

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH THỦY VĂN TRONG MÔ PHỎNG DỰ BÁO QUÁ TRÌNH DÒNG CHẢY CẠN CHO CÁC HỒ CHỨA TRÊN LƯU VỰC SÔNG SÊ SAN

Phùng Tiến Dũng¹, Đoàn Quang Trí¹, Đào Ngọc Hiếu²

¹Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương

²Trường Đại học Thủy lợi

Nghiên cứu đã ứng dụng sản phẩm mưa dự báo của mô hình số trị hạn vừa làm đầu vào cho mô hình thủy văn NAM, kết hợp điều tiết hồ chứa để dự báo quá trình dòng chảy đến các hồ chứa và các trạm thủy văn không chế trên lưu vực sông Sê San. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chỉ ra sự tương đồng về pha và biên độ dao động giữa lưu lượng tính toán và thực đo. NSE, RSR và PBIAS được sử dụng để đánh giá chất lượng hiệu chỉnh, kiểm định và dự báo lưu lượng đến các hồ và vị trí các trạm thủy văn. Kết quả đánh giá hiệu chỉnh, kiểm định mùa cạn năm 2012, 2014 cho kết quả khá tốt và dự báo thử nghiệm năm 2016 cho thấy chất lượng dự báo lưu lượng đến các hồ đã được cải thiện. Đây có thể là một công cụ hiệu quả phục vụ tốt cho công tác dự báo nghiệp vụ trong tương lai.

Từ khóa: Sê San, Mô hình thủy văn, Mô hình số trị hạn vừa

1. Mở đầu

Nghiên cứu dự báo thủy văn hạn vừa, hạn dài trên thế giới hiện nay vẫn đang là một lĩnh vực hấp dẫn cho các nhà khoa học, đặc biệt là vấn đề nâng cao chất lượng dự báo và kéo dài thời gian dự kiến. Các phương pháp dự báo hạn vừa có thể chia làm ba nhóm chính như sau: (1) Phương pháp hồi quy; (2) Phương pháp nhận dạng, tương tự, thống kê khách quan và xác suất; (3) Phương pháp mô hình toán. Các nghiên cứu đặc trưng về các phương pháp có thể được tổng kết như sau: Walter và cs [1] đã sử dụng mô hình thủy văn MGB-IPH để dự báo dòng chảy trung hạn cho sông Parana ở Brazil. Mô hình thủy văn là các mô hình mưa dòng chảy thông số tập trung (SIMHYD [2]), mô hình bán phân bố TOP-MODEL [3], và mô hình phân phối đầy đủ SHE [4]. Mô hình mưa dòng chảy thông số tập trung mặc dù đơn giản và được sử dụng rộng rãi bởi chúng có thể dễ dàng hiệu chỉnh và có thể dự báo dòng chảy trên lưu vực với độ chính xác cao [5].

Để kéo dài thời gian dự kiến, việc kết hợp các

sản phẩm dự báo từ mô hình số trị với độ phân giải cao đang ngày được áp dụng phổ biến. Việc áp dụng sản phẩm mưa dự báo từ Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu (ECMWF) làm đầu vào cho các mô hình thủy văn đang được áp dụng tại Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương trong thời gian gần đây đã góp phần cải thiện chất lượng dự báo trong các bản tin. Việc ứng dụng các mô hình thủy văn thông số tập trung như TANK (Nhật Bản), NAM (Đan Mạch) đã được triển khai trong công tác dự báo và bước đầu ứng dụng mô hình thủy văn thông số phân bố MARINE (Pháp), WETSPA (Bi) và các mô hình thủy lực tiên tiến như HECRAS, bộ mô hình MIKE [6, 7], mô hình IMECH-1D. Tuy nhiên, trong bài báo này mô hình thủy văn MIKE-NAM được lựa chọn và ứng dụng trong mô phỏng dự báo quá trình dòng chảy cạn cho các hồ chứa trên lưu vực sông Sê San. Hiện nay, công tác dự báo dòng chảy đến phục vụ các hồ chứa đang rất khó khăn do có sự tham gia điều tiết của các hồ trên hệ thống sông Sê San như:

Pleikrong, Ialy, Sê San 3, Sê San 3A, Sê San 4 và Sê San 4A. Mục đích của nghiên cứu này bao gồm những nội dung chính sau: (1) Ứng dụng được mô hình thủy văn MIKE-NAM trong diễn toán dòng chảy đến các hồ, các trạm thủy văn; (2) Hiệu chỉnh, kiểm định tìm ra bộ thông số phù hợp cho mô hình; (3) Kiểm định chất lượng dự báo đến các hồ.

2. Phương pháp nghiên cứu và tài liệu thu thập

2.1. Tổng quan khu vực nghiên cứu

Sông Sê San là một trong các nhánh lớn của lưu vực hạ du sông Mê Kông. Sông Sê San được bắt nguồn từ vùng núi cao Ngọc Linh tỉnh Kon Tum thuộc phía Bắc Tây Nguyên của Việt Nam, chảy sang Campuchia và sau nhập với hạ lưu các sông Srêpôk, Sê Kông sau đó nhập vào sông Mê Kông ở Trung Trung. Trên lãnh thổ Việt Nam, sông Sê San nằm trên 2 tỉnh Kon Tum và Gia Lai với chiều dài 230 km, diện tích lưu vực 11.620 km². Lưu vực có tọa độ địa lý 13°45' - 15°14' vĩ độ Bắc; tọa độ 107°10' - 108°24' kinh độ Đông (hình 1). Sông Sê San có mật độ lưới sông vào loại trung bình. Đổ vào dòng chính Sê San có 27 nhánh sông suối lớn nhỏ, nhỏ nhất là suối Đắc Mi có diện tích lưu vực là 20 km² và lớn nhất là lưu vực sông Đak Bla có diện tích lưu vực là 3507 km². Những nhánh đổ vào dòng chính Sê San phải kể đến là các nhánh: Đắc PSi, Đắc Bla, Krong PoCo, Sa Thầy, Đắc Tơ Kan.

2.2. Cơ sở lý thuyết của mô hình

Mô hình thủy văn được sử dụng trong nghiên cứu này là mô hình mưa - dòng chảy NAM, mô hình được phát triển tại Viện Kỹ thuật thủy động lực học tại trường Đại học Kỹ thuật Đan Mạch [8]. Mô hình này là một phần của hệ thống mô hình một chiều trong sông để mô phỏng quá trình mưa-dòng chảy tại các lưu vực. Mô hình NAM đã được áp dụng cho một số lưu vực trên thế giới, đại diện cho nhiều chế độ thủy văn và điều kiện khí hậu khác nhau. Fleming [9], Kjelstrom và Moffat [10], Arceluc [11], Shamsudin và Hashim [12] và nhiều nhà nghiên cứu khác cũng đã sử dụng mô hình NAM trong diễn toán mưa-dòng chảy trên lưu vực. Mô hình NAM được xây

dựng trên nguyên tắc sắp xếp 4 bể chứa theo chiều thẳng đứng và 2 bể chứa tuyến tính nằm ngang. Các loại bể chứa có thể kể đến bao gồm: (1) Bể chứa tuyết tan; (2) Bể chứa mặt; (3) Bể chứa tầng dưới; và (4) Bể chứa ngầm. Trong ứng dụng hiện nay, chín thông số quan trọng nhất của mô hình sẽ được xác định trong quá trình hiệu chỉnh. Một thuật toán tối ưu hóa được áp dụng cho việc chuẩn tham số trong mô hình NAM.

2.3. Thống kê đánh giá mô hình

Trong nghiên cứu này, ba chỉ số NSE (Nash-Sutcliffe efficiency), PBIAS (Percent bias) và RSR (RMSE-observations standard deviation ratio) được sử dụng để so sánh, đánh giá chất lượng đường quá trình tính toán và thực đo từ mô hình.

NSE, PBIAS và RSR được tính toán như theo các công thức (1, 2, 3).

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{tt} - Y_i^{td})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{td} - Y^{TB})^2} \quad (1)$$

$$PBIAS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^{td} - Y_i^{tt}) * 100}{\sum_{i=1}^n (Y_i^{td})} \quad (2)$$

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i^{td} - Y_i^{tt})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i^{td} - Y^{TB})^2}} \quad (3)$$

Trong đó: Y_i^{tt} là giá trị mô phỏng thứ i cho các thành phần đang được đánh giá; Y_i^{td} là giá trị thực đo thứ i cho các thành phần đang được đánh giá; Y^{TB} là giá trị trung bình thực đo; và n là tổng số giá trị thực đo.

Với những tiêu chí đánh giá chất lượng cho mỗi loại chỉ số được trình bày trong bảng 1. Mô hình có thể được đánh giá là “đạt” nếu $NSE > 0,5$, $RSR \geq 0,6$, và dữ liệu quan sát cho sự không chắc chắn điển hình nếu $PBIAS \geq \pm 25\%$ đối với dòng chảy. Những đánh giá này sẽ được điều chỉnh cụ thể trong phần tính toán hiệu chỉnh và kiểm định mô hình trong phần tiếp theo.

2.4. Cơ sở dữ liệu sử dụng

Trong nghiên cứu này sử dụng số liệu từ năm 2012 - 2016:

Số liệu khí tượng: Sử dụng số liệu mưa, bốc hơi 6h của 17 trạm đo mưa, và 4 trạm khí tượng Kon Tum, Đắc Tô, Ialy và Pleiku trên lưu vực. Số liệu mưa số trị từ mô hình hạn vừa Châu Âu (ECMWF) phục vụ làm đầu vào cho mô hình thủy văn NAM.

Số liệu thủy văn: Sử dụng số liệu của 4 trạm thủy văn phục vụ cho quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình bao gồm: Kon Plông, Kon Tum, Đắc Mót và Đắc Tô.

Số liệu địa hình: sử dụng bản đồ số độ cao (DEM) cho toàn bộ lưu vực Sê San tỉ lệ 1:25.000 phục vụ cho việc phân chia lưu vực trong mô hình NAM.

3. Phân tích kết quả và đánh giá

3.1. Đánh giá chất lượng hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tại các trạm thủy văn

Dựa trên nguồn số liệu điều tra, đo đạc, mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định cho hai thời kỳ mùa cạn năm 2012 và 2014 với thời gian dự kiến từ 1/4 - 30/6 các năm (hình 2). Trong đó 4 trạm thủy văn được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình bao gồm: Đắc Mót, Đắc Tô, Kon Plong và Kon Tum. Để đánh giá chất lượng của quá trình hiệu chỉnh và kiểm định ba chỉ tiêu NSE, RSR và PBIAS được áp dụng để đánh giá sai số giữa đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại vị trí các trạm. Theo như tiêu chí đánh giá chất lượng cho các chỉ số được thống kê trong bảng 1, mô hình NAM mô phỏng quá trình diễn toán dòng chảy khá tốt với chỉ số NSE cho cả hai quá trình hiệu chỉnh và kiểm định dao động từ 0,85 - 0,92 (rất tốt). Giá trị RSR thay đổi từ 0,006 - 0,24 < 0,5 trong cả hai quá trình hiệu chỉnh và kiểm định, so sánh với tiêu chí đánh giá chất lượng mô hình cho kết quả rất tốt. Giá trị PBIAS dao động từ -0,3% - 2,96% cho quá trình hiệu chỉnh, từ -3,06% - -0,22% cho quá trình kiểm định (bảng 2). Mức độ trung bình của các giá trị mô phỏng dòng chảy được đánh giá rất tốt ($PBIAS < \pm 10$) trong cả hai quá trình hiệu chỉnh và kiểm định. Bộ thông số hiệu chỉnh và kiểm

định mô hình NAM được trình bày trong bảng 4.

3.2. Đánh giá chất lượng hiệu chỉnh, kiểm định và dự báo lưu lượng đến các hồ

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng đến các hồ cũng được thực hiện cho hai thời kỳ mùa cạn năm 2012 và 2014 (hình 3). Kết quả đánh giá hiệu chỉnh và kiểm định lưu lượng đến các hồ Plei Krong, Ialy, Sê San 4 và Sê San 4A cho kết quả NSE dao động từ 0,85 - 0,93 (rất tốt). Giá trị RSR thay đổi từ 0,02 - 0,18 < 0.5 (rất tốt) trong cả hai quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Giá trị PBIAS dao động từ -4,1% - 1,09% với hiệu chỉnh, và từ -4,25% - 2,55% với kiểm định (bảng 3). Giá trị mô phỏng dòng chảy trung bình được đánh giá rất tốt ($PBIAS < \pm 10$) cho cả hai quá trình hiệu chỉnh và kiểm định.

Với chất lượng đánh giá mô hình cho cả hai quá trình hiệu chỉnh và kiểm định dựa trên các chỉ tiêu đánh giá NSE, RSR và PBIAS cho kết quả rất tốt. Mô hình NAM được sử dụng để dự báo lưu lượng đến cho các hồ trên trong thời kỳ mùa cạn năm 2016 (hình 4). Kết quả đánh giá dự báo thử nghiệm cho kết quả tốt với chỉ tiêu NSE > 0,84, RSR < 0.5 và PBIAS tại 3 hồ Ialy, Sê San 4 và Sê San 4A đều nhỏ hơn $\pm 10\%$ (rất tốt), duy nhất chỉ có hồ Plei Krong PBIAS > $\pm 10\%$ (tốt).

4. Kết luận

Quá trình dự báo dòng chảy cạn có một ý nghĩa hết sức to lớn đến phát triển kinh tế xã hội trên lưu vực sông Sê San. Nghiên cứu đã bước đầu thử nghiệm thành công việc kết hợp sản phẩm của mô hình dự báo thời tiết hạn vừa Châu Âu với mô hình thủy văn NAM, điều tiết của hồ chứa phục vụ dự báo dòng chảy đến các hồ Plei Krong, Ialy, Sê San 4 và Sê San 4A. Kết quả nghiên cứu cho thấy chất lượng dự báo lưu lượng đến các hồ có độ tin cậy cao dựa trên 3 chỉ tiêu đánh giá NSE, RSR và PBIAS. Đây có thể là một công cụ hiệu quả phục vụ tốt cho công tác dự báo nghiệp vụ hạn vừa mùa cạn trong tương lai và có khả năng ứng dụng tại phòng Dự báo thủy văn Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ thuộc Trung tâm Dự báo KTTV Trung ương phục vụ dự báo thủy văn hạn vừa trong thời kỳ mùa cạn năm 2017 và các năm tiếp theo.

Bảng 1. Tiêu chí đánh giá chất lượng cho các chỉ số [13]

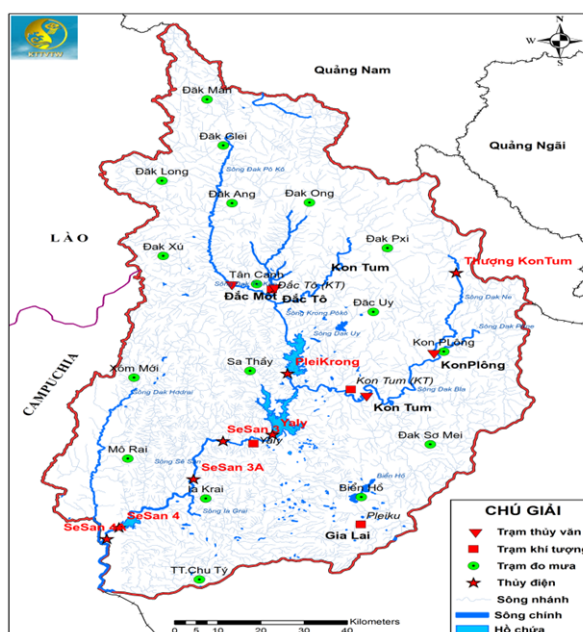
Xếp loại	RSR	NSE	PBIAS (%)
Rất tốt	$0 \leq RSR \leq 0,5$	$0,75 < NSE \leq 1$	$PBIAS < \pm 10$
Tốt	$0,5 \leq RSR \leq 0,6$	$0,65 < NSE \leq 0,75$	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$
Đạt yêu cầu	$0,6 \leq RSR \leq 0,7$	$0,5 < NSE \leq 0,65$	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$
Không đạt	$RSR > 0,7$	$NSE \leq 0,5$	$PBIAS \geq \pm 25$

Bảng 2. Đánh giá chất lượng hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

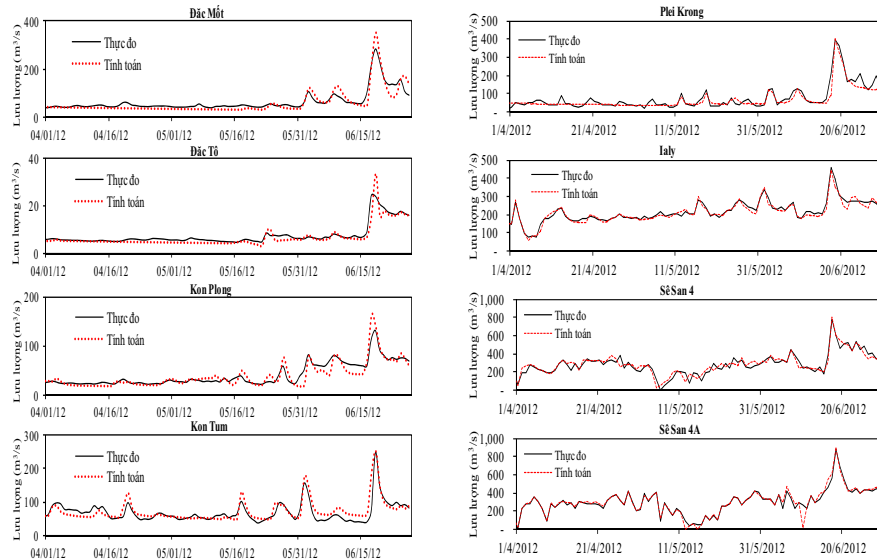
Quá trình	Năm	Chỉ tiêu	Đắk Mốt	Đắk Tô	Kon Plong	Kon Tum
Hiệu chỉnh	2012	NSE	0,85	0,88	0,9	0,92
		RSR	0,18	0,11	0,1	0,12
		PBIAS	2,96	1,42	1,68	-0,3
Kiểm định	2014	NSE	0,86	0,89	0,92	0,9
		RSR	0,24	0,006	0,068	0,13
		PBIAS	-1,53	-0,22	-0,96	-3,06

Bảng 3. Đánh giá chất lượng hiệu chỉnh, kiểm định và dự báo lưu lượng đến các hồ

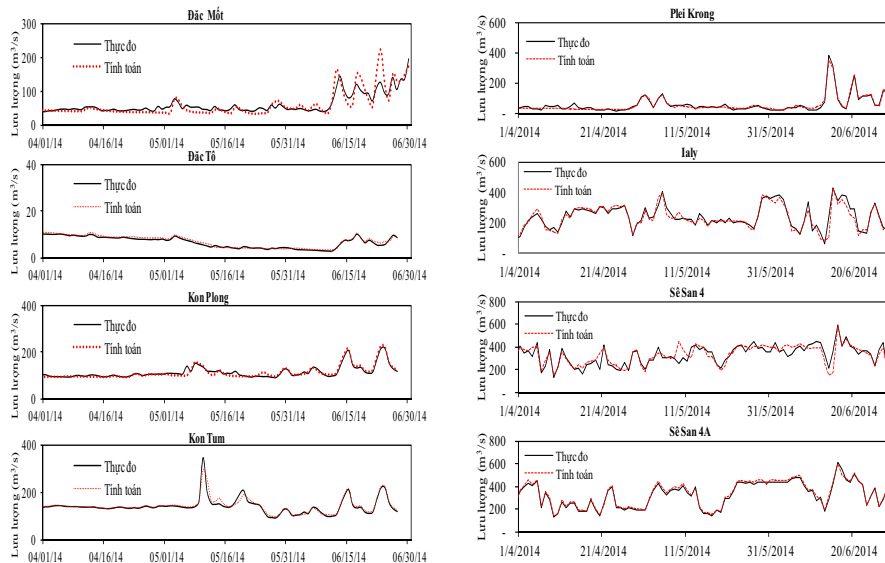
Quá trình	Năm	Chỉ tiêu	Plei Krong	Ialy	Sê San 4	Sê San 4A
Hiệu chỉnh	2012	NSE	0,85	0,87	0,89	0,92
		RSR	0,15	0,08	0,15	0,09
		PBIAS	1,09	0,67	-2,63	-4,1
Kiểm định	2014	NSE	0,89	0,9	0,86	0,93
		RSR	0,06	0,07	0,17	0,02
		PBIAS	2,55	0,52	-1,05	-4,25
Thử nghiệm dự báo	2016	NSE	0,9	0,87	0,84	0,92
		RSR	0,1	0,14	0,18	0,05
		PBIAS	11,12	-5,87	-4,53	-2,97



Hình 1. Bản đồ vị trí lưu vực sông Sê San



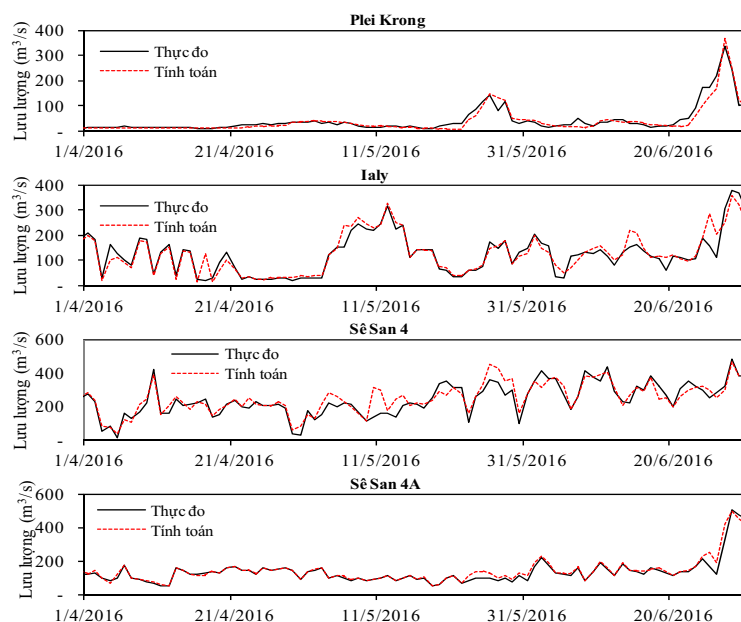
Hình 2. Kết quả hiệu chỉnh đường quá trình lưu lượng tại các trạm thủy văn và lưu lượng đến các hồ



Hình 3. Kết quả kiểm định đường quá trình lưu lượng tại các trạm thủy văn và lưu lượng đến các hồ

Bảng 4. Bộ thông số hiệu chỉnh và kiểm định của mô hình NAM

Tiểu lưu vực	U_{max}	L_{max}	C_{QOF}	CK_{IF}	$CK_{1,2}$	T_{OF}	T_{IF}
Đắc Mót	17	282	0.53	203	15	0.10	0.19
Plei Krong	10	117	0.67	1000	16	0.28	0.42
Thượng Kon Tum	13	296	0.88	969	15	0.13	0.13
Kon Plong	12	295	0.82	868	15	0.12	0.12
Kon Tum	14	265	0.43	853	15	0.20	0.20
Sê San 4	10	225	0.80	1000	14	0.10	0.20
Sê San 4A	10	196	0.60	883	21	0.27	0.20
Đắc Hodrai	10	100	0.60	1000	14	0.00	0.00
Ialy	10	100	0.90	1000	42	0.10	0.10
Sê San 3A	11	245	0.58	1000	13	0.15	0.12
Sê San 3A	11	252	0.68	1000	14	0.13	0.10
Đắc Tô	11	236	0.61	349	25	0.10	0.10



Hình 4. Kết quả dự báo thử nghiệm lưu lượng đến các hồ năm 2016

Tài liệu tham khảo

1. Walter, C., Daniel, A., Carlos, E., Tucci & Adriano, M., Paz, R. (2007), *Coupling meteorological and hydrological models for medium-range streamflow forecasts in the Parana basin*, Proceeding of Symposium HS2004 at IUGG2007, Perugia, IAHS Publ. 313.
2. Chiew, F. H. S., Peel, M. C. and Western, A. W. (2002), *Application and testing of the simple rainfall-runoff model SIMHYD*, In: *Mathematical Models of Small Watershed Hydrology and Applications* (Editors: V.P. Singh and D.K. Frevert), Water Resources Publication, Littleton, Colorado, USA, 335-367.
3. Beven, K. J. and Kirkby, M. J. (1979), *A Physically Based Variable Contributing Area Model of Basin Hydrology*, *Hydrological Sciences Bulletin*, 24(1), 43-69.
4. Abbott, M.B., Bathurst, J.C., Cunge, J.A., O'Connell, P. E., Rasmussen, J. (1986), *An introduction to the European Hydrological System - Systeme Hydrologique European, "SHE"*, 1: History and philosophy of a physically-based, distributed modelling system, *Journal of Hydrology*, 87, 1-2, 45-59.
5. Boughton, W. C. (2005), *Catchment water balance modeling in Australia 1960- 2004*, *Agricultural Water Management*, 71, 91-116.
6. Doan, Q. T., Nguyen, C. D., Chen, Y. C. and Pawan, K. M. (2014), *Modeling the Influence of River Flow and Salinity Intrusion Processing in the Mekong River Estuary, Vietnam*, *Lowland Technology International (LTI)*, 16, 1, 14-25.
7. Doan, Q.T., Chen, Y.C., and Mishra, P.K. (2013), *Numerical Modelling in Water Quality Management for Rivers: Case study of the Day/Nhue River Sub-basin, Vietnam*, *International Journal of Earth Sciences and Engineering (IJESE)*, 06, 05(01), 1111-1119.
8. Nielsen, S. A. and Hansen, E. (1973) *Numerical simulation of the rainfall-runoff process on a daily basis*, *Hydrology Research*, 4, 3, 171-190.
9. Fleming, G. (1975), *Computer simulation techniques in hydrology*, Elsevier: New York, 18-53, 239 - 252.

10. Kjelstrom, L. C. and Moffat, R. L. (1981), *A Method for estimating Flood-Frequency parameters for streams in Idaho*, Open-File Report, U. S. Geological Survey, Boise, Idaho, 881-909.
11. Kjelstrom, L. C. (1998) *Methods for estimating selected Flow-Duration and Flood-Frequency characteristics at ungauged sites in central Idaho*, Water-Resources Investigations Report, U. S. Geological Survey, Boise, Idaho, 10, 1998.
12. Arcelus, E. A. (2001), *Coupling two hydrological models to compute runoff in ungauged basins*, Project Report, National Directorate of Hydrography, Ministry of Transport and Public Works of Uruguay.
13. Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. L. (2007), *Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations*, Transactions of the ASABE, 50, 3, 885 - 900.

APPLICATION STUDY IN HYDROLOGICAL MODEL IN SIMULATION, FORECASTING FOR RESERVOIR INFLOW IN SE SAN RIVER BASIN DURING DRY SEASON

Doan Quang Tri⁽¹⁾, Phung Tien Dung⁽¹⁾, Dao Ngoc Hieu⁽²⁾

⁽¹⁾National Center of Hydro-Meteorological Forecasting

⁽²⁾Thuyloi University

This study has applied the product of rainfall forecasting from medium-term models as input data to NAM hydrological model, combined regulating reservoir model to predict the streamflow process to the reservoir and main stations on the Se San River basin. Results of calibration and validation model indicated the similarity of the phase and amplitude between the observed and simulated flow. NSE, RSR and PBIAS are used to evaluate the quality of calibration and validation and streamflow forecasting to the reservoirs and hydrological stations. The results of calibration and validation evaluating in the dry season in 2012, 2014 is very good; the results of tested forecast in 2016 showed that the quality reservoir inflow forecasting is improved significantly. This is an effective tool to serve forecasting operations in the future.

Keywords: Se San River Basin, Hydrological model, Medium-term numerical model.