

ĐÁNH GIÁ SỰ PHÙ HỢP CỦA VIỆC ÁP DỤNG MÔ HÌNH THỦY VĂN XÁC ĐỊNH BIÊN MÔ HÌNH THỦY LỰC MÔ PHÒNG NGẬP LỤT LƯU VỰC SÔNG NHẬT LỆ, QUẢNG BÌNH

Đỗ Anh Đức, Hoàng Diệu Hằng, Nguyễn Mạnh Quang

Viện Thủy điện và năng lượng tái tạo

Nguyễn Thị Minh Tâm

Đại học Xây dựng Hà Nội

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu tạo biên mô hình thủy lực dựa trên tiếp cận mô hình mưa - dòng chảy, xem xét hiệu quả và tính hữu dụng của việc áp dụng mô hình mưa dòng chảy để hoàn nguyên lũ; xác định đặc trưng thủy văn thiết kế; dự báo lũ đối với lưu vực hạn chế về trạm đo dòng chảy; đặc biệt là khả năng dự báo lũ, ngập lụt theo thời gian thực từ dữ liệu mưa lũ tại các trạm tự động. Kết quả cho thấy sự hiệu quả của 2 loại mô hình thông số tập trung (NAM) và bán phân bố (DBTHL_2021) đáp ứng yêu cầu bài toán biên cho mô hình thủy lực mô phỏng lũ trên lưu vực sông Nhật Lệ. Các chỉ số thống kê chỉ ra độ tin cậy cao bộ thông số mô hình cho việc tái mô phỏng kết quả dòng chảy kiểm chứng tại trạm Kiến Giang trận lũ lớn năm 2020 và 2022 có $Nash \geq 0,85$; $PBias < 15\%$ đối với mô hình DBTHL_2021.

Từ khóa: Kiến Giang; Nhật Lệ; DBTHL_2021; NAM.

Summary: The results of a research paper present to create of hydraulic boundary conditions based on the rainfall-runoff model, considering the efficiency and usefulness of applying the rainfall-runoff model to revert flood; determining the calculated hydrological characteristics; flood forecasting for basins with limited flow measurement stations; especially the ability to forecast floods and inundation in real-time from flood data at automatic rain gauge data. The results show the effectiveness of two types of lumped models (NAM) and semi-distributed models (DBTHL_2021) to meet the hydraulic boundary requirements for a hydraulic model to simulate floods at the Nhat Le river basin. Statistical indicators show the high reliability of the model parameter set for re-simulating the test flow results at Kien Giang station, the big floods in 2020 and 2022 has $Nash > 0.8$; $PBias < 15\%$ for model DBTHL_2021.

Keywords: Kien Giang; Nhat Le; DBTHL_2021; NAM.

1. GIỚI THIỆU

Dòng chảy đóng vai trò quan trọng trong quy hoạch, khai thác nguồn nước, thiết kế, dự báo lũ, tính toán biên đầu vào cho mô hình thủy lực,... Tuy nhiên, dòng chảy thường không được quan trắc đầy đủ, nên ước tính dòng chảy từ mưa là nhiệm vụ cần thiết. Hiện nay, các mô hình mưa-dòng chảy là công cụ tiêu chuẩn được sử dụng thường xuyên cho các nghiên

cứu thủy văn phục vụ công tác cảnh báo, dự báo lũ, ngập lụt. Mô hình mưa – dòng chảy là một đại diện đơn giản hóa của hệ thống tự nhiên phức tạp phân chia lượng mưa thành dòng chảy, sự thoát hơi nước và độ ẩm được lưu trữ trong đất hoặc nước ngầm [1]. Tuy nhiên trong thực tế các hiện tượng thủy văn vô cùng phức tạp, chúng ta chỉ hiểu được một phần không đầy đủ về chúng và thiếu những lý thuyết hoàn chỉnh để mô tả tất cả các quá trình xảy ra trong tự nhiên [2]. Dựa trên việc mô tả phân bố các đặc tính vật lý mà mô hình thủy văn được phân chia thành các nhóm: mô hình

Ngày nhận bài: 06/4/2023

Ngày thông qua phản biện: 04/5/2023

Ngày duyệt đăng: 31/5/2023

thông số tập trung, mô hình bán phân bố và mô hình phân bố.

Mô hình thông số tập trung mô tả các đặc trưng về khí tượng và các đặc tính vật lý khác bằng giá trị trung bình hóa trên toàn lưu vực và dòng chảy chỉ được xác định tại vị trí cửa ra (NAM, TANK, ...), ưu điểm của mô hình này là yêu cầu về số liệu đầu vào ít, thời gian tính toán nhanh. Nghiên cứu của Lê Thị Mỹ Diệp và nnk [3] đã ứng dụng mô hình NAM trong mô phỏng dòng chảy sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi là đầu vào cho mô hình thủy lực MIKE 21 HD để mô phỏng dòng chảy lũ trên sông. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định mô hình cho thấy bộ thông số là phù hợp trong mô phỏng dòng chảy từ mưa trên lưu vực với hệ số Nash đạt trên 0,9. Điều này thể hiện việc ứng dụng mô hình NAM trong mô phỏng dòng chảy lũ là phù hợp với điều kiện địa lý ở Việt Nam. Một nghiên cứu khác của Nguyễn Lan Châu và cộng sự [4] sử dụng mô hình TANK vào dự báo lũ thượng nguồn hệ thống sông Thái Bình và chỉ ra rằng mô hình TANK thích hợp cho việc tính toán và dự báo quá trình lũ từ mưa tại các vị trí thượng lưu của lưu vực vừa, nằm ở vùng ẩm ướt, mưa nhiều và có tính chất điều tiết tốt.

Mô hình phân bố mô tả sự thay đổi các đặc trưng theo không gian một cách chi tiết có thể dưới dạng ô lưới. Với mô hình này dòng chảy có thể xác định tại bất cứ vị trí nào trên lưu vực. Mô hình có thể ứng dụng cho các lưu vực có diện tích lớn, các vùng có sự thay đổi mạnh mẽ theo không gian, về khí tượng cũng như các điều kiện mặt đệm. Tuy nhiên các dạng mô hình này yêu cầu số liệu chi tiết về biến động các đặc trưng theo không gian, thời gian chạy mô phỏng của mô hình cũng thường lâu hơn nhiều so với mô hình tập trung. Bùi Văn Chanh và Trần Ngọc Anh [5] đã nghiên cứu tích hợp mô hình sóng động học vào mô hình thông số phân bố MARINE để ứng dụng mô phỏng dòng chảy lũ trên lưu vực sông Cái Nha Trang. Việc tích hợp mô hình sóng động học đã giúp hoàn thiện khả năng mô phỏng dòng

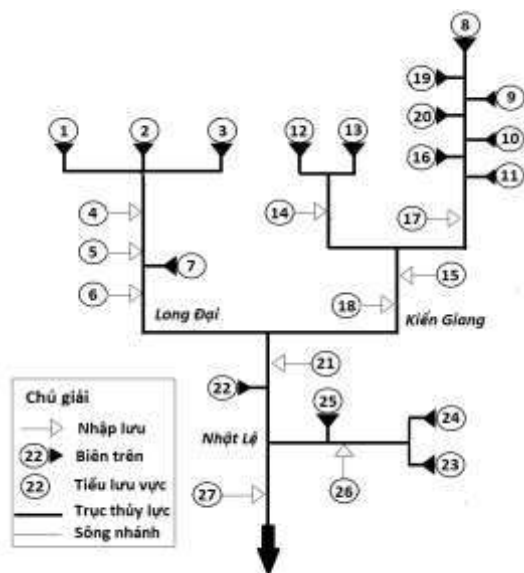
chảy của mô hình MARINE ở sườn dốc, giúp đơn giản hoá việc thiết lập mô hình, nâng cao hiệu quả ứng dụng. Ngô Lê An và Trịnh Thu Phương [6] đã nghiên cứu mô phỏng lũ thử nghiệm bằng hai mô hình thông số phân bố là DIMOSOP và MARINE cho lưu vực sông Đà. Kết quả thử nghiệm cho thấy, các mô hình này có khả năng mô phỏng dòng chảy lũ trên lưu vực sông Đà cho kết quả chấp nhận được.

Mô hình bán phân bố là dạng mô hình kết hợp ưu điểm của 2 nhóm mô hình trên đó là yêu cầu số liệu ít, tính toán nhanh nhưng vẫn mô tả được biến động của các đặc trưng lưu vực theo không gian. Nhìn chung các mô hình dạng này dựa trên việc mô tả lưu vực lớn thành các tiểu lưu vực kết hợp với các phương pháp diễn toán dòng chảy (SWAT, HEC-HMS, ...). Nguyễn Đình và nnk [7] đã ứng dụng mô hình thủy văn HEC-HMS trong nghiên cứu mô phỏng dòng chảy lũ lưu vực sông Hương. Kết quả hiệu chỉnh, kiểm định trên các lưu vực sông nhánh Cổ Bi, Bình Điền và Dương Hòa đối với trận lũ các năm 1981-1987 đạt hệ số Nash từ 0,9 – 0,94, cho thấy khả năng ứng dụng khá tốt của mô hình, là đầu vào tin cậy cho mô hình thủy lực HEC-RAS trong nghiên cứu.

Nhìn chung, mỗi mô hình mưa – dòng chảy có cách tiếp cận khác nhau, phương pháp và khả năng ứng dụng riêng. Để lựa chọn được mô hình mưa – dòng chảy thích hợp cho mô phỏng chế độ thủy văn lưu vực, cần căn cứ vào những tiêu chí nhất định. Các tiêu chí này cơ bản dựa vào mục đích nghiên cứu, tình hình thực tế khu vực nghiên cứu và thực trạng dữ liệu. Cunderlik [8] cho rằng, các tiêu chí lựa chọn mô hình tập trung vào bốn vấn đề cơ bản, gồm: mục đích của mô phỏng; khả năng diễn tả các thành phần của chế độ thủy văn lưu vực vào mô hình; khả năng tương thích với cơ sở dữ liệu sẵn có và “chi phí” mô phỏng. Những tiêu chí này cũng được Tổ chức Khí tượng thế giới WMO, cũng như những chuyên gia đầu ngành về thủy văn, thống nhất đưa ra làm căn cứ để so sánh lựa chọn mô hình cho từng lưu vực sông [9]. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, do

hạn chế mạng lưới trạm đo mưa đã gây ra những khó khăn trong xử lý dữ liệu mưa là đầu vào tiên quyết cho các mô hình mưa – dòng chảy, đặc biệt trong mô phỏng quá trình dòng chảy lũ đến các biên thượng lưu và nhập lưu cho mô hình thủy lực mô phỏng ngập lụt.

Kết quả mô phỏng/dự báo ngập lụt chính xác hay không phụ thuộc phần lớn vào quá trình tính toán dòng chảy lũ đến các biên trong mô hình thủy lực. Nút biên mô phỏng ngập lũ cho sơ đồ thủy lực mạng lưới sông Nhật Lệ được thể hiện ở Hình 1 [10]. Do vậy, việc lựa chọn mô hình phù hợp với dữ liệu mưa và đặc trưng lưu vực là hết sức quan trọng trong bối cảnh mô hình ngày càng nhiều về thể loại, số lượng và được áp dụng ngày càng phổ biến tại các nước có nền khoa học đang phát triển trong đó có Việt Nam. Nghiên cứu dựa trên tiếp cận mô hình mưa – dòng chảy tạo biên cho mô hình thủy lực, trong đó, sử dụng nhóm mô hình thông số tập trung, đại diện là mô hình NAM [11][12][13]; nhóm mô hình bán phân bố, đại diện là mô hình DBTHL_2021 [14]. Trên cơ sở đó, xem xét hiệu quả và tính hữu dụng của việc áp dụng mô hình dòng chảy để hoàn nguyên lũ, dự báo lũ đối với lưu vực hạn chế về trạm đo dòng chảy, đặc biệt là khả năng dự báo lũ, ngập lụt theo thời gian thực từ dữ liệu mưa tại các trạm tự động.



