

PHƯƠNG PHÁP “TỶ LỆ BẤT BIẾN” MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH MƯA CỰC TRỊ THIẾT KẾ THEO THỜI ĐOẠN NGẮN

TS Nguyễn Văn Tường - Trường Đại học Thủy lợi

Mở đầu

Tính toán lượng mưa lớn nhất thời đoạn (ngắn) thiết kế – Lượng mưa thời đoạn thiết kế cũng như cả quá trình mưa thiết kế là những khâu quan trọng không thể thiếu được trong quá trình tính lũ thiết kế các công trình thủy lợi: hồ chứa, đập dâng, các công trình tiêu thoát lũ... đặc biệt là tiêu nước đô thị. Trong điều kiện mưa lũ ngày càng xảy ra khốc liệt hơn, cả về lượng và cường độ đều rất lớn, việc tính toán quá trình mưa lũ thiết kế theo thời đoạn ngắn lại càng trở nên quan trọng.

Hiện nay có nhiều phương pháp tính toán lượng mưa lũ thiết kế (lượng mưa lớn nhất ứng với tần suất nào đó) thời đoạn ngắn, điển hình là hai cách sau:

- Tính theo công thức triết giảm cường độ mưa:

$$a_{Tp} = \frac{S_p}{T^n} \quad (1)$$

- Ở đây: a_{Tp} - cường độ mưa thiết kế tính trong thời đoạn T ,
 S_p - sức mưa, thường được tính thông qua lượng mưa ngày H_{np} ,
 n - chỉ số triết giảm cường độ mưa theo thời đoạn T .

- Tính theo đường cong triết giảm mưa $\bar{\psi}(\tau) \sim \tau$ của Alecxâyép:

$$a_{\tau p} = \bar{\psi}(\tau) \times H_{np} \quad (2)$$

- Ở đây: $a_{\tau p}$ - cường độ mưa thiết kế tính trong thời đoạn τ ,
 $\bar{\psi}(\tau)$ - tung độ đường cong triết giảm mưa ứng với thời đoạn τ ,
 H_{np} - lượng mưa ngày thiết kế ứng tần suất P .

Hai công thức tính trên đều biểu thị sự triết giảm của cường độ mưa bình quân lớn nhất thời đoạn theo thời đoạn tính toán. Nó chỉ cho phép xác định cường độ mưa thiết kế với một thời đoạn bất kỳ nào đó, và đều được tính thông qua giá trị lượng mưa ngày thiết kế H_{np} . Trong tính toán thực hành, theo công thức (1) sự triết giảm của cường độ mưa ở đường cong này chia làm hai phần tương ứng hai giá trị n_1, n_2 . Theo quan hệ thứ (2), chỉ số triết giảm n thay đổi liên tục theo đường cong $\bar{\psi}(\tau) \sim \tau$.

Khác với các phương pháp trên, với mục đích mô phỏng quá trình mưa cực trị theo thời đoạn ngắn, ở đây bài báo giới thiệu phương pháp “Tỷ lệ bất biến”. Phương pháp này dùng để ước tính lượng mưa cực trị thời đoạn ngắn từ thời đoạn dài hơn dựa trên khái niệm: *các đặc trưng thống kê của lượng mưa lớn nhất giữa các thời đoạn quan hệ với nhau theo tỉ lệ không đổi*. Bài báo nêu kết quả nghiên cứu ứng dụng phương pháp này cho tài liệu mưa lũ ở nước ta.

1. Khái niệm về “tỷ lệ bất biến”

Phương pháp “Tỷ lệ bất biến” (Scale-invariance) sử dụng các đặc trưng thống kê của lượng mưa lớn nhất giữa các thời đoạn khác nhau có quan hệ với nhau thông qua toán tử tỷ lệ thời đoạn.

