สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การวิเคราะห์ความถี่ของอุทกภัย

ดร. ชวลิต ชาลีรักษ์ตระกูล

การวิเคราะห์ความถี่อุทกภัย

โครงการหนังสือวิชาการที่น่าพิมพ์ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ให้จัดพิมพ์
และจำหน่ายในราคาย่อมเยา

ถ่ายเอกสารแทนการใช้หนังสือ
คือการทำลายภูมิปัญญาสร้างสรรค์

การวิเคราะห์ความถี่อุทกภัย

ดร.ชวลิต ชาลีรักษ์ตระกูล

รองศาสตราจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

2551

ชวลิต ชาลีรักษ์ตระกูล.
การวิเคราะห์ความถี่ของอุทกภัย.
1. อุทกภัย--แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.

GB1399
ISBN 978-974-9900-53-6
eISBN 978-616-314-112-5

ลิขสิทธิ์ของ **รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ชาลีรักษ์ตระกูล**
สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนธันวาคม 2551
จำนวน 300 เล่ม
ฉบับอิเล็กทรอนิกส์ (e-book) กันยายน 2557

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย **สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**
อาคารธรรมศาสตร์ 60 ปี ชั้น U1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ถนนพระจันทร์ กรุงเทพฯ 10200
โทร. 0-2223-9232, 0-2613-3801-2 โทรสาร 0-2226-2083
(สำนักงานศูนย์รังสิต โทร. 0-2564-2859-60)
e-mail address: unipress@tu.ac.th

พิมพ์ที่ **โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**
นางอรุณศรี วิโรจนกูฏ ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา

แบบปกโดย นายณรงค์ฤทธิ์ สิงห์ทอง

ราคาเล่มละ 290.- บาท

สารบาญ

หน้า

สารบาญรูป (8)
สารบาญตาราง (11)
คำนำ (17)
กิตติกรรมประกาศ (20)
คำอธิบายสัญลักษณ์ (21)

บทที่ 1 พื้นฐานของความน่าจะเป็น 1

1.1 แนวความคิดของความน่าจะเป็น 1
1.2 ควอนไทล์และรอบปีการเกิดซ้ำ 2
1.3 ระดับความเสี่ยงของการเกิดพิบัติภัย 5
1.4 แบบฝึกหัด 13

ส่วนที่ 1 การจำลองทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็น เข้ากับตัวแปรสุ่มอุทกภัย

บทที่ 2 ค่าทางสถิติสำหรับอธิบายการกระจายของตัวแปรสุ่ม 16

2.1 โมเมนต์ผลคูณ 16
2.1.1 การประมาณการ 19
2.1.2 การแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึม 20
2.2 โมเมนต์เชิงเส้น 23
2.2.1 การประมาณการ 25
2.2.2 ข้อดีของโมเมนต์เชิงเส้น 29
2.3 การประมาณการพารามิเตอร์ 30
2.3.1 วิธีโมเมนต์ 30
2.3.2 วิธีโมเมนต์เชิงเส้น 31
2.3.3 วิธีความน่าจะเป็นสูงสุด 37
2.4 เกณฑ์สำหรับวัดความแม่นยำของค่าประมาณการของพารามิเตอร์ 40
2.5 แบบฝึกหัด 42

บทที่ 3 ทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็นตระกูลนอร์มอล **43**

3.1 ทฤษฎีนอร์มอล 43
3.2 ทฤษฎี LN และ LN3 51
3.3 แบบฝึกหัด 62

บทที่ 4 ทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็นตระกูล Generalized Extreme Value **65**

4.1 ทฤษฎีกัมเบล 66
4.2 ทฤษฎี GEV 71
4.3 ทฤษฎีไวบูลล์ 83
4.4 แบบฝึกหัด 91

บทที่ 5 ทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็นตระกูลเพียร์สัน ประเภท 3 **93**

5.1 ทฤษฎี P3 93
5.2 ทฤษฎี LP3 108
5.3 แบบฝึกหัด 114

บทที่ 6 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและช่วงความมั่นใจของควอนไทล์ **116**

6.1 ช่วงความมั่นใจของควอนไทล์ 117
6.2 ช่วงความมั่นใจของควอนไทล์นอร์มอล และ LN 118
6.3 ช่วงความมั่นใจของควอนไทล์ P3 และ LP3 127
6.4 ช่วงความมั่นใจของควอนไทล์กัมเบล และ GEV 131
6.5 แบบฝึกหัด 136

ส่วนที่ 2 การเลือกฟังก์ชันแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มอุทกภัย

บทที่ 7 ตำแหน่งการพล็อตและพล็อตความน่าจะเป็น **139**

7.1 ทางเลือกของตำแหน่งการพล็อต 141
7.2 กระดาษความน่าจะเป็น 145
7.2.1 กระดาษนอร์มอล, LN และกัมเบล 145
7.2.2 กระดาษ GEV, P3 และ LP3 148
7.3 แบบฝึกหัด 181

บทที่ 8 การทดสอบความพอดีทางสถิติ **182**

8.1 เกณฑ์ไคสแควร์ 182
8.2 เกณฑ์โคลมอกอรอฟ-สเมียร์นอฟ 189
8.3 เกณฑ์ PPCC 194
8.4 อัตราส่วนโมเมนต์เชิงเส้น 204
8.5 แบบฝึกหัด 203

บทที่ 9 แผนภาพโมเมนต์เชิงเส้นและการวิเคราะห์ความถี่แบบลุ่มน้ำรวม **205**

9.1 แผนภาพโมเมนต์เชิงเส้น 205
9.1.1 วิธีการสร้าง 206
9.1.2 ทฤษฎีจริงของน้ำหลากในประเทศไทย 208
9.2 การวิเคราะห์ความถี่แบบลุ่มน้ำรวม 217
9.2.1 วิธีการน้ำหลากดัชนี GEV และโมเมนต์เชิงเส้น 218
9.2.2 ทฤษฎีที่มีประสิทธิภาพสำหรับน้ำหลากในประเทศไทย 225
9.3 แบบฝึกหัด 239