Hình 1: Sơ đồ thủy lực mạng lưới sông Nhật Lệ [10]

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Vùng nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

Trong nghiên cứu này, các tác giả lựa chọn lưu vực sông Nhật Lệ để đánh giá lựa chọn mô hình mô phỏng dòng chảy. Lưu vực sông Nhật Lệ có dạng hình tròn, diện tích khoảng 2.650 km², gồm 2 nhánh sông Kiến Giang và Long Đại. Lưu vực có mạng lưới sông suối khá phát triển, sông suối ngắn, có lòng dốc và thay đổi hướng chảy nên khi xuất hiện mưa lớn thì nước tập trung nhanh và đổ dồn về hạ lưu thoát ra biển. Tuy nhiên, hệ thống sông Nhật Lệ chỉ có một cửa thoát duy nhất (cửa Nhật Lệ) và dòng chảy lũ cũng không thể đổ thẳng ra biển do gặp phải một dãy cồn cát cao 30 – 40 m như một con đê chạy song song với đường bờ. Ngoài ra, do bề mặt lưu vực bị chia cắt mạnh, phần địa hình vùng hạ lưu thấp lại có dạng lòng chảo, phần lớn có độ cao địa hình thấp hơn mực nước biển 0,8 – 1 m nên thuận lợi cho việc tập trung nước, dễ bị úng ngập trong mùa mưa [15]. Vị trí lưu vực sông Nhật Lệ, thể hiện Hình 2.



Hình 2 : Lưu vực sông Nhật Lệ, tỉnh Quảng Bình [10]

Các tài liệu đầu vào chính cho mô hình thủy văn là mưa thời đoạn, mực nước giờ, các yếu tố về mặt đệm (độ dốc địa hình, thảm phủ, sử dụng đất, thổ nhưỡng, ...) lưu vực nghiên cứu.

Thu thập số liệu mưa giờ tại Đồng Hới các năm 1979, 1992 và 2020; mực nước giờ tại trạm Kiến Giang các năm 1979, 1992, 2020 và 2022. Theo đó, sử dụng dữ liệu năm 1979 để

hiệu chỉnh, năm 1992 để kiểm định và mô phỏng kiểm nghiệm cho các năm 2020, 2022. Từ năm 2021, trên lưu vực đã được bổ sung dữ liệu mưa tự động từ nguồn Vrain, được khai thác cho mô phỏng năm 2022. Đồng thời, thu thập dữ liệu bản đồ số độ cao (DEM) tỉ lệ 1:10.000 để phân chia tiểu lưu vực.

Đánh giá khả năng phù hợp của mô hình thủy văn cho việc mô phỏng lũ từ mưa đến các vị trí biên trong mô hình thủy lực mô phỏng ngập lụt lưu vực sông Nhật Lệ – Quảng Bình. Tại điểm kiểm tra trạm thủy văn Kiến Giang với số liệu dòng chảy được xác định từ số liệu quan trắc mực nước giờ theo quan hệ Q~H, được xây dựng từ quan hệ đo đồng thời lưu lượng và mực nước.

2.2. Phương pháp

Nghiên cứu sử dụng phần mềm ArcGIS để phân chia tiểu lưu vực từ mô hình độ cao số DEM. Các tiểu lưu vực được xác định dựa trên tính tương đồng về địa hình, độ dốc, thảm phủ cũng như loại đất. Dựa trên nguồn dữ liệu mưa thực đo trên lưới trạm mưa/khí tượng/thủy văn, dữ liệu điều kiện địa hình, thảm phủ, thổ nhưỡng kết hợp công cụ mô hình toán mưa - dòng chảy, tiến hành hiệu chỉnh bộ thông số mô hình. Bộ thông số này sau đó được kiểm tra tính đúng đắn qua quá trình kiểm định. Cuối cùng, kết quả mô phỏng dòng chảy được đánh giá hiệu quả thông qua các chỉ tiêu thống kê. Phương pháp tiếp cận được khái quát trong sơ đồ Hình 3.



Hình 3: Sơ đồ phương pháp tiếp cận

2.2.1 Mô hình MIKE NAM

Mô hình NAM thuộc loại mô hình tất định, thông số tập trung và là mô hình mô phỏng liên tục. Đây là mô hình quan niệm, mô tả đặc tính vật lý của lưu vực, trên cơ sở đó tính toán dòng chảy từ mưa. Mô hình NAM bao gồm một tập hợp các biểu thức toán học đơn giản để mô phỏng các quá trình trong chu trình thủy văn. Mô hình mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy một cách liên tục thông qua việc tính toán cân bằng nước ở bốn bể chứa thẳng đứng, có tác dụng qua lại lẫn nhau để diễn tả các tính chất vật lý của lưu vực.

Bảng 1: Các thông số của mô hình Mike Nam [9][16]

Thông số	Đơn vị	Khoảng giá trị	Mô tả
Umax	mm	5 - 35	Lượng trữ nước mặt lớn nhất
Lmax	mm	50 - 400	Lượng trữ nước sát mặt lớn nhất
CQOF	-	0 - 1	Hệ số dòng chảy mặt
CKIF	h	200 - 2000	Hằng số thời gian dòng chảy sát mặt
TOF	-	0 - 0,9	Hệ số cản trở dòng chảy mặt
TIF	-	0 - 0,9	Hệ số cản trở dòng chảy sát mặt
TG	-	0 - 0,9	Hệ số cản trở dòng chảy ngầm
CK1	h	3 - 72	Hằng số chảy truyền dòng chảy mặt
CK2	h	3 - 72	Hằng số chảy truyền dòng chảy sát mặt
CK _{BF}	h	500 - 5000	Hằng số chảy truyền dòng chảy ngầm

2.2.2 Mô hình DBTHL_2021

Mô hình bán phân bố DBTHL_2021 được Đức A. Đ nghiên cứu và phát triển [14]. Là một mô hình thủy văn thông số phân bố có khả năng mô phỏng cả ba thành phần dòng chảy mặt, sát mặt và ngầm. Đồng thời, mô hình cũng có mô đun diễn toán dòng chảy trên sông cũng như diễn toán hồ chứa; lựa chọn phương pháp Muskingum để diễn toán dòng chảy trên sông.

