อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)
2. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window XP
3. โปรแกรม MATLAB version 6.1
4. เครื่องพิมพ์

วิธีการศึกษา

1. รวบรวมข้อมูลที่จำเป็น

1.1 ข้อมูลภาคตัดขวางของแม่น้ำแม่กลองตั้งแต่ บริเวณสถานีตรวจวัดปริมาณการไหล K.11A อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ถึง บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม รวมระยะทางทั้งสิ้น 120 กิโลเมตร

1.2 ข้อมูลแสดงปริมาณการไหลรายวัน และระดับน้ำรายชั่วโมงของสถานีตรวจวัดในแม่น้ำแม่กลอง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึง เดือนธันวาคม 2547

1.3 ข้อมูลค่าความเค็มรายวันของสถานีตรวจวัดในแม่น้ำแม่กลอง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2546 ถึง เดือนธันวาคม 2547

2. พัฒนาสมการสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับแบบจำลองการแพร่กระจายความเค็มของแม่น้ำแม่กลอง จากสมการทรงมวลของสาร (สมการที่(1)) สมการโมเมนตัม (สมการที่(2)) สำหรับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ และสมการสมดุลมวลสาร (สมการที่(3)) สำหรับแบบจำลองการแพร่กระจาย โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบ Galerkin's Weighted Residual ซึ่งมีวิธีการดังนี้

2.1 แบ่งขอบเขต (Boundary) รูปร่างของแม่น้ำแม่กลองตั้งแต่บริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม จนถึงบริเวณสถานีตรวจวัดปริมาณการไหล K.11A บ้านวังขนาย อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ออกเป็นเอลิเมนต์ย่อย 1 มิติ แต่ละเอลิเมนต์ยาว 1 กิโลเมตร ทั้งหมด 120 เอลิเมนต์ 121 จุดต่อ รวมระยะทางทั้งสิ้น 120 กิโลเมตร

2.2 เลือกฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์ สำหรับการศึกษานี้เลือกใช้เอลิเมนต์ 1 มิติ ในการแบ่งพื้นที่ศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วยจุดต่อ 2 จุด โดยสมมติการกระจายของผลเฉลย โดยประมาณให้อยู่ในเชิงเส้น (Linear) ดังนี้

$$\phi(x) = \alpha_1 + \alpha_2 x \qquad (9)$$

เมื่อ ϕ = ผลเฉลยโดยประมาณ หรือ ตัวไม่รู้ค่า

α_i, i = 1-2 = ค่าคงที่ที่หาได้จากเงื่อนไขของค่าที่จุดต่อทั้งสี่

หลังจากทำการหาค่า α_i สามารถเขียนลักษณะการกระจายของผลเฉลยโดยประมาณให้อยู่ในรูปของค่าคงที่ที่จุดต่อได้ดังนี้

$$\phi(x) = \sum_{i=1}^{n} N_i\phi_i = N_1\phi_1 + N_2\phi_2 + \ldots\ldots\ldots + N_n\phi_n = \underline{N}^T\,\underline{\phi} \qquad (10)$$

เมื่อ N_i, i = 1-n = ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์

ϕ_i, i = 1-n = ผลเฉลยโดยประมาณ ที่จุดต่อ หรือ ตัวไม่รู้ค่าที่จุดต่อ (Nodal Unknown)

$\underline{N}$ = เมตริกซ์ของ N_i

$\underline{N}^T$ = Transposed Matrix ของ เมตริกซ์ $\underline{N}$

$\underline{\phi}$ = เมตริกซ์ของ ϕ_i

n = จำนวนจุดต่อ

2.3 สร้างสมการของเอลิเมนต์ย่อยโดยใช้วิธี Galerkin's Weighted Residual และเลือกใช้ระบบแกนแบบ Local Coordinate System (ξ_i) แทน Cartesian Coordinate System (x_i) เพื่อให้ง่ายต่อการอินทิเกรต

2.4 พัฒนาระบบสมการรวมของพื้นที่ศึกษาขึ้น (System of Simultaneous Equations) โดยการเอาสมการของแต่ละเอลิเมนต์ที่เราสร้างขึ้นซึ่งอยู่ในรูป Element Matrix มาประกอบเข้าด้วยกันเป็น System Matrix ซึ่งเหมือนกับการนำเอาทุก ๆ เอลิเมนต์ มาประกอบกันเป็นลักษณะรูปร่างของปัญหาทั้งหมด

2.5 กำหนดเงื่อนไขขอบเขตของพื้นที่ (Boundary Condition) ได้แก่ ค่าความสูงของระดับน้ำ ความเร็วของการไหล และค่าความเค็มที่บริเวณขอบเขตของพื้นที่ และกำหนดเงื่อนไขสภาพขอบเขตเริ่มต้น (Initial Conditions) ได้แก่ ค่าความสูงของระดับน้ำ ปริมาณการไหล และค่าความเค็มในเวลาที่เริ่มต้นคำนวณ

2.6 ทำการประยุกต์เงื่อนไขขอบเขต และเงื่อนไขสภาพขอบเขตเริ่มต้นจากข้อ 2.5 ลงในระบบสมการที่ได้จากข้อ 2.4 เพื่อคำนวณหาค่าความสูงของระดับน้ำ และ ปริมาณการไหลที่จุดต่อต่างๆ จากสมการอุทกพลศาสตร์ และนำค่าที่ได้ไปใช้ในสมการการแพร่กระจายของความเค็ม พร้อมทั้งประยุกต์เงื่อนไขขอบเขต และเงื่อนไขเริ่มต้น เช่นเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์โดยประมาณของ ค่าความเค็มที่ตำแหน่งต่างๆ ของลำน้ำ

3. <u>สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์</u>

นำผลที่ได้จากการพัฒนาสมการในข้อ 2 มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์(MATLAB version 6.1) โดย บุญเลิศ (2539) และทรงศักดิ์ (2540) ได้อธิบายขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนี้

3.1 วิเคราะห์ปัญหาซึ่งเป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการพัฒนาโปรแกรมเพื่อการแก้ปัญหา จากนั้นจึงมีการกำหนดข้อมูลเกี่ยวกับการนำเข้า (Input) และการแสดงผล (Output)

3.2 ออกแบบโปรแกรม โดยการเลือกและกำหนดขั้นตอนวิธี (Algorithms) ที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหา แล้วนำมาเขียนในรูปของผังงาน (Flow Chart)

3.3 เขียนโปรแกรม ซึ่งเป็นการนำผังงานมาถ่ายทอดเป็นคำสั่งที่เขียนด้วยภาษาคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน

3.4 แก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม โดยการหาข้อผิดพลาด (Bug) ที่เกิดขึ้นและทำการแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม (Debug)

4. <u>ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง</u>

นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นนำมาทดสอบความถูกต้องแม่นยำและตรวจสอบหาขั้นตอนการคำนวณที่ผิดพลาด โดยการเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองกับผลเฉลยจากการคำนวณ (Analytical Solution) ในกรณีการไหลของน้ำและการแพร่กระจายมลสารในลำรางที่มีหน้าตัดสม่ำเสมอ ถ้าผลเฉลยจากการคำนวณกับแบบจำลองไม่สอดคล้องกัน ให้ทำการตรวจสอบชุดคำสั่งในโปรแกรม และปรับแก้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จนกว่าผลเฉลยที่ได้จากการคำนวณกับแบบจำลองสอดคล้องกัน ถือว่าโปรแกรมเป็นที่ยอมรับได้

