บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและ ข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการวิจัย

5.1.1 ผลการตรวจรู้อักขระต้นแบบภาษาไทยจำนวน 5 แบบพิมพ์ (รูปที่ 1.3-1.7) พบว่าแบบการคำนวณที่คิดค้นขึ้นสามารถตรวจรู้อักขระต้นแบบภาษาไทยได้ทุกรูปด้วยอัตราความเร็วเฉลี่ย 72 ตัวอักษรต่อนาที

5.1.2 เพื่อทดสอบแบบการคำนวณที่ใช้ตรวจรู้อักขระภาษาไทยที่คิดค้นขึ้น จึงได้สร้างอักขระทดสอบภาษาไทยที่มีลักษณะเป็นตัวพิมพ์เพิ่มขึ้นจำนวน 2 ชุด (ภาคผนวก ค.) ซึ่งผลการทดสอบได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.1 ดังนี้

แบบทดสอบที่	จำนวนอักขระทดสอบ				อักขระที่ไม่สามารถตรวจรู้	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ต่ออักขระ 1 รูป
	ที่ใช้	ตรวจรู้ได้	ตรวจรู้ไม่ได้	ร้อยละ		
1	70	53	17	75.71	ม ช ฌ ต ธ ม ย ล ษ ส ฟ ฮ ฯ ๅ ๔ ๗	0.847 วินาที
2	70	46	24	65.71	ก ข ฃ จ ฉ ช ซ ฌ ฐ ฒ ณ ต ถ ป พ ฟ ย ฟ ฮ ๅ ๆ ไ ๔	0.861 วินาที

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงผลของการตรวจรู้อักขระทดสอบภาษาไทย

5.1.3 ในการวิจัยครั้งนี้ได้มีเพิ่มค่า '1' เข้าไปในภาพบิทแมทริกซ์ตัวอักษรเพื่อสมมุติให้เป็นสัญญาณรบกวน (Noise) ขณะแปลงสัญญาณภาพให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ผลปรากฏว่าระบบการตรวจรู้อักขระไม่สามารถตรวจรู้อักขระที่มีสัญญาณรบกวนได้

5.1.4 สำหรับอักขระต้นแบบภาษาอังกฤษที่ใช้ทดสอบระบบการตรวจรู้เพื่อดูผลกระทบที่เกิดขึ้นพบว่าอักขระภาษาอังกฤษบางรูปเช่น อักษร "O" กับหมายเลข "0" หรือจะเป็นอักษร "I" (ตัวพิมพ์ใหญ่) อักษร "l"(ตัวพิมพ์เล็ก) กับหมายเลข "1" ฯลฯ ระบบการตรวจรู้อักขระนี้ไม่สามารถตรวจรู้ได้ เนื่องจากโครงร่างของอักขระเหล่านี้มีลักษณะที่คล้ายกันมาก

5.1.5 ในการสร้างรหัสต้นแบบจากโครงร่างของอักขระที่ได้ (ในขบวนการที่ 2) พบว่าการสร้างรหัสต้นแบบของพยัญชนะจะสร้างได้ง่ายกว่า สระและวรรณยุกต์ ทั้งนี้เนื่องจากโครงร่างของทั้งสระและวรรณยุกต์มีลักษณะที่คล้ายกันมาก เช่น สระ "ิ" "ี" "ึ" กับ "ื" และ วรรณยุกต์ "้" กับสระ "ั" เป็นต้น

5.1.6 ผลการตรวจรู้อักขระทั้งหมดพบว่ารหัสรวมของอักษร "พ" และวรรณยุกต์ "ี" เป็นรหัสมีค่าที่เหมือนกัน แต่เนื่องจากอักขระทั้งสองนี้จัดอยู่ในระดับที่ต่างกันในแต่ละคำ คือ อักษร "พ" จะอยู่ในระดับที่ 3 ส่วนวรรณยุกต์ "ี" จะอยู่ในระดับที่ 1 หรือ 2 เท่านั้น ฉะนั้นจึงสามารถใช้ระดับที่ของอักขระในคำภาษาไทยเป็นสิ่งช่วยเสริมการตรวจรู้อักขระให้ถูกต้องยิ่งขึ้น

5.2 สรุปผลการวิจัย

5.2.1 แบบการคำนวณที่ใช้ในการตรวจรู้อักขระภาษาไทยที่คิดค้นขึ้นสามารถตรวจรู้อักขระต้นแบบภาษาไทยได้ร้อยละ 100 ของอักขระต้นแบบที่ใช้ตรวจรู้ ส่วนอักขระทดสอบภาษาไทยที่ใช้ทดสอบการตรวจรู้สามารถตรวจรู้ได้ประมาณร้อยละ 70 ของอักขระที่ใช้ทดสอบ สาเหตุที่ไม่สามารถตรวจรู้อักขระทดสอบได้ทุกรูป เนื่องมาจากแบบการคำนวณที่ใช้ค้นหารหัสรวมของอักขระทดสอบจากรหัสต้นแบบยังไม่สามารถค้นหารหัสรวมที่มีค่าต่างจากรหัสต้นแบบเพียงเล็กน้อยได้

5.2.2 สาเหตุที่ระบบการตรวจรู้อักขระที่คิดค้นขึ้นไม่สามารถตรวจรู้อักขระที่มีสัญญาณรบกวนได้ เนื่องจากแบบการคำนวณที่ใช้ในการแปลงภาพบิทเมทริกซ์ตัวอักษรให้เหลือเพียงโครงร่างไม่สามารถตัดทอนจุดที่เป็นสัญญาณรบกวนออกได้

5.2.3 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการค้นหารหัสรวมที่มีค่าต่างจากรหัสต้นแบบเพียงเล็กน้อยได้อาศัยหลักวิชาสถิติเรื่องความน่าจะเป็นเข้าช่วยค้นหารหัสรวม พบว่าการค้นหารหัสรวมเพื่อการตรวจรู้อักขระได้ผลมากขึ้นแต่ผลการตรวจรู้อักขระบางรูปเช่น "ค" และ "ด" ฯลฯ อาจผิดพลาดได้ทั้งนี้เนื่องจากรหัสรวมของอักขระทั้งสองมีค่าที่คล้ายกันมาก

5.2.4 นอกจากจะใช้แบบการคำนวณที่คิดค้นขึ้นในการตรวจรู้อักขระแล้วยังสามารถใช้ระดับที่ของอักขระในคำภาษาไทยมาช่วยเสริมระบบการตรวจรู้อักขระให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5.2.5 ระบบการตรวจรู้อักขระที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจรู้อักขระภาษาอังกฤษได้ไม่ครบทุกรูป เนื่องจากโครงร่างของอักขระภาษาอังกฤษบางรูปมีลักษณะที่คล้ายกันมาก

5.2.6 นอกจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจำนวนอักขระในแต่ละแบบพิมพ์ขนาดของตัวอักขระและลักษณะของตัวอักขระที่ใช้ในการตรวจรู้ก็มีผลต่อระบบการตรวจรู้เช่นกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการริเริ่มพัฒนาระบบการตรวจรู้อักขระภาษาไทยซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่สำหรับประเทศไทย ตลอดจนขอบเขตของการตรวจรู้อักขระยังจำกัดอยู่เฉพาะอักขระที่มีลักษณะเป็นตัวพิมพ์ ตัวตั้งตรง ที่มีขนาด 20 X 20 หน่วย (ขนาดของตัวอักขระขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อหรือขยายของ A/D Converter ซึ่งมีผลต่อค่า t_1 และ t_2 ในขั้นตอนการหาค่ารหัสรวม ซึ่งในที่นี้จะกำหนดให้อักขระแต่ละรูปมีขนาด 20 X 20 หน่วย) ดังนั้นเพื่อให้มีการพัฒนาระบบการตรวจรู้อักขระภาษาไทยที่สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้นจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.3.1 การสร้างกฎเกณฑ์หรือหลักไวยากรณ์ของรหัสรวมที่ใช้ในการตรวจรู้อักขระ (Pattern Grammar & Grammatical Inference)