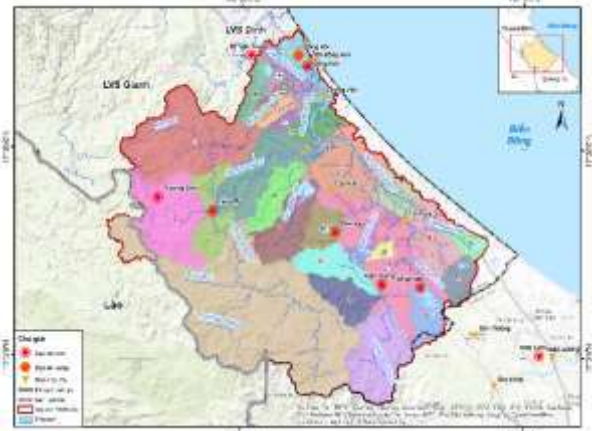
Bảng 2: Các thông số của mô hình DBTHL_2021 [14]

Thông số	Đơn vị	Khoảng giá trị	Mô tả
CN	-	0 - 100	Hệ số không thứ nguyên (Curve number) phụ thuộc vào loại đất và tình hình sử dụng đất
B0	-	0,01 - 0,99	Hệ số cửa ra tại đáy
B1	-	0,01 - 0,99	Hệ số cửa ra tại thành bên
HB1	mm	0,05 - 1	Ngưỡng cửa ra của thành bên bể chứa tầng sát mặt
BFD	ngày	-	Thời gian chảy trễ của dòng chảy ngầm đến vị trí cửa ra

2.2.3 Thiết lập mô hình

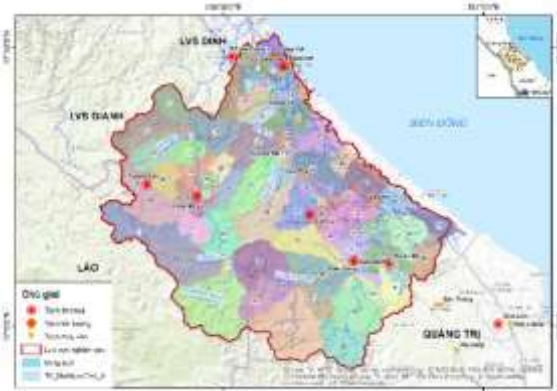
Mô hình NAM: Lưu vực sông Nhật Lệ được chia thành 27 tiểu lưu vực (Hình 4), với diện tích biến đổi từ 11 đến 635 km². Trên cơ sở dữ liệu vùng nghiên cứu, mô hình NAM được thiết lập cho trạm thủy văn Kiến Giang nằm ở thượng lưu nhánh sông Kiến Giang, với 10 thông số chính thay đổi theo đặc trưng lưu vực. Để xây dựng mô hình, trước tiên cần thiết lập điều kiện ban đầu, các thông số được giả thiết trong khoảng cho phép, sau đó tiến hành hiệu chỉnh tự động bằng phương pháp thử dần

để tăng tốc độ chính xác tới mức ổn định với sai số cho phép.



Hình 4 : Bản đồ các tiểu lưu vực theo mô hình Nam

Mô hình DBTHL_2021: Lưu vực sông Nhật Lệ được chia thành 71 tiểu lưu vực (Hình 5), có diện tích biến đổi trong khoảng 1 đến 140 km². Giả thiết giá trị ban đầu cho các thông số mô hình dựa trên đặc trưng lưu vực. Hệ số CN được xây dựng khoảng giá trị phù hợp sử dụng trong tối ưu thông qua đường cong SCS dựa vào loại đất và tình trạng sử dụng đất của lưu vực. Thông số BFD xác định theo diện tích của các tiểu lưu vực. Hệ số K trong diễn toán dòng chảy được xác định dựa vào chiều dài dòng chảy trên sông chảy qua lưu vực tính toán và đặc điểm địa hình của từng lưu vực. Các thông số liên quan đến dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm được hiệu chỉnh phụ thuộc vào tính chất của đất cũng như đặc tính của từng tiểu lưu vực.



Hình 5: Bản đồ các tiểu lưu vực theo mô hình DBTHL_2021

Lưu vực tính đến trạm thủy văn Kiến Giang có diện tích 321 km², được chia thành 5 tiểu lưu vực theo Hình 6 dưới đây.



Hình 6: Lưu vực bộ phận đến trạm thủy văn Kiến Giang

2.3. Chỉ số đánh giá

Độ tin cậy của bộ thông số mô hình mô phỏng dòng chảy lũ được đánh giá qua chất lượng đường quá trình tính toán và thực đo. Trong nghiên cứu này, sử dụng các chỉ tiêu đánh giá sau: hệ số Nash (NSE – Nash Sutcliffe Efficiency) – đo mức độ phù hợp giữa số liệu mô phỏng với số liệu quan trắc, RSR (RMSE-observations standard deviation ratio) – là tỷ số giữa sai số trung bình bình phương (RMSE) với độ lệch chuẩn (STDEV) và P-BIAS (Percent Bias) – đo xu hướng trung bình của số liệu mô phỏng là lớn hơn hay nhỏ hơn so với số liệu quan trắc:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{tt_i} - Q_{tđ_i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{tđ_i} - \bar{Q})^2}$$

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{tđ}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{tt_i} - Q_{tđ_i})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{tđ_i} - \bar{Q})^2}}$$

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{tđ_i} - Q_{tt_i})^2 \times 100}{\sum_{i=1}^n (Q_{tđ_i})^2}$$

Trong đó: Q_{tt_i} là giá trị mô phỏng thứ i cho các thành phần đang được đánh giá; $Q_{tđ_i}$ là giá

trị thực đo thứ i cho các thành phần đang được đánh giá; \bar{Q} là giá trị trung bình thực đo và n là tổng số giá trị thực đo.

