

# Khai thác mô hình WetSpa phục vụ dự báo lũ các lưu vực sông quốc tế: Tính bất định số liệu, tham số, cấu trúc mô hình và đề xuất các giải pháp

Nguyễn Tiên Giang\*, Nguyễn Thị Thủy

*Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN*

Ngày nhận 02 tháng 01 năm 2009

**Tóm tắt.** Việc áp dụng các mô hình thủy văn phân phối để khôi phục số liệu dòng chảy, dự báo lũ cho các hệ thống sông quốc tế tại Việt Nam như sông Hồng, Mã, Cả, Đồng Nai, Cửu Long gặp khó khăn do thiếu số liệu ở các vùng thượng lưu thuộc nước bạn. Đồng thời tính bất định về tham số, cấu trúc các mô hình thủy văn phân phối ảnh hưởng rất nhiều đến độ tin cậy của dự báo. Bài báo này giới thiệu cơ sở lý thuyết của một mô hình mưa-dòng chảy phân phối (WetSpa) đang trong quá trình phát triển. Mô hình được khai thác, chạy thử nghiệm cho thượng lưu vực sông Cả và cho thấy: i) Mô hình cần bổ sung thành phần nhập lưu để áp dụng cho các lưu vực sông quốc tế thiếu số liệu; ii) Luận điểm *một mô hình “sai” có thể cho kết quả dự báo “đúng” do tính bất định về số liệu, tham số và cấu trúc mô hình* được khẳng định; iii) Phân tích độ nhạy, độ bất định và ước lượng khoảng dự báo là cần thiết để nâng cao độ tin cậy của mô hình và kết quả dự báo.

*Từ khoá:* WetSpa, sông quốc tế, mô hình thủy văn, dự báo lũ, bất định.

## 1. Giới thiệu

Sự phát triển của các mô hình thủy văn đã và đang mang lại những giá trị to lớn phục vụ con người mà một trong những ứng dụng quan trọng là dự báo lũ [1]. Mô hình mô phỏng thủy văn là mô hình toán dùng để tính một chuỗi giá trị (liên tục) của một biến thủy văn  $Y$ , trong khoảng thời gian  $T$ , từ chuỗi giá trị đồng thời của các biến  $X, Z, \dots$ . Ngược lại mô hình dự báo thủy văn là mô hình toán dùng để tính một chuỗi giá trị của  $Y$  ở với thời khoảng thời gian dự kiến  $\Delta T$  từ chuỗi số liệu của biến  $Y$  và/hoặc các biến  $X, Z, \dots$  trong khoảng thời gian  $T$  ngay trước đó. Một mô hình mô phỏng thủy văn có

thể hoạt động ở “chế độ dự báo” nếu các giá trị của các biến độc lập  $X, Z, \dots$  ở thời gian dự kiến  $\Delta T$  có được từ các dự báo độc lập. Như vậy mô hình mô phỏng, bằng cách mô phỏng chuỗi giá trị của biến phụ thuộc  $\{Y\}_T$  sẽ thực sự đưa ra các giá trị dự báo [2].

Trên thế giới các mô hình thủy văn được phát triển rất nhanh chóng cả về chủng loại và số lượng. Có thể kể đến một số mô hình thủy văn như: đường đơn vị, SSARR, TANK, TOPMODEL, MIKE SHE. Việc xây dựng các mô hình thủy văn phân phối kết hợp với công nghệ GIS là một hướng mới đang được khai thác cho phép các nhà thủy văn phân tích ảnh hưởng của sự biến đổi các yếu tố khí tượng, địa hình, địa chất, mật độ theo không gian và thời gian lên các yếu tố thủy văn. Các mô hình này có thể kết hợp với dữ liệu mưa từ các nguồn

\* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-4-38584943.  
E-mail: nguyentien Giang@yahoo.com

như radar, mô hình dự báo mưa, từ trạm mưa thực đo để dự báo dòng chảy lũ. Một vài mô hình loại này đã được áp dụng trong nghiệp vụ dự báo ở Việt Nam và cho kết quả bước đầu khả quan [3].

Tuy nhiên để các mô hình thủy văn có thể áp dụng trong dự báo nghiệp vụ cần phải mất nhiều công sức tìm được bộ tham số của mô hình, đặc biệt với các mô hình thủy văn phân phối. Hơn nữa, do thiếu sự hiểu biết về lưu vực nghiên cứu và số liệu thực đo nên dẫn đến các trường hợp có nhiều bộ tham số trong mô hình hay nhiều mô hình cùng đưa ra kết quả dự báo có chất lượng như nhau [4,5]. Để chọn được một mô hình cùng bộ thông số có thể dùng trong dự báo tác nghiệp cho một trường hợp cụ thể, các thành phần sau đây cần được xác định, đo đạc và ước lượng [6]: (1) Mô hình: cấu trúc, các tham số, các biến trạng thái, điều kiện ban đầu và điều kiện biên, và (2) Dữ liệu: giá trị đo đạc các biến vào và ra mô hình. Tất cả các thành phần trên đều chứa đựng tính bất định làm ảnh hưởng đến giá trị dự báo. Vì vậy, đánh giá độ bất định cấu trúc, tham số và số liệu đầu vào của mô hình dự báo đóng vai trò rất quan trọng [6,7]. Đồng thời, vai trò của việc lượng hoá các loại bất định trong dự báo, đặc biệt là dự báo lũ ở nước ta hiện nay chưa được xem xét và đánh giá đúng.

Việt Nam có 2360 sông với chiều dài lớn hơn 10 km, trong đó một số con sông lớn bắt nguồn ngoài lãnh thổ nước ta như sông Hồng, Mã, Cà, Đông Nai, Cửu Long. Tất cả các con sông này đều chảy qua các vùng kinh tế xã hội trọng điểm mà ở đó nhu cầu dự báo và quản lý lũ lụt có tầm quan trọng đặc biệt lớn. Tuy nhiên, các nhà thủy văn lại thường gặp phải vấn đề thiếu số liệu ở phần lưu vực thuộc nước bạn. Đặc biệt với các mô hình thủy văn phân phối, số liệu mưa, bốc hơi, giá trị các tham số, điều kiện ban đầu là các dữ liệu cần thiết cho công tác dự báo lại hết sức thiếu. Điều này làm tăng thêm tính bất định về mô hình và dữ liệu đề cập ở trên.

