บทที่ 1

บทนำ

ในบทนำนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมาของงาน วัตถุประสงค์ ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนการวิจัย ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเป็นมาของงาน

คอมพิวเตอร์กลายเป็นสิ่งจำเป็นที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของมนุษย์ โดยมากแล้วมนุษย์ใช้คอมพิวเตอร์ในลักษณะของเครื่องมือสำหรับการประมวลผลข้อมูล แต่เมื่อความสามารถในการประมวลผลข้อมูล และความเร็วในการประมวลผลสูงขึ้น มนุษย์จึงมีแนวคิดว่า คอมพิวเตอร์น่าจะมีความฉลาดมากขึ้นกว่าเดิมได้ โดยที่สามารถสร้างหรือปรับเปลี่ยน ข้อมูลหรือโปรแกรมเพื่อให้เกิดความรู้ใหม่ๆ ได้เองโดยอัตโนมัติ ความสามารถในการเรียนรู้ของเครื่องนี้ จะช่วยในการแสวงหาความรู้ใหม่ ช่วยลดความซับซ้อนของโปรแกรม และลดภาระของผู้ใช้คอมพิวเตอร์ได้มาก ตัวอย่างการเรียนรู้ ได้แก่ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโรคและอาการของผู้ป่วยเพื่อใช้ในทางการแพทย์ การเรียนรู้ที่จะจัดการกับข้อมูลในรูปแบบใหม่ที่ไม่เคยพบมาก่อน การเรียนรู้เพื่องานด้านการรู้จำแบบ (Pattern Recognition) เป็นต้น

วิธีการเรียนรู้มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน เช่น การเรียนรู้จากการจำ การเรียนรู้จากคำบอกเล่า การเรียนรู้จากตัวอย่าง การเรียนรู้จากความคล้ายคลึง การเรียนรู้จากการสังเกต เป็นต้น ในงานวิจัยนี้จะเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยการอุปนัยจากตัวอย่าง คือการสร้างความรู้ใหม่จากตัวอย่างส่วนหนึ่งที่ได้รับ แล้วสรุปเป็นภาพรวมทั้งหมด

ในระยะหลังได้มีงานวิจัยใหม่ซึ่งใช้การเรียนรู้โดยการอุปนัยอยู่เป็นจำนวนมาก หนึ่งในงานวิจัยเหล่านั้น คือ การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย (Inductive Logic Programming, ILP) หรือ ไอแอลพี ซึ่งเป็นการใช้ความรู้ส่วนหลัง (background knowledge) ในการสร้างสมมติฐานใหม่ที่สอดคล้องกับตัวอย่าง (example)ที่ได้รับ ในปัจจุบันได้มีนักวิจัยหลายท่านสร้างระบบไอแอลพีขึ้นมา ตัวอย่างของระบบไอแอลพี ได้แก่ FOIL, PROGOL เป็นต้น ซึ่งระบบเหล่านี้ จะนำความรู้ส่วนหลัง และตัวอย่าง ที่ได้รับมาผ่านกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้ได้แนวคิด หรือความรู้ใหม่ และแทนความรู้นั้นในรูปของเพรดิเคตเชิงตรรกะอันดับที่หนึ่ง (first order predicate logic) ข้อดีของระบบดังกล่าว คือ

1. เป็นระบบที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถสร้างและพัฒนาความรู้ขึ้นมาเองได้ ซึ่งความรู้นั้นแม้ว่าจะไม่เป็นข้อเท็จจริงที่แน่นอน แต่ก็เป็นความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
2. ระบบจะแสดงความรู้ออกมาในรูปที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้

ในงานวิจัยนี้จะได้แสดงถึงประสิทธิภาพ และแนวทางการใช้งานของระบบไอแอลพี ในการประยุกต์ใช้งานกับการรู้จำตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย โดยใช้ระบบไอแอลพีในการสร้างกฎ หรือความรู้เพื่อการแยกแยะตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย ในการใช้งานข้อมูลจากสิ่งพิมพ์จะนำมาผ่านเครื่องกวาดตรวจ (scanner) แล้วนำเฟ้มข้อมูลที่ได้จากการกวาดตรวจ มาผ่านกระบวนการในการประมวลผลขั้นต้น (preprocessing) แล้วจึงใช้กฎหรือความรู้ที่ได้จากระบบไอแอลพี มาใช้ในการแยกแยะว่าเป็นตัวอักษรใด ได้เป็นรหัสแอสกีของตัวอักษรนั้น

การประยุกต์ใช้งานดังกล่าว จะก่อให้เกิดประโยชน์ในการนำข้อมูลเข้าระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งวิธีการนำข้อมูลเข้าระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนั้น ผู้ใช้งานจะต้องพิมพ์ข้อมูลที่อยู่บนสิ่งพิมพ์ทีละตัวอักษรผ่านแผงแป้นอักขระ (keyboard) ประสิทธิภาพในการทำงานจะขึ้นอยู่กับความชำนาญและความคุ้นเคยในการพิมพ์ผ่านแผงแป้นอักขระของผู้ใช้งานแต่ละคน ดังนั้น ถ้าสามารถนำวิธีการนำข้อมูลเข้าโดยอาศัยการรู้จำตัวอักษรดังกล่าวมาใช้งานจริงได้ นอกจากจะช่วยลดเวลาและกำลังคนในการนำข้อมูลเข้าแล้ว ยังช่วยเพิ่มความสะดวกในการทำงาน และอาจจะช่วยลดความผิดพลาดในการนำข้อมูลเข้าระบบอีกด้วย

<u>วัตถุประสงค์</u>

1. เพื่อพัฒนาระบบการรู้จำตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย โดยใช้การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย ในการเรียนรู้ของเครื่อง
2. เพื่อศึกษาการพัฒนาระบบงานประยุกต์ โดยใช้การโปรแกรมตรรกะเชิงอุปนัย
3. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการนำข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคการรู้จำตัวอักษร ซึ่งจะช่วยลดเวลาและกำลังคนในการนำข้อมูลเข้า

<u>ขอบเขตของการวิจัย</u>

1. ใช้ระบบ PROGOL รุ่น 4.1 บนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (unix) ในการเรียนรู้ตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย
2. โปรแกรมการรู้จำตัวอักษร พัฒนาบน Borland C++ รุ่น 3.1
3. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการรู้จำตัวอักษร ใช้เครื่อง PC รุ่น Globalyst 363 TPC ไมโครโปรเซสเซอร์ Pentium ความเร็ว 75 เมกกะเฮิรตซ์ มีหน่วยความจำ (RAM) 16 เมกกะไบต์
4. อุปกรณ์พิมพ์เอกสาร เพื่อพิมพ์ตัวอักษรสำหรับการรู้จำ ใช้เครื่องพิมพ์เลเซอร์ (laser printer) Hewlett Packard รุ่น Laser Jet 4L ความละเอียดของการพิมพ์เอกสารที่ 300 dpi
5. อุปกรณ์อ่านเอกสาร ใช้เครื่องกวาดตรวจ (scanner) Microtek รุ่น ScanMaker || ความละเอียดของการอ่านเอกสารที่ 300 dpi

6. ข้อมูลที่ใช้ในการรู้จำ คือ ตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย 77 ตัวอักษร (ดังแสดงในภาคผนวก ก) ที่มีลักษณะตัวตรงปกติ ไม่เป็นตัวหนา และไม่ขีดเส้นใต้ รูปแบบ CORDIA และ EUCROSIA ขนาด 20, 22, 24, 28, 32, 36 และ 48 จุดภาพ โดยเก็บข้อมูล 1 ตัวอักษรต่อ 1 แฟ้มข้อมูล ในรูปแบบ BMP