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ความถี่ **241**

บรรณานุกรม **243**

อภิธานศัพท์ **251**

ดรรชนี **260**

สารบาญรูป

รูป		หน้า
1.1	แผนภาพสำหรับหารอบปีการเกิดซ้ำ T ของเหตุการณ์พิบัติภัย $X > x_{T\text{-yr.}}$ หนึ่งในช่วงเวลา N ปี	3
2.1	ตัวอย่างกราฟรูปแท่งความถี่ (histogram) ของชุดข้อมูลของ X แบบต่างๆ ที่มีค่าเฉลี่ย μ_X เดียวกัน	17
2.2	ตัวอย่างกราฟรูปแท่งความถี่ของชุดข้อมูลของ X ที่มีสัมประสิทธิ์ความเบ้ γ_X (a) บวก — เบ้ขวา — (b) ศูนย์ — สมมาตร — และ (c) ลบ — เบ้ซ้าย	18
2.3	นิยามของโมเมนต์เชิงเส้นลำดับต่างๆ	24
3.1	PDF $f_X(x)$ และ CDF $F_X(x)$ ของ $N(\mu_X, \sigma_X^2)$ เมื่อ $\mu_X = 0$ และ $\sigma_X^2 = 0.25, 1$ และ 4 ตามลำดับ	44
3.2	ความน่าจะเป็น $P(X > 1{,}250$ มม.$)$ และ $P(600$ มม. $< X \leq 1{,}200$ มม.$)$ ที่ต้องการหาในตัวอย่าง 3.1	49
3.3	PDF $f_X(x)$ ของ $LN(\mu_Y, \sigma_Y^2)$ สำหรับตัวแปรสุ่ม LN X (พารามิเตอร์ $\mu_Y = 0$ และ $\sigma_Y^2 = 0.1225,\ 0.49$ และ 2.25 สำหรับ ln หรือ $\mu_U = 0$ และ $\sigma_U^2 = 0.0225,\ 0.09$ และ 0.4225 สำหรับ log)	52
5.1	PDF $f_X(x)$ ของ $P3(\xi, \beta, \alpha)$ สำหรับพารามิเตอร์แสดงขอบเขต $\xi = 0$ ค่าเฉลี่ย $\mu_X = 1$ และสัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_X = 0.7, 1.4, 2.0$ และ2.8 ซึ่งจะเหมือนกับ PDF ของทฤษฎีแกมมา ที่มีพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง $\alpha = 8, 2, 1$ และ 0.5 ตามลำดับ	94
7.1	พล็อตความน่าจะเป็นของทฤษฎี LN สำหรับข้อมูลความลึกน้ำฝนรายวันสูงสุด (มม.) ของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสวาย อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ (ปี ค.ศ. 1995-2002)	140
7.2	กระดาษความน่าจะเป็นกัมเบล	147

7.3	พล็อตการกระจายระหว่างค่าตัวอย่างของพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง $\hat{\kappa}$ กับความยาวลำน้ำและระดับท้องน้ำ	150
7.4	พล็อตการกระจายระหว่างค่าตัวอย่างของพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง $\hat{\kappa}$ กับความชันลำน้ำและพื้นที่รับน้ำ	151
7.5	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = -0.50)$	152
7.6	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = -0.45)$	153
7.7	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = -0.40)$	154
7.8	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = -0.35)$	155
7.9	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = -0.30)$	156
7.10	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = -0.25)$	157
7.11	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = -0.20)$	158
7.12	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = -0.15)$	159
7.13	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = -0.10)$	160
7.14	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = -0.05)$	161
7.15	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = 0.05)$	162
7.16	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = 0.10)$	163
7.17	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = 0.15)$	164
7.18	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = 0.20)$	165
7.19	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = 0.25)$	166
7.20	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = 0.30)$	167
7.21	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = 0.35)$	168
7.22	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = 0.40)$	169
7.23	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = 0.45)$	170
7.24	กระดาษความน่าจะเป็น GEV $(\kappa = 0.50)$	171
7.25	พล็อตความน่าจะเป็นของชุดข้อมูลที่มีค่าประมาณการ $\hat{\kappa} = -0.275$ ในกระดาษ GEV สำหรับ $\kappa = -0.30$ และ -0.25	173
7.26	พล็อตความน่าจะเป็นในกระดาษกัมเบลของข้อมูลน้ำท่วมสูงสุดรายปี สำหรับสถานี M.89 (ลำตะคอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา) ระหว่างปี ค.ศ. 1971-1995	176
7.27	พล็อตความน่าจะเป็น GEV ของข้อมูลอัตราการไหลสูงสุดรายปี ที่สถานีวัดน้ำท่าแห่งหนึ่งในช่วงปี ค.ศ. 1961-1969	179

