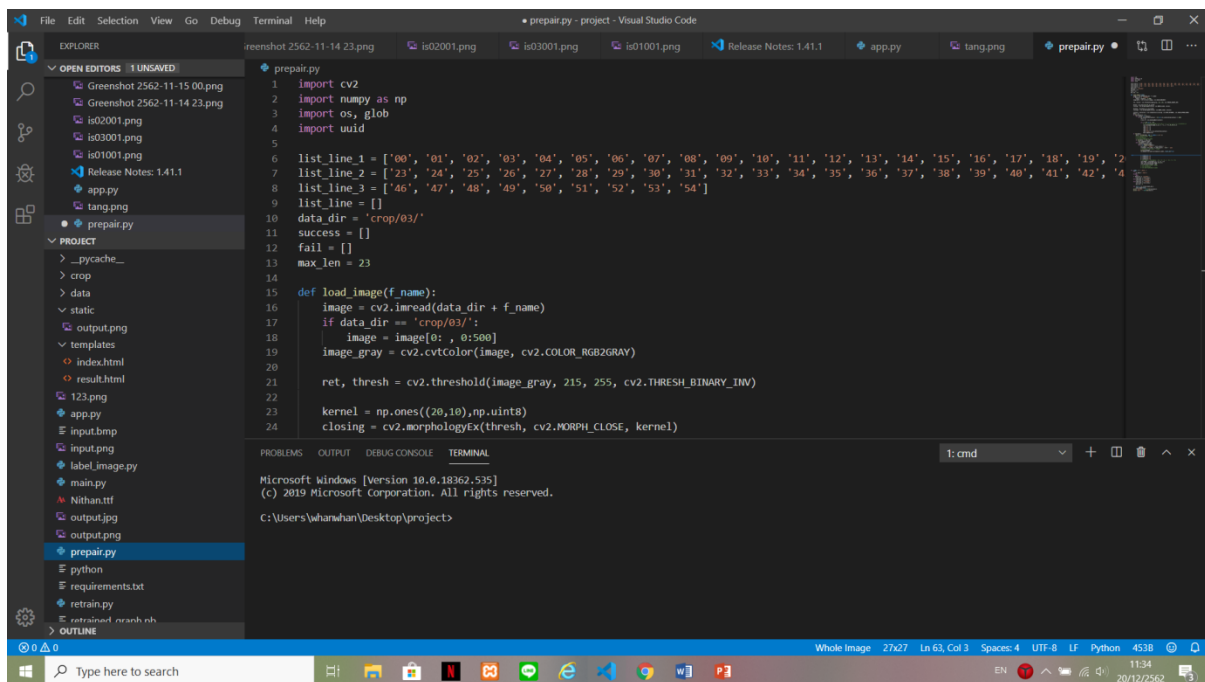
– ฤ และกลุ่มที่ 3 เป็นสระกับวรรณยุกต์โดยใช้ชื่อโฟรเคอร์ว่า Crop และจะแตกโฟรเคอร์เป็น 01 02 และ 03 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.8 แสดงถึงรูปภาพแปลงรูปแล้ว