<u>ขั้นตอนการวิจัย</u>

1. ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้ของระบบไอแอลพี
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย
3. เลือกวิธีการประมวลผลขั้นต้น (preprocessing) ที่เหมาะสม
4. สร้างความรู้ส่วนหลังที่จำเป็นต้องใช้ในการรู้จำตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย
5. เก็บข้อมูลสำหรับเป็นข้อมูลตัวอย่างในการเรียนรู้ และข้อมูลเพื่อทดสอบการรู้จำ
6. จากความรู้ส่วนหลัง และ ข้อมูลตัวอย่างที่ผ่านการประมวลผลขั้นต้นแล้ว นำมาผ่านกระบวนการเรียนรู้ โดยใช้ระบบไอแอลพี ทำให้ได้กฎการนิยามตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย ที่อยู่ในรูปของอนุประโยคฮอร์น (Horn clause)
7. นำกฎที่ได้จากการเรียนรู้ มาทดสอบความสามารถในการรู้จำตัวอักษรกับข้อมูลทดสอบ
8. สรุปผลการวิจัย ข้อเสนอแนะ พร้อมทั้งแนวทางการวิจัยต่อไป

<u>ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย</u>

1. จากการเรียนรู้ของระบบไอแอลพีในงานวิจัยนี้ จะทำให้ได้กฎที่ใช้นิยามตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย ซึ่งกฎที่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการรู้จำตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย
2. ผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ของระบบไอแอลพี อยู่ในรูปแบบที่ชัดเจน และ มนุษย์สามารถเข้าใจได้ ซึ่งถือเป็นข้อดีของระบบไอแอลพี งานวิจัยนี้จึงเป็นตัวอย่างที่ดี ในการใช้ประโยชน์จากการเรียนรู้ของระบบไอแอลพี ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับงานด้านอื่นๆต่อไป
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องมืออ่านตัวอักษรภาษาไทยบนเอกสาร ซึ่งนำข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดยไม่ต้องพิมพ์ผ่านแผงแป้นอักขระ ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว และลดกำลังคนในการพิมพ์เอกสาร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยด้านไอแอลพี [11]

- Plotkin งานวิจัยของเขาถือเป็นรากฐานของการพัฒนาไอแอลพี โดยแนวคิดหลักๆ คือ 1) รีเลทีฟสับซัมชัน (relative subsumption) และ 2) อาร์แอลจีจี (Relative Least General Generalization, RLGG) ซึ่งประสบความสำเร็จในระดับหนึ่ง แต่ยังคงมีข้อจำกัด เนื่องจากอาร์แอลจีจีของอนุประโยค 2 อนุประโยค ไม่มีจำนวนจำกัด

- Shapiro ได้ใช้การค้นหาสมมติฐาน โดยใช้หลักการค้นหาจากเจนเนอรัลไปสู่สเปคซิฟิค (general-to-specific) ในรูปแบบของอนุประโยคฮอร์น (Horn clause) ซึ่งต่างจากแนวทางของ Plotkin ที่ค้นหาจากสเปคซิฟิคไปสู่เจนเนอรัล (specific-to-general) รวมทั้งได้สร้างเทคนิคที่เรียกว่า แอลกอริทมิคดีบักกิง (algorithmic debugging) คือ ถ้าโปรแกรมภาษาโปรล็อกไม่สมบูรณ์ ไม่ถูกต้อง หรือไม่มีจุดสิ้นสุด ระบบของ Shapiro จะตรวจสอบว่าอนุประโยคใดที่ผิด และจะแทนที่อนุประโยคนั้นใหม่

- Sammut and Banerji กล่าวถึง ระบบ MARVIN ซึ่งระบบจะทำเจนเนอรัลไรซ์ตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง ณ เวลาหนึ่ง โดยการอ้างอิงจากอนุประโยคส่วนหลัง (background clause)

