

KHẢ NĂNG DỰ BÁO LŨ THUƠNG LƯU HỆ THỐNG SÔNG THÁI BÌNH BẰNG MÔ HÌNH HỘP ĐEN

PTS. Nguyễn Lan Châu

KS. Trần Bích Liên

Trung tâm quốc gia dự báo KTTV

I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT MÔ HÌNH HỘP ĐEN

Trong mô hình Hộp đen, lưu vực sông được coi là một hệ thống động lực: biến đổi đặc trưng đầu vào là mưa $X(t)$ thành đầu ra là dòng chảy của lưu vực $Q(t)$. Một hệ thống như vậy được biểu diễn như sau:

$X(t) \rightarrow$ hệ thống động lực $\rightarrow Q(t)$

Trong đó $X(t)$, $Q(t)$ - các hàm của thời gian.

Trong trường hợp tổng quát, mối liên hệ giữa đầu vào $X(t)$ và đầu ra $Q(t)$ của hệ thống là tuyến tính và có thể biểu diễn dưới dạng phương trình hồi qui:

$$H_{t+\tau} = C + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{i,t} \quad (1)$$

Trong đó : $H_{t+\tau}$ - Yếu tố cần dự báo,

$X_{i,t}$ - Các nhân tố ảnh hưởng,

m - Số lượng các nhân tố ảnh hưởng,

β_i - Các hệ số hồi qui,

C - Hằng số,

t - Thời điểm phát báo,

τ - Thời gian dự kiến.

Các nhân tố được chọn dựa vào hai phương pháp sau:

- Phương pháp mực nước tương ứng để xác định thời gian truyền lũ τ . Các nhân tố ảnh hưởng gồm các mực nước và lượng mưa được chọn phải phù hợp với thời gian chảy truyền (xem cụ thể ở các phần sau).

- Phương pháp hồi qui từng bước cho phép xây dựng các phương trình dự báo mực nước tại vị trí Thái Nguyên trên sông Cầu, Cầu Sơn trên sông Thương, Chũ trên sông Lục Nam. Các nhân tố được chọn bằng hệ số tương quan giữa yếu tố cần dự báo và các nhân tố ảnh hưởng. Nhân tố nào có hệ số tương quan lớn nhất với yếu tố dự báo sẽ được chọn đầu tiên vào phương trình. Sau đó, phương trình sẽ được kiểm định qua các chỉ tiêu thống kê Fisher (F) và Student (t) [1]. Ngoài ra, phương trình hồi qui còn được đánh giá bằng các đặc trưng thống kê: chỉ tiêu chất lượng s/σ , độ lệch chuẩn σ và mức đảm bảo $P(\%)$ ứng với các sai số cho phép được sử dụng trong nghiệp vụ.

2. XÂY DỰNG PHƯƠNG TRÌNH DỰ BÁO

2.1. Sự truyền lũ trên sông: Trên cơ sở phân tích qui luật truyền lũ trên từng đoạn sông và kiểm tra bằng hệ số tương quan đã nhận được các thời gian truyền lũ thích hợp như trong bảng 1.

Bảng 1. Thời gian truyền lũ trên từng đoạn sông

Sông	Đoạn sông	Chiều dài (km)	Thời gian truyền lũ (h)
Cầu	Chợ Chu - Thái Nguyên	74	12
	Chợ Mới - Thái Nguyên	45	6 - 12
	Bắc Cạn - Thái Nguyên	92	18
Thương	Hữu Lũng - Cầu Sơn	30	3 - 6
	Yên Thế - Cầu Sơn	40	6 - 12
	Chi Lăng - Cầu Sơn	61	18
	Võ Nhai - Cầu Sơn	86	18 - 24
Lục Nam	Cẩm Đàn - Chũ	43	12
	Sơn Đông - Chũ	45	12
	Đình Lập - Chũ	100	18 - 24

Bảng 1 cho thấy, các trạm mực nước rất ít, chỉ có 2 trạm trên sông Cầu: Chợ Mới, Thái Nguyên; 2 trạm trên sông Thương: Hữu Lũng, Cầu Sơn; 2 trạm trên sông Lục Nam: Cẩm Đàn, Chũ. Số trạm còn lại là các trạm đo mưa. Như vậy theo qui luật truyền lũ chúng ta chỉ có thể xây dựng được các phương trình dự báo với thời gian dự kiến $\tau = 6 - 18h$.