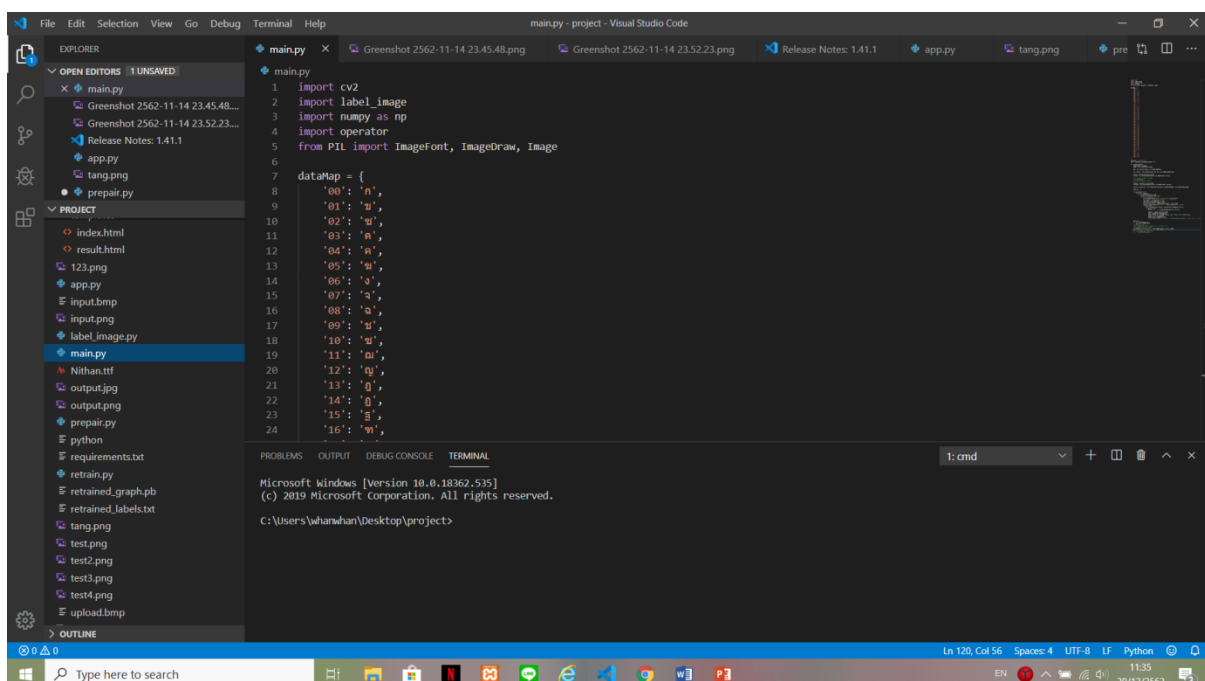
ภาพที่ 4.8

เป็นรูปภาพของการแปลงข้อมูลรูปแล้วจะเห็นได้ว่ามีลักษณะเป็นตัวหนังสือสีขาวพื้นหลังสีดำโดยการตัดแสง ตัดเงาออก และเพิ่มความเข้มของตัวอักษรให้ชัดเจนขึ้นการประมวลผลภาพ (Image processing) จะแสดงในโฟรเคอร์ที่ชื่อว่า data

