สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ …… (3)

Abstract …… (5)

กิตติกรรมประกาศ …… (7)

สารบาญ …… (8)

รายการตาราง …… (13)

รายการภาพประกอบ …… (14)

ตัวย่อและสัญลักษณ์ …… (20)

บทที่

1. บทนำ …… 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของหัวข้อวิจัย …… 1

1.2 การตรวจเอกสาร …… 2

1.3 วัตถุประสงค์ …… 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย …… 4

1.5 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย …… 4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ …… 5

2. หลักการทำงานและแนวความคิด …… 6

2.1 แนวความคิดในการสร้างแบบจำลอง …… 6

2.2 ชนิดของแบบจำลอง …… 7

2.2.1 แบบจำลองคงตัว (Steady Model) …… 7

2.2.2 แบบจำลองไม่คงตัว (Unsteady Model)…… 8

2.2.3 แบบจำลองสม่ำเสมอ (Uniform Model)…… 8

2.2.4 แบบจำลองไม่สม่ำเสมอ (Non-uniform Model)…… 8

2.3 แบบจำลองเสมือนตัวกรองสัญญาณ (FILTER)…… 10

2.4 แนวทางการสร้างแบบจำลอง …… 13

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

3. โครงสร้างของแบบจำลอง……..……...…… 16

3.1 โครงสร้างของแบบจำลอง ……. 16

3.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลอง …….. 18

3.2.1แผนที่แสดงผลลัพธ์สัมพัทธ์ ……..…….……....…... 19

3.2.2 แผนที่แสดงผลลัพธ์จริง ……..……..……...…… 19

4. รายละเอียดของแบบจำลอง ……..……...…… 21

4.1 แบบจำลองระดับความสูง ……. 21

4.1.1 เส้นระดับความสูง ……..…….……....…….. 21

4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลความสูง …….……..…….……....…….. 22

4.1.3 จุดสูงสุดสัมพัทธ์และจุดต่ำสุดสัมพัทธ์ ….…….……....…….. 24

4.1.4 สมการลาปลาซ ……..…….……....…….. 26

4.2 แบบจำลองเส้นทางการไหลของน้ำ ……..……. 28

4.2.1 การประมาณฟังก์ชันความสูงในรูปแบบของฟังก์ชันเชิงขั้ว……..…….. 28

4.2.2 การประมาณด้วยอนุกรมจำกัดกำลังสอง …….……..…….. 29

4.2.3 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันอนุกรมจำกัดกำลังสอง.…….……..…... 30

