

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU LÊN SỰ THAY ĐỔI DÒNG CHẢY Ở LƯU VỰC SÔNG SRÊPÔK

ĐÀO NGUYỄN KHÔI

E-mail: dnkhoi@hcmuns.edu.vn

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Tp. HCM

Ngày nhận bài: 14 - 10 - 2012

1. Mở đầu

Biến đổi khí hậu là một trong những thách thức lớn nhất đối với con người trong thế kỷ XXI. Trong báo cáo thứ 4 của Ủy ban Liên chính phủ về Biến đổi Khí hậu (IPCC-AR4) đã nhấn mạnh rằng sự ấm lên toàn cầu và biến đổi khí hậu là một hiện tượng không thể tránh khỏi [9]. Biến đổi khí hậu có thể dẫn đến sự thay đổi chu trình thủy văn và có tác động lớn đến tài nguyên nước. Trong những năm gần đây, nghiên cứu về các tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và chu trình thủy văn đã thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu trên thế giới. Trong các nghiên cứu này, các mô hình thủy văn thường được kết hợp với các kịch bản khí hậu phát sinh từ các mô hình hoàn lưu toàn cầu (GCMs) để xem xét các ảnh hưởng có thể có của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước và chu trình thủy văn [1, 2, 6, 7].

Nghiên cứu về ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước cũng đã thu hút được sự quan tâm của các nhà nghiên cứu trong nước trong thời gian gần đây. Các kịch bản biến đổi khí hậu được sử dụng trong các nghiên cứu này được sử dụng chủ yếu từ các kịch bản biến đổi khí hậu của Bộ Tài nguyên và Môi trường [8].

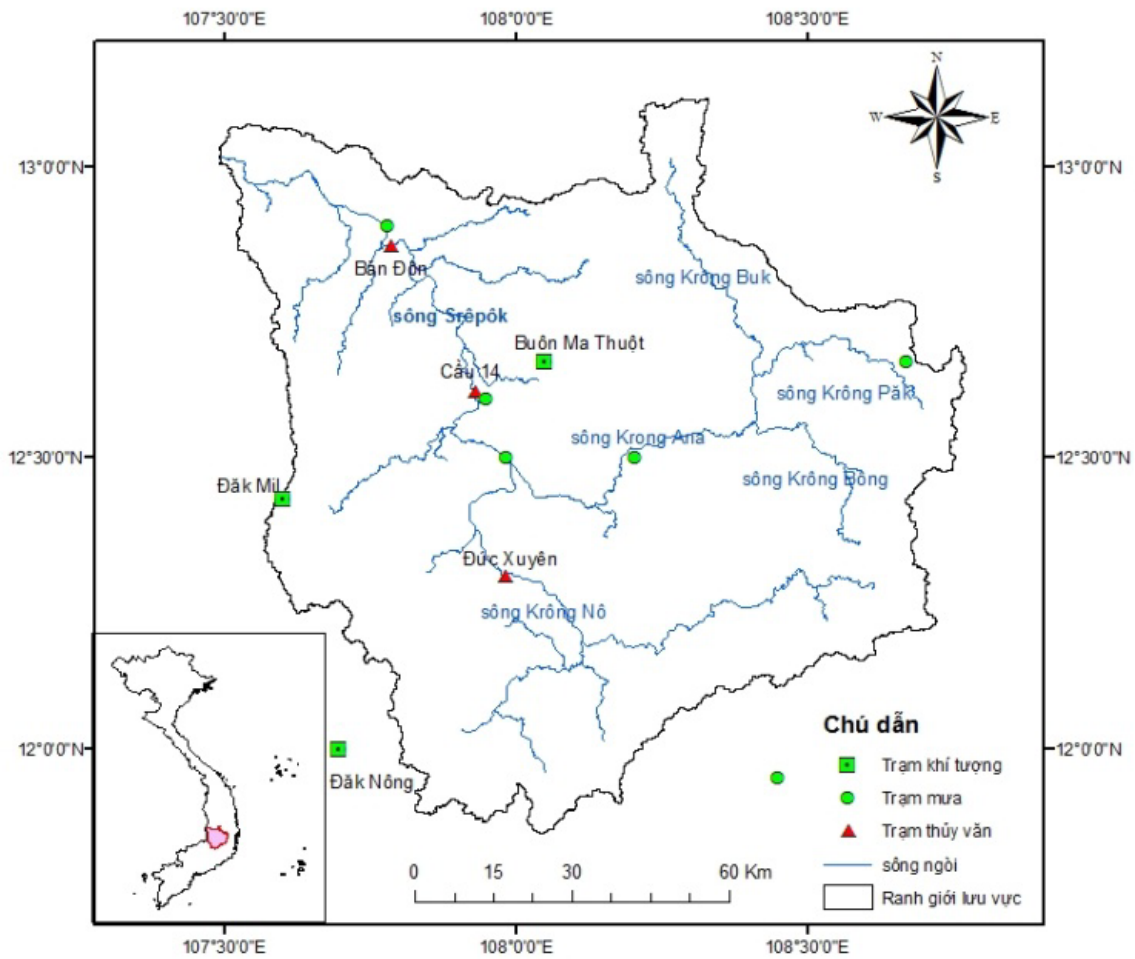
Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá các tác động của biến đổi khí hậu lên sự thay đổi dòng chảy của lưu vực sông Srêpôk. Để thực hiện mục tiêu này, tác giả sử dụng mô hình thủy văn

