บทที่ 5
สรุปผลการทำวิจัย

การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของระบบอินเทอวัลไทป์ทู เป็นเรื่องที่สำคัญต่อการนำไปใช้งานในระบบอินเทอวัลไทป์ทูฟัซซีลอจิก และสามารถนำระบบอินเทอวัลไทป์ทูฟัซซีลอจิกไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับความฉลาดทางการคำนวณ เช่น การรู้จำรูปแบบ การประมวลผลภาพหรือการจำแนกข้อมูล เป็นต้น

5.1 สรุปผลการทดลอง

การตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการนำเอาระบบอินเทอวัลไทป์ทูฟัซซีลอจิกที่มีการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูแบบอัตโนมัติ หรือสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากชุดข้อมูลเรียนรู้โดยวิธีการจัดกลุ่มข้อมูล การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์เป็นวิธีการจัดกลุ่มรูปแบบหนึ่งที่มีคุณสมบัติคือ สามารถกำจัดหรือหลีกเลี่ยงข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลรบกวน หรือข้อมูลที่มีระยะทางไกลออกจากตำแหน่งกลางของกลุ่มข้อมูล ทำให้ค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลที่อยู่ใกล้ตำแหน่งกลางของกลุ่มมีค่ามากขึ้นเข้าใกล้ค่า “1” และตำแหน่งข้อมูลที่อยู่ไกลออกจากตำแหน่งกลางของกลุ่มจะมีค่าที่น้อยลงใกล้ค่า “0” ทำให้การพิจารณาตำแหน่งข้อมูลที่เป็นข้อมูลรบกวนสามารถกำหนดหรือกำจัดด้วยค่าความเป็นสมาชิกที่ค่าขีดแบ่งได้ ทำให้บริเวณของฟังก์ชันสมาชิกสามารถครอบคลุมบริเวณชุดข้อมูลที่มีประสิทธิภาพดีกว่าการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมันส์

คุณสมบัติของการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์อีกประการหนึ่งก็คือ ค่าความเป็นสมาชิกของหนึ่งข้อมูลในทุกกลุ่มข้อมูลจะมีค่ารวมกันได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ “1” แตกต่างจากการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีซีมีนส์ซึ่งผมรวมจะต้องได้ค่าที่เท่ากับ “1” เสมอของทุกข้อมูล ดังนั้นจากการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกส์ซีมีนส์ จะได้ลักษณะบริเวณกลุ่มของข้อมูลที่ชัดเจนกว่าการจัดกลุ่มข้อมูลเวยฟัซซีซีมีนส์ รวมถึงตำแหน่งกลางของข้อมูลในแต่ละกลุ่มนั้นตำแหน่งข้อมูลของการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์จะได้ตำแหน่งกลางของกลุ่มบริเวณตำแหน่งที่มีความหนาแน่นของชุดข้อมูลมากกว่าตำแหน่งกลางกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

จากการผลการทดลองในบทที่ 4 แสดงถึงประสิทธิภาพของการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูนำมาตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านมผลลัพธ์เสนอด้วยความสว่างบริเวณตำแหน่งที่ตรวจจับก้อนหินปูนได้ในภาพ ซึ่งจากการวิเคราะห์การทดลองทั้งหมดสามารถสรุปผลการทำวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 วิธีการจัดกลุ่มข้อมูล

การจัดกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีพอสซิบิลิสติกซีมีนส์จะให้ผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กดีกว่าการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ ด้วยคุณสมบัติของพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ที่ผลรวมค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลในทุกๆ กลุ่มไม่จำเป็นจะต้องเท่ากับ 1 ทำให้ค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งข้อมูลที่อยู่ห่างออกจากตำแหน่งกลางของกลุ่มมีค่าน้อยลงหรือเข้าใกล้ค่า 0 แต่คุณสมบัติของการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์จะให้ผลรวมค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลในทุกๆ กลุ่มจะต้องเท่ากับ 1 เสมอ ทำให้ตำแหน่งข้อมูลที่อยู่ไกลออกจากตำแหน่งกลางของกลุ่มอาจมีค่ามากกว่าตำแหน่งข้อมูลที่อยู่ใกล้ตำแหน่งกลางกลุ่มข้อมูล ซึ่งคุณสมบัติของการจัดกลุ่มแบบพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ทำให้ผลการจัดกลุ่มมีตำแหน่งกลางของข้อมูลเป็นตำแหน่งที่ตรงกลางของการเกาะกลุ่มข้อมูลมากกว่าการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ ดังนั้นผลการทดลองการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กด้วยฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกส์ซีมีนส์จึงให้ความถูกต้องมากกว่าฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

5.1.2 การล้ำเลื่อมของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา

ฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาของฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นจะมีการล้ำเลื่อมกันตามค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละกลุ่มข้อมูล ทั้งนี้จะเกิดการล้ำเลื่อมกันไม่เกินร้อยละ 50 ผลเกิดจากการเลือกค่าขีดแบ่งค่าความเป็นสมาชิกเพื่อนำมาเป็นขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการล้ำเลื่อมกันของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาของการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์มีการล้ำเลื่อมกันน้อยกว่า ฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาของการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ และบริเวณความสว่างรวมถึงผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กของฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีจะมีค่ามากกว่า เนื่องจากวิธีของพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ได้ค่าตำแหน่งกลางของข้อมูลใกล้กับบริเวณการเกาะกลุ่มของชุดข้อมูลทำให้ขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาจะครอบคลุมบริเวณกลุ่มข้อมูลได้ดีกว่าวิธีของฟัซซีซีมีนส์ เป็นผลทำให้การล้ำเลื่อมของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาของวิธีการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์น้อยกว่าวิธีการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

5.1.3 รูปแบบการจัดกลุ่มของคุณลักษณะเด่น

การทดลองในบทที่ 4 ได้ทำการทดลองจัดกลุ่มด้วยวิธีที่แตกต่างกันจะเห็นได้ว่าการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มทีละคุณลักษณะเด่นให้ผลการตรวจจับก้อนหินปูนเล็กได้ดีกว่าการจัดกลุ่มพร้อมกันทั้งหมดของคุณลักษณะเด่น สาเหตุมาจากการอนุมานฐานของกฎที่มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบเงื่อนไขพิจารณาทีละคุณลักษะเด่น ฟังก์ชันสมาชิกที่สร้างขึ้นก็จะต้องพิจารณาทีละชุดข้อมูลเช่นกัน สำหรับสิ่งที่เกิดขึ้นจากการจัดกลุ่มพร้อมกันทั้งหมดของคุณลักษณะเด่นฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาของแต่ละคุณลักษณะเด่นอาจเกิดตำแหน่งกลางของกลุ่มข้อมูลเป็นตำแหน่งที่ใกล้กันหรือเป็นตำแหน่งเดียวกันได้ เนื่องจากการพิจารณาสร้างฟังก์ชันสมาชิกจะนำค่าหลังจากการจัดกลุ่มพร้อมกันทั้งหมดมาพิจารณาสร้างทีละคุณลักษณะเด่น โดยการฉาย (Projection) ค่าตำแหน่งกลางไปเป็นตำแหน่งกลางของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา และขอบเขตทางทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาพิจารณาจากค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มทั้งหมด ทำให้ฟังก์ชันสมาชิกที่ได้ไม่สอดคล้องกับการเกาะกลุ่มของชุดข้อมูล และฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาที่ได้จะมีจำนวนเท่ากันในทุกๆ คุณลักษณะเด่นเป็นผลทำให้การพิจารณาสร้างฐานของกฎมีจำนวนมากการอนุมานด้วยฐานของกฎจึงต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น การนำเอาไปตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กจึงมีประสิทธิภาพด้อยกว่าการจัดกลุ่มทีละคุณลักษณะเด่น

5.1.4 รูปแบบขอบเขตทางด้านซ้ายและขวา

การปรับขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาให้มีค่าเท่ากับ 1 (เฉพาะฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านซ้ายสุดและทางขวาสุด) เป็นผลทำให้ค่าความสว่างบริเวณที่ตรวจพบก้อนหินปูนขนาดเล็กมีความชัดเจนเพิ่มขึ้น สาเหตุมาจากบริเวณดังกล่าวเป็นตำแหน่งที่มีกลุ่มข้อมูลที่เป็นลักษณะบ่งบอกถึงก้อนหินปูนขนาดเล็ก และกลุ่มข้อมูลที่ไม่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก เมื่อนำมาหาค่าความเป็นสมาชิกจะได้ค่าที่สูงสุดซึ่งบริเวณตำแหน่งดังกล่าวเป็นบริเวณขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกที่ไม่มีการล้ำเลื่อมกันของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา

5.1.5 ระบบอินเทอวัลไทป์ทูฟัซซี และระบบไทป์วันฟัซซี

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม ระบบอินเทอวัลไทป์ทูฟัซซีลอจิกให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่ารับบไทป์วันฟัซซีลอจิก เนื่องจากฟังก์ชันสมาชิกของอินเทลวัลไทป์ทูจะมีความคลุมเครือมากกว่าฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน การคลุมเครือของอินเทอวัลไทป์ทูจะใช้ความไม่แน่นอนเป็นช่วงของฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบนและฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง แตกต่างจากฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันซึ่งมีความไม่แน่นอนเพียงฟังก์ชันเดียว

5.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูในงานวิจัยนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้งานด้านจำแนกข้อมูลด้วย แหล่งข้อมูลคุณลักษณะเด่นได้จากการประมวลผลภาพ เพราะฉะนั้นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูจะต้องเหมาะสมและสามารถครอบคลุมชุดข้อมูลที่นำมาใช้ได้มากที่สุด ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูในครั้งต่อไปมีดังนี้

5.2.1 แหล่งข้อมูลที่เหมาะสม

การจำแนกข้อมูลในงานวิจัยนี้จะเป็นลักษณะของการจำแนกกลุ่มข้อมูลที่มี 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีความเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก และกลุ่มที่ไม่มีความเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก ซึ่งจากการเก็บชุดข้อมูลด้วยการหาคุณลักษณะจะสังเกตได้ว่า ทั้งสองกลุ่มข้อมูลดังกล่าวจะมีการกระจายข้อมูลของกลุ่มแยกออกจากกัน หรือมีความหนาแน่นของข้อมูลแต่ละกลุ่มให้เห็นอย่างชัดเจน ดังนั้นการนำชุดข้อมูลที่ได้มาทำการจัดกลุ่มข้อมูลจึงมีประสิทธิภาพสูง แต่การนำไปใช้กับลักษณะข้อมูลที่แตกต่างกันจากรูปแบบนี้ เช่น มีการจำแนกข้อมูลที่มากกว่า 2 กลุ่มหรือแต่ละกลุ่มมีการแยกกระจายข้อมูลออกเป็นหลายๆ กลุ่มย่อยทำให้การจัดกลุ่มข้อมูลจะต้องกำหนดหรือปรับแต่งค่าตัวแปรในการจัดกลุ่มข้อมูลให้เหมาะสมตามลักษณะของข้อมูล

5.2.2 ลักษณะของก้อนหินปูนขนาดเล็ก

ในงานวิจัยนี้เป็นการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กซึ่งมีขีดจำกัดคือ ก้อนหินปูนที่ตรวจพบจะต้องมีขนาดรูปทรง ไม่เกินขนาดหน้าต่างย่อยขนาด 50x50 จุดภาพ (ทำการเลื่อนหน้าต่างย่อยในการเก็บภาพไปทีละ 8 จุดภาพ) และก้อนหินปูนจะต้องอยู่ภายในบริเวณหน้าต่างย่อยนี้เท่านั้น ถ้าในบริเวณหน้าต่างย่อยมีจำนวนก้อนหินปูนมากกว่า 1 ก้อนหรือหน้าต่างย่อยไม่ครอบคลุมก้อนหินปูนจะทำให้ไม่สามารถตรวจพบก้อนหินปูนขนาดเล็กได้ ลักษณะของก้อนหินปูนขนาดเล็กอีกประการหนึ่งก็คือ ถ้าปรากฏก้อนหินปูนขนาดเล็กที่มีการกระจายเกาะกลุ่มกัน ลักษณะแบบนี้ทำให้มีการหาค่าคุณลักษณะเด่นออกมาผิดพลาด รวมถึงลักษณะของภาพก้อนหินปูนขนาดเล็กที่นำมาจากการสแกนภาพรังสีเต้านมกับลักษณะของภาพก้อนหินปูนขนาดเล็กที่เป็นดิจิตอลจากการฉายรังสี ก็มีโอกาสทำให้การหาค่าคุณลักษะเด่นนั้นผิดพลาดได้ ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะหาวิธีการหาจำนวนก้อนหินปูนขนาดเล็กที่อยู่ในหน้าต่างย่อย และลักษณะของก้อนหินปูนขนาดเล็กที่ขาดความคมชัดทำให้การหาขอบภาพเกิดขอบภาพรูปทรงเปิดจึงไม่สามารถเก็บจุดภาพที่แทนรูปทรงของก้อนหินปูนได้ครบถ้วน การนำไปหาค่าคุณลักษณะเด่นจึงได้ค่าที่ผิดเพี้ยนไป ในการวิจัยครั้งต่อไป

อาจจะมีการคำนวณหาขอบภาพเพื่อทำให้ขอบภาพที่ได้มีรูปทรงปิด ซึ่งจะทำให้ผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.3 คุณลักษณะเด่น