4.2.4 การคำนวณทิศทางการไหลของน้ำ ……..……..……..…... 33

4.2.5 สรุปลำดับการคำนวณของแบบเส้นทางการไหลของน้ำ …….……..…... 35

4.3 แบบจำลองพื้นที่รับน้ำ …….……. 36

4.3.1 พื้นที่รับน้ำ……..…….……..…….. 36

4.3.2 ค่าอนุพันธ์ของพื้นที่รับน้ำ…….……..…….. 38

4.3.3 การคำนวณค่าอนุพันธ์ของพื้นที่รับน้ำจากเส้นทางการไหลของน้ำ …....….. 39

4.4 แบบจำลองปริมาณน้ำฝน…….……. 43

4.5 แบบจำลองพื้นผิวดิน…….……. 43

4.6 แบบจำลองพื้นผิวต้นไม้ ……..…….……. 43

4.7 แบบจำลองความต้านทานการไหลของน้ำ …..……. 44

4.7.1 แรงต้านทาน ……..…….……..…….. 44

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

4.7.1.1 ค่าความคล่องตัวของพื้นผิวที่มีผลต่อน้ำ 45

4.7.1.2 มวลและความเร็วของน้ำ 45

4.7.2 การกำหนดค่าความคล่องตัว 46

4.7.3 การกำหนดลักษณะของฟังก์ชันความต้านทาน..... 47

4.7.3.1 สภาพความนำแบบไม่เป็นเชิงเส้น 48

4.7.3.2 การคำนวณฟังก์ชันของแรงต้านทานน้ำ 48

4.7.4 การวัดค่าความคล่องตัว 50

4.8 แบบจำลองอัตราการไหลของน้ำ 50

4.8.1 สภาวะที่เหมาะสมในการคำนวณอัตราการไหล..... 51

4.8.2 การปรับปรุงแบบจำลองในอนาคต 52

4.8.3 หลักการคำนวณค่าความหนาแน่นของน้ำ 52

4.8.3.1 แรงต้านทานการไหลของน้ำ 53

4.8.3.2 ความเร็วในภาวะสมดุล 54

4.8.3.3 ความเร็วในแนวระนาบ 54

4.8.3.4 ความหนาแน่นของกระแสในแนวระนาบ..... 55

4.9 แบบจำลองความลึก 56

4.9.1 กระแสน้ำและความหนาแน่นของกระแสน้ำ 57

4.9.2 การไหลของกระแสน้ำในสภาวะคงตัว 58

5. ผลเฉลยของสมการลาปลาซด้วยระเบียบวิธีบาวดารี่เอลิเมนต์..... 60

5.1 ผลเฉลยสมการลาปลาซในเชิงวิเคราะห์..... 61

5.2 ผลเฉลยในเชิงตัวเลข 62

5.2.1 การประมาณค่าของแรงดันและกระแสบนเส้นขอบเขต..... 64

5.2.2 กระแสบนเส้นขอบเขต..... 66

5.2.3 การคำนวณแรงดันภายในเส้นขอบเขต..... 71

5.2.4 กระบวนการคำนวณค่าแรงดันภายในเส้นขอบเขต..... 73

5.2.5 การคำนวณค่าอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งของแรงดันภายในเส้นขอบเขต..... 74

5.2.6 การคำนวณค่าอนุพันธ์อันดับที่สองของแรงดันภายในเส้นขอบเขต..... 77

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

6. การทดสอบแบบจำลองระดับความสูง ……..……..……..…… 81

6.1 ขั้นตอนการทดสอบ ……..…….…….…… 81

6.1.1 การสร้างฟังก์ชันความสูง …….…….…….. 81

6.1.2 การคำนวณค่าฟังก์ชันความสูง h(x,y) …….…….…….. 82

6.1.3 การกำหนดเส้นระดับความสูง …….…….…….. 82

6.1.4 การประมาณค่าความสูงโดยใช้แบบจำลองระดับความสูง…….…….…… 84

6.1.5 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน …….…….…….…….. 85

6.2 ผลการทดลอง …….……..…….…….…… 85

6.2.1 ค่าระดับความสูงที่คำนวณจากฟังก์ชัน h(x,y) …….…….…….. 85

6.2.2 การกำหนดข้อมูลเริ่มต้นจากจำนวนของเส้นระดับความสูง..…….…….…….. 87

6.2.3 การแสดงผลการประมาณค่าความสูงจากแบบจำลองเส้นระดับความสูง…….. 90

6.2.3.1 ผลลัพธ์จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นที่มีค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$…… 91

6.2.3.2 ผลลัพธ์จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นที่มีค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$…… 92

6.2.3.3 ผลลัพธ์จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นที่มีค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$…… 94

6.2.4 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน ……...……

96

6.2.4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นที่มีค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$ ..… 97

6.2.4.2 ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นที่มีค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$…… 99

6.2.4.3 ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นที่มีค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$…… 101

6.3 สรุปผลการทดลอง ……..…….…….……. 102

6.3.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการประมาณที่ใช้ข้อมูลเริ่มต้น ……..….. 103

ซึ่งมีระยะห่างของพิกัดเท่ากัน

6.3.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการประมาณที่ใช้ข้อมูลเริ่มต้น ……. 104

ที่มีจำนวนเส้นระดับความสูงเท่ากัน

6.3.3 การเปรียบเทียบค่าความเคลื่อนของผลลัพธ์จากการประมาณ ……...…..

