

# ỨNG DỤNG MÔ HÌNH THỦY VĂN SWAT DỰ BÁO THỬ NGHIỆM DÒNG CHẢY TRÊN CÁC SÔNG CHÍNH KHU VỰC TÂY NGUYÊN

Lê Thị Thanh Quỳnh\*, Đặng Đình Khá, Trần Xuân Hiền, Lê Đức Tùng  
Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Tây Nguyên

## Tóm tắt

Việc sử dụng các mô hình thủy văn để dự báo dòng chảy từ mưa, đặc biệt trong mùa khô là hết sức cấp thiết trong bối cảnh Tây Nguyên đang chịu nhiều áp lực từ biến đổi khí hậu và các hoạt động khai thác tài nguyên không bền vững. Bài báo này trình bày việc ứng dụng mô hình SWAT để mô phỏng dòng chảy trên các sông chính khu vực Tây Nguyên. Bài báo sử dụng số liệu tại các trạm thủy văn mang tính đại biểu của các lưu vực sông khu vực Tây Nguyên. Chuỗi số liệu dài 21 năm từ năm 2001 đến năm 2022 đồng nhất thời gian với chuỗi số mưa được chia làm 2 giai đoạn để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình: Giai đoạn hiệu chỉnh 12 năm (từ năm 2002 - 2013) và giai đoạn kiểm định mô hình 9 năm (từ năm 2014 - 2022), ngoài ra bài báo tiến hành chạy dự báo thử nghiệm cho năm 2023 với số liệu dự báo mưa nguồn từ các mô hình CFS, ECMWF và MRI đã được xử lý. Kết quả đánh giá cũng cho thấy chất lượng mô phỏng của mô hình là tương đối tốt.

**Từ khóa:** Mô hình SWAT; Mô phỏng; Tây Nguyên.

## Abstract

### *Applications of the SWAT model experimental forecasting flow on the Central Highlands rivers*

*The use of hydrological models to forecast rainfall flows, especially in the dry season, is extremely urgent in the context of the Central Highlands being under pressure from climate change and unsustainable resource exploitation activities. This paper presents the application of the SWAT model to simulate flows on major rivers in the Central Highlands. The paper uses data from hydrological stations representative of river basins in the Central Highlands. The 21-year data series from 2001 to 2022 is time-consistent with the rainfall series divided into 2 phases for model calibration and validation: a 12-year calibration phase (from 2002 to 2013) and a 9-year model validation phase (from 2014 to 2022). In addition, the paper conducts a test forecast for 2023 with source rainfall forecast data from the processed CFS, ECMWF and MRI models. The evaluation results also show that the simulation quality of the model is relatively good.*

**Keywords:** SWAT model; Simulation; Highlands.

BBT nhận bài: 09/01/2025; Phản biện xong: 23/01/2025; Chấp nhận đăng: 26/3/2025

\*Tác giả liên hệ, Email: thanhquynh105@gmail.com

DOI: <http://doi.org/10.63064/khtnmt.2025.657>

## **1. Mở đầu**

Mô hình thủy văn cho phép mô phỏng mối quan hệ giữa lượng mưa, bốc hơi, thấm nước và dòng chảy trên các lưu vực sông, từ đó dự báo được dòng chảy cơ bản trong mùa khô, khi lượng mưa giảm mạnh. Đây là công cụ quan trọng để xác định thời điểm và mức độ thiếu hụt nước, giúp các nhà quản lý tài nguyên nước xây dựng kế hoạch phân phối và sử dụng hợp lý. Đặc biệt, với đặc điểm mùa khô kéo dài và nguy cơ xảy ra hạn hán ngày càng cao ở Tây Nguyên, mô hình thủy văn không chỉ giúp dự báo dòng chảy mà còn hỗ trợ đánh giá tác động của các kịch bản sử dụng đất, thay đổi lớp phủ thực vật và biến đổi khí hậu lên dòng chảy lưu vực. Từ đó, các chiến lược ứng phó như lưu trữ nước, cải thiện hạ tầng thủy lợi và điều chỉnh quy hoạch sử dụng đất có thể được triển khai kịp thời để đảm bảo sự phát triển bền vững của khu vực.

Bài báo áp dụng mô hình thủy văn SWAT [20] trên các lưu vực sông khu vực Tây Nguyên đã chứng minh được hiệu quả cao trong việc mô phỏng và dự báo dòng chảy, đặc biệt trong mùa khô khi nguồn nước trở nên khan hiếm. Với khả năng tích hợp dữ liệu khí tượng, thổ nhưỡng, sử dụng đất và các yếu tố địa hình, SWAT cho phép đánh giá chính xác sự phân bố và biến động của nguồn nước trên từng tiểu lưu vực. Kết quả mô phỏng đã cho thấy độ tin cậy cao khi được kiểm định bằng dữ liệu thực đo tại các trạm thủy văn, với các chỉ số đánh giá như Nash-Sutcliffe (NS) và  $R^2$  [15] đạt mức tốt. Đặc biệt, trong mùa khô, mô hình giúp dự báo chính xác lưu lượng tại các trạm đo, hỗ trợ hiệu quả cho công tác quản lý nguồn nước phục vụ tưới tiêu, cấp nước sinh

hoạt và vận hành hồ chứa. Điều này góp phần quan trọng trong việc giảm thiểu rủi ro thiếu nước và đảm bảo phát triển bền vững ở khu vực chịu nhiều tác động của biến đổi khí hậu như Tây Nguyên.

## **2. Phạm vi, phương pháp nghiên cứu và số liệu đầu vào**

### **2.1. Phạm vi nghiên cứu**

Đối tượng nghiên cứu là lưu lượng dòng chảy tại các trạm thủy văn cơ bản trên khu vực Tây Nguyên. Phạm vi nghiên cứu là khu vực Tây Nguyên.

### **2.2. Phương pháp nghiên cứu**

Trên thế giới, có rất nhiều mô hình thủy văn được ứng dụng để đánh giá tài nguyên nước như MIKEBASIN [3, 4], HEC-HMS [7], MIKE [8]. Tuy nhiên nhờ những tính năng vượt trội so với các mô hình khác như mô hình hóa chi tiết quá trình vận chuyển của nước trên bề mặt lưu vực, trong lòng dẫn, mô phỏng tác động của thay đổi dữ liệu đầu vào như sử dụng đất, thay đổi thổ nhưỡng và khí hậu; Giao diện tích hợp trong GIS tạo thuận tiện cho việc định nghĩa các tiểu lưu vực, xử lý các dữ liệu không gian,...; Mô phỏng các lưu vực rộng lớn với nhiều loại hình thay đổi sử dụng đất khác nhau mà không tốn nhiều thời gian và tài nguyên máy tính. Dựa trên ưu điểm trên nên bài báo sử dụng mô hình SWAT để thiết lập mô hình thủy văn cho các sông chính của khu vực Tây Nguyên.

Mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tool) được xây dựng để mô phỏng ảnh hưởng của việc quản lý sử dụng đất đến nguồn nước, bùn cát và hàm lượng chất hữu cơ trong hệ thống lưu vực sông với các loại đất, với các điều kiện sử dụng đất khác nhau và điều kiện quản lý tương ứng với một khoảng thời gian dài.

## **Nghiên cứu**

Mô hình SWAT dựa trên các bản đồ số về địa hình (DEM), sông ngòi, đường bao lưu vực để tính toán và chia lưu vực ra thành các vùng hay các lưu vực nhỏ (sub-basin). Đây là các lưu vực của các nhánh sông chính trong lưu vực nghiên cứu [5, 9, 10, 11].

Mô hình SWAT chia dòng chảy thành 3 pha: Pha mặt đất, pha dưới mặt đất (sát mặt, ngầm) và pha trong sông. Việc mô tả các quá trình thủy văn được chia làm hai phần chính: Phần thứ nhất là pha lưu vực với chu trình thủy văn dùng để kiểm soát khối lượng nước, bùn cát, chất hữu cơ và được chuyển tải tới các lòng dẫn chính của mỗi lưu vực. Phần thứ hai là diễn toán dòng chảy, bùn cát, hàm lượng các chất hữu cơ trong hệ thống lòng dẫn và tới mặt cắt cửa ra của lưu vực [5, 9, 10, 11].

Quá trình thiết lập mô hình SWAT cho bất kỳ ứng dụng nào đều có 6 bước: (1) chuẩn bị dữ liệu, (2) phân định lưu vực, (3) định nghĩa đơn vị thủy văn, (4) nhập dữ liệu đầu vào, (5) chạy mô hình, (6) hiệu chỉnh, kiểm định mô hình. Trong khuôn khổ của bài báo này, tiến trình mô phỏng dòng chảy trong SWAT được thực hiện dưới sự hỗ trợ của phần mở rộng ArcSWAT 2012 chạy trên phần mềm ArcGIS 10.0/10.1. Nghiên cứu sử dụng mô hình SWAT để tính toán đặc trưng

dòng chảy tại các trạm thủy văn cơ bản thuộc các sông chính khu vực Tây Nguyên gồm: Sông Sê San, Sông Ba, sông SrêPôk và sông Đồng Nai.

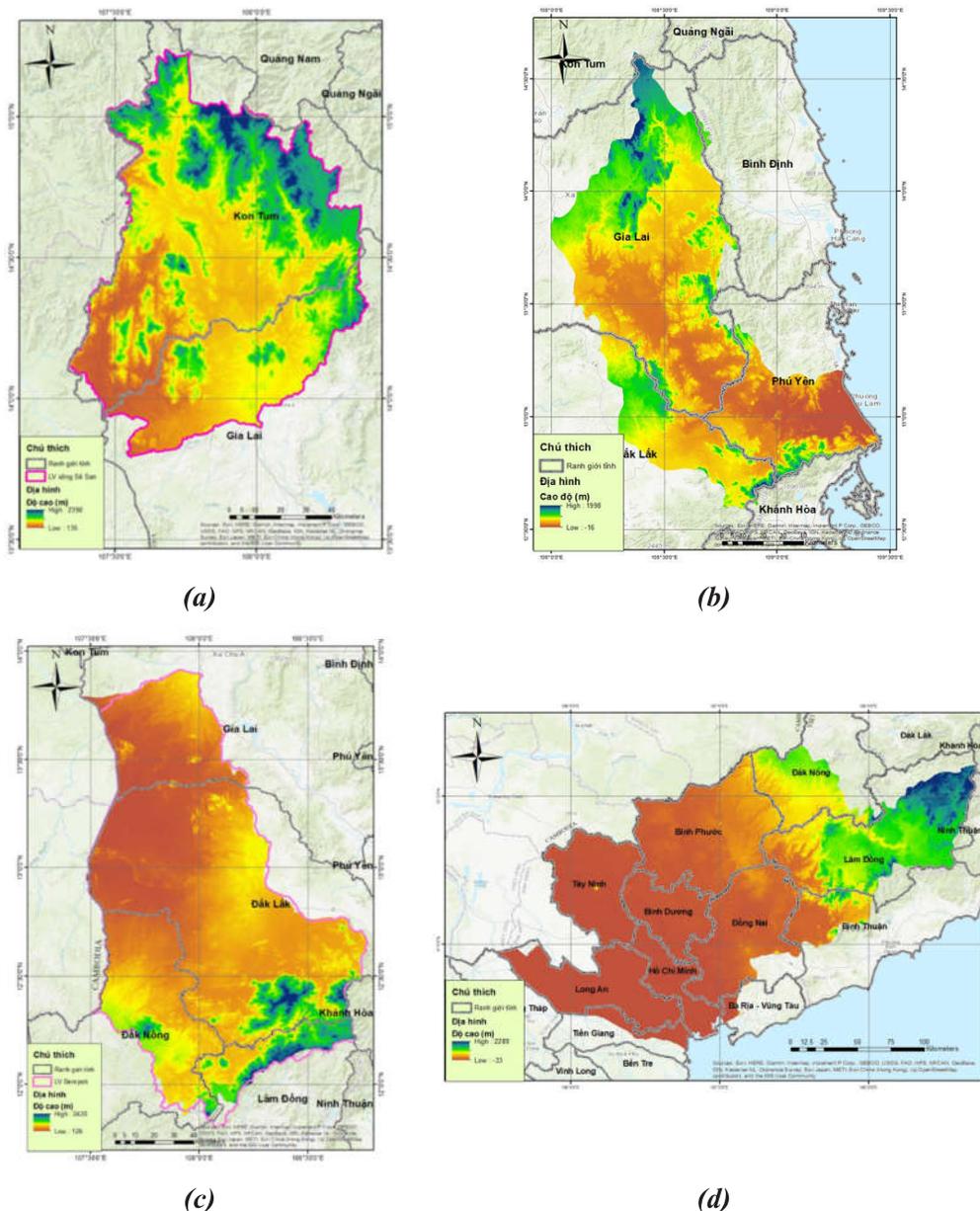
### **2.3. Số liệu đầu vào**

#### **2.3.1. Số liệu quan trắc**

Số liệu quan trắc cần thiết cho SWAT được thu thập trong nghiên cứu bao gồm lượng mưa, nhiệt độ không khí lớn nhất, nhỏ nhất theo ngày. Đối với số liệu mưa và nhiệt độ, dựa trên vị trí phân bố, thời gian đo đạc và chất lượng dữ liệu, nghiên cứu đã lựa chọn và sử dụng số liệu tại các trạm đo nằm trong vùng nghiên cứu. Bài báo thu thập số liệu mưa ngày của 26 trạm đo mưa, số liệu nhiệt độ của 14 trạm khí tượng và số liệu lưu lượng của 10 trạm thủy văn trên các sông chính khu vực Tây Nguyên từ năm 1993 đến năm 2022.

#### **2.3.2. Số liệu địa hình**

Dữ liệu DEM được thu thập từ USGS-HydroSHEDS (<https://www.hydrosheds.org/products>) với độ phân giải không gian  $30 \times 30$  m và được hiệu chỉnh về hệ tọa độ UTM WGS 84 sau đó được đưa vào dữ liệu mô hình SWAT phục vụ phân chia tiểu lưu vực, xác định hướng dòng chảy, mô phỏng mạng lưới dòng chảy và tạo cửa ra.



**Hình 1:** (a) Bản đồ mô hình số độ cao (DEM) lưu vực sông Sê San; (b) Bản đồ mô hình số độ cao (DEM) lưu vực Sông Ba; (c) Bản đồ mô hình số độ cao (DEM) lưu vực sông Srêpôk; (d) Bản đồ mô hình số độ cao (DEM) lưu vực sông Đồng Nai

**2.3.3. Dữ liệu sử dụng đất**

Dữ liệu sử dụng đất năm 2010 tỷ lệ 1/50.000 được thu thập từ Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất trước khi đưa vào mô hình SWAT, bản đồ sử dụng đất cần được hiệu chỉnh về hệ tọa độ UTM WGS84,

với các loại hình sử dụng đất được phân loại lại theo bảng mã sử dụng đất trong SWAT. Bảng mã này quy định mã số của các loại cây trồng, các loại hình che phủ chung, đất đô thị cùng với thuộc tính của chúng, làm cơ sở cho quá trình mô phỏng sự phát triển cây trồng, mô phỏng khu vực đô thị.

**Nghiên cứu**

**2.3.4. Dữ liệu thổ nhưỡng**

Dữ liệu thổ nhưỡng trên các lưu vực sông được thu thập từ Atlas Địa lý Việt Nam năm 2018 từ Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam, Bộ Tài nguyên và Môi trường. Trước khi đưa vào mô hình SWAT, bản đồ này đã được hiệu chỉnh về hệ tọa độ UTM WGS84 và được phân loại lại theo mã loại đất của FAO tương ứng trong cơ sở dữ liệu thổ nhưỡng của SWAT. Sự chuyển đổi này căn cứ vào tên loại đất, tính chất vật lý, hóa học của đất,...

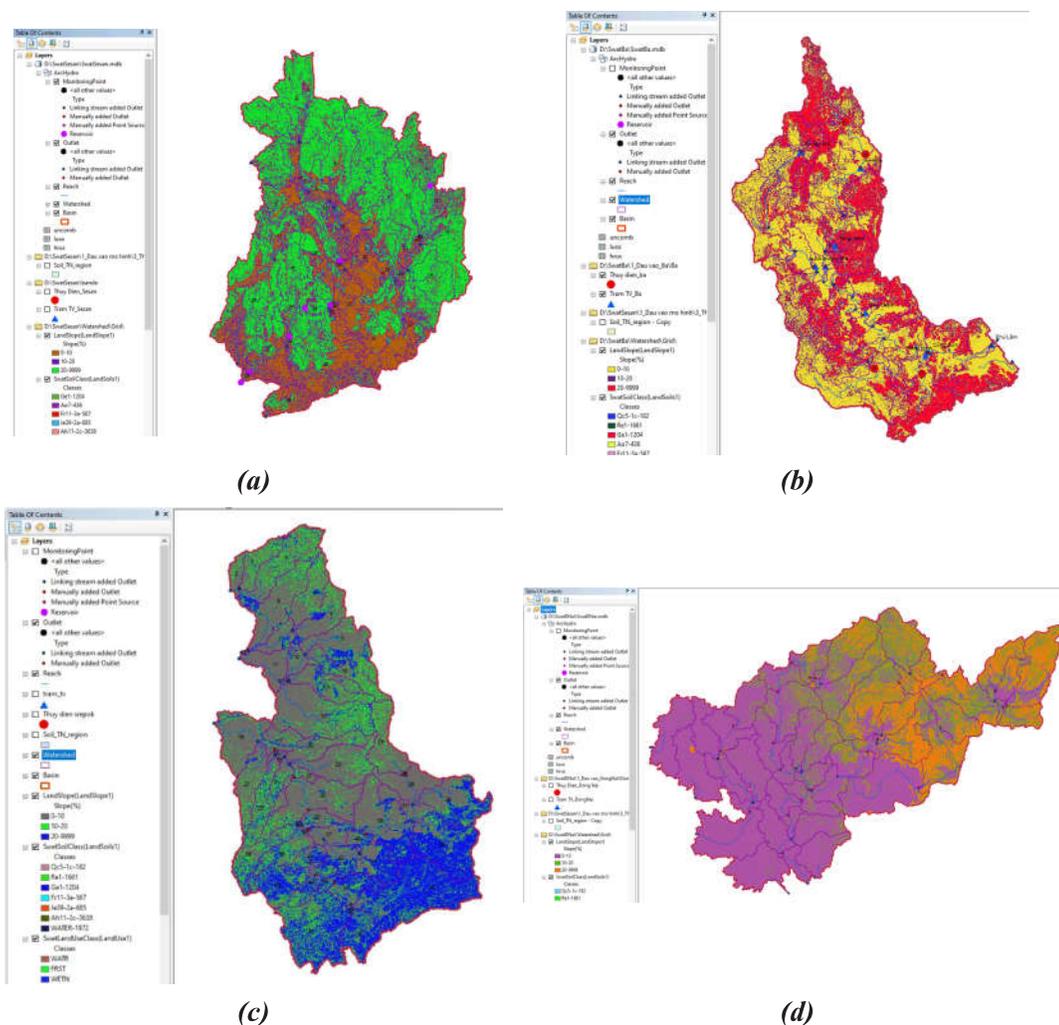
**2.4. Thiết lập mô hình thủy văn cho các lưu vực sông khu vực Tây Nguyên**

**2.4.1. Thiết lập mô hình SWAT**

Các quy trình chính trong ArcSWAT bao gồm: Tạo mới đồ án SWAT, phân chia lưu vực, phân tích đơn vị thủy văn, ghi chép bảng dữ liệu đầu vào, thiết lập các tùy chọn khác như thiết lập thông tin về các hồ chứa,... Sau đó chạy mô hình, đọc kết quả đầu ra, phân tích hiển thị kết quả, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình (Hình 2).



**Hình 2: Sơ đồ khối các bước thực hiện thiết lập mô hình**



**Hình 3:** (a) Kết quả phân tích đơn vị thủy văn lưu vực sông Sê San; (b) Kết quả phân tích đơn vị thủy văn lưu vực Sông Ba; (c) Kết quả phân tích đơn vị thủy văn lưu vực sông Srêpôk; (d) Kết quả phân tích đơn vị thủy văn lưu vực sông Đồng Nai

**2.4.2. Thiết lập mô hình SWAT - CUP**

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình là bước quan trọng để tìm ra bộ thông số phù hợp cho lưu vực nghiên cứu và để giảm sai số khi sử dụng mô hình cho mỗi lưu vực. Bộ công cụ SWAT - CUP (Calibration and Uncertainty Program) [19] được sử dụng để hiệu chỉnh và phân tích độ nhạy các thông số của mô hình thủy văn SWAT tự động theo các thuật toán tối ưu nhằm đảm bảo tính khách quan trong đánh giá lựa chọn bộ dữ liệu đầu vào và bộ thông số mô hình. Công

cụ SWAT - CUP tích hợp 5 thuật toán tối ưu để phân tích độ nhạy các thông số bao gồm: Sequential Uncertainty Fitting Version 2 (SUFI - 2), Particle Swarm Optimization (PSO), Parameter Solution (Parasol), Generalized Likelihood Uncertainty Estimation (GLUE) và Markov Chain Monte Carlo (MCMC). Trong đó, thuật toán SUFI - 2 được sử dụng rộng rãi bởi nó ổn định, dễ sử dụng và hiệu quả trong lựa chọn thông số nhạy cũng như trong hiệu chỉnh và kiểm định mô hình [19 - 22].

**Nghiên cứu**

**2.4.3. Thiết lập liên kết giữa mô hình SWAT - CUP và mô hình SWAT**

SWAT - CUP có giao diện trực quan và thân thiện được phát triển cho mô hình SWAT. Bằng cách sử dụng giao diện chung này, mọi chương trình hiệu chỉnh/ độ không đảm bảo hoặc độ nhạy đều có thể dễ dàng được liên kết với mô hình SWAT.

**2.5. Kiểm định và hiệu chỉnh mô hình**

**2.5.1. Chỉ tiêu đánh giá**

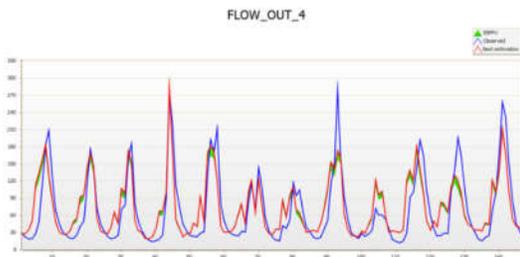
Để đánh giá kết quả mô phỏng của SWAT, bài báo sử dụng 3 chỉ tiêu: Chỉ tiêu Nash - Sutcliffe (NSE), hệ số tương quan (R2) và độ lệch phần trăm (PBIAS).

Chỉ tiêu Nash Sutcliffe Efficiency được đề xuất bởi Nash - Sutcliffe (1970) để đánh giá. Giá trị tối ưu của Nash là bằng 1.

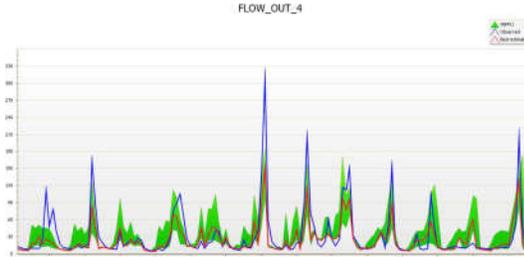
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2}$$

Hệ số tương quan (R2): Hệ số xác định đánh giá mức độ tương quan của kết quả mô phỏng và số liệu thực đo. Giá trị này nằm trong khoảng từ 0 đến 1. Càng gần 1 thì mức độ tương quan giữa giá trị thực đo và mô phỏng càng cao.

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})(Q_{sim} - \bar{Q}_{sim})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{sim} - \bar{Q}_{sim})^2}} \right)^2$$



(a)



(b)

Hệ số phần trăm sai lệch (PBIAS) đo lường sai số tổng lượng của mô phỏng. Giá trị tối ưu của PBIAS là bằng 0. Giá trị âm cho biết kết quả mô phỏng cao hơn số liệu thực đo và ngược lại.

$$PBIAS = 100 * \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs} - Q_{sim})}{\sum_{i=1}^n Q_{obs}}$$

trong đó:  $Q_{obs}$ : Giá trị thực đo;

$Q_{sim}$ : Giá trị mô phỏng;

$\bar{Q}_{obs}$ : Giá trị thực đo trung bình;

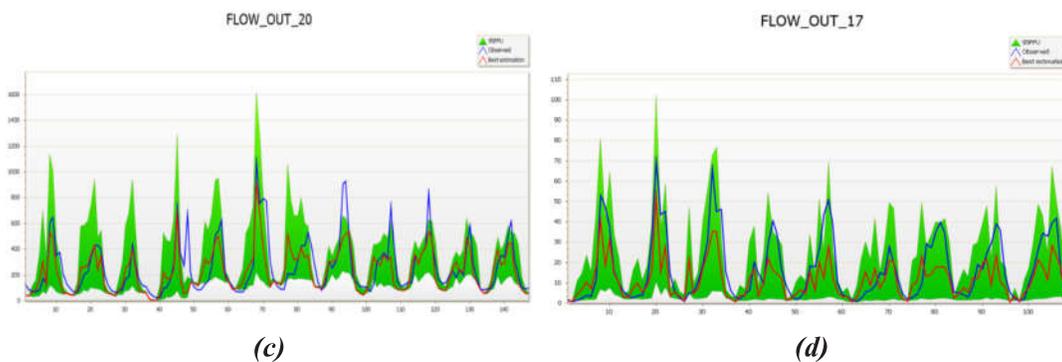
$\bar{Q}_{sim}$ : Giá trị mô phỏng trung bình.

**Bảng 1. Chỉ tiêu đánh giá khả năng của mô hình**

Xếp hạng	NSE & R <sup>2</sup>	PBIAS
Rất tốt	0,8 - 1	≤ 10
Tốt	0,6 - 0,8	10 - 15
Đạt yêu cầu	0,5 - 0,6	15 - 20
Không đạt yêu cầu	≤ 0,5	≥ 25

**2.5.2. Hiệu chỉnh**

Chuỗi số liệu lưu lượng tại các trạm thủy văn Đắc Mót, An Khê, Bản Đôn, Đại Nga dài 21 năm từ năm 2001 đến năm 2022 đồng nhất thời gian với chuỗi số mưa được chia làm 2 giai đoạn để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình: Giai đoạn hiệu chỉnh 12 năm (từ năm 2002 - 2013) và giai đoạn kiểm định mô hình 9 năm (từ năm 2014 - 2022).

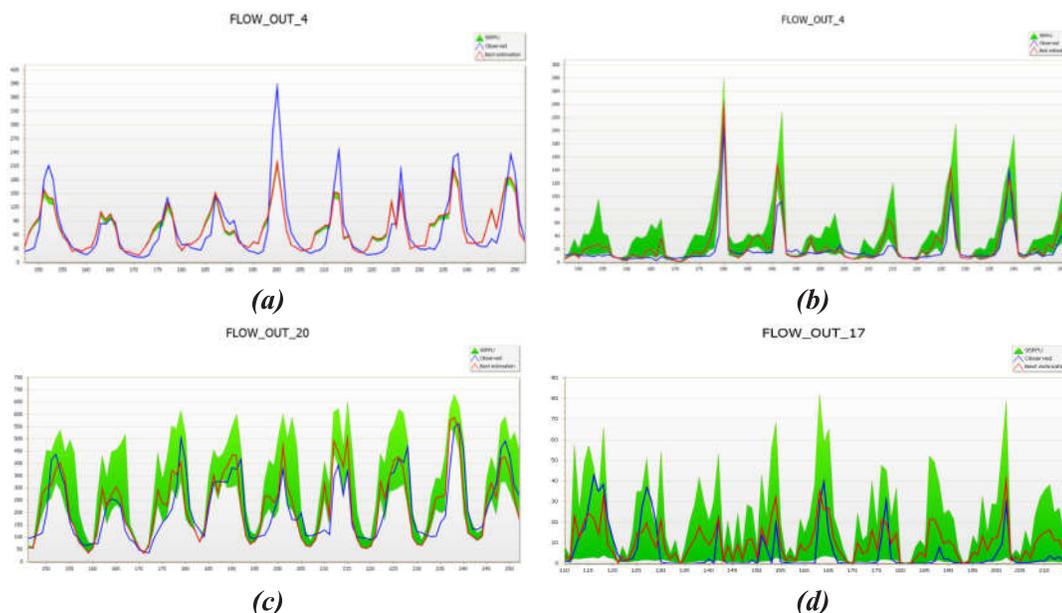


**Hình 4: (a) Kết quả lưu lượng thực đo và tính toán trạm Đắc Một giai đoạn hiệu chỉnh; (b) Kết quả lưu lượng thực đo và tính toán trạm An Khê giai đoạn hiệu chỉnh; (c) Kết quả lưu lượng thực đo và tính toán trạm Bản Đôn giai đoạn hiệu chỉnh; (d) Kết quả lưu lượng thực đo và tính toán trạm Đại Nga giai đoạn hiệu chỉnh**

Kết quả với khoảng 95 PPU tương ứng. Có thể thấy, khoảng 95 PPU mở rộng chứa phần lớn chuỗi giá trị thực đo. Tại trạm Đắc Một, các chỉ tiêu đánh giá lần lượt là Nash (NS) = 0,71; R2 = 0,70; Hệ số phần trăm sai lệch PBIAS = -3,1; Tại trạm An Khê, các chỉ tiêu đánh giá lần lượt là Nash (NS) = 0,65; R2 = 0,77; Hệ số phần trăm sai lệch PBIAS = 2; Tại trạm

Bản Đôn, các chỉ tiêu đánh giá lần lượt là Nash (NS) = 0,63; R2 = 0,65; Hệ số phần trăm sai lệch PBIAS = 0,9 và tại trạm Đại Nga, các chỉ tiêu đánh giá tại trạm Đại Nga lần lượt là Nash (NS) = 0,53; R2 = 0,66; Hệ số phần trăm sai lệch PBIAS = 15. Qua các chỉ tiêu trên, cho thấy kết quả hiệu chỉnh chấp nhận được và có thể được sử dụng để kiểm định mô hình.

**2.5.3. Kiểm định**



**Hình 5: (a) Kết quả lưu lượng thực đo và tính toán trạm Đắc Một giai đoạn kiểm định; (b) Kết quả lưu lượng thực đo và tính toán trạm An Khê giai đoạn kiểm định; (c) Kết quả lưu lượng thực đo và tính toán trạm Bản Đôn giai đoạn kiểm định; (d) Kết quả lưu lượng thực đo và tính toán trạm Đại Nga giai đoạn kiểm định**

## Nghiên cứu

Kết quả với khoảng 95 PPU tương ứng. Có thể thấy, khoảng 95 PPU mở rộng chứa phần lớn chuỗi giá trị thực đo. Tại trạm Đắc Mốt, các chỉ tiêu đánh giá lần lượt là Nash (NS) = 0,71; R2 = 0,70; Hệ số phần trăm sai lệch PBIAS = -3,0; Tại trạm An Khê, các chỉ tiêu đánh giá lần lượt là Nash (NS) = 0,67; R2 = 0,75; Hệ số phần trăm sai lệch PBIAS = 2. Tại trạm Bản Đôn, các chỉ tiêu đánh giá lần lượt là

Nash (NS) = 0,65; R2 = 0,67; Hệ số phần trăm sai lệch PBIAS = 1,0 và tại trạm Đại Nga, các chỉ tiêu đánh giá tại trạm Đại Nga lần lượt là Nash (NS) = 0,50; R2 = 0,60; Hệ số phần trăm sai lệch PBIAS = 18. Qua các chỉ tiêu trên, cho thấy kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chấp nhận được và có thể được sử dụng mô hình để chạy các bài toán liên quan trên các lưu vực sông khu vực Tây Nguyên.

**Bảng 2. Bộ thông số tối ưu trong mô hình SWAT - CUP trên các lưu vực sông khu vực Tây Nguyên**

TT	Thông số	Mô tả	Giá trị tối ưu			
			Sê San	Ba	SrêPók	Đồng Nai
1	CN2	Chỉ số CN ứng với điều kiện âm II	0,36	0,19	0,21	0,23
2	ALPHA_BF	Hệ số triết giảm dòng chảy ngầm	0,03	0,01	0,58	0,26
3	GW_DELAY	Thời gian trữ nước tầng ngầm	350	348	38	3
4	GWQMN	Ngưỡng sinh dòng chảy ngầm	1.705	1.788	18	309
5	CANMX	Khả năng trữ nước lớn nhất của lớp thực vật	50	58	67	20
6	ESCO	Hệ số bù bốc hơi của đất	0,25	0,002	0,16	0,16
7	EPCO	Hệ số bù lượng nước hấp thụ của thực vật	0,01	0,5	0,88	0,80
8	SOL_K	Độ dẫn thủy lực ở độ ẩm bão hòa	528	3	784	7
9	CH_K2	Hệ số dẫn thủy lực của sông chính	476	454	122	261
10	CH_N2	Hệ số nhám của sông chính	0,11	0,07	0,04	0,18
11	CH_N1	Hệ số nhám của phụ lưu	44	2,24	32	9
12	GW_REVAP	Hệ số tái bay hơi từ tầng ngầm - nước di chuyển từ tầng ngầm cạn lên vùng chưa bão hòa ở trên	0,78	0,91	1,14	0,19
13	REVAPMN	Ngưỡng sinh tái bay hơi từ tầng ngầm	120	462	386	268
14	SOL_AWC	Khả năng trữ nước của đất	0,66	0,03	0,76	0,03
15	CH_K1	Hệ số dẫn thủy lực của phụ lưu	118	43	286	252

### 3. Kết quả dự báo thử nghiệm

Dựa vào bộ thông số đã được hiệu chỉnh và kiểm định, nhóm tác giả tiến hành chạy dự báo thử nghiệm nguồn nước trên các sông chính khu vực Tây Nguyên với nguồn mưa dự báo mưa từ các mô hình CFS, ECMWF và MRI đã được xử lý trước khi đưa vào mô hình. Nhóm nghiên cứu dự báo thử nghiệm cho 7 trạm trên các lưu vực sông.

Kết quả dự báo đạt mức độ chính xác khá trở lên tại nhiều trạm đo, thể hiện qua các chỉ số đánh giá NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency) và R<sup>2</sup> (hệ số tương quan). Trên lưu vực sông Sê San, các trạm như Đắc Mốt (NSE = 0,8; R<sup>2</sup> = 0,93) và Kon Plông (NSE = 0,74; R<sup>2</sup> = 0,77) đạt mức chính xác tốt. Tương tự, lưu vực sông SrêPók cho thấy kết quả khá khả quan tại trạm Cầu 14 (NSE = 0,77; R<sup>2</sup> = 0,68). Đối với lưu vực Sông Ba, trạm An Khê đạt chỉ số

cao với  $NSE = 0,78$  và  $R^2 = 0,83$  phản ánh độ tin cậy tốt trong dự báo dòng chảy.

Tuy nhiên, sai số PBIAS (sai lệch phần trăm) tại một số trạm vẫn còn đáng kể, như Đắc Mốt (27 %) và Kon Plông (26 %) trên lưu vực sông Sê San. Nguyên nhân chính có thể do ảnh hưởng của hoạt động điều tiết hồ chứa, các hoạt động sử dụng nước trên lưu vực (như tưới tiêu, sinh hoạt, công nghiệp). Những yếu tố này làm giảm độ chính xác của mô hình khi dự báo dòng chảy.

Nhìn chung, mô hình đạt hiệu quả khá trong dự báo dòng chảy trên các lưu vực sông Tây Nguyên như Sê San, Srêpôk và Ba.

#### **4. Kết luận**

Mô hình SWAT là một công cụ mạnh mẽ trong việc diễn toán, mô phỏng dòng chảy trên các sông. Trong các năm gần đây, dòng chảy trên các sông chính khu vực Tây Nguyên chịu ảnh hưởng nhiều của vận hành các nhà máy thủy điện, do vậy kết quả mô phỏng ít nhiều bị ảnh hưởng bởi điều này. Kết quả của mô phỏng dòng chảy trên các sông đánh giá theo chỉ tiêu Nash phổ biến dao động từ 0,50 - 0,71 được đánh giá ở mức đạt yêu cầu và kết quả tốt nhất đạt 0,71 tại trạm thủy văn Đắc Mốt (sông Sê San) và thấp nhất là 0,50 tại trạm thủy văn Đại Nga (sông Đồng Nai). Kết quả đánh giá theo chỉ tiêu  $R^2$  đạt từ 0,60 đến 0,70 và được đánh giá là tốt, kết quả tốt nhất đạt 0,75 tại trạm thủy văn An Khê (Sông Ba) và thấp nhất là 0,60 tại trạm thủy văn Đại Nga (sông Đồng Nai). Kết quả đánh giá theo chỉ tiêu PBIAS phổ biến đạt từ -3,1 đến 2 kết quả được đánh giá là rất tốt, riêng tại trạm thủy văn Đại Nga (sông Đồng Nai) được đánh giá là đạt yêu cầu. Do vậy, kết

quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chấp nhận được và có thể được sử dụng mô hình để chạy các bài toán khác liên quan trên các lưu vực sông khu vực Tây Nguyên.

Kết quả dự báo thử nghiệm cho năm 2023 cho thấy mô hình dự báo đã mô phỏng tương đối tốt xu hướng biến đổi lưu lượng dòng chảy. Tuy nhiên, để cải thiện độ chính xác, cần xem xét giảm thiểu sai số trong dự báo mưa và tích hợp tốt hơn các yếu tố ảnh hưởng như hồ chứa và nhu cầu sử dụng nước trên lưu vực. Trong mùa mưa, cần nghiên cứu thêm các phương pháp để giảm thiểu sai số trong mô phỏng dòng chảy lũ.

**Lời cảm ơn:** Bài báo hoàn thành dưới sự hỗ trợ của nhiệm vụ KH&CN trọng điểm cấp Bộ: “*Nghiên cứu dự báo các đợt mưa trái mùa tích hợp mô hình thủy văn dự báo nguồn nước khu vực Tây Nguyên thời hạn 3 tháng*”. Mã số: TNMT.2023.06.03.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021). *Quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Srêpôk thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050*.
- [2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2021). *Quy hoạch tổng hợp lưu vực sông Sê San thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050*.
- [3]. Đào Đình Châm, Đặng Xuân Phong, Nguyễn Hoàng Sơn, Đào Thị Thảo, Trương Phương Dung, Nguyễn Quang Minh (2020). *Ứng dụng mô hình MIKE HYDRO BASIN tính toán cân bằng nước cho vùng lãnh thổ Tây Nguyên*. Tạp chí Khoa học Đại học Huế. ISN 2588-1183. Vol. 129, No. 4B, p. 5 - 18.
- [4]. Đặng Đình Khá, Trần Ngọc Anh (2021). *Thiết lập bộ mô hình thủy văn thông số phân bố phục vụ đánh giá tài nguyên nước trên lưu vực sông Mê Kông*. VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, vol. 37, p. 11 - 20.

## Nghiên cứu

- [5]. Đỗ Xuân Khánh (2017). *Hiệu chỉnh các tham số của mô hình SWAT bằng thuật toán SUFI2 - Ứng dụng cho lưu vực Sê San*. Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên. ISBN: 978-604-82-2274-1.
- [6]. Nguyễn Vũ Việt, Phạm Thị Hoài, Trần Thị Nhung (2018). *Ứng dụng mô hình MIKE BASIN tính toán cân bằng nước trên lưu vực sông Sê San hiện tại, 2030, 2050 trong điều kiện biến đổi khí hậu*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, Số 47.
- [7]. Nguyễn Đình, Nguyễn Hoàng Sơn, Lê Đình Thành (2013). *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, Số 42, p. 13 - 17.
- [8]. Nguyễn Ngọc Hà, Nguyễn Mạnh Trình, Hoàng Thị Nguyệt Minh (2021). *Ứng dụng mô hình MIKE NAM, MIKE 11HD tính toán tài nguyên nước mặt lưu vực sông Cửu Long*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 731, p. 54 - 68.
- [9]. Nguyễn Thị Tịnh Áu, Nguyễn Duy Liêm, Nguyễn Kim Lợi (2013). *Ứng dụng mô hình SWAT và công nghệ GIS đánh giá lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Đăk Bla*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 29, Số 3, p. 1 - 13.
- [10]. Nguyễn Kiên Dũng (2015). *Ứng dụng mô hình SWAT tính toán dòng chảy và bùn cát lưu vực sông Sê San*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, Số tháng 02, p. 47 - 50.
- [11]. Nguyễn Kim Lợi, Lê Hoàng Tú, Nguyễn Duy Liêm (2013). *Tài liệu hướng dẫn sử dụng mô hình SWAT phiên bản 2012 (ArcSWAT 2012, ArcGIS 10.0/10.1)*. Trường Đại học Nông lâm TP. Hồ Chí Minh.
- [12]. Phùng Tiến Dũng (2019). *Nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo thủy văn hạn vừa hạn dài mùa cạn phục vụ Quy trình vận hành liên hồ chứa cho các sông chính ở khu vực Tây Nguyên*. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường. Mã số: TNMT.2016.05.01.
- [13]. Ủy ban sông Mê Công Việt Nam (2025). *Đặc điểm tự nhiên lưu vực sông Srépók*. [https://vnmc.gov.vn/?page\\_id=1977](https://vnmc.gov.vn/?page_id=1977). Truy cập ngày 09/01/2025.
- [14]. Ủy ban sông Mê Công Việt Nam (2025). *Đặc điểm tự nhiên lưu vực sông Sê San*. [https://vnmc.gov.vn/?page\\_id=1977](https://vnmc.gov.vn/?page_id=1977). Truy cập ngày 09/01/2025.
- [15]. Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng thẩm định, Bộ Khoa học và Công nghệ (2022). *Tính toán các đặc trưng thủy văn thiết kế*. Tiêu chuẩn Quốc gia số TCVN 13615:2022. Quyết định số 2771/QĐ-BKHHCN ngày 30/12/2022.
- [16]. Thủ tướng nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (2018). *Quyết định số 878/QĐ-TTg ngày 18 tháng 07 năm 2018 về việc ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực Sông Ba*.
- [17]. Thủ tướng nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (2018). *Quyết định số 215/QĐ-TTg ngày 13 tháng 02 năm 2018 về việc ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Sê San*.
- [18]. Thủ tướng nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (2019). *Quyết định số 1895/QĐ-TTg ngày 25 tháng 12 năm 2019 về việc ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Đồng Nai*.
- [19]. Abbaspour K.C., (2009). *SWAT-CUP: SWAT Calibration and Uncertainty Programs - A User Manual*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Eawag, Duebendorf, 1-100.
- [20]. James R. Kiniry, J. R. Williams, R. Srinivasan (2000). *Soil and Water Assessment. Tool User's Manual*.
- [21]. Li Y., Thompson J., and Li H, (2016). *Impacts of Spatial Climatic Representation on Hydrological Model Calibration and Prediction Uncertainty: A Mountainous Catchment of Three Gorges Reservoir Region, China*. Water, 8, p. 73. <https://doi.org/10.3390/w8030073>.
- [22]. Ruan H., Zou S., Yang D., Wang Y., Yin Z., Lu Z. et al., (2017). *Runoff simulation by SWAT model using high-resolution gridded precipitation in the upper Heihe river basin, Northeastern Tibetan plateau*. Water, 9, p. 866. <https://doi.org/10.3390/w9110866>.