- Muggleton and Buntine แสดงถึงการสร้างเพรดิเคตใหม่ โดยสร้างโปรแกรมชื่อว่า CIGOL ซึ่งทำงานโดยนำแต่ละตัวอย่างมาวิเคราะห์ร่วมกับความรู้ส่วนหลัง

- Banerji, Wirth, Ishizaka, Ling and Dawes, Rouveirol and Puget กล่าวถึง วิธีการในการสร้างเพรดิเคตใหม่ อย่างไรก็ตาม การสร้างเพรดิเคตเป็นการเรียนรู้เชิงประพจน์ (propositional) ซึ่งยังไม่เป็นระบบการเรียนรู้อันดับที่หนึ่ง (first-order learning systems)

- Quinlan ได้สร้างโปรแกรม FOIL ซึ่งใช้หลักการของอนุประโยคฮอร์นอันดับที่หนึ่ง (first-order Horn clause) และการค้นหาสมมติฐาน จะค้นหาจากเจนเนอรัลไปสู่สเปคซิฟิค รวมทั้งใช้วิทยาการศึกษาสำนึกเชิงสารสนเทศ (information based heuristic) ช่วยให้การค้นหามีประสิทธิภาพ

- Buntine พยายามจำกัดรูปแบบของความรู้ส่วนหลัง โดยการสร้างเฮอแบรนด์โมเดล (Herbrand model) ซึ่งประสบความสำเร็จในระดับหนึ่ง ขึ้นกับความซับซ้อนของอนุประโยคที่สร้างขึ้น

- Muggleton and Feng ประยุกต์ใช้ข้อจำกัดดีเทอมิเนท (determinate) กับสมมติฐาน และสร้างโปรแกรมสำหรับการเรียนรู้ ชื่อว่า GOLEM ซึ่งมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับโปรแกรม FOIL ของ Quinlan

- Muggleton ได้สร้างโปรแกรม PROGOL ใช้หลักการของเอ็มดีไออาร์ (Mode-Directed Inverse Resolution, MDIR) และการค้นหาสมมติฐาน จะค้นหาจากเจนเนอรัลไปสู่สเปคซิฟิค รายละเอียดของ PROGOL จะกล่าวถึงในบทที่ 2

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. งานวิจัยทางด้านการรู้จำตัวพิมพ์อักษรภาษาไทย

2.1 พิพัฒน์ หิรัญย์วณิชชากร และคนอื่นๆ (2525 และ 2527) [5]

พ.ศ. 2525 เสนอวิธีการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยโดยการวิเคราะห์เส้นแสดงขอบของอักขระ และให้รหัสเพื่อแสดงทิศทางที่เปลี่ยนไปตามลักษณะความโค้งเว้าของเส้นแสดงขอบของอักขระ โดยนำหลักพื้นฐานทางคณิตศาสตร์มาใช้เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน แล้วตัดส่วนความโค้งเว้าของเส้นแสดงขอบของอักขระออกเป็นส่วนย่อย จากนั้นจึงนำลักษณะทางเรขาคณิตของส่วนโค้งที่ตัดได้ ได้แก่ ความยาวของเส้นโค้ง ระยะห่างระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดสิ้นสุดของส่วนโค้ง ระยะห่างระหว่างจุดเริ่มต้นกับจุดศูนย์ถ่วง (centroid) ของส่วนโค้ง ระยะห่างระหว่างจุดสิ้นสุดกับจุดศูนย์ถ่วงของส่วนโค้ง และมุมที่เกิดจากการทำมุมกันของเส้นที่ลากจากจุดศูนย์ถ่วงไปยังจุดเริ่มต้นกับเส้นที่ลากจากจุดศูนย์ถ่วงไปยังจุดสิ้นสุดของส่วนโค้ง ลักษณะทางเรขาคณิตเหล่านี้จะนำมาใช้ในการคำนวณค่าความคล้าย (similarity) ระหว่างส่วนโค้งของอักขระที่รับเข้ามากับส่วนโค้งของอักขระต้นแบบ เมื่อได้ค่าความคล้ายระหว่างแต่ละคู่ส่วนโค้งของอักขระแล้ว ก็จะนำไปใช้ในการคำนวณค่าความคล้ายระหว่างอักขระ ผลการวิจัยกับตัวพิมพ์อักขระไทย 670 ตัว ซึ่งประกอบด้วยรูปแบบการหมุน 5 แบบ และ 2 ขนาด มีความถูกต้อง 99.7 เปอร์เซนต์ สำหรับตัวอักษร 256x256 จุด และ มีความถูกต้อง 98.2 เปอร์เซนต์ สำหรับตัวอักษร 128x128 จุด

