

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA HỒ ĐẬP ĐẾN DÒNG CHẢY LƯU VỰC SÔNG SREPOK BẰNG MÔ HÌNH HYPE

Bùi Du Dương¹, Vũ Thị Hải Hà¹, Nguyễn Thị Ngọc², Dư Lê Thùy Tiên³,
Lê Mạnh Hùng⁴, Lê Mai Vân¹, Bùi Thị Phương Thảo⁴

¹Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia, Việt Nam

²Trường Đại học Incheon, Hàn Quốc

³Trường Đại học Houston, Hoa Kỳ

⁴Trường Đại học Bắc Carolina, Hoa Kỳ

⁵Trường Đại học Thành phố Tokyo, Nhật bản

Tóm tắt

Phát triển thủy điện, hồ chứa ở Việt Nam, đặc biệt là ở lưu vực sông Srepok có ảnh hưởng không nhỏ đến hệ sinh thái tự nhiên. Trong nghiên cứu này, bài báo sẽ tìm hiểu, đánh giá tác động của các đập thủy điện đối với dòng chảy tự nhiên tại lưu vực sông Srepok ở Tây Nguyên Việt Nam. Nghiên cứu phân tích hai kịch bản có và không có hồ chứa để so sánh dòng chảy thực đo với dòng chảy được mô phỏng dựa trên mô hình HYPE. Kết quả cho thấy có sự thay đổi đáng kể giữa dòng chảy tự nhiên tại các trạm thượng lưu, nơi nhiều hồ chứa và có ít sự thay đổi hơn ở các trạm hạ lưu nơi tỷ lệ này nhỏ hơn nhiều. Các nghiên cứu tiếp theo trong tương lai sẽ tập trung cải thiện hiệu suất mô hình tại các khu vực có ít số liệu quan trắc bằng việc sử dụng dữ liệu vệ tinh và khám phá các khả năng khác của mô hình, chất lượng nước và mô hình ngập lụt.

Từ khóa: HYPE; Mô hình thủy văn; Đập thủy điện; Dòng chảy tự nhiên; Dòng chảy quy định; Lưu vực sông Srêpôk.

Abstract

Assessing impacts of the reservoirs on the water flow in the Srepok river basin by using HYPE model

Intensive hydropower development in Vietnam, particularly in the Srepok river basin has inevitably affected natural ecosystems. In this research, It will investigate and assess the impact of hydropower dams on natural flows in the Srepok River basin in the Central Highlands of Vietnam. The research analyzed two scenarios with and without the reservoir to compare the observed flow with the simulated flow based on the use of multi-basin semi-distributed Hydrological Predictions for the Environment (HYPE) model. The results showed that there are significant changes in natural flow in upstream hydrological stations where there are many reservoirs, and less changes between them in downstream hydrological stations where this ratio is much smaller. In the future, studies are needed to focus on improving the performance model in locations with less observed data by using satellite-based data and explore other capacities of the model, such as simulating groundwater table, water quality, and floodplain model.

Keywords: HYPE; Hydrological modelling; Hydropower dam; Natural flow; Regulated flow; Srepok river basin.

1. Mở đầu

Nước là cần thiết cho sự phát triển bền vững của xã hội toàn cầu. Tuy nhiên, an ninh nước đang chịu áp lực nặng nề từ các can thiệp của con người và biến đổi khí hậu. Đối với một số nơi trên thế giới

bao gồm châu Á, tác động trực tiếp của con người vượt quá tác động của biến đổi khí hậu. Việc xây dựng bất cứ một công trình nào đều có tác động đến thiên nhiên không nhiều thì ít. Trong trường hợp hồ chứa thủy điện, việc vận hành, điều tiết phát điện sẽ làm thay đổi chế độ dòng

chảy tự nhiên. Sự thay đổi nhiều hay ít tùy theo hồ chứa được vận hành như thế nào. Khi dòng chảy tự nhiên của một con sông thay đổi thì hệ sinh thái và cư dân địa phương gần hồ chứa, trong lưu vực con sông đó cũng bị ảnh hưởng như giảm độ phong phú loài, gián đoạn thực vật, tái định cư, ảnh hưởng đến cơ cấu việc làm cộng đồng, khía cạnh văn hóa, quan hệ sức khỏe và giới.

Ở Việt Nam, Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt quy hoạch phát triển điện lực quốc gia giai đoạn 2011 - 2020 có xét đến năm 2030 với mục tiêu cung ứng đủ nhu cầu điện trong nước với chất lượng ngày càng cao, giá cả hợp lý, đảm bảo an ninh năng lượng [5]. Quy hoạch xác định mục tiêu ưu tiên phát triển nguồn năng lượng tái tạo (thủy điện, phong năng, điện mặt trời, điện sinh khối,...) cho sản xuất điện trong đó sẽ đưa tổng công suất các thủy điện từ 9.200 MW hiện nay lên gần gấp đôi (17.400 MW) vào 2020. Tuy nhiên, từ những sự cố gần đây xảy ra với hàng loạt các công trình thủy điện hiện có (sông Tranh 2 [15], Đắkrông 3 [16], Đắk Mek 3 [17],...) hay những bất cập trong việc quy hoạch, vận hành thủy điện đa mục tiêu trong thời gian vừa qua, cộng đồng và các nhà khoa học đã dấy lên nhiều ý kiến trái chiều xung quanh việc có nên ưu tiên phát triển thủy điện trong quy hoạch điện lực quốc gia trong khi tác động của nó đến người dân và hệ sinh thái còn chưa được nghiên cứu đầy đủ.

Việt Nam là „một quốc gia thiếu nước“, bởi lượng nước mặt bình quân đầu người hiện tại trên lãnh thổ là 3.480 m³/năm - dưới tiêu chuẩn quốc tế (4.000 m³/năm) của Hiệp hội Tài nguyên nước Quốc tế (IWRA). Ngoài ra, khoảng hai phần ba nguồn nước của Việt Nam đến từ nước ngoài. Trên các vùng và thời gian khác nhau trong năm, tài nguyên nước không được phân bố đều. Trong năm 2013, Việt Nam đã khai thác gần 70% tiềm năng thủy điện, trong khi con số này cho trung bình toàn cầu là 35%. 260 nhà máy thủy điện

đang hoạt động, 211 dự án đang được xây dựng và vẫn còn 266 dự án khác sẽ được lắp đặt trong nước [5].

Từ những năm đầu thập niên 1970, dự báo lũ nghiệp vụ ở Thụy Điển dùng mô hình thủy văn HBV (Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning; Bergström 1995). Tuy nhiên, tác nhân môi trường chưa được thiết lập trong mô hình này, do đó một khái niệm mô hình mới đã được phát triển gần đây, đó là Phòng đoán thủy văn cho môi trường (HYPE) [9]. Trong khoa học thủy văn, một trong những thử thách lớn nhất là dự báo các thành phần thủy văn cho những lưu vực không có số liệu lưu lượng ở cửa ra của lưu vực. Thử thách này đã được chú trọng giải quyết trong giai đoạn 2003 - 2012 bởi Hiệp hội Thủy văn quốc tế [23]. Thách thức cho dự báo cho lưu vực không có số liệu lưu lượng ở cửa ra của lưu vực nằm ở chỗ ước tính thông số cho mô hình. Sẽ là một khó khăn không nhỏ khi tìm sự kết nối giữa thông số cho mô hình và các đặc tính của lưu vực [1, 2] ngoại trừ diện tích hồ và diện tích lưu vực. Ở Na Uy, thông số vùng được sử dụng cho mô hình tính toán cân bằng nước sử dụng ô lưới, với thông số liên quan đến điều kiện địa hình [13, 22] đã chỉ ra rằng việc hiệu chỉnh thông số mô hình cho các lưu vực độc lập với nhau có thể thông qua sử dụng hệ thống phân bố của thủy văn với đất. Theo các tác giả [13] cũng kết nối các tính chất vật lý của loại đất và thực vật với thông số mô hình thủy văn CRASH. Ở Thụy Điển, nghiên cứu về bổ cập nước dưới đất của [18] chỉ ra rằng sự khác nhau giữa đới trữ nước và bổ cập nước ngầm dựa trên mô hình cân bằng nước cho 161 lưu vực vừa và nhỏ. Đặc trưng của lưu vực dựa trên ba loại đất được xác định. Những kết quả khả quan trên gợi ý một khả năng liên kết thông số mô hình thủy văn với các tính chất địa văn của lưu vực để giảm yếu tố bất định trong ứng dụng cho lưu vực lớn của mô hình HYPE.

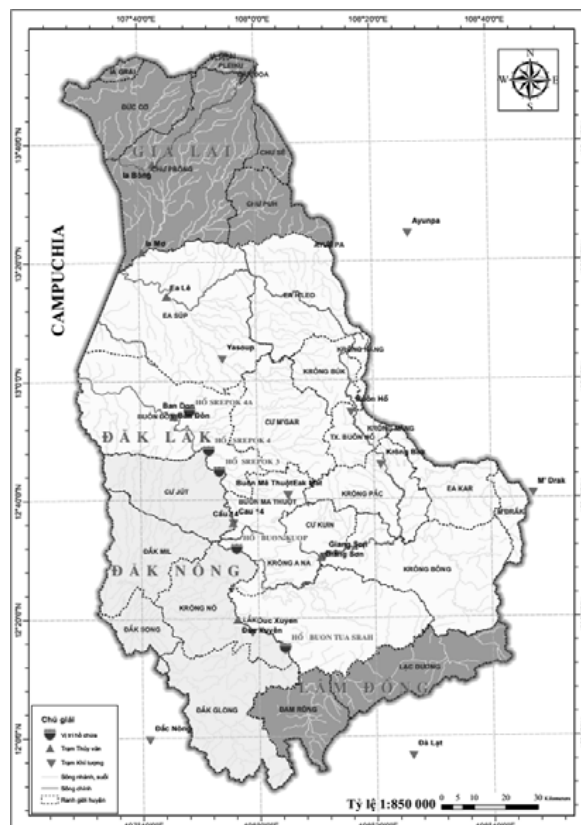
Mục tiêu tổng quan của nghiên cứu này nhằm đánh giá tác động của hồ đập

đến dòng chảy lưu vực sông Srêpok. Với hai kịch bản có và không có hồ chứa để so sánh dòng chảy thực đo với dòng chảy được mô phỏng. Đáng chú ý là đánh giá kết quả cho phần lớn các tiểu lưu vực không có số liệu thực đo ở cửa ra. Để giảm bớt sự bất định cho những lưu vực trên, quy trình hiệu chỉnh theo bước được tiến hành với giả thiết các thông số của mô hình có liên quan đến các biến địa văn hơn là so với vị trí của lưu vực. Giả thiết này cho mô hình với quy mô lớn sẽ cung cấp thông tin giá trị cho các lưu vực không có dữ liệu ở cửa ra, bằng việc sử dụng dữ liệu và kiểm định cho một vài lưu vực ở vùng khác.

2. Khu vực nghiên cứu

Sông Srepok là một trong những nhánh chính của sông Mekong (Hình 1). Trong phần lãnh thổ Việt Nam, nó được gọi là sông Dak Krong. Lưu vực của sông Srepok bắt nguồn từ tỉnh Đắk Lắk thuộc Tây Nguyên rồi chảy xuống hai tỉnh Ratanakiri và Stung Treng của Campuchia. Ở phần lãnh thổ Campuchia, sông Srepok lần lượt hợp lưu với sông Sesan (bắt nguồn từ Việt Nam) và Se Kong (bắt nguồn từ Lào) trước khi đổ vào sông Mekong ở thị trấn Strung Treng. Sông có độ dài 450 km với 169 km trên lãnh thổ Việt Nam. Sông Srepok có ba nhánh sông chính là sông Krong No, sông Krong Ana và sông Ea H'leo.

Toàn bộ lưu vực sông Srêpok và vùng lân cận (trong lãnh thổ Việt Nam) có diện tích tự nhiên khoảng 18.230 km², trải rộng trên phần lớn diện tích tỉnh Đắk Lắk, một phần tỉnh Đắk Nông, 4 huyện của tỉnh Gia Lai và 2 huyện của tỉnh Lâm Đồng. Lưu vực Sre Pok có số lượng công trình thủy lợi, hồ chứa lớn đặc biệt là hồ chứa vừa và nhỏ tương đối nhiều. Tháng 7/2014 Thủ tướng Chính phủ đã ban hành quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực Sre Pok. Theo đó các hồ Buôn Tua Srah, Buôn Kuốp, Srêpôk 3, Srêpôk 4 và Srêpôk 4A phải vận hành theo nguyên nước thứ tự ưu tiên được quy định trong quy trình.



Hình 1: Bản đồ lưu vực sông Srepok

3. Phương pháp và dữ liệu sử dụng

3.1. Phương pháp nghiên cứu tổng quan và mô hình HYPE

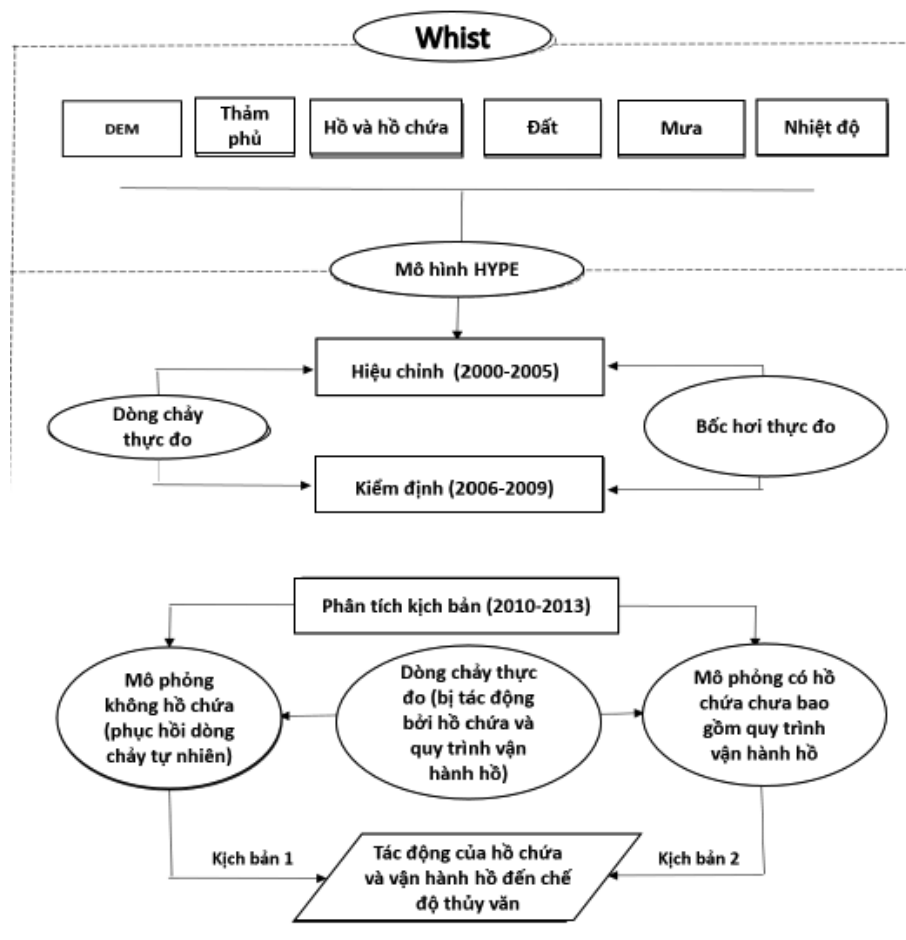
Việc đánh giá tác động của hồ đập đến dòng chảy lưu vực sông Srepok bằng mô hình HYPE được xây dựng thực hiện theo sơ đồ nghiên cứu tổng quát theo Hình 2 (trang sau).

Mô hình HYPE được phát triển bởi Viện Khí tượng thủy văn Thụy Điển (SMHI) là một sự tích hợp mô hình thủy văn và mô hình chất lượng nước (Hình 3). Các nguồn cung cấp và tổn thất (bao gồm phép biến đổi và đường dòng chảy) của nước, nitơ và phốt pho được bao gồm trong mô hình. Mục tiêu chính của sự phát triển mô hình là giữ độ phức tạp như nhau cho các quá trình khác nhau. Mã nguồn (viết trong FORTRAN 95) được cấu trúc để có thể áp dụng cho miền rộng, dữ liệu đầu vào và kết quả của mô hình có thể được chuẩn bị và phân tích dựa trên

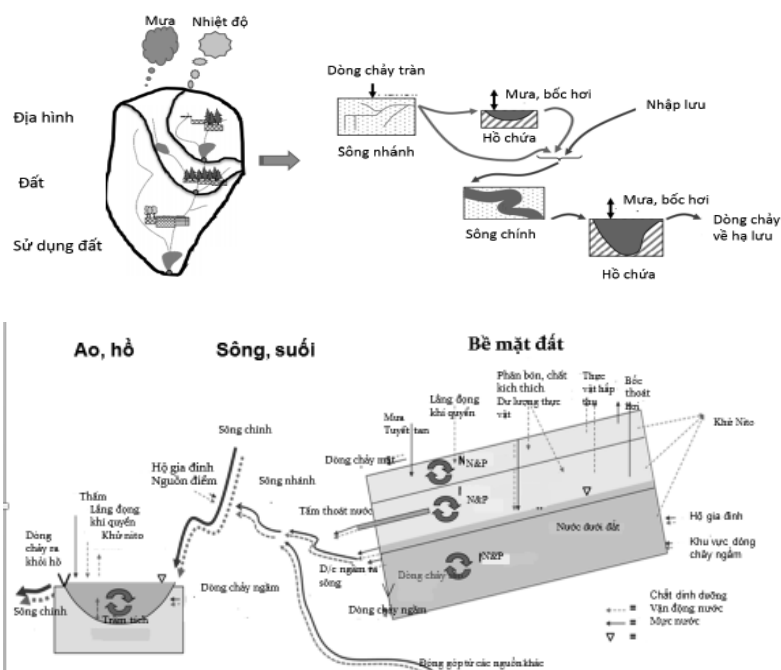
công cụ thiết lập đầu vào thủy văn thể giới (WHIST). Cấu trúc của mô hình có thể dựa trên phương pháp đa lưu vực để nhiều sông ở các lưu vực khác nhau có thể được mô phỏng cùng lúc. Mỗi một sông được chia nhỏ thành các tiểu lưu vực, mỗi tiểu lưu vực này lại tiếp tục được chia nhỏ thành các loại đất, đất sử dụng và đường đơn vị phản ứng thủy văn (HRUs) (Fliigel 1995). Phần lớn các thông số được thiết lập cho lớp đất hoặc đất sử dụng riêng biệt, một số thông số còn lại được thiết lập toàn bộ cả mô hình. Đơn vị phản ứng thủy văn theo chiều thẳng đứng có tối đa ba lớp đất, với tùy biến độ sâu cho mỗi lớp. Khả năng giữ nước (trữ lượng nước cho thực vật, hoặc tổng độ rỗng) liên quan đến đặc tính của đất. Cân bằng nước tính toán độ ẩm của đất cho từng lớp đất, khi các lỗ rỗng trong một lớp đất được lấp đầy bởi nước

thì dòng ngầm bắt đầu xuất hiện ở lớp đất đó. Mức nước dưới đất được tính dựa trên tỉ lệ lỗ rỗng được lấp bởi nước. Đối với đất nông nghiệp, quá trình tiêu được thực hiện qua các tấm thoát nước. Các quá trình thủy văn khác như dòng chảy sát mặt, xói và macro-pore flow được mô hình hóa. Dòng chảy ra của tất cả các đường đơn vị phản ứng thủy văn (HRUs) được diễn toán qua các sông, hồ và các hồ chứa điều hòa, được thiết lập chi tiết cho từng tiểu lưu vực và cuối cùng được diễn toán giữa các tiểu lưu vực khác nhau.

Thực thể nước trong hệ thống sông có thể có đường cong mực nước - lưu lượng riêng biệt hoặc chung. Một tiểu lưu vực có thể gồm nhiều hơn một đường đơn vị phản ứng thủy văn, tối đa là 49. Thêm nữa, mỗi thực thể nước được gán cho một diện tích hoặc độ sâu để tính thời gian lưu trú của các chất.



Hình 2: Sơ đồ nghiên cứu tổng quát



Hình 3: Các quá trình diễn toán trong mô hình HYPE

Với mục đích có được sự hiểu biết về các thành phần cụ thể và các quá trình nước chủ yếu. HYPE đòi hỏi kết hợp nhiều loại dữ liệu khác nhau như dữ liệu về không gian và các phép đo (chẳng hạn như cơ sở dữ liệu về địa chất, các lưới khí tượng, quan trắc đo đạc mẫu liên tục, đo đạc thực địa, ảnh viễn thám, radar,...) với các quá trình mô hình số và việc sử dụng các giả định chung để mô tả các hệ thống lớn ở độ phân giải cao. Mô hình HYPE là công cụ mạnh được ứng dụng rộng rãi ở nhiều nơi trên thế giới trong nghiên cứu dự báo thủy văn, hải dương học, chất lượng không khí, khí tượng, dự báo thời tiết. Bên cạnh đó, HYPE có nhiều ưu điểm, đặc biệt, mô

hình có khả năng dự báo tổng quan trên vùng rộng lớn (vùng, lưu vực liên quốc gia, cả nước, liên lưu vực) từ các nguồn số liệu mở và sau đó dự báo chi tiết cho từng lưu vực, vùng nhỏ hơn.

Quá trình diễn toán hồ chứa (olake) trên mô hình HYPE được mô phỏng như sau: Hồ xả nhận được cả dòng chảy của địa phương và chảy từ các khu vực thượng nguồn qua sông chính. Một hồ nước có thể nhận được dòng chảy từ dòng nước ngầm trong khu vực.

Nếu mực nước (wlm) cao hơn ngưỡng (hò_depth) thì dòng chảy được tính theo phương trình sau:

$$outflow = \begin{cases} 0 & , \text{ for } wlm < lake_{depth} \\ gratk \times uparea^{grata} \times ratcorr \times (wlm - lake_{depth})^{gratp} & , \text{ for } grata > 0 \\ gratk \times ratcorr \times (wlm - lake_{depth})^{gratp} & , \text{ for } grata = 0 \end{cases}$$

Trong đó, gratk, gratp và grata là các tham số chung áp dụng cho tất cả các hồ trong ứng dụng mô hình; ratcorr là tham số mô hình phụ thuộc vào vùng tham số để điều chỉnh gratk cho các vùng khác nhau. Khu vực thượng lưu (uparea, km²

2) được bao gồm trong phương trình nếu tham số $grata$ là > 0 . Nếu mực nước dưới ngưỡng thì dòng chảy là 0

Đối với hồ điều tiết, một quy trình đơn giản có thể được đưa ra trong LakeData.txt cho các hồ nước đã chọn. Ngoài các

Nghiên cứu

hồ được quy định, các đập trong HYPE thay vào đó có thể được điều chỉnh bởi một mục đích cụ thể. Một hồ olake có thể là một phần của một hồ lớn hơn. Sau đó nó được gọi là lưu vực hồ của hồ lớn hơn. Lưu vực hồ được xử lý khác nhau nếu chúng nằm trong hồ hoặc nếu chúng là hồ cuối cùng, nghĩa là hồ có dòng chảy ra hồ.

Dòng chảy qua hồ được chia thành các lưu vực hồ chỉ xảy ra theo một hướng, không có sự trao đổi hai chiều giữa các lưu vực hồ. Đối với các lưu vực hồ thượng nguồn chảy vào một lưu vực hồ khác, tất cả các nước trên ngưỡng được thoát nước. Ngưỡng của hồ (giống như lưu vực hồ cuối cùng) được sử dụng, không phải bất kỳ ngưỡng bên trong nào giữa các lưu vực hồ. Nếu mực nước hồ (wlm) cao hơn lưu lượng ngưỡng (w0 hoặc wmin) thu được.

Đối với lưu vực hồ cuối cùng được ước tính bởi một đường cong đánh giá, hoặc là một phương trình cụ thể hoặc với phương trình tổng quát, hoặc theo quy trình thường

quy. Vì tất cả các nước (trên ngưỡng) trong hồ (từ tất cả các lưu vực hồ) tích tụ trong lưu vực hồ cuối cùng, mực nước không thể được sử dụng trực tiếp, nhưng nó được tính toán lại để tính toán dòng chảy từ hồ. Mực nước lưu vực hồ cuối cùng (wlm) được quy mô bởi diện tích hồ chứa (diện tích) đến toàn bộ khu vực hồ (lakearea). Nếu mực nước hồ được tính toán (wlake) cao hơn ngưỡng (wthresh) thì dòng chảy được ước tính bằng đường cong đánh giá.

Đối với các hồ có dòng chảy được xác định bởi đường cong xếp hạng, mực nước của hồ sẽ cao hơn mức ngưỡng thoát. Mức cân bằng sẽ phụ thuộc vào kích thước của dòng và các thông số đường cong xếp hạng dòng chảy. Tùy thuộc vào thời gian cư trú của nước trong hồ nó có thể mất thời gian cho cấp độ này được thành lập và cho đến khi đó dòng chảy của hồ sẽ được mô phỏng thấp hơn so với nó phải được. Vì vậy, một thời gian spin-up là cần thiết cho một mô phỏng mô hình.

3.2. Dữ liệu sử dụng

Bảng 1. Số liệu sử dụng trong V-HYPE

Loại số liệu	Mô tả số liệu	Độ phân giải	Nguồn
Khí tượng thủy văn	Mưa, nhiệt độ không khí, bốc hơi, lưu lượng	4 km lưới mưa và nhiệt độ dựa trên số liệu thực đo cho giai đoạn 1990 - 2010	- HydroSHEDS “Lehner, B., Verdin, K., Jarvis, A. (2006): http://hydrosheds.cr.usgs.gov .
Dữ liệu địa hình	Dữ liệu số độ cao (DEM), Diện tích tiểu lưu vực	Độ phân giải 90m, trung bình diện tích lưu vực = 218 km ² , trung vị diện tích lưu vực = 170 km ²	- Hydrosheds (Lehner et al., 2008) and Hydro1K (USGS, 2018)
	Loại đất	Lưới dựa trên lấy mẫu với độ phân giải khác nhau	Harmonized World Soil Database “FAO/IIASA/ISRIC/ISS-CAS/JRC, 2012. Harmonized World Soil Database (version 1.2). FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria.”
	Đất sử dụng	250 m	ESA CCI Land Cover, version 1.41
	Mạng lưới sông ngòi	Tổng cộng 5723 km chiều dài sông	
Thông tin về hồ	Độ sâu, chế độ điều tiết, đường quá trình lưu lượng mực nước ở 5 hồ tại cửa ra lưu vực	Tùy biến	- GLOBAL LAKES AND WETLANDS DATABASE, GLWD “Lehner, B. (2004): - Chế độ vận hành hồ chứa của lưu vực sông Srepok (Số 1201/QĐ - TTg ngày 23/05/2014)

Bảng 2. Các trạm chính trên lưu vực sông Srepok

STT	Tên trạm	Tên sông	Kinh độ	Vĩ độ	Diện tích (km ²)
1	Giang Sơn	Krong Ana	108.19	12.51	3180
2	Cầu 14	Srepok	107.93	12.61	8610
3	Bán Đôn	Srepok	107.76	12.91	10700
4	Đức Xuyên	Krong No	107.98	12.30	2960

Dữ liệu về mặt tự nhiên được thu thập tại lưu vực sông Srepok, sử dụng dữ liệu từ các bộ dữ liệu mở sẵn có trong khu vực hoặc toàn cầu (Bảng 1). Tên miền được chia thành 86 tiểu lưu vực, dao động từ dưới 24 km² đến gần 500 km², với diện tích trung bình 210 km² dựa trên cơ sở dữ liệu HydroSheds (Lehner và cộng sự, 2009). Dữ

liệu về độ che phủ đất và loại đất từ Sáng kiến thay đổi Khí hậu Đất đai [8] được tổng hợp thành 9 lớp (Hình 2). Rừng và đất nông nghiệp là diện tích đất chính trong lưu vực (chiếm hơn 80%). Bốn hồ chứa đang hoạt động từ năm 2010 trong lưu vực (số 1201/QĐ - TTg ngày 23 tháng 5 năm 2014, Cục Quản lý tài nguyên nước) (Bảng 3).

Bảng 3. Quy trình vận hành hồ chứa

TT	Tính chất	Đơn vị	Buôn Tua Srah	Buôn kuốp	Srêpok 3	Srêpok 4	Srêpok 4A
1	Loại		Điều tiết năm	Điều tiết ngày	Điều tiết ngày	Điều tiết ngày	Điều tiết ngày
2	Mức nước bình thường	m	487.5	412	272	207	186.6
3	Mức nước thấp nhất	m	465	409	268	204	185.5
4	Mức nước thiết kế, P = 0.1%	m	489.5	414,5	275	210.5	
5	Mức nước thiết kế, P = 0.5%	m	487.8				
6	Tổng dung tích (W _{tb})	10 ⁶ m ³	786.9	63,24	219	25.9	3.9
7	Dung tích hữu dụng (W _{hi})	10 ⁶ m ³	522.6	14,7	62.8	8.4	0.8
8	Dung tích chết (W _c)	10 ⁶ m ³	264.2	48,54	156.1	17.5	

4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Hiệu chỉnh lặp của các nhóm tham số được sử dụng trong nghiên cứu để giảm bớt vấn đề bình đẳng trong mô hình dựa trên quy trình [2]. Thứ tự hiệu chỉnh của các nhóm thông số là: (i) Giá trị tham số đất và đất ban đầu được lấy từ bộ tham số hiệu chỉnh cho mô hình HYPE trên toàn thế giới và sau đó được điều chỉnh bằng cách tối ưu hóa các tham số cho các nhóm lưu vực hồ không có đại diện (RGB) cho mỗi loại đất và che phủ đất.

Một số tiêu chí thống kê đã được sử dụng trong đánh giá: sai số khối lượng

tương đối (RE), tương quan thời gian xấp xỉ hàng năm [21], Hiệu suất Nash-Sutcliffe (NSE), Sai số trung bình (RMSE) và Hiệu quả Kling-Gupta [24] giữa lưu lượng thực đo và mô phỏng [7]. Khung nghiên cứu cho bài báo này được mô tả trong Hình 3. Mô hình HYPE cho lưu vực sông Srepok được hiệu chỉnh trong giai đoạn 2000 - 2005, kiểm định trong giai đoạn 2006 - 2009 (trước khi vận hành đập). Phân tích kịch bản có và không có sự hiện diện của đập đã được kiểm tra từ 2010 - 2013 để đánh giá tác động của việc xây đập đối với dòng chảy tự nhiên.

4.1. Kết quả hiệu chỉnh mô hình

Bảng dưới đây cho thấy các điều chỉnh của các thông số Vs - HYPE sau khi hiệu chỉnh so với các giá trị tối thiểu và tối đa của các thông số. Trong quá trình này, chúng tôi

đã sử dụng 13 trạm đo mưa và dòng chảy để hiệu chỉnh bốn trạm xả tại Giang Sơn, Cầu 14, Bản Đôn và Đức Xuyên trong giai đoạn 2000 - 2005. Các thông số nhạy cảm nhất liên quan đến việc giữ nước, suy thoái, thoát nước bề mặt và quá trình định tuyến sông.

Bảng 4. Thông số mô hình

Thông số	Quá trình	Mô tả	Đơn vị	Min	Max	Giá trị mô phỏng
wcfc	Giữ nước	Phân số nước trong đất có sẵn cho PET	-	0.05	0.5	0.47
wcwp		Điểm héo	%	0.05	0.5	0.1
wcep		Hiệu quả độ rỗng như là phân số của độ sâu đất	%	0.05	0.5	0.5
trcs	Suy thoái	Hệ số suy thoái cho hệ thống thoát nước	ts ⁻¹	0.05	0.5	0.4
rres1		Hệ số suy thoái cho lớp đất trên cùng	ts ⁻¹	0.05	0.5	0.075
rres2		Hệ số suy thoái cho lớp đất dưới nhất	ts ⁻¹	0.05	0.5	0.024
macrate	Dòng chảy mặt	Phân số dòng chảy vĩ mô	mm/d	0.05	0.5	0.5
mactrinf		Ngưỡng cho dòng chảy vĩ mô	mm ts ⁻¹	0	100	8
mactrsm		Ngưỡng nước ngầm cho dòng chảy vĩ mô và dòng chảy bề mặt	-	0	1	0.25
rivvel	Song Tốc độ lũ	Tốc độ lũ trong dòng nước	m/s	0.5	1.5	1.5
damp		Phân số độ trễ trong dòng nước cũng gây ra thấm	%	0.4	0.7	0.4

Đánh giá kết quả hiệu chỉnh, độ phù hợp giữa lưu lượng mô phỏng và quan sát được ước tính dựa trên giá trị của NSE, hệ số tương quan (CC), Sai số tương đối (RE), RMSE và KGE.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{mi} (c_i - r_i)^2}{\sum_{i=1}^{mi} (r_i - rm)^2}$$

$$CC = \frac{\frac{1}{mi} \sum_{i=1}^{mi} (c_i - r_i)^2 - cm \times rm}{cd \times rd}$$

$$RE\% = RB \times 100 = \frac{\sum_{i=1}^{mi} (c_i - r_i)}{|\sum_{i=1}^{mi} r_i|} \times 100$$

$$RMES = \sqrt{\frac{1}{mi} \sum_{i=1}^{mi} (c_i - r_i)^2}$$

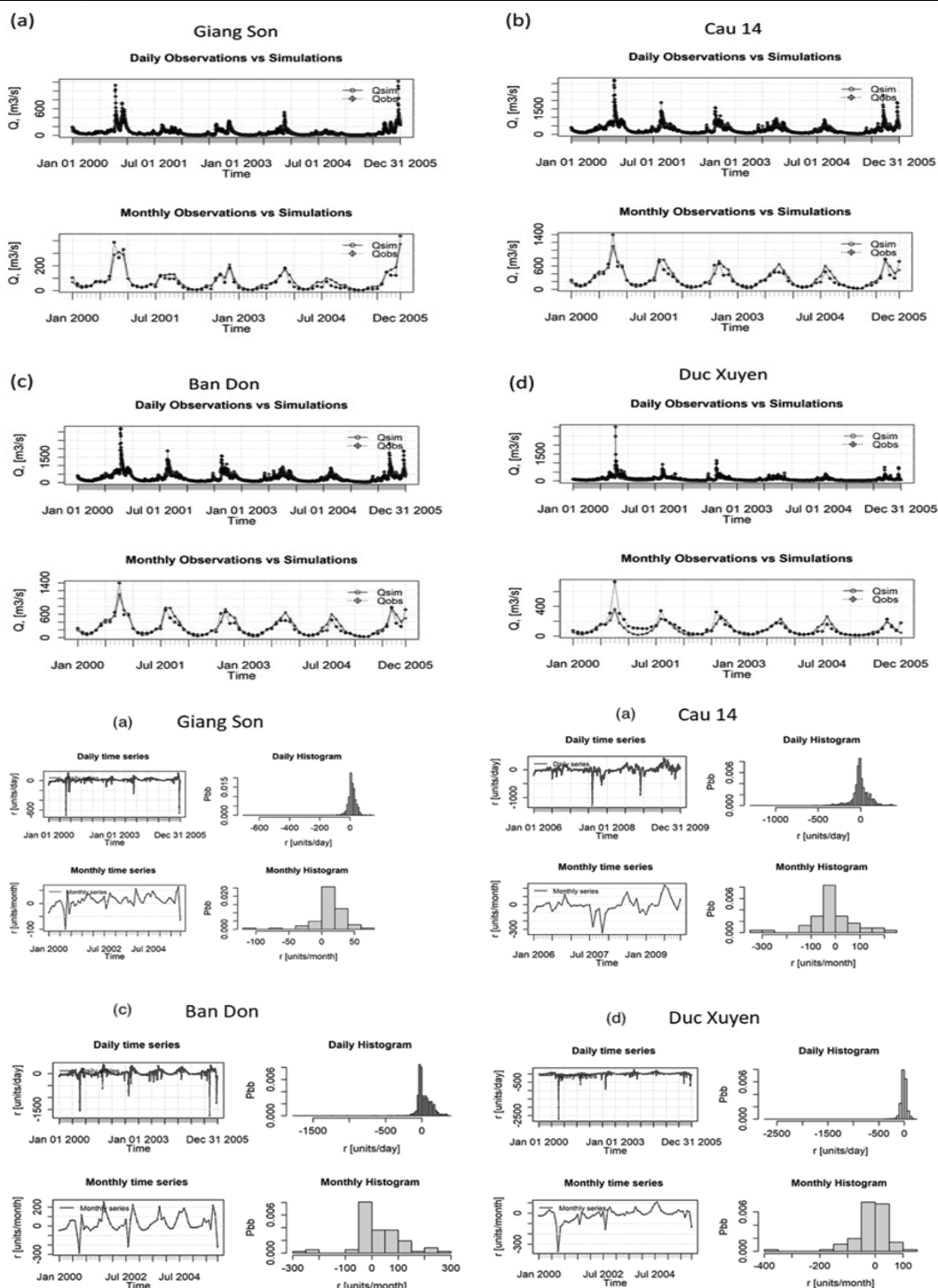
$$KGE = 1 - \sqrt{(CC - 1)^2 + \left(\frac{cd}{rd} - 1\right)^2 + \left(\frac{cm}{rm} - 1\right)^2}$$

Trong đó: c là giá trị tính toán, r là giá trị thực đo, cm là giá trị tính toán trung bình tại trạm đo, rm là giá trị thực đo trung bình tại trạm đo, i là đơn vị tính bước thời gian thực đo trong chuỗi thời gian của một trạm.

Bảng dưới đây cho thấy kết quả thực hiện cuối cùng cho giai đoạn hiệu chuẩn giữa năm 2000 và 2005. NSE tổng thể trên bốn trạm là 0,80 với NSE rất cao tại các trạm Giang Sơn, Cầu 14 và Bản Đôn. Trạm Đức Xuyên là điểm yếu nhất của mô hình vì trạm này nằm ở vị trí xa nhất và miền núi với đồng hồ đo mưa hạn chế (đồng hồ đo mưa nằm cách xa đồng hồ đo dòng chảy). Tuy nhiên, hiệu suất tổng thể của mô hình trên toàn bộ lưu vực đã chứng minh rằng hiệu suất mô hình đã được chấp nhận.

Bảng 5. Đánh giá sai số hiệu chỉnh mô hình (2000 - 2005)

TT	Trạm	NSE	CC	RE (%)	RMSE	KGE
1.	Giang Son	0.90	0.96	14.37	26.64	0.82
2.	Cầu 14	0.84	0.92	1.84	86.70	0.86
3.	Bản Đôn	0.83	0.92	8.53	94.77	0.88
4.	Đức Xuyên	0.62	0.81	16.37	66.47	0.63
Trung bình		0.80	0.90	2.09	66.84	0.80



Hình 4: Lưu lượng mô phỏng hàng ngày và hàng tháng so với lưu lượng thực đo trong giai đoạn 2000 - 2005 được xác nhận tại (a) Giang Sơn, (b) Cầu 14, (c) Bản Đôn, và (d) Đức Xuyên

Hình 4 trình bày kết quả tốt giữa lưu lượng sông mô phỏng hàng ngày và hàng tháng (m^3/s) với dữ liệu quan sát được cho các giai đoạn 2000 - 2005 đã hiệu chỉnh. Có sự phân bố theo mùa rõ rệt giữa mùa khô (tháng 12 đến tháng 5) và mùa mưa (tháng 5 đến tháng 11) với các đỉnh vào khoảng tháng 10. Sự khác biệt giữa lưu lượng mô phỏng và quan sát được thể hiện trong hình bên trong cả hai giá trị tuyệt đối và biểu đồ. Nói chung, hơn 90% sai số (sự khác biệt) thấp hơn $100 m^3$ tích lũy hàng ngày. Các lỗi lớn chủ yếu ở trạm Đức Xuyên, có khả năng là do vị trí không phù hợp của các trạm quan trắc đất và dòng chảy.

4.2. Kết quả kiểm định mô hình

Bảng dưới đây tóm tắt kết quả hiệu chỉnh của mô hình trên các trạm trong giai đoạn kiểm định (2006 - 2009). Đức Xuyên lại là phần yếu nhất của mô hình trong khi các trạm khác cho thấy hiệu suất tốt. Có đánh giá thấp về các đỉnh lũ năm 2007 trên tất cả các trạm. Hình bên cạnh cho thấy sự phân bố lỗi của mô hình trên tất cả các trạm. Các lỗi tại trạm Đức Xuyên được trình bày rõ ràng. Tuy nhiên, hầu hết các lỗi đều thấp hơn $100 m^3$ tích lũy hàng ngày, do đó độ chính xác của mô hình là chấp nhận được.

Bảng 6. Đánh giá sai số kiểm định mô hình (2006 - 2009)

TT	Trạm	NSE	CC	RE (%)	RMSE	KGE
1.	Giang Sơn	0.73	0.86	0.96	46.33	0.78
2.	Cầu 14	0.83	0.91	-3.46	96.49	0.89
3.	Bản Đôn	0.83	0.92	7.38	107.70	0.88
4.	Đức Xuyên	0.40	0.77	11.83	66.85	0.69
	Trung bình	0.70	0.87	4.18	79.34	0.81

5. Đánh giá ảnh hưởng của hồ chứa

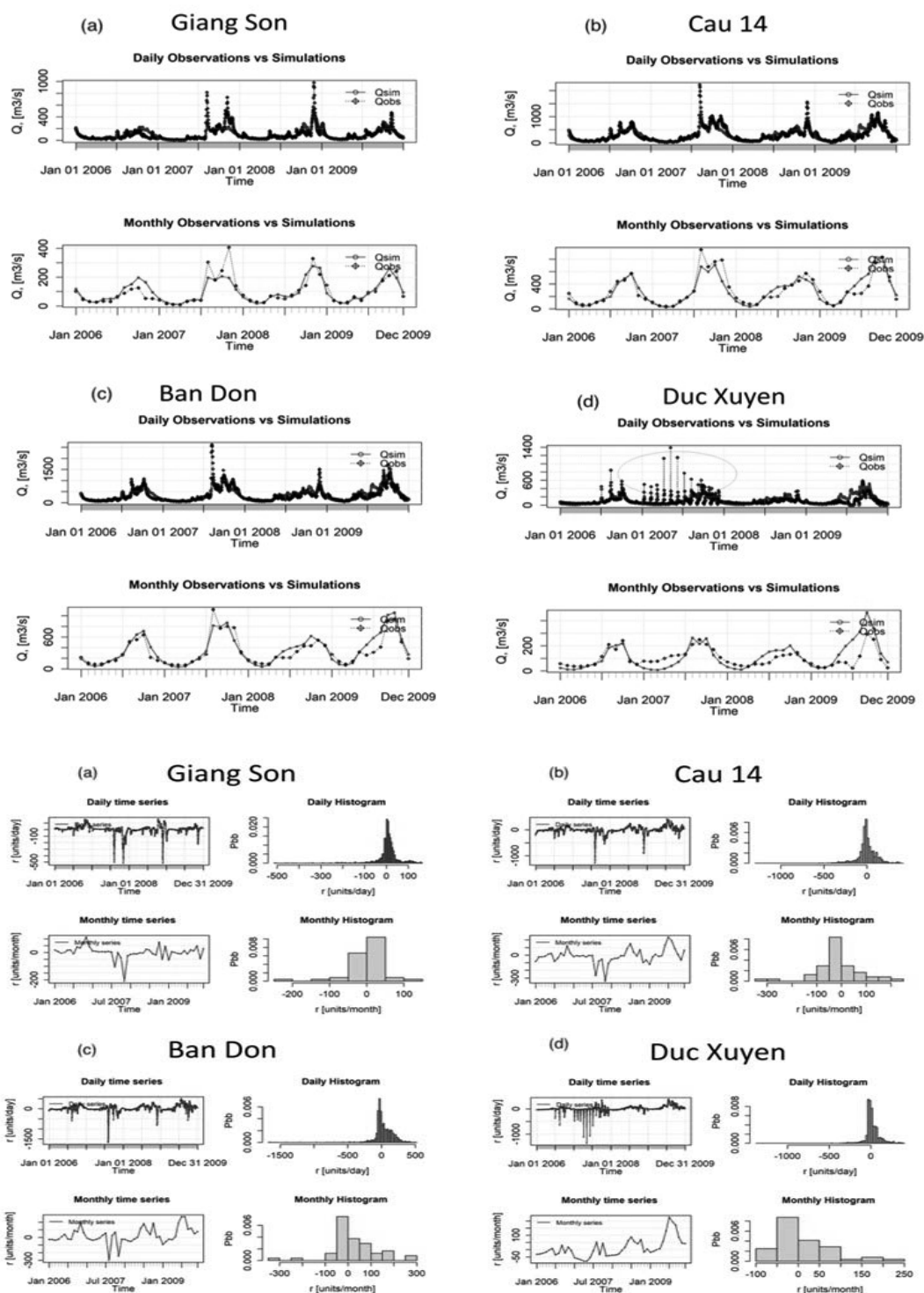
Hiệu suất của hai kịch bản dòng mô phỏng có và không có hồ chứa so với lưu lượng thực đo được trình bày trong bảng dưới đây. Mô hình có hồ chứa dường như có kết quả mô hình tốt hơn so với mô hình không hồ trên tất cả các trạm. Tuy nhiên, trạm Đức Xuyên đạt yêu cầu không cao. So sánh tỷ lệ khả năng lưu trữ với diện tích thoát nước của các hồ chứa hiện có cho thấy tỷ lệ diện tích của hồ Buôn Tua Srah lớn hơn diện tích lưu vực Đức Xuyên, nên có tác động nhiều hơn đến dòng chảy từ cửa xả. Trong khi đó, vì không có thông tin về dòng chảy ngày từ các hồ chứa, HYPE chỉ mô hình sự hiện diện của các

hồ chứa mà không có vận hành hồ chứa. Do đó, dòng chảy mô phỏng hồ chứa (không có quy trình vận hành hồ) tại trạm Đức Xuyên có độ chính xác thấp hơn so với lưu lượng thực đo (có hồ chứa) từ các trạm khác. Tại trạm Giang Sơn, không có hồ chứa trong khu vực thoát nước, do đó hiệu suất là không đổi giữa hai kịch bản. Cầu 14 và Bản Đôn là các trạm hạ lưu, trong đó tỷ lệ khả năng lưu trữ cho khu vực thoát nước của chúng cũng nhỏ. Theo đó, sự thay đổi giữa dòng chảy tự nhiên mô phỏng (không có hồ chứa) so với lưu lượng quan sát (với vận hành hồ chứa) ít hơn ($NSE = 0,70$ và $0,75$ đối với Cầu 14 và Bản Đôn tương ứng).

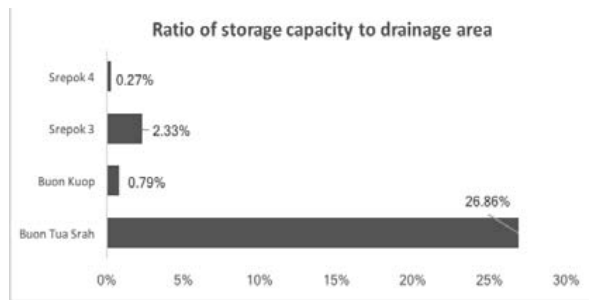
Bảng 7. Đánh giá mô hình trong phân tích kịch bản (2010 - 2013)

TT	Trạm	NSE	CC	RE (%)	RMSE	KGE
<i>Mô phỏng không hồ chứa</i>						
1.	Giang Sơn	0.71	0.91	-21.46	46.33	0.78
2.	Cầu 14	0.70	0.88	-9.23	96.49	0.89
3.	Bản Đôn	0.75	0.91	-1.09	107.70	0.88
4.	Đức Xuyên	-1.13	0.59	33.18	66.85	0.69
	Trung bình	0.26	0.82	0.3	72.14	0.58

Mô phỏng có hồ chứa						
1.	Giang Son	0.71	0.91	-21.64	42.28	0.58
2.	Cầu 14	0.80	0.90	-8.23	70.79	0.80
3.	Bản Đôn	0.85	0.93	-0.42	68.91	0.92
4.	Đức Xuyên	-0.27	0.52	36.73	55.56	0.39
	Trung bình	0.80	0.90	2.09	68.64	0.80



Hình 5: Lưu lượng mô phỏng hàng ngày và hàng tháng so với lưu lượng thực đo trong giai đoạn 2006 - 2009 được kiểm định tại (a) Giang Son, (b) Cầu 14, (c) Bản Đôn, và (d) Đức Xuyên



Hình 6: Tỷ lệ khả năng lưu trữ hồ chứa đối với khu vực thoát nước. So sánh giữa dòng chảy tự nhiên mô phỏng (không có hồ chứa) và dòng chảy thực đo (với hoạt động của hồ chứa) trên tất cả các trạm

6. Kết luận

Mô hình thủy văn cho lưu vực sông xuyên biên giới có tác động của con người luôn là một thách thức lớn vì thông tin quan trắc bị hạn chế. Việc thiếu thông tin đáng tin cậy có thể gây ảnh hưởng đến các kế hoạch quản lý nước, đặc biệt là đối với lưu vực sông Srepok nơi có thượng nguồn ở Campuchia. Mô hình HYPE, đã được ứng dụng chủ yếu ở vùng khí hậu lạnh phía bắc, được sử dụng lần đầu tiên tại lưu vực sông Srepok thuộc vùng nhiệt đới. Mức độ phù hợp giữa lưu lượng mô phỏng và thực đo được trên hầu hết các trạm trước và sau khi xây dựng đập đã chứng minh khả năng ứng dụng của mô hình trong khu vực nghiên cứu.

Xem xét các tác động của đập thủy điện lên chế độ thủy văn cho thấy có sự thay đổi đáng kể giữa dòng chảy tự nhiên và mô phỏng tại trạm thượng lưu, nơi có tỷ lệ trữ dung tích hồ chứa cao cho khu vực thoát nước và ít thay đổi giữa các trạm hạ lưu. Phát hiện này rất quan trọng đối với những người ra quyết định xây dựng các kế hoạch quản lý nước phù hợp để giảm thiểu tác động của con người đối với dòng chảy tự nhiên. Các nghiên cứu trong tương lai là cần thiết để cải thiện hiệu suất mô hình ở các địa điểm có ít thông tin quan trắc với dữ liệu vệ tinh và khám phá các khả

năng khác của mô hình, chẳng hạn như mô phỏng nước ngầm, chất lượng nước và mô hình ngập nước.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường “Nghiên cứu tích hợp mô hình mã nguồn mở với dữ liệu mưa toàn cầu để dự báo nguồn nước mặt lưu vực sông liên tỉnh, liên quốc gia. Áp dụng thử nghiệm tại lưu vực sông Srêpôk”. Mã số: TNMT.2016.02.01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Andersson, E., Nilsson, C. and Johansson, M.E., (2000). *Effects of river fragmentation on plant dispersal and riparian flora*. Regulated Rivers: Research & Management: An International Journal Devoted to River Research and Management.
- [2]. Arheimer, B. and Lindström, G., (2013). *Implementing the EU Water Framework Directive in Sweden. Run off Predictions in Ungauged Basins - Synthesis across Processes, Places and Scales*. Edited by: Bloeschl, G., Sivapalan, M., Wagener, T., Viglione, A., and Savenije, H., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 353 - 359.
- [3]. Babel, M.S. and Wahid, S.M., (2009). *Freshwater Under Threat South East Asia: Vulnerability Assessment of Freshwater Resources to Environmental Change: Mekong River Basin*. United Nations Environment Programme.
- [4]. Berg, P., Donnelly, C. and Gustafsson, D., (2018). *Near-real-time adjusted reanalysis forcing data for hydrology*. Hydrology and Earth System Sciences.
- [5]. DWRM (Cục Quản lý tài nguyên nước). Dự án: *Lập quy trình vận hành liên hồ chứa lưu vực sông Srê Pôk*.
- [6]. Donnelly, C., Yang, W. and Dahné, J., (2014). *River discharge to the Baltic Sea in a future climate*. Climatic Change, 122(1 - 2), 157 - 170.
- [7]. Donnelly, C., Andersson, J.C. and Arheimer, B., (2016). *Using flow signatures and*

catchment similarities to evaluate the E - HYPE multi-basin model across Europe. Hydrological Sciences Journal, 61(2), 255 - 273.

[8]. ESA (2017). *Land Cover CCI Product User Guide Version 2.0*. http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf, last access: 26 September 2018.

[9]. Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömquist, J. and Arheimer, B., (2010). *Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales*. Hydrology research, 41(3 - 4), pp.295 - 319.

[10]. Müller, D., (2003). *Land-use change in the Central Highlands of Vietnam*. Doctoral dissertation, Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek Göttingen.

[11]. Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V., (1970). *River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles*. Journal of hydrology, 10(3), 282 - 290.

[12]. Nguyen, L.D., Ngo, L.L., Ngo, L.A., Duong, Q.H, and Chu, B.T. (2013). *Tác động của phát triển thủy điện đến tài nguyên nước khu vực Tây Nguyên*. Tạp chí các khoa học về Trái đất, 35(2), 175 - 180.

[13]. Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M. and Revenga, C., (2005). *Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems*. Science, 308 (5720), 405 - 408.

[14]. Trung tâm Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước Quốc gia (2010). Dự án: *Lập nhiệm vụ Quy hoạch lưu vực sông Srê Pôk*.

[15]. Sivapalan, M. et al., eds., (2006). *Predictions in ungauged basins: promises and progress*. Wallingford, UK: IAHS Press, IAHS Publ. 303.

[16]. Viện Quy hoạch thủy lợi (2014). Dự án: *Quy hoạch tổng thể thủy lợi vùng Tây Nguyên*.

[17]. Tran, V.T., Sunada, K. and Ichikawa, Y., (2011). *A spatial impact assessment of human-induced intervention*

on hydrological regimes: a case study in the upper Srepok River basin, Central Highlands of Vietnam. International journal of river basin management,.

[18]. Tran, V.T., Rodhe, Sunada, K., Ichikawa, Y. and Oishi, S., (2012). *Scenario - based impact assessment of land use/cover and climate changes on water resources and demand: a case study*.

[19]. VU, T.T. and Khoi, D.N., (2017). *Using gridded rainfall products in simulating streamflow in a tropical catchment - A case study of the Srepok River Catchment, Vietnam*. Journal of Hydrology and Hydromechanic

[20]. SMHI (2017). *Water balance*. HYPE documentation version 5.0.0.

[21]. Pearson, K., (1895). *Contributions to the mathematical theory of evolution. II. Skew variation in homogeneous material*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 186 (Part I), 343 - 424.

[22]. Reed, S., Schaake, J., & Zhang, Z. (2007). *A distributed hydrologic model and threshold frequency-based method for flash flood forecasting at ungauged locations*. Journal of Hydrology, 337(3 - 4), 402-420. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.02.015>

[23]. Sivapalan, M. et al., (2003). *IAHS Decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB), 2003 - 2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences*. Hydrological Sciences Journal, 48, 857 - 880.1.

[24]. Gupta, H.V., Kling, H., Yilmaz, K.K. and Martinez, G.F., (2009). *Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological modelling*. Journal of Hydrology, 377 (1 - 2), 80 - 91.

BBT nhận bài: 27/11/2018; Phản biện
xong: 06/12/2018