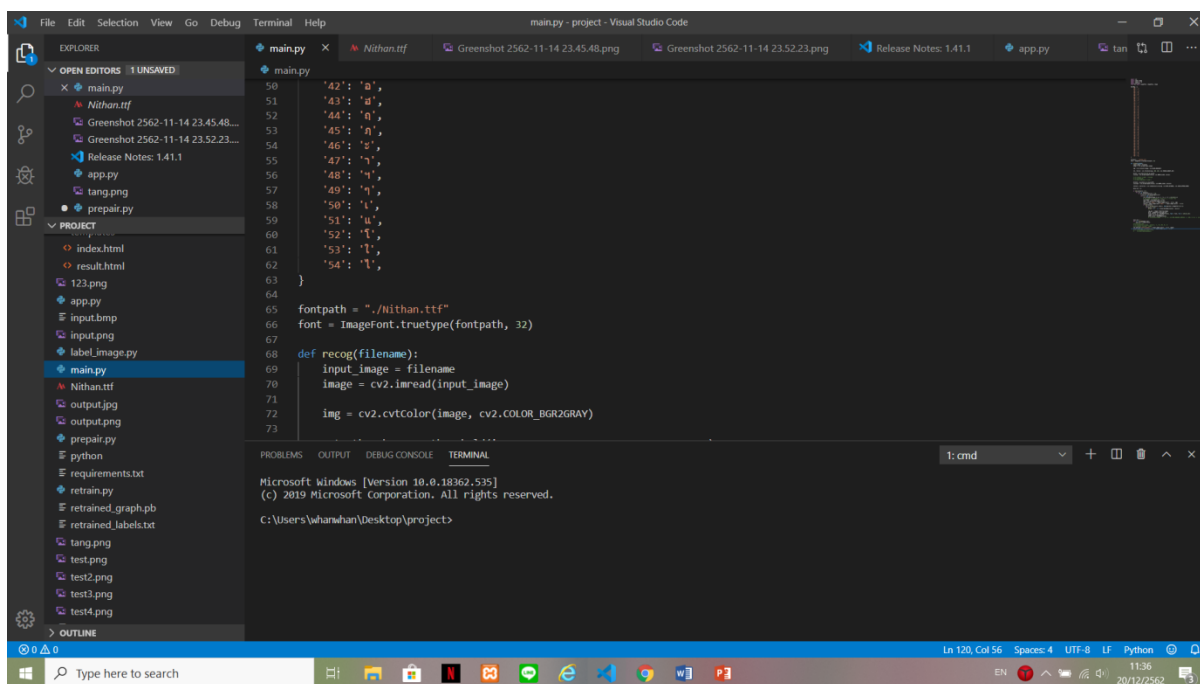


ภาพที่ 4.9 แสดงถึงการแปลงรูปภาพ

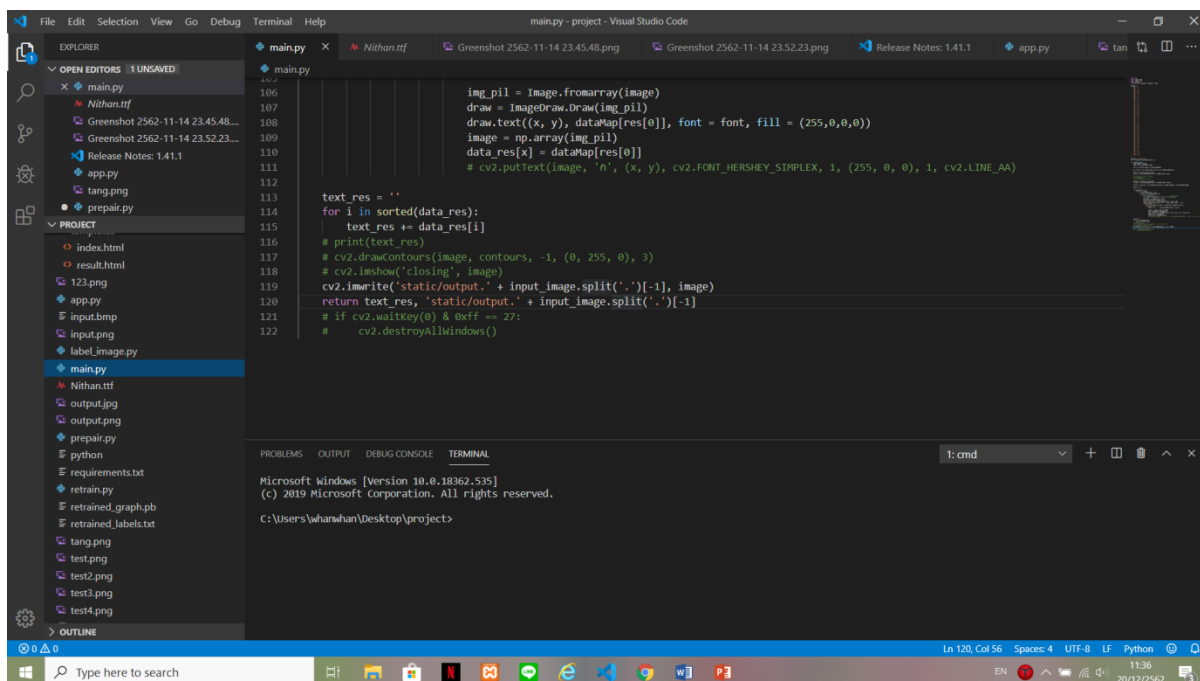
4.9 แสดงให้เห็นถึงการนำ Data set ที่ได้ จากโฟลเดอร์ data มาแบ่งเป็น 3 กลุ่มจากที่ภาพที่ 4.2 -4.7 เป็นการเตรียม data set โดยชื่อโฟลเดอร์ชื่อ Perpair



