THƯ VIỆN
TRUNG TÂM KHÍ TƯỢNG THUỶ VĂN QUỐC GIA

MÔ HÌNH DỰ BÁO LŨ SÔNG NGÒI THIA

TS. **Nguyễn Kiên Dũng**, TS. **Nguyễn Viết Thi**, ThS. **Hà Trọng Ngọc**
Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi dưỡng nghiệp vụ KTTV&MT

Quy chế báo áp thấp nhiệt đới, bão, lũ ban hành kèm theo Quyết định số 17/2011/QĐ-TTg ngày 14/3/2011 của Thủ tướng Chính phủ qui định Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương chịu trách nhiệm thông báo lũ cho 22 sông chính trên toàn quốc trong khi nhu cầu dự báo lũ cho các lưu vực sông vừa và nhỏ phục vụ phòng chống thiên tai của các địa phương ngày càng nhiều.

Bài báo này giới thiệu việc ứng dụng mô hình TANK quen thuộc và đơn giản bổ sung thêm phần hồi quy và phương pháp xử lý sai số tức thời dự báo lũ cho lưu vực sông Ngòi Thia, một lưu vực vừa thuộc tỉnh Yên Bái để các Trung tâm khí tượng thủy văn địa phương và độc giả tham khảo.

1. Mô hình dự báo

Mô hình TANK+MUSKINGUM được viết trong Macro Excel 2007. Năm 2008, Tổ chức Khí tượng Thế giới (WMO) đã tổ chức các khóa đào tạo và chuyển giao cho các nước trong đó có Việt Nam. Mô hình này được bổ sung thêm phần hồi quy để tính đến lượng trữ nước trong sông và phương pháp xử lý sai số tức thời phục vụ dự báo lũ cho các lưu vực sông vừa và nhỏ khá hiệu quả. Các hệ thức của mô hình gồm:

• Tính toán lượng mưa trên lưu vực

Lượng mưa bình quân lưu vực trong mô hình được tính như sau:

$$X_{bq} = \sum_{1}^{n} W_{id} * X_{id} \quad (1)$$

Trong đó:

Wid: trọng số của lưu vực bộ phận

Xid: Lượng mưa của trạm tương ứng

• Tính toán lượng bốc hơi thực tế của lưu vực

Bốc hơi là đại lượng tương đối ổn định trên lưu vực có thể tính từ tài liệu thực đo của các trạm khí tượng khí hậu.

$$Ea = \alpha \quad Ep \quad (2)$$

Trong đó: α = lượng bốc hơi thực tế, Ep = khả năng bốc hơi, = hệ số chuyển đổi phụ thuộc vào lượng trữ ẩm trong đất.

Các thông số chính của mô hình TANK gồm:

• K1, K2, K3, K4, K5: Các hệ số cửa ra thành bên và đáy là các thông số không có thứ nguyên nhận giá trị nhỏ hơn 1.

• Mb: Hệ số bể 1

• X1: Độ cao cửa ra thành bên bể 1.

• X2: Độ cao cửa ra thành bên bể 2.

• TS1, TS2, TS3, TS4: Lượng ẩm trong các bể 1, 2, 3, 4 và được tính theo công thức sau:

$$TSI(t) = TSI(t-6h) + [QBJ(t) - QBJra(t)]*6*3600 \text{ (mm)} \quad (3)$$

Trong đó: TSI(t) và TSI(t-6h) là lượng ẩm kỳ trước tại thời điểm t và t-6h (tính cho thời đoạn 6h), I = 1, 2, 3 và 4; QBJ(t) và QBJra(t) là lưu lượng dòng chảy từ mưa và lưu lượng ra khỏi lưu vực bộ phận BJ tại thời điểm t, J = 1, 2, ... là số thứ tự các lưu vực bộ phận. 6*3600 là số giây (s) trong 6 giờ (h).

• EV, EV1: Lượng bốc hơi lưu vực và bốc hơi mặt nước.