8.1	ขอบเขตล่างวิกฤติ $\rho_{0.05}$ ของ ρ ที่ขนาดตัวอย่าง n ต่างๆ สำหรับทฤษฎี P3	198
9.1	แผนภาพโมเมนต์เชิงเส้น $\tau_{2,\eta}$ กับ $\tau_{3,\eta}$ ของทฤษฎีแบบ 2-พารามิเตอร์ (ฟังก์ชัน LN แกมมา และกัมเบล) และของข้อมูลน้ำหลากสูงสุดรายปีที่มีความยาวตั้งแต่ 20-77 ปี จำนวน 163 สถานีทั่วประเทศไทย	211
9.2	แผนภาพโมเมนต์เชิงเส้น $\tau_{3,\eta}$ กับ $\tau_{4,\eta}$ ของทฤษฎีแบบ 3 พารามิเตอร์ (ฟังก์ชัน LN3 P3 GLOG และ GEV) และของข้อมูลน้ำหลากสูงสุดรายปีที่มีความยาวตั้งแต่ 20-77 ปี จำนวน 163 สถานีทั่วประเทศไทย	212
9.3	แผนภาพโมเมนต์เชิงเส้น $\tau_{3,\eta}$ กับ $\tau_{4,\eta}$ ของทฤษฎี LP3 และของข้อมูลน้ำหลากสูงสุดรายปีที่มีความยาวตั้งแต่ 20-77 ปี จำนวน 163 สถานีทั่วประเทศไทย	212
9.4	พล็อตความน่าจะเป็น GEV ของข้อมูลน้ำหลากสำหรับสถานี P.21 (น้ำแม่ริม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับควอนไทล์น้ำหลาก LP3	213
9.5	พล็อตความน่าจะเป็น GEV ของข้อมูลน้ำหลากสำหรับสถานี E.23 (แม่น้ำชี อำเภอเมือง จังหวัดชัยภูมิ) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับควอนไทล์น้ำหลาก LP3	214
9.6	พล็อตความน่าจะเป็น GEV ของข้อมูลน้ำหลากสำหรับสถานี Y.3A (แม่น้ำยม อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย) พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับควอนไทล์น้ำหลาก LP3	214
9.7	ค่า $\mathbf{RRMSE}_{F,R}$ ของทฤษฎี $F_{X,R}(x_R)$ ที่ได้รับการยอมรับ สำหรับลุ่มน้ำรวม $R = 2, 3, 4, 5, 6$ และ 13	238
9.8	ค่า $\mathbf{RRMSE}_{F,\eta}$ ของวิธีการวิคราะห์ความถี่แบบลุ่มน้ำรวมและแบบสถานีเดียว สำหรับน้ำหลากขนาดรอบปีการเกิดซ้ำ $T = 5$, 10, 20 และ 50 ปี ของสถานี 010202, 010503, E.6C, E.9, E.16A และ S.13	240

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	อัตราการไหลสูงสุดรายปี (ลบ.ม./วินาที) ของสถานี C.2 แม่น้ำเจ้าพระยา ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างปี ค.ศ. 1956 และ 1997	4
1.2	ปีและรอบปีการเกิดซ้ำ T_i ที่เกิดเหตุการณ์อัตราการไหลสูงสุด $\boldsymbol{X} > 3{,}500$ ลบ.ม./วินาที ในแต่ละครั้ง (สถานี C.2)	5
1.3	รอบปีการเกิดซ้ำ T ที่ระดับความเสี่ยงของการเกิดพิบัติภัย $\mathbf{P}_{\geq 1 \text{ in N yrs.}}$ และช่วงอายุการใช้งาน N ต่างๆ	7
2.1	นิยามของอัตราส่วนไร้หน่วยสำหรับโมเมนต์ผลคูณและโมเมนต์เชิงเส้น	19
2.2	ขั้นตอนการคำนวณเพื่อแสดงผลกระทบของชิ้นข้อมูลน้ำท่วมสูงสุดและต่ำสุดต่อค่าประมาณการตัวอย่างของค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน s และสัมประสิทธิ์ความเบ้ g จากการแปลงข้อมูลด้วย **log** โดยใช้ข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุดของสถานี M.89 ลำตะคอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 25 ปี (ปี ค.ศ. 1971-1995)	22
2.3	ข้อมูล x_i ของความลึกน้ำฝนรายวันสูงสุด $\boldsymbol{X}$ (มม.) ของโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยสวาย อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1995-2002	28
2.4	วิธีประมาณการโมเมนต์เชิงเส้น (ℓ_1 และ ℓ_2) สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเชิงเส้น t_2 และสัมประสิทธิ์ความเบ้เชิงเส้น t_3 ของข้อมูลฝนในตาราง 2.3 ด้วย PWM แบบไม่อคติ b_m และค่าที่สอดคล้องกัน ($\bar{x}$, s, $CV_{\boldsymbol{X}}$, g) ของโมเมนต์ผลคูณ	29
2.5	ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น $\mathbf{f}_{\boldsymbol{X}}(x)$ และ/หรือ ฟังก์ชันแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม $\mathbf{F}_{\boldsymbol{X}}(x)$ รวมถึงโมเมนต์ผลคูณของแต่ละฟังก์ชัน	32
2.6	ควอนไทล์ x_p และโมเมนต์เชิงเส้น ($\boldsymbol{\lambda}_1, \boldsymbol{\lambda}_2, \boldsymbol{\tau}_3$ และ $\boldsymbol{\tau}_4$) ของทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็นต่างๆ	35
2.7	ข้อมูลระดับน้ำรายวัน x_i ของ X ที่สถานีวัดน้ำท่า Y.33 แม่น้ำยม อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย ระหว่างวันที่ 1-10 กรกฎาคม ค.ศ. 2007	38
2.8	ข้อมูลลำดับเวลา x_i ของน้ำหลากสูงสุดรายปี $\boldsymbol{X}$ (ลบ.ม./วินาที) สำหรับสถานี N.40 แม่น้ำแควน้อย ที่บ้านหนองบอน อำเภอวัดโบสถ์ จังหวัดพิษณุโลก ในระหว่างช่วงปี ค.ศ. 1977-1997	42