ภาพที่ 4.10 แสดงถึงการแทนตัวเลขกับตัวอักษรแต่ละตัว

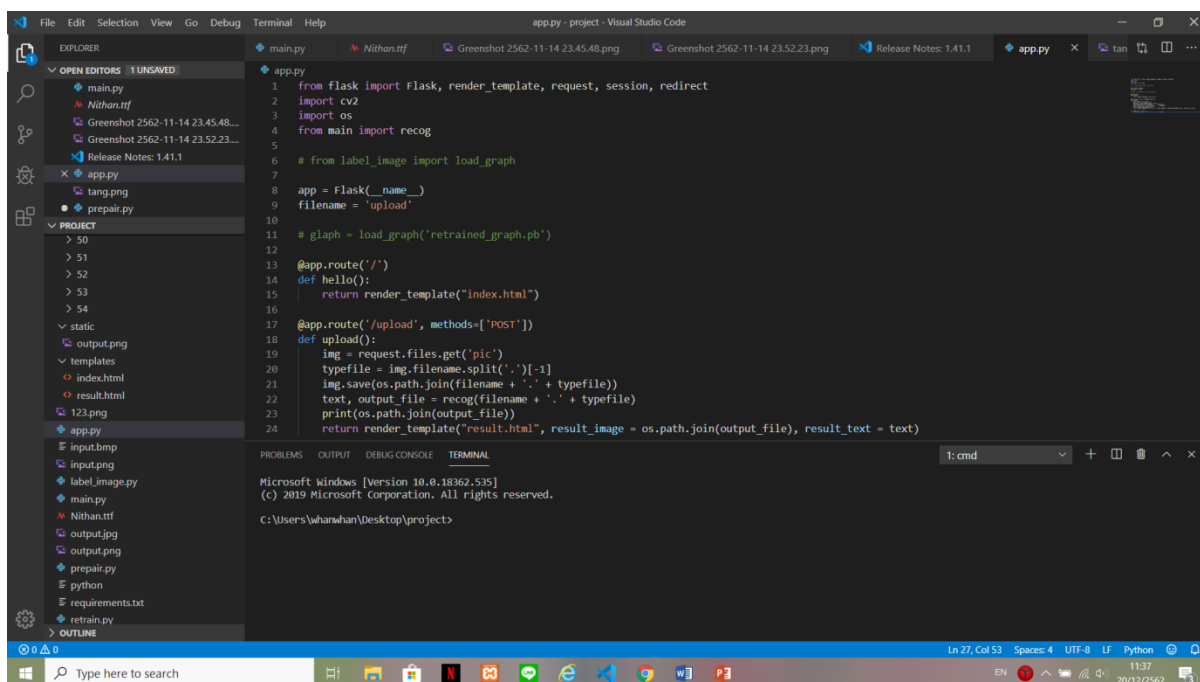


ภาพที่ 4.11 แสดงถึงการแทนตัวเลขกับตัวอักษรแต่ละตัว

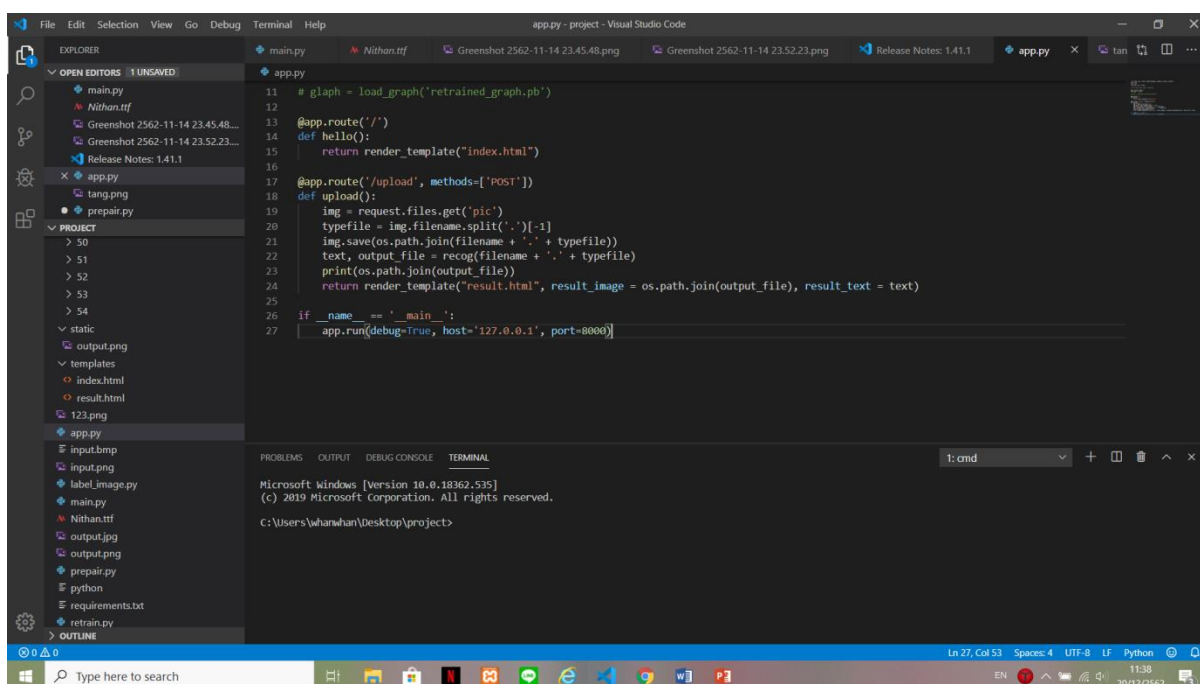


ภาพที่ 4.12 แสดงถึงการแปลงไฟล์ข้อมูล(รูปภาพ)

โดยจะนำไฟล์รูปที่ต้องภาพใช้มาผ่านการประมวลผลจากไฟล์ Prepair แล้วนำมาใส่ main จะเป็นตัวหลักในการประมวลผลข้อมูลว่าผลตรงกันกี่เปอร์เซ็นต์จะแสดงอันที่มากที่สุด ถ้าน้อยกว่า 40 % จะไม่แสดงผล