การสร้างกฎเกณฑ์หรือหลักไวยากรณ์ของรหัสรวมเพื่อใช้ในการตรวจรู้อักขระเป็นการพัฒนาระบบการค้นหารหัสรวมของอักขระแต่ละรูปให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพราะรหัสรวมของอักขระรูปเดียวกันแต่ต่างแบบพิมพ์กันย่อมจะมีรหัสรวมที่คล้ายคลึงกันจนสามารถสร้างกฎเกณฑ์หรือหลักไวยากรณ์ของรหัสรวมเพื่อใช้ในการอ้างอิงถึงรหัสรวมของอักขระรูปนั้นได้

5.3.2 การเรียนรู้รูปแบบของอักขระก่อนการตรวจรู้ (Learning Approach)

เนื่องจากแบบการคำนวณที่คิดค้นขึ้นสามารถตรวจรู้อักขระต้นแบบได้ทุกรูป ฉะนั้นหากสามารถนำอักขระที่ต้องการตรวจรู้มาให้ระบบการตรวจรู้อักขระเรียนรู้รูปแบบและสร้างรหัสต้นแบบของอักขระก่อนการตรวจรู้ จะทำให้ระบบการตรวจรู้อักขระนี้สามารถตรวจรู้อักขระได้ทุกรูปโดยไม่มีข้อผิดพลาด

5.3.3 การกรองสัญญาณรบกวนก่อนการตรวจรู้อักขระ (Noise Filter)

เนื่องจากแบบการคำนวณที่ใช้ในการแปลงภาพบิทเมทริกซ์ตัวอักษรให้เหลือเพียงโครงร่างไม่สามารถตัดทอนจุดที่เป็นสัญญาณรบกวนในภาพบิทเมทริกซ์ตัวอักษรได้ ฉะนั้นหากมีการเพิ่มส่วนที่ใช้กรองสัญญาณรบกวนก่อนการ

แปลงภาพบิทเมพริกซ์ตัวอักษรให้เหลือเพียงโครงร่างจะทำให้ระบบการตรวจรู้อักขระที่คิดค้นขึ้นสามารถตรวจรู้อักขระที่มีสัญญาณรบกวนขณะแปลงสัญญาณภาพให้เป็นสัญญาณดิจิตอลได้

5.3.3 การตรวจรู้อักขระที่เป็นลายมือเขียน

(The Recognition of Handwritten Characters)

การจะพัฒนาระบบการตรวจรู้อักขระที่สามารถตรวจรู้อักขระที่เป็นลายมือเขียนได้จะต้องมีการนำกฎเกณฑ์หรือหลักไวยากรณ์ของรหัสรวมที่สร้างขึ้น(ในข้อ 5.3.1) มาช่วยในการตรวจรู้อักขระที่เป็นลายมือเขียน เพราะกฎเกณฑ์หรือหลักไวยากรณ์ของรหัสรวมดังกล่าวสามารถใช้อ้างอิงครอบคลุมถึงอักขระในรูปแบบต่างๆ ได้

5.3.4 การสร้างระบบตรวจรู้อักขระภาษาไทยที่สมบูรณ์แบบ

(The Real Application System)

หากสามารถรวมผู้เชี่ยวชาญทั้งทางด้านแสง อิเลคโทรนิค เครื่องกลและ คอมพิวเตอร์มาช่วยกันพัฒนาระบบการตรวจรู้อักขระนี้จะทำให้โอกาสที่จะพัฒนาระบบการตรวจรู้อักขระที่สมบูรณ์แบบเป็นไปได้มาก

5.3.5 การเพิ่มความเร็วของการตรวจรู้อักขระ

(Speed Improvement of Character Recognition)

เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์หมายเลข 8087 และ 8088 เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) และหากในอนาคตมีการใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ที่มีความเร็วในการประมวลผลมากกว่าที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเช่น ไมโครโพรเซสเซอร์หมายเลข 80386 ฯลฯ จะช่วยให้ความเร็วของการตรวจรู้อักขระเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การนำชุดคำสั่งที่มีความสามารถในการตรวจรู้อักขระในขั้นสมบูรณ์แบบมาบรรจุลงใน EPROM ก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มความเร็วของการตรวจรู้อักขระให้สูงขึ้น