บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนออัลกอริทึมในการสร้างรหัสตัวเลขแบบใหม่ ซึ่งรหัสตัวเลขมีความสำคัญในการสร้างสมการเพื่อจำลองพฤติกรรมของโครงสร้างด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เนื่องจากเทคนิคในพัฒนาซอฟต์แวร์วิเคราะห์โครงสร้างใน 2 มิติด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันต้องใช้เอลิเมนต์ 2 ชนิดเพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ให้มีความสามารถในการจำลองพฤติกรรมของโครงสร้างสองชนิดหลักอันได้แก่ โครงข้อหมุน และโครงข้อแข็ง ซึ่งทั้งสองโครงสร้างนี้จะมีความแตกต่างกันที่จุดต่อ ด้วยอัลกอริทึมในการสร้างรหัสตัวเลขแบบใหม่นี้จะช่วยให้การพัฒนาซอฟต์แวร์วิเคราะห์โครงสร้างในสองมิติสามารถใช้เพียงเอลิเมนต์ชนิดเดียวคือ เอลิเมนต์โครงข้อแข็ง แต่ยังคงศักยภาพในการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างได้ทั้งสองแบบเช่นเดิม และยังเพิ่มความสามารถในการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างที่มีจุดต่อแบบผสมได้ด้วย นอกจากนั้นแล้วยังช่วยให้การพัฒนา แก้ไข บำรุงรักษาซอฟต์แวร์ และขยายส่วนต่อขยายทำได้ง่ายขึ้น ซึ่งช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาซอฟต์แวร์

ในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบเรื่องการใช้ทรัพยากรและประสิทธิภาพของอัลกอริทึมใหม่เทียบกับอัลกอริทึมปัจจุบันในรูปแบบของสมการที่มีการสร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจำลองพฤติกรรม ซึ่งพบว่า เมื่อตัวอย่างเป็นโครงสร้างชนิดโครงข้อแข็ง จำนวนสมการที่ถูกสร้างขึ้นโดยอัลกอริทึมปัจจุบันจะมีจำนวนเท่ากันกับจำนวนสมการที่ถูกสร้างขึ้นโดยอัลกอริทึมที่นำเสนอ สำหรับในโครงสร้างที่เป็นชนิดโครงข้อหมุนจำนวนสมการที่ถูกสร้างขึ้นโดยเทคนิคที่นำเสนอใหม่จะมีจำนวนมากกว่าสมการที่ถูกสร้างโดยเทคนิคปัจจุบัน แต่ก็จะรายงานผลลัพธ์มากกว่าในแกน Z ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เพิ่มสามารถนำไปใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการจำลองพฤติกรรมการแอ่นให้ดีขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนสมการที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างที่มีจุดต่อแบบผสมเทียบกับเทคนิคทางอ้อมที่จำเป็นต้องใช้เอลิเมนต์สามมิติเข้ามาช่วยก็พบว่า จำนวนสมการที่ถูกสร้างขึ้นมีจำนวนน้อยกว่า นอกจากงานวิจัยนี้ จะเสนออัลกอริทึมใหม่ในการสร้างรหัสตัวเลขเพื่อจำลองพฤติกรรมโครงสร้างแล้ว ยังมีการประยุกต์อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวมาใช้ในการเลือกขนาดวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบโครงสร้างที่มีราคาถูกลงด้วย

ผลการนำอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวมาใช้ในการเลือกขนาดวัสดุกับตัวอย่างโครงข้อหมุนและโครงสร้างที่มีจุดต่อแบบผสมพบว่า ปริมาตรของโครงสร้างที่หน้าตัดถูกเลือกโดย

อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวลดลงอย่างชัดเจนที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมปรกติ อย่างไรก็ตามการเลือกขนาดวัสดุโดยอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวก็ต้องใช้จำนวนรอบในการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างเป็นจำนวนมาก เพื่อปรับปรุงการเลือกขนาดวัสดุให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ในงานวิจัยจึงได้นำเสนอฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับการเลือกขนาดวัสดุเพิ่มขึ้น

ผลการนำฮิลริสติกอัลกอริทึมสำหรับการเลือกขนาดวัสดุมาใช้ในการเลือกขนาดวัสดุกับตัวอย่างโครงข้อหมุนและโครงสร้างที่มีจุดต่อแบบผสมพบว่า เมื่อพิจารณาปริมาตรที่วิธีฮิวริสติกประเมินได้พบว่าปริมาตรเฉลี่ยของโครงสร้างที่วิธีฮิลริสติกประเมินได้ให้ปริมาตรเหล็กที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับอัลกอริทึมปกติที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 และเมื่อเทียบปริมาตรของโครงสร้างที่อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวประเมินกับปริมาตรของโครงสร้างที่อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวประเมินได้ก็ให้ผลแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 สำหรับโครงสร้างโครงข้อหมุนตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 4 ในขณะที่โครงสร้างผสมในตัวอย่างที่ 2 และ 3 มีความแตกต่างลดลงที่ระดับนัยสำคัญ 0.15 เนื่องจากโครงสร้างผสมมีความซับซ้อนของปัญหาเพิ่มขึ้นเพราะต้องตรวจสอบเงื่อนไขที่เกิดจากแรงเฉือนและแรงดัดด้วยทำให้คำตอบที่ได้จากการทดสอบแต่ละครั้งมีการกระจายของคำตอบมากกว่า และเมื่อพิจารณาจำนวนครั้งในการสร้างคำตอบและตรวจคำตอบพบว่าฮิวริสติกอัลกอริทึมใช้จำนวนรอบในการสร้างคำตอบและจำลองพฤติกรรมโครงสร้างเพื่อตรวจคำตอบน้อยกว่าอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวที่ระดับนัยสำคัญ 0.001

6.2 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนองานเป็นสองส่วนหลักคือ อัลกอริทึมสำหรับการสร้างรหัสตัวเลขเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างและอัลกอริทึมสำหรับการเลือกขนาดวัสดุเพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้าง สำหรับอัลกอริทึมในการสร้างรหัสตัวเลขที่นำเสนอใหม่เมื่อนำไปใช้ในการสร้างสมการเพื่อจำลองพฤติกรรมโครงสร้างที่มีจุดต่อแบบโครงข้อแข็งจะได้จำนวนสมการที่มีการสร้างขึ้นมากกว่าการใช้อัลกอริทึมปัจจุบันในการสร้างรหัสตัวเลข แต่ผลลัพธ์ที่ได้จากสมการที่เพิ่มขึ้นก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในการจำลองพฤติกรรมการแอ่นตัวของโครงสร้าง นอกจากนั้นแล้ว เทคนิคใหม่ที่นำเสนอยังช่วยให้สามารถใช้เพียงเอลิเมนต์โครงข้อแข็งในการพัฒนา ซึ่งต่างจากเดิมที่ต้องแยกพัฒนาเป็นสองส่วน โดยต้องใช้ทั้งเอลิเมนต์โครงข้อแข็งและโครงข้อหมุน การที่ใช้เพียงเอลิเมนต์โครงข้อแข็งเพียงอย่างเดียวในการพัฒนาซอฟต์แวร์ทำให้การแก้ไข บำรุงรักษา รวมถึงการขยายความสามารถของซอฟต์แวร์วิเคราะห์โครงสร้างทำได้สะดวกขึ้น

นอกจากอัลกอริทึมการสร้างรหัสตัวเลขแบบใหม่ที่มีการนำเสนอในบทที่ 3 แล้ว ในบทที่ 4 แล้ว ยังได้นำเสนอการประยุกต์อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวมาใช้ในการเลือกขนาดวัสดุด้วย

และในบทที่ 5 ฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับการเลือกขนาดวัสดุได้ถูกนำเสนอเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการเลือกขนาดวัสดุให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบแสดงในตารางที่ 6.1