Những tiêu chí đánh giá chất lượng cho mỗi loại chỉ số được trình bày trong bảng 1 [17]. Mô hình có thể được đánh giá là “đạt” nếu $NSE > 0,5$, $RSR \geq 0,6$ và $PBIAS < \pm 25\%$ đối với dòng chảy.

Bảng 3: Tiêu chí đánh giá chất lượng mô phỏng

Xếp loại	NSE	RSR	PBIAS (%)
Rất tốt	$0,75 < NSE \leq 1$	$0 \leq RSR \leq 0,5$	$PBIAS < \pm 10$
Tốt	$0,65 < NSE \leq 0,75$	$0,5 \leq RSR \leq 0,6$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$
Đạt yêu cầu	$0,5 < NSE \leq 0,65$	$0,6 \leq RSR \leq 0,7$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$
Không đạt	$NSE \leq 0,5$	$RSR > 0,7$	$PBIAS > \pm 25$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

3.1.1 Mô hình Nam cho lưu vực Kiến Giang

Thời gian: trận lũ tháng 9/1979 cho hiệu chỉnh và tháng 10/1992 cho kiểm định.

Số liệu khí tượng: sử dụng số liệu mưa ngày trạm Kiến Giang và mượn mưa giờ trạm Khí tượng Đồng Hới để phân phối lại mưa giờ; bốc hơi giờ trạm Đồng Hới cho cả quá trình hiệu chỉnh và kiểm định.

Số liệu thủy văn: sử dụng quan hệ Q~H tại trạm Kiến Giang để hoàn nguyên lưu lượng dòng chảy cho trận lũ hiệu chỉnh và kiểm định do trên lưu vực không có trạm đo lưu lượng.

Bộ thông số mô hình NAM hiệu chỉnh tối ưu được lựa chọn thể hiện trong Bảng 4 bằng phương pháp thử sai.

Bảng 4: Trị số thông số mô hình Nam đến tuyến trạm TV Kiến Giang sau hiệu chỉnh

Lưu vực trạm thủy	Thông số	Đơn vị	Trị số

văn Kiến Giang	Umax	mm	10,3
	Lmax	mm	100
	CQOF	-	0,83
	CKIF	h	466,8
	TOF	-	0,0278
	TIF	-	0,699
	TG	-	0,90
	CK1,2	h	15
	CK _{BF}	h	1093

Kết quả mô hình NAM sau hiệu chỉnh trận lũ tháng 9/1979 và kiểm định trận lũ tháng 10/1992 cho thấy, theo các chỉ số đánh giá chất lượng được thống kê trong bảng 1, mô hình NAM mô phỏng quá trình diễn toán dòng chảy khá tốt với chỉ số NSE cho cả hai quá trình hiệu chỉnh và kiểm định lần lượt là 0,76 và 0,80 (rất tốt). Giá trị RSR đạt 0,49 và 0,45, đều < 0,5, so sánh với tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình cho kết quả rất tốt. Giá trị PBIAS đạt -16,2% và -36,8% cho quá trình hiệu chỉnh và kiểm định. Mức độ trung bình của các giá trị mô phỏng dòng chảy được đánh giá đạt đối với hiệu chỉnh và không đạt đối với kiểm định. Với các chỉ tiêu đánh giá Nash, PBias và RSR, bộ thông số thể hiện độ tin cậy, đáp ứng yêu cầu tính toán dòng chảy từ mưa thực đo phục vụ tính toán biên đầu vào cho mô hình thủy lực.

3.1.2 Mô hình DBTHL_2021 cho lưu vực Kiến Giang

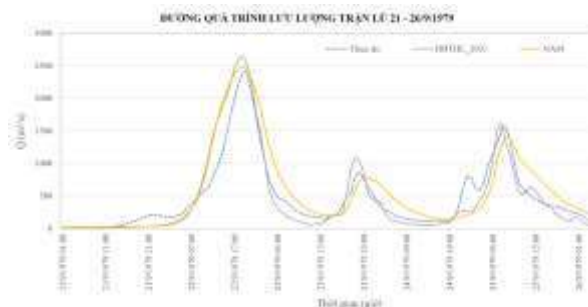
Tương tự sử dụng số liệu khí tượng thủy văn trận lũ tháng 9/1979 cho hiệu chỉnh và tháng 10/1992 cho kiểm định. Bộ thông số mô hình DBTHL_2021 hiệu chỉnh tối ưu được lựa chọn thể hiện trong bảng 3, dưới đây.

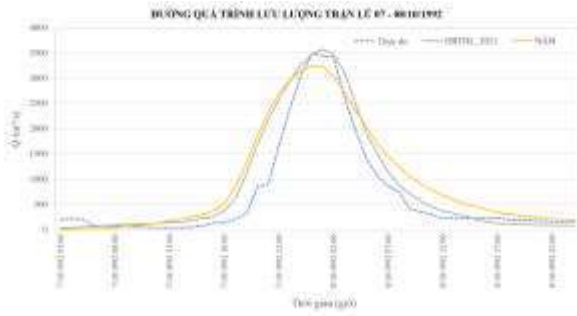
Bảng 5: Trị số thông số mô hình DBTHL_2021 đến tuyến trạm TV Kiến Giang sau hiệu chỉnh

Thông số	Đơn vị	Tiểu lưu vực thuộc lưu vực trạm TV Kiến Giang				
		1	3	4	2	5
CN	-	64	50	50	65	50
B0	-	0,022	0,023	0,024	0,035	0,009

Thông số	Đơn vị	Tiểu lưu vực thuộc lưu vực trạm TV Kiến Giang				
		1	3	4	2	5
CN	-	64	50	50	65	50
B1	-	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
HB1	mm	0,159	0,164	0,172	0,253	0,063
BFD	ngày	114	117	123	181	45
K					2	2
X					0,2	0,2

Tương tự mô hình thông số tập trung NAM, mô hình bán phân bố DBTHL_2021 cũng cho kết quả mô phỏng mưa – dòng chảy đến trạm thủy văn Kiến Giang tốt. Bộ thông số mô phỏng dòng chảy thể hiện mức độ phù hợp rất tốt giữa số liệu mô phỏng với số liệu quan trắc qua chỉ số NSE cho cả hai quá trình hiệu chỉnh và kiểm định lần lượt là 0,85 và 0,88. Giá trị RSR đạt 0,38 đối với hiệu chỉnh và 0,35 đối với kiểm định, đều < 0,5, theo tiêu chuẩn đánh giá là rất tốt. Giá trị mô phỏng diễn biến lưu lượng trung bình theo tiêu chuẩn đánh giá là rất tốt (3,6%) với quá trình hiệu chỉnh và đạt (-24,9%) với quá trình kiểm định. Do vậy, bộ thông số đã hiệu chỉnh và kiểm định trên mô hình bán phân bố DBTHL_2021 hoàn toàn có thể được sử dụng để tính toán biên nhập lưu và khu giữa cho mô hình thủy lực trên lưu vực sông Nhật Lệ.





Hình 7: Đường quá trình thực đo và tính toán tại trạm thủy văn Kiến Giang từ mô hình NAM và DBTHL_2021 với trận lũ hiệu chỉnh tháng 9/1979 và kiểm định trận lũ tháng 10/1992

3.2. Mô phỏng dòng chảy cho lưu vực sông Nhật Lệ

Để khẳng định tính hiệu quả của bộ thông số mô hình thông số tập trung NAM và mô hình bán phân bố DBTHL_2021 cũng như sự phù hợp của hai mô hình trong tính toán dòng chảy từ mưa thực đo phục để tính toán biên nhập lưu và khu giữa cho mô hình thủy lực. Nghiên cứu mô phỏng thử nghiệm đối với trận lũ tháng 10/2020 và tháng 10/2022.

Số liệu khí tượng:

+ Trận lũ tháng 10/2020: sử dụng mưa thời đoạn 6 giờ trạm Kiến Giang, Trường Sơn, Lê Thủy, Phú Vinh, Khí tượng Đồng Hới (lưu ý mượn mưa giờ thời đoạn 1 giờ phân phối dạng cho mưa thời đoạn 6 giờ).

+ Trận lũ tháng 10/2022: sử dụng số liệu mưa giờ trạm mưa tự động thời đoạn 1 giờ tại Hồ An Mã và Hồ Cẩm Ly, Đồng Hới, Phú Vinh và 6 giờ trạm Kiến Giang, Trường Sơn, Lê Thủy.

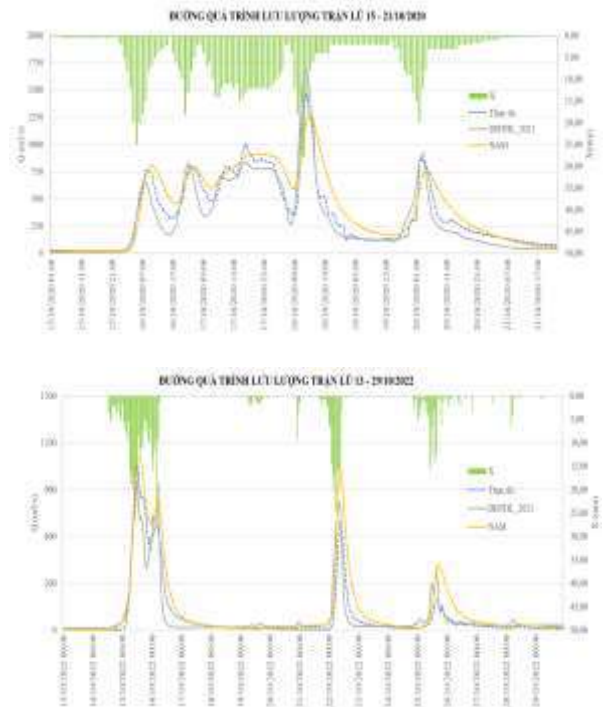
+ Bốc hơi giờ trạm Đồng Hới.

Số liệu thủy văn: sử dụng quan hệ Q~H tại trạm Kiến Giang để hoàn nguyên lưu lượng dòng chảy do trên lưu vực không có trạm đo lưu lượng.

Kết quả kiểm chứng tại lưu vực trạm thủy văn Kiến Giang thể hiện qua Hình 8 và các chỉ số thống kê đánh giá ở Bảng 4, dưới đây.