Mô hình TANK cho phép tính được dòng chảy từ mưa. Để tính được ảnh hưởng của lượng trữ nước trong sông, đã sử dụng lưu lượng dòng của trạm Ngòi Thia tại thời điểm ra bản tin dự báo làm chỉ tiêu cho lượng trữ nước trong sông. Tổng hợp dòng chảy tại trạm Ngòi Thia sẽ được thực hiện bằng mô hình hồi quy tuyến tính có dạng sau:

$$Q^{NT}_{t-6h} = A_0 - A_1 Q^{NT}_{t} + A_2 Q^{}_{t-6h}$$

Q^{NT}_{t+6h} (4)

Q^{NT}_{t}

$Q^{'}_{t+6h}$

Trong đó: là lưu lượng dự báo của trạm Ngòi Thia tại thời điểm t+6h; là lưu lượng thực đo của trạm Ngòi Thia tại thời điểm t; là lưu lượng tính từ mưa bằng mô hình TANK tại thời điểm t+6h; A0, A1 và A2 là hệ số hồi quy.

$SQ^{NT}_{t-6h} = B.SQ^{NT}_{t}$

Sai số dự lSQ^{NT}_{t}ượSQ^{NT}_{t-6h} hật bằng mô hình tự hồi quy AR(p) với p=1:

(5)

Trong đó: và là sai số dự báo lưu lượng của trạm Ngòi Thia tại thời điểm t và t+6h; B là hệ số tự hồi quy.

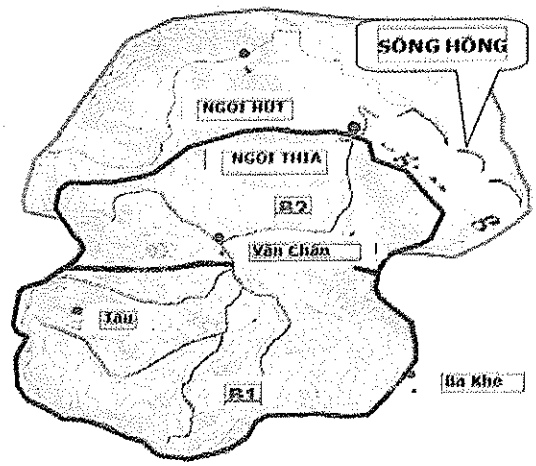
2. Tính toán mô phỏng cho lưu vực Ngòi Thia

a. Đặc điểm tự nhiên

Ngòi Thia là phụ lưu cấp I của sông Hồng; bắt nguồn từ vùng núi cao Phu Luông (2.953m), chảy theo hướng tây nam - đông bắc, nhập vào bờ phải sông Hồng tại Quảng Mặc. Sông có chiều dài 96 km, diện tích lưu vực 1.570 km^2. Độ cao và độ dốc trung bình lưu vực tương ứng là 907 m và 42,1%, mật độ sông suối đạt 1 - 1,34 km/km^2. Tổng lượng nước hàng năm chuyển qua mặt cắt cửa ra khoảng 2 km^3, tương ứng với lưu lượng bình quân 63,1 m^3/s và môđun dòng chảy năm 40,1 l/s.km^2. Mùa lũ từ tháng 6 đến tháng 10, chiếm 76% lượng dòng chảy cả năm. Cường suất lũ lớn nhất tới 930 m^3/giờ, biên độ mực nước lớn nhất tới 9,6m và môđun dòng chảy lũ cực đại thuộc loại lớn, lên đến 281 l/s.km^2.

Lưu vực Ngòi Thia trước đây có trạm thuỷ văn Bản Điệp (Văn Chấn - Nghĩa Lộ), nhưng từ năm 1976 đã giải thể, hơn nữa dãy số liệu quan trắc ngắn (khoảng 11 năm). Trạm thuỷ văn Ngòi Thia thuộc xã Đại Phác, huyện Văn Yên hiện là trạm cấp III, dự kiến nâng lên trạm cấp II được chọn làm vị trí dự báo cho Ngòi Thia.

Để xây dựng mô hình dự báo, lưu vực Ngòi Thia được chia thành hai lưu vực bộ phận là: B1 có diện tích 880 km^2 với 02 trạm đo mưa Tấu, Văn Chấn và 01 trạm đo mưa Ba Khe ngoài lưu vực liền kề; B2 có



Hình 1. Phân chia lưu vực Ngòi Thia

diện tích 640 km^2 với 02 trạm đo mưa Văn Chấn, Ngòi Thia và 01 trạm đo mưa Ngòi Hút ngoài lưu vực liền kề (Hình 1).

b. Tối ưu bộ thông số mô hình

Để xác định thông số của mô hình TANK tính cho trạm Ngòi Thia đã sử dụng bộ số liệu lũ (từ 1/VI đến 15/X) các năm 2003-2008. Bộ số liệu này được chia làm 02 phần: Phần 1 gồm 04 mùa lũ các năm 2003-2006, được sử dụng để mô phỏng, điều chỉnh, xác định bộ thông số tối ưu của mô hình; Phần 2 gồm 02 mùa lũ các năm 2007 và 2008, được sử dụng để kiểm định bộ thông số của mô hình.

• Cơ sở dữ liệu phục vụ cho tính toán mô phỏng gồm:

- Lượng mưa (mm) thời đoạn 6h của 05 trạm đo mưa trên lưu vực sông là Tấu, Văn Chấn, Ba Khe, Ngòi Thia và Ngòi Hút;

- Lượng bốc hơi trung bình lưu vực (mm) lấy tại trạm Yên Bái;

- Lưu lượng nước thời đoạn 6h (m^3/s) tại trạm thủy văn Ngòi Thia;

- Đường quan hệ Q = f(H) mùa lũ năm gần nhất (2008);

- Diện tích lưu vực tính đến trạm Văn Chấn và Ngòi Thia (km^2).

• Chỉ tiêu đánh giá chất lượng mô phỏng và dự báo:

Chỉ tiêu đánh giá chất lượng mô phỏng của mô hình được sử dụng gồm:

- Độ lệch tương đối tổng lượng dòng chảy toàn mùa lũ giữa mô phỏng và thực đo ΔW (%);

- Độ lệch tương đối lưu lượng đỉnh lũ (ΔQ (m^3/s) và độ lệch mô phỏng mực nước đỉnh lũ ΔH (cm);

- Tỷ số độ lệch quân phương sai số mô phỏng chuỗi quá trình mùa lũ (S) và độ lệch quân phương chuỗi quá trình mùa lũ thực đo (σ);

- Hệ số tương quan giữa tính toán và thực đo (R);

- Mức đảm bảo dự báo tính theo sai số cho phép trong dự báo tác nghiệp Q và H tại trạm Ngòi Thia của Trung tâm KTTV Yên Bái.

• Xác định và hiệu chỉnh bộ thông số mô hình:

Để xác đinh bộ thông số của mô hình TANK, Hồi Quy và Tự hồi quy đã sử dụng kết hợp 2 phương pháp tối ưu tự động và phương pháp thử sai.

Bảng 1. Tỷ trọng đóng góp mưa Thái Sơn

Lưu vực bộ phận	Tấu	Văn Chấn	Ba Khe	Ngòi Thia	Ngòi Hút	Tổng	F (km^2)
B1	0.40	0.35	0.15	0.10	0.00	1.00	880
B2	0.10	0.35	0.00	0.35	0.20	1.00	640

Bảng 2. Tham số mô hình

Tham số / Lưu vực	Ev	Ev1	K1	K2	K3	K4	K5	Mb	X1	X2	Δt
B1	0.30	0.10	0.08	0.06	0.03	0.80	0.06	1.30	20	5	6
B2	0.30	0.10	0.08	0.06	0.03	0.60	0.06	1.30	20	5	6

b) Tham số điều tiết lưu vực bộ phận

Lưu vực bộ phận B1	K_{B1}	0,80
	M_{B1}	0,85
Lưu vực bộ phận B2	K_{B2}	0,90
	M_{B2}	0,90

c) Phương trình hồi quy và các hệ số hồi quy

$$Q^{NT}_{t-\delta h} = 0.6.Q^{NT}_{t} + 0.2.Q^{}_{t-\delta h} - 20$$

A1	0,60
A2	0,20
Ao	-20

d) Mô hình tự hồi quy và hệ số cập nhật điều chỉnh sai số dự báo

$$SQ^{NT}_{t-\delta h} = 0.9.SQ^{NT}_{t}$$

B	0,9

Bảng 3. Kết quả mô phỏng mùa lũ trạm Ngòi Thia 2003-2006

Mùa lũ năm	Độ dài chuỗi (ốp đo)	ΔW (%)	ΔQmax (%)	ΔHmax (cm)	S/σ	R	ΔQ% (S_{cf}=15%Q_{td})	ΔH% (S_{cf} = 15cm)
2003	546	-1,4	-26,5	-36	0,52	0,85	81,7	90,0
2004	546	-1,7	-4,9	-8	0,34	0,94	87,4	90,7
2005	546	0,4	-0,4	-9	0,60	0,80	76,4	88,1
2006	546	-0,2	25,7	35	0,45	0,89	81,0	86,4

• Kết quả mô phỏng xây dựng bộ thông số tối ưu:

a. Bộ thông số của mô hình TANK:

Số liệu thống kê trong bảng 3 cho thấy, với 4 mùa lũ sai số mô phỏng của bộ mô hình TANK+HỒI QUI+AR(1) đạt yêu cầu. Sai số tổng lượng mùa lũ nhỏ hơn 2%; sai số đỉnh lũ phần lớn nhỏ hơn 15%, chỉ có những trận lũ đặc biệt phức tạp năm 2003 là có sai số khá lớn ở mức 25-27%; sai số mực nước đỉnh lũ không lớn hơn 36 cm, có thể chấp nhận được. Đường quá trình lũ (Q và H) tính toán và thực đo khá phù hợp nhau (Hình 2 và Hình 3), tuy nhiên cũng cần lưu ý là đỉnh lũ dự báo có xu hướng chậm hơn thực tế một thời đoạn 6h.

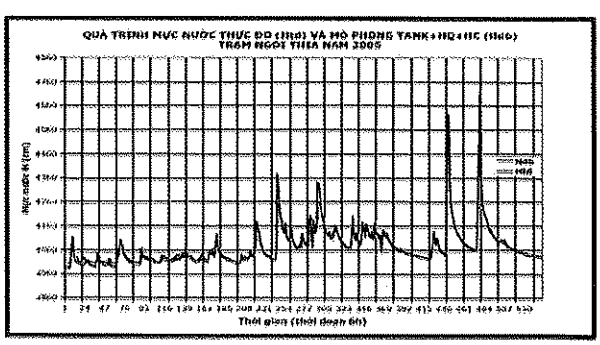
Tỷ số S/σ đều nhỏ hơn 0,6 và tương ứng với hệ số tương quan giữa tính toán và thực đo đều khá lớn trên 0,80. Theo tiêu chuẩn quy định trong Quy phạm dự báo lũ thì kết quả này ở mức đạt và khá, có thể đưa vào thử nghiệm trong dự báo. Mức đảm bảo dự báo với sai số cho phép dự báo lưu lượng là 15% Qtđ và sai số mực nước là 15 cm cũng khá cao trên 80% (trừ dự báo lưu lượng mùa lũ năm 2005 đạt 76,4%).

