

# Kinh nghiệm áp dụng mô hình thủy văn, thủy lực trong dự báo thủy văn

Lương Tuấn Anh<sup>\*,1</sup>, Nguyễn Thanh Sơn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Nghiên cứu thủy văn và Tài nguyên nước,  
Viện KHKTTV và BDKH, 62 Nguyễn Chí Thanh, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam  
<sup>2</sup>Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN,  
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 08 tháng 12 năm 2014

Chỉnh sửa ngày 17 tháng 12 năm 2014; chấp nhận đăng ngày 05 tháng 01 năm 2015

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày một số kinh nghiệm áp dụng mô hình thủy văn, thủy lực trong dự báo thủy văn. Kinh nghiệm xử lý số liệu đầu vào - đầu ra của các mô hình trong quá trình xác định và kiểm định mô hình dựa trên bản chất phản ứng có tính trễ của hệ thống thủy văn với đầu vào.

**Từ khóa:** Kinh nghiệm, tính trễ, hệ thống thủy văn.

## 1. Mở đầu

- Hiện nay ở nước ta các mô hình thủy văn (mô hình mưa- dòng chảy như mô hình NAM, mô hình HEC-HMS ...; mô hình truyền lũ trong sông Muskingum) và các mô hình thủy lực FLWAV, Mike-11, HEC-RAS có rất nhiều ứng dụng trong các bài toán mô phỏng và tính toán các đặc trưng lũ lụt. Tuy nhiên, ứng dụng trong bài toán dự báo còn hạn chế về số lượng và còn có khó khăn trong cách vận dụng. Do đó, để làm sáng tỏ tính đặc thù của bài toán dự báo so với bài toán mô phỏng, bài báo giới thiệu một số kinh nghiệm áp dụng các mô hình thủy văn, thủy lực trong dự báo, trong đó tập trung vào quá trình xác định và kiểm định thông số mô hình; cập nhật sai số mô hình trong quá trình dự báo. Do quá trình thủy văn có tính trễ so với quá trình khí tượng do bản chất của quá trình chảy tập trung trên lưu vực (công thức căn

nguyên dòng chảy và truyền lũ trong sông) nên bài toán dự báo thủy văn có tính đặc thù. Về mặt nguyên tắc, nếu dự báo được quá trình mưa có thể dự báo được quá trình dòng chảy nhưng không phải trong mọi trường hợp, bài toán dự báo thủy văn đều phải gắn liền với bài toán dự báo khí tượng (dự báo lượng mưa). Hiện nay, dự báo số trị lượng mưa đã có nhiều tiến bộ nhưng nhìn chung độ chính xác còn hạn chế. Trong khi đó, sự phát triển của công nghệ đo đạc khá mạnh: trạm đo mưa, đo dòng chảy tự động, số liệu ra-đa, số liệu đo mưa vệ tinh có thể cung cấp số liệu quan trắc mưa một cách kịp thời và có độ tin cậy nên việc nghiên cứu áp dụng mô hình thủy văn thủy lực để nâng cao hiệu quả và độ chính xác dự báo dòng chảy dựa trên số liệu quan trắc thời gian thực là rất cần thiết.

## 2. Phân loại các trường hợp dự báo

Phân loại dự báo thủy văn ngắn hạn được dựa trên mối liên hệ giữa thời gian dự kiến dự

\* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-917357025  
Email: Lanh@imh.ac.vn

báo  $T_f$ ; thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực  $T_c$ , là thời gian chảy từ điểm xa nhất trên lưu vực đến vị trí dự báo và thời gian chảy truyền trong sông  $T_r$ .

- *Trường hợp 1:* Nếu  $T_f > T_c + T_r$  (Thời gian dự kiến dự báo lớn hơn thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực và chảy truyền trong sông). Trường hợp này đòi hỏi kết quả dự báo lượng mưa.

- *Trường hợp 2:* Nếu  $T_f < T_c + T_r$  và  $T_c \ll T_r$ : Thời gian dự kiến dự báo nhỏ hơn thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực và chảy truyền trong sông và thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực là không đáng kể so với thời gian chảy truyền trong sông. Khi đó, dự báo dòng chảy có thể dựa trên số liệu dòng chảy quan trắc tại trạm trên, sử dụng mô hình diễn toán dòng chảy trong sông. Trong trường hợp này, số liệu quan trắc dòng chảy tuyến trên phải được truyền đến trung tâm dự báo.

- *Trường hợp 3:* Nếu  $T_f < T_c + T_r$  và  $T_c \ll T_r$ : Thời gian dự kiến dự báo nhỏ hơn thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực và chảy truyền trong sông và thời gian chảy truyền trong sông là không đáng kể so với thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực. Khi đó, dự báo dòng chảy phải dựa trên số liệu quan trắc mưa tại các trạm trên lưu vực và phải được truyền về trung tâm dự báo, sử dụng mô hình mưa- dòng chảy.

- *Trường hợp 4:* Nếu  $T_f < T_c + T_r$  và  $T_c \approx T_r$ : Thời gian dự kiến dự báo nhỏ hơn thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực và chảy truyền trong sông và thời gian chảy truyền trong sông gần tương đương với thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực. Khi đó, dự báo dòng chảy dựa trên số liệu quan trắc mưa và dòng chảy tuyến trên, sử dụng đồng thời mô hình mưa- dòng chảy và mô hình diễn toán dòng chảy.

### 3. Xác định thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực, thời gian truyền lũ

a. Xác định thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực:

Thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực có thể được xác định bằng các phương pháp sau:

- Phân tích số liệu thực đo: là thời gian lệch pha giữa thời điểm xuất hiện đỉnh mưa và thời gian xuất hiện đỉnh lũ.

- Công thức thực nghiệm:

- Công thức Kirpich [4]:  $T_c = 0.078 * L^{0.77} * S^{-0.385}$

- Công thức Bransby Williams [5]:  $T_c = 21.3 * L * A^{-0.1} * S^{-0.2}$

Trong đó:  $T_c$  = Thời gian tính bằng phút;

$L$  = Chiều dài lòng dẫn;

$A$  = Diện tích lưu vực;

$S$  = độ dốc lòng dẫn.

- Tính theo mô hình mưa-dòng chảy [1]:

Chọn chuỗi số liệu mưa và chuỗi số liệu dòng chảy có độ lệch pha khác nhau, xác định mức độ mô phỏng của mô hình, thời gian tập trung dòng chảy là thời gian trễ làm mô hình có độ mô phỏng tốt nhất ( $T_c = 6h$ ) và khi thời gian trễ lớn hơn thời gian tập trung dòng chảy hiệu quả mô hình giảm nhanh ( bảng 1).

Bảng 1: Thời gian tập trung dòng chảy sông Trà Khúc, trạm Sơn Giang, lũ 1999

| $T_c$<br>(giờ) | 0    | 3h   | <b>6h</b>   | 9h   | 12h  |
|----------------|------|------|-------------|------|------|
| F(%)           | 84.1 | 88.5 | <b>89.2</b> | 68.3 | 47.6 |

b. Xác định thời gian truyền lũ:

- Phân tích số liệu thực đo: theo phương pháp lưu lượng, mực nước tương ứng giữa trạm thủy văn tuyến trên và tuyến dưới.

- Công thức thực nghiệm:  $T_r = L / V_q$

Trong đó:  $T_r$  = Thời gian truyền lũ;

$L$  = Khoảng cách giữa hai trạm đo;

$V_q$  = Vận tốc truyền lũ trung bình đoạn sông, tính theo các công thức thực nghiệm [2]:

$$V_q = 0.6 \div 0.7 V_m$$

$$V_q = m S^{1/3} Q_m^{1/4}$$

Trong đó:

$V_m$ : Tốc độ dòng chảy trung bình lớn nhất;

$M$ : Thông số tập trung nước xác định theo bảng;

$Q_m$ : Lưu lượng lớn nhất.

#### 4. Xác định và kiểm định thông số mô hình

a. Mô hình mưa - dòng chảy:

Mô hình mưa - dòng chảy, áp dụng trong dự báo thủy văn với thời gian dự kiến dự báo bằng thời gian tập trung dòng chảy lưu vực  $T_c$ , dưới dạng tổng quát như sau [3]:

$$Q(t+T_c) = M(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n, X(t)) \quad (1)$$

-  $Q_{t+T_c}$  là lưu lượng dự báo tại thời điểm  $t+T_c$ ;

-  $X(t)$  là lượng mưa quan trắc trên lưu vực tại thời điểm dự báo  $t$ .

Việc xác định và kiểm định các thông số của mô hình (1) là hết sức quan trọng đối với việc áp dụng mô hình mưa-dòng chảy trong công tác dự báo. Đối với bài toán mô phỏng, các chuỗi số liệu sử dụng để xác định và kiểm định là các chuỗi số liệu đo cùng thời gian nhưng đối với bài toán dự báo, chuỗi số liệu để xác định và kiểm định thông số là chuỗi số liệu dòng chảy và chuỗi số liệu đo mưa có độ lệch pha một khoảng thời gian bằng thời gian dự kiến dự báo cho từng trận mưa-lũ. Với bất kỳ mô hình mưa-dòng chảy nào, thời gian trễ của mưa và dòng chảy đều được tính đến [3] (dưới dạng ẩn hoặc hiện thông qua diễn toán dòng chảy hoặc thông qua quá trình trữ-tháo). Nếu các thông số của mô hình được xác định và kiểm định (chuỗi số liệu độc lập) như vậy, dễ dàng chứng minh được nếu đầu vào là mưa tại thời điểm  $t$ , mô hình sẽ cho ra dòng chảy tại thời điểm  $t+T_c$ .