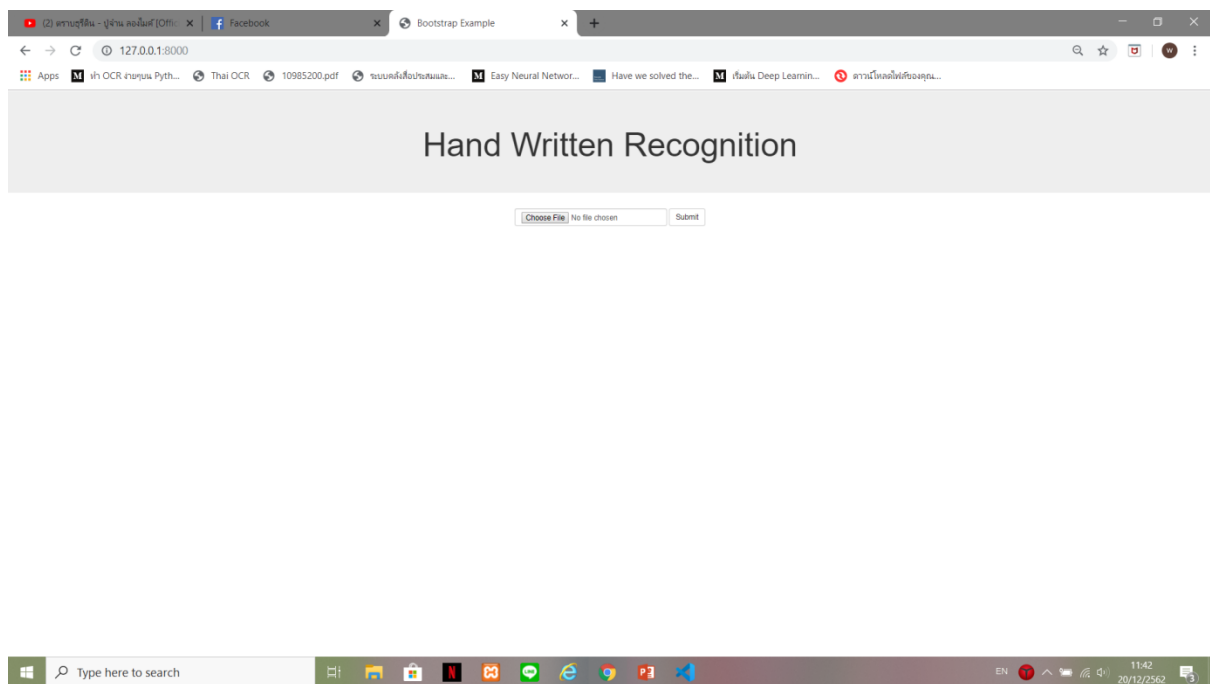
ภาพที่ 4.13 แสดงถึงการประมวลผลไปยังเว็บไซต์



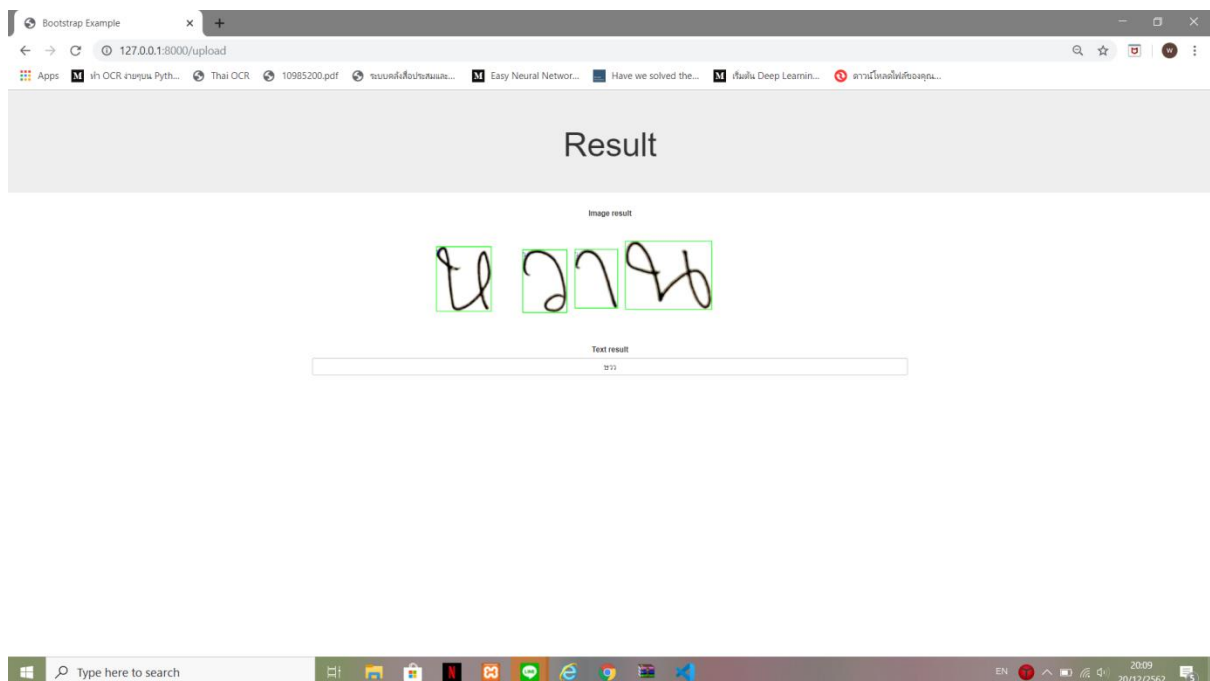
ภาพที่ 4.14 แสดงถึงการประมวลผลการเรียงเป็นประโยค

แสดงให้เห็นถึงการประมวลผลโดยเอาแต่ละตัวอักษรที่ได้มาเรียงเป็นประโยคจากซ้ายไปขวา

4.2 หน้าผู้ใช้งาน



ภาพที่ 4.15 แสดงหน้าเว็บไซต์ (Front office)



ภาพที่ 4.16 แสดงหน้าเว็บไซต์ที่แสดงผล

ตัวอักษร	ความถูกต้อง
ก	96%
ข	87%
ฅ	70%
ค	95%
ค	73%
ฅ	75%
ง	90%
จ	89%
ฉ	63%
ช	95%
ช	86%

ตารางที่ 4.1

ผลทดสอบระบบโดยใช้การรับข้อมูลอินพุตจากประมวลผลภาพ

ณ	87%
ญ	97%
ฎ	96%
ฏ	91%
ฐ	83%
ฑ	92%
ฒ	83%
ณ	97%
ด	85%
ต	87%
ถ	91%
ท	96%
ธ	97%
น	98%
บ	95%
ป	95%
ผ	93%
ฝ	93%
พ	89%
ฟ	87%
ภ	86%

ตารางที่ 4.1 ผลทดสอบระบบโดยใช้การรับข้อมูลอินพุตจากประมวลผลภาพ (ต่อ)

ม	83%
ย	91%
ร	92%
ล	92%
ว	89%
ศ	91%
ษ	93%
ส	86%
ห	89%
ฬ	80%
อ	95%
ฮ	93%

สรุปผลการทดสอบระบบตัวอักษรจากลายมือเขียน

ระบบการรู้จำลายมือเขียนตัวอักษรไทย ผลการทดสอบระบบการจดจำลายมือเขียนตัวอักษร โดยระบบที่ใช้การรับข้อมูลอินพุตจากการประมวลผลภาพมีความถูกต้องโดยเฉลี่ย 80.09% ยังไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

จากการพัฒนาระบบการรู้จำลายมือเขียนภาษาไทย ผู้วิจัยได้ดำเนินการจนสำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้คือ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำภาพที่เขียนด้วยลายมือที่نگ रूप ภาพ หรือ ไฟล์ रूप ภาพ นำมาใส่ในระบบโดยระบบจะทำการประมวลผลและระบบจะประมวลผลออกมาเป็นข้อความเพื่อให้ผู้ใช้บริการเกิดความสะดวกสบายในเรื่องการแปลลายมือเขียนซึ่งอาจเกิดจากบางบุคคลมีลายมือเขียนที่ค่อนข้างอ่านยากทางผู้วิจัยเลยได้มีการทำระบบและพัฒนาขึ้นมาซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในบางหน่วยงานหรือทางธุรกิจได้ ซึ่งสามารถสรุปและอภิปรายผล ได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ระบบการจดจำลายมือเขียนภาษาไทยโดยใช้การสร้างแบบจำลอง CNN การแปลงไฟล์ภาพเอกสารให้เป็นไฟล์ข้อความโดยอัตโนมัติ ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาพิมพ์งานประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้โปรแกรม OCR ประหยัดพื้นที่ที่จัดเก็บข้อมูลเนื่องจากไฟล์ข้อความมีขนาดเล็กกว่าไฟล์ภาพมากสะดวกในการปรับแต่งและแก้ไขเอกสารเนื่องจากไฟล์ข้อความสามารถปรับแต่งและแก้ไขได้ง่ายกว่าไฟล์ภาพที่ได้นี้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถประมวลผลให้ความถูกต้องของแต่ละตัวอักษรถึง 80.09% และการเรียงตัวอักษรโดยสามารถประมวลผลให้ความถูกต้องถึง 90.21% และการออกแบบระบบสามารถทำให้ผู้ใช้บริการใช้งานได้ง่ายไม่เกิดความซับซ้อนของการทำงาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยวิทยานิพนธ์ที่ผ่านมาและผลที่ได้ทำให้เกิดแนวคิดและข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยต่อไปในอนาคตดังต่อไปนี้ ระบบของงานวิจัยนี้ยังไม่สามารถจดจำลายมือเขียนสระในภาษาไทยได้เนื่องจากลักษณะการเขียนในภาษาไทย มีการแบ่งระดับการเขียน ออกเป็น 3 ระดับ คือระดับล่าง ระดับกลางและระดับบน ซึ่งตัวอักษรไทยถือว่าอยู่ในกลุ่มตัวอักษรในระดับกลาง ส่วนสระในภาษาไทยนั้น มีอยู่ทั้ง 3 ระดับ

