ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWAT ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN DÒNG CHẢY LƯU VỰC SÔNG TRÀ KHÚC

Nguyễn Tiến Quang, Lê Đức Đạt
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Mô hình SWAT được ứng dụng để mô phỏng sự thay đổi dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc dưới tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) trong tương lai. Mô hình SWAT mô phỏng lưu lượng dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc trong giai đoạn 1980 - 2001 và kiểm định mô hình với số liệu thực đo tại trạm Sơn Giang, kết quả đạt loại khá (giá trị R2 và Nash đều trên 0,8).Kết quả nghiên cứu cho thấy biến đổi khí hậu ảnh hưởng rõ rệt đến chế độ dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc. So với giai đoạn 1980 - 1999 thì giá trị trung bình lưu lượng dòng chảy năm giai đoạn 2008 - 2030 tăng 9,4%. Dòng chảy trung bình theo tháng tăng vào mùa lũ và giảm vào mùa cạn.

***Từ khóa**: Mô hình SWAT; Biến đổi khí hậu; Dòng chảy; Lưu vực sông Trà Khúc.*

1. Giới thiệu

Sông Trà Khúc nằm phần lớn trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi. Nguồn nước trên lưu vực sông Trà Khúc giữ vai trò vô cùng quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội của tỉnh Quảng Ngãi. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, tác động của biến đổi khí hậu đã gây ra những hậu quả nghiêm trọng, ảnh hưởng đến đời sống kinh tế và xã hội của người dân trên lưu vực sông Trà Khúc.Vì thế việc nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến các đặc trưng thủy văn trên lưu vực sông Trà Khúc là hết sức cần thiết. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho các nhà quản lý, các nhà hoạch định chính sách xác định chiến lược phát triển kinh tế bền vững và đảm bảo an sinh xã hội, xây dựng các giải pháp giảm nhẹ và hạn chế những tác hại của chúng.

Lưu vực sông Trà Khúc có diện tích lưu vực tính đến cửa ra là 3,240 km^2 chiếm 55,3% diện tích tự nhiên của tỉnh. Bao gồm diện tích đất đai các huyện, thị: Sơn Tịnh, Sơn Hà, Sơn Tây, Tư Nghĩa, Nghĩa Hành, Thị xã Quảng Ngãi và một phần của huyện Minh Long, Kon Plong (Kon Tum). Phía Bắc giáp: Lưu vực Trà Bồng. Phía Nam giáp: Lưu vực sông Vệ. Phía Tây giáp: Lưu vực sông Sê San. Phía Đông giáp: Biển.

Lưu vực sông Trà Khúc có mật độ lưới sông 0,39 km/km^2, độ cao bình quân lưu vực 558 m và độ dốc bình quân lưu vực 18,5%. Sông Trà Khúc có dạng cành cây với 9 phụ lưu cấp I, 5 phụ lưu cấp II, 5 phụ lưu cấp III và 2 phụ lưu cấp IV.

Địa hình của lưu vực có dạng thấp dần từ Tây sang Đông và khá phức tạp núi và đồng bằng xen kẽ nhau, chia cắt đất đai thành những cánh đồng nhỏ nằm dọc theo các thung lũng.

Về khí hậu, lưu vực sông Trà Khúc thuộc vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa nội chí tuyến và có 2 mùa rõ rệt: mùa mưa từ tháng 9 đến tháng 12, mùa khô từ tháng 1 đến tháng 8. Nền nhiệt độ cao, trung bình năm khoảng 24 - 26^{0}C, tổng lượng mưa năm vào loại trung bình: 2000 - 3500 mm với lượng bốc hơi trung bình năm vào khoảng 800 - 900 mm.

2. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết mô hình

Mô hình SWAT được phát triển từ những năm 90 của thế kỷ trước với mục đích dự báo những ảnh hưởng của thực hành quản lý sử dụng đất đến nước, sự bồi lắng và lượng hóa chất sinh ra từ hoạt động nông nghiệp trên những lưu vực rộng lớn và phức tạp trong khoảng thời gian dài [3]. Một trong những mô-đun chính của mô hình này là mô phỏng dòng chảy từ mưa và các đặc trưng vật lý trên lưu vực.