3.1	CDF แบบสแตนดาร์ดนอร์มอล $\Phi(z_p)\times 10^4$ ของควอนไทล์ z_p	47
3.2	ข้อมูลลำดับเวลา x_i และข้อมูลจัดลำดับ $x_{(j)}$ (ลบ.ม./วินาที) ของอัตราการไหลสูงสุดรายปี X ที่สถานีวัดแห่งหนึ่ง ระหว่างปี ค.ศ. 1961-1969 สำหรับตัวอย่าง 3.3	54
3.3	ข้อมูลจัดลำดับ $x_{(j)}$ ของระดับน้ำท่วมสูงสุด X (ซม.) สำหรับตัวอย่าง 3.4	60
3.4	ข้อมูล x_i ของน้ำหลากสูงสุดรายปี $\boldsymbol{X}$ (ลบ.ม./วินาที) สำหรับสถานี 251102 คลองละงู ที่ควนกาหลง อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล ระหว่างช่วงปี ค.ศ. 1973-1996	64
4.1	ความแปรปรวนตัวอย่างของสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนเชิงเส้น $\mathbf{Var}(t_2)$ และของสัมประสิทธิ์ความเบ้เชิงเส้น $\mathbf{Var}(t_3)$ ตลอดทั้งค่าความแปรปรวนสหสัมพันธ์ตัวอย่างระหว่างสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนกับความเบ้ $\mathbf{Cov}(t_2,t_3)$ ของตัวแปรสุ่ม GEV	82
4.2	ข้อมูลของน้ำท่ารายปีเฉลี่ย 7-วัน ต่ำสุด $\boldsymbol{X}_i$, $\boldsymbol{X}_j$ และ $-\ln(\boldsymbol{X}_j)$ ของสถานี P.1 แม่น้ำปิง ที่สะพานนวรัตน์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983-1997	86
4.3	ข้อมูล x_i ของน้ำหลากสูงสุดรายปี $\boldsymbol{X}$ บันทึกเป็น ลบ.ม./วินาที ของสถานี M.91 ห้วยสำราญ ที่บ้านท่าม่วน อำเภอขุขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ (ปี ค.ศ. 1977-1997)	92
5.1	ควอนไทล์ $\Psi_p(\gamma_X)$ ของทฤษฎีสแตนดาร์ด P3 ที่ระดับของความน่าจะเป็นส่วนเกิน p' ต่างๆ (สัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_X = 0.0$-0.6)	97
5.2	ควอนไทล์ $\Psi_p(\gamma_X)$ ของทฤษฎีสแตนดาร์ด P3 ที่ระดับของความน่าจะเป็นส่วนเกิน p' ต่างๆ (สัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_X = 0.7$-1.3)	98
5.3	ควอนไทล์ $\Psi_p(\gamma_X)$ ของทฤษฎีสแตนดาร์ด P3 ที่ระดับของความน่าจะเป็นส่วนเกิน p' ต่างๆ (สัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_X = 1.4$-2.0)	99
5.4	ควอนไทล์ $\Psi_p(\gamma_X)$ ของทฤษฎีสแตนดาร์ด P3 ที่ระดับของความน่าจะเป็นส่วนเกิน p' ต่างๆ (สัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_X = 2.1$-2.7)	100
5.5	ควอนไทล์ $\Psi_p(\gamma_X)$ ของทฤษฎีสแตนดาร์ด P3 ที่ระดับของความน่าจะเป็นส่วนเกิน p' ต่างๆ (สัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_X = 2.8$-3.4)	101
5.6	ควอนไทล์ $\Psi_p(\gamma_X)$ ของทฤษฎีสแตนดาร์ด P3 ที่ระดับของความน่าจะเป็นส่วนเกิน p' ต่างๆ (สัมประสิทธิ์ความเบ้ $\gamma_X =$ 3.5-4.1)	102
5.7	ค่าสัมประสิทธิ์ $(e_0,\ldots,e_5)$ ของสมการโพลีโนเมียลของพารามิเตอร์ $(\mathbf{G},1/\mathbf{A},\mathbf{B},\mathbf{H}^3)$	103

5.8 ข้อมูลลำดับเวลา q_i (ลบ.ม./วินาที) ของตัวแปรสุ่มน้ำท่วมสูงสุดรายปี $\boldsymbol{Q}$ ของสถานี E.29 ลำน้ำพอง ที่ผานกเขา อำเภอภูกระดึง จังหวัดเลย (ปี ค.ศ. 1978-1997) 111

5.9 ข้อมูล q_i (ลบ.ม./วินาที) ของน้ำหลากสูงสุดรายปี $\boldsymbol{Q}$ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1971-1997 (สถานี Y.20 แม่น้ำยม ที่บ้านเงาสัก อำเภอสอง จังหวัดแพร่) 115

6.1 ควอนไทล์นันเซ็นทรัล-ที $\zeta_{c,p}$ ที่เปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ สำหรับระดับของความน่าจะเป็นสะสม $p = 0.9$ 120

6.2 ควอนไทล์นันเซ็นทรัล-ที $\zeta_{c,p}$ ที่เปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ สำหรับระดับของความน่าจะเป็นสะสม $p = 0.98$ 121

6.3 ควอนไทล์นันเซ็นทรัล-ที $\zeta_{c,p}$ ที่เปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ สำหรับระดับของความน่าจะเป็นสะสม $p = 0.99$ 122

6.4 ควอนไทล์นันเซ็นทรัล-ที $\zeta_{c,p}$ ที่เปอร์เซ็นไทล์ต่างๆ สำหรับระดับของความน่าจะเป็นสะสม $p = 0.998$ 123

6.5 ข้อมูล x_i (ลบ.ม./วินาที) และ $\mathbf{ln}(x_i)$ ของน้ำท่าสูงสุดรายปี $\boldsymbol{X}$ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961-1969 สำหรับตัวอย่าง 6.1 124

6.6 ขอบเขตล่าง $\mathbf{exp}\left[\overline{y} + \left(\zeta_{c,p}\right) s_{\boldsymbol{Y}}\right]$ ของช่วงความมั่นใจ 90% สำหรับควอนไทล์ LN $\hat{x}_p$ (ชุดข้อมูลน้ำท่าในตาราง 6.5) 126

