บทที่ 5

บทสรุป และ ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปแนวทางการวิจัย

การวิจัยในหัวข้อเรื่อง ระบบออฟไลน์สำหรับการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยหลายรูปแบบนี้ ประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงานหลัก 5 ขั้นตอน ได้แก่

- ขั้นตอนของการรับข้อมูลจากเครื่องกวาดตรวจด้วยแสง
- ขั้นตอนของการตัดอักขระโดยอัตโนมัติ
- ขั้นตอนของการหาลักษณะสำคัญของอักขระ
- ขั้นตอนของการสร้างพจนานุกรมของอักขระ
- ขั้นตอนของการรู้จำอักขระ

ในแต่ละขั้นตอนหลักของการวิจัยสามารถสรุปการทำงานออกมาได้ ดังนี้

5.5.1 ขั้นตอนของการรับข้อมูลจากเครื่องกวาดตรวจด้วยแสง

ข้อมูลจะถูกกวาดตรวจโดยเครื่องกวาดตรวจด้วยแสงทีละ 1 หน้ากระดาษ ผลที่ได้จากการกวาดตรวจจะถูกเก็บไว้ในรูปแฟ้มข้อมูลแบบบิตอิมเมจ (รูปแบบการเก็บเป็นแบบทิฟ)

5.1.2 ขั้นตอนของการตัดอักขระโดยอัตโนมัติ

ขั้นตอนนี้จะเริ่มด้วยการอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลแบบบิตอิมเมจที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 เข้ามา แล้วจึงตัดอักขระออกจากประโยคทีละตัว โดยแบ่งเป็นขั้นตอนย่อย ดังนี้

5.1.2.1 ตัดอักขระที่มีอยู่บนหน้ากระดาษบรรทัดแรกออกมา

5.1.2.2 ตัดอักขระตัวแรกที่มีอยู่ภายในบรรทัดที่ตัดได้จากขั้นที่ 2.1 ออกมา

5.1.2.3 เก็บอักขระที่ตัดได้จากขั้นที่ 2.2 ไว้ในเมตริกซ์ของอักขระ

การตัดอักขระจะทำในลักษณะเช่นที่กล่าวข้างต้น ไปทีละบรรทัดจนหมดหน้ากระดาษซึ่งเมื่อจบขั้นตอนนี้แล้วก็จะได้ เมตริกซ์ของอักขระทั้งหมดที่มีอยู่ในหน้ากระดาษเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลอีกแฟ้มหนึ่งสำหรับนำไปใช้เพื่อการรู้จำอักขระต่อไป

5.1.3 ขั้นตอนของการหาลักษณะสำคัญของอักขระ

เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดสำหรับระบบการรู้จำอักขระ เนื่องจากลักษณะสำคัญของอักขระที่ได้จากขั้นตอนนี้จะนำไปใช้สำหรับการสร้างพจนานุกรมของอักขระ และ การรู้จำอักขระซึ่งถ้าลักษณะสำคัญที่ได้จากอักขระตัวเดียวกันและรูปแบบเดียวกันมีความไม่แน่นอนแล้ว ก็จะมีผลทำให้ความถูกต้องในการรู้จำอักขระลดลงได้

เมตริกซ์ของอักขระที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 จะถูกนำมาหาลักษณะสำคัญทีละเมตริกซ์โดยมีการทำงานแบ่งเป็น 8 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

5.1.3.1 การกำจัดสัญญาณรบกวนจากเมตริกซ์ของอักขระ

ถือเป็นขั้นตอนก่อนการประมวลผลเพื่อหาลักษณะสำคัญของอักขระ เนื่องจากสัญญาณรบกวนจะเป็นสาเหตุหนึ่ง ซึ่งทำให้ลักษณะสำคัญที่ได้จากอักขระตัวเดียวกันมีค่าแตกต่างกันซึ่งจะมีผลกระทบทำให้ความถูกต้องในการรู้จำลดลงด้วย

5.1.3.2 การหาจุดเริ่มต้นของเส้นแสดงขอบของอักขระ

สำหรับใช้เป็นจุดเริ่มต้น ในการหาจุดที่ประกอบกันเป็นเส้นแสดงขอบของอักขระจุดต่อๆ ไป

5.1.3.3 การหาเส้นแสดงขอบของอักขระ พร้อมทั้งค่ารหัสทิศทาง

ทำโดยตรวจหาจุดที่มีค่าเป็น 1 จุดแรกในทิศทวนเข็มนาฬิกาโดยเริ่มจากจุดเริ่มต้นที่ได้ในขั้นที่ 3.2 ซึ่งจุดที่มีค่าเป็น 1 จุดแรกที่พบนี้จะถือเป็นจุดที่ประกอบกันเป็น

เส้นแสดงขอบของอักขระ ในขณะที่หาจุดที่ประกอบกันเป็นเส้นแสดงขอบของอักขระไปทีละจุดนั้น ก็จะได้รหัสทิศทางของแต่ละจุดไปพร้อมกันด้วย โดยการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของตำแหน่ง (x,y) ระหว่างจุดที่ได้ใหม่กับจุดเดิม

5.1.3.4 การหาจุดเปลี่ยนทิศทางบนเส้นแสดงขอบของอักขระ

ทำโดยการเปรียบเทียบค่ารหัสทิศทาง ซึ่งกำกับอยู่ที่แต่ละจุดบนเส้นแสดงขอบของอักขระไปทีละจุด ถ้าพบว่าจุดใดมีค่ารหัสทิศทางที่เปลี่ยนไปก็จะกำหนดให้จุดนั้นเป็นจุดเปลี่ยนทิศทาง จากนั้นก็จะกำหนดเครื่องหมาย S_i ให้กับจุดเปลี่ยนทิศทางแต่ละจุดตามลักษณะการเปลี่ยนทิศทางว่าตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกา และจะนำเครื่องหมาย S_i พร้อมด้วยค่ารหัสทิศทาง F_i ซึ่งกำกับอยู่ที่จุดเปลี่ยนทิศทางแต่ละจุด มาใช้ในการกำหนดจุดบ่งความนูนและจุดบ่งความเว้าให้แก่จุดเปลี่ยนทิศทาง

จุดบ่งความนูน และ จุดบ่งความเว้าบนเส้นแสดงขอบของอักขระที่ได้ในขั้นสุดท้ายนี้ จะเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนำไปใช้ในการกำหนดส่วนโค้งบนเส้นแสดงขอบของอักขระในขั้นที่ 3.6 ต่อไป

5.1.3.5 การหาระยะห่างระหว่างจุดบ่งความนูนหรือจุดบ่งความเว้า

ระยะห่าง หรือ ความยาวระหว่างจุดบ่งความนูนหรือจุดบ่งความเว้านี้ จะถูกนำไปใช้เป็นลักษณะสำคัญในขั้นตอนของการเปรียบเทียบแบบไดนามิกโปรแกรมมิงต่อไป

5.1.3.6 การกำหนดส่วนโค้งบนเส้นแสดงขอบของอักขระ

เป็นการทำเพื่อตัดแบ่งเส้นแสดงขอบของอักขระออกเป็นส่วนโค้งเว้าและส่วนโค้งนูนสำหรับใช้เป็นลักษณะสำคัญของอักขระแต่ละตัว และยังทำให้ทราบว่าอักขระนี้ประกอบด้วยส่วนโค้งจำนวนกี่ส่วนโค้ง ซึ่งจำนวนส่วนโค้งนี้ก็ถือได้ว่าเป็นลักษณะสำคัญอีกอันหนึ่ง (นอกจากจำนวนหัวของอักขระแล้ว) ที่สามารถนำไปใช้ในการแยกประเภทของอักขระได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน

5.1.3.7 การหาจำนวนหัวของอักขระ

การหาจำนวนหัวของอักขระจะทำ ในลักษณะเช่นเดียวกันกับการหาเส้นแสดงขอบของอักขระที่อยู่วงนอกสุด เพียงแต่ในการหาจุดเริ่มต้นของเส้นแสดงขอบของอักขระในส่วนที่เป็นหัวของอักขระนี้จะต้องมีการตรวจสอบเสียก่อนว่า จุดๆ นั้นจะต้องไม่เป็นจุดที่อยู่บนเส้นแสดงขอบของอักขระที่อยู่วงนอก จำนวนหัวของอักขระที่หาได้นี้ถือได้ว่าเป็นลักษณะสำคัญอันหนึ่งซึ่งสามารถนำมาใช้ในการแยกประเภทของอักขระได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.3.8 การหาอัตราส่วนความกว้างต่อความสูงของอักขระ

อัตราส่วนความกว้างต่อความสูงของอักขระนี้ จะถูกนำไปใช้เป็นลักษณะสำคัญอีกอันหนึ่ง (นอกจากจำนวนหัวและจำนวนส่วนโค้งของอักขระแล้ว) ในการแยกประเภทของอักขระในขั้นแรก

5.1.4 ขั้นตอนของการสร้างพจนานุกรมของอักขระ

การสร้างพจนานุกรมของอักขระแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนย่อย คือ

5.1.4.1 การเก็บอักขระต้นแบบ

เป็นการเก็บทุกรูปแบบของอักขระที่ใช้ในการรู้จำอักขระ ไว้ในพจนานุกรมของอักขระสำหรับเป็นอักขระต้นแบบ โดยจะเก็บเฉพาะรหัสของอักขระและลักษณะสำคัญของอักขระที่จะนำไปใช้เพื่อการรู้จำอักขระ ลักษณะสำคัญของอักขระที่เก็บไว้มีดังนี้

ก. อัตราส่วนความกว้างต่อความสูงของอักขระ
ข. จำนวนหัวของอักขระ
ค. จำนวนส่วนโค้งของอักขระ

และสำหรับในแต่ละส่วนโค้งย่อยจะเก็บลักษณะสำคัญ ดังนี้
ง. สัญญลักษณ์ของส่วนโค้งเว้า (หรือส่วนโค้งนูน)
จ. จำนวนจุดบ่งความนูน (หรือจุดบ่งความเว้า) ภายในส่วนโค้ง - 1
ฉ. ความยาวระหว่างจุดบ่งความนูนหรือจุดบ่งความเว้า 2 จุด ที่อยู่ติดกันบนส่วนโค้ง

5.1.4.2 การเรียนรู้

ถ้าอักขระที่รับเข้ามา กับอักขระต้นแบบในพจนานุกรมของอักขระมีค่าความแตกต่างของลักษณะมากกว่าค่าคงที่ค่าหนึ่งแล้ว ก็จะให้มีการเก็บรหัสของอักขระพร้อมทั้งลักษณะสำคัญของอักขระที่รับเข้ามานั้นเพิ่มเข้าไว้ในพจนานุกรมของอักขระด้วย

5.1.5 ขั้นตอนของการรู้จำอักขระ

การรู้จำอักขระแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย คือ

5.1.5.1 การรับอักขระเข้าสู่โปรแกรม

อักขระที่รับเข้าสู่โปรแกรมการรู้จำอักขระ จะอยู่ในรูปเมตริกซ์ของอักขระ แล้วจึงนำเมตริกซ์ของอักขระนี้ไปหาลักษณะสำคัญเพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบกับอักขระต้นแบบซึ่งเก็บไว้ในพจนานุกรมของอักขระต่อไป

5.1.5.2 การเปรียบเทียบอักขระโดยวิธีการไดนามิกโปรแกรมมิง

เมื่อหาลักษณะสำคัญของอักขระที่ต้องการรู้จำได้แล้ว ก็จะนำลักษณะที่ได้มานี้ไปเปรียบเทียบกับอักขระต้นแบบทุกตัวที่อยู่ในประเภทเดียวกัน โดยวิธีการไดนามิกโปรแกรมมิง เพื่อหาค่าความแตกต่างที่น้อยที่สุดระหว่างอักขระที่ต้องการรู้จำกับอักขระต้นแบบ ซึ่งอักขระต้นแบบที่ให้ค่าความแตกต่างที่น้อยที่สุดนี้ ก็จะถือเป็นอักขระที่รู้จำได้

5.2 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในหัวข้อเรื่อง ระบบออฟไลน์สำหรับการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยหลายรูปแบบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นระบบซึ่งพัฒนาบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบนี้ได้แก่ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษา C (เทอร์โบ C เวอร์ชั่น 2) และข้อมูลที่รับเข้าสู่ระบบการรู้จำอักขระนี้ได้แก่ ตัวพิมพ์อักขระไทยที่มีลักษณะตัวตรงปกติ ซึ่งพิมพ์จากเครื่องพิมพ์ชนิดเลเซอร์ เนื่องจากจะให้ลักษณะของเส้นที่คมชัดกว่าเครื่องพิมพ์ชนิดอื่นๆ รูปแบบของอักขระที่ใช้ในการวิจัยนี้มี 3 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบมีขนาด 40 x 40 จุด และได้มีการเก็บรวบรวมลักษณะสำคัญต่างๆ ของอักขระทั้งสามรูปแบบนี้ไว้ในแฟ้มข้อมูลแฟ้มหนึ่ง สำหรับใช้เป็นพจนานุกรมของอักขระในการเปรียบเทียบกับอักขระที่รับเข้ามาใหม่ โดยในการวิจัยนี้มี

ข้อจำกัดว่ารูปแบบของอักขระที่จะรับเข้ามาใหม่เพื่อการรู้จำอักขระในระบบนี้จะต้องเป็นรูปแบบที่มีเก็บไว้แล้วในพจนานุกรมของอักขระเท่านั้น ในการรับข้อมูลอักขระเข้าสู่ระบบการรู้จำได้ใช้เครื่องกวาดตรวจด้วยแสงชนิดที่สามารถรับข้อมูลเข้าได้ทีละ 1 หน้ากระดาษเป็นอุปกรณ์ในการรับข้อมูล ข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลแบบทิฟแฟ้มหนึ่ง ซึ่งแฟ้มข้อมูลนี้จะถูกนำไปประมวลผลเพื่อตัดอักขระออกจากประโยคทีละตัวและเก็บไว้ในรูปเมตริกซ์ของอักขระ

เนื่องจากการพัฒนาระบบการรู้จำอักขระในการวิจัยนี้จะเน้น ในช่วงตั้งแต่มีการตัดอักขระออกจากประโยคทีละตัวแล้ว ดังนั้นอักขระที่เข้าสู่ระบบการรู้จำอักขระนี้จึงได้แก่ อักขระที่ได้มาจากโปรแกรมการตัดอักขระโดยอัตโนมัติ และอยู่ในรูปเมตริกซ์ของอักขระแล้วนั่นเอง

ในการวิจัยนี้ได้นำ เทคนิคของการวิเคราะห์เส้นแสดงขอบของอักขระมาใช้ในการดึงลักษณะสำคัญของอักขระออกมา เนื่องจากเป็นเทคนิคที่เหมาะสำหรับนำมาใช้กับอักขระที่มีลักษณะโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีส่วนโค้งส่วนนูนมากอย่างเช่น อักขระไทย เป็นต้น โดยในการดึงลักษณะสำคัญของอักขระออกมานี้ได้นำหลักการของ การกำหนดรหัสแบบลูกโซ่ของฟรีแมนกับความแตกต่างของทิศทางของเส้นแสดงขอบของอักขระ มาใช้ในการตัดแบ่งเส้นแสดงขอบของอักขระออกเป็นส่วนโค้งเว้าและส่วนโค้งนูน ลักษณะสำคัญของอักขระที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้แก่ จำนวนหัวของอักขระ จำนวนส่วนโค้งที่ประกอบกันเป็นเส้นแสดงขอบของอักขระ อัตราส่วนความกว้างต่อความสูงของอักขระ ส่วนลักษณะสำคัญสำหรับแต่ละส่วนโค้ง ได้แก่ ความยาวระหว่างจุดบ่งความนูนหรือจุดบ่งความเว้าแต่ละจุดภายในส่วนโค้งหนึ่งๆ สำหรับในขั้นตอนของการรู้จำอักขระนั้น จะทำโดยการเปรียบเทียบอักขระที่ต้องการรู้จำกับอักขระต้นแบบที่เก็บอยู่ในพจนานุกรมของอักขระ ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้นำเอาวิธีการเปรียบเทียบแบบไดนามิกโปรแกรมมิงมาประยุกต์ใช้กับการรู้จำอักขระในระบบออฟไลน์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ววิธีการของไดนามิกโปรแกรมมิงนั้นมักนิยมใช้กับ การรู้จำอักขระในระบบออนไลน์ หรือ การรู้จำเสียงพูด เนื่องจากมีข้อดี คือ เป็นวิธีการที่สามารถให้การปรับตัวยืดหยุ่นทางแกนเวลาได้ และเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการรู้จำอักขระในระบบออฟไลน์ก็ได้นำข้อดีนี้มาใช้ คือ สามารถทำให้เกิดการปรับตัวยืดหยุ่นในเรื่องขนาดของตัวพิมพ์อักขระซึ่งมีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้ ทำให้สามารถรู้จำอักขระที่มีรูปแบบเดียวกันได้ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ซึ่งนับว่าเป็นการช่วยลดขั้นตอนของการทำอักขระให้มีขนาดตามที่กำหนดลงได้และยังทำให้เวลาที่ใช้ในการรู้จำอักขระลดลงได้อีกด้วย

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยรูปแบบเดียว

	รูปแบบอักขระ	ขนาด(จุด)	ความถูกต้อง	เทคนิคที่ใช้ในการวิจัย
ก	รูปแบบเดียว	50 x 50	99.4 %	เทคนิคการวิเคราะห์เส้นแสดงขอบของอักขระ และการหาค่าความคล้ายระหว่างส่วนโค้ง โดยลักษณะสำคัญที่ใช้ได้แก่ จำนวนหัว จำนวนส่วนโค้ง ลักษณะการแยกกันของอักขระ และความยาวของแต่ละส่วนโค้งย่อย
ข	รูปแบบเดียว	128 x 64	98.0 %	เทคนิคของการกระจายแบบคาร์ฮูเนนโลบ และการสร้างฟังก์ชั่นการตัดสินใจแบบเชิงเส้นบนระนาบของไอเกนเวกเตอร์ โดยลักษณะสำคัญที่ใช้ได้แก่ การกระจายของจุดที่อยู่ภายในเมตริกซ์ของอักขระ

ผู้วิจัย ได้แก่

(ก) พิพัฒน์ หิรัญย์วณิชชากร และคนอื่น ๆ (1984)

(ข) ชม กิ้มปาน และคนอื่น ๆ (1987)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยหลายรูปแบบ

	รูปแบบอักขระ	ขนาด(จุด)	ความถูกต้อง	เทคนิคที่ใช้ในการวิจัย
ก	หลายรูปแบบ	20 x 20	70.0 %	เทคนิคในการเปลี่ยนเส้นแสดงโครงร่างอักขระให้อยู่ในรูปของรหัส และการเปรียบเทียบความเหมือนของรหัสที่ได้กับรหัสต้นแบบ โดยลักษณะสำคัญที่ใช้ได้แก่ การกระจายของจุดตามแนวแถวและแนวสดมภ์
ข	หลายรูปแบบ	40 x 40	94.7 %	เทคนิคการวิเคราะห์เส้นแสดงขอบของอักขระและวิธีการเปรียบเทียบแบบไดนามิกโปรแกรมมิง โดยลักษณะสำคัญที่ใช้ได้แก่ จำนวนหัว จำนวนส่วนโค้ง อัตราส่วนความกว้างต่อความสูง และความยาวระหว่างจุดเปลี่ยนทิศทางแต่ละจุด

ผู้วิจัย ได้แก่

(ก) ชมทิพ พรพนมชัย (1986)

(ข) มนลดา บุญสุวรรณ (1992)

จากผลการวิจัยต่างๆ ดังในตารางที่ 5.1 และ ตารางที่ 5.2 จะเห็นได้ว่า รูปแบบและขนาดของอักขระที่ใช้ในงานวิจัยเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความถูกต้องในการรู้จำที่ได้ (นอกจากวิธีการซึ่งแตกต่างกันแล้ว) คือ ถ้าขนาดของอักขระยิ่งเล็กลงเท่าใดแล้ว ความคมชัดในเรื่องรูปร่างของอักขระก็จะน้อยลงไปด้วย โดยเฉพาะส่วนที่เป็นหัว รอยหยัก หรือ ส่วนของอักขระที่เส้นอยู่ชิดกันเกินไป ซึ่งอาจเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดในการดึงลักษณะสำคัญของอักขระออกมาได้ หรือไม่เช่นนั้นลักษณะสำคัญของอักขระที่ดึงออกมาได้ ก็จะมีความถูกต้องแน่นอนน้อยกว่าอักขระที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้แล้วการรู้จำอักขระหลายรูปแบบจะมีความแม่นยำน้อยกว่าการรู้จำอักขระรูปแบบเดียว เนื่องจากอาจเกิดการคล้ายกันของอักขระที่มาจากรูปแบบที่แตกต่างกันแต่ไม่ใช่อักขระตัวเดียวกันได้ เช่น อักขระ ค ของรูปแบบหนึ่ง อาจไปคล้ายกันมากกับ อักขระ ด ของอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งจะเป็นผลทำให้เกิดความผิดพลาดในการรู้จำขึ้นได้เช่นกัน

งานวิจัยชิ้นที่ ข ในตารางที่ 5.2 แสดงถึงผลของความถูกต้องในการรู้จำที่ได้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 94.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยอักขระ

ไทยประเภทที่รูปแบบอักขระเป็นหลายรูปแบบเหมือนกันแล้ว (คือ งานวิจัยชิ้นที่ ก มีความถูกต้อง 70 เปอร์เซ็นต์) จะพบว่า ความถูกต้องที่ได้ในงานวิจัยชิ้นนี้จะสูงกว่ามาก และถึงแม้ว่าอักขระที่ใช้ในงานวิจัยชิ้นที่ ก จะมีขนาดเล็กกว่าก็ตาม แต่อักขระที่ใช้นั้นเป็นอักขระที่ไม่ได้มาจากการกวาดตรวจด้วยเครื่องกวาดตรวจด้วยแสง คือ เป็นอักขระที่ได้มาจากการจัดเตรียมให้อยู่ในรูปของภาพบิตเมตริกซ์ และเป็นอักขระที่ปราศจากสัญญาณรบกวน ส่วนอักขระที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นอักขระที่ได้มาจากการกวาดตรวจสิ่งตีพิมพ์ด้วยเครื่องกวาดตรวจด้วยแสง ซึ่งอักขระที่ได้จากการกวาดตรวจนี้จะยังคงมีสัญญาณรบกวนอยู่ (สัญญาณรบกวนนี้เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการรู้จำขึ้นได้) ดังนั้นจะเห็นได้ว่า แม้อักขระที่รับเข้าสู่ระบบการรู้จำในงานวิจัยนี้จะยังคงมีสัญญาณรบกวนอยู่ก็ตาม แต่ความถูกต้องที่ได้ในการรู้จำก็ยังคงมีค่าสูงกว่าความถูกต้องที่ได้จากงานวิจัยชิ้นที่ ก อยู่มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเทคนิคและลักษณะสำคัญของอักขระที่ได้นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นวิธีที่นับได้ว่ามีประสิทธิภาพสำหรับการนำไปใช้เพื่อการรู้จำตัวพิมพ์อักขระไทยหลายรูปแบบได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ถ้ามีอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสัญญาณรบกวนออกได้อย่างสมบูรณ์ก็จะทำให้ลักษณะสำคัญของอักขระตัวเดียวกันที่มีรูปแบบเดียวกัน ซึ่งหาได้จากเมตริกซ์ของอักขระมีค่าที่แน่นอนเพียงค่าเดียวสำหรับลักษณะสำคัญแต่ละลักษณะ

5.3.2 ถ้าสามารถหาลักษณะสำคัญของอักขระได้มากขึ้น ก็จะทำให้ช่วยแยกประเภทของอักขระได้หลายกลุ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการเปรียบเทียบในขั้นตอนของไดนามิกโปรแกรมมิงลงได้ เนื่องจากจำนวนของอักขระที่จะต้องถูกนำมาเปรียบเทียบมีจำนวนลดลง

5.3.3 ควรมีอักขระไทยที่เป็นมาตรฐาน สำหรับใช้กับงานที่ต้องการนำมารู้จำอักขระเพื่อช่วยลดจำนวนอักขระต้นแบบในพจนานุกรมของอักขระลง ซึ่งจะมีผลให้สามารถลดเวลาที่ใช้ในการรู้จำอักขระลงได้ด้วย และจะทำให้ผลที่ได้จากการรู้จำอักขระมีความถูกต้องสูงขึ้นมาก โดยอักขระที่เป็นมาตรฐานนี้ควรมีลักษณะของเส้นที่คมชัด ส่วนที่เป็นหัวของอักขระก็ควรจะให้เห็นชัดว่าเป็นหัว สำหรับส่วนที่ไม่ใช่หัวของอักขระก็ไม่ควรให้เส้นแสดงขอบของอักขระแต่ละเส้นเข้ามาอยู่ชิดกันเกินไป เพราะถ้าเส้นอยู่ชิดกันเกินไปแล้วเมื่อนำมากวาดตรวจด้วยแสงก็จะทำให้เห็นเป็นว่าเส้นนั้นมาอยู่ติดกัน และก็จะทำให้ดูเหมือนกับเป็นส่วนหัวของอักขระไปได้ ซึ่งการที่เมื่อนำมากวาดตรวจด้วยแสงแล้วทำให้เห็นเป็นว่าเส้นนั้นมาอยู่ติดกัน ก็เนื่องมาจากข้อจำกัดในเรื่องความละเอียดของข้อมูล (จำนวนจุดต่อนิ้ว) ของเครื่องกวาดตรวจด้วยแสง (ในการวิจัยนี้ใช้ความละเอียดเป็น 300 จุดต่อนิ้ว) คือในการกวาดตรวจนั้นถ้ายิ่งใช้จำนวนจุดต่อนิ้วมากเท่าใด

ก็ยิ่งจะทำให้ข้อมูลอักขระที่ได้มีความละเอียดมากขึ้นตามไปด้วย และถ้าข้อมูลที่ได้ยิ่งมีความละเอียดมากแล้ว แม้ว่าเส้นจะอยู่ชิดกันมาก ก็จะไม่ทำให้เห็นเป็นว่าเส้นนั้นมาอยู่ติดกันไปได้

5.3.4 ความละเอียดของข้อมูล (จำนวนจุดต่อนิ้ว) ที่ได้จากการกวาดตรวจ โดยเครื่องกวาดตรวจด้วยแสงขณะรับข้อมูลเข้า เป็นอีกสิ่งหนึ่งซึ่งจะช่วยเพิ่มความถูกต้องในการรู้จำให้มากขึ้นได้ คือ ถ้าข้อมูลที่ได้รับเข้ามายิ่งมีความละเอียดมาก ก็ยิ่งจะทำให้ได้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของอักขระครบถ้วนมากยิ่งขึ้น และสำหรับในการวิจัยนี้แล้วก็จะทำให้ได้เส้นแสดงขอบของอักขระที่มีความคมชัดของเส้นมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นรอยหยักและส่วนของเส้นที่แสดงความโค้งเว้าของอักขระ

5.3.5 อุปกรณ์รับข้อมูล ได้แก่ เครื่องกวาดตรวจด้วยแสง ควรมีความเที่ยงตรงในเรื่องของข้อมูลที่ได้จากการกวาดตรวจ คือ ในการกวาดตรวจอักขระตัวเดิมหลายๆ ครั้ง ควรได้ข้อมูลของอักขระที่เหมือนเดิมทุกครั้ง มิฉะนั้นจะทำให้ลักษณะสำคัญของอักขระตัวเดิมที่ได้จากการกวาดตรวจในแต่ละครั้งแตกต่างกันไป ซึ่งจะมีผลทำให้ความถูกต้องในการรู้จำลดลงได้

5.3.6 เนื่องจากรูปแบบของอักขระไทยที่นำมาใช้ในงานพิมพ์ต่างๆ ในปัจจุบันนี้ มีมากมายหลายรูปแบบ ดังนั้นถ้ามีอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพในการหาลักษณะสำคัญ ซึ่งเป็นจุดเด่นของอักขระแต่ละตัวโดยไม่คำนึงว่าอักขระนั้นจะมีขนาดใหญ่หรือเล็ก หรือมาจากรูปแบบของอักขระที่แตกต่างกันก็ตามได้แล้ว ก็จะเป็นการช่วยลดจำนวนอักขระในพจนานุกรมของอักขระลงได้ และยังจะช่วยทำให้ไม่ต้องมีการเรียนรู้รูปแบบของอักขระใหม่ๆ ซึ่งจะมีผลทำให้เวลาที่ใช้ในการรู้จำอักขระลดลงได้อีกด้วย

5.4 แนวทางการวิจัยต่อ

5.4.1 ปรับปรุงประสิทธิภาพของไดนามิกโปรแกรมมิง เพื่อเพิ่มความเร็วในการรู้จำอักขระ

5.4.2 พัฒนาให้เป็นระบบการรู้จำลายมือเขียนอักขระไทย โดยนำเทคนิคของการวิเคราะห์เส้นแสดงขอบของอักขระ และ วิธีการของไดนามิกโปรแกรมมิง มาประยุกต์ใช้