Bộ thông số tối ưu nhận được trên đã được kiểm định trên số liệu thực đo 2 mùa lũ 2007 và 2008. Kết quả kiểm định đánh giá theo các chỉ tiêu quy định thống kê trong bảng 4 cho thấy: Chất lượng mô phỏng rất tốt, các chỉ tiêu sai số tổng lượng mùa lũ,

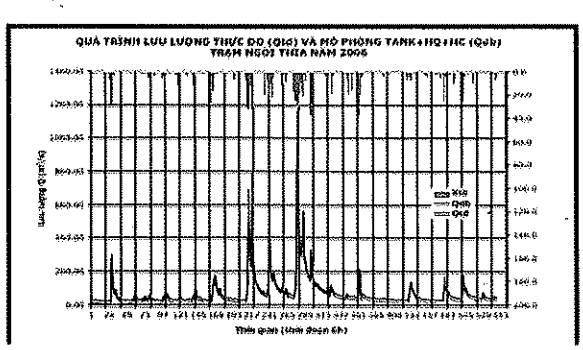
Bảng 4. Kết quả mô phỏng mùa lũ trạm Ngòi Thia 2007-2008

Mùa lũ năm	Độ dài chuỗi (ốp đo)	ΔW (%)	ΔQmax (%)	ΔHmax (cm)	S/σ	R	ΔQ% (S_{cf}=15%Q_{td})	ΔH% (S_{cf} = 15cm)
2007	546	-0,6	-0,7	-3	0,45	0,89	85,2	88,6
2008	546	0,6	-24,9	-45	0,37	0,93	82,8	88,3

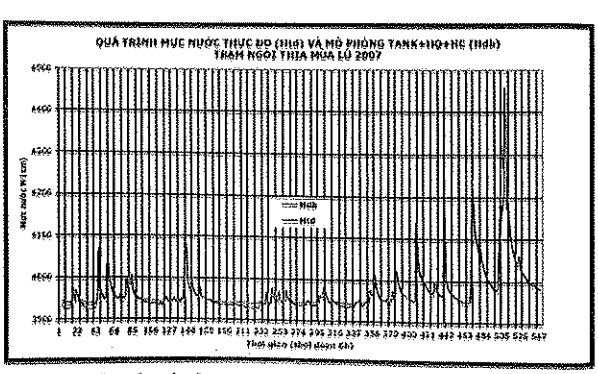
Đường quá trình lưu lượng và mực nước tính toán phù hợp tốt với thực đo Kết quả dự báo cho mùa lũ năm 2007, 2008 được đưa ra trong hình 5 và hình 6.



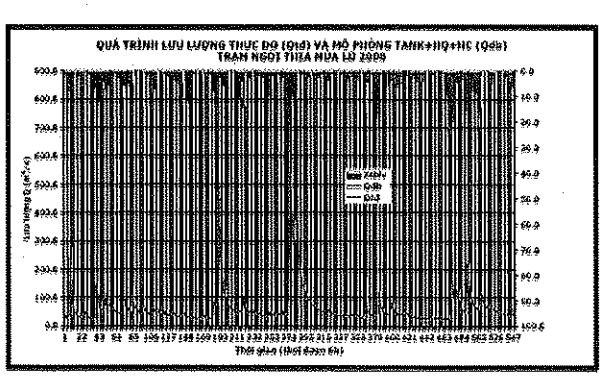
Hình 2. Quá trình mực nước dự báo và thực đo trạm Ngòi Thia 2005



Hình 3. Quá trình lưu lượng dự báo và thực đo trạm Ngòi Thia 2006



Hình 4. Quá trình mực nước dự báo và thực đo trạm Ngòi Thia mùa lũ 2007



Hình 5. Quá trình lưu lượng dự báo và thực đo trạm Ngòi Thia mùa lũ 2008

S/σ, đều thấp; hệ số tương quan giữa tính toán và thực đo, mực đảm bảo dự báo Q và H đều đạt trên 82%.

• Kết quả dự báo thử nghiệm tác nghiệp mùa lũ năm 2009:

Bộ mô hình đã được đưa vào dự báo tác nghiệp quá trình dòng chảy trong mùa lũ năm 2009.