Từ những nhận định trên, bài báo này đi sâu vào phân tích và thảo luận về sự ảnh hưởng của bất định tham số, số liệu đầu vào và cấu trúc mô hình tới kết quả dự báo dòng chảy lũ. Mô hình

thủy văn phân phối WetSpa [8,9] được giới thiệu và áp dụng chạy thử nghiệm cho phần thượng lưu của lưu vực sông Cà (một lưu vực sông quốc tế) nhằm làm ví dụ minh họa. Một số hướng nghiên cứu nhằm khắc phục sự thiếu hụt số liệu và giảm độ bất định dự báo được đề xuất.

## 2. Cơ sở lý thuyết mô hình WetSpa

WetSpa (Water and Energy Transfer between Soil, Plant and Atmosphere) là một mô hình thủy văn phân phối mô tả quy luật vận động của nước trong tự nhiên dùng cho dự báo trao đổi nước và nhiệt giữa đất, thảm phủ thực vật, khí quyển trong phạm vi một vùng, một lưu vực. Mô hình được Wang và nhóm cộng sự phát triển đầu tiên năm 1996 [10]. Quá trình thủy văn được xem xét và mô hình hoá trong các tầng khí quyển, lớp tán lá của thảm phủ, đới rễ cây, tầng chuyển tiếp và tầng bão hoà.

Mưa rơi từ khí quyển trước khi xuống mặt đất bị giữ lại bởi lượng ngưng tụ trên lá cây. Phần mưa còn lại rơi xuống mặt đất được chia thành hai phần phụ thuộc vào thảm phủ, loại đất, độ dốc, cường độ mưa và độ ẩm kì trước của đất. Thành phần đầu tiên làm đầy các vùng trống trên mặt đất và đồng thời chảy tràn trên mặt đất trong khi phần còn lại ngấm vào đất. Phần mưa ngấm đó có thể giữ lại ở đới rễ cây, chảy sát mặt hay thấm sâu hơn xuống tầng nước ngầm, chúng phụ thuộc vào độ ẩm của đất. Nước tích tụ từ một ô lưới bất kì chảy sát mặt phụ thuộc vào lượng trữ nước ngầm và hệ số triết giảm. Thấm từ lớp đất được giả định cung cấp cho lượng nước ngầm. Chảy sát mặt trong đới rễ cây được giả định đóng góp vào dòng chảy tràn và diễn toán ra cửa ra của lưu vực cùng với dòng chảy tràn. Tổng lượng dòng chảy ra từ mỗi ô lưới là tổng lượng dòng chảy tràn, sát mặt và dòng ngầm. Bốc thoát hơi diễn ra từ thực vật qua hệ thống rễ cây ở trong lớp đất và một phần nhỏ từ lượng nước ngầm. Cân bằng nước đối với lượng ngưng tụ gồm có mưa, bốc hơi và dòng chảy. Cân bằng nước cho các vùng

trùng gồm có lượng mưa rơi, thấm, bốc hơi và chảy tràn. Cân bằng nước cho tầng đất gồm ngấm, bốc thoát hơi, thấm và chảy sát mặt. Cân bằng nước cho lượng nước ngấm gồm lượng cung cấp cho nước ngấm, bốc thoát hơi từ tầng sâu và dòng chảy sát dòng ngấm.

Dòng chảy mặt được tính toán dựa vào phương pháp hệ số dòng chảy liên quan đến độ ẩm:

$$S = c_r P_n (\theta / \theta_s) \quad (1)$$

Trong đó,  $S$ : dòng chảy mặt [L/T];  $P_n = P - I$ , mưa vượt thấm [L/T];  $\theta$ : lượng ẩm đất trung bình [L<sup>3</sup>/T<sup>3</sup>];  $\theta_s$ : lượng ẩm bão hòa [L<sup>3</sup>/T<sup>3</sup>], giả định phụ thuộc vào độ dốc, thảm phủ và thổ nhưỡng. Hệ số dòng chảy mặt định lấy từ các nghiên cứu trước đó và một bảng liên quan tới các hệ số dòng chảy và độ dốc, thảm phủ, thổ nhưỡng. Hệ số dòng chảy trong phương trình (1) giả định là một tham số trong mô hình và được mặc định bằng 1 khi trạng thái bão hòa xảy ra và có dòng ngấm.

Lượng bốc thoát hơi thực tế từ đất và thảm phủ được tính toán bởi công thức:

$$ES_i(t) = \begin{cases} c_e E_p \left[ \frac{\theta - \theta_w}{\theta_f - \theta_w} \right] & \text{khi } \theta < \theta_f \\ c_e E_p & \text{khi } \theta \geq \theta_f \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó,  $E_p$ : lượng bốc thoát hơi tiềm năng [L/T];  $c_e$ : hệ số thảm phủ quyết định bởi các loại thảm phủ thay đổi trong năm [L/T];  $\theta_f$  là khả năng trữ ẩm của đất [L<sup>3</sup>/T<sup>3</sup>];  $\theta_w$ : lượng ẩm tại thời điểm thực vật bị héo [L<sup>3</sup>/T<sup>3</sup>].

Thấm được giả định là chảy trực tiếp xuống tầng nước ngấm và giá trị được tính toán dựa trên định luật Darcy:

$$R = K(\theta) = K_s \left( \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^{(2+3B)/B} \quad (3)$$

Trong đó,  $K(\theta)$ : độ dẫn thủy lực chưa bão hòa [L/T];  $\theta_r$ : lượng ẩm dư [L<sup>3</sup>/T<sup>3</sup>];  $B$  là chỉ số phân bố kích thước độ rỗng của ô.

Dòng sát mặt là thành phần quan trọng của cân bằng nước trong đất. Nó là lượng nước thấm xuống lớp đất mặt và di chuyển theo phương ngang đến khi gia nhập vào kênh và được giả định xảy ra sau quá trình ngấm và ngừng khi lượng ẩm của đất thấp hơn khả năng trữ:

$$F = c_f DS_0 K(\theta) / W \quad (4)$$

Trong đó,  $D$ : độ sâu rễ;  $S$ : độ dốc [L/L];  $W$ : độ rộng ô [L];  $c_f$ : hệ số tỉ lệ phụ thuộc vào thảm phủ.

Để diễn toán dòng chảy tràn và dòng chảy trong kênh các tác giả đã dùng phương pháp sóng khuếch tán tuyến tính:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + c(x) \frac{\partial Q}{\partial x} - d(x) \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} = 0 \quad (5)$$

Trong đó,  $Q$ : lưu lượng ở thời điểm  $t$  và vị trí  $x$  [L<sup>3</sup>/T];  $c(x)$ : tốc độ sóng khuếch tán [L/T];  $d(x)$ : hệ số khuếch tán [L<sup>2</sup>/T] được xác định bởi

$$c = \frac{5}{3} v \quad \text{và} \quad d = \frac{vR}{2S}$$

Giải gần đúng phương trình (5) bằng phương pháp giải tích liên quan đến lưu lượng ở cuối đoạn dòng chảy và lưu lượng ở đầu đoạn dòng chảy [9]:

$$U(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi t^3 / t_0^3}} \exp \left[ -\frac{(t_0 - t)^2}{2\sigma_i^2 t / t_0} \right] \quad (6)$$

$$Q(t) = \int_0^t \int_A V(\tau) U(t - \tau) d\tau dA \quad (7)$$

Trong đó:  $U(t)$  là hàm phản ứng đơn vị của đoạn dòng chảy [T<sup>-1</sup>];  $t_0$ : thời gian chảy trung bình đến cửa ra dọc theo hướng dòng chảy [T];  $\sigma$ : độ lệch chuẩn của thời gian chảy [T];  $Q(t)$ : lưu lượng ở tại một điểm hợp lưu bất kỳ hoặc cửa ra [L<sup>3</sup>/T];  $V(t)$ : dòng chảy nhập vào ô [L/T];  $A$ : diện tích phần tiêu nước [L<sup>2</sup>].

Tham số  $t_0$ ,  $\sigma$  là các tham số phân bố theo không gian, và có thể tính được bằng tích phân chập dọc theo địa hình quyết định dòng chảy như là một hàm của tốc độ sóng và hệ số phân

$$\text{tán: } t = \int C^{-1} dx \quad \text{và}$$

$$\sigma = \sqrt{\int (2D/C^2) dt} \approx \sqrt{\int (2D/C^3) dx}$$

Dòng chảy ngầm được diễn toán theo quá trình trữ tuyến tính:

$$Q_g = c_g S_g \quad (8)$$

Trong đó,  $Q_g$ : dòng chảy ngầm ở cửa ra của tiểu lưu vực [ $L^3/T$ ];  $S_g$ : lượng trữ ngầm [L];  $c_g$ : hệ số triết giảm [L/T].

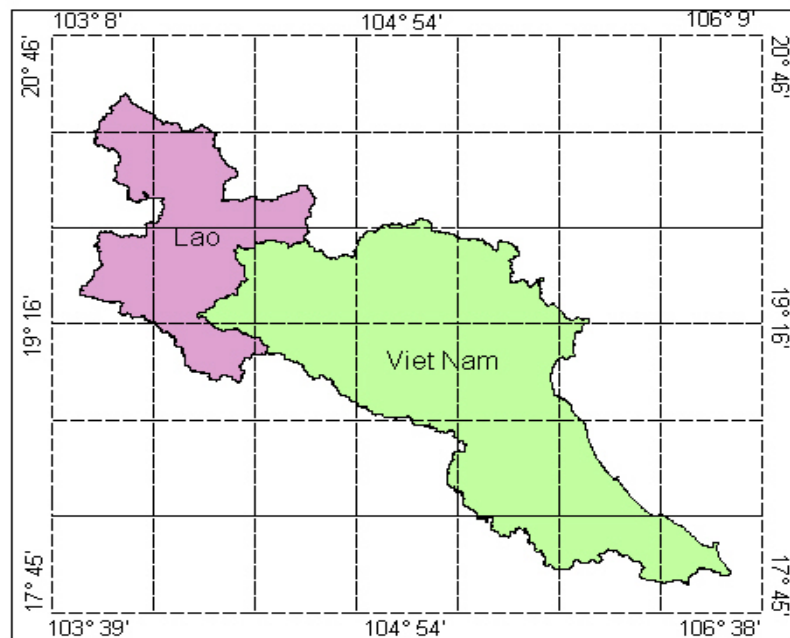
Lưu lượng cửa ra của lưu vực là tổng của dòng chảy mặt, sát mặt và dòng chảy ngầm:

$$Q(t) = Q_s + Q_f + Q_g \quad (9)$$

### 3. Chạy thử nghiệm mô hình WetSpa cho thượng lưu vực sông Cả

#### 3.1. Khái quát lưu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Cả là một lưu vực sông quốc tế thuộc nước Cộng hoà Dân chủ Nhân dân Lào và Việt Nam. Sông bắt nguồn từ vùng Nậm Cắn, Lào. Phần chính của dòng sông chảy qua Nghệ An, phần cuối của sông Lam hợp lưu với sông La từ Hà Tĩnh tạo thành biên giới của hai tỉnh Nghệ An và Hà Tĩnh đổ ra biển tại cửa Hội.



Hình 1. Lưu vực sông Cả gồm cả hai phần thuộc Việt Nam và Lào.

