บทที่ 8

บทสรุป ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

8.1 บทสรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์ปัญหาการไหลแบบหนืดในสองมิติภายใต้สถานะอยู่ตัวด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบตัวแปรไร้จุดต่อ ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ปัญหาการไหลที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ดี และจากการประยุกต์ใช้ตัวแปรไร้จุดต่อทำให้สามารถเลือกใช้เอลิเมนต์สามเหลี่ยมแบบสามจุดต่อ ซึ่งสะดวกต่อการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์และการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติ

ในการวิเคราะห์ปัญหาทางวิศวกรรมใดๆ สิ่งหนึ่งที่จำเป็นต้องทราบคือสมการเชิงอนุพันธ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในบทที่ 2 ได้แสดงการประดิษฐ์สมการเชิงอนุพันธ์สำหรับปัญหาการไหลในสองมิติซึ่งประกอบไปด้วยสมการเชิงอนุรักษ์มวลและสมการเชิงอนุรักษ์โมเมนตัม ต่อมาในบทที่ 3 ได้อธิบายถึงระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับปัญหาการไหลแบบหนืดซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนทั่วไปของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ การประยุกต์ใช้ตัวแปรไร้จุดต่อ และการประดิษฐ์สมการไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับปัญหาการไหลแบบหนืดในสองมิติ รวมทั้งวิธีการแก้สมการไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับปัญหาการไหลซึ่งเป็นระบบสมการแบบไม่เชิงเส้น

ระบบสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ประดิษฐ์ขึ้นในบทที่ 3 นี้ สามารถนำมาประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ปัญหาการไหลได้ โดยรายละเอียดของโปรแกรม ขั้นตอนการทำงาน รวมทั้งลักษณะของไฟล์ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาการไหลได้ถูกแสดงไว้ในบทที่ 4 และในบทที่ 5 ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้น โดยนำโปรแกรมดังกล่าวไปใช้วิเคราะห์ปัญหาการไหลที่มีผลเฉลยเปรียบเทียบ ซึ่งอาจเป็นผลเฉลยแม่นตรง ผลการทดลอง หรือผลการคำนวณ เพื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากโปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้น

ในการคำนวณปัญหาการไหลจำเป็นต้องใช้เอลิเมนต์ขนาดเล็กในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของคำตอบสูงเพื่อที่จะสามารถคำนวณหาผลลัพธ์ได้ถูกต้องแม่นยำ แต่หากใช้เอลิเมนต์ขนาดเล็กสม่ำเสมอทั่วทั้งขอบเขตของปัญหา จะทำให้ขนาดของหน่วยความจำที่จำเป็นต้องใช้ รวมทั้งเวลาในการคำนวณมากเกินความจำเป็นและในบางครั้งอาจเป็นไปไม่ได้ที่จะทำการวิเคราะห์ปัญหาขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อน จึงได้นำเทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาการไหล โดยในบทที่ 6 ได้อธิบายถึงหลักการของเทคนิคการ

ปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติและรายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้อง สุดท้ายในบทที่ 7 ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาการไหลโดยใช้เทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติ พบว่าสามารถให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องโดยไม่จำเป็นต้องใช้จำนวนเอลิเมนต์มากเกินไปซึ่งเป็นการแสดงถึงประสิทธิภาพของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้น

8.2 ปัญหาที่พบในขณะทำวิทยานิพนธ์

ปัญหาที่พบในขณะทำวิทยานิพนธ์ได้แก่ การศึกษาและทำความเข้าใจทฤษฎีของตัวแปรไร้จุดต่อรวมทั้งขั้นตอนในการประยุกต์ตัวแปรไร้จุดต่อเข้ากับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อการวิเคราะห์ปัญหาการไหล เนื่องจากขั้นตอนดังกล่าวมีความซับซ้อนและเป็นส่วนสำคัญในการประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ปัญหาที่สำคัญอีกปัญหาหนึ่งคือการแก้ระบบสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ เนื่องจากระบบสมการที่ประดิษฐ์ขึ้นเป็นระบบสมการแบบไม่เชิงเส้นที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งในการวิเคราะห์ปัญหาการไหลที่ขอบเขตของปัญหามีขนาดใหญ่นั้นจำเป็นต้องใช้หน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลของระบบสมการที่ประดิษฐ์ขึ้นจำนวนมากรวมทั้งต้องใช้เวลาในการแก้ระบบสมการมากเช่นกัน ทำให้จำเป็นต้องประยุกต์เทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติเพื่อช่วยลดขนาดของหน่วยความจำและเวลาที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณ

8.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

สำหรับงานวิจัยในอนาคตนั้นสามารถนำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไปใช้เป็นต้นแบบโดยอาจประยุกต์ให้ใช้วิเคราะห์ปัญหาการไหลภายใต้สภาวะชั่วขณะได้ (transient problems) หรืออาจเพิ่มสมการเชิงอนุพันธ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ เช่น รวมสมการเชิงอนุรักษ์พลังงาน (energy equation) เพื่อทำให้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่มีสภาวะใกล้เคียงกับปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้มากขึ้น

นอกจากนั้นอาจแก้ปัญหาที่พบในการแก้ระบบสมการรวมโดยประยุกต์ระเบียบวิธีที่ใช้ในการแก้ระบบสมการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือนำวิธีการคำนวณแบบแยกกัน (split method) มาใช้ ซึ่งจะช่วยลดจำนวนสมการที่จำเป็นต้องคำนวณลงได้