ดังนั้นจึงควรมีการวิจัยการแบ่งระดับตัวอักษรไทยแล้วจึงมีการออกแบบการจดจำลายมือเขียนสระภาษาไทย

เนื่องจากระบบของงานวิจัยนี้สามารถจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยได้เฉพาะตัวอักษรที่มีลักษณะการเขียนแนวนอนเป็นการเรียงรูปแบบตัวอักษรจากซ้ายไปขวา และยังไม่สามารถอ่านสระที่อยู่บริเวณบนตัวอักษรได้และการเขียนแบบ 1 จังหวะ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วตัวอักษรไทยจะมีบางตัวที่จะต้องเขียนแบบสอง จังหวะเช่น ฐ ศ ศ และ ษ ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาต่อให้ระบบสามารถจดจำลายมือเขียนที่มีลักษณะการเขียนแบบสองจังหวะและสระที่อยู่บนตัวอักษรได้

บรรณานุกรม

ปริญญา สงวนสัตย์(2547) แบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์เคเตอร์แมชชีน.[ออนไลน์].

เข้าถึงจาก : <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/1495>

โอพาริก สุรินทร์(2560).[ออนไลน์].เข้าถึงจาก :

<http://www.thaiscience.info/Journals/Article/JSMU/10985200.pdf>

กตัญญู แสงเขื่อนแก้ว(2548) ระบบรู้ตัวอักษรไทยลายมือเขียนโดยใช้ แอนท์-

ไมเนอร์อัลกอริทึม.[ออนไลน์].เข้าถึงจาก : <http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1202548000324>

อรรณ พุ่มน้ำ (2 5 4 4) การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยแบบลายมือเขียน
โดยใช้การแปลงเวฟเลตที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างได้.[ออนไลน์].เข้าถึงจาก :

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1644>

วิ ช า พ า นิ ช (2 5 3 9)

ระบบรู้จำอักษรภาษาไทยโดยใช้ลักษณะบ่งความต่างของตัวอักษรไทย.[ออนไลน์].เข้าถึงจาก :

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1082539000577>

สุ ร ติ ท ธิ์ กิ ว ป ร ะ ส พ ศ์ ก ดี (2 5 4 4)

การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยโดยใช้วิธีการหาคุณลักษณะพื้นฐานในตัวอักษร.[ออนไลน์].เข้าถึงจาก :

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=46063>

จามร ศิรยานนท์ (2543) การรู้จำตัวอักษรเขียนภาษาไทยโดยใช้วิธีสแกนนิ่งเอ็น-ทูเปิ้ล.[ออนไลน์].เข้าถึงจาก
:

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1082543001164>

อ กิ ช า ต ส์ จ จ พ ง ษ์ (2 5 4 1)

การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยแบบออนไลน์โดยใช้นิวรอลเน็ตเวิร์ค.[ออนไลน์].เข้าถึงจาก :

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1082541001175>

มน ตรี เดวีเลาะ (2 5 4 8) การรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยด้วยหลักการทางพันธุศาสตร์
งานวิจัยนี้ได้นำทฤษฎีทางพันธุกรรม.[ออนไลน์].เข้าถึงจาก :

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1202548000331>

รุ จ ัน ุ ศ ย พ ล า ก ร (2 5 4 6)

การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยแบบออนไลน์โดยใช้แบบจำลองฮิดเดนมาร์คอฟและฟัซซีโลจิก

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1082546000061>

เดชา รัตนธาร(2538) วัตการรู้จำตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยใช้เทคนิคแบบฟัซซีโลจิก และวิธีซินแทกติก

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1082538001076>

สนธยา เมรินทร์(2536) การศึกษาการรู้จำตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยวิธีซินแทกติก

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1082536000793>

นายประสิทธิ์ บุญอเนก(2551)) การจดจำลายมือเขียนตัวอักษรไทยด้วยแผนผังคุณลักษณะจัดการ

