

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG LŨ LƯU VỰC SÔNG KONE

Đỗ Anh Đức

Viện Thủy Điện và Năng lượng tái tạo

Trần Thị Tuyết, Ngô Lê An

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Lũ lụt có xu hướng diễn ra ngày càng phức tạp về cả quy mô và cường độ trong những năm gần đây. Gây thiệt hại lớn đối với nhiều khu vực trên cả nước cũng như lưu vực sông Kone nói riêng. Vì vậy, việc mô phỏng tốt các trận lũ sẽ góp phần đáng kể trong việc đưa ra các giải pháp chống lũ và kiểm soát lũ. Bài báo trình bày kết quả xây dựng thành công một mô hình thông số phân bố có xét đến sự thay đổi theo không gian của các đặc trưng lưu vực, có khả năng cập nhật trực tiếp dữ liệu mưa và mô phỏng dòng chảy lũ. Mô hình gồm mô đun mưa-dòng chảy mô phỏng dòng chảy từ mưa và mô đun diễn toán dòng chảy trên sông. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình có thể ứng dụng trong mô phỏng lũ lưu vực sông Kone Bình Định với chỉ số Nash đạt $NS > 0,5$. Việc phát triển mô hình không những áp dụng mô phỏng lũ cho các lưu vực, đồng thời có thể tích hợp các hồ chứa phục vụ cho công tác dự báo lũ trên lưu vực sông.

Từ khóa: Mô hình thông số phân bố, dòng chảy lũ, lưu vực sông Kone...

Summary: Currently, flood occurs more frequently in term of both magnitude and intensity causing heavy damages in Vietnam including the Kone river basin. Flood simulation is an efficient tool for flood management and control. This paper studies to develop a distributed model for flood simulation for the Kone river basin. The model includes two moduls: a rainfall-runoff modul for flow simulation in the sub-basins and a routing flow modul to route the flow in channels. The application of the model for 11 historical events shows that the model can simulate well the flood with the Nash coefficient higher than 0.5. This model can be applied for other basins with reservoir simulation modul in order to have a flood forecasting tool.

Key words: Distributed model, flood, Kone river basin ...

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, những trận mưa lớn liên tục xuất hiện gây ra hiện tượng lũ lớn và diễn biến phức tạp trên lưu vực sông tại các tỉnh miền Trung, trong đó có lưu vực sông Kone. Với diện tích lưu vực khoảng 3.810 km² chiếm phần lớn ranh giới hành chính của tỉnh Bình Định. Là một lưu vực có vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế ở khu vực, nhiều hồ chứa thủy lợi và thủy điện đã được xây dựng nhằm khai thác hiệu quả tài nguyên nước phục

vụ phát triển kinh tế. Vì vậy, vai trò công tác dự báo lũ rất quan trọng, được xem là một trong những biện pháp hiệu quả giảm thiểu thiệt hại, giúp cho những nhà quản lý, người dân có thể lường trước được các mối nguy hại do lũ để chủ động phòng tránh. Các phương pháp dự báo lũ hiện nay chủ yếu dựa vào thông tin mưa bao gồm từ các mạng lưới quan trắc trực tiếp và từ các vệ tinh hoặc mô hình khí hậu, sau đó sử dụng các mô hình thủy văn mô phỏng và dự báo dòng chảy lũ.

