



ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HEC - HMS MÔ PHÒNG DÒNG CHẢY LŨ TRÊN LƯU VỰC SÔNG NGÒI HÚT

TRẦN VĂN TÌNH¹, PHẠM TRƯỜNG GIANG², NGUYỄN QUỐC VIỆT³, MAI QUANG TUẤN¹

¹Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

²Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia

³Sinh viên trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Bài báo trình bày kết quả mô phỏng dòng chảy lũ trên lưu vực sông (LVS) Ngòi Hút tính đến trạm thủy văn Ngòi Hút sử dụng mô hình thủy văn HEC - HMS. Các thông số của mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định dựa vào số liệu dòng chảy lũ thực đo của các trận lũ năm 2024 và theo phương pháp thử sai, Số liệu mưa giờ được sử dụng tại 4 trạm đo mưa nhân dân trên lưu vực. Trước khi mô hình được áp dụng để mô phỏng đường quá trình dòng chảy lũ thiết kế theo các tần suất lũ thiết kế 1%, 2%, 5% và 10%. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho thấy mô hình HEC - HMS đã mô tái hiện rất tốt đường quá trình lưu lượng lũ thực đo, với $r \geq 0,75$, lưu lượng đỉnh lũ khá tương đồng với sự xuất hiện đỉnh mưa tại các trạm đo mưa.

Từ khóa: Ngòi Hút, dòng chảy lũ, HEC - HMS.

Ngày nhận bài: 13/10/2025; Ngày sửa chữa: 6/11/2025; Ngày duyệt đăng: 25/11/2025.

Application of the HEC-HMS model to simulate flood flow in Ngoi Hut river basin

Abstract

This paper presents the results of flood-flow simulations for the Ngoi Hut River basin, up to the Ngoi Hut gauging station, using the HEC-HMS hydrologic model. Model parameters were calibrated and validated against observed flood discharge data from the 2024 flood events using a trial-and-error approach. Hourly precipitation data recorded at four community rain gauges distributed across the basin were used as input. After calibration, the model was applied to simulate design flood hydrographs corresponding to design flood probabilities of 1%, 2%, 5% and 10%. The calibration and validation results indicate that HEC-HMS satisfactorily reproduced the observed flood hydrographs ($r \geq 0.75$), and the simulated peak discharges coincided closely with the timing of rainfall peaks recorded at the gauges.

Keywords: Ngoi Hut river, flood flow, HEC = HMS.

JEL Classifications: Q53, O44, Q54.

1. GIỚI THIỆU

Sông Ngòi Hút có chiều dài khoảng 75 km với diện tích lưu vực khoảng 622 km². Trong những năm gần đây, trên lưu vực này các trận lũ lớn xảy ra ngày càng nhiều và cường độ ngày càng gia tăng. Cảnh báo lũ sớm được coi là một trong những biện pháp hiệu quả nhất nhằm giảm thiểu rủi ro do lũ gây ra. Sông Ngòi Hút là phụ lưu cấp 1 của Sông Thao, do đó việc mô phỏng dòng chảy lũ trên LVS Ngòi Hút sẽ giúp xác định được lượng gia nhập khu giữa khi mô phỏng, dự báo dòng chảy lũ trên sông Thao. Cho đến nay, nội dung tính toán lượng gia nhập khu giữa từ sông Ngòi Hút chảy vào sông Thao đã có một số nghiên cứu thực hiện. Lê Bắc Huỳnh và cộng sự đã sử dụng mô hình SSARR để mô phỏng dòng chảy lũ, lượng mưa đưa vào mô phỏng của LVS Ngòi Hút chỉ có 1 trạm đo mưa, không có trạm đo mưa ở vùng núi, rừng nơi có lượng mưa thường lớn hơn. Do vậy, việc mô phỏng dòng chảy từ

mưa gặp khó khăn nhất định do mưa kém đại biểu [1]. Trần Văn Tình và cộng sự đã nghiên cứu áp dụng mô hình MIKE Flood mô phỏng bản đồ ngập lụt thành phố Yên Bái, nghiên cứu này sử dụng dữ liệu thực đo làm đầu vào để mô phỏng mức độ ngập lụt của các trận lũ, chưa tính toán lượng gia nhập khu giữa theo các tần suất thiết kế [2].