105

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

7. ผลลัพธ์ของแบบจำลองน้ำท่วม ……..……...…… 109

7.1 ข้อมูลเริ่มต้น ….……..…..…….……. 110

7.1.1 ข้อมูลน้ำฝน ……..…….. 110

7.1.2 ข้อมูลความสูง ……..…..….. 110

7.1.3 ข้อมูลสภาพดินและข้อมูลของสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของป่าไม้ …..…….. 111

7.2 ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองน้ำท่วม ..…….……. 112

7.2.1 ผลลัพธ์ของแบบจำลองระดับความสูง ……..…….. 113

7.2.2 ผลลัพธ์ของแบบจำลองเส้นทางการไหลของกระแสน้ำ……..…….. 117

7.2.3 ผลลัพธ์ของแบบจำลองพื้นที่รับน้ำ ……..……..…….. 120

7.2.4 ผลลัพธ์ของแบบจำลองอัตราการไหลของกระแสน้ำ ....……..…….. 124

7.2.5 ผลลัพธ์ของแบบจำลองความลึกของระดับน้ำ ……....……..…….. 131

7.3 ผลลัพธ์ของแบบจำลองน้ำท่วม ……..……..……... 136

7.4 สรุป …….. ……..……... 138

8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ……..……...…… 139

8.1 สรุปขั้นตอนการคำนวณและผลลัพธ์ของแบบจำลองน้ำท่วม…….…… 139

8.1.1 สรุปขั้นตอนการคำนวณและผลลัพธ์ของแบบจำลองระดับความสูง..…..…….. 139

8.1.2 สรุปขั้นตอนการคำนวณและผลลัพธ์ของแบบจำลองเส้นทางการไหลของน้ำ…….. 140

8.1.3 สรุปขั้นตอนการคำนวณและผลลัพธ์ของแบบจำลองพื้นที่รับน้ำ…….. 140

8.1.4 สรุปขั้นตอนการคำนวณและผลลัพธ์ของแบบจำลองอัตราการไหลของน้ำ…….. 140

8.1.5 สรุปขั้นตอนการคำนวณและผลลัพธ์ของแบบจำลองความลึก ……...…….. 141

8.2 สรุปคุณสมบัติที่สำคัญของแบบจำลองน้ำท่วม …….…… 141

8.3 บทวิจารณ์และข้อเสนอแนะ …… …….…… 142

บรรณานุกรม …… 144

ประวัติผู้เขียน …… 145

รายการตาราง

ตาราง **หน้า**

2-1 แสดงชนิดของแบบจำลอง ……... … 9

4-1 แสดงชนิดของค่าความคล่องตัว …… 48

6-1 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณ …….. 105
โดยใช้ข้อเริ่มต้นที่ระยะห่างของพิกัดเท่ากับ 0.1

6-2 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณ …….. 106
โดยใช้ข้อเริ่มต้นที่ระยะห่างของพิกัดเท่ากับ 0.2

6-3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณ …….. 106
โดยใช้ข้อเริ่มต้นที่ระยะห่างของพิกัดเท่ากับ 0.5

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

2-1 แสดงแนวคิดของ FLOOD MODEL 7

2-2 แสดงตัวกรองสัญญาณที่มีอินพุตเป็นปริมาณน้ำฝนที่จุด (x_i, y_i) และมีเอาท์พุตเป็นระดับความลึกของน้ำท่วมที่ (x_o, y_o) 11