b. Mô hình diễn toán dòng chảy:

- Diễn toán thủy văn:

Mô hình diễn toán thủy văn thông dụng là mô hình Muskingum:

$$Q_{j+1} = C_1 I_{j+1} + C_2 I_j + C_3 Q_j$$

Áp dụng cho đoạn sông có tính đến thời gian truyền lũ trạm trên xuống trạm dưới trên cơ sở giả thiết lưu lượng tuyến trên biến đổi tuyến tính trong thời gian  $t+T_r$

$$Q_d(t+T_r) = c_1 I(t) + c_2 I(t-T_r) + c_3 Q_d(t)$$

Dưới dạng tổng quát, mô hình diễn toán thủy văn có tính đến thời gian truyền lũ đoạn sông có dạng:

$$Q_d(t+T_r) = M(C_1, C_2, C_3, I(t), I(t-T_r), Q_d(t)) \quad (2)$$

Trong đó:

-  $Q_d(t+T_r)$  là lưu lượng tuyến dưới tại thời điểm  $t+T_r$ ;

-  $C_1, C_2, C_3$  là các thông số diễn toán;

-  $I(t)$  là lưu lượng tuyến trên tại thời điểm  $t$ ;

-  $I(t-T_r)$  là lưu lượng tuyến trên tại thời điểm  $t-T_r$ ;

-  $Q_d$  là lưu lượng tuyến dưới tại thời điểm  $t$ .

Việc xác định và kiểm định thông số của mô hình (2) nằm ở chỗ chọn chuỗi số liệu đầu vào và đầu ra của mô hình (2) có độ trễ thời gian  $T_r$

- Diễn toán thủy lực:

Tương tự đối với diễn toán thủy văn, mô hình diễn toán thủy có tính đến thời gian truyền lũ đoạn sông có dạng tổng quát sau:

$$Q(t+T_r) = M(n_1, n_2, n_3, \dots, n_n, Q_{bt}(t), Z_{bd}(t)) \quad (3)$$

Trong đó:

-  $Q(t+T_r)$  là lưu lượng tại tuyến dự báo với thời điểm  $t+T_r$ ;

-  $n_1, n_2, \dots, n_n$  là hệ số nhám tại các mặt cắt của đoạn sông;

-  $Q_{bt}(t)$  là lưu lượng biên trên tại thời điểm  $t$ ;

-  $Z_{bd}(t)$  là mực nước tại tuyến biên dưới tại thời điểm  $t$ .

Việc xác định và kiểm định thông số nhám của mô hình (3) sao cho với biên trên là lưu lượng tại thời điểm  $t$  và lưu lượng tại tuyến

kiểm tra  $Q(t+T_r)$  có sự phù hợp tốt nhất giữa dự báo và thực đo sẽ bảo đảm độ tin cậy của kết quả dự báo dòng chảy.

Như vậy, điểm mấu chốt của việc áp dụng mô hình mưa-dòng chảy và mô hình toán thủy văn, thủy lực trong công tác dự báo là việc lựa chọn đúng đắn thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực và thời gian truyền dòng chảy trong sông và chọn chuỗi số liệu đầu vào, đầu ra hợp lý trong quá trình xác định và kiểm định các thông số của mô hình. Nếu các thời gian  $T_c$  và  $T_r$  được lựa chọn đúng các mô hình (1), (2) và (3) có tính đến thời gian trễ của quá trình thủy văn, hiệu quả dự báo của mô hình sẽ đạt mức tốt nhất.

## 5. Cập nhật sai số dự báo

Đối với công tác dự báo, quá trình cập nhật sai số: rút kinh nghiệm từ các lần sai số dự báo trước, trong nhiều trường hợp sẽ giúp cải thiện đáng kể kết quả dự báo:

Quá trình cập nhật sai số như sau:

$$Q(t+T_f) = M(P(t), C) + e_f(t) \quad (4)$$

Trong đó:

$Q(t+T_f)$  đầu ra của mô hình dự báo;

$P(t)$ : đầu vào của mô hình dự báo;

$E_f(t)$ : sai số dự báo, được xác định theo các sai số dự báo trước đó bằng mô hình tự tương quan sai số:

$$e_f(t) = c_1 e_f(t-1) + c_2 e_f(t-2) + c_3 e_f(t-3) + \dots + c_n e_f(t-n) \quad (5)$$

Quá trình cập nhật sai số, giúp cho việc khắc phục được sai số hệ thống, sai số tích lũy, cải thiện hiệu quả dự báo.

