

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(9)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	27
ผลและวิจารณ์	33
สรุปและข้อเสนอแนะ	91
สรุป	91
ข้อเสนอแนะ	92
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	94
ภาคผนวก	98
ภาคผนวก ก Source code โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแบบจำลอง คำนวณการแพร่กระจายความเค็มที่สภาวะไม่คงที่	99
ภาคผนวก ข Source code โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแบบจำลอง คำนวณการแพร่กระจายความเค็มที่สภาวะคงที่	117
ภาคผนวก ค Source code โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณพื้นที่หน้าตัด และความลึกของแม่น้ำแม่กลอง	124
ภาคผนวก ง รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง	130
ภาคผนวก จ ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง	146
ภาคผนวก ฉ มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีใช้ทะเล	177

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลอง	7
ตารางผนวกที่		หน้า
ฉ1	มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินซึ่งมีใช้ทะเล	178

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะลุ่มน้ำและสถานีสำรวจอุทกวิทยาในลุ่มน้ำแม่กลอง	6
2	ตำแหน่งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำในแม่น้ำแม่กลอง	8
3	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) เฉลี่ยรายปีของแม่น้ำแม่กลอง ปี 2544-2548	9
4	ค่าความสกปรกในรูปบีโอดี (BOD) เฉลี่ยรายปีของแม่น้ำแม่กลอง ปี 2544-2548	9
5	ค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคัล โคลิฟอร์ม (FCB) เฉลี่ยรายปีของแม่น้ำแม่กลอง ปี 2544-2548	10
6	ค่าความเค็ม (Salinity) สูงสุดรายปีของแม่น้ำของแม่น้ำแม่กลอง	11
7	ลักษณะการไหลเข้าของน้ำเค็ม 3 แบบ	14
8	ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อคำนวณการแพร่กระจายความเค็มในแม่น้ำแม่กลอง	32
9	การแบ่งประเภทขอบเขตพื้นที่ของแหล่งน้ำสำหรับแบบจำลองอุทกพลศาสตร์	34
10	เอลิเมนต์ 1 มิติแบบเชิงเส้น ระบบพิกัด Cartesian	38
11	เอลิเมนต์ 1 มิติแบบเชิงเส้น ระบบพิกัด Local	39
12	ผังการทำงานแบบจำลองอุทกพลศาสตร์	46
13	การแบ่งประเภทขอบเขตพื้นที่ของแหล่งน้ำสำหรับแบบจำลองการแพร่กระจาย	48
14	ผังการทำงานแบบจำลองการแพร่กระจายที่สภาวะคงที่	54
15	ผังการทำงานแบบจำลองการแพร่กระจายที่สภาวะไม่คงที่	55
16	ไฟไนต์เอลิเมนต์กริดของลำรางหน้าตัดสมำเสมอสำหรับตรวจพิสูจน์แบบจำลองอุทกพลศาสตร์	56
17	การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่เวลาต่างๆ	59
18	การเปลี่ยนแปลงความเร็วการไหลของน้ำที่เวลาต่างๆ	60
19	การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ ณ เวลา 5, 5.5 และ 6 ชั่วโมง	61
20	การเปลี่ยนแปลงความเร็วการไหลที่ตำแหน่งต่างๆ ณ เวลา 5, 5.5 และ 6 ชั่วโมง	62
21	การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่ตำแหน่งต่างๆ ณ เวลา 11, 11.5 และ 12 ชั่วโมง	63
22	การเปลี่ยนแปลงความเร็วการไหลที่ตำแหน่งต่างๆ ณ เวลา 11, 11.5 และ 12 ชั่วโมง	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	ไฟไนต์เอลิเมนต์กริดของลำรางหน้าตัดสามเหลี่ยมสำหรับตรวจพิสูจน์แบบจำลองการแพร่กระจาย	65
24	ลำรางที่มีหน้าตัดคงที่ และมีการกำหนดความเข้มข้นของสารที่ปลายด้านต้นน้ำ	66
25	ลำรางที่มีหน้าตัดคงที่ และมีการกำหนดความเข้มข้นของสารที่ปลายด้านท้ายน้ำ	67
26	การแพร่กระจายมลสารผ่านลำรางหน้าตัดสามเหลี่ยมเมื่อมีการกำหนดค่าความเข้มข้นคงที่ที่ปลายต้นน้ำ ($K = 1 \text{ day}^{-1}$, $K_x = 100 \text{ m}^2/\text{s}$, $u = 0.1 \text{ m/s}$)	69
27	การแพร่กระจายมลสารผ่านลำรางหน้าตัดสามเหลี่ยมเมื่อมีการกำหนดค่าความเข้มข้นคงที่ที่ปลายท้ายน้ำ ($K = 0 \text{ day}^{-1}$, $K_x = 100 \text{ m}^2/\text{s}$, $u = 0.1 \text{ m/s}$)	70
28	ไฟไนต์เอลิเมนต์กริดของลำรางหน้าตัดสามเหลี่ยมที่มีการกำหนดจุดระบายมวลสารและอัตราการระบายมวลสาร	71