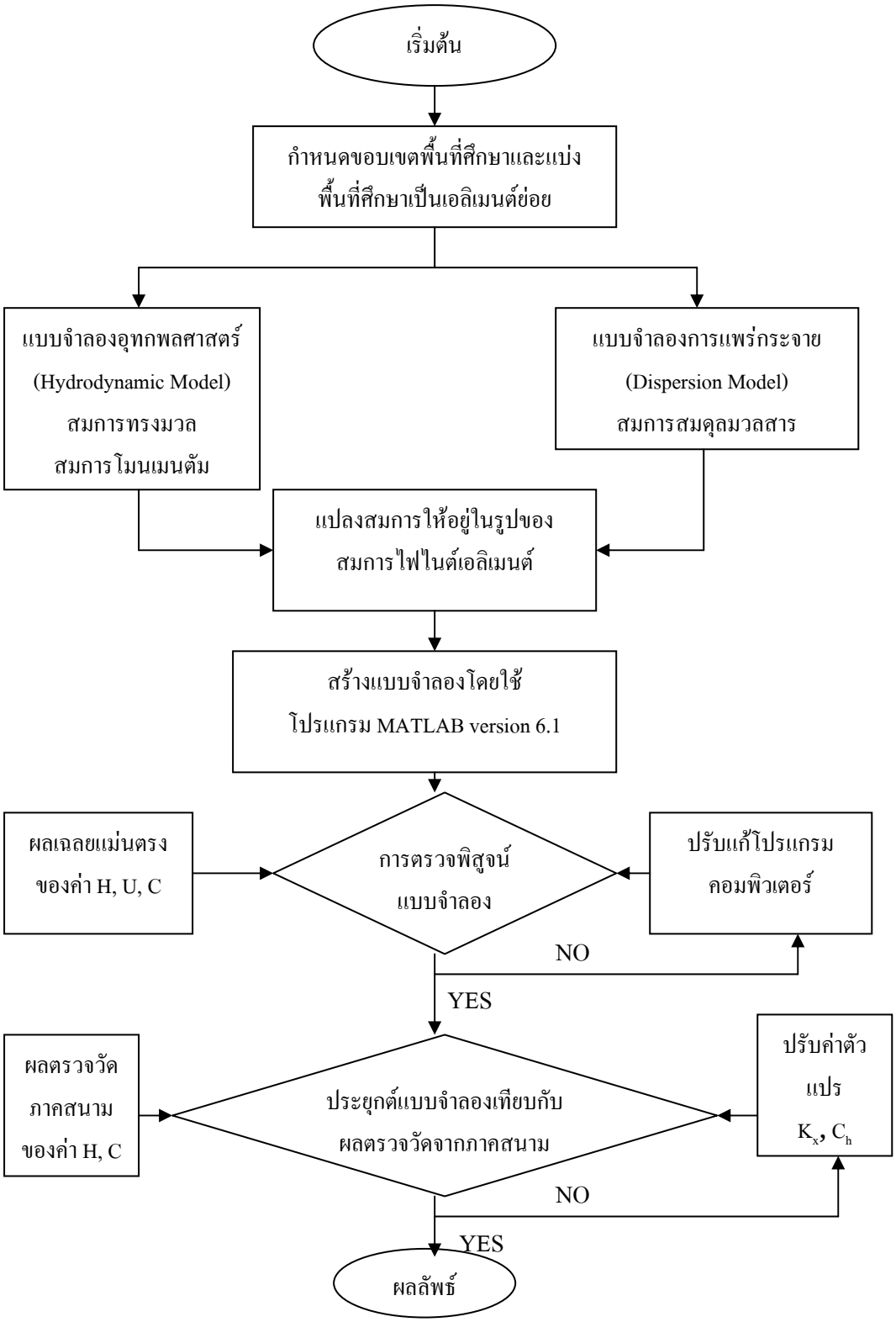
5. <u>ปรับเทียบแบบจำลองและประยุกต์ใช้กับแม่น้ำแม่กลอง</u>

การปรับเทียบแบบจำลองเป็นการปรับค่าพารามิเตอร์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับระบบที่จำลองขึ้น ทั้งนี้แบบจำลองไม่สามารถจำลองแบบของระบบธรรมชาติได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าที่ได้จึงอาจคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

โดยในขั้นตอนนี้ จะเป็นการนำแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมาประยุกต์ใช้ในการคำนวณการแพร่กระจายความเค็มในพื้นที่ศึกษาโดยการป้อนข้อมูลเกี่ยวกับลำน้ำ และเงื่อนไขขอบเขต ซึ่งได้แก่ การกำหนดจุดต่อตลอดแนวลำน้ำ ข้อมูลระดับน้ำ ปริมาณการไหล และค่าความเค็มที่ขอบเขตท้ายน้ำและต้นน้ำ จากนั้นทำการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระ (C_h) และการแพร่กระจาย (K_x) จนได้ค่าการคำนวณจากแบบจำลองสอดคล้องกับชุดข้อมูลที่วัดได้ในภาคสนาม ถือว่าแบบจำลองการแพร่กระจายความเค็มมีความสมบูรณ์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ศึกษาได้ หลักจากนั้นก็

เป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและการปรับเทียบแบบจำลองแล้ว นำไปคำนวณการแพร่กระจายของความเค็มในช่วงฤดูแล้งของแม่น้ำแม่กลองต่อไป

ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณการแพร่กระจายความเค็มในแม่น้ำแม่กลองดังที่กล่าวมา สามารถเขียนเป็นผังการทำงานได้ ดังภาพที่ 8



<u>ภาพที่ 8</u> ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณการแพร่กระจายความเค็มในแม่น้ำแม่กลอง