

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG DÒNG CHẢY THỜI ĐOẠN THẮNG CHO LƯU VỰC SÔNG MEKONG ĐẾN KRATIE SỬ DỤNG DỮ LIỆU APHRODITE

Ngô Lê An¹, Hoàng Thanh Tùng¹, Nguyễn Thị Thu Hà¹, Nguyễn Quang Kim¹

Tóm tắt: Sông Mekong đóng vai trò đặc biệt quan trọng cho kinh tế, xã hội vùng đồng bằng sông Cửu Long nói riêng và Việt Nam nói chung. Trong những năm gần đây, dưới tác động của biến đổi khí hậu cũng như các công trình khai thác nước trên lưu vực, dòng chảy sông Mekong đã có sự thay đổi rõ rệt. Các quốc gia hạ lưu như Việt Nam đang phải đối mặt với nguy cơ hạn hán, xâm nhập mặn nghiêm trọng. Để chủ động phòng chống, giảm thiểu các tác động có hại do sự suy giảm dòng chảy của sông Mekong, cần có các biện pháp mô phỏng đánh giá tài nguyên nước có xét đến các yếu tố công trình. Do vậy, việc xây dựng một mô hình thủy văn phân bố trên toàn lưu vực sẽ giúp chủ động mô phỏng, dự báo cũng như đánh giá tác động theo các kịch bản về dòng chảy. Trên lưu vực sông Mekong, mạng lưới quan trắc về khí tượng và thủy văn khá dày đặc. Tuy nhiên, chất lượng tài liệu lại có sự khác biệt giữa các quốc gia trong lưu vực. Đồng thời việc chia sẻ các dữ liệu này cũng chưa được đầy đủ, đặc biệt là ở các quốc gia thượng lưu. Do vậy, việc nghiên cứu sử dụng các nguồn dữ liệu mô phỏng/tính toán khác về khí tượng là một trong những cách tiếp cận tiềm năng cho những trường hợp bị thiếu số liệu như vậy. Bài báo này trình bày tóm tắt kết quả mô phỏng dòng chảy thời đoạn tháng cho lưu vực sông Mekong đến Kratie bằng mô hình thủy văn bán phân bố sử dụng dữ liệu Aphrodite. Kết quả mô phỏng được đánh giá là khá tốt cho các trạm trên dòng chính sông Mekong (hệ số Nash dao động từ 0,82 đến 0,92) cho thấy hoàn toàn có thể sử dụng mô hình này để mô phỏng dòng chảy trên lưu vực sông Mekong phục vụ cho các nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH và các công trình khai thác đến dòng chảy sông Mekong nói chung và dòng chảy về ĐBSCL nói riêng.

Từ khóa: Aphrodite, ĐBSCL, Kratie, Mekong, 2 thông số...

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sông Mekong đóng vai trò đặc biệt quan trọng cho kinh tế, xã hội vùng đồng bằng sông Cửu Long nói riêng và Việt Nam nói chung. Trải dài từ thượng nguồn bên Trung Quốc về đến Việt Nam qua 6 quốc gia, sông Mekong đã đóng góp chính tài nguyên nước cho các nước ven sông này. Trong những năm gần đây, dưới tác động của biến đổi khí hậu cũng như các công trình khai thác nước trên lưu vực, dòng chảy sông Mekong đã có sự thay đổi rõ rệt. Các quốc gia hạ lưu như Việt Nam đang phải đối mặt với nguy cơ hạn hán, xâm nhập mặn nghiêm trọng.

Để chủ động phòng chống, giảm thiểu các tác động có hại do sự suy giảm dòng chảy của sông Mekong, việc xây dựng mô hình toán mô phỏng dòng chảy từ mưa có thể giúp đánh giá, dự báo các tác động của biến đổi khí hậu cũng như các công trình khai thác nước đến dòng chảy hạ lưu. Trên lưu vực sông Mekong, mạng lưới quan trắc về khí tượng và thủy văn khá dày đặc. Tuy nhiên, chất lượng tài liệu có sự khác biệt giữa các quốc gia trong lưu vực. Đồng thời việc chia sẻ các dữ liệu này cũng chưa được đầy đủ, đặc biệt là ở các quốc gia thượng lưu. Do vậy, việc nghiên cứu sử dụng các nguồn dữ liệu mô phỏng/tính toán khác về khí tượng là một trong những cách tiếp cận tiềm năng cho những trường hợp bị thiếu tài liệu khí tượng như vậy.

¹ Trường Đại học Thủy lợi

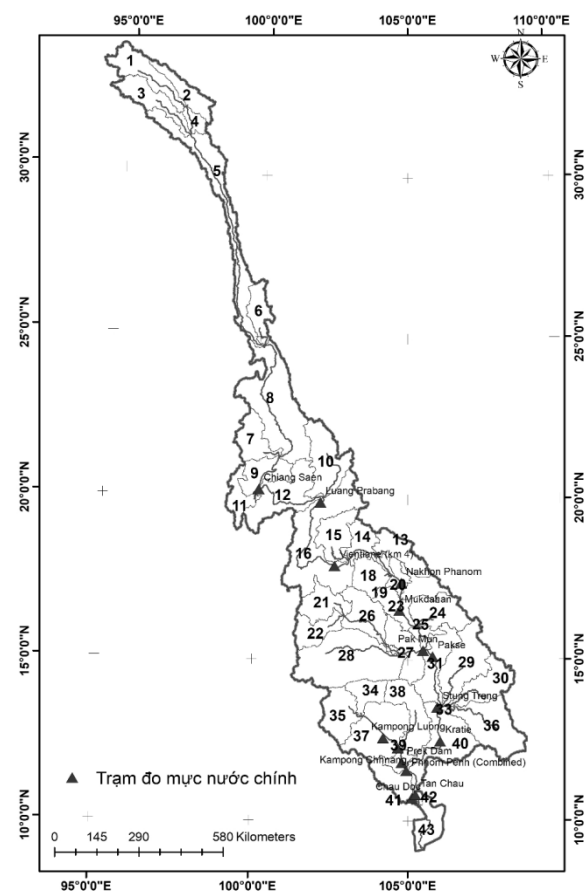
Hiện nay, việc mô phỏng và dự báo dòng chảy trên lưu vực sông Mekong đã được nhiều cơ quan nghiên cứu và thực hiện. Ủy ban sông Mekong Quốc tế (MRC, 2020) cùng với các quốc gia thành viên thực hiện nhiệm vụ dự báo dòng chảy trên lưu vực sử dụng các mô hình SWAT, IQQM và ISIS... Tại Việt Nam, trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Quốc gia cũng thực hiện dự báo dòng chảy tại đồng bằng sông Cửu Long sử dụng các mô hình thủy lực MIKE-11, VRAP và ISIS. Một số các nghiên cứu khác như Quốc Anh và Thanh Sơn sử dụng mô hình NAM, mô hình diễn toán Muskingum kết hợp với các nguồn mưa vệ tinh để dự báo dòng chảy đến Chiang Saen và Stungtreng (Anh và Sơn, 2015). Nguyễn Quang Kim và nnk (Kim và c.s., 2009) nghiên cứu sử dụng công cụ DSF của Ủy hội sông Mekong Quốc tế để đánh giá sự thay đổi của dòng chảy tại Kratie theo các kịch bản phát triển ở thượng lưu. Nhìn chung, các nghiên cứu này đã cố gắng thiết lập các mô hình toán mưa dòng chảy cho lưu vực. Nhưng đa số các nghiên cứu này chỉ mô phỏng hay dự báo dòng chảy trong phạm vi hạ lưu lưu vực sông Mekong, trong đó dòng chảy quan trắc trực tiếp tại điểm quan trắc phía thượng lưu thuộc Lào được sử dụng là dòng chảy biên trên. Điều này sẽ dẫn đến những hạn chế trong việc đánh giá một cách chủ động các tác động của việc khai thác nước ở các quốc gia thượng nguồn xuống hạ du. Bài báo này sẽ nghiên cứu cách khai thác dữ liệu khí tượng không gian Aphrodite kết hợp với việc xây dựng một mô hình mưa dòng chảy thời đoạn tháng cho toàn bộ lưu vực sông Mekong tính đến trạm thủy văn Kratie. Các dữ liệu không gian như của Aphrodite sẽ giúp bổ sung các thông tin về khí tượng tại các vùng không có số liệu, còn mô hình mưa – dòng chảy sẽ giúp mô phỏng dòng chảy từ mưa có xét đến các công trình khai thác nước trên lưu vực.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Do lưu vực sông Mekong có diện tích lớn, thời gian chảy truyền từ thượng nguồn về hạ lưu dài, dòng chảy lũ tại đồng bằng sông Cửu Long thường lên xuống rất chậm nên dòng chảy có sự