SWAT và kịch bản biến đổi khí hậu phát sinh từ mô hình MIROC 3.2 Hires GCM của Viện Nghiên cứu Môi trường Nhật Bản. Trong cơ sở dữ liệu của IPCC-AR4 có khoảng 23 mô hình GCM, trong nghiên cứu này tác giả sử dụng kết quả của mô hình MIROC 3.2 Hires vì mô hình này có độ phân giải không gian tốt nhất so với các mô hình khác. Các kết quả dự kiến của nghiên cứu này cung cấp một cái nhìn rõ hơn về sự thay đổi dòng chảy trong tương lai và giúp các nhà quản lý hoạch định chính sách quản lý tài nguyên nước của lưu vực này.

2. Khu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Srêpôk trải dài trên địa bàn hai tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông, nằm ở khoảng $11^{\circ}45' - 13^{\circ}15'$ vĩ độ Bắc và $107^{\circ}15' - 109^{\circ}$ kinh độ Đông (hình 1). Sông Srêpôk được hình thành từ hai nhánh sông chính là Krông Nô và Krông Ana. Tổng diện tích lưu vực là 12.000km^2 với tổng số dân khoảng 1,7 triệu người (2006). Đặc điểm khí hậu của lưu vực này là có độ ẩm cao (khoảng 78-83%) và có hai mùa khô và mưa rõ rệt. Mùa mưa kéo dài từ tháng 5 đến tháng 10 (với đỉnh lũ thường vào khoảng tháng 9 và 10) và lượng mưa chiếm khoảng 75-95% tổng lượng mưa năm của lưu vực.

Trong lưu vực này, có hai loại đất chính là đất xám và đất basalt nâu đỏ. Các loại đất này rất màu mỡ, phù hợp cho phát triển nông nghiệp. Do đó, nông nghiệp cũng là hoạt động kinh tế chính của lưu vực.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và vị trí các trạm khí tượng thủy văn

3. Phương pháp luận

3.1. Mô hình SWAT

Công cụ đánh giá đất và nước (SWAT) là mô hình thủy văn phân bố, được phát triển từ những năm 90 của thế kỷ trước. Mô hình được xây dựng để đánh giá tác động của sử dụng đất và hóa chất trong nông nghiệp trên lưu vực sông. Trong mô hình SWAT, một lưu vực sông được chia nhỏ thành các tiểu lưu vực và sau đó được chia nhỏ thành các đơn vị thủy văn (HRUs) có các đặc điểm duy nhất về thổ nhưỡng và sử dụng đất. Sự phân chia này cho phép mô hình mô phỏng ở một mức độ không gian chi tiết. SWAT mô phỏng chu trình thủy văn tại mỗi HRU sử dụng phương trình cân bằng nước.

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

trong đó SW_t là tổng lượng nước tại cuối thời đoạn tính toán (mm), SW_0 là tổng lượng nước ban đầu (mm), t là thời gian (ngày), R_{day} là tổng lượng mưa tại ngày thứ i (mm), Q_{surf} là tổng lượng nước mặt tại ngày thứ i (mm), E_a là tổng lượng bốc thoát hơi tại ngày thứ i (mm), w_{seep} là lượng nước đi vào tầng ngầm tại ngày thứ i (mm), and Q_{gw} là lượng nước hồi quy tại ngày thứ i (mm). Chi tiết hơn tham khảo cơ sở lý thuyết của mô hình SWAT trong [4].

Thiết lập mô hình SWAT

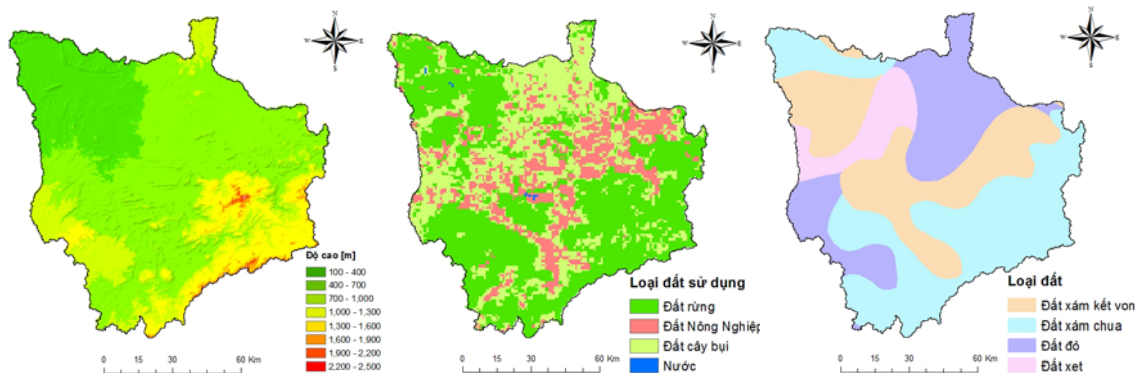
Số liệu đầu vào được yêu cầu cho mô hình SWAT bao gồm: số liệu mưa, nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất, lớp phủ thực vật, bản đồ thổ nhưỡng, và mô hình số độ cao (DEM). Bên cạnh đó, số liệu lưu lượng cũng được yêu cầu cho mô hình SWAT nhằm mục đích hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