Trên lãnh thổ Việt Nam, nó chảy qua địa phận huyện Nam Đàn, giữa các huyện Hưng Nguyên, thành phố Vinh, Nghi Lộc của tỉnh Nghệ An rồi vào Đức Thọ, Nghi Xuân, thị xã Hồng Lĩnh của tỉnh Hà Tĩnh trước khi đổ ra cửa Hội. Tổng cộng chiều dài của sông khoảng 513 km, phần chảy ở Việt Nam khoảng 361 km. Diện tích lưu vực 27.200 km<sup>2</sup>, phần ở Việt Nam 17.730 km<sup>2</sup>, độ cao trung bình 294 m, độ dốc trung bình 18,3%; mật độ sông suối 0,60

km/km<sup>2</sup>. Từ biên giới đến Cửa Rào, lòng sông dốc, có hơn 100 thác. Từ Cửa Rào trở về xuôi, tàu nhỏ có thể đi lại vào mùa nước trung và lớn. Tổng lượng nước khoảng 21,9 km<sup>3</sup>, tương ứng với lưu lượng trung bình năm là 688 m<sup>3</sup>/s và môđun dòng chảy năm đạt 25,3 l/s.km<sup>2</sup>. Lưu lượng trung bình năm tại Cửa Rào là 236 m<sup>3</sup>/s, tại Dừa là 430 m<sup>3</sup>/s. Mùa lũ từ tháng VI đến tháng XI, chiếm khoảng 74-80% tổng lượng nước cả năm. Sông chảy theo hướng Tây Bắc-

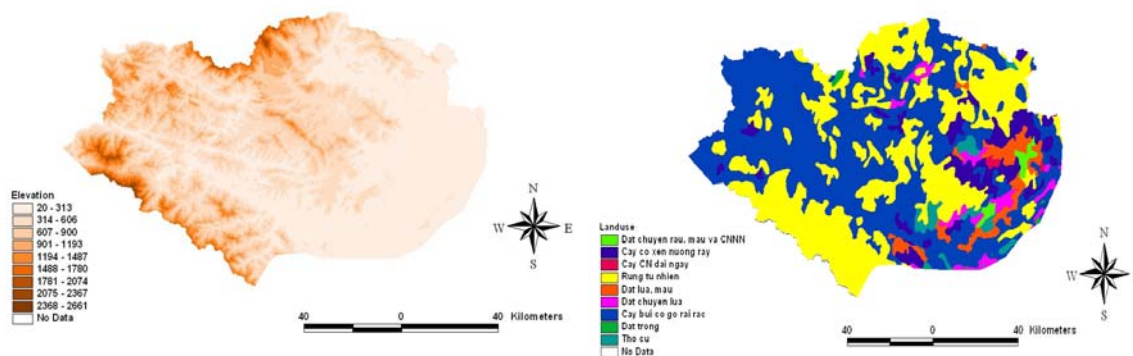
Đông Nam, khi gần tới biển chảy ngược lên hướng Bắc. Lưu vực nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa và chịu ảnh hưởng của gió nóng và khô từ tháng IV đến tháng VIII từ bên Lào thổi sang và gió đông bắc từ tháng XI đến tháng III năm sau. Nhiệt độ trung bình từ 23.5°C đến 23.8°C và lượng mưa trung bình năm là 1670 mm.

Do thiếu số liệu phân diện tích bên Lào và phần hạ lưu chịu ảnh hưởng triều nên giới hạn lưu vực được chạy thử nghiệm trong mô hình từ

biên giới đến trạm Dừa nằm ở tỉnh Nghệ An (phần thượng lưu của lưu vực sông Cả).

### 3.2. Chuẩn bị dữ liệu

Ba bản đồ số quan trọng dùng trong mô hình là DEM kích thước 90x90m dùng để tính toán các tham số liên quan đến địa hình, bản đồ thảm phủ và thổ nhưỡng cùng với các bảng tra cứu được chuyển đổi cho phù hợp với mô hình và số liệu thực tế.

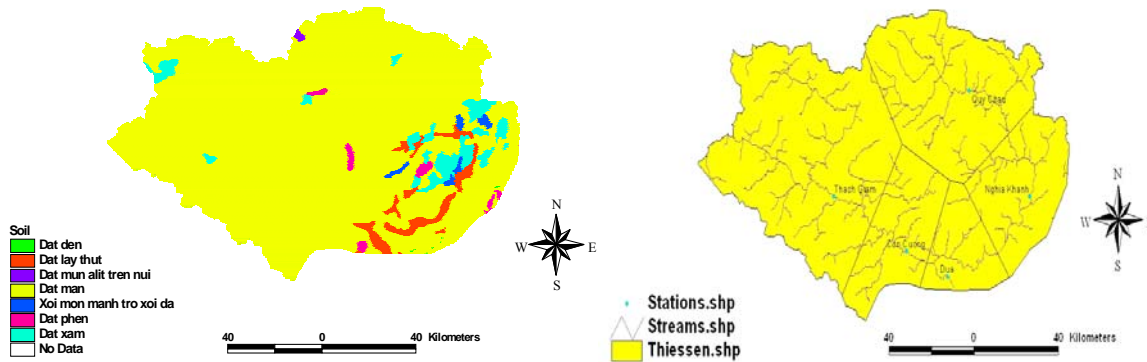


Hình 2. Bản đồ địa hình và thảm phủ của phần lưu vực thử nghiệm.

Từ DEM, hướng dòng chảy và tích tụ dòng chảy được tính toán dựa vào độ cao địa hình. Tính toán bán kính thủy lực cho từng ô lưới sử dụng mối quan hệ theo hàm số mũ với hằng số mạng lưới  $a = 0,07$  và hệ số mũ tỉ lệ hình học  $b = 0,47$  tương đương với tần suất lũ 2 năm. Hai mươi bảy tiểu lưu vực được giới hạn từ biên giới đến trạm Dừa. Các tham số tạo ra từ ArcView dựa trên bản đồ thổ nhưỡng gồm có độ dẫn thủy lực, độ rỗng, khả năng trữ, lượng ẩm dư, chỉ số phân bố kích cỡ độ rỗng của đất và giai đoạn héo của thực vật.