6.7 ขอบเขตบน $\mathbf{exp}\left[\overline{y} + \left(\zeta_{1-c,p}\right) s_{\boldsymbol{Y}}\right]$ ของช่วงความมั่นใจ 90% สำหรับควอนไทล์ LN $\hat{x}_p$ (ชุดข้อมูลน้ำท่าในตาราง 6.5) 127

6.8 สัมประสิทธิ์ในสมการ (6.17) สำหรับประมาณความแปรปรวน $\mathbf{Var}(\hat{x}_p)$ ของควอนไทล์ 3-พารามิเตอร์ GEV 132

6.9 ช่วงความมั่นใจ 90% $\hat{x}_p \pm z_{0.95}\sqrt{\mathbf{Var}(\hat{x}_p)}$ สำหรับชุดข้อมูลน้ำท่วมสูงสุดในตาราง 2.1 135

7.1 สูตรสำหรับคำนวณหาตำแหน่งการพล็อตทางเลือกต่างๆ รวมถึงสมมติฐานที่มาของสูตรและช่วงเวลาเกิดซ้ำ T_1 สำหรับชิ้นข้อมูลสูงสุดของแต่ละสูตร 142

7.2 ค่าประมาณการของพารามิเตอร์ $\hat{\boldsymbol{\kappa}}$ ตามวิธีโมเมนต์เชิงเส้นของข้อมูลน้ำหลากสำหรับสถานีต่างๆ 149

7.3 การสร้างกระดาษความน่าจะเป็นสำหรับทฤษฎีต่างๆ 174

7.4 ข้อมูลจัดลำดับ $x_{(j)}$ (ลบ.ม./วินาที) และตำแหน่งการพล็อต $\hat{w}_j$ ของน้ำท่วมสูงสุดรายปี $\boldsymbol{x}$ สำหรับสถานี M.89 (ลำตะคอง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา) ระหว่างปี ค.ศ. 1971-1995 175

7.5 ข้อมูลจัดลำดับ $x_{(j)}$ (ลบ.ม./วินาที), ตำแหน่งการพล็อต $\hat{w}_j$ และส่วนกลับของฟังก์ชันมาตรฐาน $\left[\mathbf{F}_{\boldsymbol{x}}^{-1}(1-\hat{w}_j)-\xi\right]\Big/\alpha$ ของทฤษฎี GEV สำหรับอัตราการไหลสูงสุดรายปีที่สถานีวัดน้ำแห่งหนึ่งในช่วงปี ค.ศ. 1961-1969 178

8.1 ควอนไทล์ $\chi_c^2(\tilde{J}-\tilde{m}-1)$ ของการแจกแจงไคสแควร์ ที่ $\tilde{J}-\tilde{m}-1$ องศาอิสระต่างๆ 184

8.2 ข้อมูลลำดับเวลา x_i และข้อมูลจัดลำดับ $x_{(j)}$ (ลบ.ม./วินาที) ของน้ำหลากสูงสุดรายปี $\boldsymbol{x}$ สำหรับสถานี Y.6 แม่น้ำยม ที่บ้านแก่งหลวง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1952-1997 185

8.3 ช่วงชั้น $I_{j'}$ ความน่าจะเป็น $p_{j'}$ จำนวนชิ้นข้อมูล ($e_{j'}$ และ $n_{j'}$) และค่าทางสถิติ $\tilde{T}_{j'}$ ของชุดข้อมูลน้ำหลากสูงสุดรายปี x's ของสถานี Y.6 แม่น้ำยม ที่บ้านแก่งหลวง อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย (ปี ค.ศ. 1952-1997) 188

8.4 ฟังก์ชันสำหรับหาค่าวิกฤติ Δ_c ของโคลมอกอรอฟ-สเมียร์นอฟของทฤษฎีนอร์มอลและ Exp 190

8.5 ค่าพารามิเตอร์ ω_1 และ ω_2 ของฟังก์ชันสำหรับหาค่าโคลมอกอรอฟ-สเมียร์นอฟวิกฤติ $\Delta_c\left[\Delta_c=\left(\frac{\omega_1}{\sqrt{n}}-\frac{\omega_2}{n^2}\right)\right]$ ของทฤษฎี GEV $(10\le n\le 100)$ 191

8.6 ชุดข้อมูลจัดลำดับ $x_{(j')}$ และรายการคำนวณค่าทางสถิติ $\Delta_{j'\backslash j'-1}$ และ $\Delta_{j'\backslash j'}$ ของโคลมอกอรอฟ-สเมียร์นอฟสำหรับทฤษฎีนอร์มอล (ตัวอย่าง 8.2) 192

8.7 ขอบเขตล่างวิกฤติ ρ_c ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ρ ที่ระดับนัยสำคัญ c ต่างๆ สำหรับทฤษฎีนอร์มอล เมื่อใช้สูตรคำนวณตำแหน่งการพล็อตของบลอม ($a=3/8$) 196

8.8 ขอบเขตล่างวิกฤติ ρ_c ของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ρ ที่ระดับนัยสำคัญ c ต่างๆ สำหรับทฤษฎีกัมเบล และไวบูลล์ 2- พารามิเตอร์ เมื่อใช้สูตรคำนวณตำแหน่งการพล็อตของกริงกอร์เทน ($a=0.44$) 196

8.9 ค่า $1{,}000(1-\rho_c)$ ที่พารามิเตอร์แสดงรูปร่างของลุ่มน้ำรวม $\tilde{\kappa}$ ต่างๆ สำหรับทฤษฎี GEV 197

8.10 ข้อมูลจัดลำดับ $x_{(j)}$ ลำดับที่ j ตำแหน่งการพล็อตของคูนเนน $\hat{w}_j$ และควอนไทล์สแตนดาร์ด GEV $\frac{F_X^{-1}(1-\hat{w}_j)-\hat{\xi}}{\hat{\alpha}}$ ของน้ำท่ารายปีสูงสุดระหว่างปี ค.ศ.1971-1995 (สถานี M.89) 200

8.11 ข้อมูล x_j เป็น ลบ.ม./วินาที ของน้ำหลากสูงสุดรายปี X ของสถานี 250501 คลองปากลาว ที่บ้านหินผุ อำเภออ่าวลึก จังหวัดกระบี่ (ปี ค.ศ. 1973-1996) 204

9.1 สัมประสิทธิ์ d_k' ของความสัมพันธ์โดยประมาณระหว่างอัตราส่วนโมเมนต์เชิงเส้น τ_2 กับ τ_3 สำหรับทฤษฎีแบบ 2-พารามิเตอร์ 207

9.2 สัมประสิทธิ์ d_k' ของความสัมพันธ์โดยประมาณระหว่างอัตราส่วนโมเมนต์เชิงเส้น τ_3 กับ τ_4 สำหรับทฤษฎีแบบ 3-พารามิเตอร์ 208

9.3 ข้อมูล ช่วงความมั่นใจ 90% ของควอนไทล์ GEV และควอนไทล์ LP3 ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับน้ำหลากสูงสุดรายปีของสถานี 010202 (น้ำแม่ของ อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่) 215

9.4 ข้อมูล ช่วงความมั่นใจ 90% ของควอนไทล์ GEV และควอนไทล์ LP3 ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับน้ำหลากสูงสุดรายปีของสถานี 030102 (น้ำแม่กก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย) 215

9.5 ข้อมูล ช่วงความมั่นใจ 90% ของควอนไทล์ GEV และควอนไทล์ LP3 ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับน้ำหลากสูงสุดรายปีของสถานี N.36 (แม่น้ำแควน้อย อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก) 215

9.6 ข้อมูล ช่วงความมั่นใจ 90% ของควอนไทล์ GEV และควอนไทล์ LP3 ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับน้ำหลากสูงสุดรายปีของสถานี P.1 (แม่น้ำปิง อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่) 216

9.7 ข้อมูล ช่วงความมั่นใจ 90% ของควอนไทล์ GEV และควอนไทล์ LP3 ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับน้ำหลากสูงสุดรายปีของสถานี W.3A (แม่น้ำวัง อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง) 216

9.8 ข้อมูล ช่วงความมั่นใจ 90% ของควอนไทล์ GEV และควอนไทล์ LP3 ที่รอบปีการเกิดซ้ำต่างๆ สำหรับน้ำหลากสูงสุดรายปีของสถานี Y.20 (แม่น้ำยม อำเภอสอง จังหวัดแพร่) 216

9.9 จำนวนชิ้นข้อมูล n_{η} และโมเมนต์เชิงเส้น ($\ell_{1,\eta}, t_{2,\eta}$ และ $t_{3,\eta}$) ของข้อมูลน้ำหลาก สำหรับสถานีต่างๆ ในลุ่มน้ำมูลตอนบน 222

9.10 โมเมนต์เชิงเส้นประมาณการ $\ell_{2,\eta}$ และ $\ell_{3,\eta}$ ของข้อมูลน้ำหลาก และน้ำหนัก w'_{η} สำหรับแต่ละสถานีในลุ่มน้ำมูลตอนบน 223

9.11 ค่าทางสถิติ D_{η} ที่ใช้ในการวัดความไม่เข้าพวกของอัตราส่วนโมเมนต์เชิงเส้น ประมาณการ $t_{m'},_{\eta}$ สำหรับสถานี η ต่างๆ 228

9.12 ช่วงของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\mathbf{K}_{\eta}$ สำหรับความยาวข้อมูล n_{η} ต่างๆ 229

9.13 ขอบเขตล่าง $\left[\log(x_{\eta})\right]_L$ ขอบเขตบน $\left[\log(x_{\eta})\right]_U$ และค่าผิดปกติของข้อมูลน้ำท่วม $x_{i,\eta}$ สำหรับสถานี 010101, 011002, 030301, 060101, K.12 และ N.8 ซึ่งมีค่า $D_{\eta} > 3$ 230

9.14 ค่าทางสถิติ $\mathbf{H}_R$ ที่ใช้วัดความไม่คล้ายคลึงกันทางสถิติของข้อมูลน้ำท่วม $x_{i,\eta}$ สำหรับสถานี η ต่างๆ ในลุ่มน้ำรวม R 233

9.15 ค่าทางสถิติ $\Upsilon_{F,R}$ ที่ใช้ในการทดสอบความพอดีทางสถิติของทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็น LN3, GEV, P3, GLOG, GPO และ เวกบี สำหรับลุ่มน้ำรวม R ทั้ง 25 กลุ่ม 235

9.16 ทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็นและควอนไทล์นอร์มอลไรซ์ $\hat{x}_{p,R}$ ของแต่ละลุ่มน้ำรวม 236

9.17 ค่าเฉลี่ย $\ell_{1,\eta}$ (ลบ.ม./วินาที) ของชุดข้อมูลน้ำหลากรายปีสูงสุดรายปีแบบฉับพลัน สำหรับสถานีวัดน้ำลำธารต่างๆทั่วประเทศไทย 237

