

**BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI**

BÁO CÁO TỔNG HỢP

**ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CẤP CƠ SỞ HỖ TRỢ KINH PHÍ NĂM 2024
NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY TRÊN LƯU VỰC SÔNG
BA TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
MÃ SỐ: 13.01.24.E.01**

Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
Chủ nhiệm đề tài: Đỗ Thị Bích

Hà Nội - 2024

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI


BÁO CÁO TỔNG HỢP

ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CẤP CƠ SỞ HỖ TRỢ KINH PHÍ NĂM 2024
NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY TRÊN LƯU VỰC SÔNG
BA TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
MÃ SỐ: 13.01.24.E.01

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI

Đỗ Thị Bích

TRƯỜNG ĐẠI HỌC
TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



Lê Thị Trinh

Hà Nội – 2024

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

Tên đề tài: Nghiên cứu tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Ba trong điều kiện biến đổi khí hậu.

- Mã số: 13.01.24.E.01
- Chủ nhiệm đề tài: ThS Đỗ Thị Bích
- Tổ chức chủ trì: Đại học Tài nguyên và Môi Trường Hà Nội
- Thời gian thực hiện: Từ tháng 1/2024 – tháng 11/2024

2. Mục tiêu

Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến chế độ dòng chảy.

3. Tính mới và sáng tạo

Nghiên cứu về tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Ba trong bối cảnh biến đổi khí hậu mang đến những đóng góp đáng kể và tính mới so với các nghiên cứu trước đây, cụ thể:

- Đánh giá tác động trực tiếp của biến đổi khí hậu giúp hiểu rõ hơn về sự biến động của dòng chảy dưới tác động của biến đổi khí hậu.
- Áp dụng các mô hình thủy văn hiện đại để mô phỏng các quá trình thủy văn phức tạp, bao gồm quá trình thấm, bốc hơi, chảy tràn bề mặt, dòng chảy dưới đất, giúp tăng độ chính xác của kết quả.
- Cung cấp cơ sở khoa học: Các kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho việc xây dựng các chính sách về quản lý tài nguyên nước, phòng chống thiên tai, thích ứng với biến đổi khí hậu.

4. Kết quả nghiên cứu:

Nghiên cứu tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Ba theo kịch bản biến đổi khí hậu là một lĩnh vực nghiên cứu rất quan trọng và có ý nghĩa thực tiễn cao. Kết quả của các nghiên cứu này sẽ giúp chúng ta đưa ra những quyết định đúng đắn trong việc quản lý tài nguyên nước và ứng phó với biến đổi khí hậu.

5. Sản phẩm:

- Báo cáo tổng hợp
- Báo cáo tóm tắt
- 01 bài báo đăng trên Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường.

6. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích mang lại của kết quả nghiên cứu:

a, Đối với lĩnh vực KH&CN có liên quan

Kết quả nghiên cứu tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Ba theo các thời kỳ trong tương lai cho thấy dòng chảy có sự thay đổi theo các tháng của từng mùa. Mức độ ảnh hưởng của BĐKH đến dòng chảy.

b, Đối với tổ chức chủ trì và các cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu sẽ làm tài liệu tham khảo, tài liệu giảng dạy và nghiên cứu khoa học của tại Khoa Khí tượng thủy văn Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội.

c, Đối với kinh tế - xã hội và môi trường

Kết quả nghiên cứu của đề tài là cơ sở góp phần vào việc nâng cao chất lượng phục vụ cho việc tính toán dòng chảy. Làm cơ sở cho việc tính toán xác định lượng mưa và dòng chảy ứng với các kịch bản phát thải trên lưu vực sông Ba để phục vụ cho phát triển kinh tế - xã hội và môi trường vùng miền.

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

Project title: **The study of river flow calculation in the Ba River basin under climate change conditions"**.

Code number: 13.01.24.E.01

Coordinator: DO THI BINH, MA

Implementing institution: Hanoi University of Natural Resources and Environment

Duration: from 1/2024 to 11/2024

2. Objective(s):

Assessment of the impact of climate change on flow regime.

3. Creativeness and innovativeness:

The study on calculating river flow in the Ba River basin in the context of climate change offers significant contributions and novel findings compared to previous studies, specifically:

- Direct assessment of climate change impacts provides a deeper understanding of flow variations under climate change.
- Utilizing state-of-the-art hydrological models enables us to model intricate hydrological processes including infiltration, evaporation, surface runoff, and subsurface flow, thus enhancing the precision of outcomes.
- Providing scientific basis: Research results provide important scientific basis for building policies on water resource management, disaster prevention, and climate change adaptation.

4. Research results:

Research on calculating river flow in the Ba River basin under climate change scenarios is a very important research area with high practical significance. The results of these studies will help us make informed decisions in water resource management and climate change response

5. Products:

- Overall report

- Summary report

-One article published in the Journal of Science, Resources, and Environment

6. Transfer alternatives, application institutions, impacts and benefits of research results:

a. Fields related to science and technology

Research results calculating the flow in the Ba River basin in future periods show that the flow changes according to the months of each season. The level of impact of climate change on the flow.

b. For institutions and research facilities.

The research results will serve as reference materials, teaching materials, and scientific research materials at the Department of Meteorology and Hydrology, Hanoi University of Natural Resources and Environment.

c. For economy-society and environment

The research results contribute to improving the quality of service in flow calculations and provide a foundation for estimating rainfall and flow under various emission scenarios in the Ba River basin, thereby supporting regional socio-economic and environmental development.

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG I TỔNG QUAN VỀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU	3
1.1 Tổng quan tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước thuộc lĩnh vực đề tài nghiên cứu.....	3
1.1.1 Nghiên cứu ngoài nước.....	3
1.1.2 Nghiên cứu trong nước	4
1.2. Tổng quan về biến đổi khí hậu và kịch bản biến đổi khí hậu	5
1.2.1 Kịch bản biến đổi khí hậu Việt Nam	5
1.2.2 Kịch bản biến đổi khí hậu khu vực nghiên cứu	6
CHƯƠNG II DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	10
2.1 Tổng quan khu vực nghiên cứu:	10
2.1.1. Vị trí địa lý.....	10
2.1.2. Đặc điểm địa hình – địa chất – thổ nhưỡng:.....	11
2.1.3. Điều kiện khí hậu – đặc điểm thủy văn	18
2.2 Phương pháp nghiên cứu	22
2.2.1 Phân tích lựa chọn mô hình thủy văn	22
2.2.2 Tổng quan mô hình SWAT.....	23
2.2.3 Nguyên lý mô phỏng SWAT	29
CHƯƠNG III KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY TRÊN LƯU VỰC SÔNG BA TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU 33	
3.1 Nghiên cứu thiết lập mô hình thủy văn dự báo dòng chảy đến các trạm đo cho thượng nguồn lưu vực sông Ba	33
3.2 Ứng dụng mô hình thủy văn tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải trung bình cho lưu vực sông Ba.	39
3.3 Ứng dụng mô hình thủy văn tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải cao cho lưu vực sông Ba	40
3.4 Tính toán xác định thiếu hụt dòng chảy theo các kịch bản phát thải.....	41

3.4.1. Các tổ hợp tính toán.....	42
Kết quả tính toán dòng chảy cho giai đoạn nền (1986-2005) được dùng làm cơ sở để so sánh sự biến đổi của dòng chảy trong tương lai dưới tác động của biến đổi khí hậu theo kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 như đã chọn.	42
3.4.2. Kết quả tính toán.....	42
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	45
7.1 Kết luận.....	45
7.2 Kiến nghị.....	45
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO	47

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt tiếng việt

X	Lượng mưa
Z	Bốc hơi
U	Độ ẩm
T	Nhiệt độ
BĐKH	Biến đổi khí hậu

Chữ viết tắt tiếng anh

GHG	Biến đổi khí hậu do phát thải khí nhà kính
GCM	Mô hình khí hậu toàn cầu (Global Climate Model)
IPCC	Ban liên chính phủ về Biến đổi khí hậu (Intergovernmental Panel on Climate Change)
AR5	Báo cáo đánh giá lần thứ 5 của IPCC (Fifth Assessment Report)
CMIP5	Dự án đối chứng các Mô hình khí hậu lần 5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5)
RCP4.5	Kịch bản nồng độ khí nhà kính trung bình thấp
RCP8.5	Kịch bản nồng độ khí nhà kính cao

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1. 1 Thay đổi lượng mưa (%) trong 57 năm qua (1958 - 2014) ở các vùng khí hậu	9
Bảng 2. 1 Trạm khí tượng và trạm đo mưa trên lưu vực sông Ba và vùng xung quanh	13
Bảng 2. 2 Chuẩn mưa năm các trạm trên lưu vực sông Ba và khu lân cận	20
Bảng 2. 3 Lượng bốc hơi ống piche trung bình tháng trên lưu vực sông Ba (mm)	21
Bảng 2. 4 Nhiệt độ không khí trung bình tháng các trạm trên lưu vực sông Ba (°C)	21
Bảng 2. 5 Tiềm năng nguồn nước lưu vực sông Ba.....	22
Bảng 3. 1 Danh sách các trạm khí tượng - thủy văn trên lưu vực.....	33
Bảng 3. 2 Đánh giá các chỉ tiêu cho chất lượng mô phỏng của mô hình	37
Bảng 3. 3 Kết quả dò tìm thông số khi hiệu chỉnh mô hình SWAT.....	37
Bảng 3. 4 Đánh giá các chỉ tiêu cho chất lượng mô phỏng của mô hình	39
Bảng 3. 5 Các tổ hợp tính toán phân tích.....	42
Bảng 3. 6 Tỷ lệ thay đổi lưu lượng trung bình tháng đến trạm An Khê so với thời kỳ nền theo kịch bản RCP 4.5	43
Bảng 3. 7 Tỷ lệ thay đổi lưu lượng trung bình tháng đến trạm An Khê so với thời kỳ nền theo kịch bản RCP8.5.....	43

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1. 1 Chuẩn sai nhiệt độ (°C) trung bình năm (a) và nhiều năm (b) trên quy mô cả nước	7
Hình 1. 2 Chuẩn sai nhiệt độ trung bình năm (oC) đối với các trạm ven biển và hải đảo	8
Hình 1. 3 Thay đổi nhiệt độ trung bình năm (oC) thời kỳ 1958 - 2014.....	8
Hình 1. 4 Thay đổi lượng mưa năm (%) thời kỳ 1958 -2014	9
Hình 2. 1 Bản đồ lưu vực sông Ba	10
Hình 2. 2 Sơ đồ phát triển của mô hình SWAT	24
Hình 2. 3 Sơ đồ chu trình thủy văn trong pha đất.....	28
Hình 2. 4 Sơ đồ các quá trình diễn ra trong dòng chảy.....	30
Hình 2. 5 Vòng lặp HRU/ Tiểu khu vực	31
Hình 3. 1: Bản đồ DEM khu vực nghiên cứu	34
Hình 3. 2: Bản đồ phân loại đất khu vực nghiên cứu.....	34
Hình 3. 3: Bản đồ sử dụng đất khu vực nghiên cứu.....	35
Hình 3. 4: Phân chia tiểu lưu vực trong mô hình SWAT	35
Hình 3. 5: Đường quá trình lưu lượng trạm An Khê thời gian hiệu chỉnh	37
Hình 3. 6: Đường quá trình lưu lượng trạm An Khê thời gian kiểm định.....	38
Hình 3. 7: Kết quả tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải trung bình (thời kỳ 2046 – 2065) tại trạm An Khê	39
Hình 3. 8: Kết quả tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải trung bình (thời kỳ 2080 – 2099) tại trạm An Khê	40
Hình 3. 9: Kết quả tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải cao (thời kỳ 2046 – 2065) tại trạm An Khê	41
Hình 3. 10: Kết quả tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải cao (thời kỳ 2080 – 2099) tại trạm An Khê	41
Hình 3. 11: Thay đổi dòng chảy trung bình các tháng trong các thời kì so với thời kỳ nền theo kịch bản RCP4.5	43
Hình 3. 12: Thay đổi dòng chảy trung bình các tháng trong các thời kì so với thời kỳ nền theo kịch bản RCP8.5	44

MỞ ĐẦU

1. Giới thiệu

Sông Ba là sông lớn nhất ở vùng Nam Trung Bộ của Việt Nam, nằm trọn vẹn trong lãnh thổ của nước ta với diện tích toàn bộ lưu vực khoảng 13,300km². Lưu vực nằm trong tọa độ địa lý 108°00' đến 109°27' kinh độ Đông và từ 12°30' đến 14°40' vĩ độ Bắc. Phía Bắc giáp với lưu vực sông Trà Khúc, phía Tây và Nam giáp lưu vực Bàn Thạch và sông Cái (Nha Trang), phía Đông giáp lưu vực sông Kôn, sông Kỳ Lộ và biển Đông. Diện tích lưu vực sông Ba thuộc phân giới bốn tỉnh KonTum, Gia Lai, ĐakLac và Phú Yên, với tổng diện tích đất nông nghiệp trên 350 nghìn ha và tổng dân số trên lưu vực khoảng 1,5 triệu người.

Sông Ba là dòng sông lớn, có chiều dài 374km, bắt nguồn từ đỉnh núi Ngọc Rô (KonTum) cao 1.549m, thuộc dải Trường Sơn, đoạn thượng nguồn chảy qua tỉnh KonTum và Gia Lai theo hướng Bắc Nam đến trạm thủy văn An Khê, chảy theo hướng Tây Bắc – Đông Nam. Sau đó sông chảy theo hướng Đông Bắc – Tây Nam tiếp theo là hướng Bắc Nam về đến Cheo Reo. Từ Cheo Reo sông chảy theo hướng Tây Bắc – Đông Nam về đến Sơn Hòa và từ đây sông chảy theo hướng Tây – Đông đổ ra biển Đông tại cửa Đà Ràng, Phú Yên.

Dưới tác động của biến đổi khí hậu có thể dẫn đến chế độ mưa, chế độ dòng chảy, hệ quả sẽ làm cho các hiện tượng thiên tai như hạn hán, lũ lụt phức tạp hơn. Điều đó ảnh hưởng lớn đến phát triển kinh tế - xã hội trong lưu vực sông Ba.

Tác động của biến đổi khí hậu do sự ấm lên của trái đất làm thay đổi sự phân phối lượng mưa, bốc hơi theo không gian và thời gian trên lưu vực kết hợp với nước biển dâng gây tác động nhất định đến đặc điểm tài nguyên nước ảnh hưởng đến khai thác và sử dụng nước cũng như các nguy cơ thiên tai liên quan đến nước như lũ lụt và hạn hán. Những trận lũ lớn như năm 1988, 1993, 2005, hạn hán năm 1997 và các năm gần đây đã có ảnh hưởng tiêu cực đến phát triển kinh tế xã hội trên lưu vực.

2. Mục tiêu nghiên cứu:

Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến chế độ dòng chảy.

3. Phạm vi nghiên cứu:

- Phạm vi không gian: Lưu vực sông Ba
- Phạm vi thời gian: Thời kỳ nền 1986 – 2005 và dự tính theo các kịch bản biến đổi khí hậu phiên bản 2020.
- Giới hạn phạm vi nghiên cứu: Đề tài chỉ nghiên cứu chế độ dòng chảy trên lưu vực sông Ba theo kịch bản biến đổi khí hậu.

4. Phương pháp nghiên cứu:

- Phương pháp phân tích thống kê.
- Phương pháp kế thừa.
- Phương pháp mô hình toán.
- Thu thập và xử lý số liệu

CHƯƠNG I - TỔNG QUAN VỀ KHU VỰC NGHIÊN CỨU

1.1 Tổng quan tình hình nghiên cứu trong và ngoài nước thuộc lĩnh vực đề tài nghiên cứu.

1.1.1 Nghiên cứu ngoài nước

Biến đổi khí hậu do phát thải khí nhà kính (GHG) ảnh hưởng đến cả chu trình thủy văn toàn cầu và thủy văn khu vực trên toàn thế giới, điều này sẽ còn tiếp diễn trong tương lai [15, 17]. Lượng mưa bị ảnh hưởng trực tiếp bởi sự gia tăng nhiệt độ bề mặt toàn cầu, thúc đẩy tốc độ thoát hơi nước, do đó làm tăng nồng độ hơi nước trong khí quyển. Do đó, dự kiến sẽ có sự thay đổi về lượng mưa cả về cường độ và tần suất, từ vùng này sang vùng khác

BĐKH (Biến đổi khí hậu) đã và đang tác động tới tài nguyên thiên nhiên, môi trường tự nhiên và các hoạt động kinh tế - xã hội của nhiều quốc gia trên thế giới, ảnh hưởng lớn đến chất lượng cuộc sống con người, đặc biệt là cộng đồng dân cư nghèo, đe dọa đến sự tồn vong của loài người trong tương lai. Đánh giá tác động của BĐKH và nghiên cứu đưa ra các giải pháp nhằm giảm thiểu tác động của BĐKH đến môi trường tự nhiên và các hoạt động kinh tế xã hội.[18]

Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy là rất quan trọng để hiểu được những thay đổi đối với tài nguyên nước. Việc sử dụng các mô hình thủy văn là một trong những phương pháp phổ biến để định lượng và đánh giá. Các nghiên cứu mô hình thủy văn có cấu trúc khác nhau như mô hình phân bố dựa trên vật lý Liuxihe (LXH) [16] và mô hình khái niệm tổng hợp Xinanjiang (XAJ) được sử dụng để mô phỏng dòng chảy hàng ngày ở lưu vực Tây Giang Trung Quốc [19] Biến đổi khí hậu có thể ảnh hưởng đến chu trình thủy văn của khu vực, vì bất kỳ sự thay đổi nào về các biến số thủy văn đều làm xáo trộn các quá trình thủy văn. Để xác định được sự thay đổi các biến số thủy văn trên lưu vực chúng ta sử dụng kịch bản biến đổi khí hậu.

Tác động của biến đổi khí hậu là một trong những thách thức mà thế giới đang phải đối mặt. Nghiên cứu đánh giá tác động của dòng chảy sử dụng số liệu mưa trên lưu vực sông Qinhuai Trung Quốc thông qua mô hình mưa - dòng chảy [14]

Một số nghiên cứu về tác động của biến đổi khí hậu đến các quá trình thủy văn chỉ ra rằng sự thay đổi dòng chảy có liên quan đến sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa. Các nhà nghiên cứu thường xuyên phân tích các quá trình khí hậu thủy

văn bằng mô hình tuần hoàn toàn cầu (GCM) và các mô hình thủy văn đã được chứng minh là hỗ trợ việc quản lý ở quy mô lưu vực. Ở lưu vực thượng nguồn sông Colorado (UCRB), nhu cầu trong hầu hết các năm đều vượt quá nguồn cung và có khả năng tiếp tục tăng.

1.1.2 Nghiên cứu trong nước

Lưu vực sông Ba có nguồn nước không phong phú bằng một số lưu vực sông khác trong vùng ven biển Miền Trung và Tây Nguyên, nhưng do dân số không đông nên lượng nước mặt tính trên đầu người vẫn ở mức cao so với mức chuẩn của thế giới. Lưu vực cũng có nguồn thủy năng khá lớn, có nhiều vị trí xây dựng nhà máy thủy điện vừa và lớn.

Đã có nhiều nghiên cứu trong nước nghiên cứu về tác động của BĐKH đến chế độ dòng chảy tại các khu vực khác nhau trên phạm vi lưu vực như: lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, lưu vực sông Hồng, lưu vực sông Đồng Nai, lưu vực sông Ba [7], sông Lại Giang [8], lưu vực sông Trà Khúc [9] ...

Hiện nay, trên thế giới và trong nước, các nghiên cứu về đánh giá tác động đến dòng chảy đều sử dụng các công cụ mô hình khác nhau để hỗ trợ đánh giá tác động của BĐKH đến dòng chảy như mô hình HEC-HMS, SWAT, MIKE NAM... Trong nghiên cứu này đã sử dụng mô hình SWAT để đánh giá tác động của BĐKH đến dòng chảy. Tuy nhiên các nghiên cứu hầu hết mới tập trung chủ yếu đánh giá tác động của BĐKH đến tình hình ngập lụt [10,11]. Bên cạnh đó, năm 2020 Bộ Tài nguyên và môi trường mới công bố kịch bản BĐKH thay thế kịch bản BĐKH năm 2016 [2,12]. Do đó, đến nay gần như chưa có nghiên cứu cụ thể nào cập nhật đánh giá tác động của BĐKH đến dòng chảy lưu vực sông Ba sử dụng kịch bản BĐKH năm 2020 [3]

Tác động của biến đổi khí hậu do sự ấm lên của trái đất làm thay đổi sự phân phối lượng mưa, bốc hơi theo không gian và thời gian trên lưu vực kết hợp với nước biển dâng gây tác động nhất định đến đặc điểm dòng chảy, ngoài ra còn ảnh hưởng đến khai thác và sử dụng nước cũng như các nguy cơ thiên tai liên quan khác.

Trên lưu vực sông Ba từ năm 1995 có 5 hồ chứa thủy điện lớn đi vào hoạt động, bao gồm cụm hồ An Khê-Kanak, hồ Ayun Hạ, hồ Krông H'Năng, hồ Ba Hạ, hồ Sông Hinh. Từ năm 1999, hồ chứa sông Hinh đi vào vận hành phát điện, toàn bộ lưu lượng nước xả qua tuốc bin đổ vào sông Con rồi nhập lưu vào sông Ba ở

phía dưới trạm thủy văn Củng Sơn tương ứng với công suất phát điện tối đa là 56 m³/s, trung bình về mùa cạn khoảng 25-28 m³/s [1]. Cùng với các công trình thủy lợi, thủy điện nhỏ khác [6], tác động của chúng đã làm thay đổi dòng chảy tự nhiên trên toàn hệ thống sông

Để đánh giá tác động của các dòng chảy đến chế độ thủy văn vùng hạ du lưu vực sông, một số phương pháp đánh giá thường được áp dụng như phương pháp tương quan đơn biến-đa biến giữa dòng chảy trước và sau hồ chứa, phương pháp khôi phục dòng chảy tự nhiên trong thời kỳ điều tiết hay mô hình mô phỏng [4, 6]. Ưu điểm của các phương pháp sử dụng mô hình mô phỏng để hoàn nguyên dòng chảy là có thể đánh giá tại rất nhiều điểm trên hệ thống sông cả khi có và không có số liệu thực đo, đánh giá được chi tiết theo từng giờ đối với các sự kiện cực đoan. Ngược lại nhược điểm của chúng là cần rất nhiều công sức và số liệu để kiểm định, hiệu chỉnh mô hình, kết quả đánh giá phụ thuộc rất lớn vào số liệu đầu vào, chất lượng mô hình, kỹ năng của người sử dụng mô hình, vốn mang nhiều tính bất định.

Dưới tác động của BĐKH có thể dẫn đến chế độ mưa, chế độ dòng chảy, hệ quả sẽ làm cho các hiện tượng thiên tai như hạn hán, lũ lụt, ... phức tạp hơn [13]. Điều đó ảnh hưởng rất lớn tới phát triển kinh tế - xã hội trên lưu vực sông Ba.

Trong bối cảnh của biến đổi khí hậu, trên lưu vực sông Ba, lượng mưa mùa mưa có xu hướng tăng dẫn đến sự gia tăng dòng chảy lũ khiến cho tình hình ngập lụt ở khu vực hạ lưu có khả năng ngày càng nghiêm trọng. Ngược lại, lượng mưa mùa khô có xu hướng giảm dẫn đến suy giảm dòng chảy mùa cạn khiến cho mặn càng xâm nhập sâu vào trong sông.

Mặt khác, trên thực tế, tác động của BĐKH cùng với quá trình diễn ra các hoạt động phát triển kinh tế xã hội sẽ làm gia tăng nhu cầu sử dụng nước của các ngành, do đó, khả năng thiếu nước ở một số vùng trên lưu vực sông Ba có thể sẽ ngày càng trầm trọng hơn, đặc biệt là trong mùa khô [5].

1.2. Tổng quan về biến đổi khí hậu và kịch bản biến đổi khí hậu

1.2.1 Kịch bản biến đổi khí hậu Việt Nam

Xây dựng và cập nhật các kịch bản BĐKH là nhiệm vụ cần thiết nhằm cung cấp các thông tin về biến đổi khí hậu chính xác và kịp thời nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu hiệu quả hơn.

Ở Việt Nam, BĐKH ảnh hưởng tiêu cực là rất rõ ràng đối với kinh tế xã hội và tài nguyên môi trường. Để ứng phó hiệu quả với biến đổi khí hậu thì những hiểu biết về khí hậu trong tương lai thông qua các kịch bản biến đổi khí hậu là rất cần thiết. Theo lộ trình cập nhật đã được xác định rõ trong Chương trình Mục tiêu Quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã cập nhật các kịch bản biến đổi khí hậu vào năm 2009, 2012, 2016 và 2020. Có thể kể đến các kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam đã được công bố:

- Kịch bản biến đổi khí hậu được xây dựng cho Thông báo đầu tiên của Việt Nam cho Công ước khung của Liên Hợp Quốc về biến đổi khí hậu năm 2003. Năm 2009, Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố bản “Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam”.

- Năm 2012, Bộ Tài nguyên và Môi trường tiếp tục công bố “Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam”.

- Năm 2016, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã cập nhật kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng dựa trên các nguồn dữ liệu, các điều kiện khí hậu cụ thể của Việt Nam và các sản phẩm của các mô hình khí hậu

- Kịch bản biến đổi khí hậu chi tiết năm 2020 được cập nhật dựa trên cơ sở báo cáo đánh giá lần thứ 5 (AR5) và cập nhật thêm các công bố mới nhất của IPCC năm 2018 và 2019 về xu thế biến đổi khí hậu và nước biển dâng quy mô toàn cầu; bổ sung thêm 10 phương án của mô hình toàn cầu thuộc dự án CMIP5; các số liệu khí tượng thủy văn và mực nước biển của Việt Nam cập nhật đến năm 2018; số liệu mô hình số độ cao được cập nhật đến năm 2020; và sử dụng phương pháp chi tiết hóa động lực từ các sản phẩm mô hình đã được hiệu chỉnh thống kê. Các phân tích và dự tính trong Kịch bản là khách quan từ số liệu quan trắc thực tế và từ kết quả của các mô hình được chi tiết hoá cho khu vực Việt Nam, phù hợp với các cập nhật toàn cầu của IPCC.

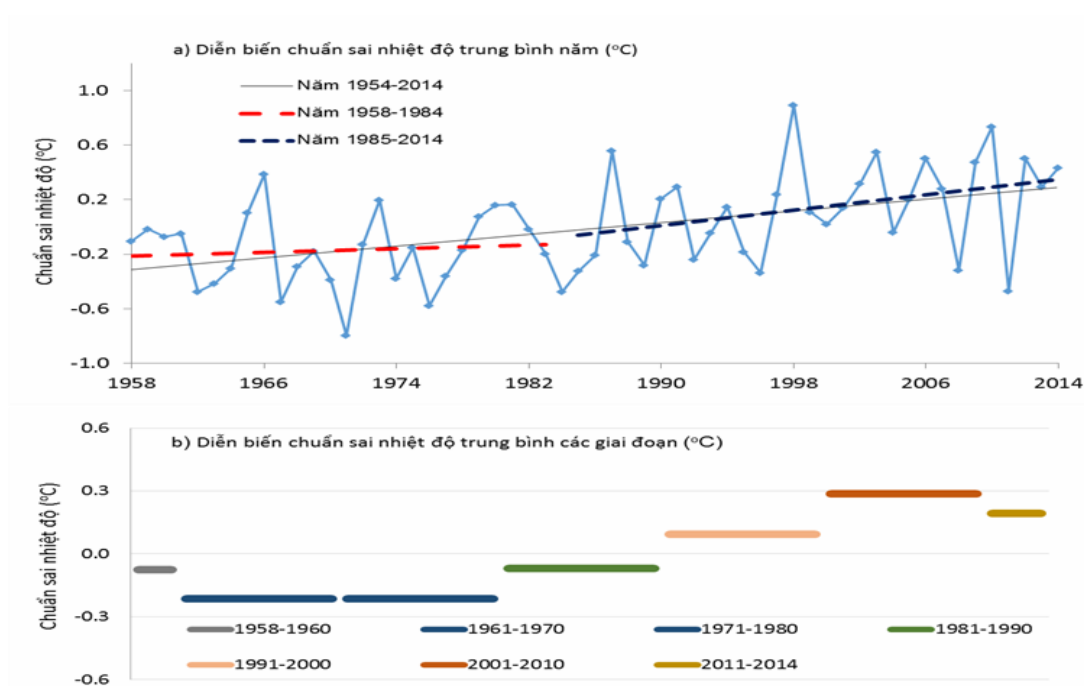
1.2.2 Kịch bản biến đổi khí hậu khu vực nghiên cứu

1.2.2.1. Nhiệt độ

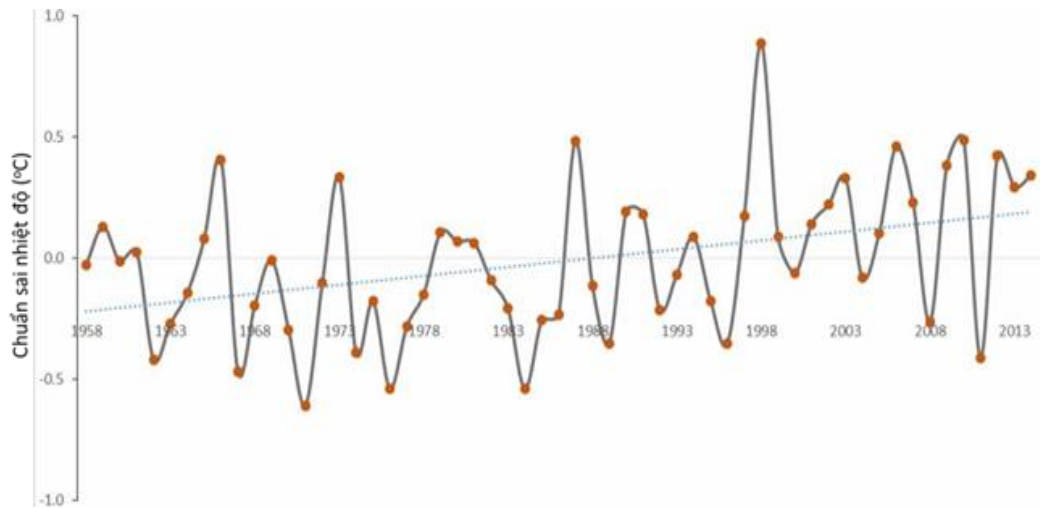
Nhiệt độ có xu thế tăng ở hầu hết các trạm quan trắc, tăng nhanh trong những thập kỷ gần đây. Trung bình cả nước, nhiệt độ trung bình năm thời kỳ 1958-2014 tăng khoảng 0,62°C, riêng giai đoạn (1985-2014) nhiệt độ tăng khoảng 0,42°C.

Tốc độ tăng trung bình mỗi thập kỷ khoảng $0,10^{\circ}\text{C}$, thấp hơn giá trị trung bình toàn cầu ($0,12^{\circ}\text{C}$ /thập kỷ, IPCC 2013).

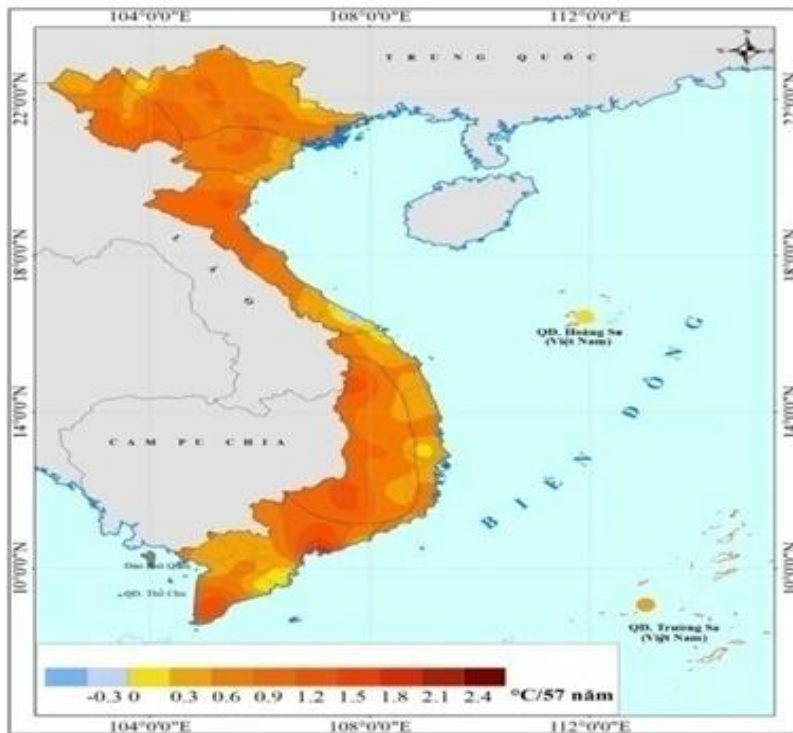
Nhiệt độ tại các trạm ven biển và hải đảo có xu thế tăng ít hơn so với các trạm ở sâu trong đất liền. Có sự khác nhau về mức tăng nhiệt độ giữa các vùng và các mùa trong năm. Nhiệt độ tăng cao nhất vào mùa đông, thấp nhất vào mùa xuân. Trong 7 vùng khí hậu, khu vực Tây Nguyên có mức tăng nhiệt độ lớn nhất, khu vực Nam Trung Bộ có mức tăng thấp nhất.



Hình 1. 1: Chuẩn sai nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) trung bình năm (a) và nhiều năm (b) trên quy mô cả nước



Hình 1. 2: Chuẩn sai nhiệt độ trung bình năm (°C) đối với các trạm ven biển và hải đảo

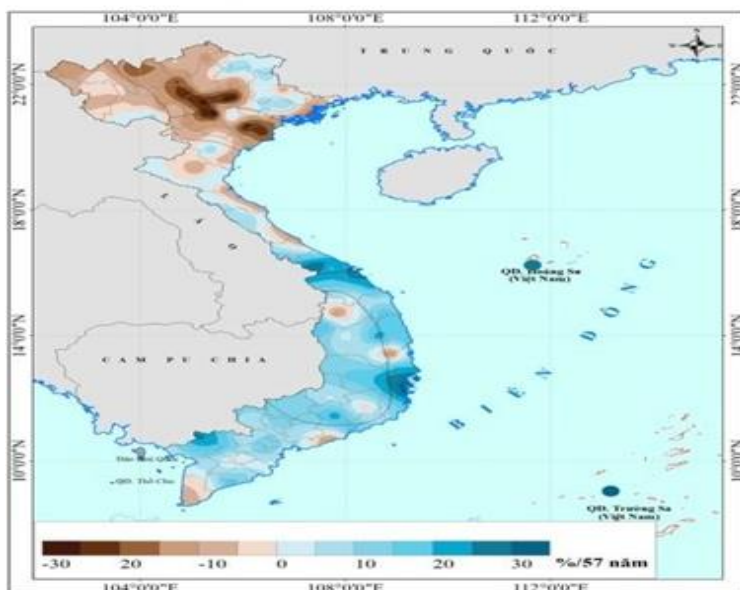


Hình 1. 3: Thay đổi nhiệt độ trung bình năm (°C) thời kỳ 1958 - 2014

1.2.2.2. Lượng mưa

Trong thời kỳ 1958-2014, lượng mưa năm tính trung bình cả nước có xu thế tăng nhẹ. Trong đó, tăng nhiều nhất vào các tháng mùa đông và mùa xuân; giảm vào các tháng mùa thu. Nhìn chung, lượng mưa năm ở các khu vực phía Bắc có xu thế giảm (từ 5,8% ÷ 12,5%/57 năm); các khu vực phía Nam có xu thế tăng (từ

6,9% ÷ 19,8%/57 năm). Khu vực Nam Trung Bộ có mức tăng lớn nhất (19,8%/57 năm); khu vực đồng bằng Bắc Bộ có mức giảm lớn nhất (12,5%/57 năm).