Các tham số được xác định dựa vào bản đồ thảm phủ gồm có: độ sâu của rễ cây, khả năng ngưng tụ và hệ số Manning. Hệ số Manning cho

kênh được nội suy dựa vào một giá trị hệ số nhám ban đầu  $n = 0,03$ . Các bản đồ tham số của hệ số dòng chảy tiềm năng và khả năng trữ của các khu trũng được tạo ra bởi việc kết hợp ba bản đồ cơ bản. Các tham số diễn toán dòng chảy gồm vận tốc, thời gian chảy trung bình và độ lệch chuẩn từ các ô lưới đến cửa ra của lưu vực và cửa ra của các tiểu lưu vực. Năm trạm đo mưa được sử dụng để tính toán lượng mưa trung bình trên lưu vực, đó là: Thạch Giám, Con Công, Quý Châu, Nghĩa Khánh, Dừa với số liệu mưa quan trắc 6h. Đối với phiên bản hiện tại, mô hình WetSpa tính mưa theo phương pháp đa giác Thiessen dựa vào đường bao lưu vực và mạng lưới trạm trên lưu vực.



Hình 3. Bản đồ thổ nhưỡng (trái) và các trạm khí tượng thủy văn (phải).

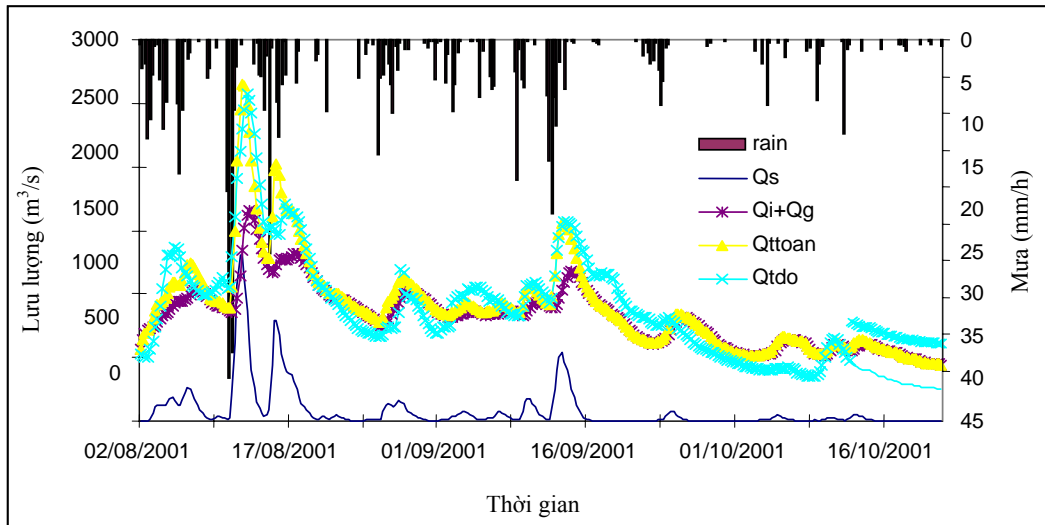
Để hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình, lưu lượng thực đo ở cửa ra của lưu vực có cùng bước thời gian với chuỗi số liệu mưa là rất cần thiết cho việc so sánh và phân tích thống kê. Đối với lưu vực sông Cả, lưu lượng được dùng là lưu lượng thực đo tại trạm Dừa với 4 ộp quan trắc trong ngày. Số liệu mưa và lưu lượng của một số trận lũ năm 2001 được dùng để hiệu chỉnh các tham số và số liệu lưu lượng một số trận lũ năm 2005 được dùng để kiểm nghiệm mô hình.

Trong số liệu đầu vào của WetSpa có 12 tham số toàn cục (không phục thuộc vào vị trí) cần được xác định là: bước tính toán dt, tham số hiệu chỉnh dòng sát mặt ( $C_i$ ), hệ số diễn toán dòng ngầm, độ ẩm đất ban đầu ( $K_{ss}$ ), tham số hiệu chỉnh bốc thoát hơi tiềm năng ( $K_{ep}$ ), lượng trữ nước ngầm ban đầu ( $G_0$ ), lượng trữ ngầm lớn nhất ( $G_{max}$ ), nhiệt độ tại đó mưa chuyển sang tuyết ( $T_0$ ), hệ số nhiệt độ- tuyết tan ( $K_{snow}$ ), hệ số mưa - tuyết tan ( $K_{rain}$ ), tham số cường độ mưa-hệ số dòng chảy mặt ( $K_{run}$ ), và ngưỡng cường độ mưa liên quan đến số mũ dòng chảy mặt ( $P_{max}$ ). Những tham số này rất quan trọng để kiểm soát quá trình sinh dòng chảy và lưu lượng ở cửa ra của lưu vực nhưng rất khó xác định trên tỉ lệ ô lưới. Do đó, hiệu chỉnh những tham số toàn cục này phải dựa vào

dữ liệu dòng chảy thực đo. Ngoài ra, để cho đường quá trình tính toán phù hợp với đường quá trình thực đo ta có thể hiệu chỉnh các tham số trong phần ArcView để đạt được kết quả tốt nhất. Hơn nữa, việc thay đổi các tham số đó là cần thiết vì các giá trị kinh nghiệm được áp dụng cho các lưu vực ở Châu Âu với thảm phủ, thổ nhưỡng không giống như lưu vực nghiên cứu. Quá trình hiệu chỉnh được thực hiện thông qua quy trình thử sai cho đến khi các chỉ tiêu đánh giá đạt giá trị tốt hoặc đến khi không thể tốt hơn nữa.

