



ỨNG DỤNG MÔ HÌNH WRF-HYDRO ĐÁNH GIÁ TÀI NGUYÊN NƯỚC MẶT LƯU VỰC SÔNG VỆ, TỈNH QUẢNG NGÃI

NGUYỄN THỊ YẾN¹, LÊ THỊ TRINH¹
VŨ VĂN DOANH¹, NGUYỄN THỊ THANH²

¹ Trường Đại học TN&MT Hà Nội

² Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Tóm tắt:

Sông Vệ là một trong những hệ thống sông quan trọng ở tỉnh Quảng Ngãi, không chỉ cung cấp nước cho sinh hoạt và sản xuất mà còn góp phần duy trì hệ sinh thái khu vực. Tuy nhiên, hiện nay, tình trạng thiếu, khan hiếm nước ở lưu vực sông (LVS) Vệ, tỉnh Quảng Ngãi thường xuyên diễn ra, gây tác động xấu đến môi trường sinh thái, kinh tế - xã hội (KT-XH). Nghiên cứu ứng dụng mô hình WRF-Hydro để mô phỏng dòng chảy trên LVS Vệ trong giai đoạn 2016-2020 và sử dụng phương pháp chỉ số tài nguyên nước để đánh giá tài nguyên nước mặt trên các tiểu LVS Vệ, tỉnh Quảng Ngãi, góp phần phục vụ quy hoạch, quản lý, khai thác tài nguyên nước mặt bền vững. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các tiểu LVS Vực Hồng và Hạ sông Vệ đang chịu sức ép cao về tài nguyên nước mặt. Do đó, để đảm bảo đủ nước cho nhu cầu sử dụng nước các ngành, lĩnh vực, cần thiết phải có quy hoạch, quản lý nhằm điều tiết, phân bổ, chia sẻ nguồn nước hợp lý từ thượng nguồn, nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên nước mặt cho LVS Vệ.

Từ khóa: Tài nguyên nước mặt, mô hình WRF-Hydro, lưu vực sông Vệ, tỉnh Quảng Ngãi.

Ngày nhận bài: 19/5/2024; Ngày sửa chữa: 6/6/2024;

Ngày duyệt đăng: 20/6/2024.

1. Đặt vấn đề

Nước mặt là một trong những tài nguyên thiên nhiên quan trọng, đóng vai trò thiết yếu trong đời sống con người, các ngành và hệ sinh thái. Hiện nay, trong bối cảnh BĐKH và sự gia tăng dân số, tình trạng suy giảm nguồn nước trên các lưu vực dẫn tới thiếu nước, khan hiếm nước đang diễn ra ngày một thường xuyên, trên phạm vi rộng và ngày càng nghiêm trọng, gây tác động đến môi trường sinh thái, KT-XH (Bùi Đức Hiếu và cs, 2020; Yan và cs, 2018). Trước thực trạng đó, việc tính toán đánh giá tài nguyên nước hướng vào các hành động thiết thực về các vấn đề đã và đang xảy ra trên LVS là những yêu cầu cấp bách đối với các nhà quản lý,

APPLICATION OF THE WRF-HYDRO MODEL FOR WATER RESOURCES ASSESSMENT IN VE RIVER BASIN, QUANG NGAI PROVINCE

Abstract:

The Ve River is one of the important river systems in Quang Ngai province, not only providing water for production and daily life but also contributing to maintaining the regional ecosystem. However, currently, water shortage and scarcity at the Ve River basin of Quang Ngai province often occurs, causing negative impacts on the ecological environment and socioeconomic. This article applies the WRF-Hydro hydrological model to simulate flow on the Ve River basin in the period 2016-2020 and uses the method of calculating water resource indices to evaluate surface water resources on the Ve River basins, contributing to the planning, management and sustainable exploitation of surface water resources. Results show that the Vuc Hong and Lower Ve River sub-basins are under high pressure on surface water resources. Therefore, to ensure enough water for water use needs, It is necessary to have planning and management to regulate, allocate and share water resources appropriately from upstream, improving the efficiency of surface water resources use for the Ve River basin.

Keywords: Surface water resources, WRF-Hydro model, Ve River basin, Quang Ngai province.

JEL Classifications: Q54, O13, O44.

kỹ thuật trong bối cảnh hiện nay (Nguyễn Ngọc Hà và cs, 2016; Lê Thị Mai Vân và cs, 2021).

Trong những năm gần đây, các mô hình thủy văn đã trở thành công cụ hữu hiệu trong việc đánh giá, quản lý tài nguyên nước (Wichakul et al., 2013; Dessu et al., 2019). Mô hình WRF-Hydro là mô hình thủy văn phân bố được phát triển bởi Trung tâm nghiên cứu khí quyển quốc gia (NCAR) cùng với sự hợp tác của Cơ quan Hàng không và Vũ trụ Hoa Kỳ (NASA) và Cục Quản lý Đại dương và Khí quyển Quốc gia Hoa Kỳ (NOAA). Mô hình WRF-Hydro được xây dựng trên nền tảng mã nguồn mở, có thể ứng dụng trong nhiều nghiên cứu về biến đổi dòng chảy, cân bằng nước, dự

báo, cảnh báo lũ, lũ quét và hạn hán tại nhiều khu vực trên thế giới nhờ khả năng thiết lập linh hoạt và mô phỏng các quá trình thủy văn một cách chi tiết, từ đó cung cấp thông tin chính xác và kịp thời cho công tác quản lý tài nguyên nước (Gochis et al., 2018).

Một số nước trên thế giới hiện nay đã và đang sử dụng các chỉ số đánh giá tài nguyên nước phù hợp với điều kiện phát triển và yêu cầu phát triển cụ thể của từng nước để đánh giá khả năng nguồn nước của các LVS (Wichakul et al., 2013; Yan et al., 2018; Dessu et al., 2019). Ở Việt Nam, một số nghiên cứu đã đề xuất và áp dụng các chỉ số để đánh giá tài nguyên nước mặt (Nguyễn Ngọc Hà và cs, 2016; Lê Thị Mai Vân và cs, 2021).

Sông Vệ là một trong những hệ thống sông quan trọng ở tỉnh Quảng Ngãi, không chỉ cung cấp nước cho sinh hoạt và sản xuất mà còn góp phần duy trì hệ sinh thái khu vực. Tuy nhiên, sông Vệ cũng đang đối mặt với nhiều thách thức như lũ lụt, hạn hán và ô nhiễm nguồn nước. Tài nguyên nước mặt ở LVS Vệ thay đổi không ngừng theo không gian và thời gian (Nguyễn Ngọc Hà và cs, 2016). Nhu cầu khai thác sử dụng tài nguyên nước và các hệ quả do khai thác sử dụng nước là rất khác nhau giữa vùng trong phạm vi một LVS nói chung và LVS Vệ nói riêng. Không thể có được một giải pháp chung để xem xét các vấn đề liên quan đến tài nguyên nước cho cả một vùng hay một LVS. Do đó, cần xem xét, đánh giá tài nguyên nước mặt cho các tiểu lưu vực cụ thể.

Tài nguyên nước mặt trên các tiểu lưu vực thuộc LVS Vệ đã được Nguyễn Ngọc Hà và cs (2016) thông qua 13 chỉ số đánh giá. Tính toán dòng chảy trên các tiểu lưu vực phục vụ tính toán các chỉ số đánh giá tài nguyên nước mặt được thực hiện bằng việc mô phỏng dòng chảy bằng mô hình thủy văn tập trung NAM đối với từng tiểu lưu vực trên cơ sở số liệu mưa, bốc hơi tại các trạm cơ bản trong và lân cận lưu vực thời kỳ 1977-2013. Theo đó, các số liệu mưa, bốc hơi đo đạc tại trạm quan trắc trên tiểu lưu vực được sử dụng nhằm đại diện cho các đặc trưng trên các tiểu lưu vực. Trường hợp tiểu lưu vực không có trạm đại diện, số liệu mưa, bốc hơi được ngoại suy có trọng số theo các trạm lân cận. Do đó, số liệu mưa, bốc hơi đôi khi không chính xác, không đại diện cho biến trình mưa, bốc hơi của tiểu lưu vực.

Nhằm khắc phục nhược điểm trên, nghiên cứu "Ứng dụng mô WRF-Hydro đánh giá tài nguyên nước mặt LVS Vệ, tỉnh Quảng Ngãi" được thực hiện nhằm tính toán mưa, bốc hơi tại các điểm lưới trên từng tiểu lưu vực, phục vụ đánh giá tài nguyên nước mặt cho các tiểu lưu vực thuộc LVS Vệ, tỉnh Quảng Ngãi, góp phần phục vụ quy hoạch, quản lý, khai thác tài nguyên nước mặt bền vững.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu

Số liệu được sử dụng nghiên cứu đánh giá tài nguyên nước mặt LVS Vệ, tỉnh Quảng Ngãi bao gồm:

- Các trường khí tượng bề mặt mưa, nhiệt độ, độ ẩm, gió, áp suất, bức xạ tính toán từ mô hình khí tượng WRF được kế thừa từ Nhiệm vụ Khoa học và Công nghệ cấp Bộ TN&MT: "Nghiên cứu ứng dụng hệ thống mô hình tích hợp khí tượng - thủy văn WRF-Hydro cảnh báo sớm lũ. Áp dụng thí điểm cho các LVS Vệ, Trà Khúc", mã số: TNMT.2023.06.08, và các nhiệm vụ khác được thực hiện tại Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và BĐKH. Đây là Bộ số liệu khí tượng tái phân tích trên lưới, bao trùm khu vực nghiên cứu và vùng lân cận, có độ phân giải ngang 3 x 3 km, độ phân giải thời gian ngày, trong giai đoạn 2002 - 2020.

- Số liệu mưa và lưu lượng dòng chảy ngày tại vị trí trạm quan trắc An Chỉ trên LVS Vệ được kế thừa từ các nhiệm vụ thực hiện tại Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu. Số liệu mưa và lưu lượng dòng chảy là số liệu ngày trong giai đoạn 2002 - 2020.

- Số liệu lớp phủ được thu thập từ sản phẩm ESA WorldCover 10m 2021 V200, <https://worldcover2021.esa.int/>.

- Dữ liệu thảm phủ được thu thập từ nguồn từ USGS độ phân giải 30 giây toàn cầu, gồm 24 loại sử dụng đất, <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/national-land-cover-database>.

- Dữ liệu địa hình (DEM) phục vụ thiết lập mô hình WRF-Hydro được lấy từ các nguồn: Bộ dữ liệu Độ cao Quốc gia (NED: http://www.horizon-systems.com/nhdplus/NHDPlusV2_home.php), Bộ dữ liệu độ cao EU-DEM () và dữ liệu DEM được convert từ các file geo_em_d0* của mô hình WRF.

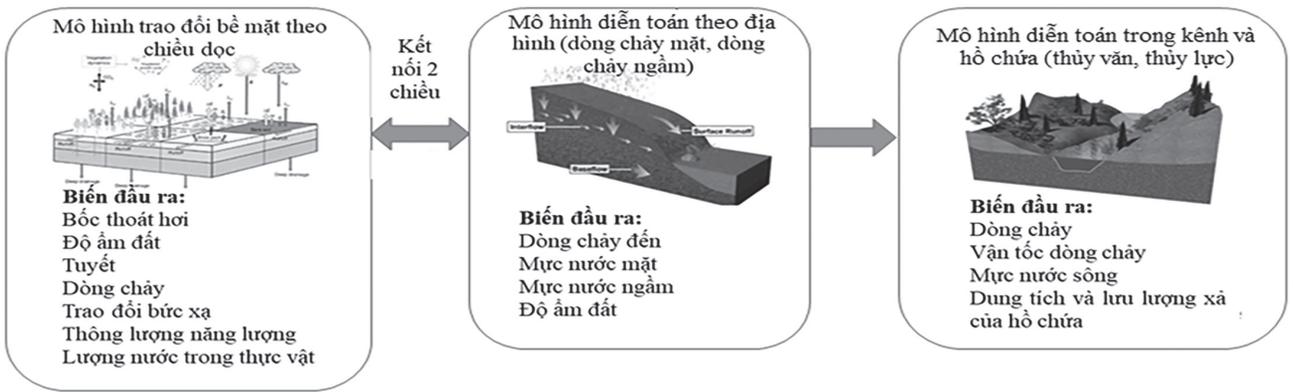
- Số liệu phân bố và mật độ dân số tại các huyện thuộc LVS Vệ được lấy từ Niên giám thống kê tỉnh Quảng Ngãi năm 2020 (Cục Thống kê tỉnh Quảng Ngãi, 2021).

- Số liệu nhu cầu nước tại các huyện thuộc LVS Vệ được lấy từ Quyết định số 1947/QĐ-UBND ngày 21/6/2016 của UBND tỉnh Quảng Ngãi về việc phê duyệt Quy hoạch tài nguyên nước tỉnh Quảng Ngãi giai đoạn 2016 - 2020, tầm nhìn đến năm 2030 (UBND tỉnh Quảng Ngãi, 2016).

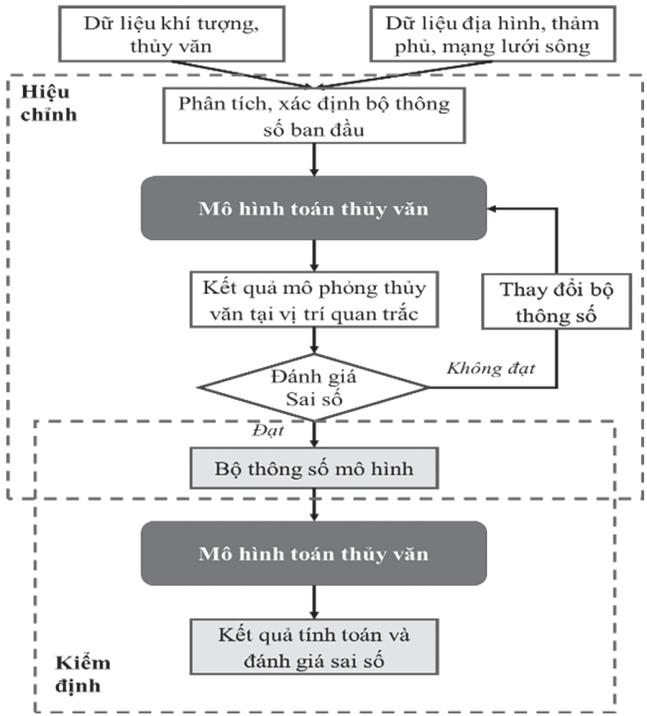
2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp mô hình hóa

Nghiên cứu sử dụng mô hình WRF-Hydro (Gochis et al., 2018) nhằm tính toán, mô phỏng, dự báo dòng chảy phục vụ đánh giá tài nguyên nước mặt LVS Vệ. Mô hình WRF-Hydro bao gồm 3 hợp phần chính: Module bề mặt đất hình cột, module diễn toán theo địa hình



▲ Hình 1. Các hợp phần mô hình WRF-Hydro
 Nguồn: Gochis et al., 2018



▲ Hình 2. Sơ đồ khối hiệu chỉnh và kiểm định mô hình toán thủy văn, thủy lực
 Nguồn: Tổng hợp của nhóm nghiên cứu

(dòng chảy gần bề mặt, dòng chảy tràn) và module thủy văn, thủy lực diễn toán trên sông và hồ chứa (Hình 1).

Phương pháp hiệu chỉnh và kiểm định mô hình WRF-Hydro được sử dụng là phương pháp Thử-Sai. Theo đó, bộ thông số mô hình được phân tích, đánh giá để có cơ sở xác định giá trị ban đầu trong khoảng cho phép. Sử dụng bộ thông số này thực hiện tính toán thủy văn, thủy lực và so sánh với số liệu đo đạc dòng chảy. Kết quả được đánh giá sai số mô phỏng lưu lượng dòng chảy thông qua chỉ số NASH. Chỉ số NASH được đề xuất bởi Nash và Sutcliffe, 1970, được sử dụng để đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình thủy văn so với số liệu thực tế. Sơ đồ thực hiện hiệu chỉnh và kiểm định được thể hiện trong Hình 2.

Tiêu chí được sử dụng trong hiệu chỉnh và kiểm định mô hình WRF-Hydro là:

Hệ số Nash-Sutcliffe:

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

Trong đó, X là giá trị lưu lượng thực đo, Y là giá trị lưu lượng tính toán, n là số bước thời gian mô phỏng. Tiêu chí đánh giá chất lượng hiệu chỉnh kiểm định thông qua sai số NASH thể hiện trong bảng Bảng 1. Chỉ số NASH càng gần 1 thể hiện mô hình mô phỏng tốt quá trình thực tế.

Bảng 1. Đánh giá chất lượng hiệu chỉnh thông qua hệ số NASH

Chất lượng	Giá trị
Rất tốt	0,75 < NASH ≤ 1,00
Tốt	0,65 < NASH ≤ 0,75
Đạt	0,5 < NASH ≤ 0,65
Không đạt	NASH ≤ 0,5

Nguồn: Moriasi et al., 2007

2.2.2. Phương pháp tính toán tài nguyên nước

Đánh giá tài nguyên nước mặt hiện nay đang được sử dụng thông qua các chỉ số đánh giá số lượng, chất lượng tài nguyên nước mặt (Wichakul et al., 2013). Căn cứ vào tính chất đặc thù trên LVS Vệ, nguồn dữ liệu sẵn có, các chỉ số được lựa chọn để đánh giá tài nguyên nước mặt LVS Vệ như sau:

Chỉ số sức ép khai thác, sử dụng nguồn nước DPS

Khai thác quá mức nguồn nước sẽ làm ảnh hưởng đến quá trình thủy văn và khả năng tái tạo của nguồn nước. Do đó, hệ số khai thác nguồn nước, được xác định tỷ lệ phần trăm nhu cầu sử dụng nước so với tổng lượng nước có sẵn trong tự nhiên:

$$DPS = \frac{W_u}{W} \times 100\% \quad (2)$$

Trong đó, W_u là tổng nhu cầu nước cho tất cả các ngành trên toàn tiểu lưu vực (m^3); W là tổng lượng nước tự nhiên trên toàn tiểu lưu vực (m^3).

Chỉ số DPS được phân cấp như sau: $DPS \leq 20\%$: căng thẳng thấp; $20\% < DPS < 40\%$ là mức căng thẳng trung bình; $DPS \geq 40\%$ là mức căng thẳng cao (Brown and Matlock, 2011).

Chỉ số căng thẳng nguồn nước

Chỉ số căng thẳng nguồn nước được xác định bằng tổng lượng nước trung bình năm, mùa của từng tiểu lưu vực trên tổng dân số (Nguyễn Ngọc Hà và cs, 2016):

$$WRI = \frac{W}{P} \quad (3)$$

Trong đó, W là tổng lượng nước tự nhiên trên tiểu lưu vực (m^3), P là tổng dân số trên tiểu lưu vực (người).

Các ngưỡng căng thẳng tài nguyên nước được chia như sau: $WRI \geq 4.000$ là đủ nước; $4.000 > WRI \geq 1.700$ là ít nước; $1.700 > WRI \geq 1.000$ là căng thẳng; $1.000 > WRI \geq 500$ là khan hiếm; $WRI < 500$ là cực kỳ khan hiếm.

Chỉ số khai thác nước

Chỉ số khai thác nước được xác định bằng tổng nhu cầu nước của từng tiểu lưu vực trên tổng dân số (Nguyễn Ngọc Hà và cs, 2016):

$$WRIk = \frac{W_u}{P} \quad (4)$$

Trong đó, W_u là tổng nhu cầu nước trên toàn tiểu lưu vực (m^3), P là tổng dân số trên tiểu lưu vực (người).

Theo tiêu chuẩn quốc gia, mức bình quân sử dụng nước đầu người là $985 m^3/người$ (Nguyễn Ngọc Hà và cs, 2016). $WRIk$ vượt ngưỡng này là chịu sức ép về tài nguyên nước.

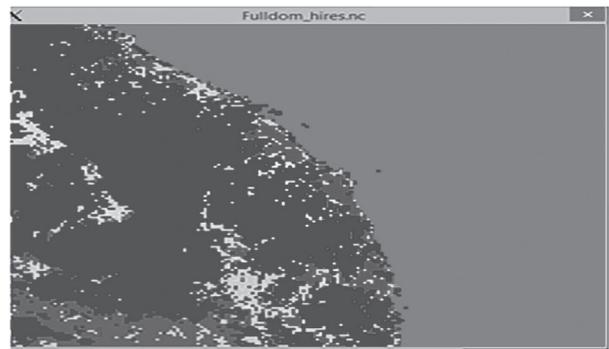
3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Thiết lập mô hình

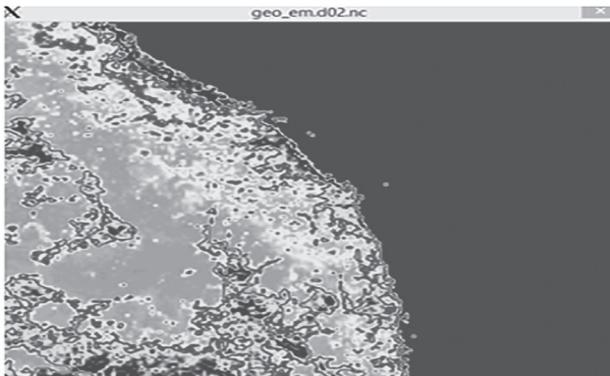
Dữ liệu đầu vào cho các module bao gồm: Địa hình (lớp DEM), thảm phủ (loại đất sử dụng), cấu trúc đất, độ dốc, hệ thống kênh và mạng lưới sông. Các dữ liệu trên được xử lý thông qua công cụ WRF-Hydro GIS Pre-processing nhằm tạo đầu vào cho các module của mô hình WRF-Hydro. Đây là bộ công cụ dựa trên ngôn ngữ lập trình Python, chạy trên môi trường Windows hoặc Linux và cần hỗ trợ của thư viện Miniconda. Hình



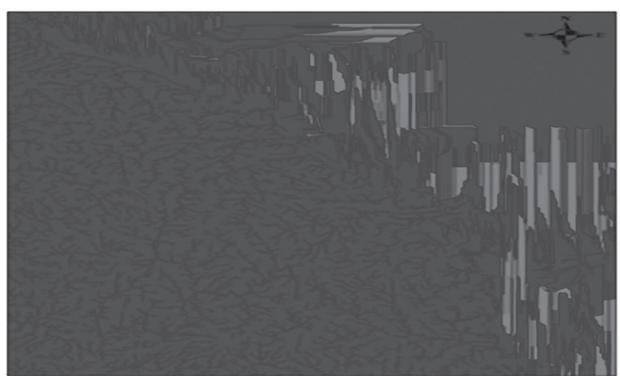
(a)



(b)



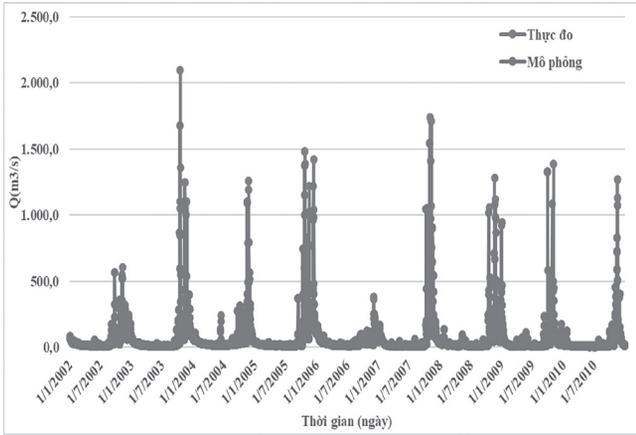
(c)



(d)

▲ Hình 3. Dữ liệu (a) địa hình, (b) sử dụng đất, (c) thảm phủ và (d) mạng lưới sông với độ phân giải 30m được thiết lập cho LVS Vệ thông qua công cụ WRF-Hydro GIS Pre-processing

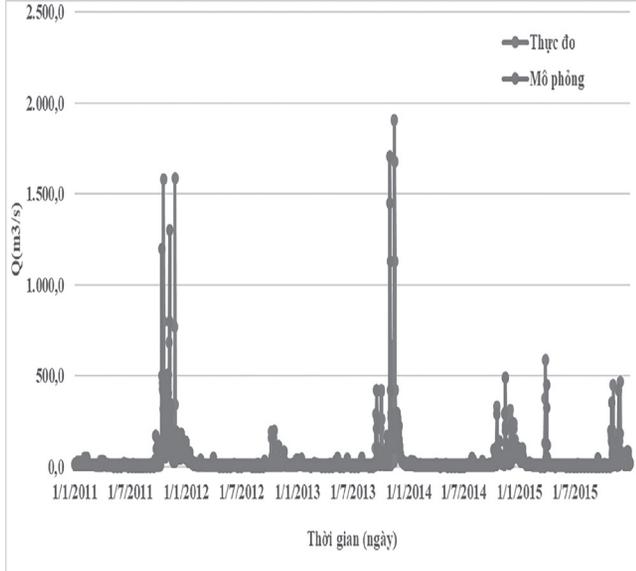
Nguồn: Tổng hợp, tính toán của nhóm nghiên cứu



▲ Hình 4. Đường quá trình mô phỏng lưu lượng giữa thực đo và tính toán quá trình hiệu chỉnh tại trạm thủy văn An Chi giai đoạn 2002-2010

3 biểu diễn dữ liệu địa hình, sử dụng đất, thảm phủ độ phân giải 30 m được thiết lập cho LVS Vệ thông qua công cụ WRF-Hydro GIS Pre-processing.

Trong mô hình WRF-Hydro, kỹ thuật phân chia - tổng hợp (disaggregation-aggregation) được sử dụng để chi tiết hóa dữ liệu các trường khí tượng cung cấp bởi mô hình khí tượng toàn cầu, khu vực về độ phân giải của mô hình, có thể chi tiết đến 40 lần so với số liệu đầu vào (Gochis et al., 2018). Kỹ thuật phân chia - tổng hợp là một kỹ thuật quan trọng trong hệ thống mô hình kết nối khí tượng - thủy văn WRF/WRF-Hydro nói chung và mô hình thủy văn WRF-Hydro nói riêng nhằm mô phỏng chi tiết các quá trình thủy văn sử dụng đầu vào từ các mô hình khí tượng và mô hình bề mặt đất có độ phân giải lớn hơn. Trước khi bắt đầu diễn toán dòng chảy và các quá trình thủy văn khác, quá trình phân chia - tổng hợp được kích hoạt, theo đó, các biến bề mặt từ mô hình bề mặt đất được phân tách thành các ô lưới



▲ Hình 5. Đường quá trình mô phỏng lưu lượng giữa thực đo và tính toán quá trình kiểm định tại trạm thủy văn An Chi giai đoạn 2011-2015

nhỏ phục vụ diễn toán dòng chảy và sau đó được tổng hợp thành các ô lưới của mô hình bề mặt đất khi sơ đồ diễn toán kết thúc. Quá trình này được kích hoạt thông qua việc thiết lập hệ số AGGFACTRT trong trong mã nguồn của mô hình. Dựa trên nguồn số liệu các trường khí tượng được cung cấp với độ phân giải 3 x 3 km và các nguồn số liệu địa hình, thảm phủ, sử dụng đất cho lưu vực sông Vệ, AGGFACTRT được thiết lập bằng 10, ứng với độ phân giải của số liệu khí tượng 3 x 3 km thì độ phân giải của mô hình WRF-Hydro được nội suy về 300 x 300 m.

3.2. Hiệu chỉnh và kiểm nghiệm mô hình

Hiệu chỉnh được tiến hành nhằm lựa chọn bộ thông số mô hình WRF-Hydro phù hợp với LVS Vệ. Hiệu chỉnh được thực hiện bằng việc mô phỏng lưu lượng dòng chảy trong giai đoạn 2002 đến 2010 với bước thời gian 1 ngày. Hình 3 và Bảng 2 biểu diễn kết quả hiệu chỉnh mô hình WRF-Hydro cho LVS Vệ. Theo đó, mô phỏng dòng chảy bằng mô hình WRF-Hydro cho dạng đường lưu lượng phù hợp với thực đo, độ lớn lưu lượng mô phỏng nhỏ hơn so với thực đo (Hình 4). Hệ số NASH bằng 0,74 đạt mức tốt (Bảng 2). Bộ thông số sau khi được hiệu chỉnh được trình bày tại Bảng 3.

Bảng 2. Bảng kết quả đánh giá sai số của mô hình đối với quá trình hiệu chỉnh

Chỉ số đánh giá	Giá trị	Đánh giá
NASH	0,74	Tốt

Nguồn: Tổng hợp, tính toán của nhóm nghiên cứu

Bảng 3. Các thông số trong mô hình WRF-Hydro sau khi được hiệu chỉnh cho LVS Vệ

REFKDT	SMCMAX_ fac	N-fac	OVROUGHRTFAC	BEXP	z	Expon
3	0.5	3	0.7	2.5	2.000	1

Nguồn: Tổng hợp, tính toán của nhóm nghiên cứu

Kiểm định mô hình là đánh giá tính chính xác, đáng tin cậy bộ thông số của mô hình đã tìm được trong bước hiệu chỉnh. Kiểm định mô hình được thực hiện bằng việc mô phỏng lưu lượng dòng chảy trong giai đoạn 2011 đến 2015 với bước thời gian 1 ngày. Kết quả kiểm nghiệm cho thấy, mô phỏng dòng chảy bằng mô hình WRF-Hydro cho dạng đường lưu lượng phù hợp với thực đo, mặc dù độ lớn lưu lượng mô phỏng nhỏ hơn và thời gian đạt giá trị cực đại sớm hơn so với thực đo (Hình 5). Đánh giá bằng hệ số NASH cho thấy NASH đạt giá trị bằng 0,71, đạt mức tốt (Bảng 4). Như vậy, bộ thông số đã lựa chọn (Bảng 4) phù hợp cho việc mô phỏng lưu lượng dòng chảy phục vụ đánh giá tài nguyên nước mặt LVS Vệ.

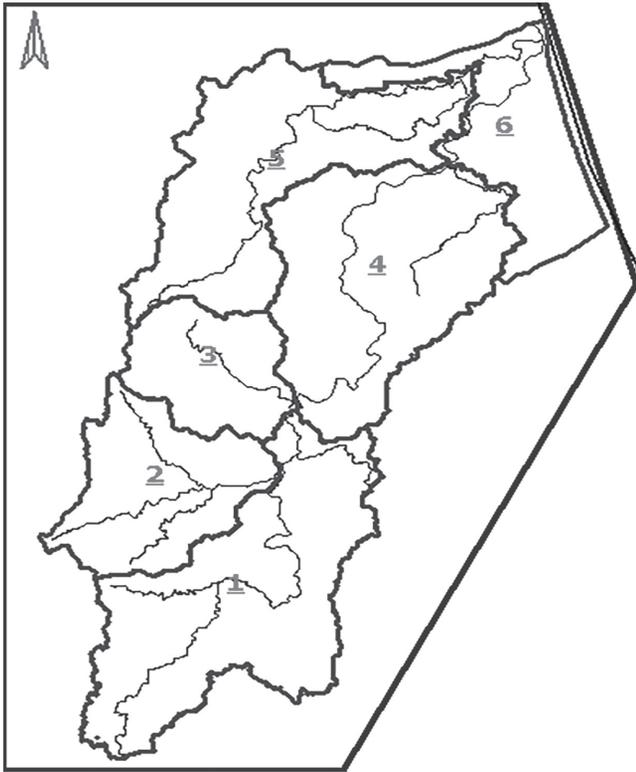
Bảng 4. Bảng kết quả đánh giá sai số của mô hình đối với quá trình kiểm định

Chỉ số đánh giá	Giá trị	Đánh giá
NASH	0,71	Tốt

Nguồn: Tổng hợp, tính toán của nhóm nghiên cứu

3.3. Phân chia các tiểu LVS Vệ

Phân chia LVS Vệ được thực hiện dựa trên cơ sở các quan điểm, nguyên tắc phân vùng tính toán cân bằng sau đây: (1) dựa trên đặc điểm tự nhiên, sự phân chia địa hình tương ứng của các dòng chính, các nhánh sông tạo nên các khu cân bằng (tiểu vùng cân bằng) có tính độc lập tương đối về tiềm năng nguồn nước và các yếu tố tự nhiên liên quan; (2) Dựa theo các hệ thống công trình khai thác, sử dụng tài nguyên nước kết hợp



▲ Hình 6. Sơ đồ các vùng tính toán trên LVS Vệ

Bảng 5. Tổng hợp phân vùng tính toán cân bằng nước trên LVS Vệ và các thông tin liên quan

Ký hiệu	Tên tiểu vùng	Diện tích (km ²)	Nguồn nước chính	Thuộc huyện	Chiều dài các sông chính (km)
1	Thượng sông Vệ	306.92	Sông vệ, Sông Nước Lếch	Ba Tơ	77
2	Sông Trà Nô	157.94	Sông Trà Nô, Sông Tô, Phụ lưu số 2	Ba Tơ	47
3	Sông Nê	108.17	Sông Nê	Ba Tơ	15
4	Khu giữa sông Vệ	281.56	Sông Vệ	Ba Tơ, Mộ Đức, Nghĩa Hành	58
5	Sông Vực Hồng	257.59	Sông Vực Hồng, Sông Cái Bứa	Minh Long, Nghĩa Hành, Tư Nghĩa	68
6	Hạ Sông Vệ	151.45	Sông Vệ	Mộ Đức, Tư Nghĩa	25
	Tổng	1263.63			290

Nguồn: Tổng hợp, tính toán của nhóm nghiên cứu

với địa giới hành chính và đơn vị quản lý hệ thống công trình khai thác sử dụng nước; (3) Căn cứ theo tính hệ thống của nguồn nước bảo đảm cho việc quản lý khai thác tài nguyên nước, phát triển tài nguyên nước một cách hiệu quả; (4) Căn cứ nhu cầu, đặc điểm sử dụng nước, các hộ ngành sử dụng nước và nguồn cấp nước kể cả hướng tiêu thoát nước sau khi sử dụng.

Ứng dụng phần mềm ArcGIS phiên bản 11 (Esri, 2022) và phân tích các đặc trưng thống kê về đặc điểm tự nhiên, hệ thống công trình khai thác, sử dụng tài nguyên nước và nhu cầu nước đối với từng vùng trên lưu vực, LVS Vệ được chia thành 6 tiểu lưu vực được thể hiện tại tại Bảng 5 và Hình 6.

3.4. Đánh giá tài nguyên nước mặt trên LVS Vệ

Nhằm đánh giá tài nguyên nước mặt trên LVS Vệ, mô phỏng dòng chảy cho các tiểu lưu vực bằng mô hình WRF-Hydro được thực hiện với chuỗi số liệu 2016 - 2020, với bước thời gian mô phỏng là 1 ngày.

Kết quả mô phỏng và tính toán đặc trưng dòng chảy năm trên các tiểu lưu vực giai đoạn 2016-2020 được trình bày tại Bảng 6. Theo đó, tổng lượng dòng chảy năm trung bình giai đoạn 2016-2020 trên toàn lưu vực là 2.713 triệu m³, trong đó vùng Thượng sông Vệ có tổng lượng dòng chảy lớn nhất 766,4 triệu m³, vùng Hạ sông Vệ có tổng lượng dòng chảy nhỏ nhất 246,1 triệu m³. Theo đó, tổng nguồn nước mặt tại vùng Hạ sông Vệ chỉ chiếm 9,1%, như vậy tổng lượng dòng chảy từ các sông suối chảy ở thượng nguồn và trung lưu về vùng đồng bằng hạ lưu chiếm đến 90,9% tổng lượng nước toàn lưu vực.

Phân phối tổng lượng dòng chảy mùa lũ và mùa cạn trên các tiểu vùng giai đoạn 2016-2020 cho thấy, trên vùng Thượng sông Vệ, tổng lượng dòng chảy mùa lũ chiếm 69,7% và mùa cạn chiếm 30,3% tổng lượng dòng chảy năm. Trên sông Trà Nô, tổng lượng dòng chảy mùa lũ chiếm 70,2% và mùa cạn chiếm 29,8% tổng lượng dòng chảy năm. Trên sông Nê, tổng lượng dòng chảy mùa lũ chiếm 68,6% và mùa cạn chiếm 31,4% tổng lượng dòng chảy năm. Ở khu giữa sông Vệ,

Bảng 6. Các đặc trưng thống kê dòng chảy năm đến các tiểu vùng giai đoạn 2016-2020

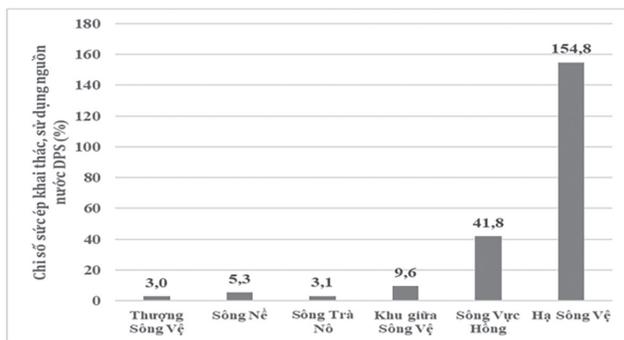
TT	Tiểu vùng	Diện tích (km ²)	Lưu lượng dòng chảy trung bình (m ³ /s)	Mô đun dòng chảy trung bình (l/s/km ²)	Tổng lượng dòng chảy (10 ⁶ m ³)
1	Thượng sông Vê	306,9	25,7	83,6	766,4
2	Sông Trà Nô	157,9	14,0	88,9	399,5
3	Sông Nê	108,2	10,0	92,2	283,3
4	Khu giữa sông Vê	281,6	17,1	60,8	536,7
5	Sông Vực Hồng	257,6	14,8	57,4	481,1
6	Hạ sông Vê	151,5	8,0	53,0	246,1
7	Toàn lưu vực	1.263,6	89,6	436,0	2.713,1

Nguồn: Tổng hợp, tính toán của nhóm nghiên cứu

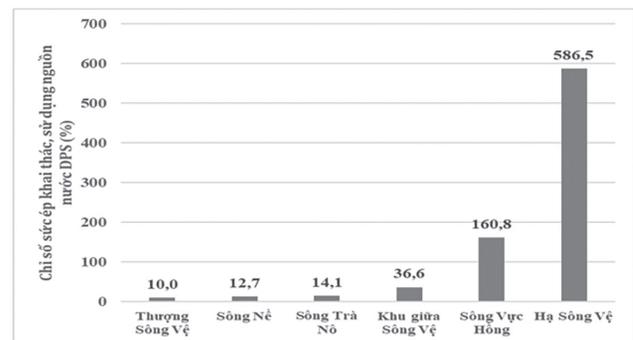
Bảng 7. Phân phối tổng lượng dòng chảy mùa lũ và mùa cạn trên các tiểu vùng giai đoạn 2016-2020

Tiểu vùng	Tổng lượng dòng chảy (10 ⁶ m ³)	Mùa lũ		Mùa cạn	
		Tổng lượng dòng chảy (10 ⁶ m ³)	Tỷ lệ (%)	Tổng lượng dòng chảy (10 ⁶ m ³)	Tỷ lệ (%)
Thượng sông Vê	766,4	534,2	69,7	232,2	30,3
Sông Trà Nô	399,5	280,5	70,2	119,1	29,8
Sông Nê	283,3	194,3	68,6	88,9	31,4
Khu giữa sông Vê	536,7	395,6	73,7	141,2	26,3
Sông Vực Hồng	481,1	356,0	74,0	125,1	26,0
Hạ sông Vê	246,1	181,2	73,6	65,0	26,4

Nguồn: Tổng hợp, tính toán của nhóm nghiên cứu

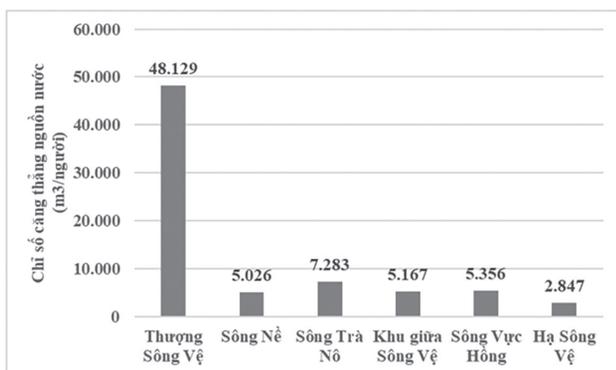


(a)

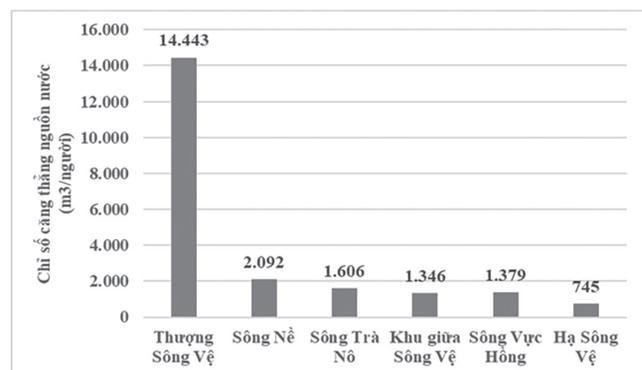


(b)

▲ Hình 7. Chỉ số sức ép khai thác, sử dụng nguồn nước trên các tiểu LVS Vê giai đoạn 2016-2020: (a) trung bình năm, (b) trung bình mùa cạn

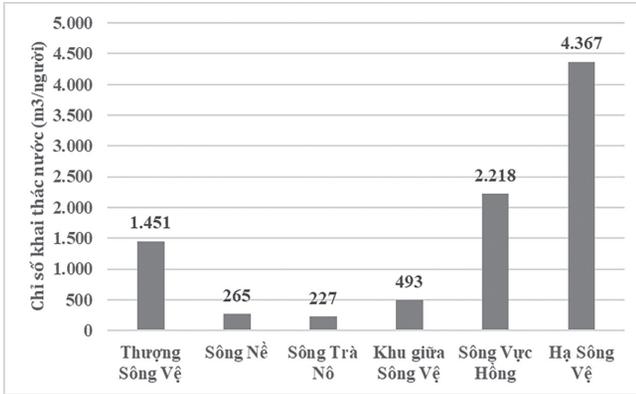


(a)



(b)

▲ Hình 8. Chỉ số căng thẳng nguồn nước trên các tiểu LVS Vê giai đoạn 2016-2020: (a) trung bình năm, (b) trung bình mùa cạn



▲ Hình 9. Chỉ số khai thác nước trên các tiểu LVS Vê giai đoạn 2016-2020

tổng lượng dòng chảy mùa lũ chiếm 73,7% và mùa cạn chiếm 26,3% tổng lượng dòng chảy năm. Trên sông Vực Hồng, tổng lượng dòng chảy mùa lũ chiếm 74,0% và mùa cạn chiếm 26,0% tổng lượng dòng chảy năm. Còn trên Hạ sông Vê, tổng lượng dòng chảy mùa lũ chiếm 73,6% và mùa cạn chiếm 26,4% tổng lượng dòng chảy năm (Bảng 7).

Việc tính toán tài nguyên nước mặt trên các tiểu LVS Vê được thực hiện thông qua các chỉ số: chỉ số sức ép khai thác, sử dụng nguồn nước DPS, chỉ số căng thẳng nguồn nước, chỉ số khai thác nước. Nghiên cứu sử dụng số liệu nhu cầu nước tại các huyện thuộc LVS Vê theo Quyết định số 1947/QĐ-UBND ngày 21/6/2016 của UBND tỉnh Quảng Ngãi về việc phê duyệt Quy hoạch tài nguyên nước tỉnh Quảng Ngãi giai đoạn 2016 - 2020, tầm nhìn đến năm 2030, với giả thiết là nhu cầu nước tại các ngành trên lưu vực tuân theo số liệu quy hoạch sử dụng nước đến năm 2020. Số liệu phân bố và mật độ dân số tại các huyện thuộc LVS Vê được sử dụng từ Niên giám thống kê tỉnh Quảng Ngãi năm 2020.

Hình 6 biểu diễn phân bố Chỉ số sức ép khai thác, sử dụng nguồn nước (DPS) trên các tiểu LVS Vê trung bình năm và mùa cạn giai đoạn 2016-2020. Chỉ số DPS được tính toán dựa trên nhu cầu sử dụng nước của các ngành sử dụng nước (sinh hoạt, nông nghiệp, công nghiệp, môi trường,...) và lượng nước có thể khai thác, sử dụng trên các tiểu lưu vực. Theo đó, trung bình năm giai đoạn 2016-2020, các tiểu LVS Vực Hồng và Hạ sông Vê đang ở mức căng thẳng cao (chỉ số DPS lần lượt là 41,8 và 154,8%). Các khu vực trên thượng nguồn và trung lưu đều ở trong ngưỡng căng thẳng thấp (Hình 5a). Đối với mùa cạn, các tiểu lưu vực Thượng sông Vê, sông Nê, sông Trà Nô ở mức căng thẳng thấp. Tiểu lưu vực khu giữa sông Vê đang ở mức căng thẳng trung bình (36,6%). Hai tiểu LVS Vực Hồng và Hạ sông Vê đều ở mức căng thẳng cao (Hình 5b). Kết quả nghiên cứu này tương tự với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Ngọc Hà và cs, 2016, đã công bố.

Chỉ số căng thẳng nguồn nước trung bình năm và vào mùa cạn trên các tiểu LVS Vê được tính dựa trên lượng nước tự nhiên bình quân đầu người. Căn cứ vào phân cấp chỉ số căng thẳng nguồn nước WRI, hầu hết các tiểu LVS Vê đều ở ngưỡng đủ nước, riêng ở vùng Hạ Sông Vê ở ngưỡng ít nước (Hình 7a). Vào mùa cạn, hầu hết lượng nước bình quân đầu người trên các tiểu lưu vực đều không đảm bảo mức đủ nước, trừ tiểu lưu vực Thượng sông Vê. Trong đó, tiểu LVS Nê ở mức ít nước, các tiểu LVS Trà Nô, khu giữa sông Vê, sông Vực Hồng ở mức căng thẳng và tiểu lưu vực Hạ sông Vê ở mức khan hiếm (Hình 7b).

Hình 8 biểu diễn phân bố chỉ số khai thác nước trung bình năm giai đoạn 2016-2020. Theo tiêu chuẩn quốc gia, mức bình quân sử dụng nước trên đầu người là 985 m³/người. Kết quả tính toán cho thấy, trên các tiểu lưu vực Thượng sông Vê, sông Vực Hồng và Hạ sông Vê, mức sử dụng nước vượt ngưỡng bình quân sử dụng nước quốc gia với tỷ lệ vượt ngưỡng lần lượt 1,5; 2,3 và 4,4 lần so với tiêu chuẩn quốc gia.

3. Kết luận

Nghiên cứu đã mô phỏng dòng chảy bằng mô hình WRF-Hydro cho các tiểu LVS Vê trong giai đoạn 2016-2020 và đánh giá tài nguyên nước mặt trên LVS Vê, tỉnh Quảng Ngãi.

Kết quả đánh giá tài nguyên nước mặt bằng trên các tiểu LVS Vê bằng các chỉ số cho thấy, vùng hạ du sông Vê có nguồn nước phụ thuộc rất lớn từ thượng nguồn và trung lưu (90,9%). Các tiểu LVS Vực Hồng và Hạ sông Vê đang chịu căng thẳng về nước ở mức cao (với tỷ lệ nhu cầu sử dụng nước các ngành trên lượng nước có thể khai thác là 41,8 và 154,8%), đặc biệt trong mùa cạn. Các khu vực trên thượng nguồn và trung lưu (các tiểu lưu vực Thượng sông Vê, sông Nê, sông Trà Nô, khu giữa sông Vê) đều ở trong ngưỡng căng thẳng từ mức thấp đến trung bình. Vào mùa cạn, lượng nước tự nhiên bình quân đầu người trên hầu hết các tiểu lưu vực đều ở mức không đảm bảo đủ nước, ở ngưỡng ít nước (tiểu LVS Nê), căng thẳng (các tiểu LVS Trà Nô, khu giữa sông Vê, sông Vực Hồng) và khan hiếm nước (tiểu lưu vực Hạ sông Vê), riêng tiểu lưu vực Thượng sông Vê ở mức đủ nước. Nhu cầu sử dụng nước trong các ngành bình quân đầu người trên trên các tiểu lưu vực Thượng sông Vê, sông Vực Hồng và Hạ sông Vê đang chịu sức ép cao về tài nguyên nước, với mức sử dụng nước vượt 1,5 - 4,4 lần so với ngưỡng bình quân sử dụng nước quốc gia (985 m³/người). Do đó, để đảm bảo đủ nước cho nhu cầu sử dụng nước các ngành, lĩnh vực, cần thiết phải có quy hoạch, quản lý nhằm điều tiết, phân bổ, chia sẻ nguồn nước hợp lý từ thượng nguồn, nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên nước mặt cho LVS Vê.



Trong nghiên cứu, mô phỏng dòng chảy bằng mô hình WRF-Hydro chưa tính đến quá trình điều tiết của các công trình thủy lợi (hồ, đập...). Để nâng cao tính chính xác của kết quả mô phỏng dòng chảy, cần có những nghiên cứu tiếp theo để đưa được ảnh hưởng của hồ chứa vào tính toán lưu lượng dòng chảy trên LVS Vệ. Ngoài ra, các chỉ số tài nguyên nước mặt chưa tính đến yếu tố sử dụng nước liên khu vực, do đó, cần có những nghiên cứu tiếp theo để tính đến ảnh hưởng của tài nguyên nước liên khu vực và cần kết hợp nghiên

cứu với đánh giá thực địa, tham vấn cộng đồng nhằm chính xác hóa các kết quả tính toán từ bộ chỉ số tài nguyên nước mặt.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn Nhiệm vụ Khoa học và Công nghệ cấp Bộ TN&MT "Nghiên cứu ứng dụng hệ thống mô hình tích hợp khí tượng - thủy văn WRF-Hydro cảnh báo sớm lũ. Áp dụng thí điểm cho các LVS Vệ, Trà Khúc", mã số: TNMT.2023.06.08, đã hỗ trợ về số liệu và phương pháp luận để thực hiện bài báo này■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bùi Đức Hiếu, Huỳnh Thị Lan Hương, Nguyễn Thị Liễu, Đặng Quang Thịnh, Liễu, Bùi Ngọc Diệp, 2020, Nghiên cứu đánh giá rủi ro đến tài nguyên nước mặt do biến đổi khí hậu: Áp dụng cho tỉnh Quảng Ngãi. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 711, 1-13.
2. Lê Thị Mai Vân; Bùi Thị Bích Ngọc; Đoàn Quang Trí; Trương Văn Hùng; Lê Thế Trung, 2021, Nghiên cứu tính toán chỉ số đánh giá tài nguyên nước mặt phục vụ cảnh báo, dự báo tài nguyên nước: Thí điểm LVS Srê Pốk. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 729, 40-50.
3. Nguyễn Ngọc Hà, Nguyễn Tiễn Giang, Nguyễn Mạnh Trình, 2016, Chỉ số tài nguyên nước mặt LVS Vệ, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, 32(3S), 67-76.
4. Cục Thống kê tỉnh Quảng Ngãi, 2021, Niên giám thống kê tỉnh Quảng Ngãi 2020.
5. UBND tỉnh Quảng Ngãi, 2016, Quyết định số 1947/QĐ-UBND ngày 21/6/2016 của UBND tỉnh Quảng Ngãi về việc phê duyệt Quy hoạch tài nguyên nước tỉnh Quảng Ngãi giai đoạn 2016 - 2020, tầm nhìn đến năm 2030.
6. Brown A. and Matlock M.D (2011), A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies. *White paper No. 106, University of Arkansas, The Sustainability Consortium.*
7. Dessu S.B., Melesse A.M., Bhat M.G., Price R.M., Seid A.H., Debede S.A., 2019, McClain, M.E. Development and application of a priority rated optimization model (PROM) for multi-sector water resource management systems. *Environ. Modell. Software*, 113, 84-97. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.11.014>.
8. Esri, 2022, <https://enterprise.arcgis.com/en/>.
9. Gochis D.J., Barlage M., Dugger A., FitzGerald K., Karsten L., McAllister M., McCreight J., Mills J., RafieeiNasab A., Read L., Sampson K., Yates D., Yu W., 2018, *The WRF-hydro modeling system technical description, Version 5.0, NCAR Technical Note. NCAR, Boulder, Colo, USA.*
10. Nash J. E. and Sutcliffe J. V., 1970, River flow forecasting through conceptual models: Part 1. A discussion of principles. *J. Hydrology* 10(3): 282-290.
11. Moriasi D.N., Arnold J.G, Van Liew M.W., Binger R.L. and Harmel R.D., 2007, Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001-2351*, 50(3), pp.885-900.
12. Yan J., Jia S., Lv A., Zhu W., 2018, Water Resources Assessment of China's Transboundary River Basins Using a Machine Learning Approach. *Water Resour. Res.* 55(1), 632-655. <https://doi.org/10.1029/2018WR023044>.
13. Wichakul S., Tachikawa Y., Shiiba M., Yoroza K., 2013, Developing a regional distributed hydrological model for water resources assessment and its application to the Chao Phraya River Basin. *J. Japan Soc. Civ. Eng. Ser B1 (Hydraulic Engineering)*, 69(4), I_43-I_48. https://doi.org/10.2208/jscejhe.69.I_43.
14. <https://worldcover2021.esa.int/>.
15. <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/national-land-cover-database>.
16. http://www.horizon-systems.com/nhdplus/NHDPlusV2_home.php.
17. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/copernicus-land-monitoring-service-eu-dem>.