Các mô hình thủy văn là công cụ hiệu quả trong mô phỏng dòng chảy trên LVS, đã được nhiều nhà khoa học sử dụng mô phỏng dòng chảy lũ. Trong đó, mô hình HEC - HMS [3-6] và mô hình MIKE NAM [7-10] đã được nhiều nghiên cứu sử dụng để mô phỏng dòng chảy lũ.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Khu vực nghiên cứu

LVS Ngòi Hút là phụ lưu cấp 1 của sông Hồng, chảy qua các xã phía tây tỉnh Lào Cai. Khu vực đầu nguồn nằm ở xã Tú Lễ, chảy qua địa phận các xã Phong Dụ

Thượng, Phong Dụ Hạ, chảy vào sông Hồng tại xã Đông Công. Trên lưu vực có 1 trạm thủy văn Ngòi Hút, 4 trạm đo mưa nhân dân bắt đầu hoạt động từ năm 2023 (Hình 1).

2.2. Dữ liệu nghiên cứu

Tài liệu địa hình: Bản đồ số độ cao DEM có kích thước 30 x30 m tại lưu vực nghiên cứu.

Lưu lượng dòng chảy trong các trận lũ năm 2024 của trạm thủy văn Ngòi Hút.

Lượng mưa giờ năm 2024: Tại các trạm đo mưa tự động Tú Lệ, Gia Hoi, Nam Co, Lang Cang.

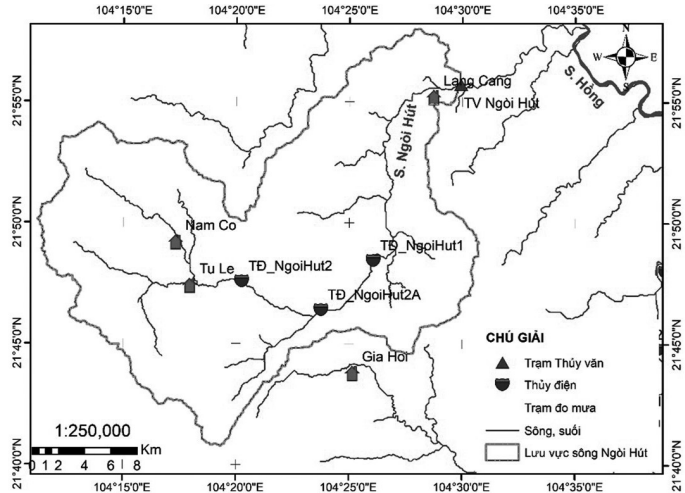
Tổng lượng mưa 3 ngày lớn nhất từ năm 1994 đến năm 2023 tại trạm khí tượng Mù Cang Chải.

2.3. Giới thiệu về mô hình HEC - HMS

Mô hình thủy văn HEC - HMS là sản phẩm của các kỹ sư thuộc trung tâm thủy văn công trình, quân đội Hoa Kỳ, là mô hình có khả năng nổi bật trong mô phỏng dòng chảy lũ [6]. Mô hình bao gồm hầu hết các phương pháp tính toán dòng chảy trong lưu vực và diễn toán dòng chảy trên các kênh, sông, công trình hồ chứa, đập dâng.

2.4. Thiết lập mô hình HEC - HMS cho lưu vực nghiên cứu

Hình 2 là cửa sổ thiết lập mô hình HEC - HMS cho LVS Ngòi Hút tính đến trạm Thủy văn Ngòi Hút. Cụ thể, lưu vực nghiên cứu được chia thành 4 tiểu lưu vực, trong đó: tiểu lưu vực Ngòi Hút 2 có diện tích 217,65 km² với phạm vi khống chế đến thủy điện Ngòi Hút 2, tiểu lưu vực Ngòi Hút 2A có diện tích 79,91 km² với phạm vi khống chế từ thủy điện Ngòi Hút 2 đến thủy điện Ngòi Hút 2A, tiểu lưu vực Ngòi Hút 1 có diện tích 29,37 km² với phạm vi khống chế từ thủy điện Ngòi Hút 2A đến thủy điện Ngòi Hút 1, tiểu lưu vực Ngòi Hút có diện tích 226,2 km² với phạm vi khống chế từ thủy điện Ngòi Hút 2A