thay đổi không nhiều trong bước thời gian ngắn. Vì thế, việc sử dụng các mô hình thủy văn thời đoạn dài (10 ngày, tháng) sẽ giúp tăng tốc độ tính toán nhưng không làm giảm độ chính xác trong mô phỏng của bài toán mô phỏng và dự báo dòng chảy thời hạn dài.

Trong nghiên cứu này, mô hình cân bằng nước 2 thông số thời đoạn tháng được lựa chọn để mô phỏng và dự báo dòng chảy thử nghiệm cho lưu vực sông Mekong. Mô hình được Shenglian Guo và Xiong Lihua xây dựng vào năm 1999 (Xiong và Guo, 1999) sử dụng 2 thông số để tính toán dòng chảy từ mưa.



Hình 1. Lưu vực sông Mekong và các trạm mực nước đo chính

2.1. Mô hình hai thông số

a. Tính toán bốc hơi thực tế

Dựa trên phương trình thường dùng để xác định lượng bốc thoát hơi thực tế từ bốc hơi chậu có dạng:

$$E_t = EP_t * \tanh[P_t / EP_t] \quad (1)$$

Trong đó E_t biểu thị lượng bốc thoát hơi thực tế, EP_t là giá trị bốc hơi chậu năm, P_t là mưa năm, và $\tanh()$ là hàm tang hyperbol.

Xiong và Guo (Xiong và Guo, 1999) kiến nghị sử dụng phương trình (1) để tính lượng bốc thoát hơi thực tế từ bốc hơi chậu với vẻ phải có thêm một hệ số nhân. Phương trình tính bốc thoát hơi thực tế dùng trong mô hình cân bằng nước thời đoạn tháng 2 thông số là:

$$E_t = c * EP_t * \tanh[P_t / EP_t] \quad (2)$$

c chính là thông số đầu tiên của mô hình. Hệ số c không thứ nguyên này được dùng để tính đến ảnh hưởng của việc chuyển đổi tỷ lệ thời gian từ năm sang tháng.

b. Tính toán dòng chảy thời đoạn tháng

Mô hình giả thiết dòng chảy thời đoạn tháng Q có tương quan tốt với lượng trữ nước trong đất S . Trong mô hình này, dòng chảy Q được giả thiết là một hàm tang hyperbol phụ thuộc vào lượng ẩm trong đất S như sau:

$$Q_t = S_t * \tanh[S_t / SC] \quad (3)$$

Trong đó Q_t là dòng chảy tháng, S_t là lượng ẩm trong đất, và SC biểu thị lượng ẩm tối đa. SC là thông số thứ hai được sử dụng trong mô hình này, có đơn vị là mm.

c. Các bước tính trong mô hình

Khi có các số liệu quan trắc mưa P_t và bốc hơi chậu EP_t thời đoạn tháng, lượng bốc thoát hơi thực tế E_t thời đoạn tháng có thể được xác định bằng phương trình (2). Sau lượng tổn thất bốc thoát hơi, lượng nước trữ còn lại trong đất sẽ là $[S_{t-1} + P_t - E_t]$, trong đó S_{t-1} là lượng trữ nước trong đất ở cuối của thời điểm tháng $(t-1)$ và bắt đầu của tháng t . Sau đó, sử dụng phương trình (3) để tính toán dòng chảy Q_t của tháng thứ t :

$$Q_t = [S_{t-1} + P_t - E_t] * \tanh\{[S_{t-1} + P_t - E_t] / SC\} \quad (4)$$

Cuối cùng, lượng nước trong đất S_t ở thời điểm cuối tháng thứ t được tính dựa trên định luật cân bằng nước:

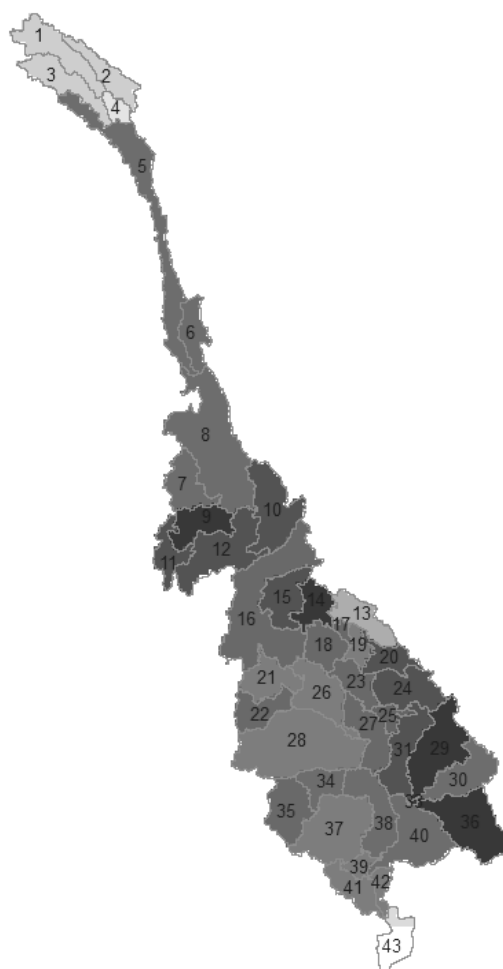
$$S_t = S_{t-1} + P_t - E_t - Q_t \quad (5)$$

d. Mô phỏng cho lưu vực có diện tích lớn

Do lưu vực sông Mekong rất lớn nên để có thể

sử dụng mô hình thủy văn mưa – dòng chảy thì cần phải chia thành nhiều lưu vực nhỏ. Cơ sở để phân chia lưu vực là sự tương đồng về địa hình, thảm phủ và loại đất. Ngoài ra, tại các vị trí cần tính toán dòng chảy như trạm đo thủy văn (để đánh giá mô hình) hay tại các hồ chứa (nhằm xem xét tác động của vận hành hồ chứa đến dòng chảy) cũng được xét.

Trong nghiên cứu này, dữ liệu địa hình được lấy từ bản đồ DEM độ phân giải 90m của SRTM (Jarvis và c.s., 2008). Dữ liệu bản đồ thảm phủ cũng như loại đất được lấy từ FAO. Lưu vực sông Mekong được chia thành 43 tiểu lưu vực như ở hình 1. Mô hình 2 thông số kết hợp với phương pháp diễn toán Muskingum (Cunge, 1969) được thử nghiệm mô phỏng dòng chảy cho lưu vực sông Mekong tính đến một số trạm thủy văn trên dòng chính như Chiang Saen, Vientie, Kratie...



Hình 2. Phân bố thảm phủ tại từng tiểu lưu vực

2.2 Dữ liệu khí tượng không gian Aphrodite

Số liệu APHRODITE là số liệu mưa Châu Á mô tả trạng thái mưa và nhiệt độ hàng ngày với độ phân giải cao ($0,125 \times 0,125^\circ$ và $0,25 \times 0,25^\circ$). Dữ liệu được tạo ra dựa trên số liệu thu được từ mạng lưới quan trắc mưa tại trạm kết hợp với một số nguồn mưa khác. Sản phẩm có thể được sử dụng cho phân tích biến đổi khí hậu, quản lý tài nguyên nước, giảm thiểu thông kê, cảnh báo và mục đích liên quan đến dự báo, đánh giá sản phẩm lượng mưa vệ tinh, và xác nhận các mô hình khí hậu khu vực. Thuật toán APHRODITE cải thiện ước tính lượng mưa bằng cách tích hợp các phép đo mưa, cảm biến từ xa dữ liệu và thông tin địa lý (Yatagai và c.s., 2009). Dữ liệu APHRODITE hiện tại bao gồm gió mùa Á, Nga, Trung Đông và Nhật Bản. Các sản phẩm mưa và nhiệt độ APHRODITE có tiềm năng được sử dụng như một nguồn thông tin chính quyết định cho việc đánh giá ước tính lượng mưa.

Bài báo mô phỏng thử nghiệm dòng chảy trong giai đoạn 1998 – 2010 do dữ liệu của Aphrodite version 2.0 chỉ có từ năm 1998, đồng thời để tránh các ảnh hưởng điều tiết của hồ chứa thượng nguồn (sau 2010) đến dòng chảy tự nhiên.

2.3 Mô hình hoá bốc hơi từ nhiệt độ

Đầu vào của mô hình thủy văn mưa dòng chảy là các dữ liệu về mưa và bốc hơi. Các dữ liệu của Aphrodite (version 2.0) cung cấp là dữ liệu mưa ngày và nhiệt độ trung bình ngày theo từng ô lưới từ năm 1998 – 2015. Để có được dữ liệu bốc hơi, bài báo sử dụng mô hình bốc hơi tiềm năng thời đoạn tháng Thornwaite (Thornthwaite, 1948) để tính toán trị số bốc hơi tiềm năng từ dữ liệu nhiệt độ trung bình ngày.

Công thức Thornthwaite có dạng:

$$E_T = 16 \left(\frac{L}{12} \right) \left(\frac{N}{30} \right) \left(\frac{10T_a}{I} \right)^\alpha \quad (6)$$

Trong đó E_T là bốc thoát hơi tiềm năng, L là số giờ nắng trong ngày trung bình (giờ), T_a là nhiệt độ trung bình ngày của tháng tính toán ($^\circ\text{C}$), N là số ngày trong tháng, α được tính theo công thức:

$$\alpha = (6,75 * 10^{-7}) I^3 - (7,71 * 10^{-5}) I^2 + (1,792 * 10^{-2}) I + 0,49239$$

$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{T_{ai}}{5} \right)^{1,514}$ là chỉ số nhiệt phụ thuộc vào nhiệt độ trung bình 12 tháng T_{ai} .

Hệ số L có thể tra theo bảng tra (Meeus, 1998) như sau:

Bảng 1. Số giờ nắng trong ngày trung bình (giờ) theo vĩ độ

Vĩ độ ($^\circ\text{C}$)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
10	11,48	11,68	11,93	12,22	12,46	12,58	12,53	12,33	12,05	11,77	11,53	11,42
15	11,20	11,52	11,90	12,34	12,70	12,88	12,81	12,50	12,08	11,66	11,29	11,12
20	10,91	11,34	11,86	12,46	12,95	13,20	13,10	12,68	12,11	11,53	11,03	10,80
25	10,61	11,16	11,82	12,59	13,22	13,54	13,41	12,88	12,14	11,40	10,76	10,45
30	10,27	10,96	11,78	12,73	13,51	13,92	13,75	13,09	12,17	11,26	10,46	10,08
35	9,89	10,73	11,74	12,89	13,84	14,34	14,14	13,32	12,21	11,10	10,13	9,66

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

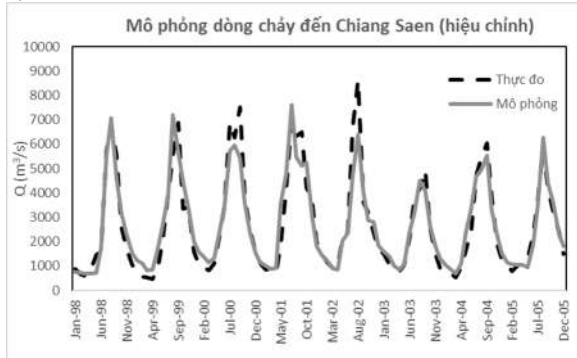
Sử dụng công thức (6) để tính toán lượng bốc hơi từ nhiệt độ trung bình của Aphrodite. Kết quả tính toán sẽ cho ra lượng bốc hơi tại từng các ô lưới có kích thước $0,25^\circ \sim 0,25^\circ$. Lượng mưa và bốc hơi của từng tiểu lưu vực sẽ được xác định dựa trên công thức nội suy IDW (Shepard, 1968) với tọa độ tính toán tại trọng tâm lưu vực và trọng tâm các ô lưới lân cận.

Các thông số c , Sc của mô hình 2 thông số tại từng tiểu lưu vực được xây dựng dựa trên nguyên tắc: các vùng có điều kiện thảm phủ tương tự nhau sẽ có chung trị số Sc (xem hình 2), các vùng gần nhau với điều kiện khí hậu tương tự nhau sẽ có chung trị số c . Điều này sẽ làm giảm thời gian tìm kiếm thông số, đồng thời đảm bảo ý nghĩa vật lý của các thông số này.