Cơ sở tính toán dòng chảy được sử dụng trong mô hình SWAT được dựa vào phương trình cân bằng nước.

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

Trong đó:

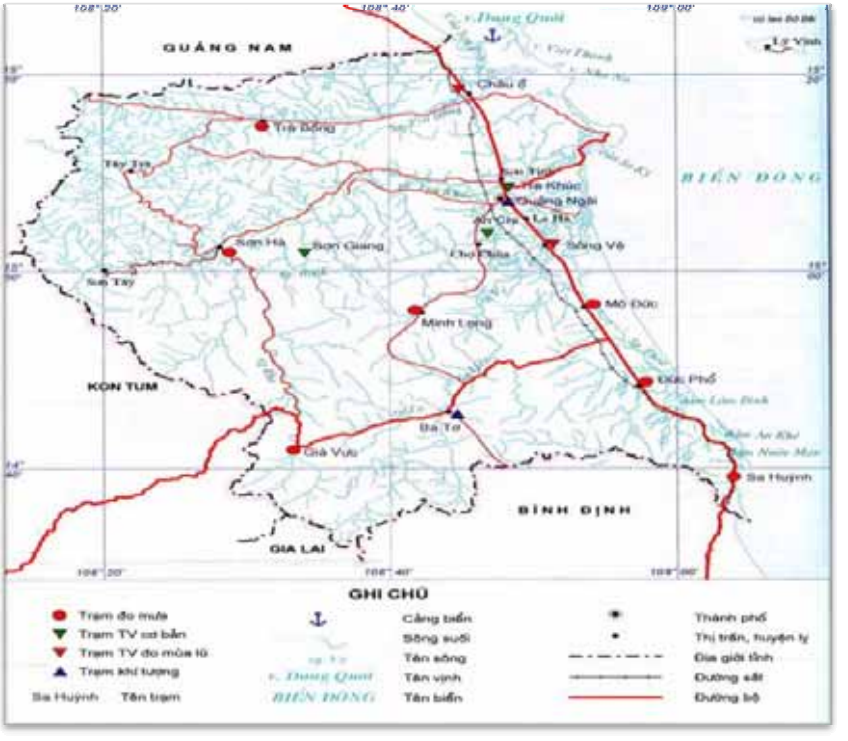
- SW_t: là tổng lượng nước tại cuối thời đoạn tính toán (mm);
- SW_0: là tổng lượng nước ban đầu tại ngày thứ i (mm);
- t: là thời gian (ngày);
- R_{day}: là số tổng lượng mưa tại ngày thứ i (mm);
- Q_{surf}: là tổng lượng nước mặt của ngày thứ i

(mm);

- E_a: là lượng bốc thoát hơi tại ngày thứ i (mm);

- w_{seep}: là lượng nước đi vào tầng ngầm tại ngày thứ i (mm);

- Q_{gw}: là số lượng nước hồi quy tại ngày thứ i (mm).



Hình 1. Bản đồ mạng lưới sông ngòi và lưới trạm khí tượng thủy văn [3]

2.2. Số liệu sử dụng

Số liệu đầu vào mô hình bao gồm số liệu không gian và số liệu thuộc tính.

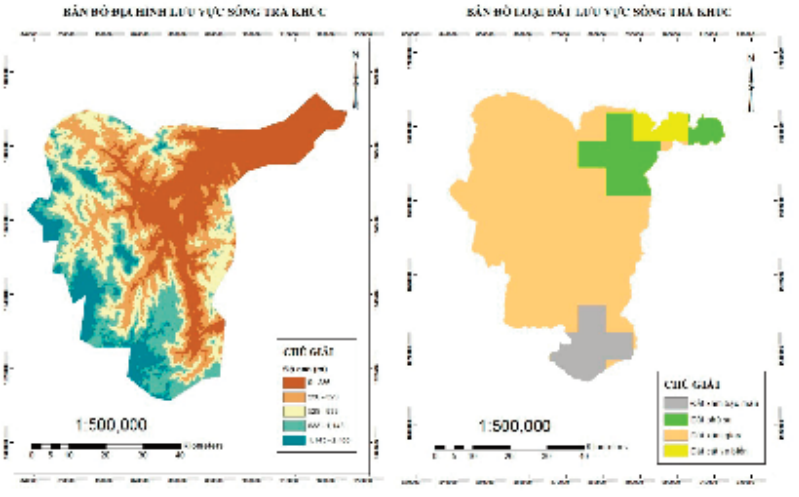
Các bản đồ được dùng để tính toán bao gồm:

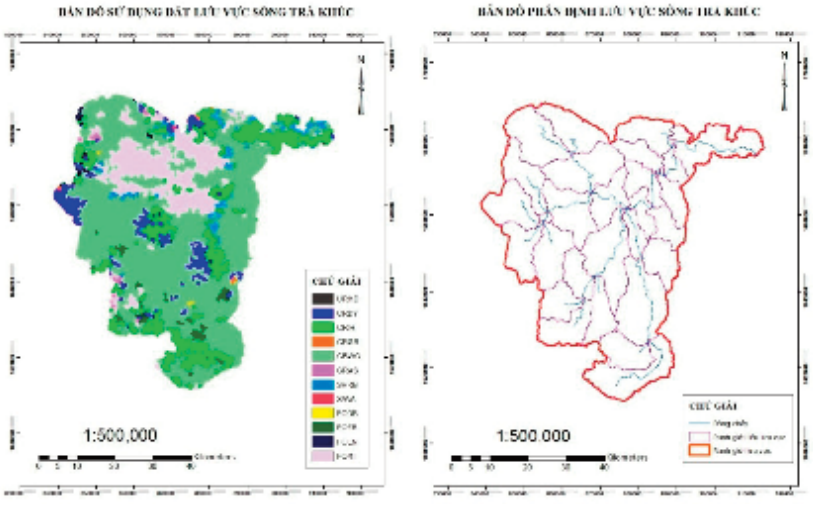
- Bản đồ DEM lưu vực sông Trà Khúc.
- Bản đồ sử dụng đất lưu vực sông Trà Khúc
- Bản đồ mạng lưới sông suối.
- Bản đồ hệ thống lưới trạm đo khí tượng, thuỷ văn.

Các số liệu thuộc tính bao gồm:

- Số liệu khí tượng bao gồm nhiệt độ không khí tối cao và nhiệt độ không khí tối thấp.
- Số liệu thuỷ văn bao gồm lượng mưa trung bình ngày và lưu lượng trung bình ngày.

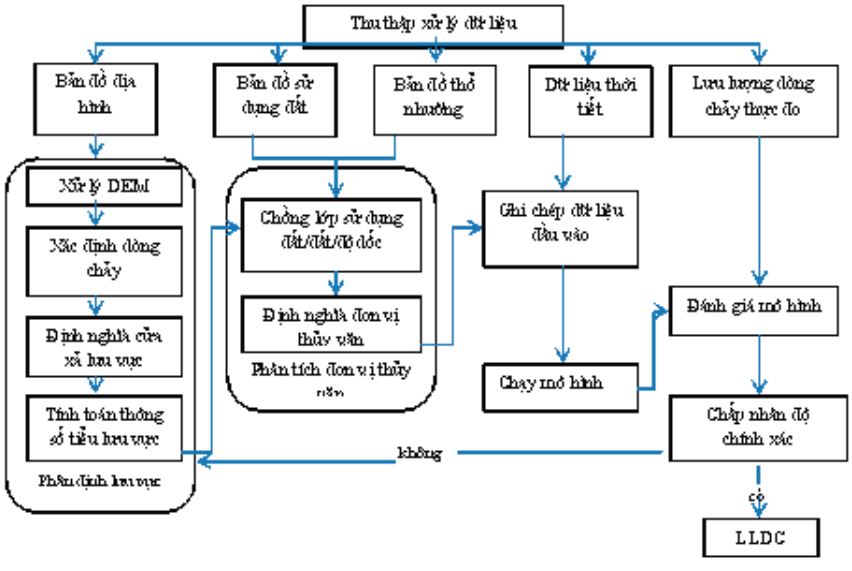
Số liệu dòng chảy theo ngày từ 1980 đến 2001 được lấy từ trung tâm tư liệu quốc gia tại trạm thủy văn Sơn Giang của lưu vực sông Trà Khúc. Bộ số liệu này được phân chia thành 2 giai đoạn 1980 - 1990 và 1991 - 2001 để hiệu chỉnh và kiểm định tương ứng.