คุณลักษณะเด่นที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ค่าอธิบายลักษณะแบบ B ค่าอธิบายลักษณะแบบ D ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุ และค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุ ซึ่งทั้ง 4 คุณลักษณะเด่นอาจยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อการอธิบายลักษณะของก้อนหินปูนขนาดเล็กได้ งานวิจัยในโอกาสต่อไปอาจจะมีการประเมินประสิทธิภาพของคุณลักษณะเด่นที่ใช้ในการวิจัยนี้ รวมถึงศึกษาคุณลักษณะเด่นอื่นๆ มาทดลองให้สอดคล้องกับการอธิบายถึงลักษณะของก้อนหินปูนขนาดเล็กมากที่สุด เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม

5.2.4 ปริมาณของชุดข้อมูลเรียนรู้

จากผลการทดลองทั้ง 2 การทดลอง จะเห็นได้ว่าความถูกต้องของชุดข้อมูลภาพจากโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ให้ความถูกต้องมากกว่าชุดข้อมูลภาพจากฐานข้อมูล MIAS สาเหตุหนึ่งเกิดจากจำนวนชุดข้อมูลเรียนรู้ที่นำมาสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกปริมาณแตกต่างกัน ชุดข้อมูลเรียนรู้ภาพรังสีจากฐานข้อมูล MIAS มีจำนวนน้อยกว่าภาพรังสีจากโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ จากการจัดกลุ่มข้อมูลทำให้ข้อมูลจากโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่มีผลต่อตำแหน่งกลางกลุ่มข้อมูลมากกว่าของฐานข้อมูล MIAS ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการคัดเลือกภาพย่อยที่มีลักษณะเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กและภาพย่อยที่ไม่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กด้วย ในการวิจัยครั้งต่อไปจะทำการทดลองสร้างชุดข้อมูลเรียนรู้โดยให้มีอัตราส่วนเท่าเทียมกันเพื่อประเมินประสิทธิภาพชุดข้อมูลเรียนรู้ในการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กที่ดีขึ้น

5.2.5 รูปร่างของฟังก์ชันสมาชิก

รูปร่างของฟังก์ชันสมาชิกของระบบฟัซซีลอจิกจะมีหลายแบบหรือหลายรูปร่าง การเลือกสร้างรูปร่างฟังก์ชันสมาชิกที่เหมาะสมจะต้องครอบคลุมบริเวณชุดข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้มากที่สุด แต่ละรูปร่างของฟังก์ชันสมาชิกจะมีตัวแปรในการพิจารณาแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการนำมาใช้งานและการพิจารณาของผู้ทำการวิจัย ในงานวิจัยนี้เป็นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกรูปร่างสามเหลี่ยม รวมกับฟังก์ชันสมาชิกรูปร่างสี่เหลี่ยมคางหมู การวิจัยในครั้งต่อไปสามารถนำฟังก์ชันสมาชิกรูปร่างที่แตกต่างกันจากงานวิจัยนี้มาทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสร้างฟังก์ชันสมาชิกได้

5.2.6 ฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบนและฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง

ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูจะแสดงได้ด้วยขอบเขตความไม่แน่นอน ซึ่งประกอบไปด้วยฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน และฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง งานวิจัยนี้เป็นการหาระยะห่างระหว่าง 2 ฟังก์ชันสมาชิกโดยการคำนวณจากระยะทางรวมของแต่ละกลุ่มข้อมูล ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปสามารถคิดค้นหรือนำวิธีการหาระยะห่างของ 2 ฟังก์ชันสมาชิกด้วยวิธีที่แตกต่างกันจากนี้ เช่น การปรับตำแหน่งของฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน และการปรับตำแหน่งของฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง ให้มีระยะห่างเพิ่มขึ้นหรือลดลง แล้วทำการทดลองจำแนกข้อมูลด้วยระบบอินเทอวัลไทป์ทูฟัซซีลอจิก

5.2.7 ตัวแปรที่ใช้ในการสร้างฟังก์ชันสมาชิก

การสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มชุดข้อมูล จำเป็นจะต้องกำหนดค่าและปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ เช่น ตัวแปรการจัดกลุ่มข้อมูล ตัวแปรกำหนดขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกให้มีการสอดคล้องกับชุดข้อมูล ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจจะหาวิธีหรือกระบวนการหาค่าตัวแปรดังกล่าวให้มีความเหมาะสมแบบอัตโนมัติรวมถึงหาวิธีลดการกำหนดตัวแปรให้น้อยที่สุด