

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH NAM DỰ BÁO LŨ THƯỢNG LƯU HỆ THỐNG SÔNG THÁI BÌNH

PTS. Nguyễn Lan Châu

KS. Trần Bích Liên

Trung tâm Quốc gia dự báo KTTV

Hệ thống sông Thái Bình nhỏ so với nhiều hệ thống sông ở Việt Nam nhưng mưa lũ ở đây gây thiệt hại đáng kể cho nền kinh tế quốc dân chỉ thua kém sông Hồng. Việc nghiên cứu về mưa lũ trên hệ thống sông Thái Bình còn rất ít, chưa có một mô hình nào đủ mạnh để có thể sử dụng vào việc tính toán, qui hoạch và dự báo lũ thượng lưu đạt mức đảm bảo và thời gian dự kiến cần thiết của công tác phòng tránh lũ. Đã tiến hành nghiên cứu ứng dụng mô hình quan niệm NAM để dự báo lũ thượng nguồn sông Cầu, sông Thương và sông Lục Nam.

Bài báo này xin trình bày một số kết quả trong việc nghiên cứu ứng dụng mô hình NAM.

I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

NAM là chữ viết tắt từ chữ Đan Mạch "Nedbor - Afstromming - Model", nghĩa là mô hình mưa - dòng chảy. Mô hình NAM thuộc loại mô hình thủy văn tất định - nhận thức - gộp, được xây dựng vào khoảng năm 1982 tại Khoa Thủy văn Viện kỹ thuật thủy động lực và thủy lực thuộc trường Đại học kỹ thuật Đan Mạch.

Mô hình NAM đã được sử dụng rộng rãi ở Đan Mạch và một số nước nằm trong nhiều vùng khí hậu khác nhau như Borneo, Mantania, Xri Lanca, Thái Lan, Ấn Độ v.v. Ở Việt Nam, mô hình này mới được nghiên cứu sử dụng trong mấy năm gần đây để khôi phục chuỗi dòng chảy tháng, ngày từ mưa cho một số lưu vực sông [1 - 2].

A - Cấu trúc của mô hình

Cấu trúc của mô hình NAM được xây dựng trên nguyên tắc các hồ chứa theo chiều thẳng đứng và các hồ chứa tuyến tính, gồm có 5 bể chứa theo chiều thẳng đứng như sau:

- Bể chứa tuyết tan được kiểm soát bằng các điều kiện nhiệt độ. Đối với điều kiện khí hậu nhiệt đới ở nước ta, không xét đến bể chứa này.

- Bể chứa mặt: lượng nước ở bể chứa này bao gồm lượng nước mưa do lớp phủ thực vật chặn lại, lượng nước đọng lại trong các chỗ trũng và lượng nước trong tầng sát mặt. Giới hạn trên của lượng nước trong bể chứa này được ký hiệu bằng U_{max} .

- Bể chứa tầng dưới. Đây là vùng đất có rễ cây nên cây cối có thể hút nước cho bốc, thoát hơi. Giới hạn trên của lượng nước trong bể chứa này được ký hiệu bằng L_{max} , lượng nước hiện tại được ký hiệu là L và tỷ số L/L_{max} biểu thị trạng thái ẩm của bể chứa.

- Bể chứa nước ngầm tầng trên.

- Bể chứa nước ngầm tầng dưới.

Mưa hoặc tuyết tan trước tiên đi vào bể chứa mặt. Lượng nước U trong bể chứa mặt liên tục tiêu hao cho bốc thoát hơi và thấm ngang để tạo thành dòng chảy sát

mặt. Khi lượng nước U vượt quá giới hạn $U_{\max}$, phần lượng nước thừa sẽ tạo thành dòng chảy tràn để trực tiếp chảy ra sông, phần còn lại sẽ thấm xuống các bể chứa tầng dưới và bể chứa nước ngầm.

Lượng cấp nước ngầm được chia ra thành 2 bể chứa: bể chứa nước ngầm tầng trên và bể chứa nước ngầm tầng dưới. Hoạt động của hai bể chứa này như các hồ chứa tuyến tính với các hằng số thời gian khác nhau. Nước trong hai bể chứa này sẽ tạo thành dòng chảy ngầm.

Dòng chảy tràn và dòng chảy sát mặt được diễn toán qua một hồ chứa tuyến tính thứ nhất. Sau đó, tất cả các thành phần dòng chảy được cộng lại và diễn toán qua một hồ chứa tuyến tính thứ hai. Cuối cùng sẽ được dòng chảy tổng cộng tại cửa ra.

Các thành phần của dòng chảy được xác định như sau :

1. Dòng chảy sát mặt QIF

$$QIF = \begin{cases} \frac{L/L_{\max} - CL_{IF}}{1 - CL_{IF}} \cdot U & \text{khi } L/L_{\max} > CL_{IF} \\ 0, & \text{khi } L/L_{\max} < CL_{IF} \end{cases} \quad (1)$$

2. Dòng chảy mặt QOF

$$QOF = \begin{cases} \frac{L/L_{\max} - CL_{OF}}{1 - CL_{OF}} \cdot P_N & \text{khi } L/L_{\max} > CL_{OF} \\ 0 & \text{khi } L/L_{\max} \leq CL_{OF} \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó P_N là phần nước thừa khi $U \geq U_{\max}$ và $P_N = U - U_{\max}$.

3. Lượng nước ngầm cung cấp cho bể chứa ngầm G

$$G = \begin{cases} \frac{L/L_{\max} - CL_G}{1 - CL_G} \cdot (P_N - QOF) & \text{khi } L/L_{\max} > CL_G \\ 0 & \text{khi } L/L_{\max} \leq CL_G \end{cases} \quad (3)$$

4. Lượng nước được bổ sung cho bể chứa tầng dưới

$$DL = (P_N - QOF) - G \quad (4)$$

5. Lượng bốc thoát hơi nước

$$E_w = E_p \cdot L/L_{\max} \quad (5)$$

trong đó E_p là bốc thoát hơi tiềm năng

Công thức diễn toán hồ chứa được xây dựng theo nguyên tắc: một hồ chứa tuyến tính đặc trưng bởi tính chất của dòng chảy ra tỷ lệ với hàm lượng nước có trong bể chứa. Dòng chảy ra khỏi hồ chứa tuân theo qui luật nước rút dạng hàm mũ sau:

$$Q_{out} = Q_{out}^0 \cdot e^{-t/CK} + Q_{in} (1 - e^{-t/CK}) \quad (6)$$

- Trong đó: Q_{out} - Dòng chảy ra tại thời điểm đang tính toán,
 Q_{out}^0 - Dòng chảy ra tại cuối thời đoạn tính toán trước,
 Q_{in} - Dòng chảy vào tại thời điểm đang tính toán trước,
 CK - Hằng số thời gian của hồ chứa,
 t - Thời đoạn tính toán.

B - Các thông số của mô hình

- CQ_{OF} là hệ số dòng chảy mặt.
- CQ_{IF} là hệ số dòng chảy sát mặt.
- CB_L là thông số dòng chảy ngầm.
- CL_{OF} , CL_{IF} , CL_G là các ngưỡng dưới của các bể chứa để sinh dòng chảy tràn, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm.
- U_{max} và L_{max} là các thông số xác định giới hạn chứa tối đa của các bể chứa tầng trên và tầng dưới
- $CK1, CK2, CKBFU$ và $CKBFL$ là các hằng số thời gian của các hồ chứa tuyến tính tức là thông số về thời gian tập trung nước.
- $P(I)$ là hệ số trạm mưa của các trạm mưa.