พ.ศ. 2527 เสนอวิธีการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยโดยการวิเคราะห์เส้นแสดงขอบของอักขระ และนำรหัสแบบลูกโซ่ของฟรีแมนกับความแตกต่างของทิศทางของเส้นแสดงขอบของอักขระมาใช้ เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน และตัดส่วนความโค้งเว้าของอักขระ โดยใช้จุดที่เส้นแสดงขอบของอักขระมีการเปลี่ยนทิศทาง ทำให้ได้ส่วนโค้งย่อยออกมา จากนั้นจะดึงลักษณะทางเรขาคณิตของส่วนโค้งเหล่านั้นออกมา ได้แก่ ความยาวของแต่ละส่วนโค้งย่อย ลักษณะทางเรขาคณิตที่ดึงออกมานี้จะนำมาใช้ในการคำนวณค่าความคล้ายระหว่างส่วนโค้งของอักขระที่รับเข้ามากับส่วนโค้งของอักขระต้นแบบ เมื่อได้ค่าความคล้ายระหว่างแต่ละคู่ส่วนโค้งของอักขระแล้ว ก็จะนำไปใช้ในการคำนวณค่าความคล้ายระหว่างอักขระ ผลการวิจัยกับตัวพิมพ์อักขระไทย 345 ตัว ซึ่งมีรูปแบบการหมุน 5 แบบ มีความถูกต้องในการรู้จำ 99.4 เปอร์เซนต์

2.2 ชม กิ้มปาน และคนอื่นๆ (2526, 2530 และ 2532) [6]

พ.ศ. 2526 นำวิธีการทับซ้อน (matching method) มาใช้รู้จำตัวพิมพ์อักขระไทย โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ในขั้นตอนของการแบ่งกลุ่มอักขระ รูปร่างปลีกย่อยที่ไม่จำเป็นและสัญญาณรบกวนจะถูกกำจัด โดยวิธีการทำอักขระให้เบลอ (blurring method) วิธีการทำอักขระให้เบลอนั้นทำโดยการค้นหาข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ในแมทริกซ์ของอักขระทีละแถว โดยเริ่มจากแถวแรกไปจนถึงแถว

สุดท้าย ถ้าพบข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ก็จะเปลี่ยนข้อมูลที่อยู่รอบๆตำแหน่งนั้นให้มีค่าเป็น 1 ด้วย อักขระที่เบลอแล้ว (blurred characters) จะถูกแบ่งเป็นกลุ่มๆ โดยใช้วิธีวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเหมือนของแต่ละรูปแบบ และใช้การกระจายแบบคาร์ฮูเนนโลบหารูปแบบมาตรฐานเพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่ม ในขั้นตอนของการแยกอักขระออกจากกลุ่มโดยใช้วิธีทับซ้อนเป็นส่วนๆ (subpattern matching) เพื่อแยกอักขระออกจากกัน ผลที่ได้จากการวิจัยมีความถูกต้อง 98.2 เปอร์เซนต์

