บทที่ 2
แนวทางการศึกษา

การศึกษาที่เกี่ยวกับขนาดและความถี่น้ำท่วมที่ศึกษากันโดยทั่วไป ใช้อนุกรมข้อมูลสองชนิด คือ ข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปี (Annual Maximum Series, AMS) และข้อมูลอนุกรมสูงสุดบางส่วน (Partial Duration Series, PDS) โดยข้อมูล PDS ไม่ใช่อนุกรมการแจกแจงความถี่ที่แท้จริง เพราะขนาดน้ำท่วมแต่ละค่าไม่ได้กำหนดโดยตรงในเทอมของช่วงเวลาการเกิด แต่กำหนดในเทอมของขนาดน้ำท่วมอย่างเดียวเท่านั้น ดังนั้น รูปร่างของการแจกแจงความถี่ของข้อมูล PDS จะขึ้นอยู่กับค่าน้ำท่วมฐานที่เลือกใช้

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.1 การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล

การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลตรวจสอบเฉพาะกับข้อมูล PDS เท่านั้นเนื่องจากข้อมูล AMS ที่นำมาพิจารณาเป็นค่าสูงสุดซึ่งมีเพียงหนึ่งค่าต่อหนึ่งปีเท่านั้น ซึ่งแต่ละค่าไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน แต่สำหรับการใช้ข้อมูล PDS ในการวิเคราะห์นั้น จำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปีหนึ่ง ๆ อาจมีมากกว่าหนึ่งค่าโดยค่าที่นำมาพิจารณาต้องเป็นอิสระต่อกันและความเป็นอิสระของข้อมูลนั้นจะขึ้นกับการเลือกค่าน้ำท่วมฐาน ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่น 50% และ 75% กล่าวคือ กรณีที่เกิดปริมาณน้ำท่วมที่เท่ากับหรือมากกว่าค่าน้ำท่วมฐานติดต่อกันหลายค่า ค่าที่อยู่ตรงกลางระหว่างปริมาณน้ำท่วมทั้งสองค่าต้องมีค่าน้อยกว่า 50% และ 75% ของค่าที่ต่ำกว่าระหว่างปริมาณน้ำท่วมทั้งสองค่านั้น ตามลำดับ

2.2 การแจกแจงความน่าจะเป็น

ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น (Probability Density Function) เป็นฟังก์ชันทางสถิติที่แสดงถึงความน่าจะเป็นของการเกิดค่าต่าง ๆ ของตัวแปรสุ่ม (Random Variable) โดยการเลือกฟังก์ชันการแจกแจงให้เหมาะสมกับชุดข้อมูลอุทกวิทยา คุณสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโอกาสความน่าจะเป็นถูกสรุปย่อให้เหลือเพียงฟังก์ชันและพารามิเตอร์ของฟังก์ชันเท่านั้น การประมาณ

ค่าพารามิเตอร์หรือการเลือกฟังก์ชันการแจกแจงที่เหมาะสมทำโดยวิธีโมเมนต์ (Moment Method, MM) และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method, ML)

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของน้ำท่วมของข้อมูล AMS พิจารณาเลือกใช้การแจกแจงแบบ Gumbel สำหรับข้อมูล PDS แยกการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ การแจกแจงสำหรับขนาดน้ำท่วมและจำนวนเหตุการณ์การเกิดน้ำท่วมโดยเฉลี่ยที่เกิดขึ้นโดยเลือกการแจกแจงแบบ Exponential และแบบ Poisson สำหรับแต่ละกรณีดังกล่าว ตามลำดับ

2.2.1 <u>ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Gumbel</u>

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Gumbel หรือแบบ Double Exponential (หรือที่เรียกว่าแบบ General Extreme Value type I) คือ

$$f(x)=\frac{1}{\alpha}\exp\left\{\frac{-(x-x_0)}{\alpha}-\left[\exp\frac{-(x-x_0)}{\alpha}\right]\right\} \tag{2.1}$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีโมเมนต์ จะได้

$$x_0=\bar{x}-0.45S_x \tag{2.2}$$

$$\alpha=0.7797S_x \tag{2.3}$$

เมื่อ $\bar{x}$ และ S_x คือ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณได้จากข้อมูล ตามลำดับ

การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด จะได้

$$\Delta x_0^{(k)}=(1.11P^{(k)}-0.26R^{(k)})\frac{\alpha^{(k)}}{N} \tag{2.4}$$

$$\Delta \alpha^{(k)}=(0.26P^{(k)}-0.61R^{(k)})\frac{\alpha^{(k)}}{N} \tag{2.5}$$

$$x_0^{(k+1)}=x_0^{(k)}+\Delta x_0^{(k)} \tag{2.6}$$

$$\alpha^{(k+1)}=\alpha^{(k)}+\Delta \alpha^{(k)} \tag{2.7}$$

เมื่อ

$$P=N-\sum_{i=1}^{N}e^{-z_i} \tag{2.8}$$

$$R=N-\sum_{i=1}^{N}z_i+\sum_{i=1}^{N}z_i\,.e^{-z_i} \tag{2.9}$$

ค่า x_0 และ α จะหาได้โดยวิธีการคำนวณซ้ำ (Iterative Procedure) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สมมติ $x_0 = x_0^{(1)}$ และ $\alpha_0 = \alpha_0^{(1)}$ จากนั้นคำนวณค่า $z_i = \dfrac{x_i - x_0^{(1)}}{\alpha^{(1)}}$
2. คำนวณค่า $P^{(1)}$ และ $R^{(1)}$
3. คำนวณค่า $\Delta x_0^{(k)}$ และ $\Delta\alpha^{(k)}$
4. ตรวจสอบดูว่าค่าสัมบูรณ์ของ $\Delta x_0^{(1)}$ และ $\Delta\alpha^{(1)}$ มีค่าใกล้ 0 หรือไม่ ซึ่งถ้ามีค่าใกล้ 0 แสดงว่า $x_0^{(1)}$ และ $\alpha^{(1)}$ ที่สมมติไว้ถูกต้องแต่ถ้ามีค่ามากให้คำนวณหาค่า $x_0^{(2)}$ และ $\alpha_0^{(2)}$
5. ทำขั้นที่ 2 ถึง 4 ซ้ำจนกระทั่งได้ค่า x_0 และ α ที่ต้องการ

2.2.2 <u>ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Poisson</u>

การอธิบายคุณลักษณะทางสถิติของชุดข้อมูลอุทกวิทยาโดยการแจกแจงแบบ Poisson นี้ นิยมใช้กันบ่อยครั้งในการวิเคราะห์ทางอุทกวิทยา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำหรับการเกิดเหตุการณ์ที่เป็นกรณีมากสุดหรือน้อยสุด (Extreme) หรือในกรณีของการเกิดเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ยาก (Rare Event) ในลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเวลา

ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นแบบ Poisson คือ

$$f(x;\lambda) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{x}}{x!} \qquad ; x = 0, 1, 2, \ldots\infty \qquad (2.10)$$

เมื่อ x คือ จำนวนการเกิดเหตุการณ์ที่กำหนด

$f(x)$ คือ ความน่าจะเป็นของ $x = 0, 1, 2, \ldots\infty$

และ λ คือ ค่าพารามิเตอร์ ; $\lambda > 0$

การวิเคราะห์ค่า λ ซึ่งเป็นค่าจำนวนเหตุการณ์เฉลี่ยต่อปี คำนวณได้จากการนำจำนวนเหตุการณ์ที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐานทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าน้ำท่วมฐานที่เลือกมาวิเคราะห์โดยหารด้วยจำนวนปีที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลของสถานีนั้น ๆ

โดย $$\lambda = \frac{M}{N} \qquad (2.11)$$

เมื่อ M คือ จำนวนเหตุการณ์ที่มีขนาดน้ำท่วมมากกว่าค่าน้ำท่วมฐานทั้งหมดที่เกิดขึ้น

N คือ จำนวนปีที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.3 ฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Exponential

ฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นแบบ Exponential คือ

$$f(x;\beta)=\frac{1}{\beta}e^{-x/\beta} \tag{2.12}$$

โดยมีค่า β เป็นค่าพารามิเตอร์

การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยวิธีโมเมนต์และวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ได้จากสมการดังนี้

$$\beta=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_i \tag{2.13}$$

เมื่อ X_i คือ ขนาดของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งเท่ากับค่าปริมาณน้ำท่วมที่นำมาพิจารณาลบด้วยค่าน้ำท่วมฐานที่เลือกวิเคราะห์

$= Q - Q_b$

Q คือ ปริมาณน้ำท่วมของแต่ละเหตุการณ์

Q_b คือ ค่าน้ำท่วมฐาน (Base Flood)

เหตุผลในการเลือกฟังก์ชันความน่าจะเป็นทั้งสามแบบข้างต้น คือ เมื่อรวมฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Poisson และแบบ Exponential ซึ่งใช้อธิบายการแจกแจงของจำนวนเหตุการณ์และขนาดของเหตุการณ์โดยเฉลี่ย ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ของข้อมูล PDS ตามลำดับเข้าด้วยกันแล้วนั้น จะได้เป็นฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบ Gumbel ซึ่งเลือกใช้เพื่ออธิบายลักษณะของข้อมูล AMS