Bảng 6: Kết quả chỉ tiêu đánh giá theo các chỉ số

Thời gian	Mô hình	NSE	RSR	PBIAS (%)
2020	NAM	0,85	0,39	-15,5
	DBTHL_2021	0,89	0,33	10,3
2022	NAM	0,81	0,44	-46,0
	DBTHL_2021	0,85	0,39	-0,1



Hình 8: Đường quá trình thực đo và tính toán tại trạm kiểm chứng Kiến Giang từ mô hình NAM và DBTHL_2021 trận mưa lũ tháng 10 năm 2020 và 2022

Mô phỏng thử nghiệm cho kết quả rất tốt với chỉ tiêu $NSE > 0,81$, $RSR < 0,5$ tại trạm thủy văn Kiến Giang trên cả hai mô hình NAM và DBTHL_2021. Chỉ số PBIAS của mô hình bán phân bố DBTHL_2021 cho kết quả rất tốt với cả hai trận lũ, trong khi mô hình NAM cho kết quả chấp nhận được khi mô phỏng dự báo cho trận lũ tháng 10/2020 nhưng không đạt cho trận lũ tháng 10/2022. Nhìn chung, kết quả mô phỏng giữa hai mô hình không có sự khác biệt lớn. Ở mô hình thông số tập trung NAM, các

điều kiện được trung bình hóa cho toàn bộ lưu vực, trong khi mô hình bán phân bố DBTHL_2021, thể hiện được biến đổi lượng mưa theo không gian và đặc trưng của lưu vực, vì vậy kết quả có phần thể hiện tốt hơn.

3.3. Thảo luận

Trên cơ sở đánh giá quá trình hiệu chỉnh, kiểm định, mô phỏng kiểm nghiệm thông qua các chỉ tiêu thống kê nêu trên, có thể khẳng định mô hình thủy văn NAM và DBTHL_2021 xây dựng cho lưu vực trạm thủy văn Kiến Giang đều đảm bảo độ tin cậy. Về cơ bản, hai mô hình đáp ứng được yêu cầu mô phỏng dòng chảy lũ, có thể sử dụng để tính toán lũ đến các vị trí biên đầu vào, nhập lưu cho mô hình thủy lực; đồng thời có thể dùng bộ thông số của mô hình để mô phỏng quá trình mưa sinh dòng chảy tại các tiểu lưu vực trên lưu vực sông Nhật Lệ. Tuy nhiên, nghiên cứu ứng dụng trên lưu vực sông Kiến Giang là thượng nguồn nhánh Kiến Giang (khu vực hạn chế số liệu quan trắc lưu lượng, nên sử dụng quan hệ Q-H tại trạm Kiến Giang để hoàn nguyên lưu lượng dòng chảy), vì vậy có thể chưa thể hiện đúng tương quan trong một số thời điểm lũ lớn.

Mô hình NAM xem xét tại mỗi nút nhập lưu là một tiểu lưu vực, thể hiện các đặc trưng, tính chất vật lý trên lưu vực là đồng nhất thông qua giá trị trung bình; cũng chính vì vậy, trong các trường hợp yêu cầu tính toán nhanh, vùng nghiên cứu hạn chế số liệu khí tượng – thủy văn, mô hình NAM tỏ ra hữu dụng. Kết quả mô phỏng dòng chảy thỏa mãn các chỉ tiêu đánh giá, hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu tính toán qua nghiên cứu điển hình trên tiểu lưu vực trạm thủy văn Kiến Giang.

Trong trường hợp tính toán biên nhập lưu, khu giữa cho bài toán thủy lực với các tiểu lưu vực lớn, là những nhánh sông lớn, có bề mặt thấm phủ thay đổi mạnh, địa hình chia cắt phức tạp, thời gian tập trung nước lớn, ... khi đó đòi hỏi phân chia tiểu lưu vực ở mức độ chi tiết hơn để thể hiện được sự biến động theo không gian các

đặc tính trên lưu vực, đồng thời cần diễn toán dòng chảy trong quá trình nhập lưu vào sông chính. Khi đó, các mô hình thông số bán phân bố như mô hình DBTHL_2021 phát huy tính ưu việt, đáp ứng được yêu cầu tính toán, phù hợp mục đích nghiên cứu. Kết quả mô phỏng đại diện trên tiểu lưu vực trạm thủy văn Kiến Giang trong nghiên cứu này thể hiện sự cải thiện về chất lượng mô phỏng dòng chảy lũ.

Ngoài ra, với sự mở rộng mạng lưới trạm đo mưa tự động, nguồn dữ liệu ngày càng cải thiện về số lượng và chất lượng. Từ 2021, trên địa bàn tỉnh Quảng Bình đã có 34 trạm đo mưa tự động, trong tương lai có sự phong phú dữ liệu đầu vào, góp phần nâng cao chất lượng mô phỏng/dự báo; điều đó được thể hiện qua kết quả mô phỏng trận lũ năm 2020 và 2022. Do vậy, tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu, yêu cầu tính toán cụ thể, người dùng có thể linh hoạt lựa chọn mô hình thủy văn mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy. Dựa trên sự tương thích với đặc trưng lưu vực, cơ sở dữ liệu sẵn có, đáp ứng yêu cầu tính toán để đảm bảo độ tin cậy cho kết quả nghiên cứu, giúp mô phỏng quá trình mưa – dòng chảy được thuận tiện và nhanh chóng. Kết quả đạt được trong nghiên cứu này có sự tương đồng với kết quả do nhóm tác giả Nguyễn Xuân Hậu và nnk [15], Hoàng Thái Bình và nnk [18] đã công bố trước đó.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, việc sử dụng các mô hình thủy văn để mô phỏng quá trình dòng chảy đến các biên đầu vào trong mô hình ngập lụt là hoàn toàn đáp ứng yêu cầu mô phỏng ngập lũ từ mưa thực đo trên lưu vực. Nhìn chung, kết quả đạt được từ hai mô hình thông số tập trung NAM và mô hình bán phân

bộ DBTHL_2021 có sự tương đồng về tính hiệu quả trong việc mô phỏng dòng chảy trên lưu vực sông Nhật Lệ. Bộ thông số đạt được đảm bảo độ tin cậy cũng như tính ổn định để có thể sử dụng mô phỏng dòng chảy đến các điểm kiểm soát trên lưu vực sông Nhật Lệ và làm biên đầu vào cho mô hình thủy lực mô phỏng ngập lụt từ mưa thực đo của lưới trạm đo mưa.