2.2. Phương trình dự báo với $\tau = 6h$

Các phương trình dự báo được xây dựng dựa vào 2 thành phần :

- Mực nước tại các trạm ở tuyến trên như mực nước Chợ Mới (H_t^{CM}), Hữu Lũng (H_t^{HL}), Cẩm Đàn (H_t^{CD}) tại thời điểm dự báo t .
- Mực nước gốc như mực nước Thái Nguyên (H_t^{TN}) hoặc nước vọt như mực nước Cầu Sơn (H_t^{CS}), Chũ (H_t^{Chu}) tại thời điểm t .

Chỉ tiêu chất lượng của các phương trình dự báo trong bảng 2 đều đạt loại tốt

Bảng 2. Các phương trình dự báo với $\tau = 6h$

Sông	Vị trí dự báo	Phương trình	Chỉ tiêu chất lượng s/σ
Cầu	Thái Nguyên	$H_{t+6}^{TN} = 742 + 0,63 H_t^{TN} + 0,45 H_t^{CM}$	0,39
Thương	Cầu Sơn	$H_{t+6}^{CS} = 800 + 0,12 H_t^{CS} + 0,39 H_t^{HL}$	0,32
Lục Nam	Chũ	$H_{t+12}^{Chu} = -366 + 0,81 H_t^{Chu} + 0,54 H_t^{CD}$	0,39

2.3. Phương trình dự báo với $\tau = 12h$

Các phương trình dự báo gồm các thành phần sau:

- Lũ thượng nguồn : lượng mưa Chợ Chu (X_t^{CC}) trên sông Cầu, Yên Thế (X_t^{YT}) trên sông Thương và Cẩm Đàn (X_t^{CD}), Sơn Động (X_t^{SD}) trên sông Lục Nam tại thời điểm dự báo t .
- Nước vật: mực nước Thái Nguyên (H_t^{TN}), Cầu Sơn (H_t^{CS}) và Chũ (H_t^{Chu}) cũng tại thời điểm t .
- Lượng gia nhập khu giữa : trong trường hợp tâm mưa ở khu giữa sẽ bổ sung một lượng nước của sông Nghinh Tường, sông Đu đổ vào sông Cầu là $\Delta H = 0,1X^{TBLV}$; của khu giữa từ Chi Lăng về Cầu Sơn là $\Delta H = 0,1X^{TBLV}$ trên sông Thương; của khu giữa từ Sơn Động về Chũ trên sông Lục Nam là $\Delta H = 0,2X^{TBLV}$
- Lượng gia nhập trong thời gian dự kiến: mưa tại Bắc Cạn (X_{t+6}^{BC}), tại Thái Nguyên (X_{t+6}^{TN}) trên sông Cầu; tại Cầu Sơn (X_{t+6}^{CS}), tại Hữu Lũng (X_{t+12}^{HL}) trên sông Thương; tại Chũ (X_{t+12}^{Chu}) trên sông Lục Nam.

Chỉ tiêu chất lượng của các phương trình dự báo trong bảng 3 đều đạt loại tốt.

Bảng 3. Các phương trình dự báo với $\tau = 12h$

Sông	Vị trí dự báo	Phương trình	Chỉ tiêu chất lượng s/σ
Cầu	Thái Nguyên	$H_{t+12}^{TN} = 805 + 0,63 H_t^{TN} + 1,5 X_t^{CC} + 0,9 X_t^{CM} + 2,1 X_{t+6}^{BC} + 2,2 X_{t+6}^{TN}$	0,40
Thương	Cầu Sơn	$H_{t+12}^{CS} = 800 + 0,4 H_{t+12}^{CS} + 0,2 X_t^{YT} + 0,66 X_{t+6}^{HL} + 0,5 X_{t+6}^{CS} + 0,52 X_{t+12}^{CS}$	0,25
Lục Nam	Chũ	$H_{t+12}^{Chu} = -676 + 0,69 H_t^{Chu} + 1,33 X_t^{SD} + 1,48 X_t^{CD} + 0,76 X_{t+6}^{Chu}$	0,45

2.4. Phương trình dự báo với $\tau = 18h$

Các phương trình dự báo gồm các thành phần sau:

- Lũ thượng nguồn : lượng mưa Bắc Cạn (X_t^{BC}) trên sông Cầu, Chi Lăng (X_t^{CL}), Võ Nhai (X_t^{VN}) trên sông Thương và Đình Lập (X_t^{DL}) trên sông Lục Nam tại thời điểm dự báo t .
- Nước vật: mực nước Thái Nguyên (H_t^{TN}), Cầu Sơn (H_t^{CS}) và Chũ (H_t^{Chu}) cũng tại thời điểm t .
- Lượng gia nhập khu giữa : trong trường hợp tâm mưa ở khu giữa sẽ bổ sung một lượng nước của sông Nghinh Tường, sông Đu đổ vào sông Cầu là $\Delta H = 0,1X^{TBLV}$; của khu giữa từ Chi Lăng về Cầu Sơn là $\Delta H = 0,1X^{TBLV}$ trên sông Thương; của khu giữa từ Sơn Động về Chũ trên sông Lục Nam là $\Delta H = 0,2X^{TBLV}$
- Lượng gia nhập trong thời gian dự kiến: mưa tại Chợ Chu (X_t^{CC}), Chợ Mới (X_{t+6}^{CM}), Thái Nguyên (X_{t+12}^{TN}) trên sông Cầu; tại Yên Thế (X_{t+6}^{YT} , X_{t+12}^{YT}),

Cầu Sơn ($X_{t+12}^{CS}, X_{t+18}^{CS}$) trên sông Thương và tại Chũ (X_t^{Chu}) trên sông Lục Nam.

Chỉ tiêu chất lượng của các phương trình dự báo trong bảng 4 đều đạt loại tốt.

Bảng 4. Các phương trình dự báo với $\tau = 18h$

Sông	Vị trí dự báo	Phương trình	Chỉ tiêu chất lượng s/σ
Cầu	Thái Nguyên	$H_{t+18}^{TN} = 1027 + 0,53 H_t^{TN} + 3,0 X_t^{BC} + 1,2 X_{t+6}^{CM} + 1,5 X_{t+6}^{CC} + 2,5 X_{t+12}^{TN}$	0,52
Thương	Cầu Sơn	$H_{t+18}^{CS} = 801 + 0,3 H_t^{CS} + 0,5 X_t^{CL} + 0,03 X_t^{VN} + 0,15 X_{t+6}^{YT} + 0,3 X_{t+12}^{YT} + 0,5 X_{t+12}^{CS} + 0,8 X_{t+18}^{CS}$	0,19
Lục Nam	Chũ	$H_{t+12}^{Chu} = -844 + 0,69 H_t^{Chu} + 1,5 X_t^{DL} + 2,0 X_{t+12}^{SD} + 1,6 X_{t+6}^{CD} + 0,8 X_{t+12}^{CD}$	0,46

3. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM BẰNG MÔ HÌNH HỘP ĐEN

Với bộ thông số đã tối ưu cho từng lưu vực, đã tiến hành thử nghiệm mô hình HỘP ĐEN cho đợt lũ lớn nhất năm 1996 (từ 30/VII đến 23/VIII).

Mô hình cho phép dự báo trước 18h với điều kiện sử dụng lượng mưa dự báo 12h trên cơ sở kết hợp với sơ đồ phân loại mưa.

Các kết quả thử nghiệm được ghi trong bảng 5 và bảng 6.

Bảng 5. Kết quả dự báo thử đợt lũ lớn nhất năm 1996 (30/VII - 23/VIII) bằng mô hình HỘP ĐEN

Vị trí Các chỉ tiêu đánh giá $\tau(h)$	Thái Nguyên (sông Cầu)			Cầu Sơn (sông Thương)			Chũ (sông Lục Nam)		
	6h	12h	18h	6h	12h	18h	6h	12h	18h
Số ngày làm dự báo	35	35	35	14	14	14	12	12	12
Sai số trung bình (cm)	21,7	30,5	26,0	6,7	6,8	9,5	7	7	7
Sai số lớn nhất (cm)	-79	-120	-143	27	23	41	-61	-27	-29
Ngày xảy ra SSLN	11	12	18	12	12	12	23	14	14
Chỉ tiêu chất lượng s/σ	0,23	0,37	0,37	0,22	0,22	0,3	0,23	0,12	0,21

4. MỘT SỐ NHẬN XÉT

Mô hình Hộp đen rất đơn giản và dễ sử dụng. Khi ứng dụng mô hình, chúng tôi đã chú trọng đến qui luật truyền lũ trên các đoạn sông để tính toán dòng chảy từ các trạm mưa và trạm mực nước đại biểu. Còn các ảnh hưởng của lưu vực, của địa hình đều được coi là không đổi đối với từng lưu vực và đối với từng thời đoạn tính toán. Do vậy mô hình rất phù hợp với lưu vực có thành phần chủ yếu là dòng chảy mặt và số liệu đo đạc nghèo nàn (chỉ có mưa và mực nước).

**Bảng 6. Kết quả dự báo đỉnh lũ lớn nhất năm 1996 (30/VII - 23/VIII)
bằng mô hình HỘP ĐEN**

Vị trí dự báo	Đợt	Thời gian	Thực đo		Tính toán		ΔH cm	ΔQ m ³ /s	$\Delta Q/Q$ %
			Hmax cm	Qmax m ³ /s	Hmax cm	Qmax m ³ /s			
Thái Nguyên (sông Cầu)	1	12-VIII	2510	778	2464	672	-46	-106	-13,6
	2	19-VIII	2636	1110	2639	1120	3	-10	0,09
Cầu Sơn (sông Thương)	1	12-VIII	1543	512	1570	607	27	95	18,5
	2	16-VIII	1493	348	1486	325	-7	-23	-6,6
	3	20-VIII	1504	383	1511	405	7	22	5,7
Chũ (sông Lục Nam)	1	15-VIII	594	445	593	443	-1	-2	0,04
	2	23-VIII	821	895	814	878	-7	-17	1,9

- Chỉ tiêu chất lượng đạt được trong quá trình mô phỏng cho khả năng ứng dụng mô hình Hộp đen trong dự báo tác nghiệp.
- Kết quả thử nghiệm trong mùa lũ 1996 chứng tỏ mô hình Hộp đen phù hợp với những trận lũ nhỏ và ảnh hưởng mạnh của nước vật.
- Mô hình cho phép dự báo quá trình mực nước tại Thái Nguyên trên sông Cầu, tại Cầu Sơn trên sông Thương và tại Chũ trên sông Lục Nam với thời gian dự kiến 6 - 18h góp phần cải thiện dự báo lũ ở hạ du: tăng mức bảo đảm, kéo dài thời gian dự kiến và giảm sai số.
- Tính toán và dự báo được thực hiện dễ dàng trên máy vi tính với hệ thống các chương trình: tính, dự báo, hiệu chỉnh và in bản tin.

Tài liệu tham khảo

Nguyễn Lan Châu, Trần Bích Liên, Nguyễn Nội. Xây dựng công nghệ dự báo lũ sông Thái Bình bằng mô hình hồi qui nhiều biến. (12/1993, thuộc chương trình tiến bộ KHKT Cục dự báo khí tượng thủy văn).