### 3.3. Hiệu chỉnh mô hình

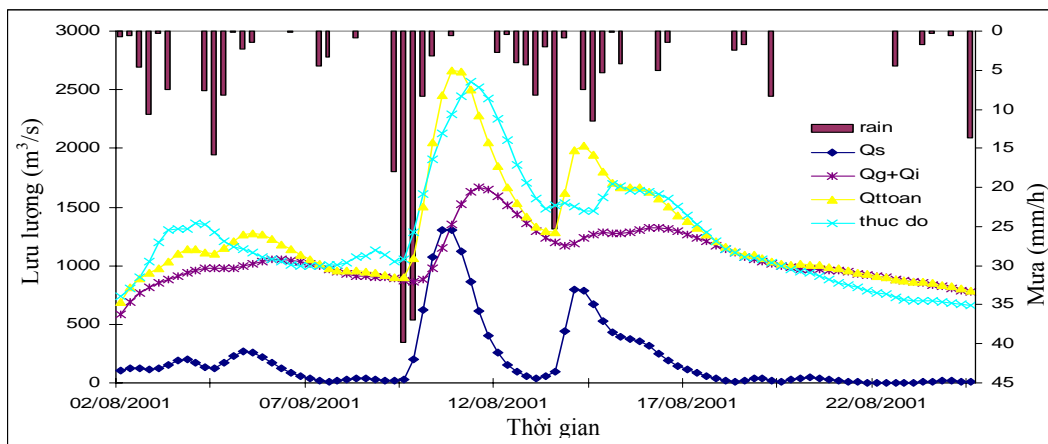
Hiệu chỉnh mô hình cho lưu vực nghiên cứu được thực hiện trong giai đoạn từ 02/8/2001 đến 21/10/2001. Giá trị ban đầu của lưu lượng tính toán gần với lưu lượng thực đo, điều này là do trước tháng VIII có rất nhiều trận lũ xảy ra làm tầng nước ngầm tích được một lượng nước lớn. Các tiêu chuẩn đánh giá: sai số tương đối là 0,043, độ tin cậy 0,74, Nash-Sucliffe 0,86, chỉ tiêu Nash-Sucliffe cho chân lũ và đỉnh lũ là 0,78 và 0,96. Kết quả của các chỉ tiêu này chỉ ra rằng mô hình cho ra sự phù hợp tốt giữa kết quả thực đo và tính toán (hình 4).



Hình 4. Kết quả hiệu chỉnh mô hình với một số trận lũ năm 2001.

Sau khi hiệu chỉnh cho 1 thời đoạn dài, tiến hành chạy riêng cho một con lũ được thực hiện trong giai đoạn từ 02/08/2001 đến 24/08/2001 (hình 5). Trong thời đoạn tính toán, có một đỉnh lũ lớn xuất hiện sau một trận mưa lớn. Các tiêu

chẩn đánh giá mô hình đều đạt loại rất tốt, đặc biệt là tiêu chuẩn đánh giá đỉnh và chân đạt 1,0 còn độ lệch là 0,005, độ tin cậy là 0,95, Nash-Sucliffe là 0,84.



Hình 5. Kết quả hiệu chỉnh mô hình với một trận lũ năm 2001.

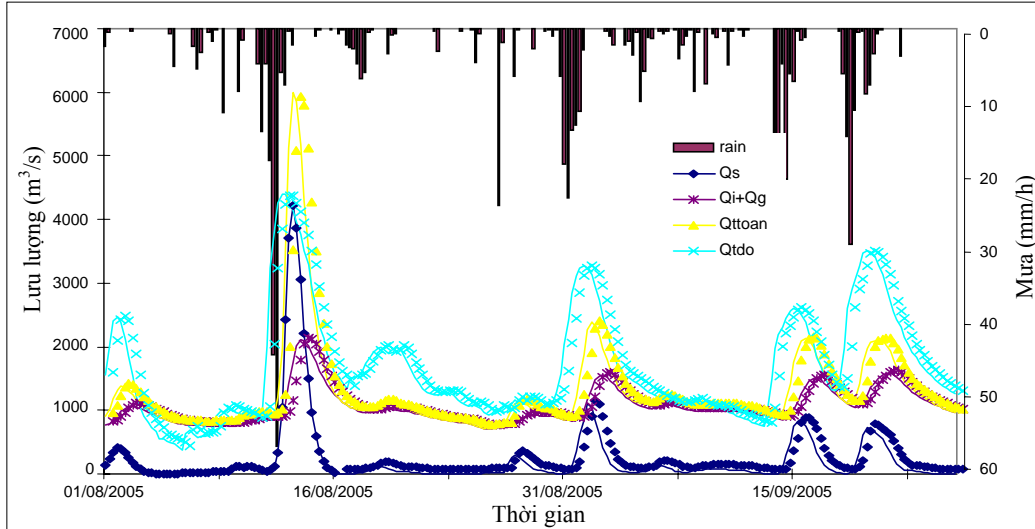
### 3.4. Kiểm định mô hình

Để kiểm định mô hình các tham số trong quá trình hiệu chỉnh được giữ nguyên để chạy cho giai đoạn từ 1/08/2005 đến 25/09/2005.

Năm 2005 là năm xảy ra trận lũ rất lớn, lưu lượng đỉnh đạt  $4500\text{m}^3/\text{s}$  vào giữa tháng VIII. Điều này dẫn đến các chỉ tiêu đánh giá không đạt như mong muốn (hình 6). Có 5 con lũ xảy ra trong 3 tháng trong đó con lũ vào tháng VIII

là lớn nhất. Theo kết quả tính toán, chỉ có tiêu chuẩn về độ lệch và độ tin cậy là đảm bảo còn các giá trị khác đều dưới chỉ tiêu cho phép. Độ

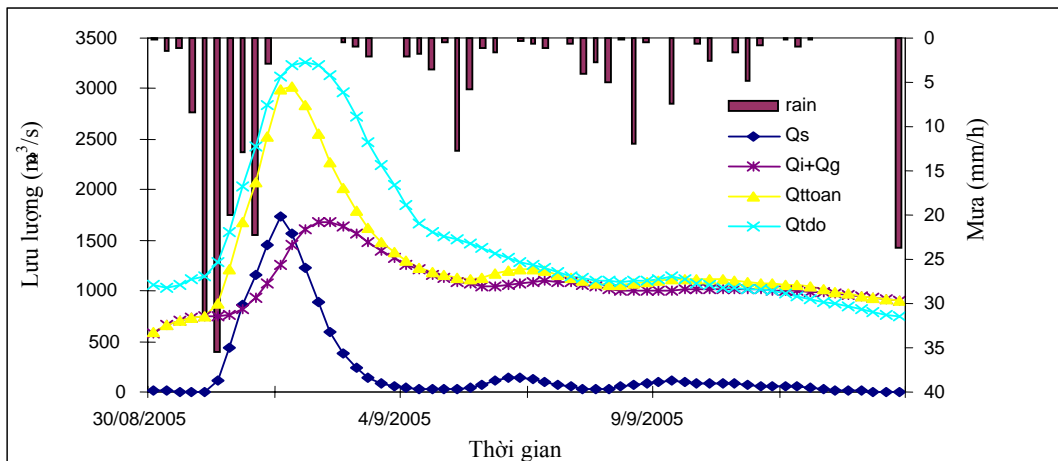
lệch là -0,231, độ tin cậy 0,94, Nash-Sucliffe 0,28, chỉ tiêu Nash-Sucliffe cho chân lũ và đỉnh lũ là 0,37 và 0,22.



Hình 6. Kết quả kiểm định mô hình với một số trận lũ năm 2005.

Còn kiểm định đối với một trận lũ dùng số liệu trận lũ năm 2005 trong giai đoạn từ 30/8/2005 đến 13/9/2005. Kết quả chạy mô hình đạt được khá khả quan (hình 7). Đường quá trình thực đo

phù hợp với đường quá trình tính toán với sai số tương đối là -0,133, độ tin cậy là 0,64, Nash-Sucliffe là 0,753, chỉ tiêu Nash-Sucliffe chân lũ và đỉnh lũ là 0,704 và 0,95.



Hình 7. Kết quả kiểm định mô hình với một trận lũ năm 2005.



#### 4. Thảo luận

Kết quả hiệu chỉnh mô hình WetSpa đối với một số trận lũ liên tục năm 2001 đều cho thấy độ phù hợp giữa kết quả tính toán và giá trị thực đo tốt đến rất tốt. Tiếp tục dùng bộ tham số đã được hiệu chỉnh để kiểm định mô hình cho các trận lũ liên tiếp và cho một trận lũ thì kết quả thu được là khác nhau. Nếu kiểm định cho một số trận lũ liên tiếp năm 2005, độ phù hợp giữa kết quả dự báo và thực đo là kém. Điều này có thể giải thích là do trong số các trận lũ năm 2005 có một trận mà lưu lượng đỉnh lũ lên tới 4500 m<sup>3</sup>/s, lớn hơn nhiều lưu lượng đỉnh lớn nhất trong chuỗi số liệu dùng để hiệu chỉnh mô hình năm 2001 (dưới 2700 m<sup>3</sup>/s).

Tuy nhiên, nếu kiểm định với một trận lũ năm 2005 có lưu lượng đỉnh lớn hơn ít so với lưu lượng đỉnh lớn nhất của chuỗi số liệu dùng để hiệu chỉnh thì kết quả tốt hơn rất nhiều và đều đạt các chỉ tiêu cho phép. Có nhận thấy rằng mặc dù lưu vực thiếu hẳn phần diện tích thuộc Lào đóng góp cho dòng chảy tại trạm Dừa (mô hình sai), nhưng nếu trận lũ dùng để kiểm định có các giá trị lưu lượng xấp xỉ hoặc nằm trong khoảng giá trị của chuỗi dùng hiệu chỉnh thì mô hình vẫn cho kết quả tốt. Như vậy, nếu ta dùng các trận lũ năm 2001 để hiệu chỉnh và kiểm định, rồi dự báo cho trận lũ từ ngày 30/8/2005 đến 13/9/2005 thì kết quả dự báo có thể nói là tốt. Điều này khẳng định luận điểm: một mô hình sai có thể cho kết quả dự báo đúng do lỗi của mô hình và lỗi giá trị các tham số điều hòa lẫn nhau [4,11].

Để khắc phục vấn đề thiếu dữ liệu ở phần lưu vực sông quốc tế thuộc Lào, có hai giải pháp chính cần được thực hiện. Một là tăng cường hợp tác giữa các ban ngành của hai nước trong công tác điều tra cơ bản phục vụ công tác dự báo thủy văn. Hai là cải tiến mô hình để đưa lưu lượng nhập lưu nước bạn như một biến đầu vào của mô hình.

Ưu điểm của mô hình WetSpa nói riêng và các mô hình thủy văn phân phối là việc mô tả quá trình hình thành các đặc trưng thủy văn một

cách đầy đủ dựa trên các bản đồ về địa hình, thảm phủ và thổ nhưỡng. Tuy nhiên, chính việc này cũng gây ra khó khăn không nhỏ cho quá trình hiệu chỉnh, kiểm định và mô phỏng/dự báo do tính bất định của cấu trúc, số liệu đầu vào và các tham số của mô hình. Vì vậy, cần có các nghiên cứu liên quan đến phân tích độ nhạy và độ bất định của các tham số và số liệu đầu vào để từ đó khảo sát, nghiên cứu nhằm giảm độ bất định của chúng. Bước tiếp theo đó là xác định các khoảng giá trị dự báo gây ra do độ bất định của tham số và số liệu đầu vào. Một phương pháp xác định và giảm độ bất định dự báo là phương pháp GLUE [12].

#### 5. Kết luận

Mô hình WetSpa có cơ sở lý thuyết rất chặt chẽ kết hợp với công nghệ GIS cho phép đánh giá đúng quá trình hình thành một cơn lũ trên lưu vực dẫn đến khả năng dự báo lũ một cách chính xác hơn. Ngoài ra, mô hình cho phép mô phỏng sự ảnh hưởng của các yếu tố thảm phủ và khí tượng, khí hậu đến các đặc trưng dòng chảy. Có thể dùng mô hình làm công cụ mô phỏng các kịch bản phục vụ quy hoạch, quản lý tài nguyên nước, đất trên các lưu vực sông.