โดยเงื่อนไขของการเลือกฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นทั้งสามแบบข้างต้นดังกล่าว คือ การแปรผันจำนวนเหตุการณ์ โดยไม่สนใจช่วงเวลาของการเกิดของแต่ละเหตุการณ์นั้น ๆ (Borgman ; 1963, Shane และ Lynn ; 1964, Bernier ; 1967, Todorovic และ Zelenhasic ; 1970) และให้จำนวนเหตุการณ์ของแต่ละปีเป็นตัวแปร random ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ λ การพิสูจน์สมการทั้งสามสามารถทำได้ดังนี้

กำหนดให้ $p_0, p_1, \ldots, p_i$ เป็นค่าความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐานจำนวน 0, 1, ..., i เหตุการณ์ ตามลำดับ โดยเงื่อนไขของความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่มีความสัมพันธ์กัน 2 เหตุการณ์ (A และ B) คือ

$$P(A \cap B) = P(A/B).P(B) \qquad (2.14)$$

ถ้ามีจำนวนเหตุการณ์ i เหตุการณ์ที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐานในช่วงเวลา 1 ปี โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่มีจำนวน r เหตุการณ์ คือ

$$P(r\,peaks > q/i) = \binom{i}{r}(P(A/B)^r(1-P(A/B))^{i-r} \quad \text{เมื่อ } r \le i \qquad (2.15)$$

โดยสมการดังกล่าวจะเป็นสมการความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข (Conditional Probability) ของเหตุการณ์จำนวน i เหตุการณ์ที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐาน

ส่วนสมการความน่าจะเป็นแบบไม่มีเงื่อนไข (Unconditional Probability) ของเหตุการณ์จำนวน R เหตุการณ์ที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐานในช่วงเวลา 1 ปี คือ

$$\begin{aligned} P(r\,peaks > q) &= \sum_{i=r}^{\infty} P(r\,peaks > q/i).p_i \\ &= \sum_{i=r}^{\infty}\binom{i}{r}(P(A/B)^r(1-P(A/B))^{i-r}.p_i \\ &= \sum_{j=0}^{\infty}\binom{j+r}{r}(P(A/B))^r(1-P(A/B))^j.p_{j+r} \qquad (2.16) \end{aligned}$$

จำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นตัวแปร Poisson โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$p_i = \frac{e^{-\lambda}\lambda^i}{i!} \qquad (2.17)$$

โดยเงื่อนไขของสมการดังกล่าวข้างต้น คือ เหตุการณ์ที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐานที่เกิดขึ้นต้องเกิดแบบกระจาย (scatter) ในช่วงเวลา 1 ปี

เมื่อแทนค่า p_{j+R} ในสมการ (2.15) จะได้

$$
\begin{aligned}
P(r\,peaks > q) &= \sum_{j=0}^{r} \binom{j+r}{r} P(A/B)^r (1-P(A/B))^j \frac{e^{-\lambda}\lambda^{j+r}}{(j+r)!} \\
&= \frac{e^{-\lambda}\lambda^r}{r!}(P(A/B))^r \sum_{j=0}^{r} \frac{\lambda^j (1-P(A/B))^j}{j!} \\
&= \frac{e^{-\lambda}\lambda^r P(A/B)^r}{r!}.e^{\lambda(1-PR(A/B))} \\
&= \frac{e^{-\lambda.PR(A/B)}.\left[\lambda.P(A/B)\right]^r}{r!} \qquad (2.18)
\end{aligned}
$$

ซึ่งสมการดังกล่าวแสดงถึงการแจกแจงจำนวนเหตุการณ์ที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐาน โดยเป็นฟังก์ชันการแจกแจงแบบ Poisson ที่มีค่าพารามิเตอร์ คือ λ.P(A/B)

ค่าปริมาณน้ำท่วมในรอบ T ปี สามารถหาได้โดยกำหนดให้ค่าปริมาณการไหลที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐานเป็นตัวแปร และจากสมการ (2.18) จะได้ว่า จำนวนเหตุการณ์ที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐานในช่วงเวลา 1 ปีเป็นตัวแปร Poisson ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ λ.P(A/B) และเมื่ออาศัยคุณสมบัติการถ่ายทอดจะได้ว่า ถ้ามีจำนวนเหตุการณ์ที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐานในช่วงเวลา λT เป็นตัวแปร Poisson แล้ว จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ λT.P(A/B) ด้วยเช่นกัน

ในส่วนของการแจกแจงข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปี จากสมการ (2.17) กรณี p_0=e(-λ) จะแสดงว่าไม่มีค่าปริมาณการไหลที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐาน ซึ่งปริมาณการไหลรายปีที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐานสามารถวิเคราะห์ได้จากสมการ (2.18) โดยฟังก์ชันสัดส่วนความน่าจะเป็นแบบไม่มีเงื่อนไข (Unconditional Proportional Probability) กรณีที่ไม่มีจำนวนเหตุการณ์ที่มีค่ามากกว่าค่าน้ำท่วมฐาน จะให้ค่า r = 0 ดังสมการ

$$P(Q_{max} \le q) = P(No\,peaks > q) = e^{-\lambda.P(A/B)} \qquad (2.19)$$

เขียนรูปสมการของ PR(A/B) ใหม่ จะได้

$$P(Q_{max} \le q) = e^{-\lambda[1-F(Q \le q/q \ge Q_0)]} \qquad (2.20)$$

ถ้า F(.) เป็นฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Exponential จะได้

$$P(Q_{max} \le q) = e^{-\lambda . e^{-(q-q_0)/\beta}} \tag{2.21}$$

ซึ่งเป็นรูปสมการของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Gumbel และจะได้ค่าปริมาณการไหลในรอบ T ปี คือ

$$Q(T) = \mu + \beta y \tag{2.22}$$

ถ้า $Q(T) \ge q_o$ เมื่อ $y(T)$ = Gumbel Standard Reduced Variate จะได้ค่าประมาณของ r คือ

$$y(T) \approx \ln(T - \frac{1}{2}) \tag{2.23}$$

และถ้า $T \ge 5$ สมการ (2.22) จะเขียนใหม่ได้เป็น

$$\begin{aligned} Q(T) &\approx \mu + \beta . \ln(T - \frac{1}{2}) \\ &= q_0 + \lambda . \ln \lambda + \beta . \ln(T - \frac{1}{2}) \end{aligned} \tag{2.24}$$

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบการเกิดซ้ำของข้อมูลอนุกรมสูงสุดรายปี และข้อมูลอนุกรมสูงสุดบางส่วน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคาบการเกิดซ้ำของข้อมูล AMS และ PDS สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้ (Linsley ; 1975)

$$T_p = \left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T_a}\right)\right]^{-1} \tag{2.25}$$

เมื่อ Ta และ Tp เป็นค่าคาบการเกิดซ้ำของข้อมูล AMS และ PDS ตามลำดับ

2.4 การทดสอบความเหมาะสมของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น

การทดสอบความเหมาะสมของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Goodness of Fit Test of Probability Density Function) ว่าฟังก์ชันที่ประเมินเหมาะสมกับข้อมูลน้ำท่วมที่กำลังวิเคราะห์หรือไม่ มีวิธีที่นิยมใช้ 2 วิธี คือ การทดสอบแบบ Smirnov-Kolmogorov และการทดสอบแบบ Chi-Square ในการศึกษานี้ ใช้การทดสอบด้วยวิธี Smirnov-Kolmogorov

การทดสอบแบบ Smirnov-Kolmogorov เป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าความถี่ของข้อมูล (Empirical Frequency) ที่คำนวณได้จากสูตร Plotting Position และค่าโอกาสความน่าจะเป็นของเหตุการณ์เดียวกันที่คำนวณได้จากฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Cumulative Density Function) ที่เลือกไว้ ถ้าความแตกต่างที่มีค่ามากที่สุดมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤตซึ่งกำหนดโดย Smirnov-Kolmogorov แสดงว่าฟังก์ชันที่เลือกและพารามิเตอร์ที่ประเมินเป็นที่ยอมรับได้ แต่ถ้าความแตกต่างมากสุดมีค่ามากกว่าค่าวิกฤตของ Smirnov-Kolmogorov แสดงว่าฟังก์ชันที่เลือกนั้นไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้อธิบายความน่าจะเป็นของเหตุการณ์การเกิดน้ำท่วม

สมมติให้ F'(X) คือ ค่าความถี่ของข้อมูลน้ำท่วมที่คำนวณได้จากการเรียงข้อมูลน้ำท่วมจากน้อยไปหามาก ให้ F(X) คือ ความน่าจะเป็นของข้อมูลน้ำท่วมที่คำนวณได้จากฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น และให้ Δ_{max} คือ ค่าความแตกต่างระหว่าง F'(X) และ F(X) ที่มีค่ามากที่สุด ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$\Delta_{max} = \left| F'(x) - F(x) \right| \qquad (2.26)$$

ค่า Δ_{max} สามารถหาได้ง่ายและสะดวก โดยการวาดกราฟการแจกแจงความถี่ของข้อมูล (Empirical Frequency Distribution) เทียบกับกราฟการแจกแจงความน่าจะเป็น แล้วอ่านค่า Δ_{max} จากกราฟ

กำหนดให้ $\Delta_{N,\alpha}$ คือ ค่าวิกฤตของ Smirnov-Kolmogorov ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูล (N) และระดับนัยสำคัญ (Significance Level, α) ซึ่งปกติในการทดสอบจะใช้ค่า α เท่ากับ 5%

เกณฑ์การทดสอบ คือ

1. ถ้า $\Delta_{max} < \Delta_{N,\alpha}$ แสดงว่าสมมติฐานที่ว่าข้อมูลมีการแจกแจงความน่าจะเป็นตามฟังก์ชันและพารามิเตอร์ที่เลือกเป็นที่ยอมรับได้ ที่ระดับนัยสำคัญ α
2. ถ้า $\Delta_{max} > \Delta_{N,\alpha}$ แสดงว่าสมมติฐานที่ว่าข้อมูลมีการแจกแจงความน่าจะเป็นตามฟังก์ชันและพารามิเตอร์ที่เลือกไม่เป็นที่ยอมรับ ที่ระดับนัยสำคัญ α

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบค่าคาบการเกิดซ้ำของข้อมูล AMS และ PDS

Ta	1.02	1.25	1.50	2	5	10	25	100	500	1000
Tp	0.25	0.62	0.91	1.44	4.48	9.49	24.50	99.50	499.5	999.5

ตารางที่ 2.2 ค่าวิกฤตของวิธี Smirnov-Kolmogorov

N	α			
	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$1.07/\sqrt{N}$	$1.22/\sqrt{N}$	$1.36/\sqrt{N}$	$1.63/\sqrt{N}$

2.5 การเลือกค่าน้ำท่วมฐาน

อนุกรมข้อมูล PDS เป็นอนุกรมที่ขึ้นกับค่าน้ำท่วมฐาน ซึ่งใช้ในการเลือกขนาดและจำนวนของข้อมูลในอนุกรม ค่าน้ำท่วมฐานที่ใช้กันทั่วไปสามารถกำหนดได้จากหลายวิธี โดยการศึกษาครั้งนี้เลือกพิจารณาค่าน้ำท่วมฐานจากวิธีต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. จากระดับน้ำและสภาพทางกายภาพของตลิ่งริมฝั่งแม่น้ำ

ค่าน้ำท่วมฐานในกรณีนี้ จะได้จากการสำรวจระดับน้ำหรือปริมาณการไหลที่ทำให้เกิดการล้นตลิ่ง กรณีนี้ถือว่าระดับน้ำหรือปริมาณการไหลดังกล่าวเป็นภาวะวิกฤตที่อาจทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมขึ้นได้ จึงกำหนดค่าดังกล่าวเป็นค่าน้ำท่วมฐาน เพื่อใช้ในการเลือกขนาดและจำนวนของข้อมูล PDS

2. จากข้อมูล AMS ที่มีค่าปริมาณการไหลน้อยที่สุด

ค่าน้ำท่วมฐานในกรณีนี้ เป็นการเลือกค่าน้ำท่วมฐานจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปี (ข้อมูล AMS) ที่มีขนาดน้อยที่สุด เพื่อเป็นค่ากำหนดขนาดและจำนวนของข้อมูล PDS โดยในกรณีนี้สะดวกต่อการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ เนื่องจากเมื่อทราบขนาดของข้อมูลปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายปี ก็จะสามารถทราบถึงข้อมูล AMS ได้ และเลือกค่าที่น้อยที่สุดจากข้อมูลดังกล่าวเป็นค่าน้ำท่วมฐาน

3. จากวิธี R-curve

ค่าน้ำท่วมฐานในกรณีนี้ เป็นการเลือกค่าน้ำท่วมฐานจากการวาดกราฟระหว่างค่าเฉลี่ยต่อค่าความแปรปรวนของผลต่างระหว่างค่าปริมาณการไหลกับค่าน้ำท่วมฐาน (Q-Qb) ต่อค่าน้ำท่วมฐานต่าง ๆ (Qb) (Ashkar, F. และ Rouselle, J. ; 1987) โดยสามารถสรุปเป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์ได้ดังนี้

3.1 กำหนดค่าน้ำท่วมฐาน 1 ค่า จากนั้นเลือกค่าปริมาณการไหลจากข้อมูลปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายวันของสถานีวัดน้ำท่าใด ๆ ที่มีขนาดมากกว่าค่าน้ำท่วมฐานที่กำหนด ซึ่งจะได้เป็นข้อมูล PDS

3.2 คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของค่าปริมาณการไหล จากข้อมูล PDS ที่ได้ตามข้อ (3.1) พร้อมทั้งคำนวณค่าอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน (R)

3.3 เปลี่ยนค่าน้ำท่วมฐานใหม่ แล้วทำซ้ำตามขั้นตอน (3.1) และ (3.2)

3.4 วาดกราฟระหว่างค่าอัตราส่วนและค่าน้ำท่วมฐาน โดยให้แกนตั้งเป็นค่าอัตราส่วน ส่วนแกนนอนเป็นค่าน้ำท่วมฐาน

จากนั้นให้ลากเส้นขนานแกนนอนที่ค่าแกนตั้งเท่ากับ 1 แล้วพิจารณาค่าน้ำท่วมฐานที่ทำให้เส้นกราฟเข้าสู่เส้น R = 1 ซึ่งค่าน้ำท่วมฐานดังกล่าวจะใช้เป็นค่ากำหนดขนาดและจำนวนของข้อมูล PDS สำหรับกรณีที่ (3) นี้

กรณีทั้งสามดังกล่าวข้างต้น จะได้ค่าน้ำท่วมฐานเพียงหนึ่งค่าที่ใช้กำหนดขนาดและจำนวนของข้อมูล PDS ส่วนค่าน้ำท่วมฐานอื่น ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้จากการเทียบสัดส่วนกับค่าน้ำท่วมฐานที่ได้จากกรณีใดกรณีหนึ่งในสามกรณีข้างต้น ทั้งนี้เพื่อให้ได้ชุดของข้อมูลในการวิเคราะห์ที่มีการแปรผันของค่าน้ำท่วมฐานที่ใช้หลาย ๆ ค่า ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้ข้อมูล AMS และข้อมูล PDS เนื่องจากค่าน้ำท่วมฐานแต่ละค่าจะให้จำนวนเหตุการณ์โดยเฉลี่ยต่อปี (λ) ที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน

2.6 การประมาณค่าปริมาณน้ำท่วม

กำหนดให้ $Q(T)_a$ แทนขนาดของปริมาณน้ำท่วมสำหรับคาบการเกิดซ้ำที่กำหนดที่ได้จากข้อมูล AMS โดยใช้การแจกแจงแบบ Gumbel ดังนั้น $Q(T)_a$ ประมาณค่าได้จากสมการ

$$Q(T)_a = \mu + \alpha . y(T) \qquad (2.27)$$

เมื่อ y(T) คือ ตัวแปรลดรูปมาตรฐานกัมเบล

(Gumbel Standard Reduced Variate)

$= -\ln(-\ln(1 - (1/T)))$

T คือ ค่าคาบการเกิดซ้ำ

กำหนดให้ $Q(T)_p$ แทนขนาดของปริมาณน้ำท่วมสำหรับคาบการเกิดซ้ำที่กำหนดที่ได้จากข้อมูล PDS โดยใช้การแจกแจงแบบ Poisson และแบบ Exponential สำหรับการแจกแจงความถี่และขนาดของเหตุการณ์ ตามลำดับ ดังนั้น $Q(T)_p$ ประมาณค่าได้จากสมการ

$$Q(T)_p = Q_s + \beta . \ln \lambda + \beta . y(T) \qquad (2.28)$$

2.7 การประมาณค่าความแปรปรวนของปริมาณการไหล

ค่าความแปรปรวนของข้อมูล $Q(T)_a$ สำหรับข้อมูล AMS คือ

$$\mathrm{var}[Q(T)_a] = \frac{\alpha^2}{N}[1.11 + 0.52y(T) + 0.61y^2(T)] \qquad (2.29)$$

ค่าความแปรปรวนของข้อมูล $Q(T)_p$ สำหรับข้อมูล PDS คือ

$$\mathrm{var}[Q(T)_p] = \frac{\beta^2}{\lambda N}\{1 + [\ln\lambda + y(T)]^2\} \qquad (2.30)$$

การพิสูจน์สมการ (Taesombat, V. และ Yevjevich, V. ; 1978) แสดงในภาคผนวก ค

2.8 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความแปรปรวนของปริมาณการไหล

การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้เกณฑ์การพิจารณาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ 2 วิธี คือ

2.8.1 <u>ความแปรปรวนของตัวอย่างข้อมูล</u> (The Sampling Variance)

โดยทั่วไป กำหนดว่า ถ้าค่าความแปรปรวนของการประมาณค่าปริมาณการไหลจากการคำนวณในชุดข้อมูลใดให้ค่าความแปรปรวนของการประมาณค่าที่ต่ำกว่าชุดข้อมูลที่เหลือ ผลที่ได้ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอนุกรมข้อมูลชุดนั้น ๆ มีประสิทธิภาพในการประเมินค่าปริมาณน้ำท่วมสูงสุดที่คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ สูงกว่าข้อมูลจากอนุกรมชุดอื่น

วิธีการที่ใช้เปรียบเทียบความแปรปรวนของการประมาณค่าปริมาณการไหลระหว่างข้อมูล AMS และข้อมูล PDS คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของการประมาณค่าปริมาณการไหล จากอนุกรมข้อมูลจากสองชุดดังกล่าว โดยแบ่งออกเป็น 3 วิธี (Taesombat, V. และ Yevjevich, V. ; 1978) คือ

1. วิธีทฤษฎีค่าแท้จริง (Exact Theoretical Approach, Rv,1)

$$R_{v,1} = \frac{\lambda[1.11 + 0.52y(T) + 0.61y^2(T)]}{\{1 + [\ln\lambda + y(T)]^2\}} \qquad (2.31)$$

2. วิธีทฤษฎีค่าประมาณ (Approximate Theoretical Approach, Rv,2)

$$R_{v,2} = \frac{\lambda\alpha^2[1.11+0.52y(T)+0.61y^2(T)]}{\beta^2\{1+[\ln\lambda+y(T)]^2\}} \qquad (2.32)$$

3. วิธีค่าจากการทดลอง (Empirical Approach, Rv,3)

$$R_{v,3} = \frac{\sum_{i=1}^{N}[Q_i(T)_a - \overline{Q(T)_a}]^2}{\sum_{i=1}^{N}[Q_i(T)_p - \overline{Q(T)_p}]^2} \qquad (2.33)$$

ค่าปริมาณการไหลเฉลี่ยของข้อมูล AMS และข้อมูล PDS ($\overline{Q(T)_a}$ และ $\overline{Q(T)_p}$) ได้จากการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลย่อยช่วงละ 5 ปีและ 10 ปี และคำนวณปริมาณการไหล Q(T)a และ Q(T)p ที่คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ ดังสมการ (2.27) และ (2.28) ตามลำดับ จากนั้นจึงคำนวณค่าเฉลี่ยจากปริมาณการไหลดังกล่าว ในกรณีข้อมูลของสถานี P.1 ซึ่งมีการรวบรวมข้อมูลยาวที่สุด (1921-ปัจจุบัน) แบ่งออกเป็น 5 ขนาดช่วงข้อมูล คือ ช่วงละ 5 10 15 20 และ 25 ปี

2.8.2 ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error)

กำหนดให้ M คือ ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสองของขนาดของปริมาณน้ำท่วมที่คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

$$M = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}[Q_i(T) - Q(T)]^2 \qquad (2.34)$$

และเมื่อใช้ค่าดังกล่าวในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้ข้อมูล AMS และข้อมูล PDS โดยกำหนดให้ R_m แทนอัตราส่วนดังกล่าว และสามารถคำนวณค่า R_m ได้ดังนี้ คือ

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^{N}[Q_i(T)_a - Q(T)]^2}{\sum_{i=1}^{N}[Q_i(T)_p - Q(T)]^2} \qquad (2.35)$$

เมื่อ a และ p แสดงค่าประมาณที่ได้จากข้อมูล AMS และข้อมูล PDS ตามลำดับ และค่า Q(T) ได้จากการคำนวณจากสมการ Plotting Position ของแต่ละสถานีศึกษาที่คาบการเกิดซ้ำต่าง ๆ

2.9 การวิเคราะห์ความถี่น้ำท่วมทั้งลุ่มน้ำ (Regional Flood Frequency Analysis)

วิธีการวิเคราะห์ความถี่น้ำท่วมโดยทั่วไปใช้ได้เฉพาะกรณีที่มีข้อมูลน้ำท่วมตรงจุดที่ต้องการ และข้อมูลที่มีควรจะยาวพอสมควร ผลการวิเคราะห์ความถี่จึงจะเชื่อถือได้ ปกติควรมีข้อมูลยาวประมาณครึ่งหนึ่งของรอบปีการเกิดซ้ำที่ต้องการ เช่น ในการหาขนาดน้ำท่วมที่คาบการเกิดซ้ำ 100 ปี ควรใช้ข้อมูล 50 ปี (Mutreja, K.N. ; 1986) กรณีที่ไม่มีข้อมูลหรือข้อมูลมีระยะเวลาสั้นเกินไป ควรใช้วิธีการวิเคราะห์ความถี่ทั้งลุ่มน้ำซึ่งจะกล่าวถึงในที่นี้

การวิเคราะห์ความถี่น้ำท่วมทั้งลุ่มน้ำ เป็นความพยายามที่จะสร้างกราฟการแจกแจงความถี่น้ำท่วม ซึ่งสามารถนำไปใช้หาขนาดปริมาณน้ำท่วมที่จุดต่าง ๆ ในลุ่มน้ำได้ ในการวิเคราะห์ต้องการข้อมูลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1. ข้อมูลน้ำท่วมของสถานีทุกสถานีในลุ่มน้ำ ทั้งในแม่น้ำสายใหญ่ แม่น้ำสาขา และแม่น้ำใกล้เคียง ซึ่งมีคุณสมบัติทางอุทกวิทยาคล้ายคลึงกับจุดที่ต้องการ และมีข้อมูลยาวนานกว่า 10 ปี

2. แผนที่ภูมิประเทศของลุ่มน้ำ เพื่อใช้หาขนาดพื้นที่ระบายน้ำของสถานีที่มีข้อมูล

การวิเคราะห์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

1. วิเคราะห์ความถี่น้ำท่วมของแต่ละสถานี [Q(T) และ T]

2. คำนวณหาปริมาณน้ำท่วมสูงสุดรายปีเฉลี่ย [Q_M] จากข้อมูลของแต่ละสถานี

3. หาอัตราส่วน $Q(T)/Q_M$ ที่รอบปีต่าง ๆ ของแต่ละสถานี ซึ่ง อัตราส่วน $Q(T)/Q_M$ ที่รอบปีต่าง ๆ จะไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับแต่ละสถานี

4. คำนวณาหาค่า $Q(T)/Q_M$ เฉลี่ย ที่รอบปีต่าง ๆ แล้วนำไปวาดกราฟการแจกแจงความถี่ซึ่งจะถือว่าเป็นตัวแทนของทั้งลุ่มน้ำ

5. วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง Q_M และพื้นที่ลุ่มน้ำ (A) ตามหลักการวิเคราะห์แบบถดถอย (Regression Analysis) ซึ่งปกติ Q_M และ A จะมีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$Q_M = aA^b$$

เมื่อ a และ b คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของสมการ

จากผลการวิเคราะห์ตามขั้นตอนดังกล่าว สามารถคำนวณหาขนาดน้ำท่วมที่ต้องการได้ดังนี้

1. หาขนาดพื้นที่ระบายน้ำของจุดที่ต้องการ สมมติเท่ากับ A_1
2. หาค่าปริมาณน้ำสูงสุดจากสมการ $Q_M = aA^b$
3. หาค่า $Q(T)/Q_M$ ที่รอบปีการเกิดซ้ำที่ต้องการ จากกราฟการแจกแจงความถี่น้ำท่วมทั้งลุ่มน้ำ
4. คำนวณค่า Q(T) โดยการเอา $Q(T)/Q_M$ จาก (3) คูณด้วย Q_M จาก (2)
5. นำ Q(T) และ T ไปวาดกราฟ จะได้กราฟการแจกแจงความถี่น้ำท่วมที่จุดที่ต้องการ

ในการศึกษา แบ่งการวิเคราะห์ความถี่น้ำท่วมทั้งลุ่มน้ำออกเป็น 4 กรณี โดยพิจารณาจากตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดปริมาณน้ำท่าบนลำน้ำ ได้ดังนี้ คือ

กรณีที่ 1 พิจารณาจากจำนวนสถานีทั้งหมด 11 สถานี
โดยไม่คำนึงถึงตำแหน่งที่ตั้งบนลำน้ำ

กรณีที่ 2 พิจารณาสถานีที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่บนลำน้ำปิง
ได้แก่ สถานี P.1 P.19A P.20 และ PE.2

กรณีที่ 3 พิจารณาสถานีที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่บนฝั่งซ้ายของลำน้ำปิง
ได้แก่ สถานี P.5 และ P.29

กรณีที่ 4 พิจารณาสถานีที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่บนฝั่งขวาของลำน้ำปิง
ได้แก่ สถานี P.4A P.14 P.21 P.23 และ P.24A

โดยค่า Q(T) ของแต่ละสถานีได้จากผลของการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างข้อมูล AMS และ PDS ด้วยวิธี Rv,1 กรณีที่จำนวนเหตุการณ์โดยเฉลี่ยต่อปี (λ) ให้ค่าความแปรปรวนของการประมาณค่าปริมาณการไหลที่มีค่าต่ำกว่า