29	ลำรางที่มีหน้าตัดคงที่ และมีการกำหนดจุดระบายมวลสารและอัตราการระบายมวลสาร	72
30	การแพร่กระจายมลสารผ่านลำรางหน้าตัดสามเหลี่ยมที่มีการกำหนดจุดทิ้งมลสาร ($K = 0 \text{ day}^{-1}$, $K_x = 10 \text{ m}^2/\text{s}$, $u = 0.05 \text{ m/s}$, discharge loading = 5 g/m^2 cross-sectional area/s)	74
31	แผนภูมิจำลองสภาพการไหลของแม่น้ำแม่กลอง และสถานีตรวจวัดสภาพอุทกพลศาสตร์และคุณภาพน้ำ	77
32	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์กับผลตรวจวัดภาคสนามที่สถานีตรวจวัดระดับน้ำ K.57 วันที่ 13 – 14 เมษายน 2546 ($C_h = 14$, $\Delta t = 30 \text{ sec}$)	78
33	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์กับผลตรวจวัดภาคสนามที่สถานีตรวจวัดระดับน้ำ K.2B วันที่ 13 – 14 เมษายน 2546 ($C_h = 14$, $\Delta t = 30 \text{ sec}$)	79
34	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองอุทกพลศาสตร์กับผลตรวจวัดภาคสนามที่สถานีตรวจวัดระดับน้ำ K.55 วันที่ 13 – 14 เมษายน 2546 ($C_h = 14$, $\Delta t = 30 \text{ sec}$)	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
35	ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองการแพร่กระจายที่สภาวะคงที่ ณ วันที่ 6 มกราคม 2546 ($C_h = 14$, $K_x(0-9 \text{ km.}) = 1,600 \text{ m}^2/\text{s}$, $K_x(10-120 \text{ km.}) = 130 \text{ m}^2/\text{s}$)	81
36	ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองคำนวณการแพร่กระจายความเค็มที่สภาวะคงที่ วันที่ 14 ธันวาคม 2547 ($C_h = 14$, $K_x(0-9 \text{ km.}) = 1,600 \text{ m}^2/\text{s}$, $K_x(10-120 \text{ km.}) = 130 \text{ m}^2/\text{s}$)	82
37	ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองคำนวณการแพร่กระจายความเค็มที่สภาวะไม่คงที่ วันที่ 14 ธันวาคม 2547 ที่เวลา 0 ชั่วโมง ($C_h = 14$, $K_x(0-9 \text{ km.}) = 1,600 \text{ m}^2/\text{s}$, $K_x(10-120 \text{ km.}) = 130 \text{ m}^2/\text{s}$, $\Delta t = 30 \text{ sec}$, $Q = 106 \text{ m}^3/\text{s}$)	83
38	ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองคำนวณการแพร่กระจายความเค็มที่สภาวะไม่คงที่ วันที่ 14 ธันวาคม 2547 ที่เวลา 6 ชั่วโมง ($C_h = 14$, $K_x(0-9 \text{ km.}) = 1,600 \text{ m}^2/\text{s}$, $K_x(10-120 \text{ km.}) = 130 \text{ m}^2/\text{s}$, $\Delta t = 30 \text{ sec}$, $Q = 106 \text{ m}^3/\text{s}$)	84
39	ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองคำนวณการแพร่กระจายความเค็มที่สภาวะไม่คงที่ วันที่ 14 ธันวาคม 2547 ที่เวลา 12 ชั่วโมง ($C_h = 14$, $K_x(0-9 \text{ km.}) = 1,600 \text{ m}^2/\text{s}$, $K_x(10-120 \text{ km.}) = 130 \text{ m}^2/\text{s}$, $\Delta t = 30 \text{ sec}$, $Q = 106 \text{ m}^3/\text{s}$)	85
40	ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองคำนวณการแพร่กระจายความเค็มที่สภาวะไม่คงที่ วันที่ 14 ธันวาคม 2547 ที่เวลา 18 ชั่วโมง ($C_h = 14$, $K_x(0-9 \text{ km.}) = 1,600 \text{ m}^2/\text{s}$, $K_x(10-120 \text{ km.}) = 130 \text{ m}^2/\text{s}$, $\Delta t = 30 \text{ sec}$, $Q = 106 \text{ m}^3/\text{s}$)	86
41	ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลองคำนวณการแพร่กระจายความเค็มที่สภาวะไม่คงที่ วันที่ 14 ธันวาคม 2547 ที่เวลา 24 ชั่วโมง ($C_h = 14$, $K_x(0-9 \text{ km.}) = 1,600 \text{ m}^2/\text{s}$, $K_x(10-120 \text{ km.}) = 130 \text{ m}^2/\text{s}$, $\Delta t = 30 \text{ sec}$, $Q = 106 \text{ m}^3/\text{s}$)	87
42	ผลการเปรียบเทียบปริมาณการไหลที่ขอบเขตเหนือน้ำต่อการเปลี่ยนแปลงการแพร่กระจายความเค็มของแม่น้ำแม่กลอง วันที่ 14 ธันวาคม 2547 ($C_h = 14$, $K_x(0-9 \text{ km.}) = 1,600 \text{ m}^2/\text{s}$, $K_x(10-120 \text{ km.}) = 130 \text{ m}^2/\text{s}$, $\Delta t = 30 \text{ sec}$)	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

	ภาพผนวกที่	หน้า
ง1	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 16.85-21.85	131
ง2	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 22.85-27.85	132
ง3	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 28.85-33.85	133
ง4	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 34.85-39.85	134
ง5	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 40.85-45.85	135
ง6	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 46.85-51.85	136
ง7	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 52.85-57.85	137
ง8	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 58.85-63.85	138
ง9	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 65.85-70.85	139
ง10	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 71.85-76.85	140
ง11	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 77.85-82.85	141
ง12	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 83.85-88.85	142
ง13	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 89.85-99.85	143
ง14	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 102.85-120.85	144
ง15	รูปตัดขวางลำน้ำของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 123.85-136.85	145
จ1	ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 16.85-18.85	147
จ2	ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 19.85-21.85	148
จ3	ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 22.85-24.85	149
จ4	ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 25.85-27.85	150
จ5	ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 28.85-30.85	151

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
จ6	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 31.85-33.85	152
จ7	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 34.85-36.85	153
จ8	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 37.85-39.85	154
จ9	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 40.85-42.85	155
จ10	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 43.85-45.85	156
จ11	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 46.85-48.85	157
จ12	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 49.85-51.85	158
จ13	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 52.85-54.85	159
จ14	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 55.85-57.85	160
จ15	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 58.85-60.85	161
จ16	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 61.85-63.85	162
จ17	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 65.85-67.85	163
จ18	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 68.85-70.85	164