Hình 2. Nguồn dữ liệu đầu vào (a) Địa hình; (b) Loại đất; (c) Sử dụng đất và bản đồ phân định lưu vực sông Trà Khúc

2.3. Quy trình thực hiện



3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Để đánh giá sự phù hợp giữa tính toán và thực đo trong báo cáo sử dụng hai chỉ tiêu là R2 và NSI để đánh giá kết quả tính toán của mô hình:

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})(P_i-\bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(P_i-\bar{P})^2}} \right)^2 \quad (2.1)$$

Bảng 1. Mức độ mô phỏng của mô hình tương ứng chỉ số R2

R^2	0.9 - 1	0.7 – 0.9	0.5 - 0.7	0.3 – 0.5
Mức độ mô phỏng	Tốt	Khá	Trung bình	Kém

Chỉ số Nash - Sutcliffe (NSI) cũng được sử dụng để đánh giá độ tin cậy của mô hình SWAT bằng cách so sánh hai quá trình dòng chảy thực đo và tính toán.

$$NSI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})^2} \quad (2.2)$$

Trong đó:

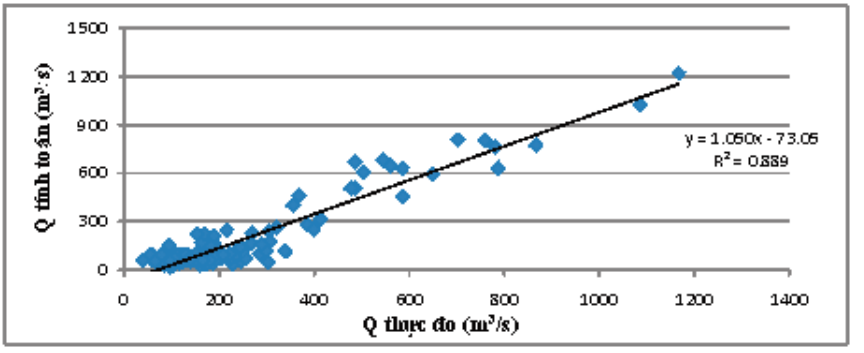
O: giá trị thực đo (m^3/s);

$\bar{O}$: giá trị thực đo trungbình (m^3/s);

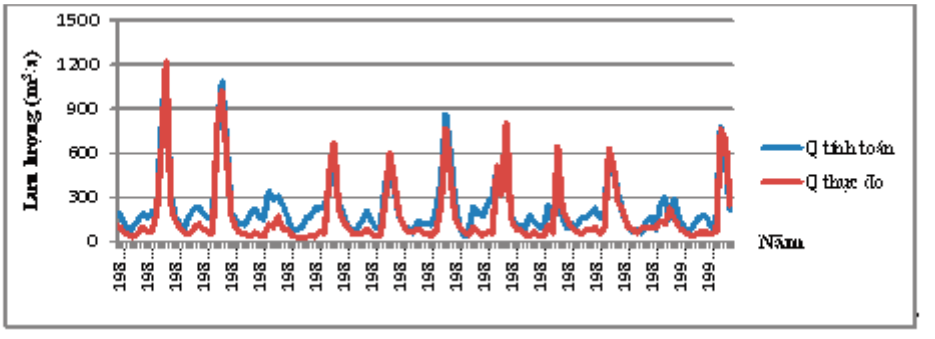
$\bar{P}$: giá trị mô phỏng (m^3/s);

n : số lượng giá trị tính toán.

3.1.1. Giai đoạn hiệu chỉnh (1980 - 1990)



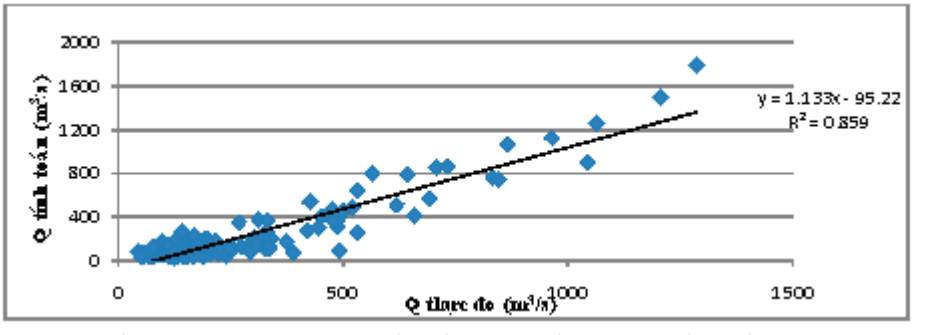
Hình 3. Tương quan giữa lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Sơn Giang giai đoạn 1980 - 1990



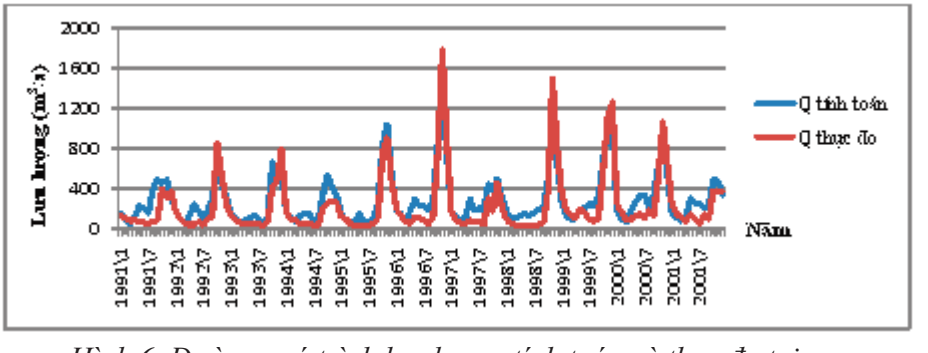
Hình 4. Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm thuỷ văn Sơn Giang giai đoạn 1980 - 1990

Nhận xét: Kết quả tính toán giữa lưu lượng thực đo và lưu lượng tính toán cho hệ số tương quan theo chỉ tiêu của Nash = 0,81.

3.1.2. Giai đoạn kiểm định (1991 - 2001)



Hình 5. Tương quan giữa lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Sơn Giang giai đoạn 1991 - 2001



Hình 6. Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm thuỷ văn Sơn Giang giai đoạn 1991 - 2001

Nhận xét chung

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số của mô hình cho lưu vực sông Trà Khúc với vị trí kiểm định được lấy từ lưu lượng thực đo tại trạm Sơn Giang. Kết quả đánh giá sai số lưu lượng tính toán và thực đo theo chỉ số Nash đều trên 0,8, đạt kết quả khá tốt. Do đó sẽ áp dụng tính toán cho lưu vực sông Trà Khúc với kịch bản đã lựa chọn.

3.2. Đánh giá tác động của BĐKH đối với dòng chảy

3.2.1. Lựa chọn kịch bản Biến đổi khí hậu

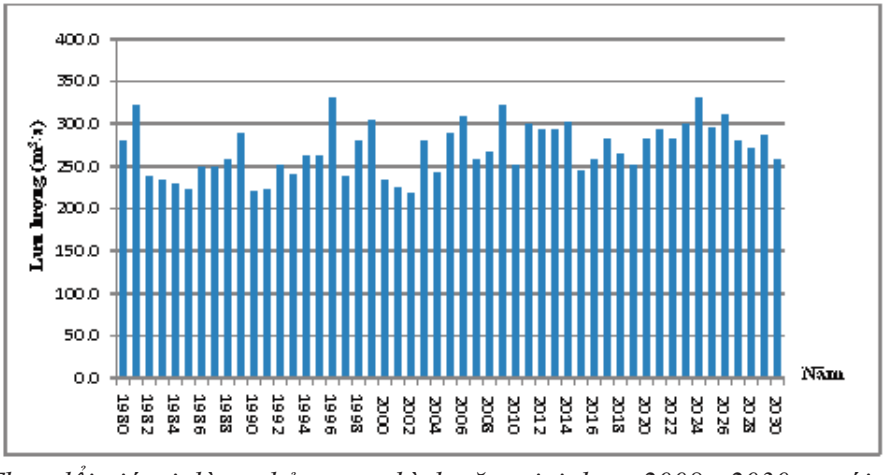
Các kịch bản BĐKH được lựa chọn từ "Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam" của Bộ Tài nguyên và Môi trường năm 2012 [1]. Lưu vực sông Trà Khúc lựa chọn kịch bản B2 (kịch bản phát thải trung bình) làm kịch bản để đánh giá sự thay đổi dòng chảy do ảnh hưởng của BĐKH.

3.2.2. Áp dụng kịch bản B2 đánh giá sự thay đổi dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc tại trạm Sơn Giang

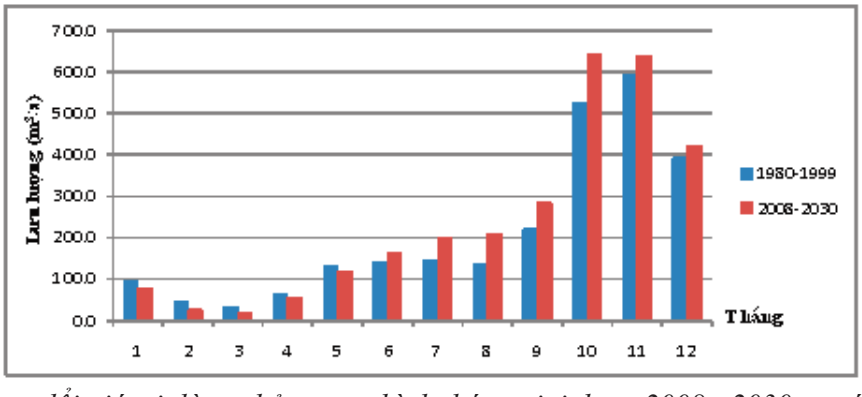
Tính theo kịch bản B2 áp dụng cho chuỗi thời gian từ năm 1980 - 2030, ta xét dòng chảy trong 2 giai đoạn 1980 - 1999 và 2008 - 2030 thì dòng chảy trung bình năm trên toàn bộ hệ thống sông Trà Khúc có xu hướng tăng theo thời gian, lưu lượng bình quân năm cũng tăng tuyến tính theo thời gian. Nhìn vào hình 7 cho thấy sự tăng dòng chảy năm theo các thời kỳ.

Tại trạm Sơn Giang, giá trị lưu lượng dòng chảy trung bình năm giai đoạn 1980 - 1999 đạt 258,6 m^3/s, giai đoạn 2008 - 2030 thì đạt 283 m^3/s, tăng 24,3 m^3/s (9,4%).

Sự thay đổi giá trị lưu lượng dòng chảy trung bình tháng tại trạm Sơn Giang được trình bày dưới hình 8.



Hình 7. Thay đổi giá trị dòng chảy trung bình năm giai đoạn 2008 - 2030 so với giai đoạn 1980 - 1999 tại trạm Sơn Giang



Hình 8. Thay đổi giá trị dòng chảy trung bình tháng giai đoạn 2008 - 2030 so với giai đoạn 1980 - 1999 tại trạm Sơn Giang

Bảng 2. Thống kê giá trị dòng chảy trung bình tháng trạm Sơn Giang

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1980-1999	94,6	45,9	34,7	63,0	131,9	141,1	146,2	136,6	220,4	526,9	595,0	392,6
2008-2030	79,6	25,7	16,8	57,4	116,8	167,4	197,9	209,5	285,6	645,7	639,4	421,9

Số liệu giá trị lưu lượng dòng chảy trung bình tháng tại trạm Sơn Giang:

Quan sát trên hình 8 và bảng 2 ta có thể thấy mức độ biến đổi mạnh của lưu lượng dòng chảy trung bình tháng. Theo xu hướng biến đổi của kịch bản B2: dòng chảy tháng tăng mạnh vào mùa lũ, đồng thời giảm vào mùa kiệt.