SWAT 2009 trên nền giao diện ArcGIS 9.3 được sử dụng trong nghiên cứu này. Lưu vực Srêpôk được phác họa và phân chia thành 51 tiểu lưu vực và 339 đơn vị thủy văn (HRU - Hydrological response unit) sử dụng mô hình số hóa độ cao (DEM) với độ phân giải 90m (<http://gisdata.usgs.gov/website/HydroSHEDS/>) (hình 2a)

Lớp phủ thực vật là một trong các thông số quan trọng nhất ảnh hưởng đến lượng nước mặt và lượng bốc thoát hơi trong lưu vực. Bản đồ lớp phủ

thực vật của lưu vực này được trích xuất từ bản đồ lớp phủ thực vật toàn cầu (GLCC) với độ phân giải 1km và bao gồm 22 loại lớp phủ thực vật (<http://bioval.jrc.ec.europa.eu/products/glc2000/glc2000.php>). Các loại lớp phủ thực vật chính của lưu vực này là đất nông nghiệp, rừng, cây bụi (hình 2b).

Các loại thổ nhưỡng của lưu vực được trích xuất từ cơ sở dữ liệu đất của Tổ chức Lương Nông của Liên Hợp Quốc (FAO). Các loại đất chính của lưu vực này bao gồm đất xám kết von, đất xám chua, đất đỏ, và đất sét (hình 2c).



Hình 2. (a) Bản đồ số độ cao, (b) bản đồ lớp phủ thực vật, (c) bản đồ thổ nhưỡng của lưu vực Srêpôk

Số liệu mưa và nhiệt độ ngày được thu thập tại Trung tâm Khí tượng Thủy văn hai tỉnh Đắk Lắk và Đắk Nông. Trong lưu vực sông Srêpôk có 9 trạm mưa và 3 trạm khí tượng (hình 1) với độ dài của chuỗi số liệu là 30 năm (1981-2009). Số liệu lưu lượng ngày phục vụ cho quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được thu thập tại 3 trạm thủy văn là trạm Bản Đôn, Cầu 14 và trạm Đức Xuyên (hình 1) cho giai đoạn 1980-2000.

Thiết lập mô hình SWAT cho lưu vực sông Srêpôk bao gồm 5 bước: (1) chuẩn bị số liệu, (2) phân chia lưu vực, (3) định nghĩa HRU, (4) phân tích độ nhạy các tham số mô hình, và (5) hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Phân tích độ nhạy các thông số mô hình được tiến hành nhằm mục đích tìm ra các thông số ảnh hưởng lớn với kết quả mô phỏng, phục vụ cho giai đoạn hiệu chỉnh mô hình.

Đánh giá kết quả mô phỏng

Mô hình được đánh giá bằng phương pháp thống kê để so sánh chất lượng và độ tin cậy của kết quả mô phỏng với số liệu thực đo. Trong nghiên cứu này, các phương pháp đánh giá kết quả

mô hình bao gồm: chỉ số hiệu quả Nash-Sutcliffe (NSE), phần trăm sai số (PBIAS), và tỷ lệ giữa sai số quân phương và độ lệch chuẩn của số liệu đo đạc (RSR). Tỷ lệ giữa sai số quân phương và độ lệch chuẩn của số liệu thực đo được tính theo công thức sau:

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}} \quad (2)$$

trong đó O_i là giá trị đo đạc, P_i là giá trị mô phỏng, \bar{O} là giá trị trung bình của số liệu đo đạc

Theo [3], kết quả mô hình được đánh giá là tốt khi $NSE > 0.5$, $RSR \leq 0.70$ và $PBIAS = \pm 25\%$.

3.2. Xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu

Các kịch bản biến đổi khí hậu được xây dựng cho lưu vực sông Srêpôk dựa vào kết quả của mô hình MIROC 3.2 Hires GCM với hai kịch bản phát thải A1B và B1 (kịch bản phát thải trung bình và thấp) (Trung tâm dữ liệu của IPCC). Các kịch bản được xây dựng cho ba giai đoạn: giai đoạn 2020

(2010-2039), giai đoạn 2050 (2040-2059), và giai đoạn 2080 (2060-2099). Để sử dụng các kết quả mô phỏng của GCM cho lưu vực Srêpôk, phương pháp chi tiết hóa thống kê được sử dụng. Phương pháp chi tiết hóa thống kê sử dụng trong nghiên cứu này là phương pháp thay đổi giá trị delta [5]. Đây là một phương pháp đơn giản và được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước.

Số liệu lượng mưa và nhiệt độ trong tương lai tại các trạm quan trắc được tính toán theo công thức sau:

Đối với nhiệt độ

$$CF_k = \bar{T}_k^{GCMfut} - \bar{T}_k^{GCMref}, T_{i,k}^{fut} = T_{i,k}^{obs} + CF_k \quad (3)$$

Đối với lượng mưa

$$CF_k = \frac{\bar{P}_k^{GCMfut}}{\bar{P}_k^{GCMref}}, P_{i,k}^{fut} = P_{i,k}^{obs} \times CF_k \quad (4)$$

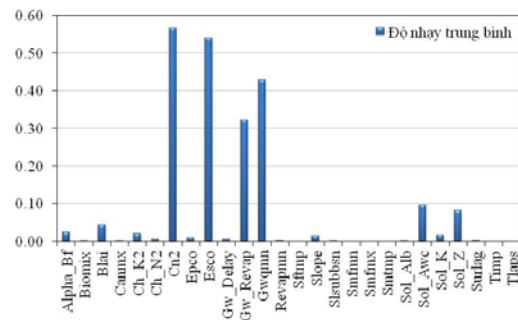
trong đó CF_k là hệ số thay đổi trung bình tháng tại tháng thứ k , \bar{T}_k^{GCMfut} là nhiệt độ trung bình mô phỏng bằng mô hình GCM cho 1 giai đoạn ở tương lai tại tháng thứ k , \bar{T}_k^{GCMref} là nhiệt độ trung bình mô phỏng bằng mô hình GCM cho giai đoạn hiện tại tại tháng thứ k , $T_{i,k}^{fut}$ là giá trị nhiệt độ trong tương lai tại ngày thứ i và tháng thứ k , $T_{i,k}^{obs}$ là giá trị nhiệt độ đo đạc tại ngày thứ i và tháng thứ k , \bar{P}_k^{GCMfut} là lượng mưa trung bình mô phỏng bằng mô hình GCM cho 1 giai đoạn ở tương lai tại tháng thứ k , \bar{P}_k^{GCMref} là lượng mưa trung bình mô phỏng bằng mô hình GCM cho giai đoạn hiện tại tại tháng thứ k , $P_{i,k}^{fut}$ là giá trị lượng mưa trong tương lai tại ngày

thứ i và tháng thứ k , $P_{i,k}^{obs}$ là giá trị lượng mưa đo đạc tại ngày thứ i và tháng thứ k .

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình SWAT

Trong mô hình SWAT, có 27 thông số mô hình có thể ảnh hưởng đến kết quả mô phỏng dòng chảy trong lưu vực. Phân tích độ nhạy các thông số được tiến hành cho 27 thông số này với mục đích chọn ra các thông số có ảnh hưởng lớn đến kết quả mô phỏng. Kết quả phân tích độ nhạy của 27 thông số mô hình được thể hiện trong hình 3. Các thông số ảnh hưởng lớn nhất đến kết quả mô phỏng dòng chảy trong mô hình SWAT là số hiệu đường cong (CN2) và hệ số bốc hơi của đất (ESCO). Theo sau là các thông số như mực nước tới hạn trong tầng ngậm nước cho dòng chảy (GWQMN), hệ số thấm của tầng ngậm (GW_REVAP), khả năng trữ nước của đất (SOL_AWC), và độ dày lớp đất (SOL_Z). Theo kết quả phân tích độ nhạy, các tác giả chọn 9 thông số có độ nhạy lớn nhất để tiến hành bước hiệu chỉnh và kiểm định mô hình (bảng 1).



Hình 3. Kết quả phân tích độ nhạy trong mô phỏng dòng chảy của mô hình SWAT

Bảng 1. Các thông số có độ nhạy lớn nhất và các giá trị sau khi hiệu chỉnh mô hình

| Thông số | Mô tả | Khoảng giá trị | Giá trị hiệu chỉnh | | |
|----------|---|----------------|--------------------|--------|---------|
| | | | Đức Xuyên | Cầu 14 | Bản Đôn |
| CN2 | Số hiệu đường cong CN2 ^{***} | 35~98 | -0.364 | 0.042 | -0.190 |
| ESCO | Hệ số bốc hơi của đất [*] | 0~1 | 0.299 | 0.677 | 0.048 |
| GWQMN | Mực nước tới hạn trong tầng ngậm nước cho dòng chảy ^{**} | 0~5000 | -599 | 4933 | 444 |
| GW_REVAP | Hệ số thấm của tầng ngậm ^{**} | 0.02~0.2 | 0.111 | 0.077 | -0.025 |
| SOL_Z | Độ dày lớp đất ^{***} | 0~3500 | 0.075 | -0.091 | -0.028 |
| SOL_AWC | Khả năng trữ nước của đất ^{***} | 0~1 | -0.162 | 0.229 | -0.011 |
| ALPHA_BF | Hệ số triết giảm dòng chảy ngậm [*] | 0~1 | 0.425 | 0.130 | 0.960 |
| CH_K2 | Độ dẫn thủy lực của kênh sông ^{***} | -0.01~500 | 347 | 549 | 414 |
| SOL_K | Độ dẫn thủy lực trong trường hợp bão hòa ^{***} | 0~500 | 0.307 | -0.027 | -0.016 |

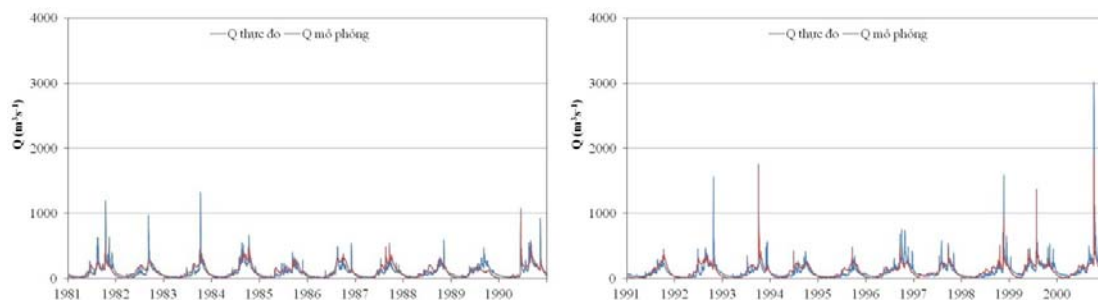
^{*}Thay thế cho giá trị ban đầu

^{**}Cộng thêm vào giá trị ban đầu.

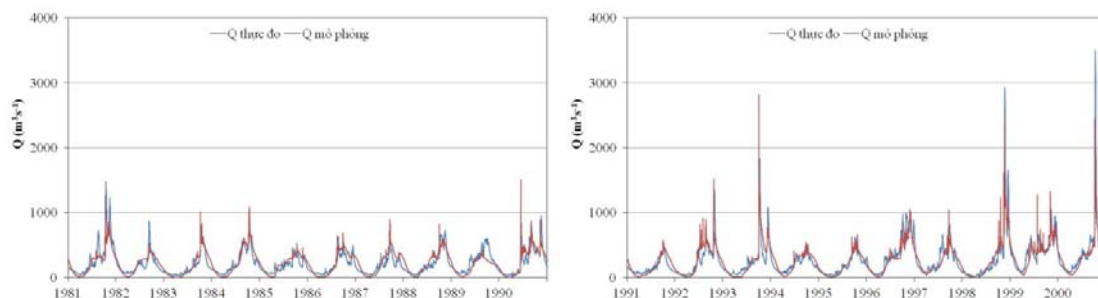
^{***}Nhân (1 + giá trị hiệu chỉnh) với giá trị ban đầu

Trong nghiên cứu này, quá trình hiệu chỉnh (1981 - 1990) và kiểm định (1991 - 2000) mô hình được tiến hành tại các trạm thủy văn chính của lưu vực (các trạm Đức Xuyên, Cầu 14 và Bản Đôn). Kết quả so sánh lưu lượng thực đo và mô phỏng tại các trạm Đức Xuyên, Cầu 14, và Bản Đôn được thể hiện qua các hình 4-6. Nhìn chung, kết quả mô phỏng và kết quả thực đo khá

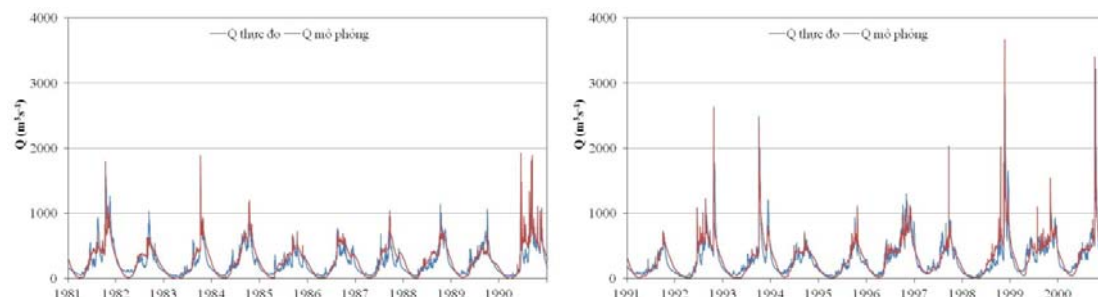
phù hợp và điều này cũng được thể hiện qua các chỉ tiêu đánh giá thống kê trong các bảng 2-4. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chỉ ra rằng mô hình SWAT có thể mô phỏng tốt dòng chảy trong lưu vực Srêpôk trong giai đoạn hiện tại và có thể sử dụng bộ thông số hiệu chỉnh cho mô phỏng dòng chảy dưới ảnh hưởng của các kịch bản biến đổi khí hậu.



Hình 4. Đồ thị so sánh lưu lượng thực đo và tính toán tại trạm Đức Xuyên, giai đoạn hiệu chỉnh (bên trái) và giai đoạn kiểm định (bên phải)



Hình 5. Đồ thị so sánh lưu lượng thực đo và tính toán tại trạm Cầu 14, giai đoạn hiệu chỉnh (bên trái) và giai đoạn kiểm định (bên phải)



Hình 6. Đồ thị so sánh lưu lượng thực đo và tính toán tại trạm Bản Đôn, giai đoạn hiệu chỉnh (bên trái) và giai đoạn kiểm định (bên phải)

Bảng 2. Các đánh giá thống kê kết quả mô hình tại trạm Đức Xuyên

| Giai đoạn | Lưu lượng (m^3s^{-1}) | | Bước thời gian | NSE | PBIAS | RSR |
|---------------------------|---------------------------|-----------|----------------|------|-------|------|
| | Thực đo | Tính toán | | | | |
| Hiệu chỉnh (1981-1990) | 100,5 | 103,1 | Ngày | 0,56 | -3,21 | 0,66 |
| | | | Tháng | 0,70 | -2,62 | 0,54 |
| Kiểm định (1991-2000) | 117,8 | 114,6 | Ngày | 0,54 | 2,60 | 0,68 |
| | | | Tháng | 0,68 | 2,66 | 0,57 |

Bảng 3. Các đánh giá thống kê kết quả mô hình tại trạm Cầu 14

| Giai đoạn | Lưu lượng (m^3s^{-1}) | | Bước thời gian | | NSE | PBIAS | RSR |
|---------------------------|---------------------------|-----------|----------------|-------|------|-------|-----|
| | Thực đo | Tính toán | Ngày | Tháng | | | |
| Hiệu chỉnh (1981-1990) | 216,9 | Ngày | Ngày | 0,68 | 0,71 | 0,57 | |
| | | Tháng | Tháng | 0,78 | 0,72 | 0,47 | |
| Kiểm định (1991-2000) | 272,5 | Ngày | Ngày | 0,70 | 3,14 | 0,55 | |
| | | Tháng | Tháng | 0,88 | 3,10 | 0,35 | |

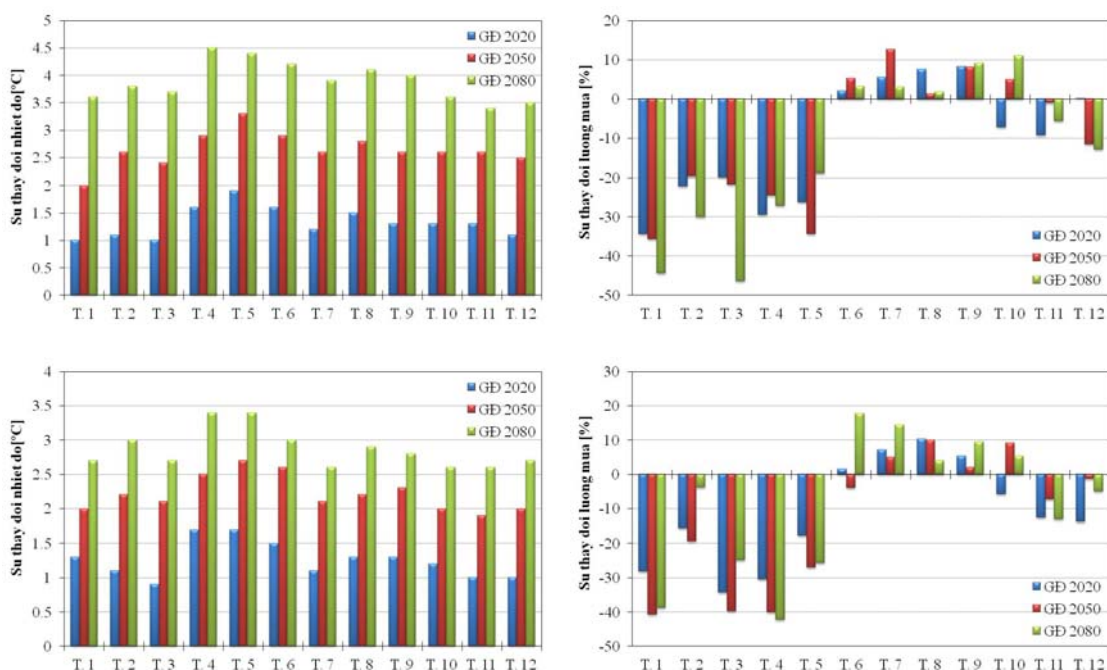
Bảng 4. Các đánh giá thống kê kết quả mô hình tại trạm Bản Đôn

| Giai đoạn | Lưu lượng (m^3s^{-1}) | | Bước thời gian | | NSE | PBIAS | RSR |
|---------------------------|---------------------------|-----------|----------------|-------|-------|-------|-----|
| | Thực đo | Tính toán | Ngày | Tháng | | | |
| Hiệu chỉnh (1981-1990) | 253,2 | Ngày | Ngày | 0,72 | -9,08 | 0,53 | |
| | | Tháng | Tháng | 0,82 | -7,81 | 0,43 | |
| Kiểm định (1991-2000) | 306,5 | Ngày | Ngày | 0,75 | -2,58 | 0,50 | |
| | | Tháng | Tháng | 0,90 | -2,87 | 0,32 | |

4.2. Kịch bản biến đổi khí hậu cho lưu vực sông Srêpôk

Các kịch bản biến đổi khí hậu cho lưu vực sông Srêpôk được xây dựng cho 2 kịch bản phát thải A1B và B1 trong 3 giai đoạn: giai đoạn 2020, 2050 và 2080. Hình 7 thể hiện các kịch bản thay đổi của nhiệt độ và lượng mưa trong tương lai cho lưu vực sông Srêpôk. Nhìn chung, trong các kịch bản đều

thể hiện sự tăng nhiệt độ trong tương lai. Cụ thể trong kịch bản A1B nhiệt độ trung bình năm lần lượt tăng 1,3; 2,6 và 3,9°C cho các giai đoạn 2020, 2050 và 2080, trong khi đó ở kịch bản B1 nhiệt độ trung bình năm tăng khoảng 1,3; 2,2; 2,9°C. Chi tiết về sự thay đổi nhiệt độ trung bình tháng trong các kịch bản A1B và B1 được thể hiện trong hình 7.



Hình 7. Sự thay đổi nhiệt độ ($^{\circ}C$) và lượng mưa (%) cho các kịch bản A1B (trên) và B1 (dưới)

Các kịch bản về sự thay đổi lượng mưa trong tương lai thể hiện sự giảm nhẹ của lượng mưa năm. Trong kịch bản A1B, sự giảm lượng mưa lần lượt là -4,4; -2,9; -2,8% cho các giai đoạn 2020, 2050, 2080; trong khi đó ở kịch bản B1 sự giảm lượng mưa lần lượt là -3,9; -4,3; -0,5%. Xét về sự

thay đổi theo mùa thì lượng mưa giảm mạnh trong mùa khô. Trong kịch bản A1B, sự giảm lượng mưa trong mùa khô lần lượt là -14,9; -13,3; -19,2% cho các giai đoạn 2020, 2050, và 2080; trong khi đó ở kịch bản B1 sự giảm lượng mưa lần lượt là -18,9; -17,8; -19,0%. Sự thay đổi lượng mưa trong mùa

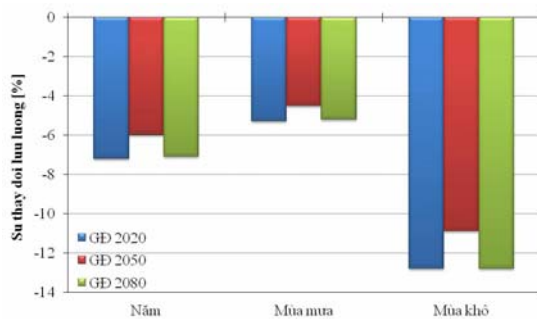
mưa là nhẹ, khoảng -1,5 đến 1,7% cho kịch bản A1B và khoảng -0,6 đến 4,6% cho kịch bản B1 cho cả 3 giai đoạn 2020, 2050 và 2080.

Xét các kịch bản cho nhiệt độ và lượng mưa thì sự thay đổi này là rõ ràng. Từ các kịch bản này, tác giả tiếp tục xem xét các ảnh hưởng của các kịch bản biến đổi khí hậu lên sự thay đổi dòng chảy.

4.3. Tác động của biến đổi khí hậu lên dòng chảy

Hình 8 thể hiện sự thay đổi dòng chảy năm và dòng chảy theo mùa dưới ảnh hưởng của các kịch bản biến đổi khí hậu. Theo kết quả mô phỏng, dòng chảy năm được dự báo là giảm trong tương

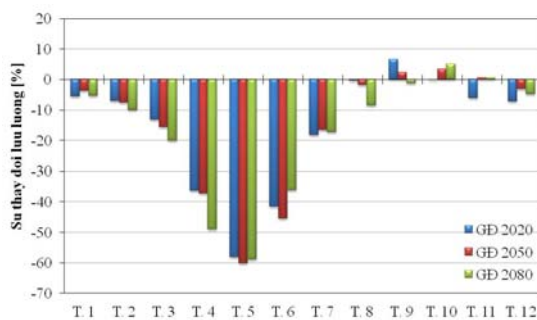
lai, với sự giảm lưu lượng dòng chảy lần lượt là -7,2; -6,0; -7,1% cho kịch bản A1B và -6,2; -7,6; -2,8% cho kịch bản B1 trong các giai đoạn 2020, 2050 và 2080. Trong mùa mưa, lưu lượng dòng chảy giảm nhẹ trong hai giai đoạn 2020 và 2050 cho cả hai kịch bản A1B và B1. Trong giai đoạn 2080 (2060 - 2099), sự giảm lưu lượng dòng chảy vẫn thể hiện trong kịch bản A1B nhưng trong kịch bản B1 thì lưu lượng dòng chảy tăng nhẹ. Sự giảm lưu lượng dòng chảy lớn quan sát được trong mùa khô. Sự thay đổi lớn này có thể được giải thích rằng trong mùa khô thì lưu lượng dòng chảy thì nhạy với sự thay đổi của quá trình bốc hơi hơn trong mùa mưa.



Hình 8. Sự thay đổi dòng chảy năm và mùa cho các kịch bản A1B (trái) và B1 (phải)

Hình 9 thể hiện sự thay đổi lưu lượng dòng chảy trung bình tháng trong tương lai. Nhìn chung, lưu lượng dòng chảy trung bình tháng

giảm nhanh trong các tháng giữa mùa khô đến đầu mùa mưa. Trong các tháng khác, sự thay đổi này là nhẹ.



Hình 9. Sự thay đổi dòng chảy tháng cho các kịch bản A1B (trái) và B1 (phải)

5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, các tác động của biến đổi khí hậu lên sự thay đổi dòng chảy trong lưu vực sông Srêpôk được xem xét. Các kết luận được rút ra từ nghiên cứu này như sau:

- Kết quả mô phỏng từ mô hình SWAT được hiệu chỉnh, kiểm định với kết quả đo đạc và nó chỉ

rằng mô hình SWAT có thể mô phỏng tốt dòng chảy trong lưu vực sông Srêpôk.

- Kết quả phân tích độ nhạy các thông số của mô hình SWAT cho thấy hai thông số CN2 và ESCO ảnh hưởng lớn nhất đến kết quả mô phỏng. Điều này sẽ giúp giảm thiểu thời gian hiệu chỉnh mô hình trong các ứng dụng tiếp theo của mô hình SWAT trong lưu vực này.

- Các kịch bản biến đổi khí hậu cho lưu vực sông Srêpôk được xây dựng cho các giai đoạn 2020, 2050 và 2080 cho thấy có sự tăng nhiệt độ và giảm lượng mưa trong tương lai.

- Dưới ảnh hưởng của các kịch bản biến đổi khí hậu, lưu lượng dòng chảy trong lưu vực sẽ giảm mạnh trong mùa khô. Điều này làm tăng thêm sự quan tâm về tình trạng khan hiếm nước trong mùa khô.

Nhìn chung, kết quả dự báo sự thay đổi lưu lượng dòng chảy trong tương lai có thể không chính xác một cách hoàn toàn do sự không chắc chắn (uncertainty) trong dự báo của các mô hình khí hậu toàn cầu (GCM). Tuy nhiên, các kết quả đạt được ở đây có thể được tham khảo trong công tác quản lý tài nguyên nước trong lưu vực sông Srêpôk. Trong các nghiên cứu tiếp theo, tác giả sẽ tiếp tục xem xét thêm ảnh hưởng của biến đổi khí hậu kết hợp với ảnh hưởng của sự thay đổi lớp phủ thực vật lên sự thay đổi dòng chảy.

TÀI LIỆU DẪN

[1] Boyer, C., Chaumont, D., Chartier, I., Roy, A. G., 2010: Impact of climate change on the hydrology of St. Lawrence tributaries. *Journal of Hydrology* 384, 65-83.

[2] Faith, G., Wilson, G., Francis, M., Willy, B., 2009: Climate change impact on SWAT simulated streamflow in western Kenya. *International Journal of climatology* 29, 1823-1834.

[3] 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 ASABE* 50, 885-900.

[4] Neitsch, A. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Williams, J. R., 2011: Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406. Texas A&M University System, College Station, Texas, 1-647.

[5] Sunyer, M. A., Henrik, M., Keiko, Y., 2010: On the use of statistical downscaling for assessing climate change impacts on hydrology. International workshop Advances in Statistical Hydrology, Taormina, Italy, 1-11.

[6] Susan Steele-Dunne, Peter Lynch, Ray McGrath, Tido Semmler, Shiyu Wang, Jenny Hanafin, Paul Nolan., 2008: The impacts of climate change on hydrology in Ireland. *Journal of Hydrology* 356, 28-45.

[7] Zhang, X., Srinivansan, R., Hao, F., 2007: Predicting hydrologic response to climate change in the Luohe river basin using SWAT model. *Transactions of the ASABE* 50 (3), 901-910.

[8] Bộ Tài Nguyên và Môi Trường, 2009: Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam, Hà Nội.

[9] IPCC, 2007: *The Physical Science Basis*. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

SUMMARY

Evaluating the impacts of climate change on streamflow in srepok watershed

In this paper, the author investigated the effects of climate change on streamflow in Srepok watershed. The climate change scenarios were built by downscaling method (delta change method) based on the outputs of MIROC 3.2 Hires GCM. The SWAT (Soil and Water Assessment Tool) model was used to investigate the impacts on streamflow under climate change scenarios. The calibration and validation results showed that the SWAT model was able to simulate the streamflow well. Their difference in simulating the streamflow under future climate scenarios was also investigated. Results indicated a 1.3-3.9°C increase in annual temperature and a -4.4 to -0.5% decreases in annual precipitation corresponded to a decrease in streamflow of about -7.6 to -2.8%. The large decrease in precipitation and runoff are observed in the dry season.