Mặc dù mô hình không tính đến phần đóng góp từ phần diện tích bên Lào, việc “gò” tham số có thể đem lại kết quả mô phỏng/dự báo tốt trong một số trường hợp như ở các ví dụ minh họa đối với lưu vực sông Cả. Điều này khẳng định luận điểm: một mô hình sai có thể cho kết quả dự báo đúng.

Để đưa mô hình vào phục vụ dự báo, đặc biệt với các sông quốc tế cần phải có sự hợp tác để thu thập số liệu đầy đủ như: thảm phủ, thổ nhưỡng, mưa... Mặt khác, các mô hình thủy văn phân phối thường được thiết lập cho các lưu vực kín. Trong trường hợp thiếu số liệu ở diện tích thuộc nước bạn thì cần phải sửa đổi mô hình để đưa lưu lượng nhập lưu từ nước bạn như một biến đầu vào của mô hình. Hướng này đang được tác giả tiến hành với việc sửa đổi mã

nguồn của mô hình WetSpa và chạy lại cho lưu vực sông Cả. Kết quả sẽ được trình bày ở bài báo sau.

Trong lĩnh vực phát triển công nghệ dự báo lũ ở Việt Nam vấn đề phân tích độ nhạy, độ bất định và khoảng dự báo chưa được quan tâm trong các nghiên cứu và công tác dự báo tác nghiệp. Đồng thời, ngay cả trên thế giới thì việc áp dụng các phương pháp tính toán khoảng dự báo chỉ được thực hiện ở dạng nghiên cứu với các trận lũ đã xảy ra. Do vậy cần thiết phải nghiên cứu thiết lập một quy trình dự báo tác nghiệp và thử nghiệm trên một lưu vực cụ thể để từ đó đưa ra được các đánh giá và nhận xét về các phương pháp này.

### Lời cảm ơn

Nội dung bài báo này là một phần kết quả của đề tài QT-08-65 do Đại học Quốc Gia Hà Nội tài trợ. Chương Mã nguồn của mô hình WetSpa được GS. De Smith, Đại học Tự Do Bussel, Bỉ cung cấp và cho phép sử dụng cũng như phát triển. Dữ liệu địa hình, thảm phủ và thổ nhưỡng của lưu vực sông Cả được cung cấp bởi TS. Hoàng Minh Tuyển, Viện Khoa học Kỹ thuật Tài nguyên và Môi trường. Tác giả xin chân thành cảm ơn những sự giúp đỡ quý báu này.

### Tài liệu tham khảo

[1] E. Todini, Hydrological catchment modelling: past, present and future, *Journal of Hydrological Earth Systems Sciences* 11 (1) (2007) 468.

- [2] V. Klemes, Operational testing of hydrological simulation models, *Journal of Hydrological Science* 31 (1) (1986) 13.
- [3] Nguyễn Lan Châu và các cộng sự, Các bài toán trong ứng dụng mô hình thủy văn Marine để mô phỏng và dự báo lũ sông Đà, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 539 (2005) 1.
- [4] T.G. Nguyen, J.L. De Kok, Systematic testing of an integrated systems model for coastal zone management using sensitivity and uncertainty analyses, *Environmental Modelling and Software* 22 (2007) 1572.
- [5] S. Uhlenbrook et al., Prediction uncertainty of conceptual rainfall-runoff models caused by problems in identifying model parameters and structures, *Hydrological Sciences Bulletin* 44 (1999) 779.
- [6] T. Wagener, H.V. Gupta, Model identification for hydrological forecasting under uncertainty, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 19 (2005) 378.
- [7] K.J. Beven, Uncertainty in Predictions of Floods and Hydraulic Transport, *Publs. Inst. GeoPhys. Pol. Acad. Sc.*, E-7 (2007) 401.
- [8] V.B. Liu, F. De Smedt, *Document and user manual WetSpa extension*, Belgium, 2004.
- [9] Y.B. Liu et al., A diffusive transport approach for flow routing in GIS-based flood modeling, *Journal of Hydrology* 283 (2003) 91.
- [10] Z. Wang, O. Batelaan, F. De Smedt, A distributed model for water and energy transfer between soil, plants and atmosphere (WetSpa), *Phys. Chem. Earth* 21 (1996) 189.
- [11] J.C. Refsgaard, H.J. Henriksen, Modelling guidelines-terminology and guiding principles, *Advances in Water Resources* 27 (2004) 71.
- [12] K.J. Beven, *Generalised Likelihood Uncertainty Estimation (GLUE)*, Document accompanied with GLUE software, Lancaster, 1998.

## Study on the application of the WetSpa model to flood forecasting for international river basins: Model structure, parameter uncertainties and suggested solutions

Nguyen Tien Giang, Nguyen Thi Thuy

*Faculty of Hydro-Meteorology & Oceanography, College of Science, VNU*

Application of distributed hydrological models to flood simulation and prediction for international river systems in Vietnam such as Red, Ma, Ca, Mekong faces the problem of data lacking in neighboring countries. Meanwhile the parameter and structural uncertainties has large effect on the reliability of predictions. This paper briefly introduces the theoretical basics of a distributed rainfall-runoff model (WetSpa) which is being developed. The model was studied and applied to the upper Ca river systems. The obtained results show that: i) It is necessary to modify the model to consider the upstream tributary in case of data lacking in the international river systems; ii) The hypothesis *a "wrong" model can produce "right" predictions due to the input, parameter and structural uncertainties* was verified; iii) Sensitivity, uncertainty analysis and estimate of prediction intervals are necessary to increase the reliability of the model and prediction results.

*Keywords:* WetSpa, international river, hydrological model, flood forecasting, uncertainty.