Ngày nhận bài: 03/5/2019

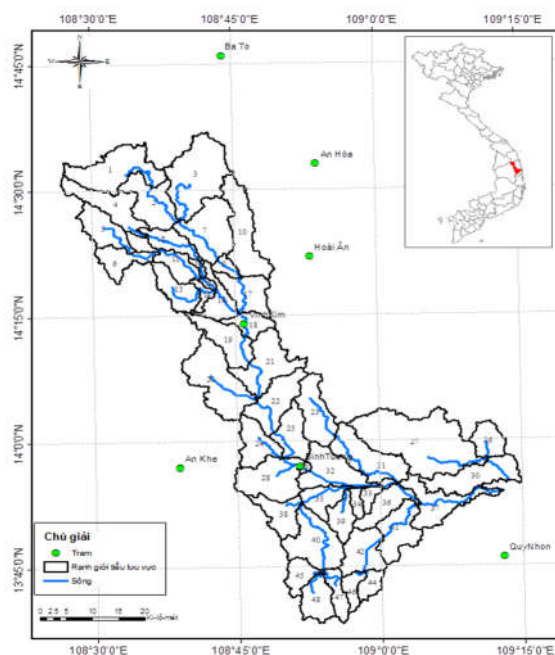
Ngày thông qua phản biện: 05/6/2019

Ngày duyệt đăng: 12/6/2019

Dựa trên việc mô tả hệ thống thủy văn, các mô hình thủy văn thường được phân chia thành hai nhóm: các mô hình thông số tập trung và các mô hình thông số phân bố (WMO, 2013). Mô hình thông số tập trung coi cả lưu vực như là một đơn vị đồng nhất, các đặc tính vật lý của lưu vực được xác định bằng giá trị trung bình như lượng mưa, độ ẩm đất, cường độ thấm... Mô hình mô phỏng dòng chảy tại duy nhất ở điểm cửa ra của lưu vực mà không mô phỏng dòng chảy tại các điểm nằm bên trong lưu vực. Do vậy, mô hình thông số tập trung phù hợp với bài toán ước tính dòng chảy trung bình của lưu vực với yêu cầu tính toán nhanh. Đồng thời, mô hình thông số tập trung cũng đòi hỏi rất nhiều các giả thiết mô tả quá trình thủy văn như sự thay đổi các đặc trưng khí hậu, đặc trưng lưu vực như độ dốc, cường độ thấm, độ ẩm đất là giống nhau. Các đặc trưng vật lý như độ dốc, thảm phủ, loại đất cũng không thay đổi theo thời gian. Do vậy, việc sử dụng mô hình thông số tập trung sẽ làm mất tính "biến thiên theo không gian" của lưu vực. Vì thế, khi nghiên cứu ứng dụng mô phỏng dòng chảy cho các lưu vực lớn, việc sử dụng các mô hình thông số tập trung sẽ không phù hợp vì chúng không thể mô tả chính xác các đặc trưng lưu vực (Smith *et al.*, 2004; Moradkhani and Sorooshian, 2009). Ngược lại, các mô hình thông số phân bố cố gắng mô tả bản chất tự nhiên của lưu vực như địa hình, thảm phủ, loại đất cũng như các đặc trưng khí tượng thủy văn theo không gian. Do vậy, mô hình thông số phân bố đòi hỏi dữ liệu chi tiết, phân bố theo không gian. Nếu dữ liệu không đủ chi tiết, thường phải sử dụng các phương pháp nội, ngoại suy để bổ sung. Mô hình cũng bị hạn chế bởi độ phân giải của mô hình cũng như số liệu, chính vì thế cũng đòi hỏi khối lượng tính toán lớn làm thời gian tính toán dài (Vaze *et al.*, 2011).

Do lưu vực sông Kone có diện tích lớn, có sự biến động mạnh mẽ về địa hình, khí hậu, đồng thời cũng có nhiều hồ chứa đang hoạt động, nên việc sử dụng mô hình thông số tập trung là

không phù hợp. Vì vậy, việc nghiên cứu sử dụng mô hình thông số phân bố mô phỏng lũ sông Kone là rất cần thiết. Bài báo trình bày kết quả xây dựng một mô hình thủy văn mưa-dòng chảy thông số bán phân bố có xét đến sự khác biệt theo không gian về địa hình, sử dụng đất cũng như loại đất để mô phỏng dòng chảy lũ cho lưu vực sông Kone nhằm phục vụ cho bài toán dự báo dòng chảy lũ thời gian thực.



Hình 1: Bản đồ khu vực nghiên cứu và vị trí các trạm đo mưa

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cấu trúc mô hình

Lưu vực sông Kone được chia thành nhiều lưu vực nhỏ. Các tiểu lưu vực được xác định dựa trên sự tương đồng của địa hình, độ dốc, thảm phủ cũng như là loại đất. Dòng chảy ra tại cửa ra từng tiểu lưu vực được mô phỏng bằng mô đun mưa - dòng chảy. Dòng chảy truyền từ cửa ra các tiểu lưu vực về hạ lưu được mô tả bằng các đoạn sông và được mô tả bằng mô đun diễn toán dòng chảy trên sông.

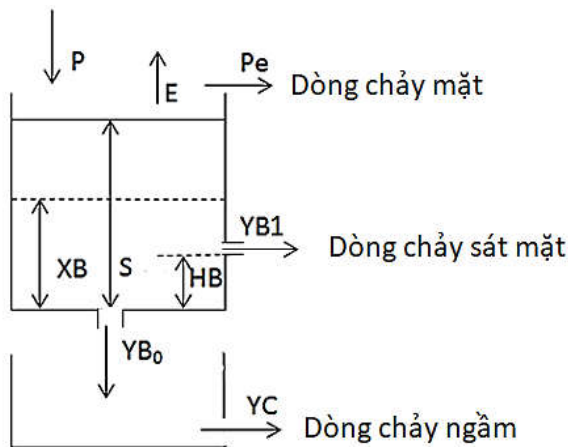
2.1.1. Mô đun mưa - dòng chảy

Dòng chảy sinh ra từ mưa tại cửa ra của một

lưu vực bao gồm 3 thành phần: dòng chảy mặt, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm (Hình 2):

- Dòng chảy mặt

Dòng chảy mặt là dòng chảy tràn trên bề mặt đất tới các lòng dẫn, sinh ra từ lượng mưa hiệu quả do cường độ mưa vượt cường độ thấm. Phương pháp chỉ số đường cong SCS (Department of Agriculture, 2004) được sử dụng vì có khả năng xét được sự khác biệt về thảm phủ, loại đất cũng như độ dốc.



