

DỰ BÁO DÒNG CHẢY CHO LƯU VỰC THIẾU SỐ LIỆU: MỘT NGHIÊN CỨU SO SÁNH LƯU VỰC SÔNG LA VĨ, BÌNH ĐỊNH, VIỆT NAM

Trần Tuyết Mai¹, Okke Batelaan², Margaret Shanafield²

Tóm tắt: Phần lớn các lưu vực trên thế giới là lưu vực thiếu/ không có số liệu; tuy nhiên công tác dự báo dòng chảy cho các lưu vực này đang đối diện với nhiều thách thức. Mục đích của nghiên cứu này là sử dụng và so sánh các phương pháp khác nhau như phương pháp lưu vực tương tự, phương pháp mô hình gồm: SWAT, tích hợp mô hình SWAT-MODFLOW và IFAS trong dự báo dòng chảy. Khi lưu vực này đang đối mặt với các vấn đề liên quan đến quản lý tài nguyên nước, việc có thể dự báo được dòng chảy trên lưu vực là rất cần thiết. Kết quả cho thấy, việc mô hình IFAS đã được hiệu chỉnh và kiểm định sẽ có thể được dùng để dự báo dòng chảy phục vụ cho công tác quản lý tài nguyên nước. Bên cạnh đó, việc tích hợp hai mô hình SWAT và MODFLOW rất hữu ích trong việc khai thác những mặt mạnh của các mô hình này. Kết quả này có thể sử dụng cho quản lý tài nguyên nước cũng như cung cấp thêm công cụ cho dự báo dòng chảy ở những lưu vực thiếu/không có số liệu.

Từ khóa: Dự báo dòng chảy; lưu vực không có số liệu; lưu vực tương tự; IFAS; SWAT; MODFLOW; SWAT-MODFLOW.

Ban Biên tập nhận bài: 08/04/2018 Ngày phản biện xong: 12/05/2018 Ngày đăng bài: 25/05/2018

1. Mở đầu

Dự báo dòng chảy đóng góp một phần rất quan trọng cho sự phát triển của xã hội. Lũ lụt ảnh hưởng nghiêm trọng đến người dân ở vùng chịu ảnh hưởng do thiệt hại về tài sản, hoa màu và thậm chí là thiệt mạng [1]. Trong giai đoạn 2000 - 2014, ước tính có khoảng 39% thảm họa thiên tai trên toàn thế giới xuất phát từ lũ lụt, gây thiệt hại khoảng 397 bilion USD [2]. Do đó, công tác dự báo dòng chảy có thể giúp con người giảm thiểu những thiệt hại liên quan đến cuộc sống của con người và của cải, những cái thường xuyên bị ảnh hưởng do lũ hoặc lũ quét. Ngược lại, trong mùa khô, công tác này cũng cho phép các ngành khác như nông nghiệp, công nghiệp, sinh hoạt, môi trường có đủ nước cần thiết cho hoạt động của họ. Chính vì vậy, dự báo dòng chảy là cần thiết để giải quyết các vấn đề liên

quan đến quản lý tài nguyên nước như: phân bổ nguồn nước; thiết kế các công trình như đập tràn, hồ chứa, đê kè; chất lượng nước và nước cung cấp [3]. Quan trọng hơn cả, công tác này còn rất quan trọng trong việc quản lý rủi ro liên quan đến dự báo lũ, dự báo hạn hán và đánh giá môi trường [4].

Trong nghiên cứu thủy văn, việc dự báo dòng chảy cho các lưu vực thiếu/không có số liệu vẫn đang là một thách thức lớn với các nhà thủy văn. Mặc dù phần lớn các lưu vực trên thế giới là lưu vực thiếu/không có số liệu, nhưng hầu hết các nghiên cứu chỉ tập trung vào dự báo dòng chảy cho các lưu vực có số liệu với nhiều tiến bộ được ghi nhận [5]. Trong khi đó, thách thức lớn nhất của các lưu vực /không có số liệu là có mô hình kiểm định để giảm tính không chắc chắn của công tác dự báo dòng chảy cho các lưu vực này.

Nghiên cứu này sẽ sử dụng phương pháp lưu vực tương tự và phương pháp mô hình ứng dụng dự báo dòng chảy cho lưu vực sông La Vĩ; một lưu vực thiếu số liệu ở tỉnh Bình Định, thuộc

¹Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn quốc gia

²Flinders University, Adelaide, South Australia, Australia

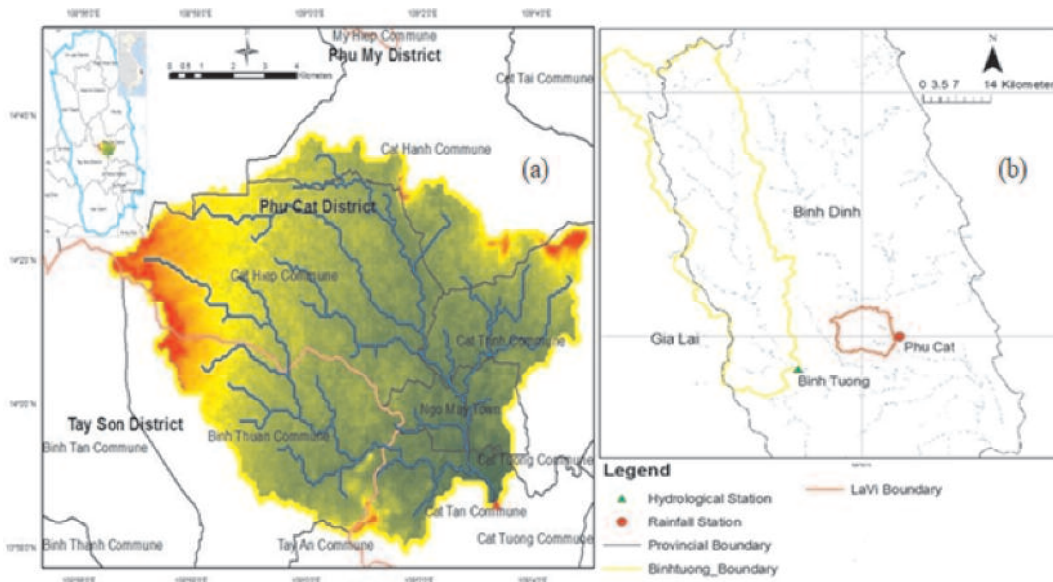
Email: tuyetmai1110@gmail.com

vùng Duyên hải Nam Trung Bộ, Việt Nam. Lưu vực này đang phải đối mặt với một số vấn đề quan trọng có liên quan đến quản lý tài nguyên nước và tài nguyên đất [6]. Do ảnh hưởng của phát triển nông nghiệp, nhu cầu sử dụng nước gia tăng đáng kể. Sự hạn chế của nguồn nước mặt trong mùa khô dẫn đến sự khai thác nước ngầm quá mức để phục vụ cho mục đích nông nghiệp. Do vậy việc tính toán cân bằng nước cũng như dự báo dòng chảy là rất cần thiết cho

lưu vực sông La Vĩ.

2. Mô tả khu vực nghiên cứu, số liệu và phương pháp nghiên cứu

Phạm vi và không gian nghiên cứu nằm ở lưu vực sông La Vĩ, tỉnh Bình Định, Việt Nam. Lưu vực có giới hạn từ 13°57' đến 14°05' vĩ độ Bắc và từ 108°55' đến 109°06' kinh độ Đông. Đây là một lưu vực có diện tích tương đối nhỏ, chỉ khoảng 96 km².



Hình 1. Lưu vực sông nghiên cứu (a) và lưu vực sông tương tự (b)

Dữ liệu sử dụng trong phương pháp nghiên cứu: số liệu thực đo và số liệu vệ tinh. Số liệu thực đo bao gồm: số liệu mưa, mực nước, bản đồ sử dụng đất, bản đồ phân loại đất. Số liệu vệ tinh gồm có: bản đồ DEM SRTM 0,1 arc; bản đồ thảm phủ, bản đồ các loại đất, số liệu về bốc hơi tiềm năng (PET). Phương pháp nghiên cứu được sử dụng là phương pháp so sánh. Cụ thể các phương pháp khác nhau được sử dụng gồm: phương pháp lưu vực tương tự; phương pháp mô hình (gồm mô hình SWAT; tích hợp mô hình SWAT-MODFLOW và mô hình IFAS).

Phương pháp lưu vực tương tự là một trong những phương pháp hay được áp dụng nhất để tính toán dòng chảy cho những lưu vực thiếu/ không có dữ liệu bằng cách so sánh các thông số

của mô hình hoặc các đặc điểm của lưu vực [7]. Những đặc điểm của lưu vực gồm có: điều kiện địa hình, loại đất, đất sử dụng, mưa và nhiệt độ, là những tiêu chuẩn so sánh để áp dụng phương pháp này. Để tính toán dòng chảy cho lưu vực không có số liệu, một phương pháp hay dùng đó là phương pháp tỉ lệ diện tích được tính toán dựa vào công thức 1 [8]:

$$Q_y = \frac{A_y}{A_x} Q_x \tag{1}$$

Trong đó: A_x là diện tích lưu vực sông có số liệu (tương tự); A_y là diện tích lưu vực sông không có/ thiếu số liệu; Q_x là lưu lượng tại cửa ra của lưu vực có số liệu; Q_y là lưu lượng tính toán tại cửa ra của lưu vực không có/ thiếu số liệu.

Phương pháp mô hình được sử dụng ở đây là mô hình SWAT, Tích hợp mô hình SWAT-MODFLOW và Mô hình IFAS.

Mô hình SWAT là mô hình theo thời gian liên tục và bán phân bố, mô hình được xây dựng để dự báo sự ảnh hưởng của việc sử dụng đất đến tài nguyên nước và vận chuyển bùn cát trên lưu vực [9]. Trong mô hình này, các lưu vực được phân chia thành các vùng hay các lưu vực nhỏ. Mô hình sử dụng dữ liệu ngày như số liệu mưa, nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất, tốc độ gió, bức xạ mặt trời và độ ẩm tương đối để mô phỏng về dòng chảy, bùn cát và thậm chí là chu trình dinh dưỡng. Cụ thể, trong nghiên cứu này, dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT gồm có dữ liệu địa hình (DEM), số liệu mực nước, số liệu đất sử dụng, loại đất và dữ liệu về khí tượng.

Tích hợp mô hình SWAT-MODFLOW: Mô hình Modflow là mô hình nước ngầm 3 chiều, một trong những mô hình nước ngầm hay được sử dụng nhất. Mô hình này kết hợp định luật Darcy và cân bằng khối lượng để mô phỏng cả dòng chảy ổn định và không ổn định. Do nước mặt và nước ngầm có sự tương tác với nhau, và những tác động đến nguồn này sẽ ảnh hưởng đến nguồn kia (cả về số lượng và chất lượng). Trong khi đó, mô hình nước mặt thì không mô phỏng sự tương tác nước ngầm và mô hình nước ngầm cũng mô phỏng kém quá trình dòng chảy mặt, do vậy việc tích hợp mô hình nước mặt và nước ngầm được thực hiện. Tích hợp mô hình SWAT và MODFLOW sẽ khai thác được những điểm mạnh của cả hai mô hình. Trong trường hợp này, lượng nước ngầm gia nhập từ các đơn vị thủy văn (HRUs) trong mô hình SWAT được sử dụng làm đầu vào cho mô hình MODFLOW và ngược lại dòng chảy nước ngầm giữa sông và tầng chứa nước được trao đổi sang mô hình SWAT, sự phân bố theo không gian và thời gian trên lưu vực sẽ được mô phỏng [10].

Mô hình IFAS là mô hình thủy văn phân phối, đã được xây dựng và phát triển bởi ICHARM (*International Centre for Water Hazard and Risk Management - Trung tâm quốc tế về Quản lý thảm họa nước và rủi ro*) để hỗ trợ các quốc gia đang phát triển về dự báo lũ lụt. Mô hình này hỗ trợ các giao diện cho phép sử dụng đầu vào là dữ liệu vệ tinh hoặc dữ liệu bề mặt cho các lưu vực ở các nước đang phát triển nơi mà thiếu số liệu thực đo. Cụ thể là, mô hình IFAS có thể ứng dụng cho các lưu vực thiếu dữ liệu về địa hình, thủy văn bởi vì mô hình có khả năng mô phỏng dòng chảy và bộ thông số mô hình dựa trên số liệu vệ tinh như địa hình, sử dụng đất và các loại đất.

3. Kết quả và thảo luận

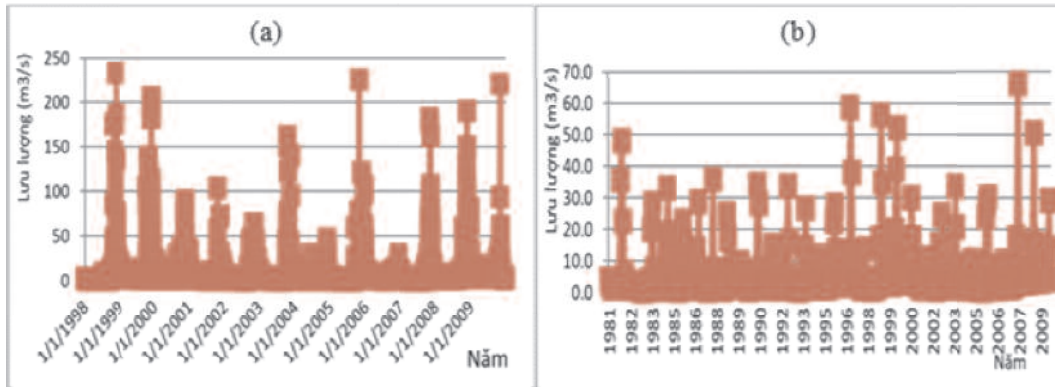
3.1 Phương pháp lưu vực tương tự

Phương pháp lưu vực tương tự được áp dụng sau khi sử dụng một số tiêu chí như lượng mưa, bốc hơi tiềm năng, điều kiện thảm phủ, loại đất để so sánh hai lưu vực La Vi và Bình Tường. Lý do của việc lựa chọn lưu vực Bình Tường để áp dụng phương pháp lưu vực tương tự là hai lưu vực này đều thuộc lưu vực Kone - Hà Thanh và trong đó trạm Bình Tường là có số liệu lưu lượng đo đạc từ năm 1979 - 2009.

$$Q_{LaVi} = \frac{A_{LaVi}}{A_{BinhTuong}} Q_{BinhTuong} \quad (2)$$

Trong đó Q_{LaVi} là lưu lượng tại cửa ra lưu vực sông La Vĩ (m^3/s); $Q_{BinhTuong}$ là lưu lượng tại cửa ra lưu vực Bình Tường (m^3/s); A_{LaVi} là diện tích lưu vực sông La Vĩ (km^2); $A_{BinhTuong}$ là diện tích lưu vực Bình Tường (km^2).

Số liệu lưu lượng trung bình ngày và lưu lượng trung bình tháng tại cửa ra của lưu vực La Vĩ được tính toán dựa vào số liệu lưu lượng thực đo tại trạm Bình Tường, tỉnh Bình Định, kết quả được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Lưu lượng trung bình ngày (a) và lưu lượng trung bình tháng (b) tại lưu vực sông La Vĩ

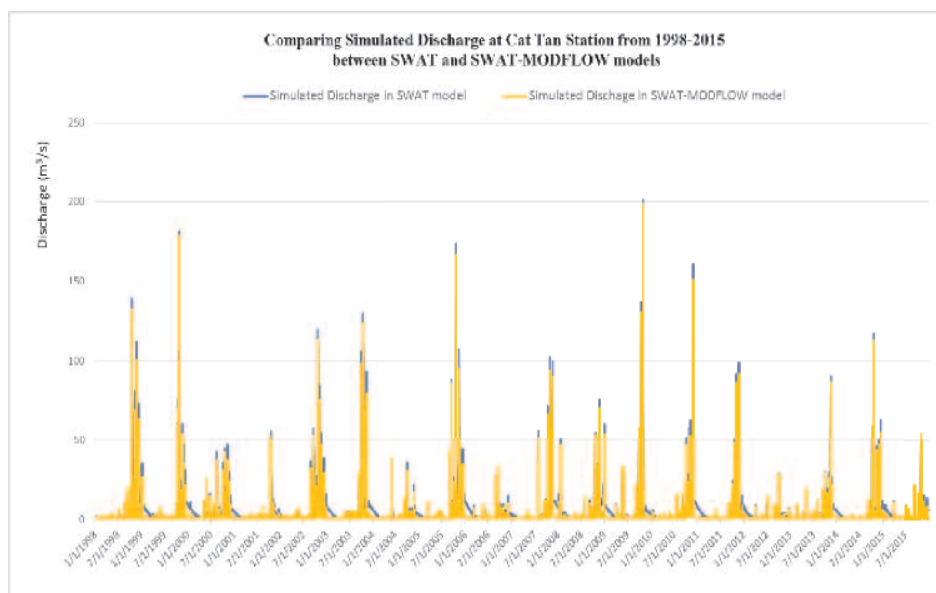
Như kết quả trên hình 2 cho thấy, lưu lượng trung bình ngày của lưu vực sông La Vĩ từ năm 1998 đến 2009 dao động từ 50 - 240 m³/s. Trong khi đó, lưu lượng trung bình tháng dao động theo mùa từ 15 - 65 m³/s.

Trong phương pháp này, lưu lượng dự báo cho lưu vực sông La Vĩ phụ thuộc vào số liệu lưu lượng của lưu vực tương tự (Bình Tường).

Tuy nhiên trong trường hợp này vì lưu vực Bình Tường chỉ đo đạc số liệu trong giai đoạn 1998-2009, chính vì vậy khi áp dụng phương pháp này, nghiên cứu chỉ có thể tính toán được dòng chảy cho lưu vực sông La Vĩ đến năm 2009. Đây là một trong những hạn chế của phương pháp này.

Bảng 1. So sánh kết quả lưu lượng mô phỏng giữa mô hình SWAT và mô hình tích hợp SWAT-MODFLOW

Kết quả	Mô hình SWAT	Tích hợp mô hình SWAT-MODFLOW
Trung bình	4	3
Lớn nhất	201	199
Nhỏ nhất	0	0



Hình 3. Lưu lượng mô phỏng tại cửa ra của lưu vực sông La Vĩ từ năm 1998-2015 giữa SWAT và mô hình tích hợp SWAT-MODFLOW

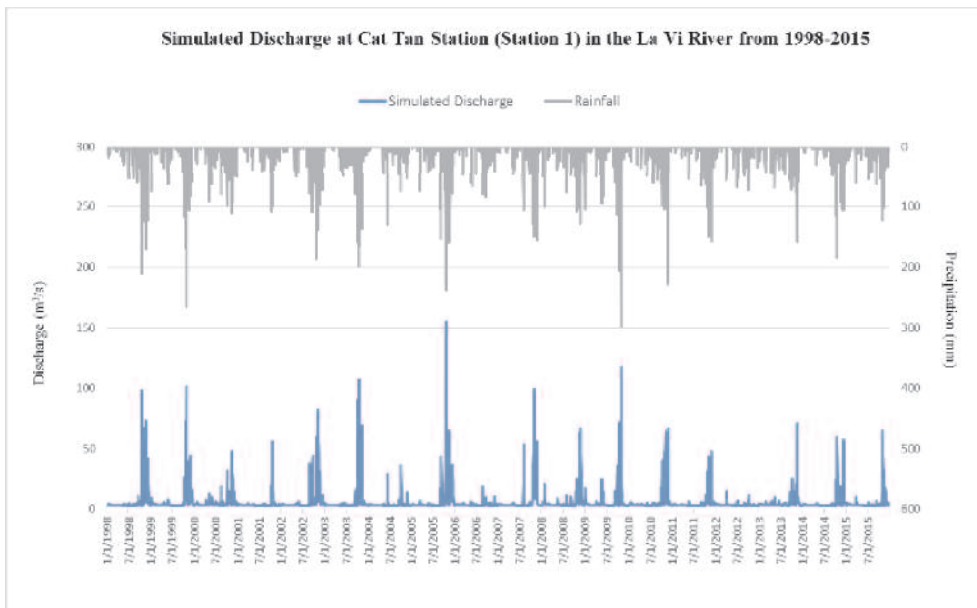
3.2 Mô hình IFAS

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

IFAS cho lưu vực Bình Tường được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Đánh giá kết quả mô phỏng và kiểm định cho lưu vực Bình Tường bằng chỉ số Nash

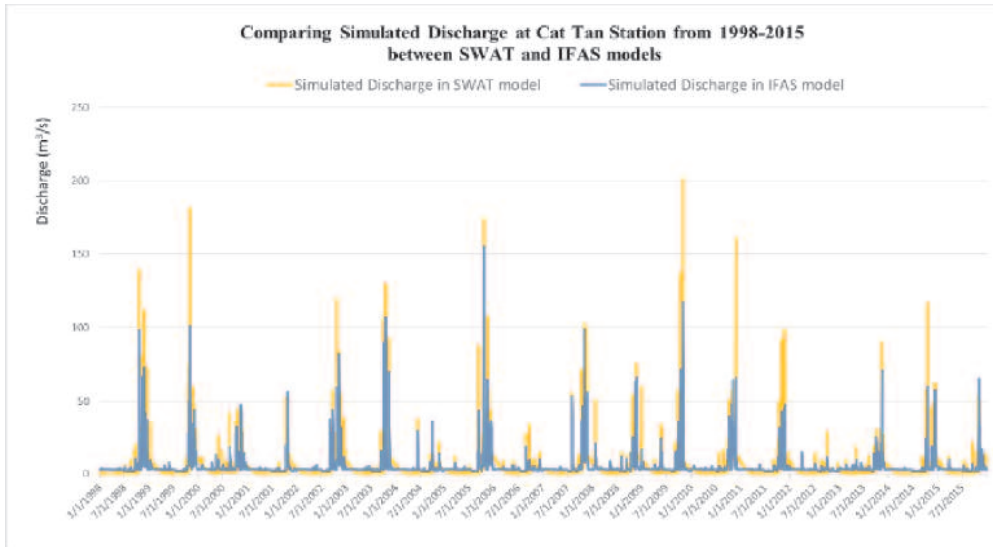
Năm	Hệ số Nash-Sutcliffe (NSE)
1998	0.75
1999	0.7
2000	0.6
2001	0.7
2002	0.6
2003	0.85
2004	0.35
2005	0.82
2007	0.7
2008	0.75



Hình 4. Lưu lượng mô phỏng tại trạm Cát Tân từ năm 1998 - 2015

Bảng 2 cho thấy khi so sánh lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Bình Tường từ năm 1998 - 2008, chỉ tiêu NASH tương đối tốt và chấp nhận được (trừ trường hợp mô phỏng cho năm 2004). Do vậy nghiên cứu có thể sử dụng

bộ thông số từ lưu vực Bình Tường để sử dụng cho lưu vực La Vĩ. Kết quả mô phỏng cho lưu lượng dòng chảy tại trạm Cát Tân (cửa ra của lưu vực sông La Vĩ) như hình 4.



Hình 5. Lưu lượng mô phỏng tại trạm Cát Tân giữa mô hình SWAT và IFAS

Hình 4 cho thấy lưu lượng mô phỏng cho trạm Cát Tân cho giai đoạn từ năm 1998 - 2015 chứng kiến một sự dao động theo mùa với lưu lượng dòng chảy lớn nhất khoảng 160 m³/s mùa mưa năm 2005. Từ năm 2010 - 2015, lượng mưa trên lưu vực nghiên cứu nhỏ hơn thời gian trước đây, do vậy lưu lượng dòng chảy mô phỏng cũng giảm, cụ thể là đỉnh lũ cũng giảm.

Kết quả so sánh cho thấy (Hình 5), nhìn chung lưu lượng mô phỏng từ mô hình IFAS thì nhỏ hơn mô hình SWAT. Thực tế trước khi tiến hành mô phỏng thì tác giả có nhận định rằng mô hình IFAS là mô hình được thiết kế cho dự báo và cảnh báo lũ, nên mô hình này sẽ có thể mô phỏng dòng chảy cao hơn những mô hình phân bố khác. Thực tế thì hoàn toàn ngược lại.

Nghiên cứu này đã cho thấy rằng, đối với lưu vực không có số liệu hoặc thiếu số liệu thì việc đo đạc hoặc điều tra các “số liệu mềm” là rất cần thiết cho công tác kiểm định mô hình. Bên cạnh đó việc sử dụng các phương pháp khác nhau bao gồm cả phương pháp truyền thống và phương pháp mô hình để tính toán mô phỏng dòng chảy cho lưu vực sông La Vĩ đã tạo ra một định hướng mới cho việc dự báo cho các lưu vực không có số liệu. Áp dụng mô hình IFAS cho lưu vực không có số liệu từ việc sử dụng bộ thông số của lưu vực tương tự lần đầu tiên được áp dụng. Việc tác giả tích hợp hai mô hình SWAT-MODFLOW để dự báo dòng chảy mặt cho lưu vực dựa vào số

liệu về độ sâu mực nước ngầm là một sáng tạo mới. Vấn đề tích hợp hai mô hình này vẫn còn khá mới mẻ ở Việt Nam. Trong tương lai nên có sự đầu tư hơn về thời gian và tiến hành công tác điều tra khảo sát để nâng cao được chất lượng dự báo cho các lưu vực không có số liệu. Công tác điều tra khảo sát để đo đạc các số liệu trong một khoảng thời gian nào đó để phục vụ cho công tác kiểm định kết quả dòng chảy mô phỏng của mô hình.

4. Kết luận

Dự báo dòng chảy đóng vai trò rất quan trọng trong việc giải quyết các vấn đề liên quan đến thủy văn như quản lý tài nguyên nước, gồm có phân bổ nguồn nước và quản lý rủi ro. Tuy nhiên việc dự báo dòng chảy cho các lưu vực không có/thiếu số liệu hiện nay vẫn đang đối diện với một thách thức lớn xuất phát từ việc thiếu số liệu cần thiết cho công tác hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Bằng việc sử dụng phương pháp khác nhau như phương pháp lưu vực tương tự, phương pháp mô hình gồm mô hình SWAT, mô hình tích hợp SWAT-MODFLOW và mô hình IFAS; nghiên cứu đã mô phỏng được dòng chảy cho lưu vực sông La Vĩ (tại cửa ra). Trong số các phương pháp đó thì phương pháp lưu vực tương tự có tính chất tham khảo, phương pháp sử dụng mô hình IFAS đã được hiệu chỉnh và kiểm định có thể sử dụng cho mục đích thực tế như cho việc quản lý tài nguyên nước. Đối với mô hình tích

hợp SWAT-MODFLOW, việc kiểm định hai mô hình SWAT và MODFLOW được tiến hành độc lập trước khi tích hợp sẽ nâng cao chất lượng của việc mô phỏng dòng chảy cho lưu vực nghiên cứu, và kết quả đó sẽ được sử dụng một cách hiệu quả trong quản lý tài nguyên nước. Do hạn

chế về thời gian và kinh phí nên nghiên cứu vẫn chưa thực hiện được những điều đó. Trong tương lai, công tác điều tra khảo sát về số liệu dòng chảy thực đo cho một khoảng thời gian liên tục cần được tiến hành để có thêm cơ sở cho việc kiểm định các mô hình.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tích cực từ TS. Nguyễn Kim Lợi (Đại học Nông Lâm TPHCM) và TS. Đặng Ngọc Tĩnh về mô hình SWAT và IFAS. Một lời cảm ơn đặc biệt gửi đến TS. Richard Winston (from USGS) đã viết giao diện Model Muse cho mô hình MODFLOW và TS. Ryan Bailey, giảng viên từ trường đại học Colorado, đã viết code cho việc tích hợp hai mô hình SWAT và MODFLOW và tháo gỡ những khó khăn trong quá trình xây dựng và tích hợp mô hình SWAT-MODFLOW.

Tài liệu tham khảo

1. Hafiz, I., Nor, N.D.M., Sidek, L.M., Basri, H. F. K., Hanapi, M.N. & Livia, L. (2013b), *Application of Integrated Flood Analysis System (IFAS) for Dungun River Basin*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 16(1), 1- 4.
2. Ran, J & Nedovic-Budic, Z (2016), *Integrating spatial planning and flood risk management: A new conceptual framework for the spatially integrated policy infrastructure*, Computers, Environment and Urban Systems, 57, 68 - 79.
3. Blöschl, G., Sivapalan, M., Wagener, T., Viglione, A. & Savenije, P.H. (2013), *Runoff Prediction in Ungauged Basins: Synthesis across Processes, Places and Scales*, Cambridge University Press, West Nyack, <<http://flinders.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1182960>>.
4. Parajka, J., Viglione, A., Rogger, M., Salinas, J.L., Sivapalan, M. & Blöschl, G. (2013), *Comparative assessment of predictions in ungauged basins - Part 1: Runoff-hydrograph studies*, Hydrol. Earth Syst. Sci., 17(5), 1783 - 95.
5. Hrachowitz, M., Savenije, H.H.G., Blöschl, G., McDonnell, J.J., Sivapalan, M., Pomeroy, J.W., Arheimer, B., Blume, T., Clark, M.P., Ehret, U., Fenicia, F., Freer, J.E., Gelfan, A., Gupta, H.V., Hughes, D.A., Hut, R.W., Montanari, A., Pande, S., Tetzlaff, D., Troch, P.A., Uhlenbrook, S., Wagener, T., Winsemius, H.C., Woods, R.A., Zehe, E. & Cudennec, C. (2013), *A decade of Predictions in Ungauged Basins (PUB)-a review*, Hydrological Sciences Journal, 58 (6), 1198 - 255.
6. Government of Vietnam, (2006), *A Strategic Framework for Water Resource Management in the Sre Pok River Basin*, <<http://mouthtosource.org/rivers/srepok/files/2010/09/Strategic-Framework-forWRM-in-Sre-Pok.pdf>>, Viewed 12 May 2016.
7. Wagener, T. & Wheater, H.S. (2006), *Parameter estimation and regionalization for continuous rainfall-runoff models including uncertainty*, Journal of Hydrology, 320(1-2), 132 - 54.
8. Shu, C. & Ouarda, T.B.M.J. (2012), *Improved methods for daily streamflow estimates at ungauged sites*, Water Resources Research, 48(2).
9. Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S. & Williams, J.R. (1998), *Large area hydrologic modeling and assessment Part 1: Model development 1*, JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 34(1), 73 - 89.
10. Kim, N.W., Chung, I.M., Won, Y.S. & Arnold, J.G. (2008), *Development and application of the integrated SWAT-MODFLOW model*, Journal of Hydrology, 356(1 - 2), 1-16.

RUNOFF PREDICTION IN UNGAUGED BASINS: A COMPARATIVE STUDY THE LA VI RIVER, BINH DINH PROVINCE, VIETNAM

Tran Tuyet Mai¹, Okke Batelaan², Margaret Shanafield²

¹The National Centre for Hydro-Meteorological Forecasting

²Flinders University, Adelaide, South Australia, Australia

Abstract: *The majority of basins throughout the world are ungauged; however, accurately forecasting runoff in ungauged basins faces a series of challenges due to lack of data. Hence, runoff prediction in these catchments remains an unsolved problem. The aim of this study is to use and compare different approaches such as the regionalisation method and distributed hydrological models including the SWAT model, the coupled SWAT-MODFLOW model and the IFAS model to forecast stream flow in the La Vi River basin. Because this basin faces a number of critical issues related to water management, it is important to be able to predict the runoff. The study shows that among these methods, the calibrated and validated IFAS model can be used to predict streamflow and then the outcome can be used for practical purposes such as water management. Another finding is that the coupled SWAT-MODFLOW model is very useful to take the advantage of both the SWAT and MODFLOW models, however it would be better if the SWAT and MODFLOW models could be verified before being put into the coupling processes. The results of this study can be used for water resource management in this region as well as for improving the toolkit for runoff prediction in ungauged basins.*

Keywords: *Runoff prediction; ungauged basins; regionalisation; IFAS; SWAT; MODFLOW; SWAT-MODFLOW.*