Bên cạnh đó, cần lưu ý đối với lưu vực lớn, khi sự biến đổi lớn các đặc tính lưu vực theo không gian, cũng như phân bố mưa chịu ảnh hưởng nhiều của địa hình, yêu cầu thể hiện thông tin tiểu lưu vực chi tiết, điển hình như lưu vực trạm thủy văn Kiến Giang, kết quả chỉ ra rằng mô

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Geographica and U. Comeniana, “Rainfall-Runoff Modelling : Its Development , Classification,” vol. 54, no. 2, pp. 173–181, 2010.
- [2] D. Q. H. N. T. P. Đ. T. Phong, “Khả năng ứng dụng của mô hình mưa - dòng chảy,” *Tạp Chí Kh&Cn Thủy Lợi*, pp. 1–5.
- [3] L. Diep, B. H. Anh, and Long B.T., “Applying mathematical models SWAT/NAM/MIKE to build hydrological and hydraulic parameters for flow calculation - in case of Ve river, Quang Ngai,” *Vietnam J. Hydro - Meteorol.*, vol. 700, no. 6, pp. 1–12, 2019.
- [4] L. Châu và T. B. Liên, “Kết quả ứng dụng mô hình tank vào dự báo lũ thượng nguồn hệ thống sông Thái Bình,” *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, pp. 15–24, 1997.
- [5] B. V. Chanh and T. N. Anh, “Thử nghiệm tích hợp mô hình MARINE và mô hình Sóng động học một chiều trên lưu vực sông Cái Nha Trang,” *Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu*, vol. 14, pp. 45–55, 2020.
- [6] N. L. An và T. T. Phương, “Nghiên cứu khả năng ứng dụng mô hình thủy văn thông số phân bố tính toán dòng chảy lũ lưu vực sông Đà,” *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* 2, vol 30, tr 115–120, 2010.
- [7] N. Đính, N. H. Sơn, và L. Đ. Thành, “Ứng dụng mô hình Hec-HMS và Hec-RAS nghiên cứu mô phỏng dòng chảy lũ lưu vực sông Hương,” *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, vol 42, tr 12–17, 2013.
- [8] Cunderlik, “Hydrologic model selection for the CFCAS project: Assessment of Water Resources Risk and Vulnerability to Changing Climatic Conditions October 2003 Prepared by Juraj M . Cunderlik University of Western Ontario,” no. October, 2003.

hình bán phân bố như DBTHL_2021 mô phỏng quá trình mưa dòng chảy đối với lưu vực sông Nhật Lệ tốt hơn mô hình NAM. Điểm hạn chế trong nghiên cứu này đang dừng lại ở việc kiểm chứng với lưu vực trạm thủy văn Kiến Giang trên nhánh sông Kiến Giang, trên nhánh sông Long Đại và các chi lưu khác do số liệu đo đạc dòng chảy hạn chế nên việc kiểm chứng dòng chảy mô phỏng sẽ được xem xét khi tiếp cận cả bình diện tích hợp mô hình thủy văn-thủy lực bãi tràn, kết hợp với các ảnh viễn thám vùng ngập lụt theo thời gian diễn biến diện ngập lũ lớn năm 2020 và 2022. Nội dung này sẽ được đề cập làm rõ và trình bày kết quả trong nghiên cứu tiếp theo.

- [9] Nguyễn Chính Kiên, “Nghiên cứu xây dựng mô hình thủy văn thông số tập trung trong dự báo lũ cho các lưu vực sông ở Việt Nam,” *Báo cáo kết quả thực hiện đề tài cơ sở cấp Viện Cơ Học*, năm 2020.
- [10] Báo cáo “Xây dựng bản đồ ngập lụt, Gói thầu số 01: Điều tra vết lũ và xây dựng bản đồ ngập lụt thuộc Dự án Điều tra, cắm mốc vết lũ trận lũ lịch sử năm 2020 và lập bản đồ ngập lụt cho 04 lưu vực sông lớn trên địa bàn tỉnh Quảng Bình,” *Viện Thủy điện và năng lượng tái tạo*, 2021.
- [11] N. Ngọc Hà, N. Mạnh Trình, and H. Thị Nguyệt Minh, “Ứng dụng mô hình MIKE NAM, MIKE 11 HD tính toán tài nguyên nước mặt lưu vực sông Cửu Long,” *Vietnam J. Hydrometeorol.*, vol. 731, no. 11, pp. 54–68, 2021.
- [12] N. Agrawal and T. S. Desmukh, “Rainfall Runoff Modeling using MIKE 11 Nam – A Review,” *Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol.*, vol. 3(6), no. 6, pp. 659–667, 2016.
- [13] H. Madsen, “Automatic calibration of a conceptual rainfall-runoff model using multiple objectives,” *J. Hydrol.*, vol. 235, no. 3–4, pp. 276–288, 2000.
- [14] A. Đức. Đ., “Nghiên cứu dự báo tổ hợp lũ theo thời gian thực- ứng dụng cho lưu vực sông Côn, Bình Định,” *Luận án Tiến sĩ kỹ thuật*, Đại học Thủy lợi, 2022.
- [15] N. X. Hậu and P. V. Tân, “Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến ngập lụt lưu vực sông Nhật Lệ, Việt Nam,” *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, Tập 31, Số 3S (2015) 125-138.
- [16] N. T. T. Huyền, “Ứng dụng ảnh viễn thám kết hợp mô hình thủy văn trong nghiên cứu dòng chảy lũ lưu vực sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi,” *Khoa học Kỹ thuật và Công nghệ*, vol. 60, no. 6, pp. 44–49, 2018.
- [17] D.N. Moriasi, J.G. Arnold, M.W. van Liew, R.L. Bingner, R.D. Harmel, T.L. Veith, “Model evaluation guidelines for systematic quantification accuracy in watershed simulation”, *Transactions of the ASABE*, 50, 3, 885-900 (2007).
- [18] H. T. Bình, “Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhật Lệ tỉnh Quảng Bình,” *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* 26, Số 3S (2010).