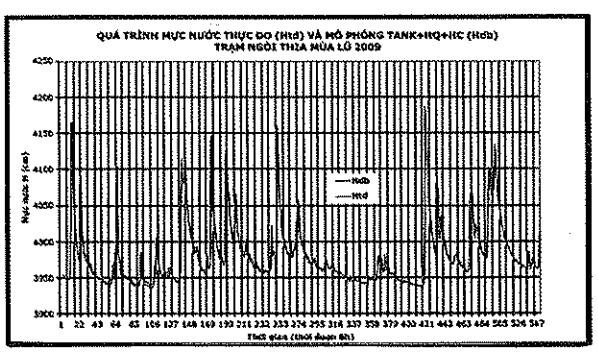
Đầu tháng 5/2009, Trung tâm Ứng dụng công nghệ và Bồi dưỡng nghiệp vụ khí tượng thủy văn và môi trường đã phối hợp với Trung tâm KTTV tỉnh Yên Bái để chuyển giao công nghệ dự báo TANK+HỒI QUI+AR(p).

Công nghệ được Trung tâm KTTV tỉnh Yên Bái tập huấn với số liệu thực đo tháng 5/2009 và đưa vào dự báo tác nghiệp từ 01/6/2009 và thực hiện hàng ngày đến 31/10/2009.

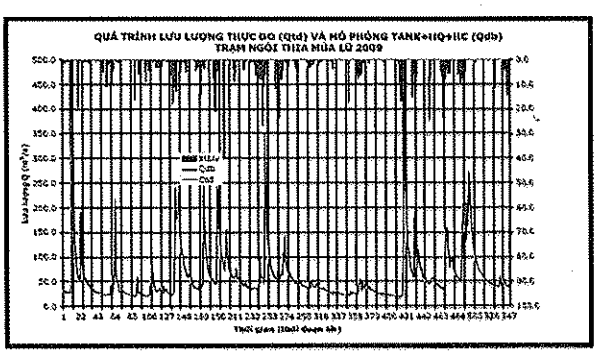
Cả mùa lũ từ 01/6 - 31/10/2009 đã phát 610 trị số dự báo với chất lượng dự báo được đánh giá qua

Bảng 5. Kết quả dự báo tác nghiệp mùa lũ trạm Ngòi Thia năm 2009

Mùa lũ năm	Độ dài chuỗi (ốp đo)	ΔW (%)	ΔQmax (%)	ΔHmax (cm)	S/σ	R	ΔQ% (S_{cf}=15%Q_{td})	ΔH% (S_{cf} = 15cm)
2009	610	-1,1	9,1	-17	0,57	0,82	82,6	85,1



Hình 6. Quá trình mực nước dự báo và thực đo trạm Ngòi Thia mùa lũ 2009



Hình 7. Quá trình lưu lượng dự báo và thực đo trạm Ngòi Thia mùa lũ 2009

3. Kết luận

Việc ứng dụng mô hình TANK bổ sung thêm phần hồi quy và phương pháp xử lý sai số tức thời dự báo lũ cho lưu vực sông Ngòi Thia, tỉnh Yên Bái cho kết quả khá tốt. Mô hình đơn giản, không đòi hỏi nhiều số liệu, dễ sử dụng, thích hợp đối với dự báo lũ cho các lưu vực vừa và nhỏ.

Tài liệu tham khảo

1. Lê Văn Nghinh, Bùi Công Quang, Hoàng Thanh Tùng (2006), Mô hình thủy văn, Giáo trình cao học thủy văn, Đại học Thủy lợi.

2. Nguyễn Văn Tuấn, Đoàn Quyết Trung, Bùi Văn Đức (2001), Dự báo thủy văn, Đại học Quốc gia Hà Nội.

3. Nguyễn Đình Khôi, Hoàng Niêm (1991), Dòng chảy lũ sông ngòi Việt Nam, Viện Khoa học Khí tượng thủy văn và môi trường.

4. Trần Thanh Xuân (2007), Đặc điểm thủy văn và nguyền nước sông Việt Nam, NXB Nông Nghiệp.

5. Đặng Văn Bảng, Giáo trình dự báo thủy văn, Đại học Thủy lợi.