บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

ในปัจจุบันเขตอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชนได้ขยายตัวเข้าไปในพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำลำคลอง ซึ่งการปล่อยมลภาวะต่างๆ เช่น สารพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม ขยะจากผู้อยู่อาศัยในชุมชน เป็นต้น ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะเกิดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมเป็นอย่างมากหากไม่มีการควบคุม ในการกำกับดูแลการปล่อยมลภาวะลงในแหล่งน้ำนั้นอาจทำได้โดยการกำหนดปริมาณการปล่อยมลภาวะโดยไม่ทำให้ค่าความเข้มข้นของมลภาวะในน้ำสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงเกิดความจำเป็นที่จะต้องทราบการกระจายตัวของมลภาวะในบริเวณใกล้เคียงของแหล่งที่ปล่อย เพื่อที่จะกำหนดได้ว่าจะอนุญาตให้ปล่อยมลภาวะที่บริเวณต่างๆได้ไม่เกินเท่าใดจึงจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากนัก

ในทางการคำนวณ ปัญหาการกระจายตัวของมลภาวะในแหล่งน้ำซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้พิจารณาเป็นน้ำตื้นจะถูกครอบคลุม (governed) ด้วยสมการเชิงอนุพันธ์ของการอนุรักษ์มวลและโมเมนตัมของของไหล และสมการเชิงอนุพันธ์ของการส่งผ่านของมลภาวะ (pollutant transport) ในของไหล ที่มักจะพิจารณาเป็นปัญหาในสองมิติแบบเฉลี่ยตลอดความลึก (two-dimensional depth-averaged problem) ซึ่งมีหลักการคือ สมมุติให้ความเร็วที่ระดับความลึกต่างๆ มีค่าเท่ากันโดยให้เท่ากับความเร็วเฉลี่ยตลอดความลึก (averaged velocity over depth) การแก้สมการเชิงอนุพันธ์ดังกล่าวนั้นเป็นการยากที่จะทำได้โดยระเบียบวิธีเชิงวิเคราะห์ (analytical method) ดังนั้นการวิเคราะห์ปัญหานี้ในอดีตจึงต้องอาศัยการทำการทดลองเป็นหลัก ซึ่งทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

ด้วยแรงผลักดันที่ต้องการหาผลเฉลยของสมการที่ครอบคลุมปัญหาดังกล่าวทำให้มีการนำระเบียบวิธีเชิงการคำนวณ (computational methods) ต่างๆ มาใช้เพื่อการหาผลเฉลยโดยประมาณของสมการ ซึ่งระเบียบวิธีเชิงการคำนวณที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ ระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่อง (finite difference method) [1-5] ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุม (finite volume method) [6-7] และระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method) [8-12] แต่เนื่องจากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อน (complex geometry) ได้เป็นอย่างดีจึงทำให้ได้รับความนิยมมากกว่าสำหรับปัญหานี้ [12]

ความถูกต้องแม่นยำของผลลัพธ์ที่คำนวณได้จากระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นี้เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก โดยทั่วไปแล้วความถูกต้องของผลลัพธ์นั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของเอลิเมนต์ กล่าวคือ หากต้องการความถูกต้องแม่นยำสูงก็ต้องใช้เอลิเมนต์ขนาดเล็กซึ่งทำให้จำนวนเอลิเมนต์รวมของโดเมน (domain) ปัญหามากขึ้น เป็นผลให้ต้องใช้เวลาในการคำนวณและหน่วยความจำเป็นจำนวนมาก วิธีหนึ่งที่จะช่วยลดเวลาและหน่วยความจำโดยยังสามารถให้ผลเฉลยที่ถูกต้องแม่นยำ คือ เทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติ (adaptive meshing technique) [13-18] วิธีนี้มีหลักการ คือ การปรับใช้เอลิเมนต์ขนาดเล็กในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของเกรเดียนท์ (gradient) ของคำตอบสูงเพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงของคำตอบ และในขณะเดียวกันก็จะปรับใช้เอลิเมนต์ขนาดใหญ่ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของเกรเดียนท์ของคำตอบต่ำเพื่อเป็นการลดเวลาและหน่วยความจำที่ใช้ในการคำนวณ

งานวิทยานิพนธ์นี้จึงขอนำเสนอ การนำระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์การกระจายตัวของมลภาวะในน้ำตื้น พร้อมทั้งนำเทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์อัตโนมัติมาช่วยลดเวลาและหน่วยความจำที่ใช้ในการคำนวณ

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาทฤษฎีการไหลและการส่งผ่านของมลภาวะในน้ำตื้นแบบสองมิติเฉลี่ยตลอดความลึก

1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการแก้ปัญหาการไหลและการส่งผ่านของมลภาวะในน้ำตื้นแบบสองมิติเฉลี่ยตลอดความลึกด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงานและขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

1.3.2 ศึกษาการใช้โปรแกรมกราฟฟิกที่ใช้สร้างรูปแบบไฟไนต์เอลิเมนต์

1.3.3 ประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาการไหลในน้ำตื้นแบบสองมิติเฉลี่ยตลอดความลึกในสภาวะอยู่ตัว (steady-state)

1.3.4 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์การไหลกับปัญหาที่ใช้ตรวจสอบ

1.3.5 ประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์ปัญหาการส่งผ่านของมลภาวะในน้ำตื้นแบบสองมิติเฉลี่ยตลอดความลึกในสภาวะไม่อยู่ตัว (transient)

1.3.6 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้วิเคราะห์การส่งผ่านของมลภาวะกับปัญหาที่ใช้ตรวจสอบ

1.3.7 นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้นไปประยุกต์ใช้กับปัญหาทั่วๆไปที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น

1.3.8 เขียนวิทยานิพนธ์

1.3.9 ตรวจสอบและแก้ไขความถูกต้องของวิทยานิพนธ์

1.3.10 สอบวิทยานิพนธ์

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์

1.4.1 ทำให้สามารถวิเคราะห์การกระจายตัวของมลภาวะในน้ำตื้นได้สำหรับเงื่อนไขขอบเขตที่ต่างกัน

1.4.2 เป็นการแสดงศักยภาพของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์ปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อน

1.4.3 เป็นตัวอย่างการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับปัญหาทางวิศวกรรมในแขนงย่อยต่างๆ

1.4.4 เป็นแนวทางสำหรับการศึกษาและพัฒนาวิชาการด้านระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับผู้วิจัยในอนาคต

1.5 เนื้อหาโดยสังเขปของบทต่างๆภายในวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเริ่มอธิบายตั้งแต่สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยสำหรับปัญหาการไหลและการส่งผ่านของมลภาวะในน้ำตื้นโดยได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 2 จากนั้นได้นำระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาประยุกต์ใช้กับสมการเชิงอนุพันธ์ดังกล่าว ซึ่งจะก่อให้เกิดสมการไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับปัญหาการไหลและการส่งผ่านของมลภาวะในน้ำตื้น โดยขั้นตอนการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นได้ถูกอธิบายอย่างเป็นขั้นเป็นตอนไว้ในบทที่ 3 จากนั้น

บทที่ 4 จะเป็นการแสดงรายละเอียดของไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สอดคล้องกับสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ในบทที่ 3 ซึ่งได้แสดงขั้นตอนการคำนวณ ลักษณะของไฟล์ข้อมูลนำเข้าที่โปรแกรมต้องการ และลักษณะของไฟล์ผลลัพธ์ที่ออกจากโปรแกรม โดยความถูกต้องแม่นยำของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แสดงไว้ในบทที่ 5 ซึ่งแสดงผลของการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ไปวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ สำหรับในบทที่ 6 ได้แสดงการนำเทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้นและช่วยลดหน่วยความจำและเวลาที่ใช้ในการคำนวณลง นอกจากนี้เพื่อเป็นการแสดงถึงศักยภาพของโปรแกรมในการวิเคราะห์ปัญหาที่มีรูปร่างซับซ้อน ในบทที่ 7 จึงเป็นการนำไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ประดิษฐ์ขึ้นทั้งในส่วนสำหรับวิเคราะห์ปัญหาการไหลและปัญหาการส่งผ่านของมลภาวะในน้ำตื้นมาผสมผสานกับเทคนิคการปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติมาทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของมลภาวะที่ถูกปล่อยจากโรงงานลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา และสุดท้ายในบทที่ 8 จะเป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย