



Original Article

Development of a Hydrological Distributed Model Water Resources Assessment in the Mekong River Basin

Dang Dinh Kha*, Tran Ngoc Anh

VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam

Received 15 September 2020

Revised 26 January 2021; Accepted 5 February 2021

Abstract: Water resources in the Mekong river basin plays a key role for socio-economic development of the downstream region, especially the Mekong Delta. Therefore, development and validation of SWAT model to provide spatial parameters for better water resources evaluation in Mekong river basin is vital as a result of better consideration the physical characteristics of the study area. In this research, all six hydrological gauges located in mainstream river were utilized for this purpose. The results showed that Nash–Sutcliffe index varied from 0.63 to 0.94 and Pbias varied in range of -14.48%, ÷ +8.67% confirming the good performance of the model for flow simulation in Mekong river basin and the calibrated spatial parameters reasonably reflect the complex terrain and climate of Mekong river basin.

Keywords: Mekong, water resources, SWAT.

* Corresponding author.

E-mail address: dangdinhkha@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4591>

Thiết lập bộ mô hình thủy văn thông số phân bố phục vụ đánh giá tài nguyên nước trên lưu vực sông Mê Kông

Đặng Đình Khả*, Trần Ngọc Anh

*Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 15 tháng 9 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 26 tháng 01 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 05 tháng 02 năm 2021

Tóm tắt: Tài nguyên nước sông Mê Kông có ý nghĩa chiến lược trong phát triển kinh tế xã hội khu vực hạ du lưu vực sông, đặc biệt là đồng bằng sông Cửu Long. Vì thế việc thiết lập và đánh giá mô hình nhằm đưa ra bộ thông số có tính đến phân bố theo không gian để đảm bảo phản ánh chính xác hơn đặc điểm vật lý của khu vực nghiên cứu phục vụ cho việc đánh giá tài nguyên nước trên lưu vực sông Mê Kông là một bước thiết yếu. Trong nghiên cứu này, sáu trạm thủy văn trên dòng chính được sử dụng để đánh giá và kiểm định mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tools). Kết quả mô phỏng đánh giá theo chỉ tiêu Nash-Sutcliffe đạt trong khoảng 0,63 đến 0,94 và sai số tổng lượng (PBIAS) trong khoảng -14,48%, ÷ +8,67% cho thấy bộ mô hình đã thiết lập có khả năng mô phỏng tốt dòng chảy trên lưu vực sông lớn Mê Kông với bộ thông số biến đổi theo không gian, phản ánh được những điều kiện địa hình, khí hậu phức tạp.

Từ khóa: Mê Kông, tài nguyên nước, mô hình SWAT.

1. Mở đầu

Tài nguyên nước đóng vai trò thiết yếu đối với đời sống của các cộng đồng dân cư cũng như sự phát triển kinh tế xã hội. Tài nguyên nước luôn thay đổi theo không gian và thời gian do ảnh hưởng của điều kiện khí hậu và nhu cầu sử dụng nước trên lưu vực. Đánh giá tài nguyên nước vì thế có ý nghĩa rất lớn trong các công tác quy hoạch, quản lý hiệu quả hay định hướng và giải quyết những mâu thuẫn liên quan đến nước trên lưu vực như tái cơ cấu cây trồng, chia sẻ nguồn nước, bảo vệ nguồn nước,... Để thực hiện điều đó, đã có nhiều công cụ mô hình toán được xây dựng và sử dụng trong các nghiên cứu gần đây [1-6] nhằm đánh giá tài nguyên nước, cung cấp những kiến thức về sự thay đổi theo không gian

và thời gian của tài nguyên nước ở quy mô vùng, khu vực [2, 7, 8].

Mô hình SWAT [9] với khả năng tính toán đầy đủ các quá trình vận chuyển cả lượng và chất trên bề mặt lưu vực và trong lòng dẫn được sử dụng rộng rãi trong đánh giá tài nguyên nước cho nhiều lưu vực sông ở Việt Nam [2, 8, 10, 11] và trên thế giới [12, 13]. Trên lưu vực sông Mê Kông đã có nhiều nghiên cứu sử dụng mô hình SWAT trong tính toán lưu lượng dòng chảy [14-17]. Phần lớn các công trình này áp dụng mô hình cho phần hạ lưu của lưu vực Mê Kông [18], hay cho một phụ lưu trên lưu vực [15] và sử dụng chung một bộ thông số cho toàn vùng nghiên cứu [17], bộ thông số của mô hình sau quá trình hiệu chỉnh và kiểm định chưa được đưa ra phân tích độ nhạy [18]. Xiongpeng Tang et al., (2019) [14]

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: dangdinhkha@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4591>

đã áp dụng mô hình SWAT cho cả lưu vực sông Mê Kông (bao gồm cả vùng thượng và hạ lưu của lưu vực), tuy nhiên nghiên cứu chỉ sử dụng số liệu dòng chảy tại trạm Stung Treng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

Do đó, nghiên cứu này với mục tiêu phân tích độ nhạy các thông số trong mô hình SWAT nhằm đưa ra bộ thông số có tính đến phân bố theo không gian để đảm bảo phân ảnh phù hợp đặc điểm của từng tiểu vùng trên lưu vực sông Mê Kông. Đây sẽ là cơ sở cho việc thực hiện các nghiên cứu tiếp theo phục vụ đánh giá tài nguyên nước trên lưu vực sông Mê Kông.

2. Lưu vực sông Mê Kông

Sông Mê Kông là sông lớn nhất khu vực Đông Nam Á, với diện tích toàn lưu vực khoảng 795.000 km², có chiều dài sông chính khoảng 4.909 km. Sông Mê Kông chảy qua 6 nước trong khu vực và được chia làm 2 phần chính: phần thượng lưu bao gồm diện tích lưu vực nằm trên lãnh thổ Trung Quốc (21%) và Myanmar (3%) thường được gọi là sông Lan Thương. Phần hạ lưu sông Mê Kông bao gồm diện tích lưu vực thuộc các nước Lào (25%), Thái Lan (23%), Campuchia (20%) và Việt Nam (8%) [19]. Lưu vực sông Mê Kông trải dài từ vùng khí hậu ôn đới đến vùng nhiệt đới gió mùa (Hình 1a). Lượng mưa biến đổi khá mạnh theo không gian khoảng 500 mm/năm khu vực thượng lưu đến 3000 mm/năm vùng hạ lưu (Hình 1b). Lượng mưa tập trung chủ yếu vào 6 tháng mùa mưa (V - X) chiếm 85% tổng lượng mưa năm. Lưu lượng dòng chảy trung bình nhiều năm khoảng 14.500 m³/s, tổng lượng dòng chảy mùa lũ (từ tháng VI - XI) chiếm khoảng 80- 90% tổng lượng dòng chảy năm [19]. Dân số ở hạ lưu sông Mê Kông vào khoảng 60 triệu người và dự kiến tăng lên 100 triệu vào năm 2025, trong đó, hơn 80% dân số sống dựa vào nguồn tài nguyên nước và các nguồn tài nguyên khác trong lưu vực [20]. Do đó, tài nguyên nước sông Mê Kông có vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế xã hội trên lưu vực.

Để đáp ứng nhu cầu về năng lượng và sử dụng nước cho nông và công nghiệp, đã có nhiều

công trình thủy điện và thủy lợi trên dòng chính và các phụ lưu của sông Mê Kông. Trên sông Lan Thương có sự phát triển nhanh của các công trình thủy điện trong những năm gần đây. Trước năm 2006 chỉ có 2 đập là Mãn Loan (Manwan, 1993) có dung tích chứa là 920 triệu m³, đập Đại Chiêu Sơn (Dachaoshan, 2003) có dung tích là 890 triệu m³, nhưng từ năm 2007 đến 2017 đã có thêm 7 đập đi vào hoạt động, có đập dung tích chứa lên đến 23 tỷ m³ như đập Nọa Trát Độ (Nuozhadu, 2012) và sẽ có khoảng 10 đập nữa sẽ hoạt động vào năm 2030 [21]. Sự thiếu thông tin về quá trình vận hành các đập này đã gây nhiều khó khăn trong quá trình dự báo, đánh giá phân tích chế độ dòng chảy ở hạ lưu [22]. Các nghiên cứu [21, 22] chủ yếu sử dụng các trạm đo lưu lượng ở hạ lưu để phân tích đánh giá chế độ dòng chảy, cho thấy, các đập này đã tác động đến chế độ dòng chảy ở phía hạ lưu, tại trạm Chiang Saen, dòng chảy trung bình mùa kiệt trong giai đoạn 2010-2017 đã tăng khoảng 35% so với giai đoạn 2000-2009, trong khi đó dòng chảy mùa lũ giảm khoảng 31%. Sự thay đổi này đã ảnh hưởng đến hàm lượng bùn cát và tài nguyên nước ở hạ lưu [21]. Các công trình đập thủy điện ở hạ lưu sông Mê Kông cũng phát triển trong những năm gần đây, trước năm 2006 chỉ có 15 đập thủy điện tập chung chủ yếu ở Lào (7 đập) và Thái Lan (6 đập), Việt Nam (2 đập), các đập này nằm ở các phụ lưu của sông Mê Kông, có công suất phát điện từ 200-720 MW. Từ năm 2007 đến 2018 có thêm khoảng 31 đập đi vào hoạt động, chủ yếu ở Lào (23 đập thủy điện). Tuy nhiên, các nghiên cứu về ảnh hưởng của các đập trên các phụ lưu đến dòng chảy ở sông Mê Kông còn hạn chế [19].

Trên lưu vực sông Mê Kông phổ biến chủ yếu là nhóm đất xám chiếm khoảng 65% diện tích trên toàn lưu vực, đây là loại đất phổ biến đối với vùng khí hậu nhiệt đới ẩm. Nhóm đất mùn alit chiếm khoảng 14%, đây là loại đất bị phong hóa từ đá, phổ biến khu vực sườn núi cao và dốc. Các nhóm đất còn lại như đất phù sa, đất phèn,... chiếm khoảng 20% diện tích của lưu vực.

Bản đồ sử dụng đất cho thấy trên lưu vực chủ yếu gồm 3 loại chính là đất trồng cây nông nghiệp (41,3%), đất rừng (42%) và đồng cỏ

(15%). Trong đó, đất trồng rừng chủ yếu phân bố ở Lào và Campuchia, đất đồng cỏ phân bố chủ yếu ở vùng thượng lưu (phía Trung Quốc). Đất nông nghiệp phổ biến ở phía đông bắc của Thái Lan, lưu vực Tonle Sap của Campuchia, phía nam của Lào và đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam (Hình 1c).

3. Số liệu sử dụng và phương pháp sử dụng

3.1. Số liệu sử dụng

Số liệu mưa quan trắc mưa theo ngày tại 175 trạm được thu thập từ Ủy ban sông Mê Kông (MRC) và Tổng cục khí tượng Trung Quốc

(CMA) trong giai đoạn từ 1998-2006 được sử dụng làm đầu vào cho mô hình. Các dữ liệu khí tượng như; nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, bức xạ nhiệt được lấy từ Trung tâm Dự báo Môi trường Quốc gia Mỹ (NCEP).

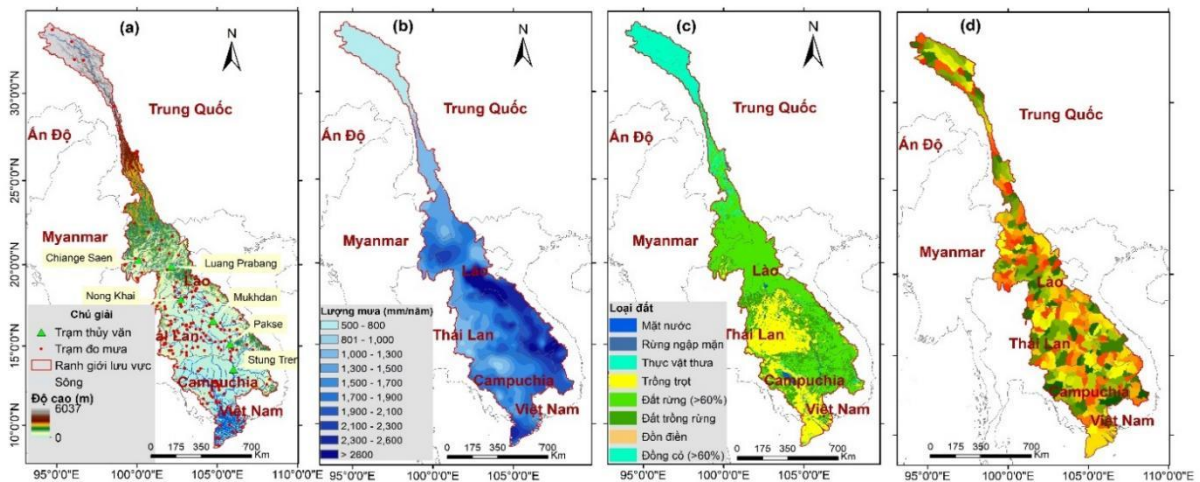
Các bản đồ sử dụng đất, thổ nhưỡng năm 2005 được thu thập từ MRC với độ phân giải 1 km x 1 km. Bản đồ địa hình với độ phân giải 30 m x 30 m được thu thập từ USGS-HydroSHEDS (<https://hydrosheds.cr.usgs.gov/>).

Số liệu lưu lượng theo ngày của 6 trạm trên dòng chính sông Mê Kông được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Bao gồm các trạm Chiang Saen, Luang Prabang, Nong Khai, Mukhdan, Pakse, Stung Treng (Bảng 1).

Bảng 1. Trạm quan trắc thủy văn được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình SWAT

Trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Diện tích (km ²)	% lưu vực
Chiang Saen	100,08	20,27	189.000	23,8
Luang Prabang	102,14	19,89	268.000	33,7
Nong Khai	102,72	17,88	302.000	38,0
Mukhdan	104,74	16,54	391.000	49,2
Pakse	105,80	15,12	545.000	68,6
Stung Treng	106,02	13,55	635.000	79,9
Toàn lưu vực			795.000	100

Nguồn: MRC, (2010) [19].



Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Mê Kông: a) Mạng lưới trạm quan trắc mưa và trạm thủy văn; b) Bản đồ phân bố mưa trung bình năm; c) Bản đồ sử dụng đất; d) Bản đồ các tiểu lưu vực.

3.2. Thiết lập mô hình thủy văn trên lưu vực sông Mê Kông

Bộ mô hình ArcSWAT 2012 Soil and Water Assessment Tool - “công cụ đánh giá đất và nước” [9], có giao diện trong ArcGIS 10.2 được sử dụng để tính toán các đặc trưng thủy văn trên lưu vực. Để tính toán chính xác lưu lượng dòng chảy và hàm lượng các chất phù sa, dinh dưỡng trên lưu vực, mô hình SWAT đã chia làm 2 quá trình tính toán; i) Quá trình vận chuyển nước trên bề mặt lưu vực sẽ tính toán lượng nước, hàm lượng chất phù sa, dinh dưỡng chảy vào hệ thống kênh chính dựa trên phương trình cân bằng nước khi mô phỏng quá trình dòng chảy; và ii) Quá trình vận chuyển nước trong kênh chính được tính toán theo công thức của Williams (1969) và phương pháp Muskingum [23]. Mô hình SWAT bao gồm cả mô đun tuyết tan, quá trình này được tính toán dựa trên nhiệt độ trung bình ngày với mức nhiệt độ 0 °C được lựa chọn làm ngưỡng tuyết tan hay đóng băng. Mô hình SWAT có thể sử dụng ở nhiều vùng khí hậu khác nhau, với những đặc điểm địa hình phức tạp hay sự biến động của lớp phủ thực vật. Tuy nhiên, mô hình có hạn chế trong mô phỏng các hiện tượng xảy ra trong thời đoạn ngắn như trận lũ và vùng ảnh hưởng của thủy triều. Mô hình được xây dựng để tính toán lưu lượng dòng chảy trong thời gian dài [23], phù hợp trong nghiên cứu đánh giá tài nguyên nước, đánh giá ảnh hưởng của các kịch bản (hồ chứa, đập, sử dụng đất, biến đổi khí hậu) đến dòng chảy trên lưu vực hay dự báo dòng chảy với bước thời gian ngày, tháng, năm.