พ.ศ. 2530 เสนอการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทย โดยใช้การกระจายแบบคาร์ฮูเนนโลบ แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการแบ่งกลุ่มอักขระ ไอเกนเวกเตอร์ที่มีค่าไอเกนสูงสุดในการกระจายแบบคาร์ฮูเนนโลบถูกนำมาใช้เป็นรูปแบบมาตรฐานของแต่ละกลุ่มอักขระ ขั้นตอนที่สอง เป็นการแยกอักขระออกจากกลุ่ม ไอเกนเวกเตอร์ที่ไม่ได้ใช้ในขั้นแรกจะถูกนำมาใช้โดยหาฟังก์ชั่นการตัดสินใจแบบเชิงเส้นบนระนาบไอเกนเวกเตอร์ที่ได้จากการกระจายแบบคาร์ฮูเนนโลบ เพื่อแยกอักขระออกจากกลุ่ม ผลที่ได้จากการวิจัยมีความถูกต้อง 98 เปอร์เซนต์

พ.ศ. 2532 เสนอการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยโดยใช้วิธีค้นหาจุดเด่นของอักขระ (feature concentrated method) ในการเตรียมข้อมูลของอักขระ จากนั้นจะเป็นการหาลักษณะเด่นของอักขระ โดยการหาคอนเซ็นเทรทเวิร์ด (concentrated word) ณ จุดศูนย์ถ่วง ผลที่ได้จากการวิจัยมีความถูกต้อง 90 เปอร์เซนต์

2.3 <u>ชมทิพ พรหมมชัย (2529)</u> [1]

เสนอวิธีการตรวจรู้อักขระภาษาไทย แบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรก คือ ขั้นตอนการเปลี่ยนภาพบิตแมทริกซ์ตัวอักษรให้เป็นโครงร่างของอักขระ (skeletal form) ขั้นตอนนี้อาจเรียกว่า เป็นขั้นตอนการลดความหนา (thinning process) ของภาพบิตแมทริกซ์ตัวอักษรที่เตรียมไว้ก่อนการนำเข้ามาใช้ในการตรวจรู้อักขระ ขั้นตอนที่สอง คือ ขั้นตอนการเปลี่ยนโครงร่างของอักขระให้อยู่ในรูปของรหัส ซึ่งรหัสเหล่านี้จะหมายถึงลักษณะของตัวอักษรตามแนวแถวและแนวสดมภ์ ขั้นตอนที่สาม คือ ขั้นตอนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างรหัสในขั้นที่สองกับอักขระต้นแบบที่สร้างไว้เพื่อการตรวจรู้ โดยความสัมพันธ์นี้จะมีโครงสร้างเป็นรูปต้นไม้ที่เรียกว่า "recognize tree" ผลที่ได้จากการตรวจรู้อักขระภาษาไทยจำนวน 5 แบบพิมพ์ ซึ่งถูกจัดเตรียมไว้ในรูปของภาพบิตแมทริกซ์ตัวอักษร โดยปราศจากสัญญาณรบกวน (noise free) มีความถูกต้อง 70 เปอร์เซนต์

2.4 <u>มนตคา บุญสุวรรณ (2535)</u> [6]

เสนอระบบออฟไลน์สำหรับการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยหลายรูปแบบ โดยใช้เทคนิคของการวิเคราะห์เส้นแสดงขอบของอักขระ โดยจะนำรหัสทิศทางแบบลูกโซ่ของฟรีแมน