Hình2: Cấu trúc mô đun mưa dòng chảy

Phương pháp này giả thiết tỷ số giữa 2 đại lượng là lượng nước thấm xuống thực tế (lượng nước trữ trong đất) trên lưu vực F_a (trong mô hình này sẽ là X_B) với lượng nước thấm tối đa (lượng trữ tối đa) S bằng tỷ số giữa mưa hiệu quả P_e với dòng chảy tiềm năng $P - I_a$ (lượng mưa P sau khi loại bỏ thành phần tổn thất ban đầu I_a) thể hiện bằng phương trình (1):

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (1)$$

Theo Baltas et al (Baltas, Dervos and Mimikou, 2007) tỷ số I_a/S khá nhỏ trong bài toán lũ nên để thuận tiện trong việc tính toán thì có thể bỏ qua tổn thất ban đầu ($I_a = 0$). Khi đó dòng chảy mặt

được tính theo công thức:

$$P_e = P x \frac{F_a}{S} \quad (2)$$

Trị số S được xác định dựa vào quan hệ kinh nghiệm giữa CN và S như sau:

$$S = 254x \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (3)$$

CN có giá trị biến đổi trong khoảng từ 0-100, với giá trị 100 là bề mặt không thấm được nước, còn với bề mặt tự nhiên có giá trị nhỏ hơn 100. CN được xác định từ bảng tra lập sẵn.

- Dòng chảy sát mặt

Tại tầng đất sát mặt khoảng từ 2-10m, một phần nước dòng chảy sát mặt xuất hiện khi độ dẫn thủy lực theo phương ngang lớn hơn phương thẳng đứng, một phần nước bị bốc hơi trở lại khí quyển, một phần bị giữ lại tại các lỗ rỗng của đất, một phần bị thấm xuống tầng sâu bổ cấp cho dòng chảy ngầm. Để mô tả quá trình trao đổi ẩm ở tầng đất này, giả thiết xem kho nước dưới dạng bể chứa nước, với lỗ vòi tại các thành bên và đáy chính là lượng nước chảy ra tại cửa ra lưu vực và lượng nước bổ cấp cho dòng chảy ngầm.

M. Sugawara (Sugawara, 1995) cho rằng lượng dòng chảy ra ở các lỗ vòi của bể chứa $y(t)$ là hàm tuyến tính của lượng trữ $X(t)$ với hệ số k :

$$y(t) = k X(t) \quad (4)$$

Do vậy, lượng dòng chảy ra tại cửa bên Y_{B1} :

$$Y_{B1} = \begin{cases} (XB - HB)B_1 & \text{khi } XB > HB \\ 0 & \text{khi } XB \leq HB \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó XB là lượng ẩm tại tầng sát mặt tại thời điểm tính toán và giá trị này phụ thuộc vào lượng nước thấm từ tầng mặt, lượng ẩm truyền xuống tầng ngầm và lượng nước bốc hơi theo phương trình cân bằng nước (6):

$$XB = \begin{cases} \sum (XB^{t-1} + P^t - Z^t - Pe^t - Y_{B1}^{t-1} - Y_{B0}^{t-1}) & \text{khi } \sum > 0 \\ 0 & \text{khi } \sum \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

Trong trường hợp lượng ẩm tính toán XB lớn hơn lượng chứa ẩm tối đa S thì $XB = S$.

Với P là lượng mưa rơi xuống lưu vực trong thời đoạn tính toán; Z là lượng bốc hơi; ΔT thời đoạn tính toán; YB_0, YB_1 dòng chảy tại cửa ra thành bên và tại đáy.

Dòng chảy ở cửa đáy thấm xuống bề dưới:

$$YB_0 = XB * B_0 \quad (7)$$

- *Dòng chảy ngầm*

Do nước ở sâu trong đất chuyển động rất chậm, dòng chảy ra của nước ngầm vào trong lòng dẫn có thể chậm sau một vài ngày hoặc có khi tới hàng năm kể từ khi xuất hiện mưa. Theo Arnold và nnk (Arnold, Allen and Bernhardt, 1993), lượng dòng chảy từ tầng nước ngầm được tính theo công thức:

$$YC_t = YC_{t-1} e^{-\alpha \Delta T} + Rc (1 - e^{-\alpha \Delta T}) \quad (8)$$

Trong đó:

- YC_t, YC_{t-1} lần lượt là dòng chảy ra của tầng ngầm tại thời điểm tính toán và thời điểm trước đó, ΔT là bước thời gian tính toán, Rc là lượng nước bổ cập xuống tầng (trong mô hình này sẽ là YB_0); α là hệ số triết giảm phụ thuộc vào thời gian trễ được tính theo phương trình (9) (Smedema and Rycroft, 1983):

$$\alpha = 2,3 \frac{1}{BFD} \quad (9)$$

BFD (đơn vị là ngày) là thời gian trễ để nước chảy ra từ các tầng ngầm tới dòng chảy trên sông, hệ số này được xác định thông qua mối quan hệ giữa thời gian chảy trễ và diện tích lưu vực (Bevans, 1986):

- *Dòng chảy mặt (Q_{OF}) được tính theo công thức:*

$$Q_{OF} = Pe * F / \Delta T \quad (10)$$

- *Dòng chảy sát mặt (Q_{IF}) được tính theo công thức:*

$$Q_{IF} = YB_1 * F / \Delta T \quad (11)$$

- *Dòng chảy ngầm (Q_{BF}) được tính theo công thức*

$$Q_{BF} = YC * F / \Delta T \quad (12)$$

Mô hình mưa dòng chảy được xây dựng bao gồm các thông số chính là:

- CN: là hệ số không thứ nguyên phụ thuộc vào loại đất và tình hình sử dụng đất, hệ số CN càng dòng chảy mặt càng lớn do điều kiện mặt đệm có khả năng thấm thấp, lượng trữ tối đa của dòng chảy mặt thấp dẫn đến lượng nước sinh ra dòng chảy mặt càng cao và ngược lại.

- B_0, B_1 : lần lượt là hệ số cửa ra tại đáy và thành bên của bể chứa sát mặt ($0 \leq B_1 \leq 1$). Hệ số B_1 càng lớn nước sinh dòng chảy sát mặt càng lớn như vậy khi tăng hệ số dòng chảy mặt đồng thời chân lũ xuống sẽ càng dốc do có sự bổ sung của dòng chảy mặt. Hệ số cửa ra tại đáy ảnh hưởng đến khả năng bổ cập cho dòng chảy ngầm, hệ số càng lớn lượng bổ cập càng lớn và ngược lại. Đây là 2 thông số quan trọng của bể sát mặt ảnh hưởng trực tiếp đến lượng ẩm của bể sát mặt cũng như tổng lượng của dòng chảy lũ.

- HB_1 : Ngưỡng cửa ra của thành bên bể chứa tầng sát mặt (mm). Hệ số này thể hiện khả năng giữ nước của đất. Thông số càng lớn, lượng nước chảy ra từ bể chứa sát mặt tại cửa ra của lưu vực sẽ càng thấp và ngược lại.

- BFD: thời gian chảy trễ của dòng chảy ngầm đến vị trí cửa ra (ngày). Đối với các lưu vực bé thời gian để nước di chuyển tới cửa ra của lưu vực càng ngắn, đối với những lưu vực lớn thời gian này có thể kéo dài hàng tháng.

- XB_0 : Lượng ẩm ban đầu của tầng sát mặt (mm).

- YC_0 : Lượng dòng chảy ngầm ban đầu (mm).

2.1.2. Mô đun diễn toán dòng chảy trên sông

Diễn toán dòng chảy cho từng đoạn sông được tính toán sử dụng phương pháp Muskingum (Cunge, 1969), theo đó lưu lượng dòng chảy ra ở mặt cắt dưới Q thời đoạn $j+1$ được xác định dựa theo lưu lượng dòng chảy tại mặt cắt trên I và mặt cắt dưới Q theo công thức:

$$Q_{j+1} = C_0 I_{j+1} + C_1 I_j + C_2 Q_j \quad (13)$$

Phương trình (13) là phương trình diễn toán của

Muskingum, với:

$$C_0 = \frac{\Delta T - 2KX}{2K - 2KX + \Delta T} \quad (14)$$

$$C_1 = \frac{\Delta T + 2KX}{2K - 2KX + \Delta T} \quad (15)$$

$$C_2 = \frac{2K - 2KX - \Delta T}{2K - 2KX + \Delta T} \quad (16)$$

Điều kiện: $C_0 + C_1 + C_2 = 1$

Trong đó: X và K là thông số của mô đun, ΔT là thời đoạn tính toán.