จากผลในตารางที่ 6.1 แสดงให้เห็นว่าอัลกอริทึมปรกติที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะมีจุดเด่นที่จำนวนรอบในการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างที่มีจำนวนน้อย แต่อัลกอริทึมปกติก็ไม่ได้คัดเลือกขนาดวัสดุที่เหมาะสมให้ ทำให้ปริมาตรของโครงสร้างที่ได้มีปริมาตรมาก เพื่อให้ได้ปริมาตรที่ลดลงแต่ยังคงความสามารถได้เท่าเดิม อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวได้มีการนำเสนอเพื่อมาประยุกต์ใช้ในการเลือกขนาดวัสดุที่เหมาะสม ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า โครงสร้างที่ขนาดวัสดุมีการเลือกด้วยอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวให้ปริมาตรที่ลดลง แต่อย่างไรก็ตาม อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวจะต้องมีการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างหลายครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งต้องมีการคำนวณเป็นจำนวนมาก ดังนั้นฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับการเลือกขนาดวัสดุจึงได้มีการนำเสนอเพิ่มเติม ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับการเลือกขนาดวัสดุสามารถเลือกขนาดวัสดุที่ทำให้ปริมาตรของโครงสร้างไม่แตกต่างจากอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวเมื่อพิจารณาคำตอบที่ดีที่สุดและสามารถให้ปริมาตรของโครงสร้างน้อยกว่าเมื่อพิจารณาปริมาตรเฉลี่ยจากการทดลองซ้ำในแต่ละตัวอย่างตัวอย่างละ 25 ครั้ง และยังใช้จำนวนรอบในการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างน้อยกว่าซึ่งทำให้การเลือกขนาดวัสดุทำได้เร็วขึ้น แต่ก็ยังมีความแปรปรวนของคำตอบเมื่อนำมาใช้ในการหาปริมาตรเหล็กให้กับโครงสร้างผสมเนื่องจากโครงสร้างผสมมีความซับซ้อนของปัญหามากขึ้นเพราะต้องต้องตรวจสอบความสามารถในการรับแรงเฉือนและแรงดัดเพิ่มเติม ดังนั้นสิ่งที่ควรพัฒนาต่อสำหรับฮิวริสติกอัลกอริทึมคือ หาเทคนิคต่างๆ เพิ่มเติมเพื่อให้ฮิวริสติกอัลกอริทึมสามารถเลือกขนาดวัสดุสำหรับโครงสร้างข้อหมุนและโครงสร้างผสมได้แม่นยำและมีความแปรปรวนของคำตอบลดลง

ตารางที่ 6.1 ปริมาตรเหล็กที่ได้จากการเลือกขนาดวัสดุของแต่ละอัลกอริทึม

ตัวอย่างที่	อัลกอริทึมปกติ[1]		อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียว		ฮิลริสติกอัลกอริทึม	
	ปริมาตร[2]	จำนวนรอบ[3]	ปริมาตร[2]	จำนวนรอบ[3]	ปริมาตร[2]	จำนวนรอบ[3]
1	127658	2	83073	767	83073	20
2	143640	3	102215	1081	102215	38
3	107858	3	86395	960	86395	33
4	185234	3	162485	773	162485	28

[1]อัลกอริทึมปกติเป็นอัลกอริทึมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันสำหรับการเลือกขนาดวัสดุดังแสดงในหัวข้อที่ 2.7 ตารางที่ 2.3 ใช้จำนวนรอบในการจำลองพฤติกรรมน้อยทำให้สามารถใช้การคำนวณการเลือกขนาดวัสดุด้วยมือผสมกับการจำลองพฤติกรรมด้วยคอมพิวเตอร์ได้