## 6. Các bước áp dụng mô hình toán thủy văn trong dự báo

*Bước 1:* Tính thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực  $T_c$  và thời gian truyền lũ  $T_r$  đến trạm thủy văn cần dự báo;

*Bước 2:* Nếu thời gian dự kiến dự báo yêu cầu lớn hơn thời gian tập trung và thời gian truyền lũ, phải sử dụng số liệu mưa dự báo; Nếu thời gian dự kiến nhỏ hơn hoặc bằng thời gian tập trung dòng chảy và thời gian truyền lũ, có thể sử dụng đồng thời mô hình mưa-dòng chảy và mô hình truyền lũ trong sông để dự báo dự vào số liệu mưa quan trắc trên lưu vực;

*Bước 3:* Xác định thông số, kiểm định thông số của mô hình mưa-dòng chảy (1) dựa trên cơ sở chuỗi số liệu quan trắc tại các trạm đo mưa có điện báo hoặc số liệu đo và truyền tin tự động có tính đến thời gian dự kiến dự báo giữa mưa và dòng chảy; đồng thời xác định thông số của mô hình thủy văn, thủy lực (2) hoặc (3), sử dụng kết quả dự báo từ mô hình mưa - dòng chảy và số liệu quan trắc dòng chảy tại trạm thủy văn phát báo có tính đến thời gian chảy truyền trong hệ thống sông.

*Bước 4:* Dự báo dòng chảy tại tuyến cần dự báo.

*Bước 5:* Cập nhật sai số dự báo theo mô hình (5).

Việc kết hợp đồng thời mô hình mưa-dòng chảy và mô hình truyền lũ trong sông để dự báo dựa trên cơ sở số liệu quan trắc tại thời điểm dự báo và quy trình cập nhật sai số dự báo trong nhiều trường hợp giúp cho việc kéo dài thời gian dự kiến dự báo và nâng cao hiệu quả của công tác dự báo, tránh được các trường hợp dự báo có sai số lớn khi sử dụng số liệu dự báo mưa có độ chính xác không cao.

## 7. Kết luận và kiến nghị

Bài báo đã trình bày một số kinh nghiệm nghiên cứu áp dụng mô hình thủy văn, thủy lực trong dự báo thủy văn. Cơ sở khoa học của phương pháp là bản chất của quá trình thủy văn có tính trễ so với các quá trình khí tượng. Tính trễ của quá trình tập trung dòng chảy trên lưu

vực và tính trễ trong quá trình truyền dòng chảy từ trạm trên xuống các trạm dưới hạ du. Vận dụng điều này trong xác định, kiểm định thông số mô hình là việc lựa chọn các chuỗi số liệu đầu vào - ra của mô hình có độ lệch pha tương ứng với điều kiện tự nhiên của từng lưu vực sông và từng đoạn sông kết hợp với quy trình cập nhật sai số dự báo giúp cho việc nâng cao độ tin cậy dự báo, giảm độ bất định trong quá trình dự báo lượng mưa, phục vụ nâng cao độ chính xác và kéo dài thời gian dự kiến dự báo. Quy trình dự báo sử dụng số liệu quan trắc đã được trình bày thích hợp với các sông vừa và nhỏ ở miền Trung phục vụ dự báo dòng chảy đến các hồ chứa, dự báo, cảnh báo lũ và ngập lụt hạ du.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Lương Tuấn Anh, Đặng Thu Hiền, Nghiên cứu nâng cao độ chính xác và kéo dài thời gian dự kiến dự báo lũ sông Trà Khúc - sông Vệ. Tuyển tập báo cáo Hội thảo, Đề tài độc lập cấp nhà nước Điều tra, nghiên cứu và cảnh báo lũ lụt phục vụ phòng tránh thiên tai ở các lưu vực sông miền Trung, 2001.
- [2] Nguyễn Thanh Sơn, Tính toán thủy văn, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, 2003.
- [3] Proceedings of the expert group meeting on the improvement of disaster prevention systems based on risk analysis of natural disasters related to typhoon and heavy rainfall. United Nations, 1985.
- [4] Chow, V.T., D.R. Maidment, and L.W. Mays, Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York, 1988.
- [5] D.R. Maidment: Handbook of Hydrology. McGraw-Hill, New York, 1992.

## Some Experiences for Applying Hydrological, Hydraulic Models to Hydrologic Forecasting

Lương Tuấn Anh<sup>1</sup>, Nguyễn Thanh Sơn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change,  
62 Nguyễn Chí Thanh, Đống Đa, Hanoi Vietnam*

<sup>2</sup>*Faculty of Hydrology, Meteorology and Oceanography,  
VNU University of Science, 334 Nguyễn Trãi, Hanoi, Vietnam*

**Abstract:** The article presents some experiences of processing input-output data of hydrological, hydraulic models for calibrating and verification in hydrological forecasting. The experiences are based on the responses with lag-time of hydrologic systems.

**Keywords:** Experience, lag-time, hydrological systems.