Hàm $f(x)$ được gọi là tỷ lệ (hoặc tỉ lệ bất biến) nếu nó tỉ lệ với hàm $f(\lambda x)$

đối với tất cả các giá trị xác định của tham số tỉ lệ λ , tức là nếu $f(x)$ là hàm tỉ lệ bất biến thì sẽ tồn tại một hàm $C(\lambda)$, hay nói cách khác:

$$f(x) = C(\lambda)f(\lambda x) \quad (3)$$

$$\text{Từ đó có thể suy ra } C(\lambda) = \lambda^\beta \quad (4)$$

Trong đó β là hằng số và

$$f(x) = x^\beta f(1) \quad (5)$$

Do đó mối quan hệ giữa mômen gốc bậc k μ_k và biến x có thể viết dưới dạng sau:

$$\mu_k = E\{f^k(x)\} = \alpha(k) \times x^{\beta(k)} \quad (6)$$

Ở đây: $\alpha(k) = E\{f^k(1)\}$ và $\beta(k) = \beta \times k$.

2. Mô hình mô phỏng giá trị cực trị

Sử dụng hàm phân bố cực trị tổng quát hóa (generalized extreme value GEV) để mô phỏng hàm phân phối xác suất mưa cực trị. Hàm phân bố lũy tích $F(x)$ của nó có dạng:

$$F(x) = \exp\left[-\left(1 - \frac{K(x-\xi)}{\alpha}\right)^{1/K}\right], \quad K \neq 0 \quad (7)$$

Trong đó ξ , α và K lần lượt là tham số định vị, tỉ lệ và hình dạng.

Mômen gốc bậc k của phân bố GEV, μ_k , có thể được mô tả như sau:

$$\mu_k = \left(\xi + \frac{\alpha}{K}\right)^k + (-1)^k \left(\frac{\alpha}{K}\right)^k \Gamma(1+kK) + k \sum_{i=1}^{k-1} (-1)^i \left(\frac{\alpha}{K}\right)^i \left(\xi + \frac{\alpha}{K}\right)^{k-i} \Gamma(1+iK) \quad (8)$$

Ở đây: $\Gamma(\cdot)$ là hàm gamma.

Do đó, trên cơ sở phương trình (8) có thể ước tính 3 thông số của mô hình giá trị cực trị GEV bằng cách sử dụng các mômen gốc đầu tiên μ_1, μ_2, μ_3 . Kết quả ta tính được giá trị X_T ứng với tần suất P .

$$X_T = \xi + \frac{\alpha}{K} \left\{ 1 - [-\ln(P)]^K \right\} \quad (9)$$

Trong đó: $P=1/T$ là xác suất xuất hiện cần tìm, T là thời kỳ xuất hiện lại.

Hơn nữa, với quá trình tỷ lệ đơn giản, các đặc trưng thống kê của hàm phân phối xác suất GEV của 2 thời đoạn khác nhau t và λt có quan hệ như sau:

$$K(\lambda t) = K(t) \quad (10)$$

$$\alpha(\lambda t) = \lambda^\beta \alpha(t) \quad (11)$$

$$\xi(\lambda t) = \lambda^\beta \xi(t) \quad (12)$$

$$X_T(\lambda t) = \lambda^\beta X_T(t) \quad (13)$$

Trên cơ sở các mối quan hệ này có thể tính được ba đặc trưng thống kê của lượng mưa lớn nhất thời đoạn ngắn (Ví dụ: $\lambda t < 1$ ngày) từ ba đặc trưng thống kê của lượng mưa ngày lớn nhất thời đoạn dài hơn ($t=1$ ngày). Số mũ β được tính toán dựa

trên cơ sở đặc tính tỉ lệ của mômen gốc giữa giá trị lượng mưa lớn nhất của các thời đoạn khác nhau.

3. Ứng dụng tính toán

Trên cơ sở lý thuyết đã trình bày, tiến hành ứng dụng chúng để tạo chuỗi số liệu mưa lớn nhất thời đoạn ngắn từ số liệu mưa lớn nhất thời đoạn dài.

Vận dụng phương pháp trên với số liệu mưa ba ngày lớn nhất từ máy tự ghi của các Trạm Sơn Tây, Hoà Bình, Hà Đông, Tiên Yên, Cao Bằng... với liệt tài liệu mưa đo đạc khá dài thống kê trong bảng 1.

Bảng 1. Thống kê tài liệu tính toán

TT	Trạm	Tỉnh	Số năm	Thời gian	Ghi chú
1	Sơn Tây	Hà Tây	33	1963-1998	(*) – Tài liệu mưa tự ghi 2 trạm Tiên Yên, Cao Bằng thiếu nhiều.
2	Hà Đông	Hà Tây	26	1965-1998	
3	Hoà Bình	Hoà Bình	33	1961-1998	
4	Tiên Yên (*)	Quảng Ninh	44	1957-2000	
5	Cao Bằng(*)	Cao Bằng	40	1960-2000	

* Xác định đặc trưng tỉ lệ

Sử dụng các liệt tài liệu mưa 3 ngày lớn nhất hàng năm của các trạm, tiến hành tính toán lượng mưa lớn nhất với một số thời đoạn: 1, 2, 3, 5, 7, 12, 24, 48 và 72 giờ. Kết quả với mỗi trạm ta có được chuỗi số liệu mưa lớn nhất thời đoạn ngắn.

* Khảo sát quan hệ giữa các mômen gốc M_k ($k=1, 2, 3$) với thời đoạn tính toán T

Các quan hệ (hình 1) có dạng tuyến tính, chứng tỏ các mômen thống kê của mưa cực trị của các trạm này có quan hệ hàm mũ với thời đoạn – có nghĩa giả thiết đặt ra ban đầu (3) là hoàn toàn hợp lý. Tuyến tính hoá quan hệ số mũ $\beta(k)$ của hệ số tỉ lệ theo bậc mômen k (hình 2). Trị số β dùng để xác định các giá trị mômen và phân bố mưa cực trị cho các thời đoạn ngắn từ tài liệu mưa thời đoạn dài đã có.

Từ tài liệu mưa thời đoạn ngắn xác định được:

Trạm Sơn Tây: $\beta_1=0,50$ $\beta_2=1,92$ $\beta_3=4,80$

Trạm Hoà Bình: $\beta_1=0,50$ $\beta_2=1,96$ $\beta_3=4,41$ với $\beta_i=k \times a_i$

Ở đây k là bậc của mômen và a_i là hệ số góc các đường quan hệ hình 1.

* Xác định các tham số thống kê của phân phối xác suất (GEV) ξ, α, k

Từ phương trình biểu diễn μ_k có dạng (8), trong đó μ_k là mômen gốc bậc k . Ứng với mỗi thời đoạn ta có 3 giá trị mômen M_1, M_2, M_3 thay vào giải hệ phương trình 3 ẩn sau ta được nghiệm cần tìm.

Phương trình để giải tìm các giá trị nghiệm này có dạng:

$$M_1 = A - B\Gamma_1$$

$$M_2 = A^2 - 2AB\Gamma_1 + B^2\Gamma_2$$

$$M_3 = A^3 - 3A^2B\Gamma_1 + 3AB^2\Gamma_2 - B^3\Gamma_3$$

Ở đây: $A=\xi+\alpha/K$, $\Gamma_1=\Gamma(k+1)$, $\Gamma_2=\Gamma(2k+1)$, $\Gamma_3=\Gamma(3k+1)$, $B=\alpha/K$.

Hệ phương trình này dạng phi tuyến khá phức tạp, có nhiều phương pháp giải để tìm nghiệm của chúng. Ở đây sử dụng phương pháp tối ưu để tìm nghiệm dưới sự hỗ trợ của máy tính.

* *Kiểm định mô phỏng phân bố xác suất GEV đối với tài liệu mưa thời đoạn ngắn đã quan trắc*

Với kết quả đã xác định được ở trên ta tiến hành tạo chuỗi mưa cực trị thời đoạn ngắn từ thời đoạn dài hơn, có thể thực hiện theo 2 cách sau:

- Dựa vào phương trình: $X^{(i)}(\lambda t) = \lambda^\beta X^{(i)}(t)$

Trong đó $\lambda_k^\beta = M_k(\lambda t) / M_k(t)$

Từ giá trị λ^β trên thay vào phương trình ta xác định được $X_1^{(i)}(\lambda t)$ tính toán

- Hoặc theo công thức (9) với 3 hệ số ξ, α, k đã xác định sẽ tính được giá trị lượng mưa lớn nhất ứng với tần suất P nào đó X_T (với $P=1/T$) cho thời đoạn bất kỳ.

Sử dụng tài liệu mưa lớn nhất của thời đoạn 24h để tính lượng mưa cho thời đoạn 1h. Hình vẽ 3 biểu diễn đường phân phối xác suất tính theo lý thuyết và các điểm thực đo mô phỏng cho lượng mưa cực trị thời đoạn 01h của Trạm Sơn Tây, Hoà Bình. Qua hình vẽ, thấy rằng phân bố thực nghiệm khá phù hợp với hàm lý thuyết.

Kết luận

Vận dụng phương pháp “Tỷ lệ bất biến” để mô phỏng quá trình mưa cực trị thời đoạn ngắn của một số trạm Hoà Bình, Sơn Tây, Hà Đông, Tiên Yên, Cao Bằng cho thấy, phân bố xác suất GEV mô phỏng khá tốt đối với lượng mưa lớn nhất thời đoạn ngắn ở nước ta.

Phương pháp “tỷ lệ bất biến” không chỉ để mô phỏng quá trình mưa cực trị tại trạm có tài liệu đo đạc, mà nó còn được dùng mô phỏng mưa theo vùng. Điều đó rất thuận lợi cho việc tính toán mưa thiết kế cho những nơi không có tài liệu.

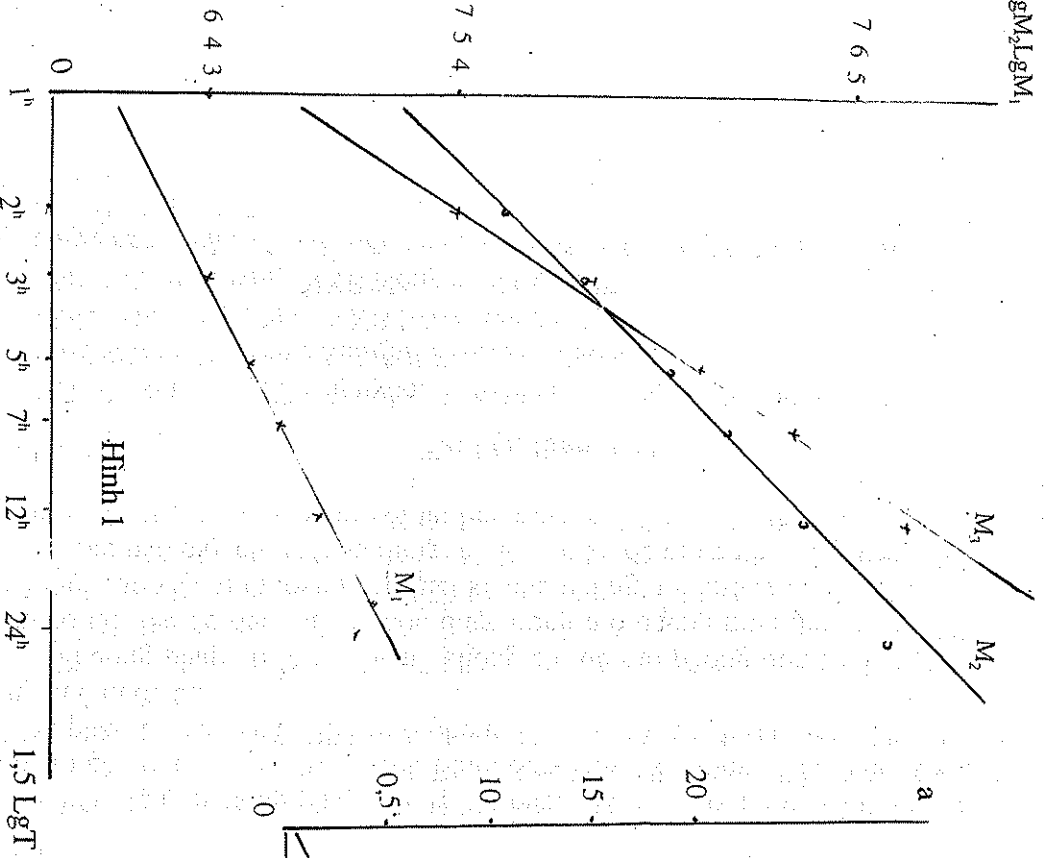
Bài báo này chỉ mới sử dụng tài liệu vũ ký để mô phỏng. Hy vọng thời gian tới sẽ được tiếp tục kiểm nghiệm với tài liệu mưa vũ kế để hoàn thiện trọn vẹn vấn đề này.

Tài liệu tham khảo

1. V.T.V Nguyễn, T.D. Nguyễn, F. Ashkar - *A Scale-invariance Approach to Modelling of Extreme Rainfall Process*, Canada.
2. *Thủy văn công trình*, NXB Nông nghiệp, 1993.
3. *Tính toán thủy văn*, NXB Nông nghiệp, 1977.
4. *Quy phạm tính toán các đặc trưng thủy văn thiết kế QP-TL-C₆₋₇₇*. Bộ Thủy lợi, Hà Nội - 1979.

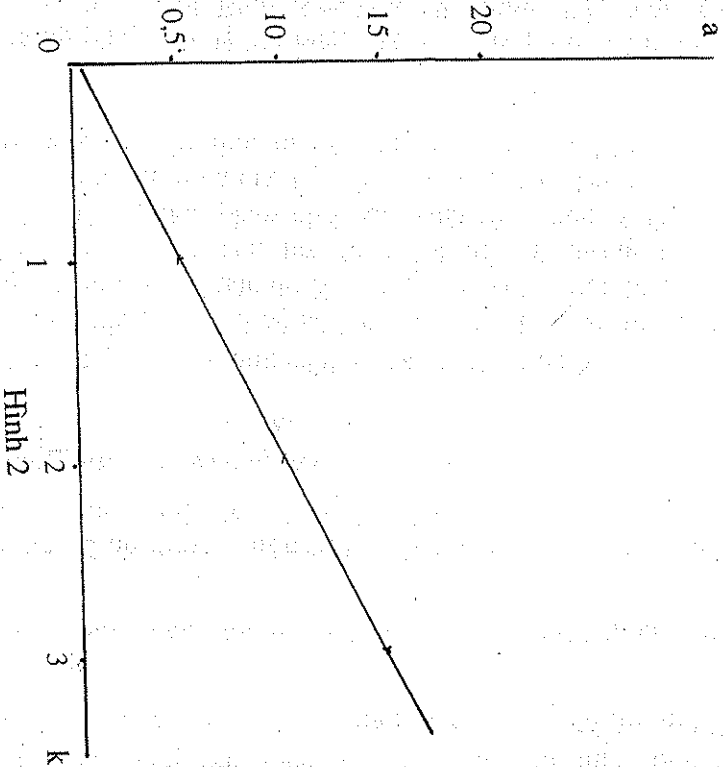
LgM_1, LgM_2, LgM_1

QUAN HỆ $LgM \sim LgT$ TRẠM HÒA BÌNH



Hình 1

QUAN HỆ $a \sim K$ TRẠM HÒA BÌNH



Hình 2

