

MỘT SỐ KẾT QUẢ CHỈNH BIÊN QUAN HỆ MỨC NƯỚC ~ LƯU LƯỢNG ẢNH HƯỞNG LŨ LÊN XUỐNG BẰNG SPLINE

PTS. Nguyễn Hữu Khải
Trưởng cán bộ KTTV Hà Nội

Việc chỉnh biên quan hệ mực nước - lưu lượng chịu ảnh hưởng lũ lên xuống (sau đây gọi tắt là vòng lũ) được thực hiện theo rất nhiều phương pháp khác nhau tùy thuộc đặc điểm của lũ và phương pháp đo cũng như yếu tố đo được.

1- Nguyên lý cơ bản

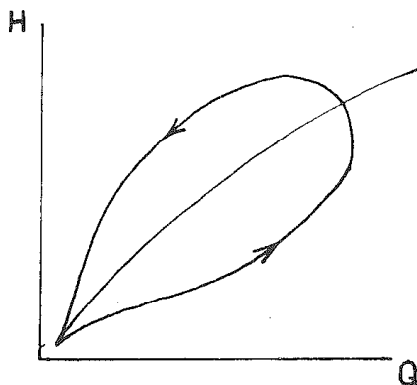
Ở trạm chịu ảnh hưởng lũ lên xuống, do ảnh hưởng của độ dốc phụ gia, đường quan hệ mực nước - lưu lượng $Q = f(H)$ có dạng vòng dây. Độ rộng hẹp của vòng dây tùy thuộc vào tỷ số chênh lệch giữa độ dốc phụ gia và độ dốc ổn định.

Lưu lượng lũ Q_m được xác định trên cơ sở công thức Jones [1,2,3,4]

$$Q_m = Q_c \sqrt{1 + \frac{1}{U \cdot I_c} \frac{dH}{dt}} \quad (1)$$

Trong đó: - Q_m là lưu lượng ảnh hưởng lũ,
- Q_c là lưu lượng ở chế độ ổn định,
- I_c là độ dốc ổn định,
- U là tốc độ truyền của lưu lượng Q_m ,
 $\frac{dH}{dt}$
----- là cường suất mực nước .

Như vậy, khi lũ lên có $Q_m > Q_c$, còn khi lũ xuống $Q_m < Q_c$ (hình 1)



Hình 1. Quan hệ mực nước - lưu lượng $Q = f(H)$ có dạng vòng dây.

Trong công tác chỉnh biên phải thiết lập được mối quan hệ giữa lưu lượng Q_m và mực nước H để từ đó ứng với một mực nước H bất kỳ có thể xác định được Q_m tương ứng. Quan hệ này được xây dựng trên cơ sở các điểm thực đo.

2- Các phương pháp chỉnh biên hiện có

Hiện nay có nhiều phương pháp chỉnh biên vòng lũ.

Từ công thức Jones (1) có $Q_m = Q_c \cdot K_1$ (2)

$$\text{Trong đó: } K_1 = \frac{Q_m}{Q_c} = \sqrt{1 + \frac{1}{U I_c} \frac{dH}{dt}} \quad (3)$$

Như vậy, muốn xác định được Q_m cần có Q_c và các đại lượng tương ứng $\frac{dH}{dt}$, U và I_c . Trên thực tế, chúng ta không đo được tốc độ truyền lưu lượng U , cũng không phải luôn luôn đo được độ dốc I_c ứng với từng mực nước. Nếu có đo được cũng gặp nhiều sai số. Vì vậy cũng có nhiều cách xử lý khác nhau.

a) Phương pháp đường vòng dây

Trước đây việc chỉnh biên vòng lũ được tiến hành bằng tay. Ở Việt Nam hiện nay thường dùng phương pháp đường vòng dây lũ. Đường này được lượn bằng tay theo thứ tự thời gian của các điểm thực đo. Các điểm đặc trưng được xác định theo nguyên lý thủy lực về thứ tự xuất hiện các đặc trưng lớn nhất: I_{max} - V_{max} - Q_{max} - H_{max} nghĩa là khi lượn đường vòng dây ở chỗ giao nhau giữa nhánh lên và nhánh xuống phải sao cho Q_{max} xuất hiện trước H_{max} (theo thứ tự thời gian). Điều này có thể dễ dàng làm được nếu lượn bằng tay. Tuy nhiên, vị trí của điểm này dao động phụ thuộc vào ý thức chủ quan của người vẽ. Sau đó ứng với mực nước tra trên đường quan hệ được lưu lượng Q_m tương ứng.