[2]ปริมาตรมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร

[3]จำนวนรอบในการจำลองพฤติกรรมโครงสร้าง

6.3 ปัญหาที่พบ

ปัญหาสำคัญสำหรับการใช้อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวไปใช้ในการเลือกขนาดวัสดุ คือ จำนวนรอบของการจำลองพฤติกรรม เนื่องจากการสร้างคำตอบมีการสุ่มขึ้นมาอย่างอิสระ ดังนั้นจึงมีหลายคำตอบที่ถูกสุ่มสร้างขึ้นแล้วตรวจสอบความสามารถในการรับแรงอัดและแรงดึงไม่ผ่าน ทำให้เสียทรัพยากรในการคำนวณไปโดยไร้ประโยชน์ และเมื่อนำไปคำนวณกับโครงสร้างที่มีจุดต่อแบบผสม ซึ่งจะมีเงื่อนไขตรวจสอบความสามารถในเรื่องของแรงดัด แรงเฉือน และดัดผสมแรงอัด เพิ่มขึ้นไปอีก ทำให้คำตอบที่สุ่มสร้างขึ้นผ่านเงื่อนไขในการตรวจสอบความสามารถในการรับแรงยากขึ้น ทำให้ใช้จำนวนรอบในการจำลองพฤติกรรมมาก สำหรับปัญหาถัดมาสำหรับการใช้อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวและฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับการเลือกขนาดวัสดุคือ คำตอบที่ได้ในการทำงานแต่ละครั้งอาจได้คำตอบที่ไม่เหมือนเดิม แม้ว่าคำตอบที่ได้จะดีกว่าอัลกอริทึมปกติก็ตาม โดยเฉพาะการใช้อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวกับปัญหาโครงสร้างที่มีจุดต่อแบบผสม เนื่องจากการสร้างคำตอบเป็นการสุ่มสร้างคำตอบขึ้นมาจากคำตอบเดิมเพื่อหาคำตอบที่ดีกว่า

6.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

สำหรับปัญหาจำนวนรอบในการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างที่ใช้เป็นจำนวนมากเมื่อใช้อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวในการแก้ปัญหานั้น ฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับการเลือกขนาดวัสดุก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการเลือกขนาดวัสดุที่เหมาะสมให้กับโครงสร้าง แม้ว่าอัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวจะสามารถใช้กับปัญหาต่างๆ ได้หลากหลายแต่จากผลการทดสอบในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสำหรับปัญหาการเลือกขนาดวัสดุ ฮิวริสติกอัลกอริทึมสำหรับการเลือกขนาดวัสดุมีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจากฮิวริสติกอัลกอริทึมสามารถเลือกคำตอบที่ดีได้ไม่แตกต่างจากการใช้อัลกอริทึมการจำลองการอบเหนียวในการแก้ปัญหา ในขณะที่จำนวนรอบที่ใช้ในการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างน้อยกว่าอย่างชัดเจน สำหรับปัญหาความแปรปรวนของคำตอบเมื่อใช้ในการเลือกขนาดวัสดุให้กับโครงสร้างผสม ก็อาจเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ใช้สามารถ

เลือกจำนวนครั้งในการทำงานของอัลกอริทึมได้ แล้วเลือกเอาคำตอบที่ดีที่สุด หรือหาเทคนิคด้านคอมพิวเตอร์มาปรับปรุงเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการหาคำตอบ สำหรับปัญหาการสร้างจำนวนสมการที่มากกว่าเมื่อเลือกใช้อัลกอริทึมสร้างรหัสตัวเลขแบบใหม่ที่นำเสนอกับปัญหาการจำลองพฤติกรรมโครงสร้างโครงข้อหมุน อาจสามารถปรับปรุงให้มีทางเลือกในการสร้างรหัสตัวเลขให้ดีขึ้นเพื่อเป็นอีกทางเลือก รวมถึงทำให้สนับสนุนรูปแบบของข้อต่อแบบต่างๆ มากขึ้น ข้อเสนอแนะดังกล่าวนี้ยังคงเป็นเพียงแนวคิดอยู่เท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่าอาจเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยท่านอื่นๆที่สนใจในงานด้านนี้ โดยแนวคิดดังกล่าวนี้จำเป็นจะต้องมีการวิเคราะห์ พิสูจน์ และทำการทดลองเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต