

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในหัวข้อเรื่องระบบการรู้จำเครื่องหมายคำตอบแบบปรนัยด้วยข้อมูลจากเครื่องสแกนเนอร์เป็นระบบซึ่งพัฒนาบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนานี้ได้แก่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษา TurboC++ for Windows version 3.1 ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานการจัดการด้านการแสดงผลภาพและการจัดการหน่วยความจำ ทั้งนี้เพราะในส่วนโปรแกรมภาษานี้ได้มีส่วนช่วยเหลือเพื่อให้ผู้ที่ทำการพัฒนาระบบสามารถเรียกใช้งานได้โดยไม่ต้องเขียนโปรแกรมในส่วนรายละเอียดในส่วนของข้อมูลภาพ เนื่องจากการส่งผ่านข้อมูลจากเครื่องสแกนเนอร์ไม่ได้เป็นรูปแบบโดยตรง คือเรียงกันในแต่ละจุดภาพ จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้มีการแปลงข้อมูลทำให้การทำงานของระบบล่าช้าไปส่วนหนึ่ง ทางด้านเทคนิคในการรู้จำซึ่งการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดว่าในกรณีที่มีความใกล้เคียงของภาพเครื่องหมายส่วนเกินมาก เพราะเป็นการสร้างจากลายมือและมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงจึงทำให้ผลการรู้จำผิดพลาด ความเร็วของการรู้จำก็เป็นข้อจำกัดส่วนหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันได้มีการสร้างโปรแกรมระบบปฏิบัติการใหม่ ซึ่งจะทำให้การทำงานพื้นฐานของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำงานได้เร็วยิ่งขึ้น ส่งผลให้สามารถลดข้อจำกัดด้านความเร็วลงไปได้

ความสามารถของระบบนี้ทำการรู้จำกับข้อมูลภาพกระดาษคำตอบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดมีผลลัพธ์โดยรวมของระบบเป็นร้อยละ 95.33 จากข้อมูลที่น่ามาทดสอบ 2142 ตัวอย่าง ซึ่งแบ่งเป็นแต่ละภาพเครื่องหมายคือ เครื่องหมายกากบาทที่มีความถูกต้องร้อยละ 97.44 จากข้อมูลที่น่ามาทดสอบ 900 ตัวอย่าง เครื่องหมายถูกมีความถูกต้องร้อยละ 89.22 จากข้อมูลที่น่ามาทดสอบ 167 ตัวอย่าง เครื่องหมายวงกลมมีความถูกต้องร้อยละ 93.29 จากข้อมูลที่น่ามาทดสอบ 850 ตัวอย่าง และเครื่องหมายวงกลมทึบมีความถูกต้องร้อยละ 91.11 จากข้อมูลที่น่ามาทดสอบ 225 ตัวอย่าง ซึ่งเครื่องหมายที่ระบบทำการรู้จำได้แม่นยำที่สุดคือ เครื่องหมายคำตอบแบบวงกลมทึบ ทั้งนี้เนื่องจากค่าลักษณะสำคัญที่นำมาใช้มีความเหมาะสม เครื่องหมายที่ระบบทำการรู้จำแต่มีความผิดพลาดสูงคือ เครื่องหมายถูก ซึ่งเกิดมาจากวิธีการเขียนลายเส้น

ภาพเครื่องหมายถูกที่นำมาทดสอบนั้นมีลักษณะการเขียนแบบหวัด โดยมีลักษณะเป็นลายเส้นปลายแหลมค่อนข้างโค้งงอ แต่การรู้จำของระบบที่ได้ทำการพัฒนานี้ใช้การวัดแนวทิศทางแบบตรง และความเอียงเป็นหลักจึงทำให้ผลการรู้จำผิดพลาด

ในกรณีที่ข้อมูลมีความแปรปรวนสูงโดยใช้คนหลายคนทำเครื่องหมายในกระดาษคำตอบเดียวกัน ระบบที่ได้พัฒนานี้สามารถที่จะแก้ปัญหานี้ได้ แต่กรณีที่มีการยกเลิกเครื่องหมายคำตอบด้วยการขีดฆ่านั้น ระบบทำการรู้จำผิดพลาดค่อนข้างสูงซึ่งเนื่องมาจาก ค่าลักษณะสำคัญที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงมาก

ในกรณีที่มีการนำข้อมูลเข้าเครื่องสแกนเนอร์แบบเอียงในการวิจัยพบว่า ถ้ามีการเอียงและทำให้ข้อมูลส่วนที่เป็นเครื่องหมายครอบคลุมขาดหายไปสมบูรณ์ทำให้ระบบไม่สามารถทำการรู้จำได้ทั้งนี้ เนื่องจากไม่มีจุดอ้างอิงในการปรับหมุนภาพในกรณีภาพเครื่องหมายคำตอบเอียง และกรณีที่ต้องการลบข้อมูลภาพระหว่างภาพกระดาษคำตอบที่ยังไม่มีการทำเครื่องหมายกับข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่กำลังทำการวิเคราะห์ซึ่งถ้าไม่มีจุดอ้างอิงทำให้ไม่สามารถปรับภาพให้ตรงกันได้

5.2 สรุปแนวทางการวิจัย

ระบบการรู้จำเครื่องหมายคำตอบแบบปรนัยด้วยข้อมูลจากเครื่องสแกนเนอร์ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงานหลักอยู่ 4 ขั้นตอนได้แก่

1. ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลภาพจากเครื่องสแกนเนอร์
2. ขั้นตอนการหาลักษณะสำคัญของภาพเครื่องหมายคำตอบ
3. ขั้นตอนการกำหนดค่าช่วงการยอมรับได้ในส่วนพจนานุกรม
4. ขั้นตอนการรู้จำภาพเครื่องหมายคำตอบ

1. ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลภาพจากเครื่องสแกนเนอร์

ข้อมูลภาพเครื่องหมายคำตอบบนกระดาษคำตอบถูกอ่านเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์โดยเก็บไว้เป็นแฟ้มข้อมูลแบบพีซีเอ็กซ์ ซึ่งข้อมูลจะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูลภาพที่เป็นภาพกระดาษคำตอบที่ยังไม่มีการทำเครื่องหมายใด ๆ ทั้งนี้ใช้ในการเป็นพจนานุกรมอ้างอิงเพื่อการรู้จำ ส่วนข้อมูลภาพกระดาษคำตอบอีกประเภทหนึ่งเป็นข้อมูลภาพเครื่องหมายคำตอบที่ต้องการให้ระบบทำการตรวจภาพเครื่องหมายโดยการรู้จำ จากนั้นนำข้อมูลภาพไปปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมต่อการวิเคราะห์ในขั้นตอน ต่าง ๆ โดยการ

ปรับปรุงประกอบไปด้วยการหมุนภาพ การแยกกลุ่มข้อมูลภาพให้เป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มข้อมูลภาพที่เป็น ส่วนของภาพเครื่องหมายที่สนใจ และกลุ่มข้อมูลภาพที่เป็นภาพพื้นของกระดาษคำตอบ เป็นต้น

2. ขั้นตอนการหาลักษณะสำคัญของภาพเครื่องหมายคำตอบ

ขั้นตอนนี้เริ่มจากการนำข้อมูลภาพที่ผ่านการปรับปรุงภาพให้เหมาะสมต่อการวิเคราะห์มาทำการ แยกค้นหาข้อมูลค่าลักษณะสำคัญของภาพเครื่องหมายในแต่ละแบบ กล่าวคือ ภาพเครื่องหมาย กากบาทจะทำการค้นหาเพื่อเปรียบเทียบจุดภาพที่เป็นส่วนประกอบของเส้นตรงแนวเฉียงว่ามีตำแหน่งจุดภาพ ข้อมูลตรงกับตำแหน่งจุดภาพที่ได้จากการคำนวณเพียงใด จากนั้นทำการวัดค่าส่วนประกอบอื่นๆเช่นค่า ความเอียงของเส้นของเครื่องหมายกากบาท เป็นต้น ภาพเครื่องหมายถูกใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับการ วิเคราะห์ภาพเครื่องหมายกากบาทแต่จะทำการวิเคราะห์ภาพเส้นตรงด้านแนวเอียงขวาและให้ค่าน้ำหนักที่ มากในการวิเคราะห์ เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นที่ประกอบเป็นส่วนหัวของเครื่องหมาย ทั้งนี้เนื่องจากภาพ เครื่องหมายถูกมีแนวเส้นตรงที่เอียงด้านขวานี้เป็นส่วนประกอบหลัก ภาพเครื่องหมายวงกลมรอบอักษร ตัวเลือกคำตอบใช้การเปรียบเทียบตำแหน่งจุดภาพของเครื่องหมายกับค่าที่ได้จากการคำนวณหาตำแหน่ง ของจุดภาพที่ประกอบเป็นรูปวงกลมในระนาบ X, Y ที่มีขนาดรัศมีเท่ากับวงกลมที่ต้องการวิเคราะห์ จากนั้นทำการวัดค่าความผิดพลาด นอกจากนี้ในส่วนของภาพเครื่องหมายวงกลมยังมีการวิเคราะห์ในด้าน อัตราส่วนระหว่างเส้นรอบวงเทียบกับพื้นที่ว่า มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และเก็บค่าที่ได้นำไป วิเคราะห์ในขั้นตอนการตัดสินใจของกรู้อำ ภาพเครื่องหมายวงกลมทึบ ใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับการ วิเคราะห์ภาพเครื่องหมายวงกลมล้อมรอบตัวเลือกคำตอบ แต่จะแตกต่างกันที่ไม่มีการลบภาพในส่วน ของอักษรตัวเลือกคำตอบที่เป็นภาพพื้น ทั้งนี้เนื่องจากการทำเครื่องหมายได้มีการขีดระบายทับจุดภาพของ อักษรตัวเลือกคำตอบนั้นไปแล้ว

หลังจากการวิเคราะห์หาลักษณะสำคัญที่กล่าวมาเป็นการวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบในส่วนที่ เท่ากันของภาพเครื่องหมาย ยังมีการวิเคราะห์อีกส่วนหนึ่งเพื่อให้เกิดความถูกต้องยิ่งขึ้นในการรู้จำภาพ เครื่องหมายซึ่งมีวิธีการคือ การวิเคราะห์ในส่วนที่นอกเหนือจากภาพเครื่องหมายโดยอาศัยการลบข้อมูล ภาพที่เป็นส่วนประกอบของเครื่องหมายออกไปเพื่อวิเคราะห์ในส่วนจุดภาพที่เหลือ

3. ขั้นตอนการกำหนดค่าช่วงการยอมรับได้ในส่วนพจนานุกรม

การวัดค่าลักษณะสำคัญและค่าช่วงการผิดพลาดที่ยอมรับได้เพื่อสร้างเป็นค่าในพจนานุกรมอ้างอิง โดยเป็นการเก็บค่าจากภาพเครื่องหมายตัวอย่างต้นแบบ ซึ่งค่าต่าง ๆ นี้ จะประกอบไปด้วย

- ค่าส่วนจำนวนจุดภาพที่ไม่ตรงกับตำแหน่งจุดที่ได้จากการคำนวณ
- ค่าความเอียงของเส้นภาพเครื่องหมาย
- ค่าจุดภาพที่เป็นส่วนเกิน
- ค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงของภาพวงกลมเทียบกับพื้นที่

ค่าที่ได้ทั้งหมดจะนำมาทำเป็นค่าเฉลี่ยและนำไป ใช้ขั้นตอนการตัดสินใจของการรู้จำ เพื่อให้ผลลัพธ์ของการตรวจภาพเครื่องหมายคำตอบที่ต้องการ

4. ขั้นตอนการรู้จำภาพเครื่องหมายคำตอบ

การรู้จำภาพเครื่องหมายในขั้นตอนนี้ เป็นการทำงานเพื่อตรวจภาพเครื่องหมายคำตอบโดยเริ่มทำจากขั้นตอนการรับข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การวัดค่าลักษณะสำคัญ และการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับพจนานุกรมอ้างอิง และได้ผลการรู้จำภาพเครื่องหมายออกมา โดยค่าลักษณะสำคัญต่าง ๆ ที่วัดได้เป็นไปตามค่าในพจนานุกรมอ้างอิง ถือว่าเป็นภาพเครื่องหมายคำตอบที่สามารถทำการรู้จำได้

5.3 ปัญหาของการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้าวิจัยเรื่อง ระบบการรู้จำเครื่องหมายคำตอบแบบปรนัยด้วยข้อมูลจากเครื่องสแกนเนอร์ ผู้วิจัยประสบปัญหาต่างๆหลายด้าน แต่งานวิจัยนี้ก็สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ซึ่งพอจะสรุปได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. ปัญหาในด้านแหล่งข้อมูลเอกสารอ้างอิงเกี่ยวกับวิชาการในด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล ซึ่งหาได้ยากและมีราคาค่อนข้างแพง ซึ่งในเวลาช่วงท้ายในการทำวิจัยนี้ได้มีระบบคอมพิวเตอร์อินเทอร์เน็ตที่เป็นแหล่งข้อมูลหนึ่งซึ่งสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ และผู้ทำวิจัยได้ให้ข้อมูลวิธีการใช้ในภาคผนวก ซึ่งคาดว่าจะมีประโยชน์พอสมควรแก่ผู้ที่จะทำการวิจัยทางด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล
2. ปัญหาในด้านระบบโปรแกรมภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบการรู้จำเครื่องหมายคำตอบแบบปรนัยด้วยข้อมูลจากเครื่องสแกนเนอร์ ซึ่งแต่เดิมจะยุ่งยากในการจัดการเกี่ยวกับหน่วยความจำขนาดใหญ่ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ ภาษา TurboC++ for Windows version 3.1 ซึ่งก็สามารถแก้ปัญหาในด้านจัดการหน่วยความจำได้ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยเหลือในด้านการแสดงภาพบนจอภาพและการ