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
จ19	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 71.85-73.85	165
จ20	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 74.85-76.85	166
จ21	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 77.85-79.85	167
จ22	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 80.85-82.85	168
จ23	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 83.85-85.85	169
จ24	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 86.85-88.85	170
จ25	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 89.85-95.85	171
จ26	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 96.85-99.85	172
จ27	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 102.85-108.85	173
จ28	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 114.85-120.85	174
จ29	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 123.85-129.85	175
จ30	ความสัมพัทธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดและความลึกของแม่น้ำแม่กลอง กิโลเมตรที่ 132.85-136.85	176

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	=	พื้นที่หน้าตัดของการไหล
B	=	ความกว้างที่ผิวของทางน้ำไหล
C	=	ความเข้มข้นของมวลสารตลอดทั้งพื้นที่หน้าตัด
C_h	=	Chezy' s coefficient of roughness
G_h, G_q, G_c	=	อินทิกรัลทั่วพื้นที่ศึกษา
G_h^e, G_q^e, G_c^e	=	อินทิกรัลในเอลิเมนต์ย่อย e
g	=	ความเร่งอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วง
\bar{h}^e	=	ค่าที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์
H	=	ความลึกของน้ำ
H_i	=	ค่าความลึกของน้ำที่ node i
\underline{H}	=	เมตริกซ์ของ H_i
h_0	=	ระดับน้ำเฉลี่ย
\hat{h}	=	ผลเฉลยโดยประมาณของ H
I	=	จำนวนเอลิเมนต์ทั้งหมด
K	=	สัมประสิทธิ์การย่อยสลาย
K_x	=	สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายตามแนวแกน x
$N_i, i = 1-n$	=	ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์ที่ node i
\underline{N}	=	เมตริกซ์ของ N_i
\underline{N}^T	=	Transposed matrix ของ \underline{N}
n	=	จำนวนจุดต่อ
Q	=	ปริมาณการไหล
Q_i	=	ค่าปริมาณการไหลเฉลี่ยที่ node i
\underline{Q}	=	เมตริกซ์ของ Q_i
q_n	=	ปริมาณการไหลเข้าด้านข้างต่อความยาวของขอบเขตพื้นที่
\hat{q}	=	ผลเฉลยโดยประมาณของ Q
\bar{q}^e	=	ค่าที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลองอุทกพลศาสตร์
R	=	อัตราการระบายของสารสู่ลำน้ำต่อหน่วยปริมาตร
R_h, R_q, R_c	=	เศษเหลือเนื่องจากผลเฉลยโดยประมาณ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

r	=	รัศมีทางชลศาสตร์
S^e	=	ปริมาณสารที่ระบายลงสู่เอลิเมนต์ต่อหน่วยเวลา (กรัม/วินาที)
S_c	=	บริเวณขอบเขตชายฝั่ง
S_o	=	บริเวณขอบเขตเปิด
t	=	เวลา
u	=	ความเร็วของการไหลในแนวแกน x
V^e	=	ปริมาตรของเอลิเมนต์ย่อย e
W_{hi}, W_{qi}	=	ฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก (Weighting Function) ของ Residual R_h และ R_q
x	=	ระยะทางในแนวแกน x
Δs	=	ระยะห่างระหว่างเอลิเมนต์
Δt	=	ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการคำนวณ
η	=	ระดับการเปลี่ยนแปลงของผิวน้ำ
ϕ	=	ผลเฉลยโดยประมาณ (Approximate Solution) หรือ ตัวไม่รู้ค่า (Unknown)
$\phi_i, i = 1-n$	=	ผลเฉลยโดยประมาณที่จุดต่อ (Nodal Approximate Solution) หรือ ตัวไม่รู้ค่าที่จุดต่อ (Nodal Unknown)
$\underline{\phi}$	=	เมตริกซ์ของ ϕ_i
$\alpha_i, i = 1-n$	=	เป็นค่าคงที่ที่หาได้จากเงื่อนไขของค่าที่จุดต่อ
ppt	=	Part Per Thousand