2-3 แสดงผลรวมระดับความลึกของน้ำท่วมจากตัวกรองสัญญาณทุกๆตัว 12

2-4 แสดงรูปคลื่นของอินพุตและเอาท์พุตเป็นแบบจำลองคงตัว 12

2-5 แสดงรูปคลื่นของอินพุตและเอาท์พุตที่เป็นแบบจำลองไม่คงตัว 13

3-1 แสดงโครงสร้างของแบบจำลอง 16

4-1 แผนที่แสดงเส้นระดับความสูงของจุดต่างๆในพื้นที่เทียบกับระดับน้ำทะเล..... 22

4-2 แสดงการประมาณค่าความสูง 23

4-3 แสดงจุดที่ต้องการหาค่าระดับความสูง 24

4-4 แสดงฟังก์ชัน $f(x, y)$ ซึ่งแทนด้วยฟังก์ชัน h(x,y) ภายในวงกลมรัศมี r_0 29

4-5 แสดงถึงคุณลักษณะของอนุกรมอนันต์ 29

4-6 แสดงเส้นทางการไหลของน้ำจากการคำนวณ 33

4-7 สรุปลำดับการคำนวณเส้นทางการไหลของกระแสน้ำ 35

4-8 แสดงพื้นที่รับน้ำ 37

4-9 แสดงพื้นที่รับน้ำย่อย ΔC 39

4-10 แสดงทิศทางของแรงต้านทาน 44

4-11 แสดงแรงต้านทานการไหลกระน้ำบนพื้นผิวที่มีความชัน 49

4-12 แสดงการทดลองเพื่อหาค่าสภาพความนำ 50

4-13 แสดงแรงที่กระทำต่อกระแสน้ำไหลลงสู่ที่ต่ำ 52

4-14 แสดงความสัมพันธ์ของแบบจำลองต่างๆที่ใช้ในการคำนวณแบบจำลองความลึก ... 56

4-15 แสดงระดับความลึกของกระแสน้ำที่ไหลผ่านช่องทางรับน้ำ 57

5-1 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณหาผลเฉลย 60

5-2 แสดงการแบ่งขอบเขต S เป็นขอบเขตย่อย 63

5-3 กระบวนการคำนวณค่าแรงดันภายในเส้นขอบเขต $V(P \notin S)$ 73

6-1 แสดงขั้นตอนการสร้างเส้นระดับความสูง 82

6-2 แสดงลักษณะข้อมูลเริ่มต้น 83

6-3 แสดงการคำนวณของแบบจำลองเส้นระดับความสูง 84

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

6-4 (a) ค่าความสูงของฟังก์ชัน h(x,y) โดยใช้ค่า $\Delta x = \Delta y$ เท่ากับ 0.1 85

6-4 (b) ค่าความสูงของฟังก์ชัน h(x,y) โดยใช้ค่า $\Delta x = \Delta y$ เท่ากับ 0.1 85

6-5 (a) ค่าความสูงของฟังก์ชัน h(x,y) โดยใช้ค่า $\Delta x = \Delta y$ เท่ากับ 0.2 86

6-5 (b) ค่าความสูงของฟังก์ชัน h(x,y) โดยใช้ค่า $\Delta x = \Delta y$ เท่ากับ 0.2 86

6-6 (a) ค่าความสูงของฟังก์ชัน h(x,y) โดยใช้ค่า $\Delta x = \Delta y$ เท่ากับ 0.5 86

6-6 (b) ค่าความสูงของฟังก์ชัน h(x,y) โดยใช้ค่า $\Delta x = \Delta y$ เท่ากับ 0.5 86

6-7 (a) ข้อมูลเริ่มต้นลักษณะที่ 1 จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$ 87

6-7 (b) ข้อมูลเริ่มต้นลักษณะที่ 2 จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$ 87

6-7 (c) ข้อมูลเริ่มต้นลักษณะที่ 3 จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$ 88

6-8 (a) ข้อมูลเริ่มต้นลักษณะที่ 1 จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$ 88

6-8 (b) ข้อมูลเริ่มต้นลักษณะที่ 2 จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$ 88

6-8 (c) ข้อมูลเริ่มต้นลักษณะที่ 3 จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$ 89

6-9 (a) ข้อมูลเริ่มต้นลักษณะที่ 1 จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$ 89

6-9 (b) ข้อมูลเริ่มต้นลักษณะที่ 2 จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$ 89

6-9 (c) ข้อมูลเริ่มต้นลักษณะที่ 3 จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$ 90

6-10 แสดงการคำนวณความสูงจากแบบจำลองเส้นระดับความสูง..... 90

6-11(a) ค่าความสูงที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 91
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$

6-11(b) เส้นระดับความสูงจากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 91
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$

6-12(a) ค่าความสูงที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 91
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$

6-12(b) เส้นระดับความสูงจากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 91
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$

6-13(a) ค่าความสูงที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 92
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$

6-13(b) เส้นระดับความสูงจากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 92
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

6-14(a) ค่าความสูงที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 ……. 92
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$

6-14(b) เส้นระดับความสูงจากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 ……. 92
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$

6-15(a) ค่าความสูงที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 ……. 93
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$

6-15(b) เส้นระดับความสูงจากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 ……. 93
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$

6-16(a) ค่าความสูงที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 ……. 93
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$

6-16(b) เส้นระดับความสูงจากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 ……. 93
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$

6-17(a) ค่าความสูงที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 ……. 94
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$

6-17(b) เส้นระดับความสูงจากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 ……. 94
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$

6-18(a) ค่าความสูงที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 ……. 94
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$

6-18(b) เส้นระดับความสูงจากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 ……. 94
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$

6-19(a) ค่าความสูงที่ได้จากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 ……. 95
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$

6-19(b) เส้นระดับความสูงจากการประมาณโดยใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 ……. 95
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$

6-20 สรุปขั้นตอนการคำนวณค่าจริงและค่าประมาณจากแบบจำลอง …….. 96

6-21 แผนผังแสดงขั้นตอนการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน ……97

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

6-22(a) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 …….. 97
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$
6-22(b) เส้นระดับความสูงจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 …… 97
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$
6-23(a) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 …….. 98
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$
6-23(b) เส้นระดับความสูงจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 …… 98
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$
6-24(a) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 …….. 98
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$
6-24(b) เส้นระดับความสูงจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 …… 98
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.1$
6-25(a) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 …….. 99
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$
6-25(b) เส้นระดับความสูงจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 …… 99
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$
6-26(a) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 …….. 100
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$
6-26(b) เส้นระดับความสูงจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 …… 100
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$
6-27(a) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 …….. 100
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$
6-27(b) เส้นระดับความสูงจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 …… 100
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.2$
6-28(a) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 …….. 101
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$
6-28(b) เส้นระดับความสูงจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 1 …… 101
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

6-29(a) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 …….. 101
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$
6-29(b) เส้นระดับความสูงจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 2 …… 101
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$
6-30(a) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 …….. 102
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$
6-30(b) เส้นระดับความสูงจากการใช้ข้อมูลเริ่มต้นในลักษณะที่ 3 …… 102
จากการใช้ค่า $\Delta x = \Delta y = 0.5$
6-31 แสดงค่าคลาดเคลื่อนในการประมาณของแบบจำลอง …….. 107
7-1 ขั้นตอนการคำนวณ …… 109
7-2 ข้อมูลเส้นระดับความสูง …….. 111
7-3 แสดงโครงสร้างของแบบจำลองน้ำท่วม (Flood Model) …… 112
7-4 แสดงผลลัพธ์การประมาณค่าความสูงแบบ 3 มิติ …….. 113
7-5 แสดงผลลัพธ์การประมาณค่าความสูงระหว่างจุดพิกัด(2,3) และ (3,2) …… 114
7-6 แสดงผลลัพธ์การประมาณค่าความสูงระหว่างจุดพิกัด(4,5) และ (5,4) …….. 114
7-7 แสดงผลลัพธ์เส้นระดับความสูงแบบ 2 มิติ …… 115
7-8 แสดงผลลัพธ์ในรูปแบบแผนที่ระดับความสูง …….. 116
7-9 แสดงผลลัพธ์ของแบบจำลองเส้นทางการไหลของน้ำ ……..……. 117
7-10 แสดงเส้นทางการไหลของกระแสน้ำที่ไหลผ่านจุด (2,3) …… 118
7-11 แสดงเส้นทางการไหลของกระแสน้ำที่ไหลผ่านจุด (3,2) …… 118
7-12 แสดงเส้นทางการไหลและระดับความสูงที่จุดต่างๆในพื้นที่ที่พิจารณา …….. 119
7-13 แสดงพื้นที่รับน้ำซึ่งน้ำไหลผ่านช่องทางรับน้ำระหว่างจุด(2,3)และ(3,2) …….. 120
7-14 แสดงพื้นที่รับน้ำและค่าระดับความสูงที่จุดต่างๆในพื้นที่ที่พิจารณาจุด(2,3)และ(3,2)…. 121
7-15 แสดงค่าอนุพันธ์ของพื้นที่รับน้ำ …….. 122
7-16 แสดงค่าอนุพันธ์ของพื้นที่รับน้ำที่จุดต่างๆบนเส้นตรงที่ลากจากจุด(2,3)ไปยัง(3,2) ….. 123
7-17 แสดงค่าความเร็วที่จุดต่างๆในพื้นที่ที่พิจารณาแบบ 3 มิติ …….. 124
7-18 แสดงค่าความเร็วที่จุดต่างๆในพื้นที่ที่พิจารณาแบบ 2 มิติ …… 125
7-19 แสดงค่าอัตราการไหลที่จุดต่างๆในพื้นที่ที่พิจารณาแบบ 2 มิติ …….. 126

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

7-20 แสดงค่าความเร็วที่จุดต่างๆในพื้นที่ที่พิจารณาโดยการใช้ระดับสีเทา 127

7-21 แสดงค่าความเร็วและเส้นระดับความสูงที่จุดต่างๆในพื้นที่ที่พิจารณา 128

7-22 แสดงเส้นทางการไหลของกระแสน้ำระหว่างจุด(2,3)และจุด(3,2) 129

7-23 แสดงค่าความเร็วที่จุดต่างๆบนเส้นที่ลากจากจุด(2,3)ไปยังจุด(3,2) 129

7-24 แสดงค่าอัตราการไหลที่จุดต่างๆบนเส้นที่ลากจากจุด(2,3)ไปยังจุด(3,2) 130

7-25 แสดงค่าความลึกของจุดต่างๆในพื้นที่ที่พิจารณาแบบ 3 มิติ 131

7-26 แสดงเส้นระดับความลึกของจุดต่างๆในพื้นที่ที่พิจารณา 132

7-27 แสดงระดับความลึกด้วยระดับสีเทา 133

7-28 แสดงระดับความลึกด้วยระดับสีเทาและเส้นความสูงในพื้นที่ที่พิจารณา 134

7-29 แสดงค่าความลึกของระดับน้ำที่จุดต่างๆบนเส้นตรงที่ลากจากจุด(2,3)ไปยัง(3,2) 135

7-30 แสดงค่าความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ที่พิจารณาแบบ 3 มิติ 136

7-31 แสดงค่าความเสี่ยงในการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ที่พิจารณาแบบ 2 มิติ 137

ตัวย่อและสัญลักษณ์

BEM	=	BOUNDARY ELEMENT METHOD
FEM	=	FINITE ELEMENT METHOD
FDM	=	FINITE DIFFERENT METHOD
R	=	ความเร็วของปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มสูงขึ้น
h	=	ค่าความสูงของพื้นผิว
∇h	=	ความชันของพื้นผิว
σ	=	ค่าสภาพความนำของพื้นผิว
v	=	ความเร็วของกระแสน้ำ
ρ	=	ค่าความหนาแน่นของน้ำ
m	=	มวลของน้ำ
g	=	ความเร่งโน้มถ่วงของโลก
Q	=	ความหนาแน่นของกระแสน้ำ
I	=	อัตราการไหลของกระแสน้ำ
C	=	พื้นที่รับน้ำ
L	=	ค่าอนุพันธ์ของพื้นที่รับน้ำเทียบกับความกว้างของช่องทางรับน้ำ
w	=	ความกว้างของช่องทางรับน้ำ
d	=	ความลึกของระดับน้ำ