Hình 1. Bản đồ LVS Ngòi Hút

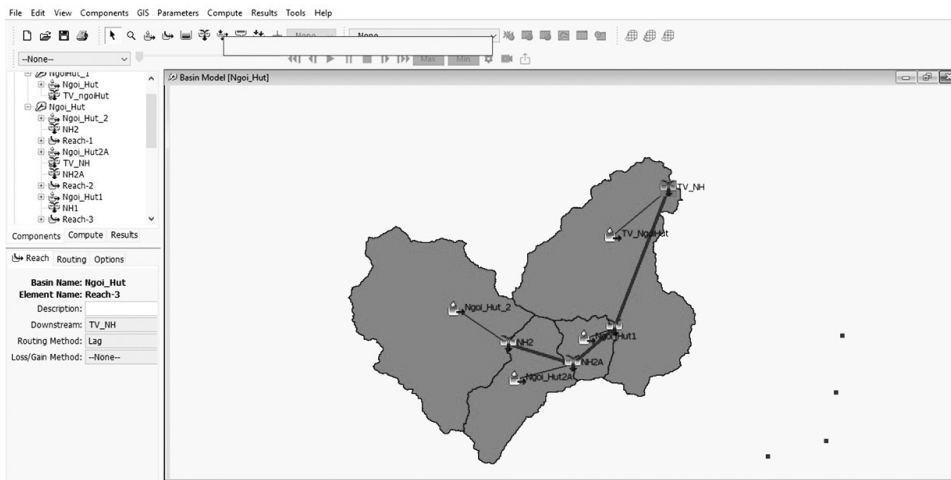
đến trạm thủy văn Ngòi Hút. Các tiểu lưu vực được kết nối với nhau thông qua các đoạn sông tại các điểm nút của cửa ra khống chế các tiểu lưu vực. Diện tích các tiểu lưu vực, tỷ lệ tổn thất ban đầu, tỷ lệ phần trăm không thấm, thành phần dòng chảy ngầm cùng các đặc trưng khác của từng tiểu lưu vực được khai báo vào trong mô hình. Nghiên cứu sử dụng phương pháp Muskingum để diễn toán dòng chảy trong các đoạn sông (Hình 2).

Trong lưu vực nghiên cứu có các trạm đo mưa tự động Tu Le, Gia Hoi, Nam Co, Lang Cang và trạm thủy văn Ngòi Hút (Hình 1). Do đó, để xác định thông số của mô hình HEC - HMS số liệu mưa giờ và lưu lượng dòng chảy của một số trận lũ lớn năm 2024 đã được sử dụng cho hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số của mô hình.

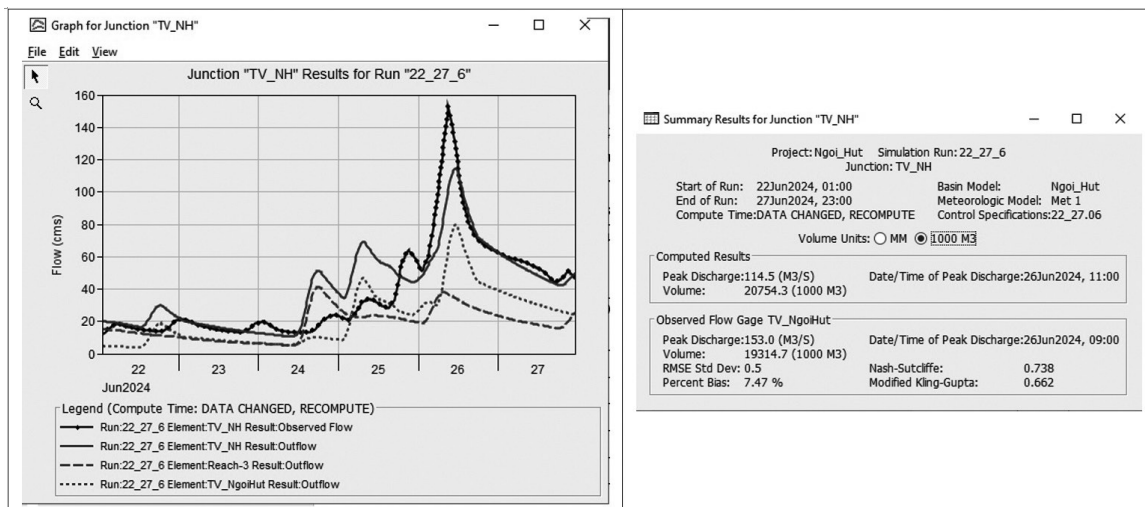
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả hiệu chỉnh bộ thông số của mô hình

