

พล็อตความน่าจะเป็นแบบ GEV ของข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุดในประเทศไทย

GEV Probability Plot of Annual Flood Data in Thailand

ชวลิต ชาสีรักษ์ตระกูล และ ไตรเทพ บุญครอง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี

เบอร์โทรศัพท์ 0-2564-3001-9 # 3100 E-mail: cchava@engr.tu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับสร้างพล็อตความน่าจะเป็น (probability plot) ของทฤษฎีการแจกแจงความถี่แบบเจนเนอรัลไรซ์ เอ็กซ์ทรีม วาลิว (generalized extreme-value, GEV) สำหรับข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุดแบบฉับพลัน (instantaneously annual flood) ในประเทศไทย จำนวน 146 สถานี ข้อมูลครอบคลุมช่วงปี พ.ศ. 2464-2540 จากวัตถุประสงค์ดังกล่าวข้างต้นการศึกษานี้จึงถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการตรวจสอบหาความเป็นไปได้ว่าค่าประมาณการตัวอย่างของพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (sample estimate of shape parameter, $\hat{K}$) กับลักษณะทางกายภาพ (พื้นที่รับน้ำ ความยาวลำน้ำ ความชันลำน้ำ และ ระดับเหนือน้ำทะเล) ของลุ่มน้ำมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เพื่อที่จะนำมาใช้ประมาณการค่า K ให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ส่วนที่สองคือการสร้างกระดาษความน่าจะเป็น (probability paper) แบบ GEV ที่ค่า K ต่างๆ ตั้งแต่ -0.5, -0.45, ..., 0.5 ผลการศึกษาสรุปได้ว่าค่า $\hat{K}$ ควรที่จะถูกคำนวณโดยตรงจากข้อมูลเพียงอย่างเดียว เนื่องจากค่า $\hat{K}$ ไม่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลทางกายภาพอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าช่วงของค่า K ที่กำหนดมีความละเอียดเพียงพอและใช้งานได้จริง

ABSTRACT

The objective of this study is to provide measures for constructing the GEV probability plots of instantaneously annual flood data for 146 stations in Thailand. The length of the chosen flood data ranges from 1921 to 1997. Base on the above mentioned objective, this study is divided into two parts. Firstly, to robustly estimate the GEV shape parameter $\hat{K}$ of the flood records, the parameter is then examined whether it can be related to the physical characteristics (i.e., drainage area, length, slope, elevation) of various watershed areas in Thailand. Secondly, a GEV graph paper is constructed for several values of K , ranging from -0.5, -0.45, ..., 0.5. The investigation results can be concluded that the parameter K can be estimated directly using the available flood data at a considered station since $\hat{K}$ doesn't relate to the basin characteristics. Moreover, the interval of K chosen for constructing the graph paper in this study is accurate and practical.

1. บทนำ

ทฤษฎีการแจกแจงความถี่แบบเจนเนอรัลไรซ์ เอ็กซ์ทรีม วาลิว (generalized extreme-value, GEV) เป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับให้ใช้จำลองข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุดแบบฉับพลัน (instantaneously annual flood) ในประเทศไทย [8] การที่เราทราบทฤษฎีการแจกแจงความถี่ ทำให้เราสามารถทราบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล และสามารถที่จะคำนวณหาขนาดของการเกิดน้ำท่วม ที่ค่าคาบย้อนกลับ (recurrence interval, T) ต่างๆ ได้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติวิศวกรชอบที่จะสร้างพล็อตความน่าจะเป็น (probability plot) เพื่อเป็นการทดสอบให้เห็นชัดๆ ด้วยตาถึงความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลกับค่าที่คำนวณจากทฤษฎี การสร้างพล็อตความน่าจะเป็นทำได้ 2 วิธี วิธีแรกคือ การพล็อตระหว่างข้อมูลจัดลำดับ x_i ของตัวแปรสุ่ม $X(x_1 \leq \dots \leq x_i \leq \dots \leq x_n)$ เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$ และ n คือจำนวนข้อมูล กับค่าคาดคะเน (expected value) หรือ ส่วนกลับของฟังก์ชันการแจกแจง $[G^{-1}(1-q_i)]$ เมื่อ $q_i =$ ค่าประมาณการตัวอย่าง (sample estimate) ของความน่าจะเป็นส่วนเกิน (exceedance probability) ของข้อมูล x_i ลงบนกระดาษธรรมดา (linear scale) ในวิธีนี้เราจะต้องคำนวณทั้งค่า q_i และค่า $G^{-1}(\cdot)$ เมื่อพล็อตแล้ว ถ้าหากว่ากราฟที่ได้ใกล้เคียงกับเส้นตรง แสดงว่าทฤษฎีการแจกแจงความถี่ที่นำมาทดสอบ สามารถนำมาใช้จำลองการกระจายของข้อมูลตัวแปรสุ่มได้ และเส้นตรงนั้นยังสามารถใช้ในการประมาณการขนาดของข้อมูลน้ำท่วม ที่คาบย้อนกลับต่างๆ ได้อีกด้วย โดยการต่อเส้นตรงดังกล่าวออกไปยังค่าคาบย้อนกลับที่ต้องการทราบ แล้วอ่านขนาดประมาณการของน้ำท่วมจากกราฟได้โดยตรง

วิธีที่สองคือ การพล็อตข้อมูลจัดลำดับลงบนกระดาษความน่าจะเป็น (probability paper) ซึ่งมีการคำนวณค่าคาดคะเน หรือ ส่วนกลับของฟังก์ชันการแจกแจงไว้แล้ว ดังนั้นจึงเหลือการคำนวณแค่ค่า q_i ซึ่งจะช่วยให้สร้างพล็อตความน่าจะเป็นได้สะดวกขึ้น การประเมินผลของการพล็อตทำได้เช่นเดียวกับวิธีแรก

ถึงแม้ว่าการมีกระดาษความน่าจะเป็น จะทำให้สะดวกขึ้นแต่อย่างไรก็ตามถ้าเราต้องการประเมินฟังก์ชันการแจกแจงแบบ GEV ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เหมาะสมสำหรับการจำลองการกระจายของข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุด (ดูตัวอย่างใน [8, 11]) เรากลับไม่มีกระดาษกราฟสำหรับทดสอบทฤษฎี GEV เนื่องจากมาตราส่วนของแกนความน่าจะเป็นส่วนเกิน จะ

RECEIVED 8 JANUARY, 2003

ACCEPTED 16 MAY, 2003

แปรเปลี่ยนไปตามค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (shape parameter, K) ในทางปฏิบัติ วิศวกรมักจะใช้กระดาษกราฟความน่าจะเป็นแบบกัมเบล (การแจกแจงประเภทหนึ่งในตระกูล GEV) แทน แต่การพล็อตลงบนกระดาษกัมเบลก็ไม่ได้ให้ข้อสรุปการทดสอบสมมติฐานของ GEV แต่อย่างใด และไม่สามารถใช้ในการประมาณการขนาดน้ำท่วมที่ค่าคาบย้อนกลับได้ เนื่องจากเส้นกราฟที่ได้จากการพล็อตไม่เป็นเส้นตรง จึงไม่สามารถทราบได้ว่าเส้นกราฟดังกล่าวไปในทิศทางใด

นอกจากนี้ในการหาค่าประมาณการตัวอย่าง ของพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (sample estimate of shape parameter, $\hat{K}$) ของฟังก์ชันการแจกแจงความถี่แบบ GEV นั้น หากข้อมูลมีน้อยอาจทำให้ค่าที่ได้ไม่น่าเชื่อถือ จึงได้มีการพยายามหาความสัมพันธ์ระหว่าง $\hat{K}$ กับลักษณะทางกายภาพ (พื้นที่รับน้ำ ความยาวลำน้ำ ความชันลำน้ำ และ ระดับเหนือน้ำทะเล) ของลุ่มน้ำ โดยคาดว่าจะหาความสัมพันธ์นี้มาช่วยในการหาค่า $\hat{K}$ ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับสร้างพล็อตความน่าจะเป็นตามแบบ GEV ของข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุดแบบฉบับพลันในประเทศไทย จากศึกษาสามารถสรุปได้ว่าค่า $\hat{K}$ ไม่มีความความสัมพันธ์กับข้อมูลทางกายภาพอย่างมีนัยสำคัญ และกระดาษกราฟที่สร้างขึ้นมานั้น มีช่วงของค่า K ที่มีความละเอียดเพียงพอและใช้งานได้ง่าย

2. การประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง K สำหรับข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุดแบบฉบับพลันในประเทศไทย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุดแบบฉบับพลันในประเทศไทย ซึ่งรวบรวมจากหน่วยงานต่างๆ ได้แก่ กรมชลประทาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน โดยคัดเลือกเฉพาะสถานีวัดน้ำท่าที่มีความยาวข้อมูลตั้งแต่ 20 ปีขึ้นไป และไม่มีผลกระทบจากการปฏิบัติงานของอ่างเก็บน้ำรวบรวมได้ทั้งสิ้น 146 สถานีทั่วประเทศ ซึ่งมีข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2464-2540

ในการประมาณการค่าพารามิเตอร์ต่างๆ นั้น มีด้วยกันหลายวิธี เช่นวิธีโมเมนต์ผลคูณ (product moment) วิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood) แต่ในการศึกษานี้เราเลือกใช้วิธีโมเมนต์เชิงเส้น (linear moment) ซึ่งเป็นการนำค่าโมเมนต์สัดส่วนความน่าจะเป็น (probability-weight moments, PWMs) มาจัดให้อยู่ในความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง วิธีการนี้ไม่มีการยกกำลังของข้อมูลอย่างเช่นวิธีโมเมนต์ผลคูณจากความแตกต่างนี้เองทำให้ค่าสัมประสิทธิ์เชิงเส้นของความแปรปรวนแปร (τ) และความเบ้ (τ_3) ที่ประมาณจากตัวอย่างข้อมูล จะมีค่าใกล้เคียงมากกับค่าสัมประสิทธิ์แบบไม่อคติ (unbias) และมีการแจกแจงใกล้เคียงกับทฤษฎีการแจกแจงแบบปกติ [5]

ขั้นตอนแรกในการหาค่า $\hat{K}$ คือการหาค่าประมาณการโมเมนต์สัดส่วนความน่าจะเป็นอันดับที่ k ($\hat{\beta}_k$) [7] เสนอแนะให้ใช้วิธีประมาณการแบบอคติ (biased) เพราะค่าความคาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (mean square error) ของ $G^{-1}(\cdot)$ น้อยกว่าแบบไม่อคติ (un-biased) (1) แสดงค่า $\hat{\beta}_k$ แบบอคติ [5]

$$\hat{\beta}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \left[1 - \frac{i-0.35}{n} \right]^k \quad (1)$$

โดยที่ x_i = ข้อมูลจัดลำดับของตัวแปรสุ่ม X เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$ และ n = จำนวนข้อมูล จากนั้นคำนวณค่าประมาณการโมเมนต์เชิงเส้นอันดับที่ r ($r = 0, 1, 2, \dots$) [3]

$$\hat{\lambda}_r = \sum_{k=0}^r \hat{\beta}_k (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} \quad (2)$$

โดยที่ $\hat{\lambda}_r$ = ค่าโมเมนต์เชิงเส้น

ขั้นตอนต่อไปเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่างของ GEV [10]

$$\hat{K} = 7.8590c + 2.9554c^2 \quad (3)$$

เมื่อ

$$c = \frac{2\hat{\lambda}_2}{\hat{\lambda}_3 + 3\hat{\lambda}_2} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)} = \frac{2\hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_0}{3\hat{\beta}_2 - \hat{\beta}_0} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)} \quad (4)$$

ค่า $\hat{K}$ ของข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุดแบบฉบับพลันในประเทศไทยแสดงไว้ในตาราง 1 โดยที่รายชื่อสถานีได้เรียงตามลำดับหมายเลขและตัวอักษรเพื่อความสะดวกในการค้นหา [1] พิสัยของค่า $\hat{K}$ ที่ได้อยู่ในช่วง -0.485 ถึง 0.496

เพื่อให้การประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่างมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ในการศึกษานี้จึงได้มีการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง $\hat{K}$ กับลักษณะทางกายภาพต่างๆของลุ่มน้ำ (ความยาวลำน้ำ ระดับเหนือน้ำทะเลปานกลางของท้องน้ำ ความชันลำน้ำ และพื้นที่รับน้ำ) ซึ่งวิธีนี้ได้แนวคิดมาจากวิธี Bulletin 17 B [6] รูป 1-4 แสดงพล็อตการกระจายระหว่างค่า $\hat{K}$ กับความยาวลำน้ำ ระดับท้องน้ำ ความชันลำน้ำ และพื้นที่รับน้ำ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่า $\hat{K}$ กับลักษณะทางกายภาพไม่มีความสัมพันธ์กัน ไม่สามารถนำมาใช้ปรับปรุงค่าประมาณการ K

เหมือนดังแสดงไว้ในวิธี Bulletin 17 B ได้ ดังนั้นในที่นี้จึงแนะนำให้ใช้ค่า $\hat{K}$ ที่คำนวณจากข้อมูลของสถานีที่พิจารณาโดยตรง

3. พล็อตความน่าจะเป็นแบบ GEV

พล็อตความน่าจะเป็นคือกราฟที่พล็อตระหว่างข้อมูลจัดลำดับ x_i ของตัวแปรสุ่ม X กับค่าส่วนกลับความน่าจะเป็น $[G^{-1}(1-q_i)]$ หรือกับค่าส่วนกลับความน่าจะเป็นมาตรฐาน $[G_s^{-1}(1-q_i)]$; ค่าเฉลี่ย = 0 และค่าความแปรปรวนแปร = 1 ของ x_i เมื่อ q_i = ค่าประมาณการตัวอย่าง (sample estimate) ของความน่าจะเป็นส่วนเกิน (exceedance probability, U) สำหรับเหตุการณ์ $X > x_i$

ขั้นตอนการคำนวณค่าส่วนกลับความน่าจะเป็น $G^{-1}(\cdot)$ เริ่มต้นจากการประมาณค่าความน่าจะเป็นส่วนเกิน q_i ในกรณีของทฤษฎี GEV [9] แนะนำให้ใช้สูตรที่พัฒนาโดย [2] ดังนี้

$$q_i = \frac{i - 0.40}{n + 0.12} \quad (5)$$

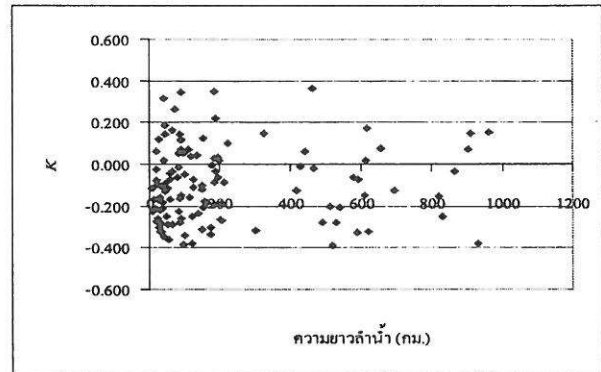
การใช้ (5) ทำให้ $G^{-1}(1-q_i) \approx E(x_i)$ เมื่อ $E(x_i)$ คือค่าคาดคะเนของ x_i

ขั้นตอนต่อไปเป็นการคำนวณหาค่าส่วนกลับความน่าจะเป็น $G^{-1}(\cdot)$ หรือค่าส่วนกลับความน่าจะเป็นมาตรฐาน $G_s^{-1}(\cdot)$ เพื่อที่จะได้ไม่ต้องประมาณค่าพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งและมาตราส่วน (ξ และ α) ของ GEV ในที่นี้เราเลือกประมาณค่าส่วนกลับความน่าจะเป็นมาตรฐาน $G_s^{-1}(\cdot)$ [10]:

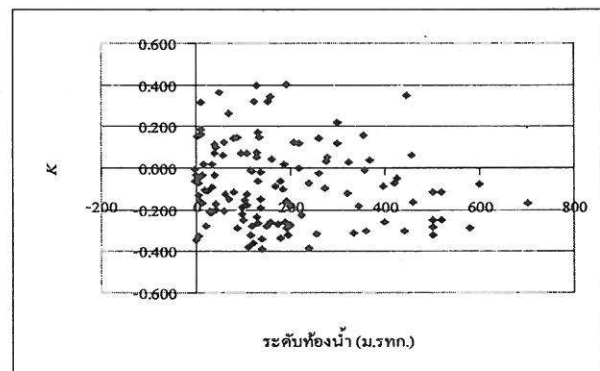
$$G_s^{-1}(1-q_i) = \left(\frac{1}{K}\right) \left\{ 1 - [-\ln(1-q_i)]^K \right\} \quad (6)$$

4. กระดาษกราฟ GEV

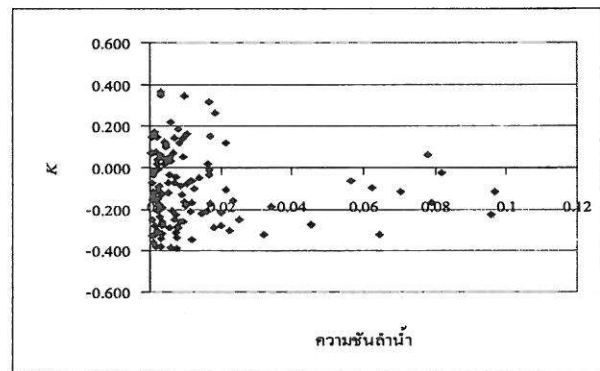
กระดาษกราฟ GEV ถูกสร้างขึ้นมาโดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ K ต่างๆ โดยเริ่มตั้งแต่ $K = -0.5, -0.45, \dots, 0.5$ ค่า K ในช่วงที่เลือกนี้จะครอบคลุมรูปร่างการกระจายความถี่ของทฤษฎี GEV [4] เมื่อกำหนดค่า K แล้วคำนวณ $G_s^{-1}(\cdot)$ ที่ค่าความน่าจะเป็นส่วนเกิน q_i ต่างๆ ตาราง 2 แสดงตัวอย่างการสร้างกระดาษ GEV ที่ $K = -0.25$ ในที่นี้ค่า $G_s^{-1}(\cdot)_{\max} - G_s^{-1}(\cdot)_{\min} = 12.3$ กำหนดความยาวแกนนอน $L = 24.6$ ซม. ดังนั้น 1 หน่วยของ $G_s^{-1}(\cdot)$ จะมีความยาวเท่ากับ $24.6/12.3 = 2$ ซม. จำนวนตำแหน่งของ q_i ต่างๆ โดยการเทียบบัญญัติไตรยางค์ เช่น ตำแหน่งของ $q_i = 0.02$ จะห่างจากจุดเริ่มต้นเท่ากับ $7.88 \times 2 = 15.76$ ซม. ส่วนแกนตั้งสำหรับพล็อตข้อมูลจัดลำดับ x_i จะใช้มาตราส่วนเชิงเส้น



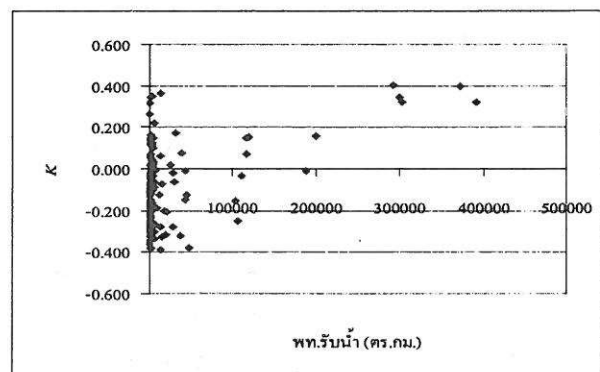
รูป 1 พล็อตการกระจายระหว่าง $\hat{K}$ และความยาวลำน้ำ



รูป 2 พล็อตการกระจายระหว่าง $\hat{K}$ และระดับท้องน้ำ



รูป 3 พล็อตการกระจายระหว่าง $\hat{K}$ และความชันของลำน้ำ



รูป 4 พล็อตการกระจายระหว่าง $\hat{K}$ และพื้นที่รับน้ำ

รูป 5-24 แสดงกระดาษกราฟความน่าจะเป็นแบบ GEV ที่ $K = -0.50, -0.45, \dots, 0.50$ ตามลำดับ

หลักในการเลือกใช้กระดาษกราฟที่สร้างขึ้นคือ ถ้าค่า K ของข้อมูลน้ำท่วมใกล้เคียงกับค่า K ของกระดาษกราฟใดให้เลือกใช้กระดาษกราฟนั้น รูป 25 และ 26 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการใช้กระดาษกราฟที่มีค่า $K = -0.30$ และ -0.25 กับข้อมูลที่สังเคราะห์ขึ้น ($K = -0.29$) ที่ค่า $q_i = 99, 90, 50, 10, 5, 2, 1, 0.5$ เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าพล็อตความน่าจะเป็นบนกระดาษกราฟ $K = -0.30$ ให้พล็อตที่ใกล้เคียงกับเส้นตรงมากกว่าพล็อตที่สร้างบนกระดาษกราฟ $K = -0.25$

รูป 27 และ 28 เปรียบเทียบระหว่างการใช้กระดาษกราฟที่มีค่า $K = -0.30$ และ -0.25 กับข้อมูลที่สังเคราะห์ขึ้น ($K = -0.275$) ที่ค่า q_i ต่างๆ ในกรณีนี้ค่า K อยู่กึ่งกลางระหว่างค่า K ของกระดาษกราฟทั้งสอง จะเห็นได้ว่าเส้นตรงของทั้งสองกระดาษกราฟสามารถลากผ่านข้อมูลได้ดีพอๆ กัน ดังนั้นในกรณีที่ค่า K ของข้อมูลอยู่กึ่งกลางระหว่างค่า K ของกระดาษกราฟที่มี จึงสามารถเลือกใช้กระดาษใดก็ได้

5. ตัวอย่างการประยุกต์

ด้านโครงการทราบค่าประมาณการของขนาดน้ำท่วม ที่ค่าคาบย้อนกลับ 100 ปี ของสถานี M.91 (ห้วยสำราญ บ้านท่าม่วง อำเภอยะนิง จังหวัดศรีสะเกษ) มีขั้นตอนในการหาดังนี้ (ก.) หาค่า K ของสถานีนี้จากตาราง 1 ซึ่งจะได้ $K = -0.259$ (ข.) เลือกกระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า K ใกล้เคียงกับ K ของข้อมูล ซึ่งจะได้กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.25$ (ค.) คำนวณค่า q_i จาก (5) (ง.) พล็อตค่า q_i กับข้อมูลลงบนกระดาษกราฟ (จ.) ลากเส้นตรงให้ผ่านข้อมูลมากที่สุด (ฉ.) ต่อเส้นตรงไปยังค่าคาบย้อนกลับที่ต้องการ และอ่านค่าประมาณการจากแกนตั้งของกระดาษ

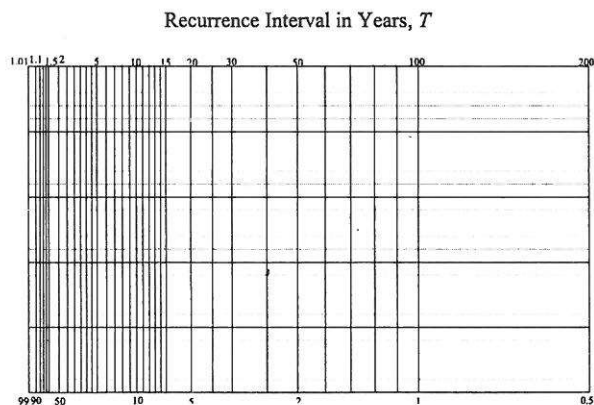
รูป 29 และ 30 เปรียบเทียบพล็อตข้อมูลของสถานี M.91 บนกระดาษ Gumbel และ กระดาษ GEV ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพล็อตลงบนกระดาษ GEV เราจะสามารถลากเส้นตรงผ่านข้อมูลได้ดีกว่า ส่วนค่าประมาณการขนาดน้ำท่วมที่ค่าคาบย้อนกลับ 100 ปีจากกระดาษทั้งสองจะได้ประมาณ 130 cms และ 190 cms ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันค่อนข้างมากหากเราเลือกใช้กระดาษไม่ถูกต้อง

5. สรุปผลการศึกษา

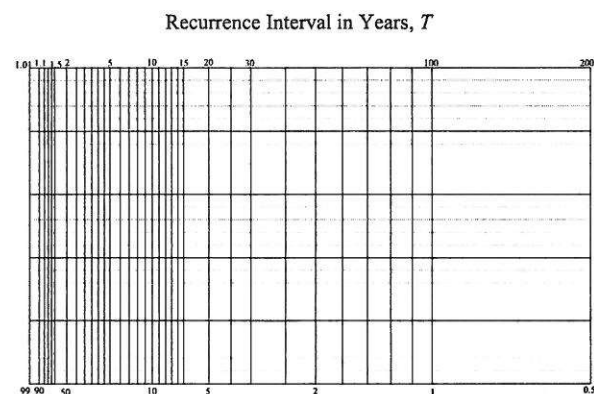
การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับสร้างพล็อตความน่าจะเป็นของทฤษฎีการแจกแจงความถี่แบบเอนเนอร์ไรซ์เอ็กซ์ทรีมวาลิว สำหรับข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุดแบบฉบับพลันในประเทศไทย . การศึกษาถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกคือการตรวจสอบหาความเป็นไปได้ว่าค่าประมาณการตัวอย่างของพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง กับลักษณะทางกายภาพของกลุ่มน้ำมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เพื่อที่จะนำมาใช้ประมาณการค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่างเพิ่มเติม

จากข้อมูลที่รวบรวมได้ในกรณีที่มีข้อมูลมีน้อย ส่วนที่สองคือการสร้างกระดาษความน่าจะเป็นแบบ GEV ที่ค่า K ต่างๆ ตั้งแต่ $-0.5, -0.45, \dots, 0.5$ ซึ่งไม่มีใช้ในปัจจุบัน

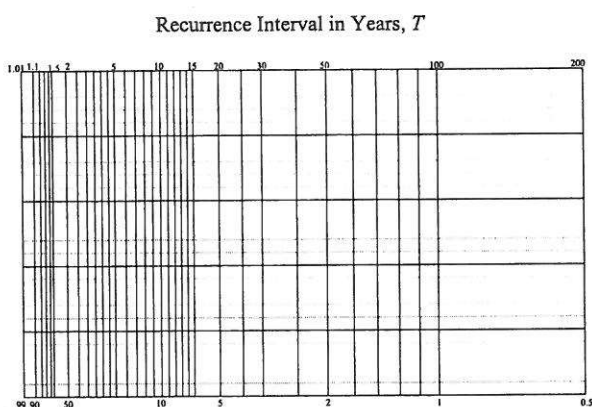
ผลการศึกษารูปได้ว่าค่า K ไม่มีความสัมพันธ์กับข้อมูลทางกายภาพอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นค่า K จึงควรที่จะถูกคำนวณโดยตรงจากข้อมูลเพียงอย่างเดียว ส่วนกระดาษกราฟที่สร้างมาขึ้นนั้น ช่วงของค่า K ที่กำหนดมีความละเอียดเพียงพอและใช้งานได้ง่าย



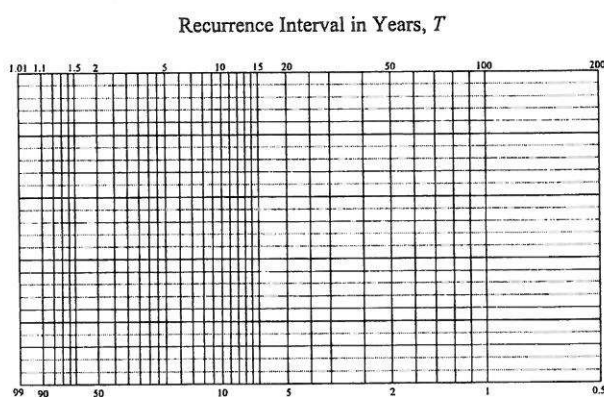
รูป 5 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.50$



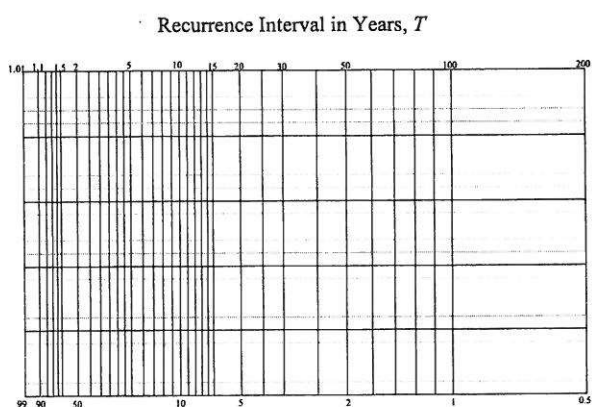
รูป 6 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.45$



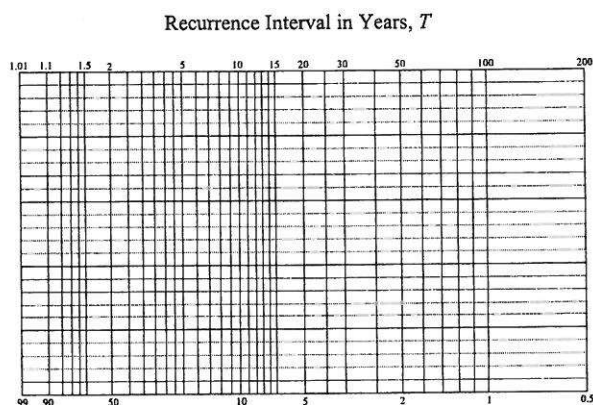
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)
รูป 7 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.40$



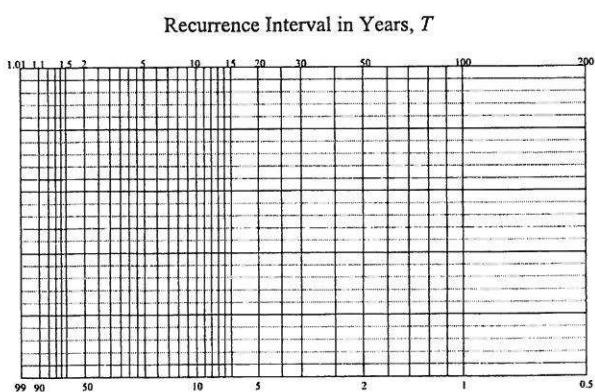
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)
รูป 10 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.25$



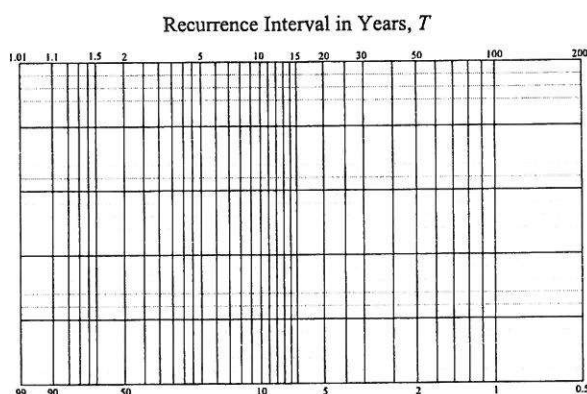
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)
รูป 8 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.35$



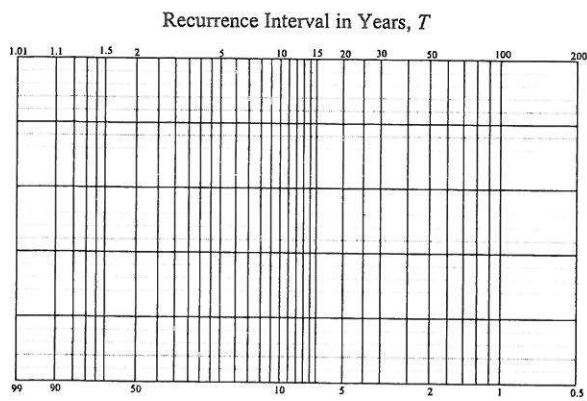
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)
รูป 11 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.20$



Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)
รูป 9 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.30$

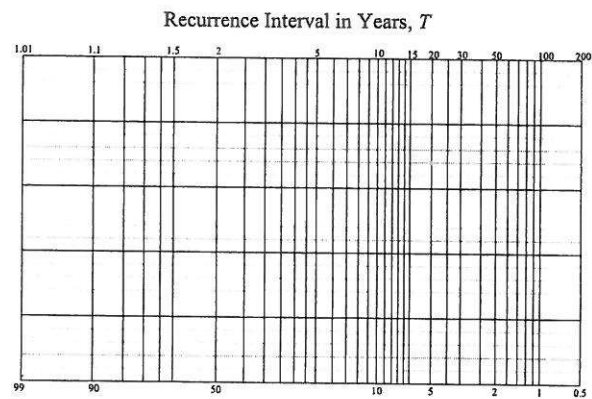


Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)
รูป 12 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.15$



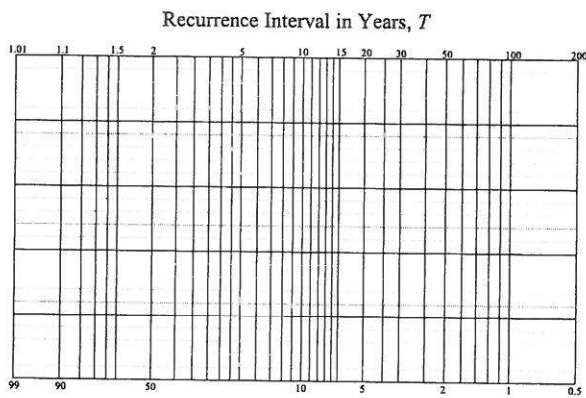
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 13 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.10$



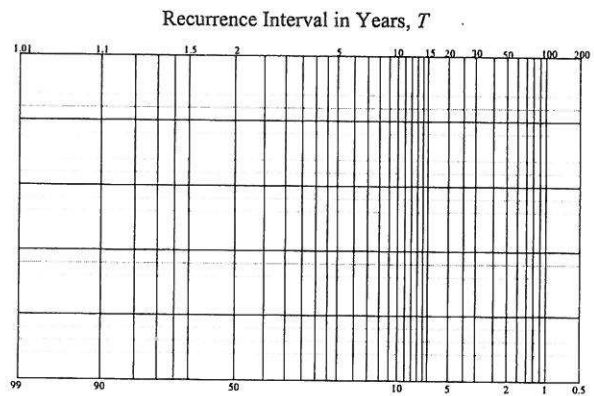
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 16 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = 0.10$



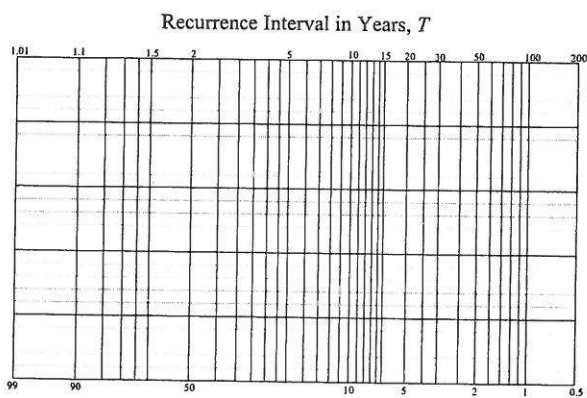
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 14 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = -0.05$



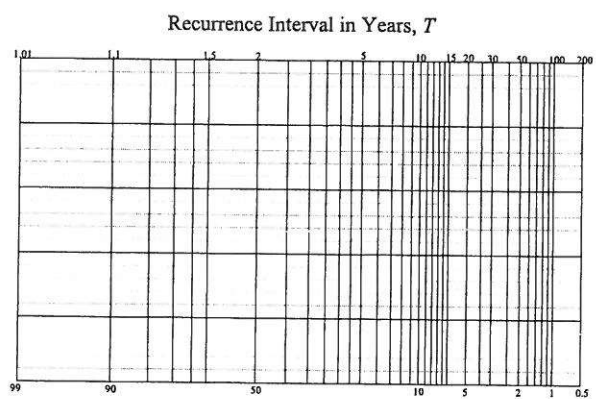
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 17 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = 0.15$



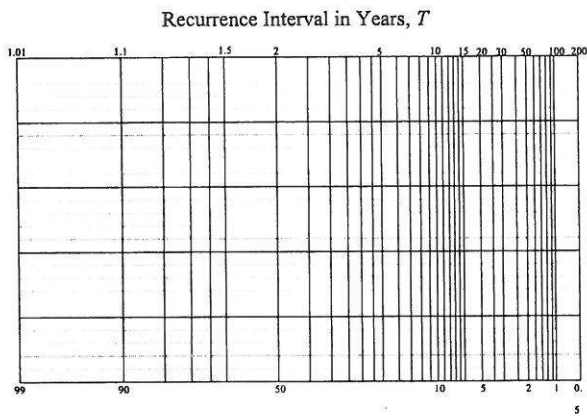
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 15 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = 0.05$



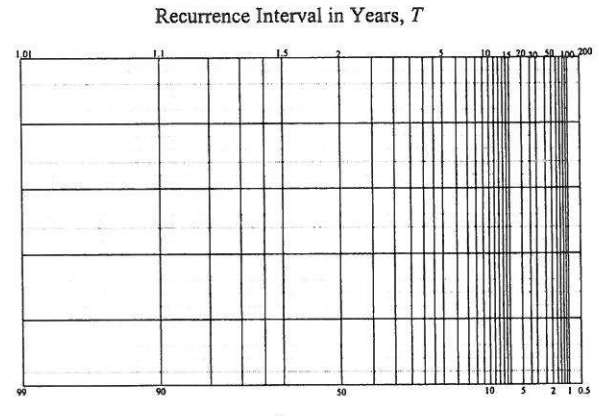
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 18 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = 0.20$



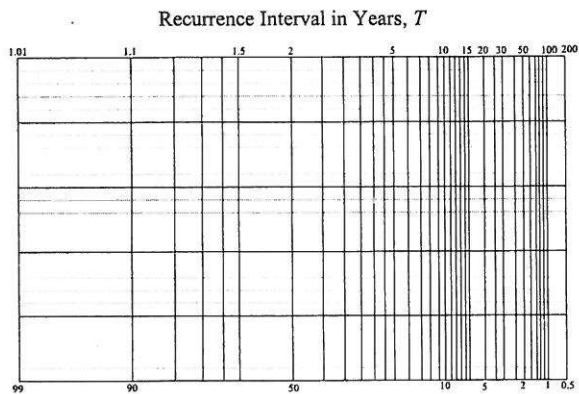
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 19 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = 0.25$



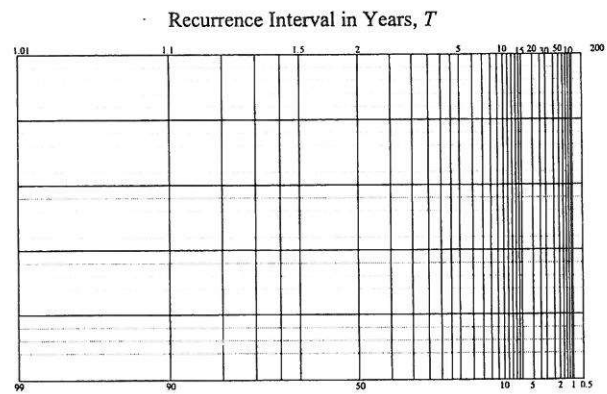
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 22 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = 0.40$



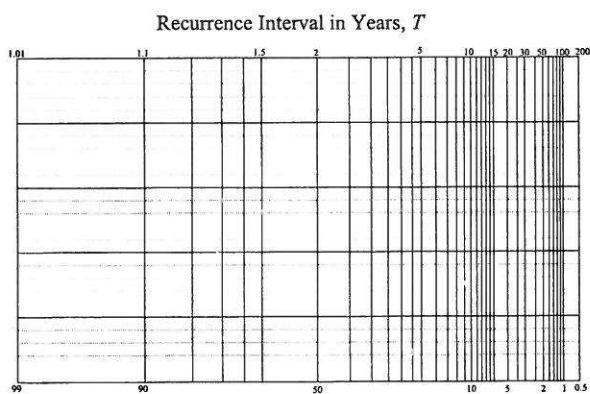
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 20 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = 0.30$



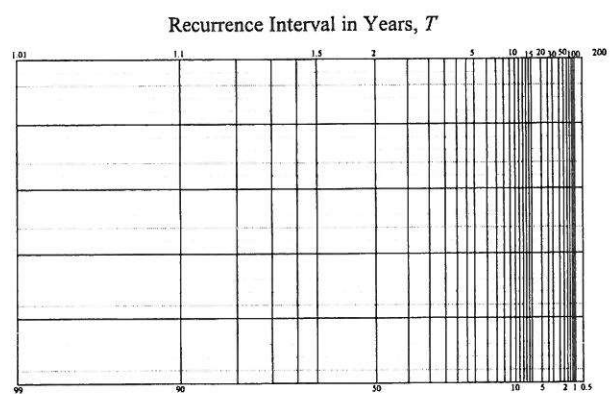
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 23 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = 0.45$



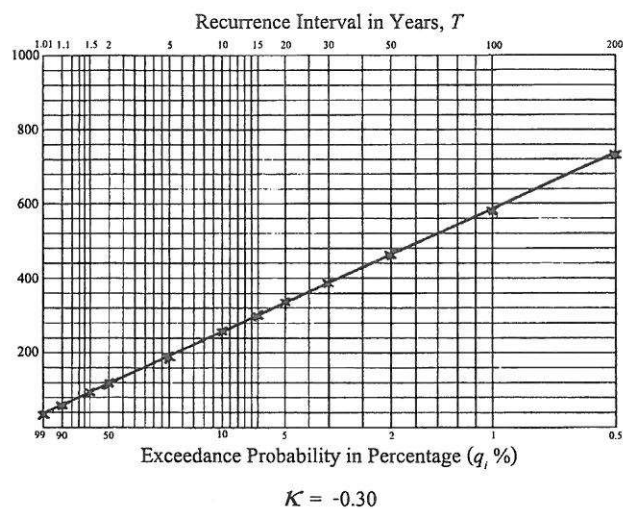
Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

รูป 21 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = 0.35$

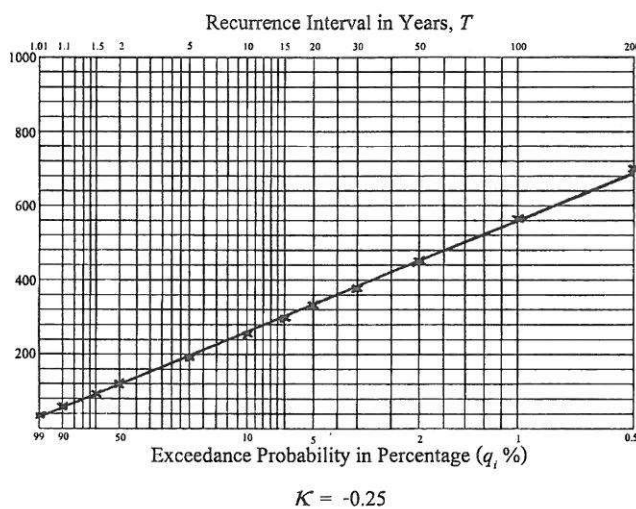


Exceedance Probability in Percentage ($q, \%$)

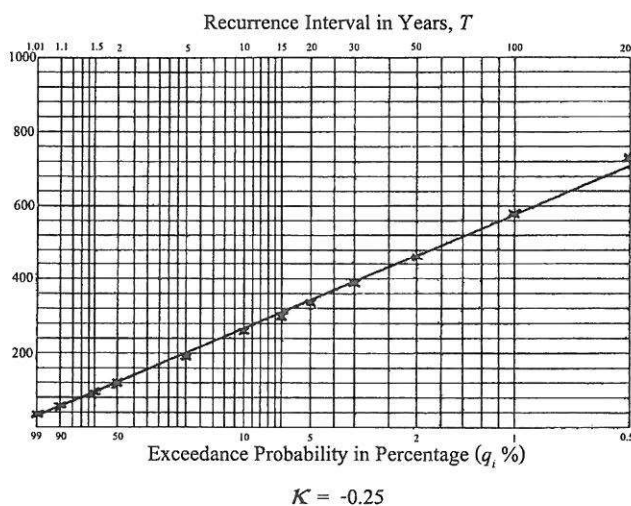
รูป 24 กระดาษกราฟ GEV ที่มีค่า $K = 0.50$



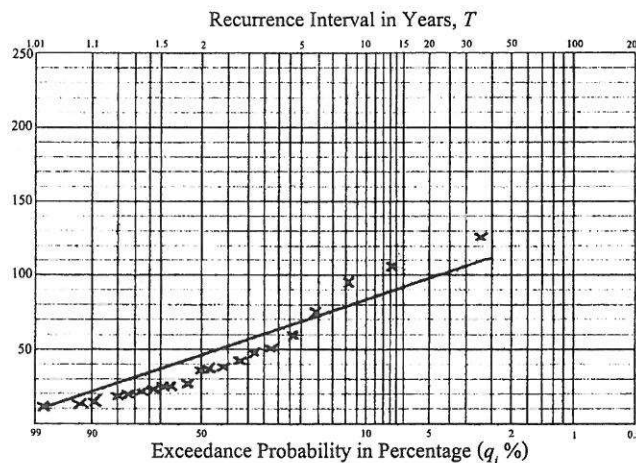
รูป 25 พล็อตข้อมูลที่มีค่า $K = -0.29$ ในกระดาษกราฟ $K = -0.30$



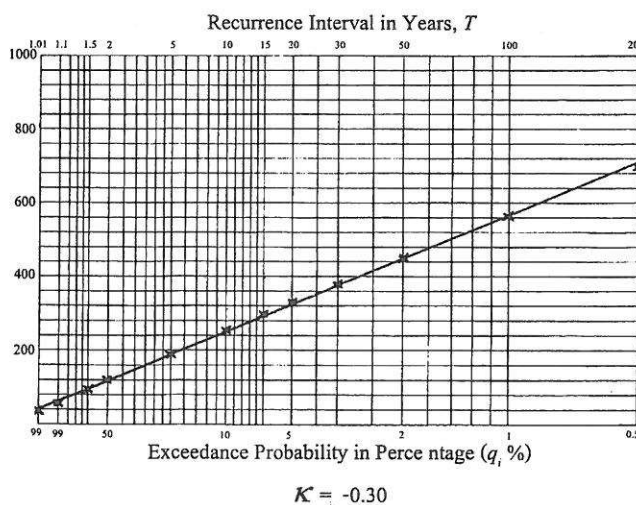
รูป 28 พล็อตข้อมูลที่มีค่า $K = -0.275$ ในกระดาษกราฟ $K = -0.25$



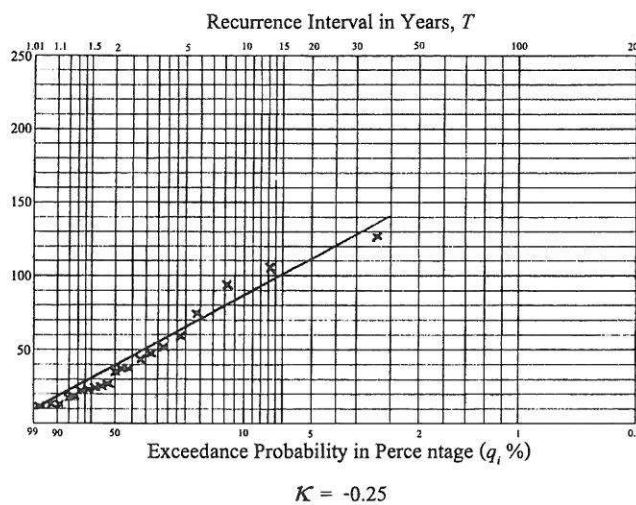
รูป 26 พล็อตข้อมูลที่มีค่า $K = -0.29$ ในกระดาษกราฟ $K = -0.25$



รูป 29 พล็อตข้อมูลสถานี M 91 ($K = -0.259$) ในกระดาษกัมเบล



รูป 27 พล็อตข้อมูลที่มีค่า $K = -0.275$ ในกระดาษกราฟ $K = -0.30$



รูป 30 การพล็อตข้อมูลสถานี M 91 ($K = -0.259$) ในกระดาษ GEV

ตาราง 1 ค่า $\tilde{K}$ ของทฤษฎีการแจกแจงความถี่แบบ GEV ของข้อมูลน้ำท่วมรายปีสูงสุดแบบฉบับพลัน ที่สถานีวัดน้ำท่าต่างๆ

สถานี	$\tilde{K}$	สถานี	$\tilde{K}$	สถานี	$\tilde{K}$	สถานี	$\tilde{K}$	สถานี	$\tilde{K}$	สถานี	$\tilde{K}$	สถานี	$\tilde{K}$
010101	0.123	020501	0.039	040103	-0.018	220704	0.162	E.23	-0.268	M.80	-0.465	S.9	-0.327
010201	-0.249	020801	-0.304	040104	0.078	240101	-0.323	E.26	-0.262	M.89	0.122	S.12	-0.422
010202	-0.076	021101	-0.181	040107	-0.011	240206	-0.464	E.29	-0.226	M.91	-0.259	S.13	-0.287
010501	-0.183	021201	-0.288	040202	-0.001	240207	-0.276	E.32A	-0.485	N.1	0.017	SW.6	0.053
010503	-0.089	021502	-0.383	040602	-0.157	250501	-0.218	E.54	-0.147	N.5A	0.019	W.16	-0.120
010504	-0.047	021503	-0.283	050117	-0.155	251102	0.146	KGT.3	-0.005	N.22	0.100	X.64	-0.159
010505	-0.023	022501	0.151	050126	0.070	B.6	-0.278	KGT.9	0.116	N.24	-0.209	X.67	0.018
010602	-0.433	023202	0.345	050127	0.149	B.8	-0.173	KGT.10	-0.455	N.36	-0.062	X.68	0.188
011001	0.127	023303	-0.194	052902	0.051	C.2	-0.032	KGT.12	-0.111	N.40	-0.035	X.70	-0.400
011102	-0.116	023501	-0.340	060101	-0.321	C.13	0.153	KGT.14	-0.213	N.42	-0.416	X.71	-0.345
011701	0.143	030101	0.351	061501	-0.073	CT.5A	-0.013	KGT.15A	-0.169	NY.3	0.319	X.90	-0.032
011801	-0.187	030102	-0.088	090201	-0.462	CT.7	-0.116	KGT.18	-0.094	P.1	0.221	X.104	-0.129
011802	-0.062	030201	-0.380	091401	0.044	CT.9	-0.358	M.2	-0.433	P.4A	-0.313	Y.3A	0.363
020102	-0.008	030214	-0.226	091603	-0.260	E.1	-0.064	M.5	-0.123	P.7A	-0.148	Y.4	-0.203
020103	0.160	030216	-0.116	120101	-0.260	E.5	-0.102	M.6A	-0.278	P.14	0.036	Y.6	0.062
020105	0.404	030301	0.496	150401	-0.044	E.6C	-0.290	M.7	-0.250	P.24A	-0.095	Y.14	-0.124
020112	0.347	030302	-0.164	180201	-0.209	E.8A	0.172	M.9	-0.179	PE.1	-0.251	Y.17	-0.205
020114	0.321	030304	0.060	210103	-0.223	E.9	-0.420	M.26	-0.397	PE.2	-0.315	Y.20	-0.337
020122	0.399	030307	-0.169	211101	0.072	E.16A	-0.389	M.42	-0.233	PE.3	0.029	Z.13	0.262
020129	0.322	030401	-0.321	220701	-0.107	E.20A	-0.377	M.66	-0.071	S.2	-0.071	Z.15	-0.399
020301	-0.302	040101	-0.485	220702	-0.422	E.22A	-0.277	M.69	0.074	S.7	0.121		

ตาราง 2 ตัวอย่างการคำนวณสเกลแกนนอนในการสร้างกระดาษ GEV ที่ค่า $K = -0.25$

q_i	0.990	0.900	0.500	0.100	0.050	0.020	0.010	0.005
$G_s^{-1}(\cdot)$	-1.27	-0.75	0.38	3.02	4.41	6.61	8.63	11.03
ผลต่างค่า $G_s^{-1}(\cdot)$ กับค่า $G_s^{-1}(\cdot)$ แรก	0.00	0.52	1.65	4.29	5.67	7.88	9.90	12.30
ตำแหน่งบนแกนนอน, cm	0.00	1.03	3.31	8.58	11.35	15.76	19.81	24.60

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chaleeraktragoon, C., Ingkasit, P., and Wanichkul, P. Construction of Probability Graph Paper for Generalized Extreme Value (GEV). *Proceedings of the seventh national convention on civil engineering*, Vol. 2 Water Resource Engineering, Geotechnical Engineering, Khon Kaen, Thailand, pp. WRE 140-145, 2002.
- [2] Cunnane, C. Unbiased Plotting Positions – A Review. *Journal of Hydrology*, 37(3/4), pp. 205-222, 1978.
- [3] Hosking, J.R.M., and Wallis, J.R. *Regional frequency analysis an approach based on L-moments*, Cambridge University, 1996.
- [4] Hosking, J.R.M., and Wallis, J.R., and Wood, E.F. Estimation of the generalized extreme value distribution by the method of probability-weighted moments. *Technometrics*, 27 (3), pp. 251-261, 1985
- [5] Hosking, J.R.M. L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 52, pp. 105-24, 1990.
- [6] Interagency Advisory Committee on Water Data, *Guidelines for Determining Flood Flow Frequency*, Bulletin 17B, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Office of Water Data Coordination, Reston, Va., 1982.
- [7] Landwehr, J. M., Matalas, N. C., and Wallis, J. R. Probability weighted moments compared with some traditional techniques in estimating Gumbel parameters and quantiles. *Water Resources Research*, 15(5), pp. 1055-1064, 1979.
- [8] Sarochnanjeen, W. Frequency Analysis of Annual Maximum and Minimum Flows in Thailand. M.Eng. Thesis, Faculty of Engineering, Thammasat University, 2000.
- [9] Si.Guo. A Discussion on Unbiased Plotting Positions For The General Extreme Value Distribution. *Journal of Hydrology*, 121 (1), pp. 33-34, 1990.
- [10] Stedinger, J.R., Vogel, R.M., and Foufoula-Georgiou, E. Frequency Analysis of Extreme Events. Edited by D.R. Maidment, *Handbook of Hydrology*, McGraw Hill Book Co. Inc., New York, N.Y., pp. 18.1-18.66, 1993.
- [11] Vogel, R.M., and Wilson, I. Probability Distribution of Annual Maximum Mean and Minimum Streamflows in the United States. *Journal of Hydrologic Engineering*, 1(2), pp. 365-374, 1996.