กับความแตกต่างของทิศทางของเส้นแสดงขอบของอักขระมาใช้ในการตัดแบ่งเส้นแสดงขอบของอักขระ ออกเป็นส่วนโค้งเว้าและส่วนโค้งนูน จากนั้นลักษณะสำคัญ ได้แก่ ความยาวระหว่างจุดบ่งความนูนหรือจุดบ่งความเว้าที่อยู่ติดกัน 2 จุด ภายในส่วนโค้งหนึ่งๆ ก็จะถูกนำมาใช้ในขั้นตอนของการเปรียบเทียบแบบไดนามิคโปรแกรมมิ่ง เพื่อหาค่าความแตกต่างระหว่างแต่ละคู่ส่วนโค้งของอักขระที่ต้องการรู้จำกับอักขระต้นแบบ จากนั้นคู่ส่วนโค้งที่มีความคล้ายกันมากที่สุดระหว่างอักขระทั้งสองก็จะถูกตรวจพบได้ และนำมาใช้เป็นคู่ส่วนโค้งเริ่มต้นสำหรับการเปรียบเทียบของคู่ส่วนโค้งอื่นๆ ที่อยู่ถัดไป จากการใช้วิธีการเปรียบเทียบแบบไดนามิคโปรแกรมมิ่ง ทำให้สามารถหาค่าความแตกต่างระหว่างแต่ละส่วนของอักขระ และ ความแตกต่างระหว่างอักขระ สำหรับนำมาใช้ในการแยกประเภทของอักขระได้ ผลจากการวิจัยโดยใช้รูปแบบของตัวพิมพ์อักขระไทยจำนวน 3 รูปแบบ จำนวนอักขระทั้งหมด 1,030 ตัว พบว่ามีความถูกต้อง 94.7 เปอร์เซนต์

2.5 นิธิพัฒน์ ชัชวาลพาณิชย์ (2537) [3]

เสนอระบบออนไลน์สำหรับการรู้จำตัวพิมพ์อักษรไทยและตัวพิมพ์อักษรอังกฤษ โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนแรก คือ การวิเคราะห์เส้นแสดงขอบของตัวอักษร โดยใช้การวิเคราะห์จากการเปลี่ยนแปลงมุมองศาระหว่างจุดในตัวอักษร ขั้นตอนที่สอง คือ การหาลักษณะสำคัญของตัวอักษร เช่น จำนวนหัวของตัวอักษร จำนวนส่วนโค้ง ความกว้างและความสูงของตัวอักษร ตำแหน่งหัวของตัวอักษร เป็นต้น ขั้นตอนที่สาม คือ การเปรียบเทียบตัวอักษรที่ทำการรู้จำกับตัวอักษรต้นแบบ โดยใช้วิธีไดนามิคโปรแกรมมิ่ง และใช้ฟังก์ชันการหาค่าผลรวมความแตกต่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความแตกต่างที่น้อยที่สุด ส่วนในขั้นตอนที่สี่ เป็นการนำรหัสของตัวอักษรต้นแบบที่ได้มาเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลตัวอักษร ผลที่ได้จากการทดสอบกับตัวอักษร 3 รูปแบบ มีความถูกต้อง 90.09 เปอร์เซนต์

2.6 สนธยา เมรินทร์ (2537) [7]

เสนอการรู้จำตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยวิธีซินแทกติก วิธีที่ใช้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ การวิเคราะห์โครงร่างของต้นไม้ และ การวิเคราะห์ทางฟีเจอร์ (feature) หลังจากที่ข้อมูลภาพถูกทำให้เป็นเวกเตอร์เรียบร้อยแล้ว จะถูกนำไปทำการรู้จำ ขั้นตอนแรกเป็นการจำแนกขั้นต้นประกอบด้วยการแปลงเวกเตอร์ให้เป็นต้นไม้ของหน่วยสร้างพื้นฐาน (primitive) การวัดค่าระยะระหว่างต้นไม้ของตัวอักษรที่ต้องการรู้จำกับตัวอักษรต้นแบบ โดยเลือกเปรียบเทียบเฉพาะตัวอักษรต้นแบบที่มีหัวของตัวอักษรอยู่ในบริเวณเดียวกับหัวของตัวอักษรที่ต้องการรู้จำเท่านั้น ส่วนขั้นตอนหลังเป็นการจำแนกโดยละเอียด โดยนำเอาลักษณะเด่นของตัวอักษรมาวิเคราะห์ เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการรู้จำให้มากขึ้น หากผลการรู้จำไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เวกเตอร์ของตัวอักษรจะถูกนำไปปรับปรุงเพื่อตัดส่วนเกินออก หรือต่อส่วนขาดของตัวอักษรเข้าด้วยกัน จากนั้นจึงถูกนำไปรู้จำ