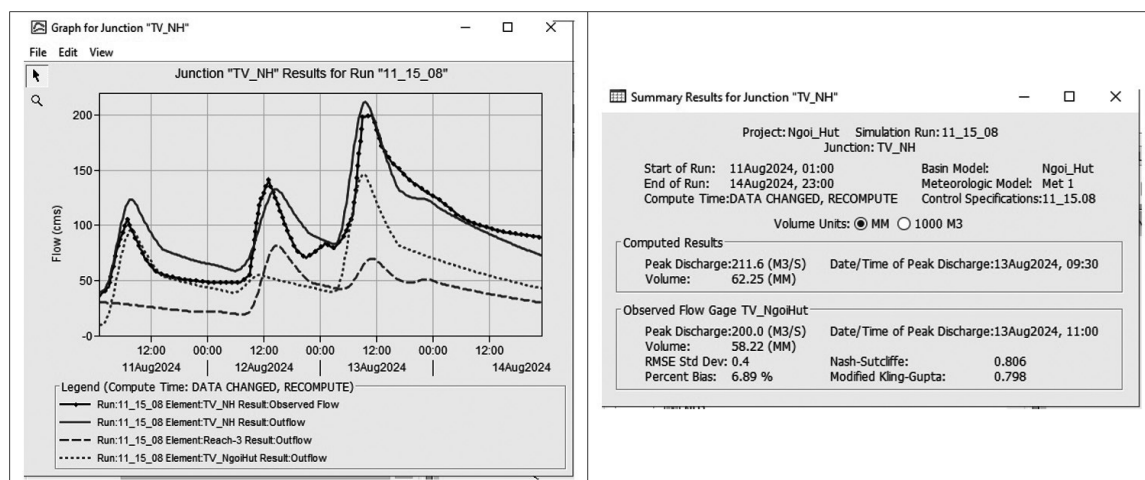
Sử dụng số liệu mưa và dòng chảy các trận lũ xảy ra ngày 22-27/6/2024 và 11-24/8/2024, các mô phỏng khác nhau đã được thực hiện để xác định bộ thông số của mô hình HEC - HMS. Các thông số của mô hình được xác định theo



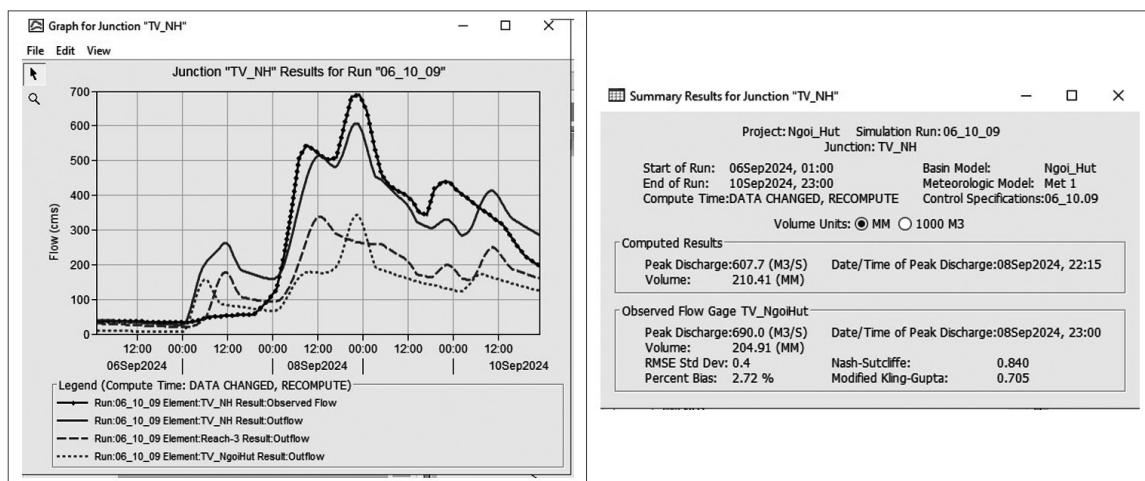
Hình 2. Sơ đồ kết nối mô phỏng các tiểu lưu vực trên LVS Ngòi Hút



Hình 3. Biểu đồ kết quả tính toán và thực đo lưu lượng dòng chảy tại trạm Ngòi Hút với trận lũ số 1 (22/6/2024 - 26/06/2024)



Hình 4. Biểu đồ kết quả tính toán và thực đo lưu lượng dòng chảy tại trạm Ngòi Hút với trận lũ số 2 (11/8/2024 - 14/08/2024)



Hình 5. Biểu đồ kết quả tính toán và thực đo lưu lượng dòng chảy tại trạm Ngòi Hút với trận lũ số 3 (6/9/2024 - 10/9/2024)

Bảng 1. Chỉ tiêu đánh giá kết quả hiệu chỉnh và kiểm định tại trạm thủy văn Ngòi Hút

Chỉ tiêu	Hiệu chỉnh				Kiểm định	
	Trận lũ 1		Trận lũ 2		Trận lũ 3	
Nash	0,738		0,806		0,84	
r	0,75		0,83		0,86	
Sai số tổng lượng (%)	7,47		6,89		2,72	
Thời gian xuất hiện đỉnh	Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán	Thực đo	Tính toán
	26/06 09:00	26/06 11:00	13/08 11:00	13/08 9:30	08/09 23:00	08/09 22:15
Đỉnh lũ	153	115	200	212	690	608
Chênh lệch đỉnh lũ (m ³ /s)	38		12		82	

Bảng 2. Bộ thông số hiệu chỉnh và kiểm định các tiểu LVS Ngòi Hút

Thông số	Tiểu lưu vực			
	Ngòi Hút 2	Ngòi Hút 2A	Ngòi Hút 1	TV Ngòi Hút
<i>Tổn Thất (Loss)</i>				
Tổn thất ban đầu (initial Abstraction) (mm)	4 - 7	5 - 6,5	4 - 7	3 - 7
Tổn thất ổn định (constant Rate) (mm/giờ)	3	3	3	3
% Diện tích không thấm (Impervious)	5	5	5	5
<i>Chuyển đổi dòng chảy (Transform)</i>				
Thời gian trễ (Standart lag) (h)	7	6	6	8
Hệ số đỉnh (Peaking coefficient)	0.556	0.556	0.556	0.556
<i>Dòng chảy ngầm (Baseflow)</i>				
Dòng chảy ngầm ban đầu (Initial discharge) (m ³ /s)	15	15	10	20
Hằng số nước rút (Recession constant)	0.6	0.6	0.6	0.6
Hệ số lệch đỉnh (Ratio)	0.66	0.66	0.66	0.66

phương pháp thử sai. Dựa trên giá trị của các chỉ tiêu đánh giá sai số (bao gồm hệ số Nash, hệ số tương quan, sai số tổng lượng, giá trị đỉnh lũ và thời gian xuất hiện đỉnh lũ (Hình 3,4).

Các kết quả mô phỏng dòng chảy lũ tại trạm thủy văn Ngòi Hút so với giá trị thực đo cho thấy xu thế của đường quá trình lũ mô phỏng và thực

đo là tương đối giống nhau (Hình 3 và Hình 4), hệ số Nash tương ứng là 0,74 và 0,81, sai số tổng lượng lũ nhỏ hơn 7,5%, sai số thời gian xuất hiện đỉnh nhỏ hơn 2 giờ (Bảng 1). Các kết quả trên thể hiện rằng các giá trị của bộ thông số mô hình (Bảng 2) đã tìm được là phù hợp và có thể sử dụng cho bước tiếp theo của nghiên cứu.

3.2. Kiểm định mô hình

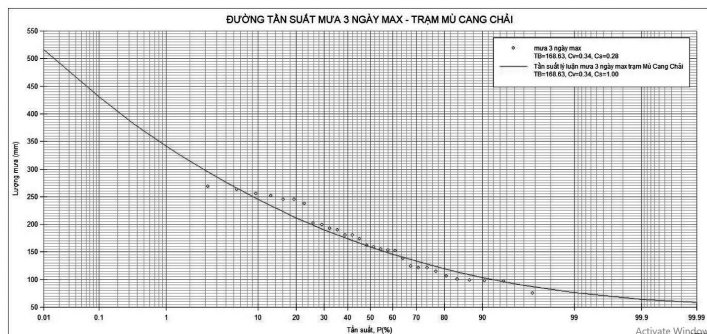
Để kiểm định bộ thông số của mô hình, số liệu mưa và lưu lượng dòng chảy lũ xảy ra từ ngày 6 đến ngày 10/9/2024 đã được sử dụng. Khi kiểm định, giữ nguyên các giá trị của bộ thông số mô hình đã tìm được trong giai đoạn hiệu chỉnh. Hình 5 và bảng 1 thể hiện kết quả kiểm định của mô hình.

Mô hình tái hiện tốt hình dạng và thời điểm lũ, NSE = 0.84, r=0.86. Tuy nhiên, đỉnh mô phỏng hơi cao (690 vs 608 m³/s, chênh 82 m³/s). Như vậy, các giá trị của bộ thông số mô hình HEC - HMS đã tìm được được trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định là phù hợp và có thể sử dụng để mô phỏng dòng chảy lũ theo các kịch bản.

3.3. Kết quả mô phỏng dòng chảy lũ theo các kịch bản và thảo luận

Do trên lưu vực nghiên cứu có trạm khí tượng Mù Cang Chải là gần nhất. Vì vậy, để mô phỏng dòng chảy lũ tại khu vực nghiên cứu theo các tần suất thiết kế 1%, 5% và 10%, nghiên cứu đã sử dụng chuỗi số liệu tổng lượng mưa 3 ngày lớn nhất từ năm 1995 đến năm 2024 để xây dựng đường tần suất lý luận tổng lượng mưa 3 ngày lớn nhất tại theo phân phối PIII. Kết quả tính toán xây dựng đường tần suất được thể hiện Hình 6.

Căn cứ vào các trận lũ đã thu thập được trên lưu vực tiến hành thu phóng mưa các tiểu lưu vực ứng với tần suất thiết kế 1%, 2%, 5% và 10% theo trận mưa điển hình từ ngày 7/9 - 9/9/2024. Kết quả mô hình dòng chảy lũ theo các tần suất thiết kế cho thấy thời gian của các trận lũ kéo dài khoảng 100 giờ, giá trị lưu lượng



Hình 6. Các đặc trưng thống kê của đường tần suất lý luận và mưa ứng với tần suất thiết kế

đỉnh lũ ứng với các tần suất thiết kế 1%, 2%, 5% và 10% lần lượt là 763 m³/s, 613 m³/s, 495 m³/s, 388 m³/s. Đường quá trình dòng chảy lũ có xu hướng khác nhau giữa các tiểu lưu vực, nguyên nhân dẫn đến hiện tượng trên do sự phân bố mưa không đều trên lưu vực trong các trận mưa.

Các kết quả mô phỏng dòng chảy lũ theo các tần suất thiết kế trên LVS Ngòi Hút và các tiểu lưu vực có thể được sử dụng làm đầu vào cho tính toán xây dựng các bản đồ nguy cơ ngập lụt khi sử dụng các mô hình thủy động lực. Ngoài ra, các kết quả mô phỏng dòng chảy lũ đến các tiểu lưu vực được là dữ liệu dòng chảy đến của các hồ chứa Ngòi Hút 1, Ngòi Hút 2, Ngòi Hút 2A theo các tần suất lũ thiết kế và được sử dụng nhằm hỗ trợ công tác điều tiết lũ của các hồ chứa này phục vụ phòng chống thiên tai.

4. KẾT LUẬN

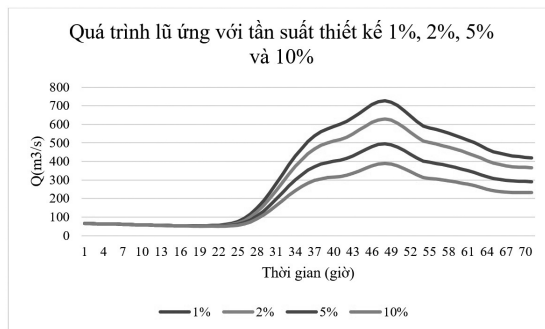
Nghiên cứu đã sử dụng dữ liệu mưa giờ của các trạm đo mưa tự động và lưu tượng dòng chảy tương ứng với các trận lũ trong năm 2024 để hình chỉnh và kiểm định, tìm ra bộ thông số của mô hình HEC - HMS cho LVS Ngòi Hút.

Thời gian duy trì dòng chảy lũ trên LVS Ngòi Hút khoảng 100 giờ. Đỉnh lũ tại trạm thủy văn Ngòi Hút xuất hiện khá tương đồng với sự xuất hiện đỉnh mưa trên lưu vực.

Kết quả mô phỏng các trận lũ thiết kế từ nghiên cứu này hoàn toàn có thể sử dụng cho các mục đích: làm dữ liệu đầu vào của các mô hình thủy động lực; phục vụ điều tiết dòng chảy các hồ chứa Ngòi Hút 1, Ngòi Hút 2, Ngòi Hút 2A.

Đóng góp của các tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Trần Văn Tình; Mai Quang Tuấn; Xử lý số liệu: Trần Văn Tình, Nguyễn Quốc Việt, Phạm Trường Giang; Thiết lập mô hình: Trần Văn Tình, Nguyễn Quốc Việt; Viết bản thảo bài báo: Trần Văn Tình, Mai Quang Tuấn; Chỉnh sửa bài báo: Trần Văn Tình.

Lời cảm ơn: Kết quả nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Đề tài khoa học và công nghệ cấp cơ sở “Nghiên cứu xác định dòng chảy lũ trên sông Ngòi Thia, tỉnh Yên Bái”



Hình 7. Kết quả mô phỏng đường quá trình lũ LVS Ngòi Hút ứng với các tần suất thiết kế

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Bắc Huỳnh, Bùi Đức Long (1994), Mô phỏng dòng chảy gia nhập khu giữa trong mô hình tính toán và dự báo lũ sông Thao, Tạp chí Khí tượng Thủy văn.
2. Tran Van Tinh, Nguyen Thi Bich Ngoc (2022), Application of Mike flood Model for inundation simulation in Yen Bai City, Journal of climate change science, No 23, ISSN 2525-2496.
3. Nguyễn Tuấn Anh, Dương Thị Thanh Hương, Trần Thanh Huyền (2020), Thiết lập mô hình HEC - HMS dự báo lưu lượng nước vào hồ Bản Chát mùa lũ 2020, Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường - số 34, năm 2020.
4. Trần Văn Tình, Vũ Hồng Thái, Lê Thu Trang (2017), Áp dụng mô hình HEC - HMS nghiên cứu dự báo dòng chảy lũ tại trạm thủy văn Tác Muối trên sông Giăng, Tạp chí Khoa học tài nguyên và Môi trường - số 16, năm 2017.
5. Ngô Anh Tú, Phan Thái Lê, Nguyễn Hữu Xuân, Trần Văn Bình (2020), Ứng dụng dữ liệu mưa CHIRPS và mô hình thủy văn HEC - HMS mô phỏng dòng chảy lũ ở LVS Lại Giang, Tạp chí Khoa học & Công nghệ nông nghiệp, tập 5 -2021, ISSN 2588-1256.
6. Phạm Văn Chiến (2021), Ứng dụng mô hình HEC - HMS mô phỏng dòng chảy lũ hồ chứa Bản Mòng và các tiểu lưu vực hạ du, tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường, số 75 (9/2021).
7. Nguyễn Đăng Thạch, Nguyễn Quỳnh Như (2014), Sử dụng mô hình HEC - HMS mô phỏng các trận lũ thiết kế đến các hồ thủy điện trên hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn, Tạp chí khoa học và công nghệ, đại học Đà Nẵng - số 5(78).2014.
8. Đỗ Anh Đức, Trần Thị Tuyết, Ngô Lê An (2019), Nghiên cứu mô hình mô phỏng lũ lưu vực sông Kone, Tạp chí Khoa học và công nghệ Thủy lợi số 54 - 2029.
9. Huỳnh Lan Hương (2013), Kết quả nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy LVS Ba, Tạp chí Khoa học và công nghệ thủy lợi số 13/2013.
10. Nguyễn Thị Bích Ngọc, Trần Văn Tình, Vũ Duy Hưng, Trần Thị Tú (2023), Đánh giá tác động biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước LVS Trà Khúc, tỉnh Quảng Ngãi, tạp chí Khí tượng thủy văn, số 751.