

BÀN VỀ PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO MỨC NƯỚC ĐỈNH LŨ CHO VÙNG HẠ LƯU SÔNG CHU

TS. Hoàng Ngọc Quang

Trường Cao đẳng Khí tượng Thủy văn Hà Nội

Các phương án dự báo mực nước đỉnh lũ cho các sông ở Việt Nam hiện nay được xây dựng dựa trên nhiều phương pháp khác nhau, để đảm bảo yêu cầu có độ chính xác cao, thời gian dự kiến đủ dài. Đối với hệ thống sông Chu tỉnh Thanh Hoá tác giả đề ra 5 hướng sử dụng mô hình dự báo mực nước đỉnh lũ: 1) Mô hình lũ đơn vị Sherman; 2) Mô hình hộp xám; 3) Dự báo theo quy luật truyền lũ; 4) Mô hình Muskingum - Cunge; 5) Áp dụng phương pháp mực nước tương ứng. Trong đó phương pháp dự báo mực nước tương ứng thích hợp với điều kiện của lưu vực sông Chu, tác giả xin giới thiệu bạn đọc tham khảo.

Trong hệ thống sông Mã, sông Chu là sông lớn nhất và thường xuyên xảy ra những trận lũ lớn gây tổn thất nặng nề về người và tài sản cho nhân dân ở vùng này [4], [5]. Hơn 20 năm gần đây đây (1980 - 2003), trên lưu vực sông Mã đã xảy ra 23 trận bão sinh lũ lớn, nhỏ. Trong đó có một số trận bão gây mưa lớn đáng chú ý [3], [6]:

1) Trận bão ngày 19/IX/1980, đã gây ra mưa sinh lũ lớn ở thượng lưu, kết hợp với triều cường gây lũ, lụt đặc biệt lớn ở hạ lưu sông Chu: mực nước tại Trạm Giàng đạt mức kỷ lục 7,73m. Lũ lớn làm thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản cho nhân dân trong vùng.

2) Bão số 2 năm 1981, đã phá hủy hơn 40 ngàn ngôi nhà, 535 ngôi nhà khác bị ngập nước, 12.666ha diện tích lúa bị ngập lâu ngày và 2.900m đê bị hư hỏng hoàn toàn.

3) Bão số 6 năm 1981, sức gió cấp 12 giật trên cấp 12, kèm theo mưa lớn gây ngập lụt trên diện rộng, nơi ngập nông nhất là 1,2 ÷ 1,5m, nơi ngập sâu nhất là 2÷3m.

4) Bão IRVING ngày 24/VII/1980, sức gió cấp 10 - cấp 11. Bão gây mưa sinh lũ, lụt lớn làm 07 người chết, 123 người bị thương và 52.314 ngôi nhà bị hư hỏng nặng.

5) Áp thấp nhiệt đới ngày 14/VIII/1996, lượng mưa đạt từ 250 ÷ 300mm kéo dài trong 3 ngày (13 ÷ 15/VIII) sinh lũ, lụt lớn làm vỡ đê nhiều đoạn và gây ngập, úng diện rộng trong thời gian nhiều ngày....

Mức thiệt hại do bão, lũ gây ra tại Thanh Hoá từ năm 1980 - 1997, được thống kê đầy đủ và chi tiết [2], trong bảng 1.

Những thiệt hại do bão, lũ gây ra rất lớn, vấn đề này đặt ra cho những nhà khí tượng thủy văn nhiệm vụ cấp thiết là xây dựng các phương án dự báo và cảnh báo lũ, lụt tốt nhất phục vụ cho công tác phòng tránh và giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai gây ra trên lưu vực sông Chu.

Bảng 1. Thiệt hại do lụt, bão gây ra ở Thanh Hoá 1980 ÷ 1997

TT	Năm	Nhà sập và tốc mái (cái)	Đề điều sạt lở (m ³)	Giao thông bị sạt lở (m ³)	Người chết	Thuyền đắm (cái)	Lương thực mất (tấn)
1	1980	269.089	385.000	11.400	114	556	150.000
2	1981	70.475	206.000	12.000	19	249	24.000
3	1982	113.000	80.322	10.000	-	-	30.000
4	1983	1.613	80.000	21.000	9	15	35.000
5	1984	8.000	78.500	53.300	9	3	45.000
6	1985	20.440	120.000	35.000	12	-	128.000
7	1986	12.155	15.000	13.750	1	11	60.000
8	1987	5.234	558.500	87.500	6	50	9000
9	1988	1.400	100.000	64.000	1	-	40.000
10	1990	260.583	2.178.000	671.500	109	1898	30.000
11	1990	1.034	176.000	89.000	22	55	60.000
12	1991	32.000	2.400	7.500	-	-	500.000
13	1992	1.618	246.536	524.874	7	15	52.000
14	1993	17.328	86.000	9.200	3	-	16.000
15	1994	18.702	271.500	271.675	12	1	64.000
16	1995	3.136	196.800	37.796	2	17	73.000
17	1996	7.620	1.524.457	895.325	228	449	180.000
18	1997	8.000	76.000	49.670	6	-	15.600

Trong những năm gần đây công tác dự báo lũ trên lưu vực sông Chu đã được chú ý. Nhiều tổ chức, cơ quan trong và ngoài ngành Khí tượng Thủy văn đã tập trung nghiên cứu nhằm xây dựng các phương pháp dự báo và cảnh báo lũ, lụt hữu hiệu. Các phương pháp đó thường tập trung vào các hướng chính sau đây:

1. Hướng áp dụng mô hình lũ đơn vị Sherman

Theo mô hình lũ đơn vị Sherman, lưu lượng lũ được xác định theo công thức:

$$Q_i = \sum_{j=1}^n \frac{X_j}{X_0} U_{i-j+1} \quad (3.1)$$

Trong đó: Q_i - lưu lượng chảy ra của lưu vực ở thời điểm i ; X_j - lượng mưa hiệu quả ở thời đoạn thứ j ; X_0 - lượng mưa hiệu quả đơn vị; U_{i-j+1} - tung độ đường lũ đơn vị ở thời gian $i - j + 1$.

Ứng dụng mô hình lũ đơn vị Sherman để dự báo lũ trên sông Chu gặp rất nhiều khó khăn ngay từ khi bắt đầu tính toán quá trình mưa bình quân trên lưu vực. Việc lựa chọn đường đơn vị U_i cũng rất phức tạp, bởi vì: lượng mưa phân

bố không đều và không có số liệu mưa ở thời đoạn ngắn, nên việc mô phỏng quá trình mưa không chính xác. Do vậy, việc áp dụng mô hình đường đơn vị Sherman để dự báo lũ cho lưu vực sông Chu gặp rất nhiều khó khăn.

2. Hướng áp dụng các mô hình hộp xám

Các mô hình tính toán dòng chảy từ mưa theo mô hình hộp xám được phát triển mạnh trong mấy chục năm gần đây ở Việt Nam. Mô hình hộp xám được mô tả từ giai đoạn bắt đầu hình thành dòng chảy trên sườn dốc tới dòng chảy trong lòng sông như: Mô hình TANK, mô hình SSARR.... Ứng dụng các mô hình này vào dự báo lũ trên lưu vực cũng gặp nhiều khó khăn do số trạm đo mưa trên lưu vực còn thưa thớt và không đại biểu, nên việc tính toán lượng mưa bình quân trên lưu vực thiếu chính xác.

3. Dự báo lũ theo quy luật truyền lũ

Bên cạnh các phương pháp tính toán dòng chảy từ số liệu mưa như đã nêu trên, khi dự báo lũ có thể sử dụng phương pháp: dựa trên qui luật truyền lũ trong sông, đó là các mô hình thủy lực. Nhưng khi áp dụng dự báo lũ cho hệ thống sông Chu kết quả không cao, vì thiếu số liệu địa hình và lưu lượng gia nhập khu giữa.

4. Hướng áp dụng phương pháp Muskingum - Cunge

Việc chuyển phương trình liên tục trong hệ phương trình Saint - Venant thành phương trình cân bằng nước và chuyển phương trình động lực thành phương trình lượng trữ trong lòng dẫn để tính toán lưu lượng ở mặt cắt nghiên cứu là nội dung của phương pháp Muskingum - Cunge Đây là phương pháp rất thông dụng - cho kết quả nhanh. Nhưng đối với lưu vực sông Chu, phương pháp này rất khó áp dụng vì thiếu tài liệu lưu lượng tại các tuyến dự báo hoặc nếu tính được bằng quan hệ $Q = f(H)$ thì sai số mắc phải rất lớn.

5. Hướng áp dụng phương pháp mực nước tương ứng

Áp dụng phương pháp mực nước tương ứng để dự báo lũ cho sông Chu có tính khả thi cao, phù hợp với tình hình số liệu hiện có của lưu vực (chỉ có số liệu mực nước), tính toán đơn giản, cho kết quả nhanh, dễ phổ cập, khắc phục được tình trạng không có hoặc có ít số liệu địa hình và không cần sự thống nhất về cao độ.

Cơ sở lý thuyết của phương pháp mực nước tương ứng là dựa vào hệ phương trình Saint- Venant:

- Phương trình động lực:

$$i_d - \frac{\partial h}{\partial s} = \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\alpha}{g} v \frac{\partial v}{\partial s} + \frac{v^2}{c^2 R} \quad (1)$$

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial s} = q \quad (2)$$

Trong đó: i_d - độ dốc đáy sông; v - tốc độ dòng nước chảy qua mặt cắt ngang sông; s - chiều dài đoạn sông; t - thời gian; c - hệ số Sêri; R - bán kính thủy lực; ω - diện tích mặt cắt ướt; α - hệ số động năng; q - lượng nước gia nhập khu giữa trong 1 đơn vị độ dài của bờ sông.

Bằng một số phép biến đổi trung gian, hệ phương trình Saint - Venant thành phương trình cơ bản của phương pháp mực nước tương ứng:

$$H_{\text{dưới},t+\tau} = f(H_{\text{trên}}) \quad (3)$$

Trong đó: $H_{\text{dưới}}$, $H_{\text{trên}}$ - mực nước trạm dưới và trạm trên; t - thời điểm phát báo; τ - thời gian truyền lũ từ trạm trên về trạm dưới.

Từ phương trình (3) cho thấy: phương pháp dự báo mực nước tương ứng được qui về hai vấn đề cơ bản: xác định thời gian truyền lũ τ và lập quan hệ mực nước tương ứng trạm trên - trạm dưới, nghĩa là tìm mối quan hệ:

$$H_{\text{XK},t+\tau} = f(H_{\text{CD},t}) \quad (4)$$

Kết quả dự báo sẽ được đánh giá là đạt khi: $p \geq 82\%$ ($p = \frac{M}{N}$ với N là độ dài mẫu thống kê và M là số điểm dự báo đúng) và hệ số tương quan γ của hai chuỗi số liệu mực nước tại tuyến biên trên và tuyến dự báo đạt $\geq 0,8$.

Để dự báo lũ bằng phương pháp mực nước tương ứng, cần chọn đoạn sông tính toán, chuỗi số liệu tính toán, xác định thời gian chảy truyền và xây dựng phương trình tương quan dự báo.

Trong bài báo này, tác giả chọn đoạn sông từ Trạm Cửa Đạt đến Trạm Xuân Khánh để dự báo mực nước lũ cho vùng hạ lưu sông Chu và chọn được 20 con lũ lớn, từ 30 con lũ quan trắc đồng bộ (1964 - 2003) với thời gian chảy truyền bình quân là 12 giờ, bảng 2. Trong trường hợp này, phương trình (4) có thể viết lại thành:

$$H_{\text{XK},t+12} = f(H_{\text{CD},t}) \quad (5)$$

Với 20 trận lũ lớn nhất năm đã chọn, triển khai phương trình (5) được chuỗi 20 trị số mực nước của hai Trạm Cửa Đạt ($H_{\text{CD},t}$) và Trạm Xuân Khánh sau 12 giờ ($H_{\text{XK},t+12}$) như trong bảng 2. Từ mực nước Trạm Cửa Đạt tại thời điểm t và mực nước Trạm Xuân Khánh tại thời điểm $t+12$ giờ trong bảng 3 sẽ xây dựng được quan hệ $H_{\text{XK},t+12}$ với $H_{\text{CD},t}$ theo phương trình (5) như hình 1. Quan hệ tương quan đã cho trên hình 1 rất chặt chẽ (hệ số tương quan: $\gamma = 0,9$). Vì vậy, phương trình (5) được viết lại theo dạng tường minh là:

$$H_{\text{XK},t+12} = 0,69 * H_{\text{CD},t} - 1141,4 \quad (6)$$

Trong đó: $H_{\text{XK},t+12}$ - đỉnh lũ tại Trạm Xuân Khánh ở thời điểm $t+12$ giờ; $H_{\text{CD},t}$ - đỉnh lũ tại Trạm Cửa Đạt ở thời điểm phát báo t .

Áp dụng phương trình (6) dự báo kiểm tra cho 20 trị số mực nước đỉnh lũ Trạm Xuân Khánh sau 12 giờ từ khi có mực nước tại Trạm Cửa Đạt, kết quả mực nước dự báo kiểm tra H_{XKKT} với sai số tuyệt đối $\Delta H(\text{cm})$ và sai số tương đối $\sigma(\%)$ tương ứng được thống kê trong bảng 3.

Kết quả tính toán tại bảng 3, cho thấy:

+ Sai số tuyệt đối ΔH lớn nhất là 62cm, tương ứng với sai số tương đối $\sigma = 7\%$, sai số tuyệt đối nhỏ nhất là 4cm, ứng với sai số tương đối σ là 0,5%. Số điểm có sai số $\sigma < 5\%$ đạt 90% (18/20) tổng số điểm.

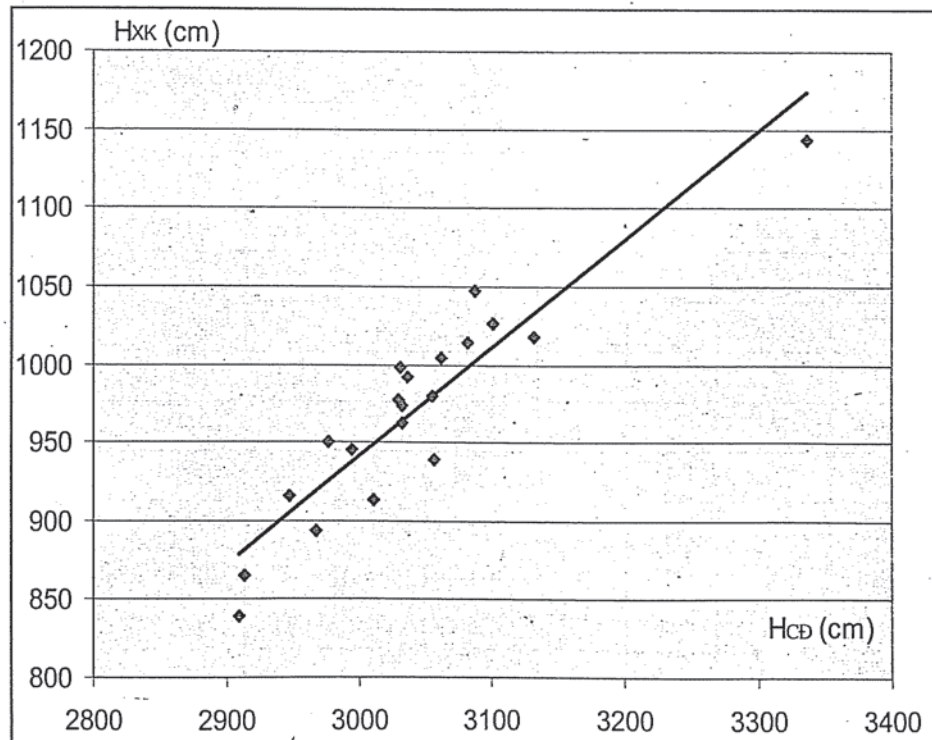
Bảng 2. Thời gian truyền đỉnh lũ từ Trạm Cửa Đạt về Trạm Xuân Khánh

TT	Năm	Tháng	Trạm Cửa Đạt			Trạm Xuân Khánh			Thời gian truyền lũ (giờ)
			Giờ	Ngày	$H_{M\bar{a}}$	Giờ	Ngày	$H_{M\bar{a}}$	
1	1964	IX	23	23	3088	13	24	1048	14
2	1968	VIII	22	14	3030	8	15	977	10
3	1970	VIII	15	19	2909	7	20	839	14
4	1971	VII	13	19	2947	22	19	913	9
5	1972	IX	15	6	3011	1	7	913	10
6	1973	VIII	13	23	3062	4	24	1004	15
7	1974	X	9	28	3033	21	28	974	12
8	1978	IX	12	18	3057	3	19	939	15
9	1981	X	7	16	2968	20	16	893	13
10	1983	IX	13	8	2994	23	8	945	10
11	1983	X	2	4	2914	16	4	865	14
12	1984	IX	14	29	3056	2	30	980	12
13	1987	VIII	4	23	3102	17	23	1026	13
14	1989	X	8	14	3031	22	14	998	14
15	1990	X	5	5	3082	18	5	1014	13
16	1991	VIII	21	18	2977	7	19	950	10
17	1992	IX	9	21	3336	20	21	1144	11
18	1994	VIII	1	1	3033	10	1	963	9
19	1995	VIII	9	30	3133	19	31	1018	10
20	1995	IX	13	12	3037	3	13	892	14
Trung bình									12

+ Với sai số tuyệt đối $\Delta H = 47\text{cm}$, có $17/20 = 85\%$ số điểm đạt yêu cầu có hệ số tương quan giữa số chuỗi số liệu thực đo tại tuyến trên (Trạm Cửa Đạt) và chuỗi số liệu dự báo tại tuyến dự báo (Trạm Xuân Khánh) $\gamma = 0,89$.

Với kết quả trên, phương án dự báo theo phương trình (6) là phương án rất tốt.

Bằng cách làm tương tự, tiến hành dự báo thử cho 1 số trận lũ năm 1996, 1997 và 2000 kết quả cũng rất tốt, bảng 4: sai số tương đối $\sigma < 5\%$ (3,4 - 0,8%), tương ứng với sai số tuyệt đối $\Delta H = 8 \div 32\text{cm}$. Sai số tương đối lớn nhất mắc phải ở trận lũ năm 1997, $\sigma = 3,4\%$ ứng với sai số tuyệt đối $\Delta H = -29\text{cm}$, sai số tuyệt đối lớn nhất ở trận lũ năm 1996 $\Delta H = -32\text{cm}$ ứng với sai số tương đối $\sigma = 3,3\%$.



Hình 1. Quan hệ mực nước tương ứng Trạm Cửa Đạt và Trạm Xuân Khánh với $\tau = 12$ giờ

Như vậy, phương pháp mực nước tương ứng là phương pháp dự báo lũ hữu hiệu nhất, đạt cả hai tiêu chuẩn sai số ($>82\%$) và mức độ tương quan ($>0,8$). Sai số tuyệt đối và sai số tương đối trong cả hai trường hợp dự báo kiểm tra và dự báo thử đều rất thấp. Đây là phương pháp tính toán đơn giản, cho kết quả nhanh, dễ phổ cập, kết quả đủ tin cậy, nhất là khi thay việc dùng bảng tra và tương quan đồ giải bằng việc sử dụng các phần mềm trong máy tính.

Phương pháp này có tính khả thi cao, phù hợp với số liệu hiện có, khắc phục được tình trạng thiếu số liệu địa hình và không cần sự thống nhất mốc cao độ.

Kết quả tính toán trên cho thấy: có thể áp dụng để dự báo đỉnh lũ cho sông Chu. Khi ấy, nếu có mực nước tại Trạm Cửa Đạt, bằng phương trình (6) ta có thể dự báo được mực nước tại Trạm Xuân Khánh sau 12 giờ. Mực nước dự báo tại Trạm Xuân Khánh sẽ là số liệu đầu vào để dự báo mực nước lũ tại Trạm Giàng trên sông Mã.

Tuy nhiên, để nâng cao hơn nữa chất lượng dự báo, cần đặt thêm các trạm thu phát tin dự báo, đo đạc địa hình lòng sông, củng cố lưới trạm thủy văn, trước tiên cần tăng cường thêm trạm đo mưa và đo mực nước tại các trạm cơ bản ở thượng lưu; khôi phục và nâng cấp trạm thủy văn Mường Hình để có đầy đủ số liệu cần thiết phục vụ cho dự báo với thời gian dự kiến dài hơn và chính xác hơn.

Bảng 3. Mô phỏng đỉnh lũ trên dòng nhánh sông Chu tại Trạm Xuân Khánh

TT	Tháng xảy ra	Năm xảy ra	H _{CDI} (cm)	H _{XK t+12} (cm)	H _{XKKT} (cm)	ΔH (cm)	σ (%)
1	IX	1964	3088	1048	989	-59	5,6
2	VIII	1968	3030	977	949	-28	2,8
3	VIII	1970	2909	839	866	+27	3,2
4	VII	1971	2947	916	892	-24	2,5
5	IX	1972	3011	913	936	+23	3,2
6	VIII	1973	3062	1004	971	-33	3,2
7	X	1974	3033	974	951	-23	2,3
8	IX	1978	3057	939	968	+29	3,1
9	X	1981	2968	893	907	+14	1,5
10	IX	1982	2994	945	924	-21	2,2
11	X	1983	2914	865	869	+4	0,5
12	IX	1984	3056	980	967	-13	1,3
13	VIII	1987	3102	1026	999	-27	2,6
14	X	1989	3031	998	950	-48	4,8
15	X	1990	3082	1014	985	-29	2,8
16	VIII	1991	2977	950	913	-37	3,9
17	IX	1992	3336	1144	1160	+16	1,4
18	VIII	1994	3033	963	951	-12	1,2
19	VIII	1995	3133	1018	1020	+2	0,2
20	IX	1995	3037	892	954	+62	7,0

Bảng 4. Kết quả dự báo thử nghiệm đỉnh lũ Trạm Xuân Khánh

TT	Thời gian xảy ra	$H_{\text{CĐTD},1}$ (cm)	$H_{\text{XĐTD},1+12}$ (cm)	H_{XKDB} (cm)	ΔH (cm)	$\sigma(\%)$
1	25/VII/1996	3019	974	942	-32	3,3
2	15/VIII/1996	2990	948	922	-26	2,7
3	5/XI/1996	3094	988	996	+8	0,8
4	6/X/1997	2865	864	835	-29	3,4
5	12/IX/2000	3074	1001	980	-21	2,1

Tài liệu tham khảo

1. Ngô Đình Tuấn. *Phân tích thống kê trong thủy văn*. NXB - Nông nghiệp. Hà Nội, 1998.
2. Ngô Đình Tuấn, Hoàng Ngọc Quang và nnk. *Nghiên cứu khả thi đường tràn cứu hộ hệ thống đê sông Chu tỉnh Thanh Hóa*. Hà Nội, 1999.
3. Nguyễn Văn Thù, Nguyễn Bản. *Đặc điểm thủy văn tỉnh Thanh Hoá*, 1974.
4. Chi cục Quản lý Đê điều và Phòng chống lụt bão Thanh Hoá. *Báo cáo tính toán phân cấp đê - tỉnh Thanh Hóa*, 1995.
5. Bộ NN&PTNT. *Định hướng qui hoạch lũ miền Trung*. Hà Nội, 2001.
6. Hoàng Ngọc Quang. *Quản lý, khai thác sử dụng và bảo vệ tài nguyên và môi trường nước lưu vực sông Mã*, Luận văn tiến sỹ kỹ thuật. Hà Nội, 2001.