คำนำ

อุทกภัยเป็นพิบัติภัยที่ทำให้เกิดความสูญเสียชีวิต สร้างความเสียหายแก่ทรัพย์สิน สาธารณสมบัติ และสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ในการออกแบบอาคารชลศาสตร์ต่างๆ เพื่อบรรเทาความเสียหายจากอุทกภัยนั้น ประเด็นทางวิศวกรรมที่สำคัญประเด็นหนึ่ง ซึ่งวิศวกรควรจะต้องคำนึงถึงได้แก่ ความปลอดภัยในการออกแบบ (safety in design) ประเด็นความปลอดภัยนี้จะต้องถูกพิจารณาทั้งในแง่ของความมั่นคงแข็งแรงของอาคาร และชีวิตและทรัพย์สินซึ่งอาจจะเสียหายเนื่องจากอาคารวิบัติ โดยปกติอาคารชลศาสตร์จะถูกออกแบบให้ต้านทานแรงใดๆ ซึ่งจะมากระทำตลอดอายุการใช้งานของมัน ขนาดของแรงกระทำที่จะนำมาใช้ในการออกแบบจะขึ้นอยู่กับมูลค่าความเสียหายเมื่ออาคารวิบัติ เช่น ท่อลอดถนนซึ่งคาดว่าจะต้องถูกเปลี่ยนภายในช่วงเวลา 10-20 ปี จะถูกออกแบบให้สามารถระบายน้ำได้ทันที่ค่าปานกลางของอัตราการไหลสูงสุดเท่านั้น เพราะผลกระทบของการระบายน้ำผ่านท่อลอดไม่ทันก่อให้เกิดความไม่สะดวกเพียงเล็กน้อยต่อการจราจรบริเวณนั้น เป็นต้น ในทางตรงกันข้ามถ้าเป็นการออกแบบเขื่อนขนาดใหญ่ซึ่งเก็บกักน้ำปริมาณมากเหนือพื้นที่ที่มีประชาชนอยู่กันอย่างหนาแน่น เขื่อนนี้จะต้องถูกออกแบบให้มีความจุเพียงพอที่จะรองรับการไหลที่สูงมากๆ ซึ่งอาจจะไม่เคยเกิดขึ้นเลยตลอดอายุการใช้งานของเขื่อน สาเหตุที่ต้องใช้ค่าการไหลที่สูงผิดปกติในการออกแบบนี้ เพราะจำเป็นต้องป้องกันประชาชนท้ายเขื่อน ทรัพย์สิน และสาธารณสมบัติ ซึ่งอาจจะเสียหายเป็นจำนวนมาก หากน้ำหลากวิกฤติเกิดขึ้น

ถ้าวิศวกรทราบค่าประมาณการของอัตราการไหลสูงสุด ณ ตำแหน่งที่ตั้งของอาคารชลศาสตร์ตลอดช่วงอายุการใช้งานในอนาคตได้อย่างแน่นอน การออกแบบอาคารให้มีความปลอดภัยจะสำเร็จได้อย่างไม่มีปัญหา อย่างไรก็ตามเนื่องจากการเกิดขึ้นของน้ำหลากขนาดต่างๆ มีความไม่แน่นอน วิศวกรไม่สามารถรู้ค่าประมาณการข้างต้นได้ อย่างดีที่สุดที่จะทราบได้ก็คือค่าประมาณการของน้ำหลากสำหรับระดับของความน่าจะเป็น (probability) หนึ่ง หรือควอนไทล์น้ำหลาก (flood quantile) หรือถ้าได้รับความช่วยเหลือจากนักอุตุนิยมวิทยา วิศวกรจะสามารถรู้เพิ่มเติมถึงค่าประมาณการของน้ำหลากเป็นไปได้สูงสุด (maximum possible flood) ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ นอกเหนือจากค่าประมาณการของน้ำหลากที่ทราบเหล่านี้ ในการตัดสินใจเลือกน้ำหลากสำหรับการออกแบบ วิศวกรจำเป็นต้องใช้ดุลพินิจทางวิศวกรรม (engineering judgement) ซึ่งอาจเป็นข้อกำหนดในการออกแบบที่ประกาศบังคับใช้โดยหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง มาประกอบการพิจารณาด้วย

ในการวิเคราะห์ความถี่ (frequency analysis) ของอุทกภัยเพื่อคำนวณหาค่าประมาณการของควอนไทล์น้ำหลาก ปัญหาพื้นฐานที่มักประสบจะได้แก่ปัญหาที่เกิดจากข้อมูลมีน้อยเกินไปเป็นหลัก อย่างไรก็ตามถ้าข้อมูลของพิบัติภัยที่มียาวเพียงพอ ทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็น (probability distribution theory) หรือฟังก์ชันแจกแจงความน่าจะเป็น (probability distribution function) หรือแบบจำลองแจกแจงความน่าจะเป็น (probability distribution model) สำหรับอธิบายความถี่ของพิบัติภัยของสถานีที่สนใจ จะสามารถถูกวิเคราะห์หาให้ถูกต้องได้ตราบเท่าที่การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมภายในพื้นที่รับน้ำ (catchment area) ไม่ได้ทำให้ลักษณะทางสถิติของข้อมูลของพิบัติภัยที่พิจารณานั้นเปลี่ยนแปลงไป

ในทางปฏิบัติความยาวข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ของปรากฏการณ์พิบัติภัยหนึ่งมักอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 จนถึง 100 ชิ้นข้อมูล ฐานข้อมูลขนาดนี้ไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้เลือกแบบจำลอง ให้มีความสามารถที่จะคำนวณควอนไทล์น้ำหลาก หรือความเสี่ยง (risk) ของการเกิดเหตุการณ์น้ำหลากที่สนใจ อย่างแม่นยำได้ นอกจากนี้การประมาณการพารามิเตอร์ (parameter estimation) ของฟังก์ชันแจกแจงความน่าจะเป็นที่มีอยู่ในปัจจุบัน ก็เหมาะที่จะใช้คำนวณหาโอกาสเป็นไปได้ ตั้งแต่ 1/100 ขึ้นไป (เช่น 1/100 1/50 และ 1/20 เป็นต้น) เท่านั้น แต่ว่าในบางครั้งวิศวกรอาจจำเป็นต้องนำวิธีการเหล่านี้ไปใช้ คำนวณหาขนาดน้ำท่วมสูงสุดที่ระดับความน่าจะเป็น 1/1,000 หรือ 1/10,000 เพื่อออกแบบฝายน้ำล้น เพราะยังไม่มีวิธีการที่เหมาะสม สำหรับหาขนาดน้ำหลากที่ความน่าจะเป็นระดับนี้ ในกรณีที่ข้อมูลมีอยู่อย่างจำกัด