Phương pháp này đơn giản, dễ làm. Tuy nhiên mang tính chủ quan và điều cơ bản là không thể tự động hóa trong quá trình chỉnh biên và lưu trữ.

b) Phương pháp hiệu chỉnh thừa số

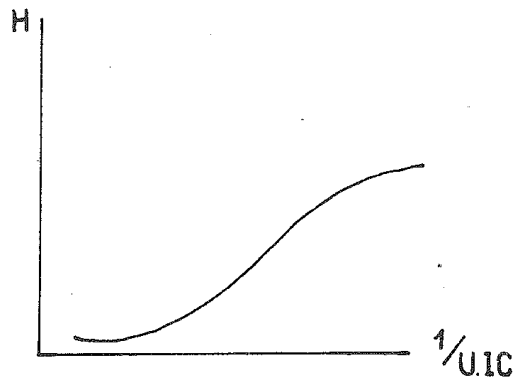
Phương pháp này xuất phát từ công thức Jones (1) với hệ số hiệu chỉnh K_1 từ (3). Theo phương pháp này có mấy cách giải quyết như sau:

- Bằng phương pháp thủ công: Từ công thức (1) ta có:

$$\frac{1}{U I_c} = \frac{(Q_m / Q_c) - 1}{dH / dt} \quad (4)$$

Về lý thuyết, đường ổn định Q_c đi qua các điểm có $dH/dt = 0$. Nhưng thực tế điều đó ít khi xảy ra. Do vậy, phải xác định sơ bộ vòng lũ để xác định được đỉnh của vòng dây (có $dH/dt = 0$), sau đó lượn trơn đường ổn định Q_c của vòng dây đó, có Q_c và Q_m thực đo, theo (4) xác định giá trị của $1/U I_c$.

Tiếp theo, vẽ quan hệ $1/U I_c$ với mực nước H có dạng như hình 2



Hình 2. Quan hệ $1/U_{Ic}$ với mực nước H vòng lũ

Như vậy, có mực nước H tra các quan hệ trên được giá trị $1/U_{Ic}$ và Q_c . Từ đó ta có (3)

$$K_1 = \sqrt{1 + \frac{1}{U_{Ic}} \frac{dH}{dt}}$$

Cuối cùng, theo (2) tính được

$$Q_m = Q_c \cdot K_1$$

Để kiểm tra việc định đường quan hệ trong chỉnh biên, yêu cầu tính lại $Q_c = Q_m/K_1$, vẽ quan hệ Q_c với H , nếu các điểm phân bố đều hai bên đường $Q_c - H$ định ban đầu là được. Nếu không phải định lại $Q_c \sim H$ và lặp lại các bước tính như trên.

Để bảo đảm tổng lượng dòng chảy phải thông qua so sánh với đường trung bình các vòng lũ. Khi chênh lệch tổng lượng dòng chảy năm theo 2 phương pháp không quá 10% là được.

Về cơ bản phương pháp đơn giản, có cơ sở lý luận. Dùng giá trị $1/U_{Ic}$ tránh được khó khăn trong việc xác định I_c và U , tuy nhiên phương pháp có nhược điểm cơ bản là tính toán công kênh, khối lượng lớn. Các quan hệ $Q_c \sim H$ và $1/U_{Ic} \sim H$ cũng phụ thuộc chủ quan người vẽ và điều quan trọng là cũng không thể tự động hóa chỉnh biên và xử lý.

- Phương pháp của HYMOS

HYMOS [1] giới thiệu một phương pháp có thể tự động hóa xử lý và lưu trữ bằng máy tính.

Với mỗi vòng lũ quan hệ giữa Q_c và H là một hàm bậc 2

$$Q_c = a_1 H^2 + b_1 H + c_1 \quad (5)$$

Hoặc hàm mũ

$$Q_c = a (H - H_{min})^m \quad (5')$$

Quan hệ giữa đại lượng $1/U_{Ic}$ và H cũng có dạng hàm bậc 2

$$1/U_{Ic} = a_2 H^2 + b_2 H + c_2 \quad (6)$$

Với $H > H_{min}$

Ứng với mỗi H theo (5) hoặc (5') xác định được Q_c , theo (6) xác định được $1/U_{Ic}$, từ đó tính được

$$Q_m = Q_c \sqrt{1 + \frac{1}{U I_c} \frac{dH}{dt}}$$

- Phương pháp của VITUKI

VITUKI [2] cũng xuất phát từ công thức Jones, nhưng thay cho việc xác định giá trị $1/U I_c$ từ (4) đề nghị tính trị số $1/U I_c$ từ giá trị của U và I_c .

Độ dốc I_c lấy từ chênh lệch của các tuyến đo độ dốc lân cận tuyến đo Q còn tốc độ truyền lưu lượng lấy:

$$U = \frac{dQ}{dF} \quad (7)$$

Trong đó: F là diện tích mặt cắt ướt,

$dQ = Q_t - Q_{t-dt}$: số gia lưu lượng trong dt ,

$dF = F_t - F_{t-dt}$: số gia diện tích trong dt ,

Giá trị F_t và F_{t-dt} xác được từ quan hệ $F = f(H)$.

Đưa (7) vào (1) và biến đổi, cuối cùng được phương trình:

$$Q^3 t. dt. I_c - Q t^2. Q_t - dt. dt. I_c - Q t. Q^2 c. dt + Q c^2 (Q_t - dt. dt. I_c - dH/dF) = 0 \quad (8)$$

Đây là một hàm bậc 3 của Q_t (tức Q_m lũ) có thể tìm được bằng các phương pháp tìm nghiệm đã biết (chẳng hạn theo phương pháp Niu - tôn). Nếu biết I_c , Q_c và $Q_t - dt$, nghĩa là phải tính lần lượt từ đầu nhánh lũ lên theo thứ tự thời gian. VITUKI cũng đã thiết lập chương trình giải phương trình (8) trên máy tính.

Tuy nhiên, phương pháp này gặp nhiều khó khăn, nhất là ở Việt Nam, vì phải thiết lập được quan hệ giữa độ dốc ổn định I_c với mức nước H mà ở Việt Nam cho đến nay việc xác định độ dốc mặt nước còn chưa giải quyết được.

c) *Phương pháp tỷ lệ lũ lên xuống*

Trên cơ sở công thức Jones (1) ta có

$$Q_m / Q_c = K \sqrt{1 + \frac{1}{U I_c} \frac{dH}{dt}} \quad (9)$$

Ở một mức độ nào đó có thể coi U và I_c ít thay đổi và khi đó có $1/U I_c = K = \text{const}$, ta có:

$$Q_m = Q_c \sqrt{1 + K \frac{dH}{dt}} \quad (10)$$

$$\text{Suy ra } Q_m / Q_c = \sqrt{1 + K \frac{dH}{dt}} = f\left(\frac{dH}{dt}\right) \quad (11)$$

Nghĩa là: Q_m/Q_c là một hàm của dH/dt . Ở nhánh lũ lên có $dH/dt > 0$ do đó

$Q_m > Q_c$, còn có nhánh lũ xuống $dH/dt < 0$ và $Q_m < Q_c$

Từ (9) ta có:

$$Q_m / Q_c = \sqrt{1 + K \frac{dH}{dt}} = f \left[\left(1 + K \frac{dH}{dt} \right)^{1/2} \right] \quad (12)$$

$$\text{Hay: } \frac{Q_m}{Q_c} = f \left[\left(\frac{dH}{dt} \right)^{1/2} \right] \quad (13)$$

Như vậy, quan hệ Q_m / Q_c với dH/dt có dạng hàm mũ với số mũ $1/2$. Đường cong quan hệ này đi qua (1,0) vì khi $dH/dt = 0$ thì $Q_m/Q_c = 1$.

3- Ứng dụng hàm Spline 3 để chỉnh biên vòng lũ

Trong [6] chúng tôi đã giới thiệu ứng dụng Spline bậc 3 (Spline3) để xác định các quan hệ tương quan và trong [7] chúng tôi đã đưa ra một số kết quả ứng dụng Spline3 để chỉnh biên đường quan hệ mực nước lưu lượng $Q = f(H)$ ổn định. Ở đây chúng tôi tiếp tục áp dụng Spline3 cho chỉnh biên vòng lũ.

Cũng xuất phát từ công thức Jones và các phương pháp chỉnh biên đã giới thiệu ở trên chỉ khác một điều là thay cho các hàm xấp xỉ bậc 2 hoặc hàm mũ thì chúng tôi dùng Spline3. Ở đây có 2 quan hệ cần xử lý.

- Một là quan hệ $Q_c = f(H)$ của vòng lũ. Quan hệ này chúng tôi dùng hàm Spline3 thay cho hàm mũ của HYMOS.

- Hai là quan hệ $Q_m/Q_c = F(dH/dt)$ và $1/U_{lc} = F(H)$.

Như đã trình bày trong phương pháp tỷ lệ lên xuống coi quan hệ $Q_m / Q_c = f(dH/dt)$ là hàm mũ có số mũ bậc $1/2$ còn quan hệ $1/U_{lc} = f(H)$ được xấp xỉ một hàm bậc 2 dạng (6). Còn lại chúng tôi cũng dùng Spline3 để xử lý.

4- Một số kết quả cụ thể

Chúng tôi ứng dụng hàm Spline3 xử lý các quan hệ chỉnh biên vòng lũ cho 4 vòng lũ của trạm Sơn Tây - sông Hồng năm 1969 và 3 vòng lũ của trạm Vụ Quang - sông Lô năm 1986 có kết quả như sau:

- Chỉnh biên theo phương pháp vòng dây lấy từ tài liệu chỉnh biên lưu trữ tại Cục Mạng lưới.

- Theo phương pháp hiệu chỉnh thừa số

- Xác định các quan hệ $Q_c = f(H)$ và $1/U_{lc} = f(H)$ theo HYMOS. Kết quả ở bảng 1.

- Xử lý các quan hệ trên bằng Spline3. Kết quả ở bảng 2.

Bảng 1. Bảng tính sai số theo công thức Jones $K_c = 1/U \cdot IC$
Trạm Vụ Quang, sông Lô, năm 1986 theo Jones - Hymos

Tính sai số vòng lũ số:3, từ số 54 đến số 61					
Số d d	Mức nước	qtd (m ³ /s)	qtt(m ³ /s)	Sai số	Sai số (%)
54	1629	2850	2525	325	11,41
55	1822	4420	3008	1412	31,95
56	1933	5390	3158	2232	41,41
57	1938	4990	3561	1429	28,65
58	1862	4240	6031	-1791	-42,26
59	1744	3180	9945	-6765	-212,74
60	1648	2490	3191	-701	-28,18
61	1550	2060	1522	538	26,10
Đánh giá chất lượng					
Sai số quân phương xigma = 86,35%					
Tổng sai số Sums = -143,64%					
Sai số lớn nhất = -212,73%, Tại số hàng thứ i = 59					

Bảng 2. Bảng tính sai số theo công thức Jones $K_c = 1/U \cdot Ic$ Trạm Vụ Quang, sông Lô, năm 1986 xử lý hoàn toàn theo Spline3

Tính sai số vòng lũ số:3, từ số 54 đến số 61					
Số d d	Mức nước	qtd (m ³ /s)	qtt(m ³ /s)	Sai số	Sai số (%)
54	1629	2850	3256	-406	14,27
55	1822	4420	4482	-62	1,42
56	1933	5390	5673	-283	5,26
57	1938	4990	5062	-72	-1,45
58	1862	4240	4416	-176	-4,17
59	1744	3180	2805	357	11,80
60	1648	2490	2528	-38	-1,53
61	1550	2060	2060	0	0,01
Đánh giá chất lượng					
Sai số quân phương xigma = 7,50%					
Tổng sai số Sums = -16,29%					
Sai số lớn nhất = -14,27%, Tại số hàng thứ i = 54					

c) Theo phương pháp tỷ lệ lũ lên xuống

- Quan hệ $Q_c = f(H)$ và $Q_m / Q_c = f(dH/dt)$ cũng được xấp xỉ bằng các hàm như đã giới thiệu ở trên. Kết quả ở bảng 3.

- Xử lý các quan hệ trên bằng Spline3. Kết quả ở bảng 4.

Bảng 3. Bảng tính sai số theo số hiệu chỉnh $K = Q_m/Q_c$.

Trạm Vụ Quang, sông Lô, năm 1986 theo hệ số chưa xử lý

Tính sai số vòng lũ số:3, từ số 54 đến số 61					
Số d d	Mực nước	qtd (m ³ /s)	qtt(m ³ /s)	Sai số	Sai số (%)
54	1629	2850	3044	-194	-6,83
55	1822	4420	4104	316	7,14
56	1933	5390	4541	849	15,75
57	1938	4990	4567	423	8,48
58	1862	4240	4393	-153	-3,63
59	1744	3180	3105	75	2,35
60	1648	2490	3757	-1267	-50,91
61	1550	2060	1951	109	5,29
Đánh giá chất lượng Sai số quân phương xigma = 20,89% Tổng sai số Sums = -22,35% Sai số lớn nhất = -50,91%, Tại số hàng thứ i = 60					

Bảng 4. Bảng tính sai số theo số hiệu chỉnh $K = Q_m/Q_c$.

Trạm Vụ Quang, sông Lô, năm 1986 xử lý hoàn toàn theo Spline3

Tính sai số vòng lũ số:3, từ số 54 đến số 61					
Số d d	Mực nước	qtd (m ³ /s)	qtt(m ³ /s)	Sai số	Sai số (%)
54	1629	2850	2859	-9	-0,32
55	1822	4420	4382	38	0,85
56	1933	5390	5386	4	0,08
57	1938	4990	4990	0	0,00
58	1862	4240	4274	-34	-0,81
59	1744	3180	3191	-11	-0,36
60	1648	2490	2489	1	0,02
61	1550	2060	2059	1	0,05
Đánh giá chất lượng Sai số quân phương xigma = .48% Tổng sai số Sums = -,47% Sai số lớn nhất = .85%, Tại số hàng thứ i = 55					

d) Để so sánh, chúng tôi tiến hành tính toán các phương án xử lý một phần, tức là chỉ xử lý $Q_c = f(H)$ theo Spline3, còn các quan hệ khác giữ nguyên như đã giới thiệu. Kết quả ở mức xấp xỉ với phương pháp xử lý bằng

Spline3. Qua tính toán cũng thấy rằng quan hệ $Q_m/Q_c = f(dH/dt)$ có số mũ thay đổi trong phạm vi lớn, chứ không phải luôn luôn bằng 1/2.

Từ các kết quả phân tích ở trên có thể nhận thấy rằng ứng dụng hàm Spline3 để xử lý các quan hệ trong chỉnh biên vòng lũ cho kết quả tốt hơn hẳn các phương pháp đã giới thiệu. Và ứng dụng Spline3 trong chỉnh biên bằng phương pháp tỷ lệ lũ lên xuống cho kết quả khả quan hơn.