2.2. Dữ liệu

2.1.1 Dữ liệu khí tượng, thủy văn thực đo

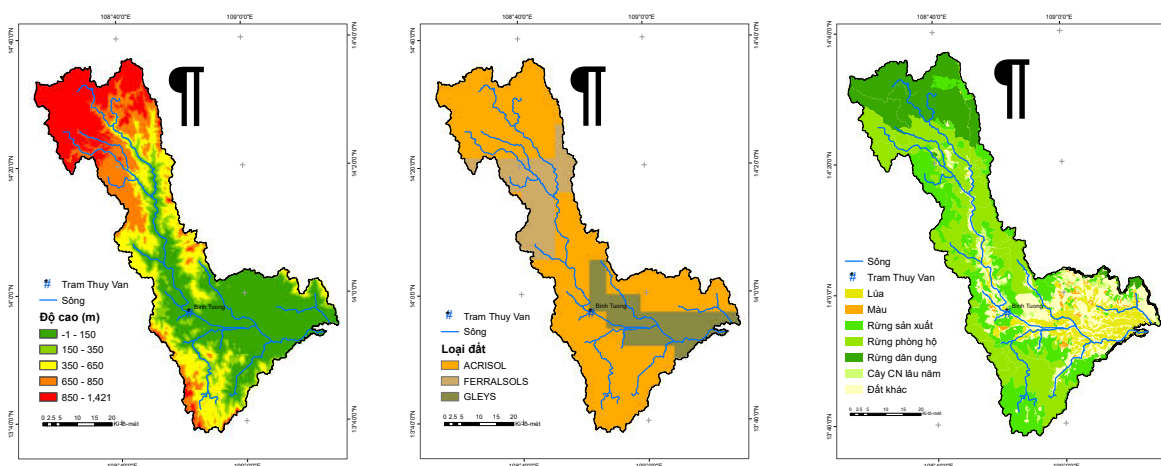
Số liệu mưa và bốc hơi thực đo trong các trận lũ

lớn từ năm 1986-1999 được lấy từ 5 trạm đo: An Hòa, Bình Tường, Vĩnh Kim, Hoài Ân, Quy Nhơn. Số liệu dòng chảy trong lưu vực được lấy từ trạm thủy văn Bình Tường (Hình 1),

2.1.2 Dữ liệu không gian

Dữ liệu địa hình được lấy từ bản đồ số độ cao (DEM) có độ phân giải 90m SRTM (CGIAR-CSI)

(<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>). Các số liệu về thảm phủ, loại đất được thu thập từ tổ chức Nông lâm Thế giới (FAO) có độ phân giải 1km x 1km.



Hình 3: Bản đồ DEM, loại đất và tình hình sử dụng đất lưu vực

2.3 Chỉ tiêu đánh giá

- Chỉ số Nash (EI) được tính theo công thức sau:

$$EI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (17)$$

Trong đó: - X_i và Y_i lần lượt là giá trị thực đo và tính toán tại thời điểm i ;

- $\bar{X}$ giá trị trung bình của chuỗi số liệu thực đo.

- Sai số đỉnh (%):

$$\Delta Q = \frac{Y_i - X_i}{X_i} \times 100 \quad (18)$$

- Sai số thời gian xuất hiện đỉnh lũ

- Sai số về tổng lượng(%):

$$\Delta W = \frac{W_{tt} - W_{td}}{W_{td}} \times 100 \quad (19)$$

3. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG DÒNG CHẢY LŨ SÔNG KONE

3.1. Sơ đồ mô phỏng dòng chảy

Căn cứ vào số liệu địa hình, mạng lưới sông ngòi, toàn bộ lưu vực sông Kone được chia thành 48 lưu vực con, sơ đồ mô phỏng dòng chảy lũ tính đến điểm không chế là trạm thủy văn Bình Tường (minh họa Hình 5). Dòng chảy mô phỏng từ mưa tại các tiểu lưu vực được tính bằng tổng của dòng chảy mặt, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm. Đối với những tiểu lưu vực nằm trên sông dòng chảy ra của lưu vực sẽ

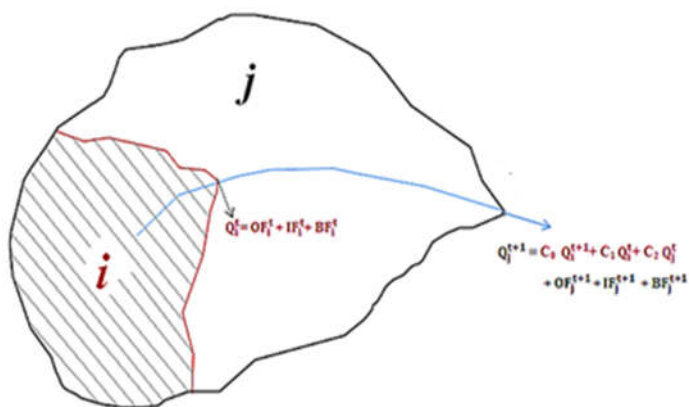
bao gồm dòng chảy được diễn toán theo phương pháp Muskingum của tiểu lưu vực nằm ở thượng lưu và tổng dòng chảy mặt dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm của lưu vực tính toán (Hình 4).

3.2. Kết quả mô phỏng lũ

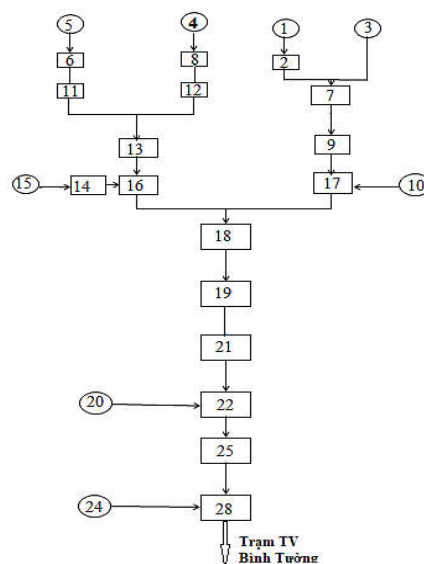
Trên lưu vực sông Kone chỉ có trạm đo dòng chảy là Bình Tường hoạt động từ năm 1981. Từ giai đoạn 2000 trở về sau, dòng chảy tại các trạm đo bị ảnh hưởng bởi hồ chứa điều tiết nên không còn tính tự nhiên. Dòng chảy được mô phỏng liên tục với bước tính toán 1 giờ trong

mùa lũ tập trung vào các tháng xuất hiện mưa và lũ lớn từ tháng 10 đến tháng 12, dựa vào số liệu dòng chảy thực đo tại trạm Bình Tường qua các năm, tiến hành hiệu chỉnh và kiểm định mô hình theo thời gian bắt đầu và kết thúc trận lũ khác nhau.

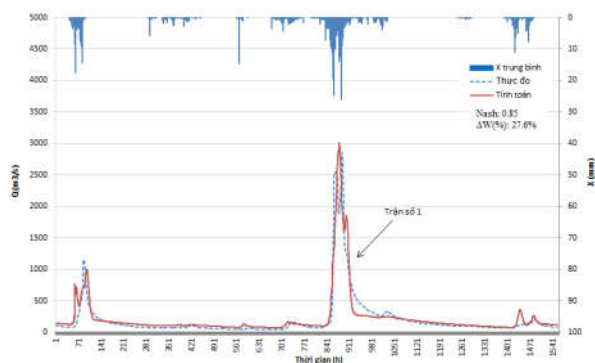
Để đánh giá khả năng mô phỏng lũ của mô hình, nghiên cứu trích xuất 8 trận lũ bao gồm các trận lũ lớn, vừa và nhỏ từ mô phỏng liên tục trong mùa lũ các năm đã hiệu chỉnh và kiểm định, kết quả đánh giá (Bảng 1).



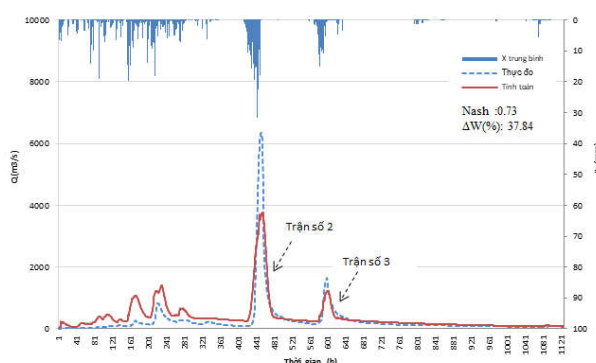
Hình 4: Nguyên lý tính toán dòng chảy trên sông



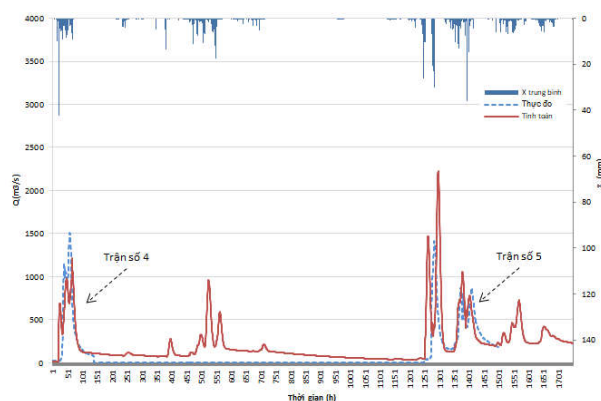
Hình 5: Sơ đồ mô phỏng lũ đến trạm thủy văn Bình Tường



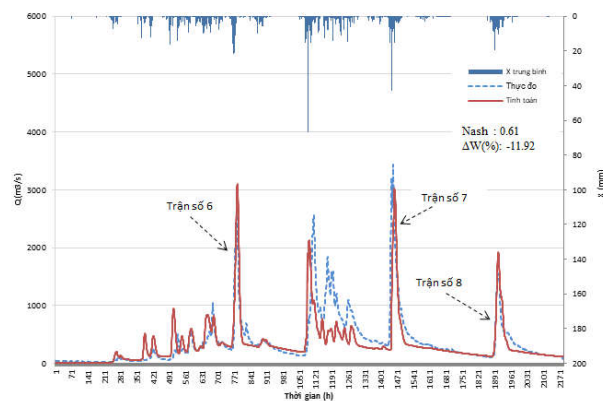
Hình 6: Dòng chảy tính toán và thực đo giai đoạn hiệu chỉnh (27/X/86 17:00-31/XII/86 23:00)



Hình 7: Dòng chảy tính toán và thực đo giai đoạn kiểm định (31/X/87 20:00-17/XII/87 19:00)



Hình 8: Dòng chảy tính toán và thực đo giai đoạn kiểm định (02/X/93 1:00- 31/XII/93 23:00)



Hình 9: Dòng chảy tính toán và thực đo giai đoạn kiểm định (01/X/96 20:00-31/XII/96 23:00)

Bảng 1: Chỉ tiêu đánh giá kết quả mô phỏng

Chỉ tiêu	Nash	ΔQ (%)	ΔT (h)	ΔW (%)
Trận số 1	0,79	5,47	9	-5,51
Trận số 2	0,73	-40,54	-3	-4,57
Trận số 3	0,85	-25,68	-1	-9,42
Trận số 4	0,55	-19,60	-8	-1,21
Trận số 5	0,45	20,83	-7	1,16
Trận số 6	0,80	5,03	-1	1,56
Trận số 7	0,47	-12,06	-5	-22,87
Trận số 8	0,74	24,26	2	1,84

3.3. Nhận xét, đánh giá kết quả tính toán

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho dòng chảy liên tục mùa lũ các năm cho hệ số Nash đạt trên 0,6 là chấp nhận được, đặc biệt đối với mùa lũ năm 1986 và 1987 hệ số Nash đạt trên 0,7, riêng năm 1993 do số liệu thực đo không liên tục trong toàn bộ mùa lũ vì vậy để đánh giá mô phỏng sẽ dựa vào các trận lũ trích xuất. Sai số tổng lượng có sự khác nhau giữa các năm mô phỏng, các năm 1986 và 1987 (Hình 6, 7) có tổng lượng mô phỏng lớn hơn thực đo, đặc biệt năm 1987 có dòng chảy tính toán cao hơn rất

nhiều so với dòng chảy thực đo, đối với các năm 1996 (Hình 8) trị số mô phỏng thấp hơn thực đo.

Đối với các trận lũ trích xuất từ mô phỏng dòng chảy lũ liên tục trong mùa lũ cho thấy kết quả mô phỏng khá tốt, riêng trận lũ số 5 cho kết quả Nash thấp nhất 0,45. Sai số lưu lượng đỉnh lũ ΔQ phần lớn đạt dưới 25%, trận lũ số 2 có chênh lệch đỉnh lũ ΔQ khá lớn 40,54%, hầu hết đỉnh lũ mô phỏng xuất hiện muộn hơn giá trị thực đo, riêng đối với trận số 1 và số 8 thời gian xuất hiện đỉnh sớm hơn. Sai số về tổng

lượng ΔW không lớn, đa số các trận đạt dưới 10%.

Các sai số trong mô phỏng có thể đến từ các nguyên nhân như sau:

- Dữ liệu mưa đầu vào cho mô hình: Các trạm đo mưa sử dụng trong mô phỏng còn ít, phân bố không đều (chủ yếu ở hạ lưu, ở thượng lưu rất ít). Trong khi, số liệu theo trạm đo chỉ thể hiện cho mưa tại nơi đặt trạm không phản ánh được sự thay đổi của mưa theo không gian đặc biệt đối với các trận mưa cường độ lớn xảy ra cục bộ. Trên toàn bộ lưu vực và lân cận, chỉ có 3 trạm mưa đo thời đoạn giờ là An Khê, Ba Tơ và Quy Nhơn. Việc thu phóng mưa giờ của các trạm mưa trong lưu vực ở thượng nguồn dựa vào 2 trạm mưa An Khê và Ba Tơ nằm ngoài lưu vực nghiên cứu cũng gây ra sai số giữa mô phỏng và thực đo.

- Sai số do số liệu đo dòng chảy thực đo: số liệu dòng chảy thực đo tại Bình Tường hầu hết được đo theo ớp 7h, đối với các trận lũ lớn có thể đo với ớp nhỏ hơn tuy nhiên việc đo này không liên tục, dẫn đến có thể chưa đo đúng được thời điểm đỉnh lũ xuất hiện. Trong khi mô hình mô phỏng theo bước tính 1 giờ cũng gây ra sai số trong mô phỏng, số liệu dòng chảy thực đo trên thực tế được ước tính từ đường quan hệ mực nước - lưu lượng cũng có thể chưa chính xác trong quá trình đo đặc biệt tại các trận lũ lớn.

- Mô hình trong hiệu chỉnh và kiểm định: Mô hình hiệu chỉnh rất nhiều thông số tại các tiểu lưu vực tuy nhiên chỉ dựa vào dòng chảy thực đo tại cửa ra của lưu vực. Ngoài ra việc mô phỏng thời gian chảy truyền chỉ có thể đánh giá dựa vào vào mô phỏng liên tục một mùa lũ sau đó để đơn giản trong quá trình tính toán áp dụng cho tất cả mô phỏng còn lại cũng gây ra sai số.

Trên thực tế thời gian chảy truyền khác nhau phụ thuộc vào từng trận lũ như sự phân bố của lũ theo không gian, hiện trạng mặt đệm của lưu vực... Vì thế, các thông số điều kiện ban đầu của lưu vực như lượng ẩm ban đầu, dòng chảy ngầm nên được cập nhật theo từng trận lũ.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng mô hình thông số phân bố có khả năng mô phỏng lũ theo không gian cho lưu vực sông Kone, sử dụng trực tiếp dữ liệu mưa tại các trạm đo mưa. Mô hình đã được hiệu chỉnh, kiểm định để mô phỏng dòng chảy lũ trong quá khứ. Kết quả hiệu chỉnh kiểm định tương đối tốt, hệ số Nash đạt trên 0,5 ở hầu hết các trận lũ thực đo được lựa chọn. Các sai số về tổng lượng, thời gian xuất hiện đỉnh lũ... là chấp nhận được thể hiện mô hình xây dựng có khả năng mô phỏng dòng chảy theo không gian và thời gian.

Hiện nay, khi các hồ chứa đã hoạt động trên lưu vực, mô hình có thể được nghiên cứu phát triển bổ sung thêm hoạt động của các hồ chứa bằng một mô đun vận hành hồ chứa. Đồng thời, với khả năng mô tả sự thay đổi của đặc trưng lưu vực theo không gian, mô hình này có thể cập nhật trực tiếp dữ liệu khí tượng dự báo từ các mô hình khí hậu, nên hoàn toàn có thể áp dụng mô hình trong dự báo lũ thời gian thực cho lưu vực trong giai đoạn hiện nay. Khi ứng dụng mô hình trong quá khứ, mạng lưới các trạm mưa còn thưa thớt, để nâng cao kết quả mô phỏng lũ, cần thu thập thêm dữ liệu mưa tại các trạm trong lưu vực, có thể kết hợp với các dữ liệu mưa radar để có khả năng thể hiện mưa theo không gian, nâng cao chất lượng mô phỏng lũ cũng như dự báo lũ của lưu vực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Arnold, J. G., Allen, P. M. and Bernhardt, G. (1993) 'A comprehensive surface-groundwater flow model', *Journal of Hydrology*. Elsevier, 142(1–4), pp. 47–69. doi: 10.1016/0022-1694(93)90004-S.
- [2] Baltas, E. A., Dervos, N. A. and Mimikou, M. A. (2007) 'Technical Note: Determination of the SCS initial abstraction ratio in an experimental watershed in Greece', *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(6), pp. 1825–1829. doi: 10.5194/hess-11-1825-2007.
- [3] Bevens, H. E. (1986) 'Estimating stream-aquifer interactions in coal areas of Eastern Kansas by using stream flow records', *U.S. Geological Survey*, (13), pp. 51–64.
- [4] Cunge, J. A. (1969) 'On The Subject Of A Flood Propagation Computation Method (Muskingum Method)', *Journal of Hydraulic Research*. Taylor & Francis Group, 7(2), pp. 205–230. doi: 10.1080/00221686909500264.
- [5] Department of Agriculture, U. S. (2004) 'Chapter 4 Storm Rainfall Depth', in *National Engineering Handbook*.
- [6] Moradkhani, H. and Sorooshian, S. (2009) 'General Review of Rainfall-Runoff Modeling: Model Calibration, Data Assimilation, and Uncertainty Analysis', in *Hydrological Modelling and the Water Cycle*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 1–24. doi: 10.1007/978-3-540-77843-1_1.
- [7] Smedema, L. K. and Rycroft, D. W. (1983) *Land Drainage: Planning and Design of Agricultural Drainage Systems*. Edited by C. U. Press. Ithaca: Batsford Academic and Educational Ltd, London.
- [8] Smith, M. B. *et al.* (2004) 'The distributed model intercomparison project (DMIP): motivation and experiment design', *Journal of Hydrology*. Elsevier, 298(1–4), pp. 4–26. doi: 10.1016/J.JHYDROL.2004.03.040.
- [9] Sugawara, M. (1995) 'Tank Model', in Singh, V. P. (ed.) *Computer models of watershed hydrology*. Colorado: Water Resources Publications, p. 1130.
- [10] Vaze, J. *et al.* (2011) *Guidelines for RainfallRunoff Modelling - Towards Best Practice Model Application*.
- WMO (2013) *Intercomparison of flood forecasting models. Decision-Support for the Selection of Flood Forecasting Models*.