C - Các điều kiện ban đầu của mô hình

- U : Lượng nước chứa trong bể chứa mặt, (mm)
- L : Lượng nước chứa trong bể chứa tầng dưới, (mm)
- $OF1$: Cường suất dòng chảy mặt sau khi diễn toán qua bể chứa tuyến tính thứ 1, mm/h.
- OF : Cường suất dòng chảy mặt sau khi diễn toán qua 2 hồ chứa tuyến tính, mm/h
- $IF1$: Cường suất dòng chảy sát mặt sau khi qua bể chứa tuyến tính thứ 1, mm/h.
- IF : Cường suất dòng chảy sát mặt sau khi qua 2 bể chứa tuyến tính, mm/h.
- $BFU1$: Cường suất dòng chảy ngầm tầng trên trước khi qua bể chứa tuyến tính thứ 2, mm/h
- BFU : Cường suất dòng chảy ngầm tầng trên sau khi qua bể chứa tuyến tính thứ 2, mm/h
- $BFL1$: Cường suất dòng chảy ngầm tầng dưới trước khi qua bể chứa tuyến tính thứ 2, mm/h
- BFL : Cường suất dòng chảy ngầm tầng dưới sau khi qua bể chứa tuyến tính thứ 2, mm/h

Các điều kiện ban đầu của mô hình có thể lấy bằng số liệu thực đo tại thời điểm diễn toán đầu tiên (bảng 1).

Trong số 10 điều kiện ban đầu trên có bảy thông số: U , L , $OF1$, OF , $IF1$, IF , BFL đều không đổi đối với từng lưu vực; chỉ có 3 thông số $BFU1$, BFU , $BFL1$ biến đổi theo chân lũ, theo thời gian xảy ra lũ. Kết quả tính cho thấy rằng:

$$BFL1 = \frac{Q_c}{100} \quad (7)$$

Trong đó Q_c là lưu lượng ở mức chân lũ, m^3/s .

Trong một mùa lũ, các trận lũ xảy ra sau sẽ có BFU , $BFU1$ và $BFL1$ cao hơn của trận lũ trước.

Bảng 1. Điều kiện ban đầu của mô hình NAM

N	Trạm	Thái Nguyên (Sông Cầu)	Cầu Sơn (sông Thương)	Chũ (Sông Lục Nam)
	Thông số			
1	U (mm)	1	0	0
2	L (mm)	1115	1400	980
3	OFI (mm/h)	0	0	0
4	OF (mm/h)	0,5	0	0
5	IFI (mm/h)	0	0	0
6	IF (mm/h)	0	0	0
7	BFUI (mm/h)	0 - 1,4	0,3 - 1,6	0 - 2,9
8	BFU (mm/h)	0 - 1,4	0,3 - 1,6	0 - 2,9
9	BFIL (mm/h)	0,1 - 0,9	0 - 0,5	0,9 - 3,3
10	BFI (mm/h)	0	0	0

D- Số liệu tính toán gồm có

- Lượng mưa bình quân lưu vực (mm) thời đoạn 6h của các trạm: Thái Nguyên, Chợ Chu, Chợ Mới, Bắc Cạn trên sông Cầu; Cầu Sơn, Hữu Lũng, Yên Thế, Võ Nhai, Chi Lăng trên sông Thương; Chũ, Sơn Động, Cẩm Đan, Đình Lập trên sông Lục Nam.
- Lượng bốc hơi trung bình lưu vực (mm) thời đoạn 6h.
- Lưu lượng nước tại mặt cắt cửa ra thời đoạn 6h (m^3/s): tại tuyến Thái Nguyên trên sông Cầu, tại Cầu Sơn trên sông Thương, tại Chũ trên sông Lục Nam.

Trên từng lưu vực sông, mô hình NAM đã được tính cho một số trận mưa lũ điển hình.

E- Hiệu chỉnh mô hình

Hiệu chỉnh mô hình là nhằm xác định các thông số của mô hình để cho đường quá trình tính toán phù hợp với đường quá trình thực do một cách tốt nhất. Chúng tôi đã áp dụng phương pháp thử sai để hiệu chỉnh mô hình. Phương pháp thử sai có tính linh hoạt trong ứng dụng, đặc biệt là có thể xử lý riêng cho từng thông số.

Việc hiệu chỉnh mô hình được đánh giá bằng các tiêu chuẩn sau:

- Sự mô phỏng tốt về dạng đường quá trình dòng chảy giữa thực đo và tính toán.
- Mô phỏng tốt về đỉnh lũ: sai số giữa tính toán và thực đo là nhỏ nhất.
- Chỉ tiêu chất lượng mô hình S/σ càng nhỏ càng tốt.

II- KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Bảng 2. Số trạm mưa và hệ số trạm mưa

Lưu vực	Trạm mưa		Hệ số trạm mưa
	Vị trí	Tên	
Sông Cầu	Thượng nguồn	Bắc Cạn	1,0
		Chợ Mới	1,0
	Trung lưu	Chợ Chu	1,0
		Thái Nguyên	1,1
Sông Thương	Thượng nguồn	Chi Lăng	1,0
		Võ Nhai	1,0
	Trung lưu	Yên Thế	1,0
		Hữu Lũng	1,2
	Cửa ra	Cầu Sơn	1,4
Sông Lục Nam	Thượng nguồn	Đình Lập	0,9
	Trung lưu	Cầm Đàn	1,0
		Sơn Động	1,2
	Cửa ra	Chũ	1,4

2.1 Các thông số của mô hình

a- *Hệ số trạm mưa*: (bảng 2). Đọc theo lưu vực, càng về phía hạ lưu, hệ số trạm mưa càng tăng.

b - *Hệ số dòng chảy mặt CQ_{OF} và sát mặt CQ_{IF}* : Xem bảng 3 thấy rằng thông số hệ số CQ_{IF} rất ổn định cho từng lưu vực và cho từng loại lũ điển hình. Đối với lưu vực sông Cầu do đất có tính thấm nước cao hơn nên giá trị CQ_{OF} nhỏ hơn và bằng 0,1 - 0,5. Còn trên sông Lục Nam, sông Thương nền địa chất chủ yếu là phiến thạch sét sa diệp thạch ít thấm nước, ít có khả năng điều tiết nên khi có mưa, dòng chảy mặt rất thuận tiện xảy ra và thông số CQ_{OF} ở đây rất lớn và đạt 0,9.

Bảng 3. Bảng giá trị thông số mô hình NAM

N	Trạm Thông số	Thái Nguyên (Sông Cầu)	Cầu Sơn (Sông Thương)	Chũ (Sông Lục Nam)
1	CQ_{OF}	0,1 - 0,5	0,9	0,9
2	$CQ_{IF} (h)^{-1}$	0,90 - 0,98	0,98	0,98
3	CL_{OF}	0,8	0,6	0,6
4	CL_{IF}	0,85 - 0,90	0,81 - 0,87	0,87 - 0,97
5	CL_G	0,1	0,4	0,1
6	$CK1(h)$	3,5 - 6,0	3,0 - 6,0	0,5 - 2,0
7	$CK2(h)$	0,6 - 2,2	0,15 - 1,45	0,7 - 1,8
8	$CKBFU(h)$	1,0	1,0 - 6,0	1,0 - 6,0
9	$CKBFL(h)$	999	999	999
10	U_{max}	190	40	55
11	L_{max}	1150	1100	1000

c- Giá trị ngưỡng của các thành phần dòng chảy (CL_{OF} , CL_{IF} , CL_G) ít thay đổi

- Ngưỡng sinh dòng chảy trên CL_{OF} đặc trưng cho đặc tính tổn thất ban đầu đạt 0,8 đối với lưu vực sông Cầu; còn đối với lưu vực sông Thương, sông Lục Nam nhỏ hơn và đều bằng 0,6.

- Kết quả tính toán CL_{IF} cũng phản ánh đặc điểm mưa lũ của các lưu vực sông. Mưa sinh lũ xảy ra chủ yếu trên sông Lục Nam và sông Cầu. Vì vậy ngưỡng sinh dòng chảy sạt mặt trên lưu vực Lục Nam - là nơi dễ xảy ra mưa, có lượng ẩm dồi dào hơn, đạt lớn nhất và bằng 0,96; sau đến lưu vực sông Cầu - 0,90; sông Thương - 0,85.

- Do vậy ngưỡng sinh dòng chảy ngầm CL_G rất thấp so với các ngưỡng khác và ở mức 0,1 đối với sông Cầu và sông Lục Nam; ở mức 0,4 đối với sông Thương.

Như vậy, đối với cả ba lưu vực sông trên hệ thống sông Thái Bình, hầu hết lượng mưa rơi (cung cấp) sản sinh dòng chảy mặt, sạt mặt. Trong thực tế nguồn nước mặt chiếm 70% trên lưu vực sông Cầu, chiếm 80% trên lưu vực sông Lục Nam (là nơi nguồn nước ngầm ít nhất miền Bắc).

d - Các thông số về thời gian trữ nước mặt (CK1) và sạt mặt (CK2) phụ thuộc vào cường độ mưa, diện tích lưu vực, độ dốc, v.v.

Tuỳ theo từng trận lũ, hằng số CK1 phụ thuộc nhiều vào lượng mưa rơi trên lưu vực và đặc trưng cho thời gian tập trung nước. Lượng mưa càng lớn lũ càng lên nhanh và CK1 càng nhỏ.

Thông số CK2 được dùng để diễn toán toàn bộ các thành phần dòng chảy. Thông số này ảnh hưởng nhiều đến dạng đường quá trình và ít biến đổi giữa các lưu vực và giữa các trận lũ. CK2 biến đổi trong khoảng 0,6 - 2,2.

Đã tiến hành phân loại các thông số CK1 và CK2 theo 3 cấp mưa trung bình lưu vực (bảng 4).

Thông số CK1 cũng biến đổi theo độ dốc lưu vực. Độ dốc lưu vực càng lớn, CK1 càng nhỏ. Lưu vực sông Lục Nam có độ dốc rất lớn ($i=35\text{‰}$) nên lũ tại Chũ thường lên nhanh, xuống nhanh với biên độ lớn có khi tới 12m. Vì vậy các thông số CK1, CK2 tại Chũ nhỏ hơn cả và ở mức 1,5h - 2,0h. Lưu vực sông Cầu, sông Thương có diện tích lớn hơn ($F=2815\text{km}^2$; 2568km^2) và độ dốc lưu vực nhỏ hơn ($i=10\text{‰}$; 25‰) nên có lũ điều hòa hơn và có các thông số CK1, CK2 lớn hơn hẳn so với sông Lục Nam.

Bảng 4. Bảng phân loại các thông số CK1 và CK2

Lưu vực	Thông số	Lượng mưa trung bình lưu vực (mm)		
		> 300 mm	200 - 300 mm	100 - 200 mm
Sông Cầu	CK1(h)	3,5 - 4,0	4,0 - 5,0	5,0 - 6,0
	CK2 (h)	2,0 - 2,2	1,0 - 2,0	0,6 - 1,0
Sông Thương	CK1(h)	4,0 - 5,0	5,0 - 5,5	5,5 - 6,5
	CK2 (h)	1,5 - 1,8	1,4 - 1,5	0,8 - 1,4
Sông Lục Nam	CK1(h)	2,0	2,0	1,5 - 2,0
	CK2 (h)	1,3 - 1,5	1,0 - 1,3	0,8 - 1,0

c - Các thông số về giá trị giới hạn trên của độ ẩm chứa trong bể chứa mặt (U_{max}) và của bể chứa tầng dưới (L_{max}) hầu như không đổi cho tất cả các loại lũ trên từng lưu vực. Lưu vực sông Cầu có diện tích và lớp thảm phủ thực vật lớn hơn nên có $U_{max} = 190$ mm và $L_{max} = 1150$ mm lớn hơn trên sông Thương ($U_{max} = 40$ mm, $L_{max} = 1100$ mm) và sông Lục Nam ($U_{max} = 55$ mm, $L_{max} = 1000$ mm).