Trong giai đoạn 2008 - 2030, dòng chảy trong cả 3 tháng mùa lũ (từ tháng 10 - 12) tăng từ 29,4 m^3/s – 118,8 m^3/s, tăng mạnh nhất là tháng 10 (645,7 m^3/s) so với giai đoạn nền 1980 - 1999.

Mùa cạn thì dòng chảy giảm đi (giảm mạnh vào những tháng đầu mùa), tuy lượng dòng chảy là không đáng kể nhưng lại có tác động nghiêm trọng do bản thân dòng chảy kiệt ở khu vực đã rất thấp. Điều này cho thấy sự thay đổi nhiệt độ không khí làm gia tăng lượng dòng chảy tổn thất do bốc hơi lên nhiều. Dòng chảy mùa cạn giảm từ khoảng 5,6 - 20,2 m^3/s giảm mạnh nhất là tháng 2 (25,7 m^3/s) so với giai đoạn nền 1980 - 1999.

4. Kết luận

Nghiên cứu bước đầu đã đánh giá được tác động của BĐKH lên dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc theo kịch bản B2 bằng mô hình SWAT. Mô phỏng lưu lượng dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc trong giai đoạn 1980 - 2001 bằng mô hình SWAT và kiểm định mô hình với số liệu thực đo tại trạm Sơn Giang, kết quả đạt loại khá (giá trị R2 và Nash đều trên 0,8) và bước đầu đã đánh giá được tác động của BĐKH lên dòng chảy lưu vực. So với giai đoạn 1980 - 1999 thì giá trị trung bình lưu lượng dòng chảy năm giai đoạn 2008 - 2030 tăng 9,4%. Dòng chảy trung bình theo tháng tăng vào mùa lũ và giảm vào mùa cạn. Dòng chảy mùa lũ tăng từ 29,4 m^3/s - 118,8 m^3/s so với giai đoạn 1980 - 1999. Mùa cạn thì dòng chảy giảm từ khoảng 5,6 - 20,2 m^3/s so với giai đoạn 1980 - 1999. Bài toán đã cho kết quả tốt, tuy nhiên muốn nâng cao độ chính xác của mô hình thì cần bản đồ DEM, bản đồ thảm phủ và bản đồ sử dụng đất có độ chính xác cao hơn.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2012), *Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng*, NXB Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội.

2. Viện quy hoạch thủy lợi (2003), *Báo cáo KTTV của quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Trà Khúc - tỉnh Quảng Ngãi.*

3. Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R. and Williams J.R., (2005), *Soil and Water Assessment Tool*, Theoretical Documentation: *Version 2005.* Agricultural Research Service and Texas A & M Blackland Research Center, Temple, TX, USDA.

APPLICATION OF SWAT MODEL TO ASSESS IMPACTS OF CLIMATE CHANGE TO THE FLOW OF TRA KHUC RIVER BASIN-

Nguyen Tien Quang, Le Duc Dat

Hanoi University Of Natural Resources And Environment

The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was used to assess the effects of potential future climate change on the hydrology of the Tra Khuc watershed.The SWAT was able to simulate flow discharge on Tra Khuc River Basin in the period 1980 - 2001 by SWAT model and validation with measured data at Son Giang station, with good results (with R^2 and Nash both above 0,8). The study results show that climate change significantly affects the flow regime Tra Khuc River Basin reflects the general trend of climate change. Compared to the period 1980 - 1999, the average value of the flow discharge rate in the period 2008 - 2030 increased by 9,4%. The monthly average flow of the Basin will increase during the flood season and will decrease into the dry season.

Key words: SWAT model; Climate change; Flow; Tra Khuc River Basin.