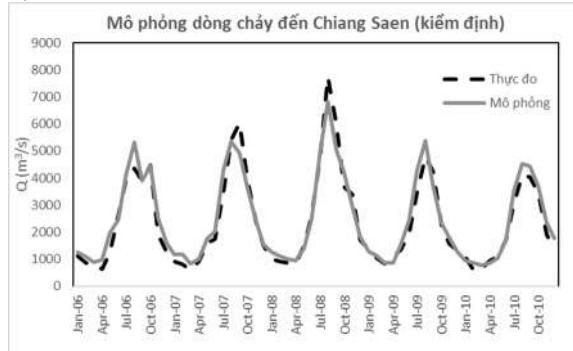
Giai đoạn từ năm 1998 - 2005 được lựa chọn làm giai đoạn hiệu chỉnh mô hình và giai đoạn 2006 - 2010 sẽ là giai đoạn kiểm định mô hình.

Kết quả tính toán mô phỏng dòng chảy tại một số trạm đo chính trên lưu vực sông Mekong được thể hiện ở hình 3.

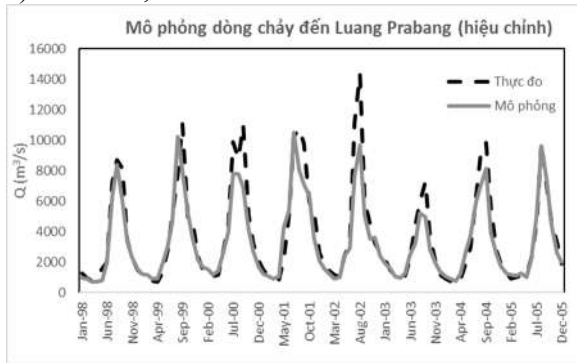
a) Nash = 0,90



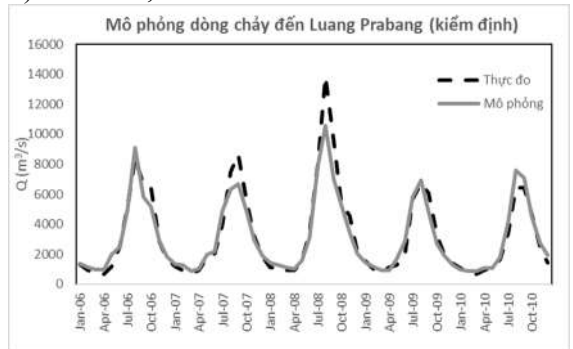
b) Nash = 0,93



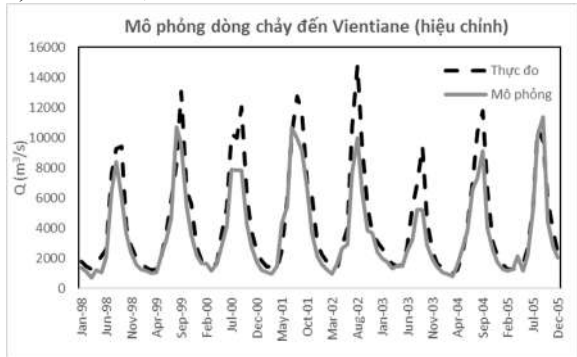
c) Nash = 0,87



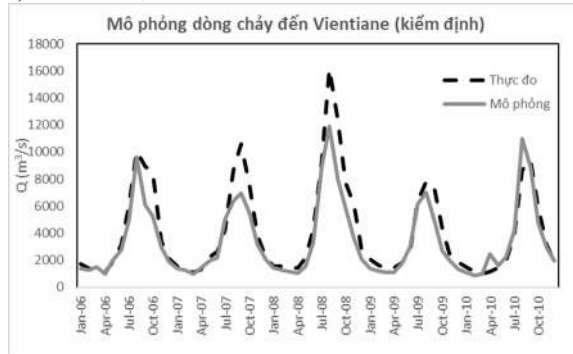
d) Nash = 0,92



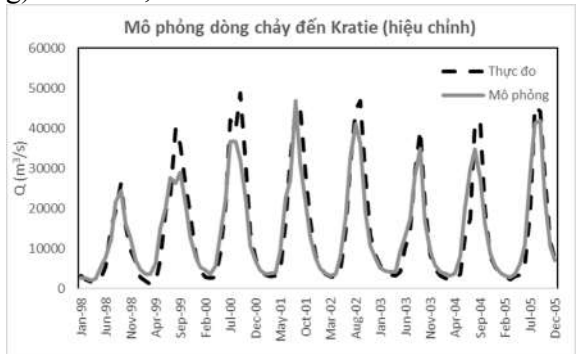
e) Nash = 0,82



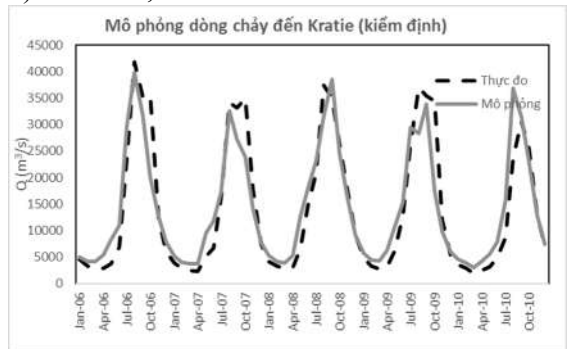
f) Nash = 0,84



g) Nash = 0,88



h) Nash = 0,86



Hình 3. Kết quả mô phỏng dòng chảy tại Chiang Saen (a, b); Luang Prabang (c, d); Vientiane (e, f) và Kratie (g, h)

Kết quả ở hình 3 cho thấy, mô hình mưa – dòng chảy 2 thông số sử dụng dữ liệu mưa và nhiệt độ Aphrodite để mô phỏng dòng chảy cho lưu vực sông Mekong tính đến trạm thủy văn Kratie cho kết quả rất tốt. Hệ số đánh giá Nash đều đạt ở mức cao từ 0,86 trở lên ở các vị trí mà bài báo xem xét. Dù một số năm cho kết quả mô phỏng dòng chảy thiên thấp (đặc biệt là năm 2002), nhưng nhìn chung đường quá trình dòng chảy bám rất sát đỉnh và chân đường quá trình dòng chảy. Điều này cho thấy mô hình Aphrodite có khả năng ứng dụng tốt cho các vùng thiếu số liệu khí tượng tại lưu vực sông Mekong.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã nghiên cứu mô phỏng dòng chảy cho lưu vực sông Mekong tính đến trạm thủy văn Kratie sử dụng mô hình 2 thông số kết hợp với phương pháp diễn toán Muskingum. Dữ liệu khí tượng đầu vào của mô hình được khai thác trực tiếp từ dữ liệu Aphrodite.

Lưu vực sông Mekong được chia thành 43 tiểu lưu vực. Các tiểu lưu vực được phân chia dựa trên sự khác biệt về thảm phủ và địa hình. Mỗi tiểu lưu vực sẽ được mô phỏng bằng một mô hình 2 thông số. Các thông số của mô hình được tìm kiếm dựa nguyên tắc tương đồng về đặc trưng vật lý như cùng thảm phủ sẽ có cùng trị số Sc.

Bài báo đã tiến hành mô phỏng thử nghiệm cho giai đoạn năm 1998 - 2010 do điều kiện về số liệu (Aphrodite chỉ cung cấp dữ liệu giai đoạn 1998 - 2015) và giảm thiểu sai số mô phỏng do các hồ chứa hoạt động gần đây ở thượng nguồn ảnh hưởng tới dòng chảy tự nhiên. Kết quả cho thấy, mô hình kết hợp với dữ liệu Aphrodite đã mô phỏng rất tốt với hệ số Nash đạt cao ở tất cả các vị trí xem xét trong lưu vực. Điều này cho thấy, dữ liệu Aphrodite có thể ứng dụng tốt cho các vùng không có dữ liệu.

Nghiên cứu này nếu kết hợp với các nghiên cứu về phân tích, đánh giá các công trình hồ chứa thượng nguồn dựa trên các phân tích ảnh vệ tinh có thể giúp cho việc đánh giá tác động của chúng đến dòng chảy hạ lưu một cách chính xác hơn. Đồng thời, nếu kết hợp sử dụng mô hình này với các kết quả dự báo khí hậu của các mô hình dự báo số trị và mô hình thủy lực diễn toán dòng chảy vùng đồng bằng thì có thể giúp cho việc dự báo hạn dài chính xác và tin cậy cho đồng bằng sông Cửu Long.

Lời cảm ơn: Bài báo này là một phần kết quả của đề tài “Nghiên cứu cơ sở khoa học phục vụ giám sát tài nguyên nước mặt và cảnh báo hạn hán ở đồng bằng sông Cửu Long trong điều kiện thiếu số liệu quan trắc ở lưu vực sông Mê Công ngoài lãnh thổ Việt Nam”. Mã số: KC.08.34/16-20.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Anh, N. Q. và Sơn, N. T. (2015) “*Khai thác sử dụng số liệu mưa vệ tinh trong dự báo lũ lưu vực sông Mê Kông (từ Chiang Saen đến Strung Streng)*”, Tạp chí Khoa học: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 31(3S), tr 222–230.
- Kim, N. Q. và c.s. (2009) “*Đánh giá biến đổi dòng chảy về Kratie theo các kịch bản phát triển ở thượng lưu*”, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, 24, tr 7–15.
- Cunge, J. A. (1969) “*On The Subject Of A Flood Propagation Computation Method (Muskingum Method)*”, Journal of Hydraulic Research. Taylor & Francis Group, 7(2), tr 205–230. doi: 10.1080/00221686909500264.
- Jarvis, A. và c.s. (2008) *Hole-filled SRTM for the globe Version 4*. Available at: <http://srtm.csi.cgiar.org>.
- Meeus, J. (1998) *Astronomical Algorithms. 2nd ab. Virginia: Willmann-Bell*.
- MRC (2020) *Annual Mekong Hydrology, Flood and Drought Report 2018*. Vientiane.
- Shepard, D. (1968) “*A Two-Dimensional Interpolation Function for Irregularly-Spaced Data*”, trong ACM National Conference. New York: ACM, tr 517–524. doi: 10.1145/800186.810616.

- Thornthwaite, C. W. (1948) “*An Approach toward a Rational Classification of Climate*”, Geographical Review. JSTOR, 38(1), tr 55. doi: 10.2307/210739.
- Xiong, L. và Guo, S. (1999) “*A two-parameter monthly water balance model and its application*”, Journal of Hydrology. Elsevier Sci B.V., 216(1–2), tr 111–123. doi: 10.1016/S0022-1694(98)00297-2.
- Yatagai, A. và c.s. (2009) “*A 44-Year Daily Gridded Precipitation Dataset for Asia Based on a Dense Network of Rain Gauges*”, SOLA. Meteorological Society of Japan, 5(1), tr 137–140. doi: 10.2151/sola.2009-035.

Abstract:

MONTHLY FLOW SIMULATION IN MEKONG RIVER BASIN AT KRATIE USING APHRODITE DATASET

The Mekong river plays an important role in socio-economics for the Cuu Long River Delta in particular and Vietnam in general. In recent years, the flow regime in the Mekong river has changed significantly due to climate change and water consumption activities along the river. The lower riparian countries have been facing drought and salt intrusion issues. To manage and mitigate the negative impacts of a decreased flow, a distributed rainfall-runoff model should be established. Due to lack of information and poor-quality hydro-meteorological data, reanalysis datasets can be potential sources to represent the climate conditions for the whole basin. In this study, a 2-parameters water balance model coupled with a routing procedure was used to simulate monthly flow along the Mekong river using the Aphrodite dataset. The model was calibrated and validated at several hydrological stations along the river and the Nash–Sutcliffe model efficiency coefficient (NSE) was used to evaluate the model performance. The calibration and valuation results showed a good performance of the model in reproducing monthly flow. The NSE results at the hydrological stations vary from 0,82 to 0,92. As a result, the findings of this study offer a great promise in applying this model and the Aphrodite dataset for use in climate change impact studies on water resources systems and drought warnings in the Mekong river basin.

Keywords: Aphrodite, Mekong, Kratie, Mekong, 2 parameter water balance model...

Ngày nhận bài: 16/3/2021

Ngày chấp nhận đăng: 31/3/2021