ทำระบบโปรแกรมที่ใช้ได้ตอบกับผู้ใช้งาน ให้สามารถสร้างได้ง่าย แต่ก็ยังมีข้อยุ่งยากในวิธีการเขียน ซึ่งต้องอ้างอิงรูปแบบกับระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ทำให้ต้องใช้เวลาในการศึกษารูปแบบการเขียนโปรแกรม

3. ปัญหาในด้านการแบ่งความถูกต้องและผิดของภาพเครื่องหมาย ซึ่งเกิดในกรณีมีการทำเครื่องหมายแล้วแต่ต้องการยกเลิก โดยวิธีการขีดฆ่าทิ้ง แต่การทำเครื่องหมายขีดฆ่าเพิ่มเข้าไปนั้นใกล้เคียงหรือมีความแตกต่างจากภาพเครื่องหมายปกติ น้อยมาก เป็นผลให้การรู้จำอาจผิดพลาดได้ ทั้งนี้ เนื่องจากค่าผิดพลาดที่วัดได้มีค่าที่เท่ากับค่าที่มีการกำหนดให้ เป็นช่วงค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ ซึ่งเกิดจากการวิเคราะห์จุดภาพที่ในระนาบ X Y ซึ่งมีค่าพิกัดที่ไม่ราบเรียบ และค่าผิดพลาดปกติของผลการคำนวณจากสมการต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการหาข้อมูลเปรียบเทียบ

5.4 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พบว่ามีข้อเสนอแนะบางอย่างที่น่าจะนำมาปรับปรุงระบบซอฟต์แวร์ที่ได้จัดสร้างขึ้นนี้ เพื่อให้ได้ระบบการรู้จำเครื่องหมายคำตอบแบบปรนัยด้วยข้อมูลจากเครื่องสแกนเนอร์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ดังต่อไปนี้

1. การปรับปรุงในด้านความเร็วของเครื่องคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการที่นำมาใช้ในการทำงาน เนื่องจากปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่สามารถช่วยทำให้การทำงานเร็วขึ้น เช่น ระบบซอฟต์แวร์วินโดวส์ 95 และคอมพิวเตอร์ที่ใช้ซีพียู 586 เป็นต้น จากผลที่ได้ด้านความเร็วทำให้สามารถเพิ่มขึ้นตอนในการวิเคราะห์ให้ละเอียดมากขึ้น ซึ่งส่วนที่ควรปรับปรุงได้แก่ การเพิ่มการวิเคราะห์ลักษณะสำคัญให้ละเอียดและมากลักษณะยิ่งขึ้น เช่น ค่าความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพ ค่าน้ำหนักในการวิเคราะห์แต่ละจุดภาพ ซึ่งการวิเคราะห์เหล่านี้ทำให้خابนระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพขนาดปานกลาง

2. การอ่านข้อมูลภาพโดยตรงเป็นข้อหนึ่งที่ใช้เวลาในการแตกข้อมูลออกจากการเก็บแบบ พิกเซลในส่วนของนี้ถ้าสามารถส่งผ่านข้อมูลโดยตรงจากเครื่องสแกนเนอร์ จะสามารถลดขั้นตอนนี้ได้ ซึ่งทำให้ใช้เวลาในการทำงานโดยรวมลดลง

3. การออกแบบรูปแบบของกระดาษคำตอบเป็นอีกส่วนหนึ่งซึ่งจะสามารถช่วยให้ระบบสามารถทำงานให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น ทั้งนี้ เพราะระบบที่ได้ทำการวิจัยสามารถระบุขอบเขต เพื่อให้ทำการรู้จำในส่วนที่กำหนดเท่านั้น ทำให้ลดเวลาในการวิเคราะห์ในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปได้

4. ในด้านการปรับปรุงภาพเกี่ยวกับการปรับความเอียงของภาพกระดาษคำตอบในการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้วิธีคำนวณจากค่าของทางพีชคณิต ซึ่งพบว่าวิธีการคำนวณในการปิดเศษส่งผลให้ตำแหน่งภาพใหม่ที่ได้ ไม่สมบรูณ์เต็มที่ คือ บางส่วนของภาพขาดหายไป ซึ่งถ้ามีวิธีการอื่น ๆ ในการปรับหมุนภาพที่สามารถให้ผลลัพธ์ได้ดีกว่า จะทำให้ขั้นตอนการรู้จำทำได้แม่นยำยิ่งขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย