

THIẾT LẬP MÔ HÌNH HEC-HMS DỰ BÁO LƯU LƯỢNG NƯỚC VÀO HỒ BẢN CHÁT MÙA LŨ 2020

Nguyễn Tuấn Anh, Dương Thị Thanh Hương, Trần Thị Thanh Huyền
Viện Cơ học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Tóm tắt

Bản Chát là một trong các hồ chứa lớn trên hệ thống bậc thang hồ chứa trên sông Đà. Việc điều hành hồ Bản Chát sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến công tác điều hành hồ Huội Quang và gián tiếp ảnh hưởng đến hồ Sơn La, Hòa Bình cũng như mực nước hạ du. Để nâng cao hiệu quả của công tác điều hành hồ phục vụ phát điện và phòng chống lũ, Phòng giảm nhẹ thiên tai (Viện Cơ học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, một trong sáu đơn vị tư vấn điều hành liên hồ chứa của Tổng cục phòng chống thiên tai) đã xây dựng, sử dụng các mô hình thủy văn hỗ trợ công tác dự báo lưu lượng vào hồ. Trong khuôn khổ bài báo này, nhóm tác giả thiết lập mô hình thủy văn HEC-HMS cho lưu vực hồ Bản Chát để phục vụ công tác dự báo dòng chảy đến hồ trong mùa lũ. Kết quả tính toán mô phỏng mùa lũ năm 2018, kiểm định năm 2019 và dự báo năm 2020 của mô hình HEC-HMS đã được so sánh, đánh giá với số liệu thực đo. Kết quả cho thấy mô hình có khả năng ứng dụng tốt trong công tác dự báo lưu lượng vào hồ.

Từ khóa: Mô hình thủy văn HEC-HMS; Dự báo lũ; Hồ Bản Chát.

Abstract

HEC-HMS hydrological model for forecasting the flow of water into Ban Chat reservoir during flood season 2020

Ban Chat is one of the major reservoirs on Da River system. The operation of Ban Chat reservoir directly affects the operation of Huoi Quang reservoir and indirectly affects Son La, Hoa Binh reservoirs as well as water level at downstream area. To improve the efficiency of reservoir operation for power generation and flood control, the Disaster Mitigation Department, Institute of Mechanics - Vietnam Academy of Science and Technology (one of six inter-reservoirs operating consultants of Vietnam Disaster Management Authority) was set up and used hydrological models to estimate the flow of water into reservoirs. In this study, a numerical model was developed for Ban Chat basin using HEC-HMS software in order to estimate the flow of water into Ban Chat reservoir during flood season. The simulation results of the flood season in 2018, calibration in 2019 and forecast for 2020 of this model were compared and evaluated with measured data. The results showed that the model was applicable in forecasting the flow of water into the reservoir.

Keywords: HEC-HMS Hydrological Model; Flood forecast; Ban Chat Reservoir.

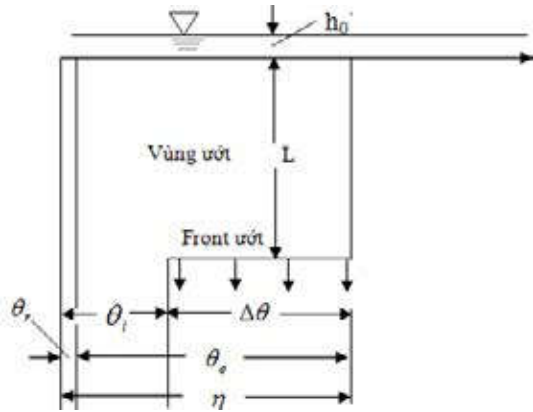
1. Mở đầu

Công tác dự báo lưu lượng vào các hồ chứa lớn trên sông Đà, đặc biệt là lưu lượng vào hồ Bản Chát trong mùa lũ là một nhiệm vụ rất khó khăn do đòi hỏi cần có số liệu mưa chi tiết, do sự phức tạp khi

tính toán dòng chảy từ mưa và do liên quan đến nhiều thông số địa hình, thảm phủ, khí hậu,... Chính vì vậy, Phòng giảm nhẹ thiên tai, Viện Cơ học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công Nghệ Việt Nam - một trong sáu đơn vị tư vấn điều hành hồ của

Nghiên cứu

hóa về thấm như minh họa trong Hình 1. Front ướt là một biên giới rõ rệt phân chia đất có hàm lượng ẩm ở phía bên dưới với đất bão hoà có hàm lượng ẩm ở bên trên. Front ướt thâm nhập vào đất tới độ sâu L ở thời điểm t tính từ khi thấm bắt đầu. Trên mặt đất có một lớp nước đọng mỏng với chiều sâu h_0 .



Hình 1: Các biến số trong phương pháp thấm Green- Ampt

Xét một cột đất thẳng đứng có diện tích mặt cắt ngang bằng đơn vị và xác định thể tích kiểm tra là thể tích bao quanh đất ướt giữa mặt đất và độ sâu L. Nếu lúc đầu, đất có hàm lượng ẩm θ_1 trên toàn bộ chiều sâu thì hàm lượng ẩm của đất sẽ tăng lên từ θ_1 tới η (độ rỗng) khi front ướt đi qua. Hàm lượng ẩm θ_1 là tỷ số của thể tích nước trong đất so với tổng thể tích bên trong thể tích kiểm tra, do đó lượng gia tăng của nước trữ bên trong thể tích kiểm tra do thấm sẽ là $L(\eta - \theta_1)$ đối với một đơn vị diện tích mặt cắt ngang. Độ sâu lũy tích của nước mưa thấm vào trong đất được tính:

$$F(t) = L(\eta - \theta_1) = L\Delta\theta \quad (1)$$

với $\Delta\theta = \eta - \theta_1$

Khi đã tìm được F, ta có thể xác định được tốc độ thấm f bằng phương trình sau:

$$f(t) = K \left[\frac{\psi\Delta\theta}{F(t)} + 1 \right] \quad (2)$$

Trong đó: K là độ dẫn thủy lực của đất; ψ là cột nước mao dẫn của front ướt; $\Delta\theta$ là khả năng thấm của tầng đất; F là độ sâu lũy tích của nước thấm vào đất.

$$F(t) = Kt + \psi\Delta\theta \ln \left(1 + \frac{F(t)}{\psi\Delta\theta} \right) \quad (3)$$

Phương trình (3) là phương trình phi tuyến đối với F, giải phương trình này bằng phương pháp thay thế liên tiếp. Cho trước các giá trị của K, t, ψ và $\Delta\theta$. Trước hết, giả thiết một giá trị thăm dò của F và gán vào vế phải của (3) (nên chọn giá trị thăm dò đầu tiên $F = Kt$), từ đó tính được giá trị mới của F ở vế trái. Giá trị mới này lại được coi là giá trị thăm dò thứ hai của F để gán vào vế phải, lặp lại cho đến khi các giá trị tính toán của F hội tụ về một hằng số. Giá trị tính toán cuối cùng của F được thay thế vào (2) để xác định tốc độ thấm tiềm năng f tương ứng.

Khi áp dụng mô hình Green- Ampt cần phải ước lượng được các thông số K, η và ψ . Quan hệ biến đổi của cột nước mao dẫn và độ dẫn thủy lực theo hàm lượng ẩm θ đã được Brooks và Corey (1964) nghiên cứu. Qua nhiều thí nghiệm đối với nhiều loại đất khác nhau, hai ông đã kết luận rằng cột nước mao dẫn ψ có thể được biểu thị bằng một hàm logarit của độ bão hoà hiệu dụng s_e [3].

Diễn toán kênh hở: Phương pháp Muskingum là một phương pháp diễn toán lũ đã được dùng phổ biến để điều khiển quan hệ động giữa lượng trữ và lưu lượng. Phương pháp này đã mô hình hóa lượng trữ của lũ trong một lòng sông bằng tổ hợp của hai loại dung tích, một dung tích hình nêm và một dung tích lăng trụ. Trong khi lũ lên, dòng vào vượt quá dòng ra nên đã tạo ra một dung tích hình nêm. Khi lũ rút, lưu lượng dòng ra lớn hơn lưu lượng dòng vào, dẫn đến dung tích hình nêm mang dấu âm. Ngoài ra, ta còn có dung tích lăng trụ

được tạo thành bởi thể tích của lòng dẫn lắng trụ với diện tích mặt cắt ngang không đổi dọc theo lòng dẫn.

Giả thiết rằng, diện tích mặt cắt ngang của dòng lũ tỷ lệ thuận với lưu lượng đi qua mặt cắt đó, thể tích của lượng trữ lắng trụ là KQ , trong đó K là hệ số tỷ lệ. Thể tích của lượng trữ hình nêm là $KX(I - Q)$, trong đó X là một trọng số có giá trị nằm trong khoảng $0 \leq X \leq 0.5$. Do đó, tổng lượng trữ sẽ bằng tổng của hai lượng trữ thành phần:

$$S = KQ + KX(I - Q) \quad (4)$$

Phương trình lượng trữ của phương pháp Muskingum được viết dưới dạng:

$$S = K[XI + (1-X)Q] \quad (5)$$

Phương trình này tiêu biểu cho một mô hình tuyến tính để diễn toán dòng chảy trong các dòng sông.

Giá trị của X phụ thuộc vào hình dạng của dung tích hình nêm đã mô hình hoá. Giá trị của X thay đổi từ 0 đối với loại dung tích kiểu hồ chứa, đến 0,5 đối với dung tích hình nêm đầy. Khi $X = 0$, dung tích hình nêm không tồn tại và do đó cũng không có nước vật. Đó là trường hợp của một hồ chứa có mặt nước nằm ngang. Trong trường hợp này, phương trình (5) sẽ dẫn đến một mô hình hồ chứa tuyến tính, $S = KQ$. Trong các sông thiên nhiên, X lấy giá trị giữa 0 và 0,3 với giá trị trung bình gần với 0,2. Việc xác định X với độ chính xác cao là không cần thiết, bởi vì các kết quả tính toán của phương pháp này tương đối ít nhạy cảm với giá trị của X . Tham số K là thời gian chảy truyền của sóng lũ qua đoạn lòng dẫn. Để xác định các giá trị của K và X trên cơ sở các đặc tính của lòng dẫn và lưu lượng, ta có thể sử dụng một phương pháp gọi là Muskingum - Cunge. Trong diễn toán lũ, giá trị của K và X được giả thiết đã biết và không đổi trên toàn phạm vi thay đổi của dòng chảy.

Các giá trị của lượng trữ tại thời điểm j và $j+1$ theo (5) được viết Δt là:

$$S_j = K[XI_j + (1-X)Q_j] \quad (6)$$

$$S_{j+1} = K[XI_{j+1} + (1-X)Q_{j+1}] \quad (7)$$

Sử dụng các phương trình (6) và (7), ta tính được số gia của lượng trữ trên khoảng thời gian Δt là:

$$S_{j+1} - S_j = K\{[XI_{j+1} + (1-X)Q_{j+1}] - [XI_j + (1-X)Q_j]\} \quad (8)$$

Số gia của lượng trữ còn có thể biểu thị bằng phương trình:

$$S_{j+1} - S_j = \frac{I_j + I_{j+1}}{2} \Delta t - \frac{Q_j + Q_{j+1}}{2} \Delta t \quad (9)$$

Kết hợp (8), (9) và sau khi rút gọn ta thu được:

$$Q_{j+1} = C_1 I_{j+1} + C_2 I_j + C_3 Q_j \quad (10)$$

Đó là phương trình diễn toán của phương pháp Muskingum, trong đó

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X) + \Delta t} \quad (11)$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1-X) + \Delta t} \quad (12)$$

$$C_3 = \frac{2K(1-X) - \Delta t}{2K(1-X) + \Delta t} \quad (13)$$

Lưu ý rằng: $C_1 + C_2 + C_3 = 1$

Ta có thể xác định được K và X nếu trong đoạn sông đang xét đã có sẵn các đường quá trình lưu lượng thực đo của dòng vào và dòng ra. Giả thiết nhiều giá trị khác nhau của X và sử dụng các giá trị đã biết của các đường quá trình lưu lượng, ta tính được các giá trị liên tiếp của tử số và mẫu số trong biểu thức của K được suy ra từ (8), (9)

$$K = \frac{0.5\Delta t[(I_{j+1} + I_j) - (Q_{j+1} + Q_j)]}{X(I_{j+1} - I_j) + (1-X)(Q_{j+1} - Q_j)} \quad (14)$$

Các giá trị tính toán của tử số và mẫu số cho từng khoảng thời gian được chấm trên đồ thị với tử số được đặt trên trục tung và mẫu số đặt trên trục hoành. Nói

Nghiên cứu

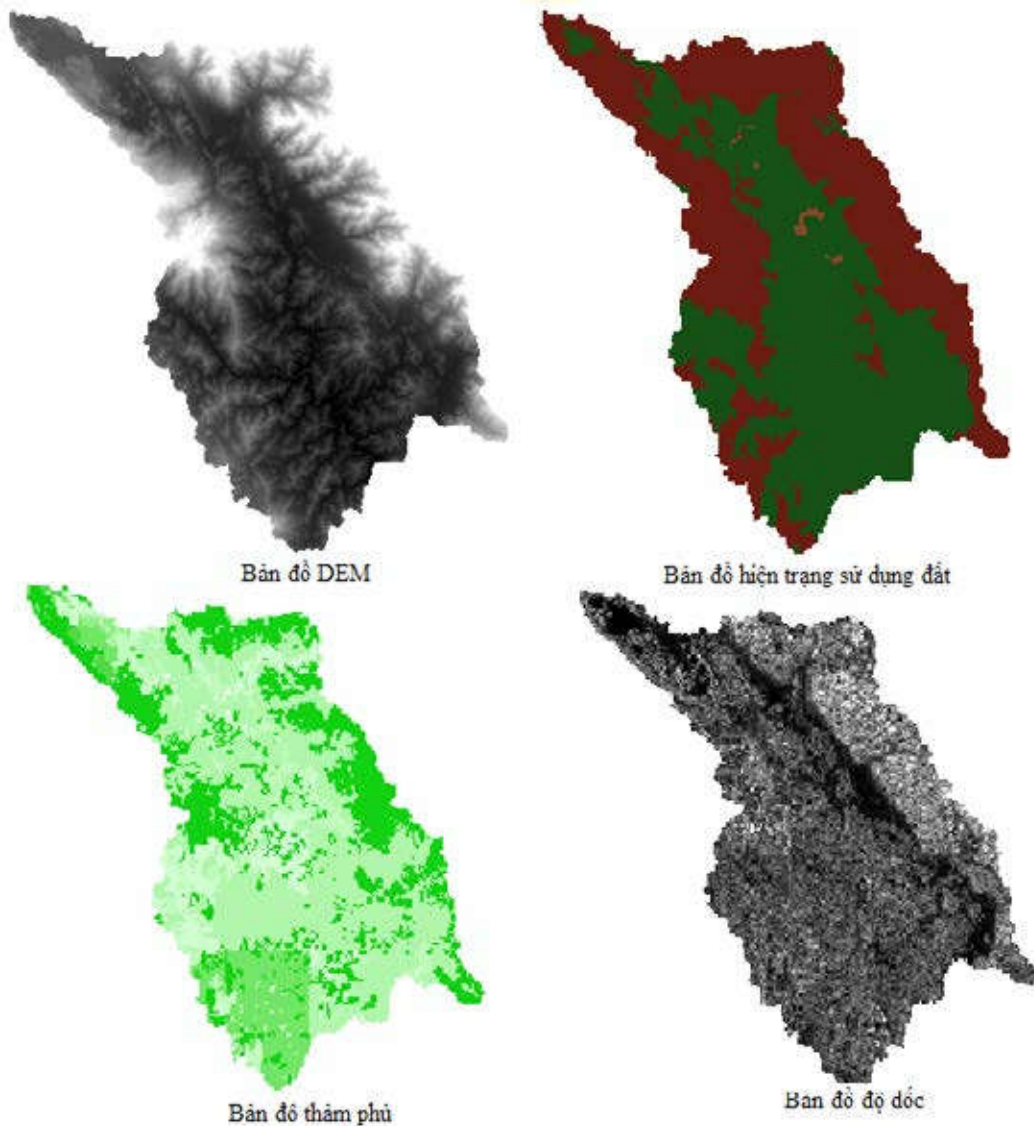
chung, ta sẽ thu được một đồ thị có dạng đường vòng dây. Giá trị đúng của X là giá trị làm cho đường vòng dây thu hẹp gần sát nhất thành một đường đơn nhất và độ dốc của đường này theo (14) chính là K. Bởi vì K là thời gian cần thiết để sóng lũ vận động qua đoạn lòng dẫn nên giá trị của nó có thể được ước lượng bằng thời gian chảy truyền thực đo của đỉnh lũ trong đoạn lòng dẫn đang xét. Nếu ta không có số liệu thực đo các đường quá trình lưu lượng của dòng vào và dòng ra để xác định K và X, các giá trị này có thể được

ước lượng bằng phương pháp Muskingum - Cunge [4].

4. Số liệu đầu vào và thiết lập mô hình

4.1. Số liệu địa hình

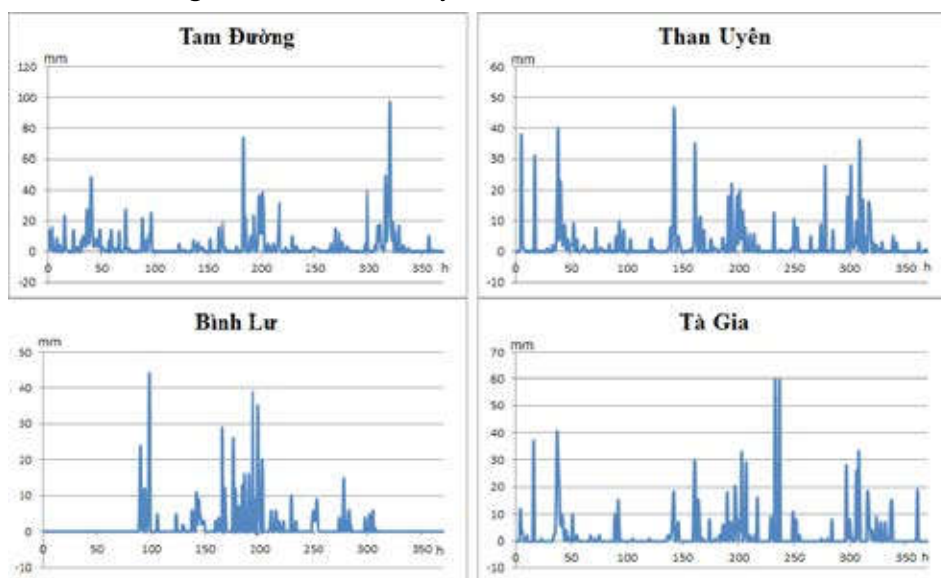
Nhóm tác giả thu thập bản đồ địa hình 1:50.000, bản đồ hiện trạng sử dụng đất, phân loại đất tỉ lệ 1:50.000 (Được xây dựng năm 2015) làm số liệu đầu vào cho mô hình. Sau khi thu thập được các loại bản đồ trên nhóm tác giả phân chia lưu vực rồi tính toán ra độ dốc, nhám và độ thấm của từng lưu vực,...



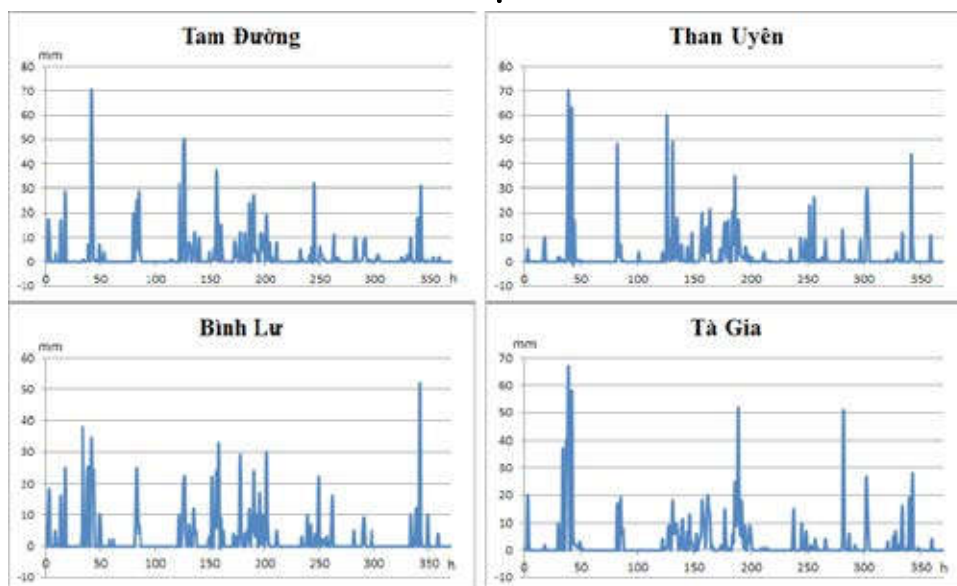
Hình 2: Dữ liệu của hồ Bản Chát

4.2. Số liệu thủy văn

Có 4 trạm đo mưa trên lưu vực hồ Bản Chát được đưa vào sử dụng tính toán, gồm các trạm Tam Đường, Bình Lư, Than Uyên và Tà Gia.



Hình 3: Biểu đồ mưa lưu vực hồ Bản Chát năm 2018



Hình 4: Biểu đồ mưa lưu vực hồ Bản Chát năm 2019

Bảng 1. Tọa độ các trạm đo mưa trên lưu vực hồ Bản Chát

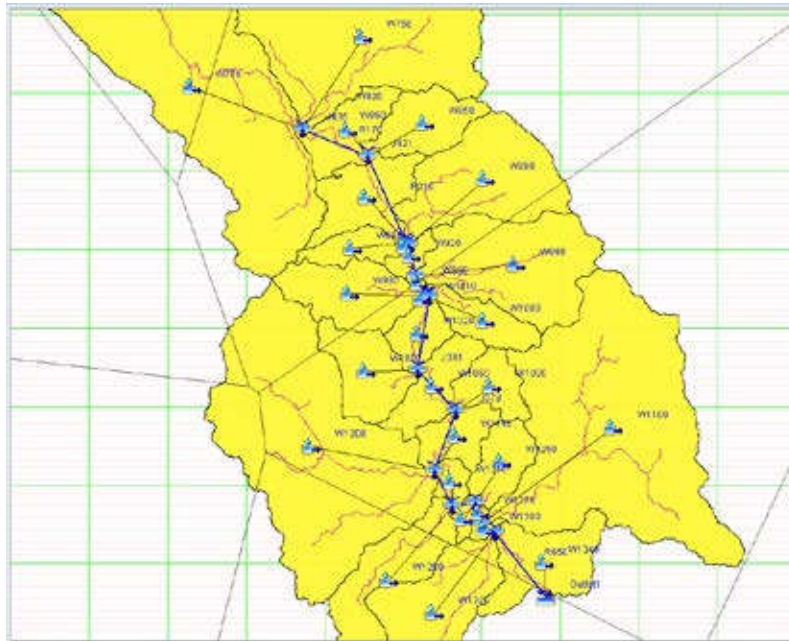
Hồ	Khu vực mưa	Trạm mưa	Kinh độ	Vĩ độ
Bản Chát	Thượng lưu	Tam Đường	103° 29' 00"	22° 25' 00"
		Bình Lư	103° 36' 36"	22° 22' 12"
	Vùng hồ	Than Uyên	103° 54' 00"	22° 00' 00"
		Tà Gia	103° 47' 60"	21° 47' 00"

Nghiên cứu

5. Thiết lập mô hình

Lưu vực hồ Bản Chát có diện tích gần 2.050 km² được chia thành 29 lưu vực con với diện tích từ 0,2 đến 290 km² như Hình 5. Việc phân chia lưu vực con được thực hiện trên bản đồ DEM và bản đồ mạng sông suối bằng công cụ Hec Geo - HMS chạy trên nền ArcGis. Việc tích hợp công cụ Hec Geo - HMS vào ArcGis cho phép

tính toán việc phân chia lưu vực, xác định hướng dòng chảy, xác định các đặc trưng lưu vực,... một cách tự động. Số tiểu lưu vực được chia tự động phụ thuộc vào độ chi tiết của bản đồ mạng lưới sông, suối trong toàn lưu vực hồ Bản Chát và phụ thuộc vào đường chia nước trên bề mặt. Sau khi công cụ Hec Geo - HMS chia lưu vực tự động, người dùng có thể gộp các lưu vực nhỏ thành một lưu vực lớn hơn.



Hình 5: Phân chia lưu vực hồ Bản Chát

Phương pháp tính tổn thất được dùng là hàm Green and Ampt, diễn toán dòng chảy dùng phương pháp Muskingum. Trong chuyển đổi dòng chảy nhóm tác giả sử dụng phương pháp SCS Unit Hydrograph trong đó dùng phương trình SCS (1972) để tính thời gian trễ cho từng tiểu lưu vực. Thời gian tập trung nước trong các tiểu lưu vực được thể hiện như Bảng 2.

Công thức tính thời gian trễ như sau:

$$T_{LAG} = L^{0.8} \frac{(S+1)^{0.7}}{1900\sqrt{Y}}$$

Trong đó:

T_{LAG} : thời gian trễ (giờ).

L: Chiều dài lưu vực (feet).

Y = độ dốc lưu vực (%).

S = nước bị giữ tối đa trong lưu vực (inch)

CN = Chỉ số đường cong SCS cho lưu vực xác định theo phương pháp tính tổn thất

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$CN = 95$$

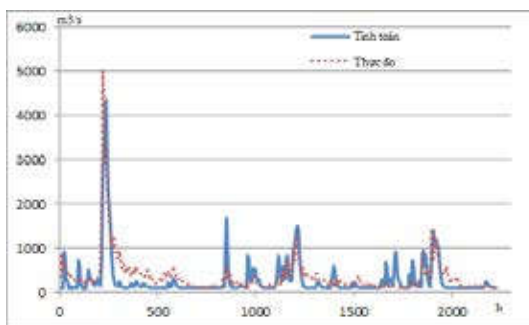
Bảng 2. Thời gian chảy truyền trong các tiểu lưu vực hồ Bản Chát

Tên lưu vực	Thời gian truyền (phút)	Tên lưu vực	Thời gian truyền (phút)
W770	698,14	W1020	190,71
W850	287,90	W1060	235,87
W820	253,58	W1090	192,56
W860	288,81	W1200	499,08
W900	257,40	W1140	239,16
W880	403,63	W1290	363,71
W910	34,93	W750	511,55
W990	372,34	W1210	134,52
W920	150,39	W1250	219,84
W980	319,64	W1280	92,41
W960	83,52	W1100	556,66
W1000	263,27	W1270	58,27
W1010	42,12	W1320	334,73
W1070	270,86	W1300	83,92
		W1340	280,98

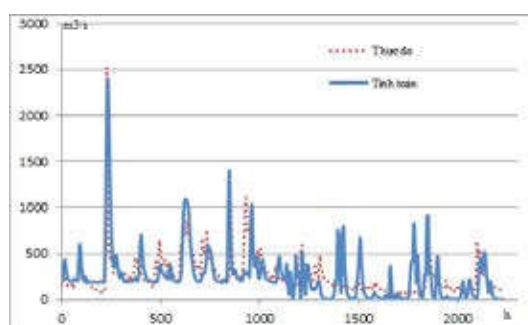
6. Kết quả

6.1. Kết quả mô phỏng và kiểm định

Với số liệu đã thu thập được, nhóm tác giả đã tính toán, mô phỏng lại lưu lượng vào hồ Bản Chát từ 15/06 - 15/09 năm 2018 và kiểm định mô hình với số liệu năm 2019. Kết quả mô phỏng so sánh với thực đo bằng chỉ số NSE đạt 0,7 ở mức tốt. Một số đỉnh lớn mô hình HEC-HMS đã bắt khá tốt, tuy nhiên một số đỉnh mô hình chưa bắt được. Đây cũng có thể là do các trạm đo mưa trên lưu vực hồ Bản Chát chưa đủ dày để phản ánh hết mưa cục bộ vào mô hình. Hình 6 và 7 là hình vẽ so sánh tính toán và thực đo lưu lượng vào hồ Bản Chát năm 2018 và năm 2019.



Hình 6: So sánh lưu lượng tính toán bằng mô hình HEC-HMS năm 2018 với thực đo

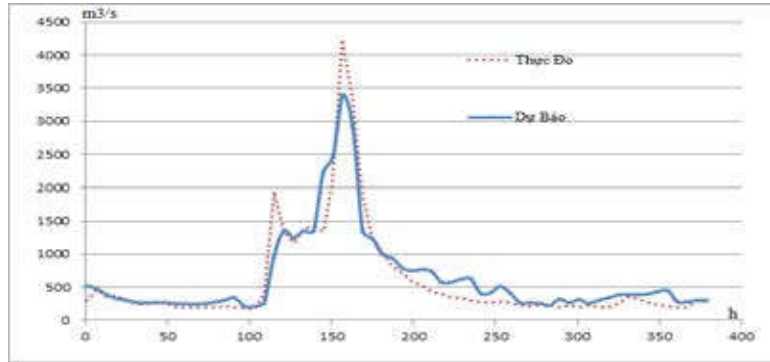


Hình 7: So sánh lưu lượng tính toán bằng mô hình HEC-HMS năm 2019 với thực đo

6.2. Thử nghiệm dự báo

Sau khi mô phỏng năm 2018, nhóm tác giả dùng bộ thông số đã mô phỏng cho năm 2018 chạy kiểm định cho năm 2019 và dự báo cho năm 2020. Kết quả dự báo năm 2020 từ 01/7 - 31/7 đạt kết quả tốt, chỉ số NSE đạt 0,85. Hình 8 là kết quả dự báo lưu lượng vào hồ Bản Chát mùa lũ năm 2020.

Nghiên cứu



Hình 8: So sánh lưu lượng dự báo bằng HEC-HMS với thực đo từ 01 - 31/7/2020

7. Kết luận

Sau khi thiết lập và đưa mô hình HEC-HMS vào tính toán, dự báo nhóm tác giả nhận thấy việc ứng dụng mô hình HEC-HMS để dự báo lưu lượng vào hồ Bản Chát là hoàn toàn khả thi và có độ tin nhất định. Tuy nhiên cần có hệ thống trạm đo mưa dày đặc hơn trên lưu vực hồ Bản Chát để có thể phản ánh được hoàn toàn mưa cục bộ vào mô hình thay vì một vài trạm mưa đại diện cho cả lưu vực như hiện nay. Kết quả này cũng là cơ sở để thiết lập mô hình HEC-HMS cho các lưu vực khác trên hệ thống sông Đà.

Chỉ số NSE cho thấy kết quả mô phỏng và dự báo đạt mức tốt còn kiểm định chỉ đạt mức trung bình. Nguyên nhân là do khi kiểm định nhóm tác giả tính toán cho cả 03 tháng mùa lũ còn khi dự báo thì mỗi bản tin dự báo chỉ dự báo cho 24h.

Do vậy, hàng ngày khi dự báo mô hình đều được hiệu chỉnh lại sai số theo số liệu thực đo mới nhất nên kết quả khả quan hơn chạy kiểm định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. HEC HMS user manual.
- [2]. HEC GEOHMS user manual.
- [3]. Công ty tư vấn và chuyển giao công nghệ trường Đại học Thủy lợi - Chi nhánh miền Nam, Quy trình hướng dẫn thiết kế - Hướng dẫn sử dụng phần mềm HEC HMS, Tập 8: Hướng dẫn tính toán Thủy văn - Thủy lực, Tr 10 - 11.
- [4]. Công ty tư vấn và chuyển giao công nghệ trường Đại học Thủy lợi - Chi nhánh miền Nam, Quy trình hướng dẫn thiết kế - Hướng dẫn sử dụng phần mềm HEC HMS, Tập 8: Hướng dẫn tính toán Thủy văn - Thủy lực, Tr 24 - 26.

BBT nhận bài: 04/9/2020; Phản biện xong: 26/9/2020; Chấp nhận đăng: 15/12/2020