2.2- Kết quả mô phỏng dòng chảy bằng mô hình NAM

a - Trên sông Cầu tại Thái Nguyên (bảng 5)

Kết quả tính mô phỏng cho 12 trận lũ trên sông Cầu đều đạt kết quả tốt. Đối với quá trình lũ, chỉ tiêu chất lượng S/σ đạt từ 0,15 (trận 19/ VIII/ 1971) đến 0,44 (trận 16/VII/1966).

Đỉnh lũ tính toán đều nhỏ hơn thực đo, sai số đỉnh lũ trung bình là 11,3%, lớn nhất là 25% (9/ IX /1985) nhỏ nhất là 0,12% (9/ IX/ 1978).

Các trận lũ có đỉnh tính toán phù hợp với thực đo và có sai số nhỏ đều là những trận lũ có $Q_{max} > 1000$ m³ / s với mưa trung bình lưu vực > 100 mm. Còn những trận lũ nhỏ có $Q_{max} < 1000$ m³ / s với $X_{tập.v} < 100$ mm đều có sai số đỉnh lũ lớn hơn.

b - Trên sông Thương tại Cầu Sơn

Kết quả tính mô phỏng cho 9 trận lũ trên sông Thương đều đạt kết quả tốt. Đối với quá trình lũ, chỉ tiêu chất lượng S/σ đạt từ 0,11 (trận 2/ IX /1975) đến 0,52 (trận 2/ X/ 1978).

Đối với sườn lũ lên, quá trình tính toán phù hợp với thực đo. Đối với sườn lũ xuống, khi xuống đến chân quá trình tính toán không còn phù hợp với thực đo. Ở mức chân, lưu lượng thực đo thường lớn hơn tính toán rất nhiều vì lúc này lũ tại Cầu Sơn chịu ảnh hưởng nước vật từ hạ lưu.

Đỉnh lũ tính toán đều xấp xỉ thực đo. Sai số đỉnh lũ trung bình là 2,7%, lớn nhất là 7,3% (2/ X/1978) và nhỏ nhất : 0 (21/VII/1980).

Khi mô phỏng cho trận lũ kép (21/VII/1980) thì đỉnh lũ thứ 2 rất phù hợp, nhưng đỉnh thứ nhất cho sai số đỉnh lũ 16%.

c - Trên sông Lục Nam tại Chũ

Kết quả tính toán mô phỏng cho 12 trận lũ trên sông Lục Nam đạt tương đối tốt, nhưng không tốt bằng như đối với sông Cầu và sông Thương. Đó là vì khi đạt đến chân lũ, thì quá trình mực nước tại Chũ chịu ảnh hưởng nước vật từ hạ lưu rất mạnh.

Đối với quá trình lũ, chỉ tiêu chất lượng S/σ đạt trung bình 0,40 và biến đổi từ 0,13 (3/ VII/ 1964) đến 0,51 (2/ X / 1978).

Mặc dù trận lũ 2/X/1978 mô phỏng đỉnh lũ rất phù hợp, nhưng khi đạt nước chân lũ thì quá trình chịu ảnh hưởng rất mạnh nên chỉ tiêu chất lượng S/σ rất cao (0,51).

Đỉnh lũ tính toán đều nhỏ hơn thực đo. Sai số đỉnh lũ trung bình là 5%, lớn nhất là 13%, (24/VII/1965), nhỏ nhất : 0,6% (28/VIII/1972).

d - Nhận xét về thời gian lệch đỉnh

Giữa quá trình tính toán và thực đo thường xảy ra lệch đỉnh. Sự lệch đỉnh phụ thuộc nhiều vào vị trí tâm mưa. Qua phân tích kết quả tính toán cho thấy rằng:

- Đỉnh lũ tính toán xảy ra trước đỉnh lũ thực do 6h nếu tâm mưa xảy ra trên thượng nguồn Bắc Cạn (sông Cầu), Chi Lăng hoặc Võ Nhai (sông Thương), Đình Lập (sông Lục Nam).

-Đỉnh thực do trùng với đỉnh tính toán nếu tâm mưa xảy ra ở trung và hạ lưu các triển sông.

Những nhận xét trên cho phép chọn thời gian dự kiến phù hợp hơn. Với số liệu mưa thực đo tại thời điểm dự báo chỉ báo trước được 6h về tình hình lũ. Vì vậy, để dự báo quá trình lũ tại các vị trí thượng lưu: Thái Nguyên, Cầu Sơn, Chũ với thời gian dự kiến 18h cần phải sử dụng mưa dự báo trong 12h tới với thời đoạn 6h .

Bảng 5. Kết quả mô phỏng dòng chảy bằng mô hình NAM

Lưu vực Các chỉ tiêu	Thái Nguyên (Sông Cầu)	Cầu Sơn (Sông Thương)	Chũ (Sông Lục Nam)
S / σ	0,15 - 0,44	0,11 - 0,52	0,13 - 0,82
$(S / \sigma)_{tb}$	0,31	0,26	0,40
$\Delta Q / Q(\%)$	0,12 - 25,0	0,0 - 7,0	0,6 - 13,0
$(\Delta Q / Q)_{tb}(\%)$	11,3	5,0	2,7

Bảng 6. Kết quả dự báo thử nghiệm bằng mô hình NAM

Lưu vực Các chỉ tiêu	Thái Nguyên (Sông Cầu)			Cầu Sơn (Sông Thương)			Chũ (Sông Lục Nam)		
τ	6h	12h	18h	6h	12h	18h	6h	12h	18h
S / σ	0,31	0,16	0,36	0,61	0,35	0,49	1,27	1,23	2,34
$\Delta Q / Q(\%)$	0,06 - 1,80			2,0 - 2,70			0,0 - 22,0		

2.3.Đánh giá kết quả dự báo thử nghiệm bằng mô hình NAM

Với bộ thông số tối ưu của từng lưu vực, đã tiến hành thử nghiệm mô hình NAM 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 trong 12h trên cơ sở kết hợp sơ đồ phân loại mưa . Bảng 6 là kết quả dự báo thử nghiệm bằng mô hình NAM cho các vị trí thượng lưu Thái Nguyên (sông Cầu), Cầu Sơn (sông Thương) và Chũ (sông Lục Nam).

a - **Trên sông Cầu:** Kết quả dự báo quá trình mực nước tại Thái Nguyên phù hợp với thực đo. Sai số dự báo trung bình là: 19,1cm ; 11,0cm ; 19,2cm, tương ứng với thời gian dự kiến $\tau = 6h$; $\tau = 12h$; $\tau = 18h$. Chỉ tiêu chất lượng (s/σ) đạt: 0,31 ($\tau = 6h$) ; 0,16 ($\tau = 12h$) ; 0,36 ($\tau = 18h$).

b - **Trên sông Thương :** Kết quả dự báo quá trình mực nước tại Cầu Sơn tương đối phù hợp với thực đo với sai số dự báo trung bình là 15,2cm ($\tau = 6h$); 9,6cm ($\tau = 12h$) ; 12,8cm ($\tau = 18h$).

Chỉ tiêu chất lượng s/σ đạt: 0,61 ($\tau = 6h$) ; 0,35 ($\tau = 12h$) ; 0,49 ($\tau = 18h$).