<http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/3148/2/fulltext.pdf>

กาญจนา เรืองชนานุรักษ์(2550)) การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

<http://surinta.blogspot.com/2017/03/thai-handwritten-character-recognition.html>

BoydBigDataRPG (2561) รูปภาพที่ 2 cnn input ไปยัง output

<https://medium.com/bigdataeng/-deep-learning-application>

Gogul Ilango(2559) ตัวอย่าง flowchart ของขั้นตอนการทำการรู้จำลายมือ

<https://gogul.dev/software/digits-recognition-mlp?fbclid=IwARljS->

IM2 (2562) ทฤษฎี PEST Analysis

<https://www.im2market.com/2019/01/30/5227>

ณัฐริดา ถีสัม (2552) การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

http://csmis.blogspot.com/2009/04/blog-post_2260.html

จิตรลดา ผลนิมิตร (2541)นิรอลเน็ตเวิร์คโมเดล

http://www.tnrr.in.th/2558/?page=result_search&record_id=296932

ปิยะณัฐ พิมพ์รัตน์(2554)การรู้จำตัวอักษรโดยใช้วิธีทางสหสัมพันธ์ร่วมกับซอฟต์แวร์เวกเตอร์แมชชีน

<http://www.repository.rmutt.ac.th/handle/123456789/2412>

อาจารย์เข้มปรีด ขุนราชเสนา (2562)การรู้จำตัวเลขไทยที่เขียนด้วยลายมือด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

<http://research.pcru.ac.th/rdb/project/dataview/1710>

วิชญ์ฐรณ์ เอี่ยมสำอางค์ (2555)แยกภาพตัวอักษรลายมือเขียนที่อยู่ติดกัน

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/tjst/article/view/12913>

ปกรณ บุพศิริ(2545)การปรับปรุงระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/10895>

นวกัทธ์ สุจิราโชโต(2544)การดึงความเร็วการลากเส้นตัวอักษรลายมือเขียน

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/1196>

เกรียงศักดิ์ เหล็กดี (2546)การประมวลผลล่วงหน้า

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/11059>

สุกรี สินธุภิญโญ (2541)การประยุกต์การโปรแกรมตรรกะเชิง

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/11821>

อภิญา สุพรรณวรรณ(2540)การประยุกต์ใช้การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/7684>

ปกรณ บุษศิริ(2545)การปรับปรุงระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/10895>

กันดา กิตยานันท์(2544)การพัฒนาเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/11587>

ทวิศักดิ์ เอี่ยมสวัสดิ์(2559)การรู้จำตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยใช้หน่วยความจำระยะสั้นแบบยาว

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/52285>

อุ ค ม
สถาพรชัยสิทธิ์(2549)การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญแบบหลายประเภท
และนิรอลเน็ตเวิร์ก

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/7918>

อิทธิพันธ์ เมธเศรษฐ์(2543)การรู้จำตัวอักษรเขียนภาษาไทยที่เป็นคำแบบออฟไลน์

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/5652>

พัฒนชัย เบศรภิญโญวงศ์(2545)การรู้จำตัวอักษรไทยโดยใช้ซอฟต์แวร์โครงข่ายประสาทเทียมและเคอร์เนล

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/1388>

สมศักดิ์ คงถาวรวัฒนา(2539)การรู้จำสายอักขระไทยตัวพิมพ์โดยวิธีซินแทกติก

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/49011>

กรรณทิพย์ กิรติรัตนพฤษย์(2544)การแยกตัวอักษรจากลายมือเขียนภาษาไทยที่เป็นคำ

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/11750>

วัลลพ ต้นฤดี(2533)ระบบการรับรู้ลายมือเขียนอักษรไทย

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/47543>

นำชัย ยี่งนวลจันทร์ (2546)ระบบการรู้จำลายมือเขียนแบบออนไลน์

<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/6108>

มรุต นามบุญ(2550)การรู้จำลายมือเขียนภาษาไทยแบบออนไลน์

<http://www.ce.kmitl.ac.th/project?action=old&id=503>

ปิยะณัฐ พิมพ์รัตน์(2554)การรู้จำตัวอักษรอังกฤษ-ไทยโดยใช้วิธีทางสถิติร่วมกับซอฟต์แวร์โครงข่ายประสาทเทียม

<http://phoenix.eng.psu.ac.th/pec9/pec9/paper/ee/P71.pdf>

นิรันดร์ เลิศวีรพล(2549)การรู้จำอักขระอักษรธรรมอีสานโดยใช้ตัวแบบฮิดเดนมาร์คอฟ

file:///C:/Users/whanwhan/Downloads/21.pdf