Tiếp theo, xác định lưu lượng cần tìm ứng với mực nước H không có gì khó khăn khi có số liệu H qua các ca đo.

Tính $\Delta H/\Delta t$ với $\Delta H = H_t - H_{t-\Delta t}$ và $\Delta t = t - (t - \Delta t)$.

- Từ quan hệ $Q_m/Q_c = f(dH/dt)$ bằng Spline3 ở trên tìm được hệ số tỷ lệ lũ lên xuống $K_2 = Q_m/Q_c = f(dH/dt)$.

- Từ hàm $Q_c = f(H)$ cũng bằng Spline3 tìm được Q_c ứng với H_t . Từ đó tính được $Q_m = (Q_m/Q_c) \cdot Q_c$.

Ở đây còn có hai vấn đề cần thảo luận. Vấn đề thứ nhất là đỉnh vòng lũ, và vấn đề thứ hai là điểm nối tiếp các vòng lũ.

- Về vấn đề thứ nhất, theo nguyên lý thủy lực thì Q_{max} xuất hiện trước H_{max} , và bằng phương pháp lượn tay có thể giải quyết được, tuy nhiên bằng máy tính vấn đề lại khác hẳn.

- + Nếu đo được Q cùng lúc với xuất hiện H_{max} thì coi đó là Q_{max} và khi đó H_{max} xuất hiện cùng với Q_{max} .

- + Nếu không đo được Q ở đỉnh lũ thì có thể xử lý theo 2 cách.

Cách thứ nhất: Dùng phương pháp Stivenson suy ra Q_{max} ứng với H_{max} và sau đó sử dụng phương pháp tỷ lệ lũ lên xuống có dùng Spline3 để chỉnh biên.

Cách thứ hai: Lượn sơ bộ bằng tay như phương pháp đường vòng dây để tìm Q_{max} và sau đó lại dùng phương pháp đã kiến nghị để chỉnh biên.

- Về vấn đề thứ hai, còn có nhiều ý kiến khác nhau, nhưng theo chúng tôi có thể coi điểm H_{min} trên nhánh xuống của vòng lũ trước là điểm bắt đầu lên của vòng lũ sau.

5- Kết luận

Từ những kết quả trên, chúng tôi đề nghị có thể dùng phương pháp tỷ lệ lũ lên xuống với việc xử lý các quan hệ bằng hàm Spline3 để chỉnh biên quan hệ mực nước - lưu lượng của các trạm chịu ảnh hưởng lũ lên xuống. Dĩ nhiên ở đây phải thừa nhận rằng kết quả đo đạc Q của mỗi lần đo là chính xác.

Phương pháp của chúng tôi cũng có thể mở rộng áp dụng để chỉnh biên lưu lượng cho những trạm chịu ảnh hưởng bồi xói, nước vật hay chịu ảnh hưởng tổng hợp.

Tài liệu tham khảo

1. Mekong secretariat. Hymos. Delft Hydraulics, 1989.
2. Vituki. Course on hydrology. Twenty sixth course. 1 February - 31 July 1995 primary data processing.
3. Karaxev I.F., Sunkov. I.G. Đo đạc thủy văn. NXB KTTV, Leningrat, 1985 (Tiếng Nga).
4. Quy phạm quan trắc lưu lượng nước vùng sông không ảnh hưởng triều. 94 TCN.
5. Trường cán bộ khí tượng thủy văn Hà Nội, Chính biên thủy văn. Tài liệu giảng dạy hệ trung học, 1995.
6. Nguyễn Hữu Khải, Lê Xuân Cầu. Ứng dụng hàm spline để xử lý các quan hệ tương quan trong KTTV. Tập san KTTV số 10 (406)/ 1994.
7. Nguyễn Hữu Khải, Lê Xuân Cầu. Một số kết quả nghiên cứu đường quan hệ mực nước lưu lượng ổn định vùng sông không ảnh hưởng triều bằng hàm Spline. Tập san KTTV, số 3 (423)/1996.