โดยวิธีเดิมอีกจนกว่าผลการรู้จำจะอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ หรือจนกว่าไม่สามารถปรับปรุงเวกเตอร์ได้อีก จากการทดสอบกับตัวอักษร 966 ตัว ซึ่งมีรูปแบบตัวอักษร 2 แบบ และ 6 ขนาด ผลที่ได้มีความถูกต้อง 97 เปอร์เซนต์

2.7 อภิรักษ์ จิรายุสกุล [4]

เสนอการนำซีพีเอ็น (Counterpropogation Neural Network, CPN) มาประยุกต์ในงานจดจำตัวอักษรภาษาไทย โดยเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลัก 2 ส่วน ส่วนแรกคือ วิธีการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแยกสอนตัวอย่างข้อมูลนำเข้าทีละกลุ่ม ส่วนที่สองคือ โครงสร้างใน "competitive layer" ของซีพีเอ็น สามารถเพิ่มจำนวนโหนดในขั้นตอนการเรียนรู้ ซึ่งช่วยลดเวลาการเรียนรู้และความผิดพลาดในการจดจำตัวอักษร งานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงปัญหา และวิธีแก้ไขโครงสร้างของซีพีเอ็นเพื่อช่วยในการจดจำตัวอักษรภาษาไทย ผลการทดสอบการจดจำตัวอักษรภาษาไทย 75 ตัว ซึ่งใช้ข้อมูลอย่างละ 15,000 ตัวที่พิมพ์จากเครื่องเลเซอร์ และจากกระดาษถ่ายเอกสาร ได้ผลความถูกต้องประมาณ 99 เปอร์เซนต์ โดยข้อมูลตัวอย่างที่นำมาสอนจำนวน 1,500 ตัว

2.8 เดชา รัตนาธาร [2]

เสนอการรู้จำตัวอักษรพิมพ์ภาษาไทยโดยใช้เทคนิคฟัซซีโลจิก และวิธีซินแทกติก ซึ่งเป็นงานวิจัยที่พัฒนาต่อจากงานวิจัยของ สนธยา เมรินทร์ (2537) ขบวนการแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนแรก เป็นการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล โดยการกำจัดสัญญาณรบกวน และการทำตัวอักษรให้บาง โดยใช้เทคนิคเอสพีทีเอ (Save Point Thinning Algorithm, SPTA) ส่วนที่สอง เป็นการแทนค่ารูปแบบ (Pattern Representation) โดยการเข้ารหัสจุดภาพของตัวอักษร แปลงให้เป็นเวกเตอร์แล้วเปลี่ยนเวกเตอร์ให้เป็นต้นไม้ของหน่วยสร้างพื้นฐาน (primitive) ส่วนที่สาม เป็นขั้นตอนการเปรียบเทียบโดยวิธีซินแทกติก ประกอบด้วย การวิเคราะห์ทางโครงสร้าง และทางรูปร่าง ผลที่ได้ คือ ค่าระยะและค่าความต่าง เพื่อใช้ในการเลือกตัวอักษรต้นแบบที่คล้ายตัวอักษรที่ต้องการรู้จำมากที่สุด ถ้าผลไม่ถึงเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จะมีการปรับปรุงเวกเตอร์ และใช้เทคนิคฟัซซีโลจิกเข้ามาช่วยแก้ปัญหา โดยการวัดค่าความเหมือนระหว่างส่วนต่างๆ เพื่อใช้ในการตัดสินผลการรู้จำ จากการทดสอบกับตัวอักษร 2 รูปแบบ ๆ ละ 6 ขนาด รวม 1,106 ตัวอักษร พบว่ามีอัตราการรู้จำ 99.64 เปอร์เซนต์