Dữ liệu địa hình số độ cao DEM 30 x 30 m trên lưu vực sông Mê Kông được sử dụng để phân chia tiểu lưu vực trên toàn bộ lưu vực sông Mê Kông với 383 tiểu lưu vực được thiết lập (Hình 1d), mỗi tiểu lưu vực có diện tích trung bình khoảng 2.075 km². Các tiểu lưu vực được chia nhỏ thành 2.850 đơn vị thủy văn (HRU) dựa trên những đặc trưng đồng nhất về độ dốc, thổ nhưỡng và loại hình sử dụng đất.

Nghiên cứu đã sử dụng phương pháp đa giác Thiessen để tính mưa trung bình cho 383 tiểu lưu vực dựa trên số liệu quan trắc của 175 trạm mưa làm đầu vào cho mô hình đã thiết lập. Dữ liệu mưa trong mỗi tiểu lưu vực được tính toán theo

mức độ phân hóa của độ cao (elevation band) (0-500 m, 500-1000 m, 1000-1500 m, 1500-2000 m, > 2000 m) để tăng mức độ chính xác của dữ liệu mưa [24, 25].

4. Đánh giá bộ mô hình

4.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Mô hình SWAT có hơn 200 thông số khác nhau chia làm nhiều nhóm như nhóm liên quan đến dòng chảy trên bề mặt lưu vực, dòng chảy trong sông, trầm tích, môi trường. Do vậy, thông qua phân tích các nghiên cứu đã thực hiện [14, 15, 24, 26, 27] nghiên cứu này đã tập trung các thông số có độ nhạy cao để hiệu chỉnh mô hình (Bảng 2). Bộ công cụ SWAT-CUP được sử dụng để tối ưu các thông số của mô hình dựa trên phân tích độ nhạy của các thông số với các nhóm thông số lớp dòng chảy ở tầng sát mặt, dòng chảy trong kênh và tầng chứa nước ngầm. Trong đó, thuật toán SUFI-2 được sử dụng để tối ưu các thông số, đây là thuật toán cho kết quả có độ tin cậy cao hơn các thuật toán khác như PSO, GLUE, ParaSol [13, 24]. Các chỉ số Nash-Sutcliffe (NSE) [28], sai số tổng lượng (PBIAS), hệ số tương quan R² được sử dụng để đánh giá mức độ chính xác của kết quả tính toán lưu lượng dòng chảy.

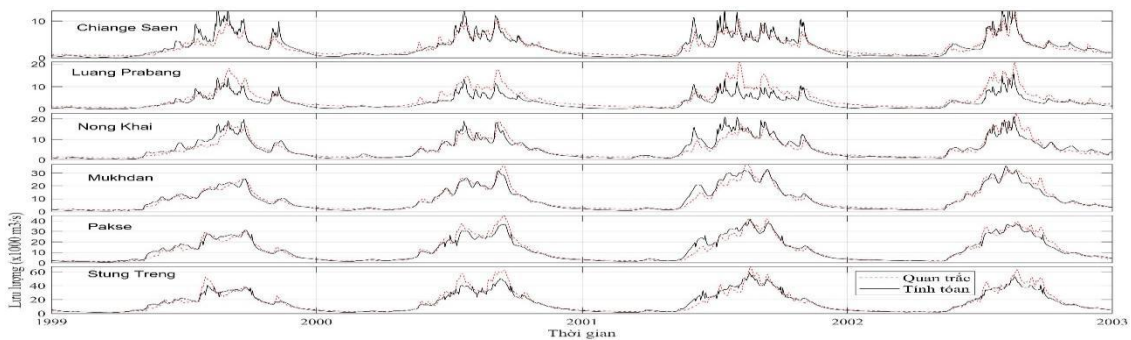
Chuỗi số liệu lưu lượng dòng chảy tại 6 trạm trên dòng chính từ năm 1998 đến 2006 được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Trong đó, số liệu năm 1998 được sử dụng để chạy nền cho thời kỳ hiệu chỉnh mô hình từ 1999-2003 và số liệu năm 2003 được sử dụng để chạy nền thời kỳ kiểm định mô hình từ 2004-2006. Các chỉ số NSE, hệ số tương quan R² và sai số tổng lượng PBIAS (%) được sử dụng để đánh giá hiệu quả của mô hình. Kết quả so sánh giữa giá trị tính toán và thực đo được thể hiện trên Bảng 3, Hình 2-3. Kết quả cho thấy, chỉ tiêu NSE của các trạm đều đạt từ 0,63 đến 0,94 tại các trạm trong cả thời gian hiệu chỉnh và kiểm định, sai số tổng lượng năm trong khoảng -14,48% đến 8,67%. Sai số tổng lượng của mùa lũ trong khoảng -15,3% đến 13,35% nhỏ hơn sai số tổng lượng trong mùa kiệt (-20,3% đến 3,69%). Các trạm ở thượng lưu của

lưu vực (Chiange Saen và Luang Prabang) có sai số lớn hơn các trạm ở phía hạ lưu (từ Nong Khai đến Stung Treng), do mật độ các trạm đo mưa quan trắc ở thượng lưu thấp hơn so với khu vực hạ lưu và các thông tin về hồ chứa ở khu vực này chưa được đưa vào trong mô hình. Tuy nhiên, các chỉ số đánh giá được đối chiếu theo tiêu chuẩn của Moriasi (2015) [29] cho thấy bộ mô hình đã hiệu chỉnh và kiểm định thuộc loại tốt.

Do đó, có thể khẳng định bộ mô hình đã thiết lập và bộ thông số mô hình đã tìm được (Bảng 4) có đủ độ tin cậy trong mô phỏng diễn toán dòng chảy trên lưu vực sông Mê Kông. Bộ mô hình có thể được sử dụng trong công tác dự báo thủy văn, khôi phục dòng chảy cho các tiểu lưu vực, tính toán với các kịch bản biến đổi khí hậu hay thay đổi hiện trạng sử dụng đất phục vụ cho công tác đánh giá tài nguyên nước trên lưu vực.

Bảng 2. Các thông số mô hình lựa chọn để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

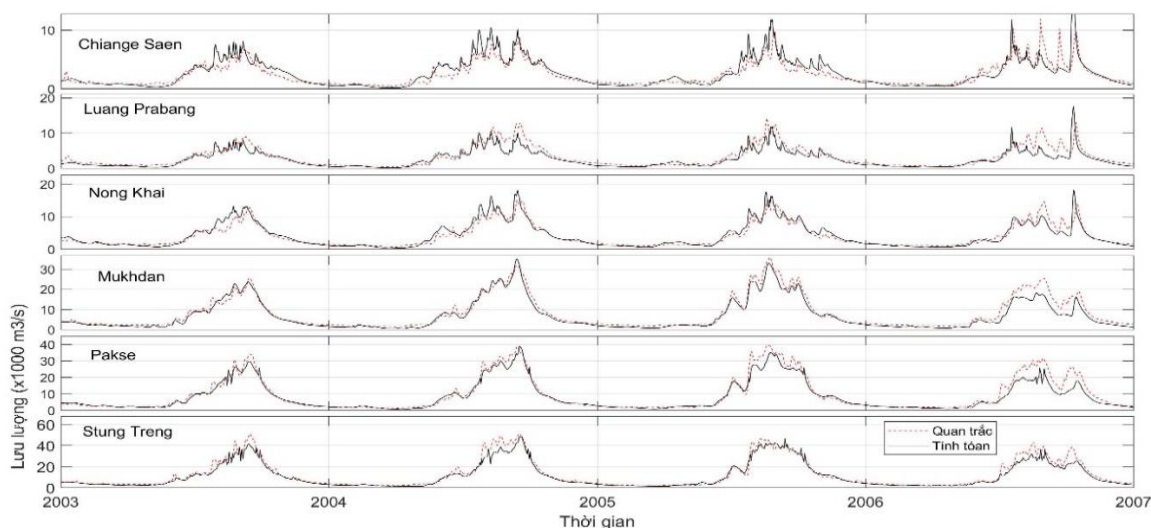
STT	Thông số	Ý nghĩa của thông số	Đối tượng ảnh hưởng	Giới hạn
1	CANMX	Khả năng trữ nước lớn nhất của lớp thực vật	Lớp dòng chảy ở tầng sát mặt	[0 : 100]
2	ESCO	Hệ số bù bốc hơi của đất		[0 : 1]
3	EPCO	Hệ số bù lượng nước hấp thụ của thực vật		[0 : 1]
4	SOL_K	Độ dẫn thủy lực ở trường hợp bão hoà		[-1 : 470]
5	SOL_AWC	Khả năng trữ nước của đất		[-1,0 : 3,3]
6	CN2	Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II		[-0,42 : 0,065]
7	CH_K2	Hệ số dẫn thủy lực của sông chính (mm/giờ)	Dòng chảy trong kênh	[-0,01 : 500]
8	CH_N2	Hệ số nhám của sông chính		[0,01 : 0,3]
9	CH_K1	Hệ số dẫn thủy lực của kênh dẫn (mm/giờ) (phụ lưu)		[0 : 300]
10	CH_N1	Hệ số nhám kênh dẫn (phụ lưu)		[0,01 : 0,3]
11	ALPHA_BF	Hệ số triết giảm dòng chảy ngầm (ngày)	Tầng chứa nước ngầm	[0 : 1]
12	GW_DELAY	Thời gian trữ nước tầng ngầm		[0 : 500]
13	GW_REVAP	Hệ số tái bay hơi từ tầng ngầm - nước di chuyển từ tầng ngầm cạn lên vùng chưa bão hoà ở trên		[0,02 : 0,2]
14	GWQMN	Ngưỡng sinh dòng chảy ngầm		[0 : 5000]
15	REVAPMN	Ngưỡng sinh tái bay hơi từ tầng ngầm		[0 : 500]



Hình 2. Biểu đồ so sánh đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại các trạm ở giai đoạn hiệu chỉnh mô hình.

Bảng 3. Thống kê kết quả đánh giá hiệu quả mô hình SWAT đối với lưu vực sông Mê Kông

Chỉ số	Thời kỳ	Chiange Saen	Luang Prabang	Nong Khai	Mukhdan	Pakse	Stung Treng
NSE	Hiệu chỉnh	0,74	0,63	0,84	0,94	0,94	0,92
	Kiểm Định	0,63	0,73	0,86	0,93	0,92	0,93
R ²	Hiệu chỉnh	0,91	0,89	0,93	0,97	0,97	0,96
	Kiểm Định	0,87	0,88	0,94	0,98	0,97	0,98
PBAIS (%) (Hiệu chỉnh)	Mùa lũ	9,98	-15,30	6,99	-0,03	-1,96	-6,17
	Mùa kiệt	-20,02	-21,30	-8,68	-13,11	3,69	-1,85
	Năm	4,08	-12,60	4,17	-1,96	-1,22	-5,60
PBAIS (%) (Kiểm định)	Mùa lũ	13,35	-13,10	5,49	-12,71	-12,64	-8,60
	Mùa kiệt	-8,88	-20,30	-7,22	-20,36	-5,21	-15,60
	Năm	8,67	-14,48	2,97	-14,10	-11,65	-9,60



Hình 3. Biểu đồ so sánh đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại các trạm ở giai đoạn kiểm định mô hình.

4.2. Đánh giá các thông số mô hình

Sau quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, bộ thông số thu được cho các khu vực được giới hạn đến các trạm quan trắc dòng chảy được thể hiện trong Bảng 4. Kết quả cho thấy, giá trị các thông số có sự khác biệt giữa các vùng.

Trong nhóm thông số ảnh hưởng nhiều đến dòng chảy lớp sát mặt, các thông số có sự biến đổi rõ rệt giữa các vùng trên lưu vực. Thông số khả năng trữ nước của lớp phủ thực vật (CANMX) được ghi nhận lớn nhất (59,95) ở khu

vực từ trạm Chiange Saen đến trạm Luang Prabang nơi mà thực vật chủ yếu là rừng và cây bụi. Trong khi đó giá trị này tại vùng thượng lưu (bên Trung Quốc) chủ yếu là đồng cỏ là khoảng 25,35. Khả năng trữ nước của đất (SOL_AWC) có giá trị lớn nhất tại khu vực từ Luang Prabang đến Pakse, đây là vùng có diện tích đất canh tác nông nghiệp lớn nhất trên lưu vực (phía đông của Thái Lan). Có thể do khả năng giữ nước để phục vụ cho cây trồng nông nghiệp dẫn nên thông số SOL_AWC có giá trị lớn nhất tại đây.

Bảng 4. Thông số lựa chọn cho các tiêu lưu vực không chế bởi các trạm thủy văn

Thông số	Chiange Saen	Luang Prabang	Nong Khai	Mukhdan	Pakse	Stung Treng
CANMX	25,35	59,95	35,35	45,05	39,55	10,75
ESCO	0,58	0,27	0,98	0,33	0,09	0,75
EPCO	0,20	0,01	0,96	0,84	0,06	0,66
SOL_K	36,44	15,25	7,71	44,92	371,33	223,90
SOL_AWC	-0,65	2,51	1,85	2,57	-0,45	1,42
CN2	-0,19	-0,37	-0,34	-0,14	-0,33	-0,18
CH_K2	98,24	23,24	149,24	272,25	190,24	58,74
CH_N2	0,10	0,25	0,09	0,25	0,29	0,30
CH_K1	5,25	51,45	228,15	17,25	7,05	157,35
CH_N1	0,04	0,07	0,11	0,15	0,12	0,16
ALPHA_BF	0,43	0,42	0,88	0,89	0,66	0,92
GW_DELAY	193,25	422,75	12,25	11,25	130,75	2,75
GW_REVAP	0,12	0,18	0,19	0,05	0,16	0,04
GWQMN	2912,50	1952,50	2297,50	2887,50	4502,50	1977,50
REVAPMN	243,25	208,25	201,75	261,75	2,25	284,25

Các thông số ảnh hưởng đến dòng chảy trong sông cũng có sự biến đổi nhiều giữa các vùng trên lưu vực. Hệ số nhám Manning trong sông chính (CH_N2) được ghi nhận tại khu vực phía thượng lưu và khu vực từ Luang Prabang đến Nong Khai khoảng 0,1-0,2, nơi có độ dốc lòng sông chính lớn nhất trên lưu vực với thành phần lòng sông chủ yếu là đá, sỏi. Khu vực từ Mukhdan đến Stung Treng có hệ số nhám CH_N2 lớn nhất (khoảng 0,3), đây cũng là khu vực có nhiều thác nước nhất trên lưu vực đã làm cản trở quá trình dòng chảy trong sông. Với thông số hệ số dẫn thủy lực của sông chính (CH_K2), giá trị của thông số tương đối lớn ở phần thượng lưu và trung lưu (không chế tại trạm Pake), dao động quanh khoảng 100-200 mm/giờ, nơi thành phần lòng sông chủ yếu là sỏi và đá cuội làm tăng khả năng tổn thất nước trong lòng sông. Phía hạ lưu không chế tại trạm Stung Treng, nơi lòng sông có nhiều thành phần bùn, cát làm giảm tổn thất nước trong sông, có giá trị CH_K2 xấp xỉ 60 mm/giờ. Qua đó có thể thấy được tính hợp lý của các thông số với đặc điểm thổ nhưỡng và địa hình trên lưu vực.

Khả năng trữ của tầng nước ngầm (GW_DELAY) trên lưu vực nằm trong khoảng từ 2,75 đến 422,75 ngày, giá trị này lớn nhất tại khu vực từ Chiange Saen đến Luang Prabang, đây cũng là nơi có giá trị thông số khả năng trữ nước của thực vật lớn nhất (CANMX).

Các thông số thu được sau quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình đã phản ánh được các quá trình vật lý cả trên bề mặt lưu vực, trong dòng dẫn và tầng chứa nước ngầm. Bộ thông số và mô hình đã thiết lập sẽ làm cơ sở để tính toán, đánh giá sự biến đổi dòng chảy trên lưu vực với các kịch bản khác nhau phục vụ đánh giá tài nguyên nước trên lưu vực.

5. Kết luận

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định được thực hiện để đưa ra bộ thông số vật lý phân bố theo không gian đảm bảo phản ánh phù hợp điều kiện của từng tiểu vùng trong lưu vực nghiên cứu. Sự phân bố không gian của thông số mô hình cho kết quả mô phỏng khác biệt đáng kể trong mô hình hoá dòng chảy so với khi sử dụng cùng 1 bộ

thông số cho toàn lưu vực như trong nghiên cứu trước [14, 17].

Các thông số sau khi đã hiệu chỉnh và kiểm định đã được tiến hành phân tích, cho thấy tính hợp lý của các thông số này với các đặc trưng về lớp phủ, địa hình và thổ nhưỡng trên lưu vực. Bộ mô hình đã thiết lập có đủ độ tin cậy trong tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Mê Kông.

Bộ mô hình đã thiết lập chưa xét đến ảnh hưởng của các công trình thủy điện, thủy lợi trên lưu vực nhưng mô hình đã mô phỏng thành công dòng chảy trên lưu vực sông Mê Kông trong giai đoạn 1998 – 2006. Đây là thời đoạn dòng chảy trên lưu vực ít chịu ảnh hưởng của các công trình trên lưu vực. Do vậy, bộ mô hình đã thiết lập còn có thể được sử dụng để khôi phục dòng chảy tự nhiên (không ảnh hưởng các công trình) trên lưu vực để làm cơ sở đánh giá ảnh hưởng của công trình khi các công trình được xây dựng trên lưu vực

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ Đề tài Nghị định thư mã số NĐT.58.RU/19 được Bộ KH&CN Việt Nam và Bộ Khoa học và Giáo dục CHLB Nga tài trợ, nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ quý báu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] D. D. Kha, T. N. Anh, and M. T. Nga, Application of WEAP Model to Integrated Water Balance in Lam River Basin, VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, Vol. 31, No. 3S, 2015, pp. 186-194 (in Vietnamese).
- [2] N. T. Son, N. Y. Nhu, Apply SWAT Model to Simulate Stream Flow in Ben Hai River Basin in Response to Climate Change Scenarios, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Science, Vol. 25, 2009, pp. 161-167.
- [3] N. K. Loi, N. D. Liem, L.H. Tu, N.T. Hong, C. D. Truong, V. N. Q. Tram, T. T. Nhat, T.N. Anh, J. Jeong, Automated Procedure of Real-Time Flood Forecasting in Vu Gia – Thu Bon River Basin, Vietnam by Integrating SWAT and HEC-RAS Models, Journal of Water and Climate Change, Vol. 10, No. 3, 2018, pp. 535-545.
- [4] B. V. Chanh, T. N. Anh, Integration Models for Hydrology Forecasting on Tra Khuc Basin, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Science, Vol. 32, No. 3S, 2016, pp. 20-25 (in Vietnamese).
- [5] D. Sokolova, V. Kuzmin, A. Batyrov, I. Pivovarova, T. N. Anh, D. D. Kha, K. V. Shemanaev, Use of MLCM3 Software for Flash Flood Modeling and Forecasting, Journal of Ecological Engineering, Vol. 19, No. 1, 2018, pp. 177-185, <https://doi.org/10.12911/22998993/79419>.
- [6] D. D. Kha, N. Y. Nhu, T. N. Anh, An Approach for Flow Forecasting in Ungauged Catchments – A Case Study for Ho Ho Reservoir Catchment, Ngan Sau River, Central Vietnam, Journal of Ecological Engineering, Vol. 19, No. 3, 2018, pp. 74-79, <https://doi.org/10.12911/22998993/85759>.
- [7] D. D. Kha, D. D. Duc, H. T. Binh, L. N. Quyen, T. X. Quang, and T. N. Anh, Flood and Inundation Mapping of The Major River Basins of Khanh Hoa Province Under The Climate Change Scenarios, VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, Vol. 29, No. 2S, 2013, pp. 101-112 (in Vietnamese).
- [8] N. T. N. Quyen, N. D. Liem, N. D. Nguong, N. Thoan, B. T. Long, N. K. Loi, Zoning Drought Reply on Drought Index and Simulation Hydrological Regime in Srepok Watershed Tay Nguyen Area, VNU Journal of Science: Earth and Environmental Science, Vol. 1, No. 33, 2017, pp. 65-81 (in Vietnamese).
- [9] J. G. Arnold, D. N. Moriasi, P. W. Gassman, K. C. Abbaspour, M. J. White, R. Srinivasan, C. Santhi, R. D. Harmel, A. van Griensven, M. W. Van Liew, N. Kannan, M. K. Jha, SWAT: Model Use, Calibration, and Validation, Transactions of the ASABE, Vol. 55, No. 4, 2012, pp. 1317-1335.
- [10] N. K. Phung, L. T. T. An, Apply Swat Model to Assess the Impact of Climate Change on The Flow of The Dong Nai River Basin, Journal of Water Resources Science and Technology, Vietnam Academy for Water Resources, Vol. 12, No. 12/2012, 2012, pp. 96-101 (in Vietnamese).
- [11] T. M. Ngoc, Application of SWAT Model to Calculate Surface Flow Data of Luc Nam River Basin, VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology, Vol. 25, No. 3S, 2009, pp. 484-491 (in Vietnamese).

- [12] P. M. Ndomba, A. V. Griensven, Suitability of SWAT Model in Sediment Yields Modeling in The Eastern Africa, *Advances in Data, Methods, Models and Their Applications in Geoscience*, No. 1, 2011, pp. 261-284.
- [13] H. Ruan, S. Zou, Z. Cong, Y. Wang, Z. Yin, Z. Lu, F. Li, B. Xu., Runoff Simulation by SWAT Model Using High-Resolution Gridded Precipitation in the Upper Heihe River Basin, Northeastern Tibetan Plateau, *Water*, Vol. 9, No. 11, 2017, pp. 866-889, <https://doi.org/10.3390/w9110866>
- [14] X. Tang, J. Zhang, C. Gao, G. Ruben, G. Wang, Assessing the Uncertainties of Four Precipitation Products for Swat Modeling in Mekong River Basin, *Remote Sensing*, Vol. 11, No. 3, 2019, pp. 304-328, <https://doi.org/10.3390/rs11030304>
- [15] V. T. Thom, D. N. Khoi, D. Q. Linh, Using Gridded Rainfall Products in Simulating Streamflow in A Tropical Catchment - A Case Study of the Srepok River Catchment, Vietnam, *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, Vol. 65, No. 1, 2017, pp. 18-25, <https://doi.org/10.1515/johh-2016-0047>.
- [16] C. G. Rossi, R. Srinivasan, K. Jirayoot, T. Le Duc, P. Souvannabouth, N. Binh, P. W. Gassman, Hydrologic Evaluation of the Lower Mekong River Basin with The Soil and Water Assessment Tool Model, *International Agricultural Engineering Journal*, Vol. 18, No. 1-2, 2009, pp. 1-3.
- [17] I. Mohammed, J. Bolten, R. Srinivasan, V. Lakshmi, Improved Hydrological Decision Support System for the Lower Mekong River Basin Using Satellite-Based Earth Observations, *Remote Sensing*, Vol. 10, No. 6, 2018, pp. 885-902, <https://doi.org/10.3390/rs10060885>.
- [18] L. M. Hung, T. B. Hoang, N. D. Khang, T. T. Anh, Applying the SWAT Model to Calculate Surface Soil Erosion in Mekong River Basin, *Journal of Water Resources Science and Technology, Vietnam Academy for Water Resources*, Vol. 12, No. 12, 2012, pp. 25-32 (in Vietnamese).
- [19] M. R. Commission, State of The Basin Report 2010, Vientiane, Lao PDR, 2010.
- [20] M. R. Commission, Overview of The Hydrology of The Mekong Basin, Vientiane, Lao PDR, 2005.
- [21] M. R. Commission, State of The Basin Report 2018, Vientiane, Lao PDR, 2018.
- [22] T. A. Räsänen, P. Someth, H. Lauri, J. Koponen, J. Sarkkula, M. Kumm, Observed River Discharge Changes Due to Hydropower Operations in The Upper Mekong Basin, *Journal of Hydrology*, Vol. 545, 2017, pp. 28-41.
- [23] S. Neitsch, J. Arnold, J. Kiniry, J. Williams, Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation - Version 2009, Technical Report, No 406, 2009.
- [24] Y. Tuo, Z. Duan, M. Disse, G. Chiogna, Evaluation of Precipitation Input for SWAT Modeling in Alpine Catchment: A case study in the Adige river basin (Italy), *Science of The Total Environment Journal*, Vol. 573, 2016, pp. 66-82.
- [25] Y. Li, J. Thompson, H. Li, Impacts of Spatial Climatic Representation on Hydrological Model Calibration and Prediction Uncertainty: A Mountainous Catchment of Three Gorges Reservoir Region, China, *Water*, Vol. 8, No. 3, 2016, pp. 73-88.
- [26] K. C. Abbaspour, SWAT-CUP: SWAT Calibration and Uncertainty Programs - A User Manual, Jun-. [Online]. Available: https://swat.tamu.edu/media/114860/usermanual_swatcup.pdf/, (accessed: 04-Jun-2020).
- [27] P. Ren, J. Li, P. Feng, Y. Guo, and Q. Ma, Evaluation of Multiple Satellite Precipitation Products and Their Use in Hydrological Modelling over the Luanhe River Basin, China, *Water*, Vol. 10, No. 6, 2018, pp. 677-700.
- [28] J. E. Nash, J. V. Sutcliffe, River Flow Forecasting Through Conceptual Models Part I - A Discussion of Principles, *Journal of Hydrology*, Vol. 10, No. 3, 1970, pp. 282-290.
- [29] D. N. Moriasi, M. W. Gitau, N. Pai, P. Daggupati, Hydrologic and Water Quality Models: Performance Measures and Evaluation Criteria, *Transactions of the ASABE*, Vol. 58, No. 6, 2015, pp. 1763-1785.