Kết quả dự báo đỉnh rất tốt với sai số giữa đỉnh lũ dự báo và thực đo của 3 đợt lũ là 2,7% (12/VIII); 2,0% (16/VIII); 2,6% (20/VIII).

c - **Trên sông Lục Nam:** Kết quả dự báo quá trình mực nước tại Chũ bằng mô hình NAM có sai số trung bình rất lớn. Với thời gian dự kiến $\tau = 6h$ sai số là 71,7 cm; với $\tau = 12h$ là 78 cm ; với $\tau = 18h$ là 93,8 cm. Chỉ tiêu chất lượng s/σ đạt: 1,27 ($\tau = 6h$) ; 1,23 ($\tau = 12h$) ; 1,24 ($\tau = 18h$).

Kết quả dự báo các ngày 20, 21, 22, 23/VIII có sai số rất lớn, thiên thấp nhiều so với thực đo. Những ngày này mưa không lớn, $X_{TBLV} = 50$ mm nhưng sông Lục Nam lại chịu ảnh hưởng mạnh của lũ sông Hồng nên mực nước thực đo cao hơn tính toán rất nhiều.

Kết quả dự báo đỉnh tương đối tốt. Sai số giữa đỉnh dự báo và thực đo của đợt 15/VIII là 0%; của đợt 23/VIII là 22%. Đợt 23/ VIII lũ sông Lục Nam chịu ảnh hưởng của lũ sông Hồng rất nhiều và đỉnh lũ tại Chũ $821 \text{ m}^3/\text{s}$ ở mức rất nhỏ.

III. KẾT LUẬN

- Mô hình NAM là mô hình có cấu trúc tương đối đơn giản và ít thông số, dễ sử dụng. Các thông số của mô hình đã được tối ưu, trung bình hóa cho từng lưu vực sông Cầu, sông Thương, sông Lục Nam. Trong quá trình ứng dụng mô hình vào dự báo tác nghiệp, chỉ cần hiệu chỉnh 3 thông số sau: hệ số dòng chảy mặt CQOF, giá trị ngưỡng của dòng chảy sát mặt CLIF, thông số thời gian tập trung nước CK1 và điều kiện ban đầu : cường suất dòng chảy ngầm BFU, BFU1, BFL, BFL1. Những thông số này biến đổi theo thời gian, rất nhạy và thay đổi theo từng trận lũ, ảnh hưởng rất nhiều đến kết quả tính toán.

- Mô hình chú trọng đến thành phần dòng chảy mặt nên rất phù hợp với các lưu vực sông nhỏ, dễ xảy ra mưa lũ và có thành phần lũ chủ yếu là nước mặt như các lưu vực sông Cầu, sông Thương, sông Lục Nam.

- Các kết quả tính toán mô phỏng và các chỉ tiêu chất lượng đều cho phép ứng dụng mô hình NAM để dự báo quá trình mực nước tại các vị trí thượng lưu: tại Thái Nguyên (sông Cầu), Cầu Sơn (sông Thương) và Chũ (sông Lục Nam).

- Qua kết quả thử nghiệm trong mùa lũ 1996, sơ bộ thấy rằng:

+ Các thông số tìm được của mô hình tương đối ổn định đối với từng lưu vực, từng loại trận lũ.

+ Mô hình cho kết quả dự báo rất tốt và đạt yêu cầu đối với các trận lũ ở mức trung bình, lớn, rất lớn có $Q_{max} > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ và $X_{TBLV} > 100 \text{ mm}$.

+ Rất tiếc, trận lũ lớn nhất năm 1996 xảy ra tại Chũ trên sông Lục Nam ở mức nhỏ với $Q < 1000 \text{ m}^3/\text{s}$, có nguồn sinh lũ chủ yếu do sông Hồng vật sang nên mô hình NAM cho kết quả dự báo không đạt yêu cầu.

- Để dự báo quá trình lũ tại Thái Nguyên, Cầu Sơn, Chũ với thời gian dự kiến 18h, yêu cầu sử dụng lượng mưa dự báo trong 12h giờ tới kết hợp sơ đồ phân loại mưa trận.