ปัญหาอีกประการหนึ่งที่ควรตระหนักคือการวิเคราะห์หาทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็นจริง (true probability-distribution theory) ของอุทกภัยเป็นเรื่องยุ่งยาก ทั้งนี้เพราะภัยน้ำท่วมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ซับซ้อน อีกทั้งพารามิเตอร์ของทฤษฎีที่ได้มักมีจำนวนมาก จนทำให้การประมาณการพารามิเตอร์ยุ่งยากเกินกว่าที่จะนำไปใช้งานได้จริง

จากสาเหตุดังกล่าวหนังสือเรื่อง *การวิเคราะห์ความถี่ของอุทกภัย* เล่มนี้ จึงได้ถูกเรียบเรียงขึ้น โดยอาศัยการค้นคว้าจากบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ พร้อมทั้งยกตัวอย่างการคำนวณประกอบอย่างละเอียดด้วยข้อมูลน้ำหลากในประเทศไทยเป็นหลัก เพื่อความเข้าใจของคนอ่าน เนื้อหาของหนังสือนี้จะเริ่มต้นด้วยการอธิบายถึงพื้นฐานของความน่าจะเป็น และการนำเอาพื้นฐานนี้มาประยุกต์หาความเสี่ยงของการเกิดอุทกภัย ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการออกแบบอาคารชลศาสตร์ต่างๆ ในบทที่ 1

จากนั้นจะเป็นการอธิบายถึงการจำลองทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็นต่างๆ เข้ากับตัวแปรสุ่ม (random variable) อุทกภัย ในส่วนที่ 1 แบ่งออกเป็นบทต่างๆ ได้ 5 บท (บทที่ 2-6) บทที่ 2 เป็นการแนะนำโมเมนต์เชิงเส้น (linear moment) ให้เป็นค่าทางสถิติที่เหมาะสม สำหรับสรุปลักษณะทางสถิติของตัวแปรสุ่มอุทกภัย ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะมีข้อมูลจำกัด นอกจากนี้ยังจะได้กล่าวถึงหลักการในการประมาณการพารามิเตอร์ เช่น วิธีโมเมนต์ วิธีโมเมนต์เชิงเส้น และวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood method) เป็นต้น เพื่อเป็นพื้นฐานในการจำลองภัยน้ำท่วมด้วยทฤษฎีต่างๆ ซึ่งจะได้นำเสนอในบทต่อๆ ไป บทที่ 3-5 เป็นการอธิบายตามลำดับถึงฟังก์ชันแจกแจงความน่าจะเป็นตระกูลนอร์มอล

(normal) เจนเนอรัลไลซ์ เอ็กซ์ทรีม แวร์ลู (Generalized Extreme Value, GEV) และเพียร์สัน ประเภท 3 (Pearson type 3, P3) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ได้รับความนิยมใช้ในการจำลองตัวแปรสุ่มอุทกภัย ส่วนบทที่ 6 ซึ่งเป็นบทสุดท้ายของส่วนนี้ จะนำเสนอวิธีการสร้างช่วงความมั่นใจ (confident interval) ของควอนไทล์น้ำหลากสำหรับทฤษฎีตระกูลต่างๆ ซึ่งอธิบายในบทที่ 3-5 เพื่อประเมินความแม่นยำในการประมาณการควอนไทล์ของแต่ละทฤษฎี

เมื่อรู้ถึงทฤษฎีที่ใช้ในการจำลองอุทกภัยแล้ว เนื้อหาในลำดับต่อไป (ส่วนที่ 2) จึงเป็นการกล่าวถึงการเลือกฟังก์ชันแจกแจงความน่าจะเป็นที่ง่ายและเหมาะสม วิธีการเลือกจะขึ้นอยู่กับความต้องการว่าอยากจะได้ทฤษฎีในลักษณะใด เช่น ถ้าต้องการแบบจำลองซึ่งฟิตพอดีกับข้อมูลอุทกภัยของสถานีที่พิจารณาการคัดเลือกอาจจะใช้พล็อตความน่าจะเป็น (probability plot) ซึ่งเป็นวิธีการทางกราฟ ในบทที่ 7 และ/หรือประยุกต์การทดสอบความพอดี (test of goodness-of-fit) ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติ ในบทที่ 8 เป็นต้น แต่ในกรณีที่อยากค้นหาทฤษฎีจริงของน้ำหลากในลุ่มน้ำรวมหนึ่ง ซึ่งง่ายต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ แผนภาพโมเมนต์เชิงเส้น (linear moment diagram) ในหัวข้อที่ 9.1 ของบทที่ 9 จะเป็นวิธีการที่นิยมใช้ในการค้นหาผลลัพธ์ในการค้นหาทฤษฎีจริงของอุทกภัยในประเทศไทยได้ถูกแสดงอยู่ในหัวข้อนี้ด้วย นอกจากนั้นบทที่ 9 นี้ยังได้อธิบายถึงวิธีการน้ำหลากดัชนีและโมเมนต์เชิงเส้น (index flood and linear moment) พร้อมทั้งแสดงตัวอย่างการประยุกต์วิธีการนี้กับข้อมูลอุทกภัยทั่วประเทศไทย ในหัวข้อที่ 9.2 วิธีซึ่งแนะนำนี้เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ความถี่แบบลุ่มน้ำรวมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย สำหรับเลือกทฤษฎีแจกแจงความน่าจะเป็นที่มีประสิทธิภาพของอุทกภัย เหมาะในการนำไปใช้หาควอนไทล์น้ำหลากเมื่อมีข้อมูลจำกัด

ดร.ชวลิต ชาลีรักษ์ตระกูล

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์