Hình 1. 4: Thay đổi lượng mưa năm (%) thời kỳ 1958 -2014

Đối với các khu vực phía Bắc, lượng mưa chủ yếu giảm rõ nhất vào các tháng mùa thu và tăng nhẹ vào các tháng mùa xuân. Đối với các khu vực phía Nam, lượng mưa các mùa ở các vùng khí hậu đều có xu thế tăng; tăng nhiều nhất vào các tháng mùa đông (từ 35,3% ÷ 80,5%/57 năm) và mùa xuân (từ 9,2% ÷ 37,6%/57 năm).

Bảng 1. 1: Thay đổi lượng mưa (%) trong 57 năm qua (1958 - 2014) ở các vùng khí hậu

Đơn vị: %

Khu vực	Xuân	Hè	Thu	Đông	Năm
Tây Bắc	19,5	-9,1	-40,1	-4,4	-5,8
Đông Bắc	3,6	-7,8	-41,6	10,7	-7,3
Đồng bằng Bắc Bộ	1,0	-14,1	-37,7	-2,9	-12,5
Bắc Trung Bộ	26,8	1,0	-20,7	12,4	0,1
Nam Trung Bộ	37,6	0,6	11,7	65,8	19,8
Tây Nguyên	11,5	4,3	10,9	35,3	8,6
Nam Bộ	9,2	14,4	4,7	80,5	6,9

CHƯƠNG II - DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Tổng quan khu vực nghiên cứu:

2.1.1. Vị trí địa lý

Sông Ba là một trong những hệ thống sông lớn của khu vực miền Trung. Lưu vực nằm trong toạ độ địa lý từ 12035' đến 14038' vĩ độ Bắc và từ 108000' đến 109055' kinh độ Đông, phía Bắc giáp lưu vực sông Trà Khúc, phía Nam giáp lưu vực sông Cái và sông Serepok, và phía Tây giáp lưu vực sông Kone, sông Kỳ Lộ và Biển Đông.



Hình 2. 1: Bản đồ lưu vực sông Ba

Lưu vực sông Ba thuộc địa giới của ba tỉnh Gia Lai, Đắk Lắk và Phú Yên, bao gồm các huyện KBang, An Khê, Kông Chro, MangYang, AYun Pa, Krông Pa, Krông Năng, M'Drak, Sơn Hoà, sông Hinh, Tuy Hoà và thị xã Tuy Hoà và một phần diện tích của các huyện Chư Sê, Ea Hleo, Krông Buk, Eaka.

Lưu vực sông Ba tính từ nguồn đến cửa sông có diện tích 13.900 km² nằm trong cả vùng núi thuộc khu vực Tây Trường Sơn và Đông Trường Sơn. Lưu vực

có hình gần như chữ L, độ rộng bình quân lưu vực là 48,6 km. Hình dạng lưu vực dài và hẹp nhưng phình to ở giữa, nơi rộng nhất tới 85 km. Trên lưu vực sông Ba có 352.811 ha đất nông nghiệp và hiện tại có gần 1,4 triệu dân, phần lớn sống bằng nghề nông. Bản đồ lưu vực sông Ba như hình 2-1.

2.1.2. Đặc điểm địa hình – địa chất – thổ nhưỡng:

Lưu vực sông Ba ở trung và thượng lưu địa hình chủ yếu là núi và cao nguyên, hạ lưu có địa hình đồi núi thấp và đồng bằng bồi tụ ven biển. Tại trung và thượng lưu lưu vực địa hình biến đổi phức tạp và chia cắt mạnh mẽ. Đường phân nước của lưu vực đi qua các vùng núi cao với độ cao thay đổi từ 500 m đến 2000 m, bao bọc 3 phía Bắc, Tây và Nam của lưu vực. ở phía tây, lưu vực mở rộng và địa hình thấp dần hình thành các cao nguyên như Plây Ku, Mang Yang, và Chư Sê. Lưu vực mở ra phía đông tạo nên đồng bằng Tuy Hoà rộng trên 20.000 ha ở hạ lưu sông Ba, là một trong những đồng bằng trù phú nhất của vùng VBMT.

Đường phân nước lưu vực ở phía Đông Bắc thuộc phía tả sông Ba có cao độ từ 600 m đến 1300 m với các đỉnh núi cao trên dưới 1000 m như đỉnh Kon Kbang 1064 m. Dãy núi này chạy theo hướng Tây Bắc- Đông Nam đến đèo An Khê thì chuyển theo hướng Bắc-Nam và kết thúc ở thượng nguồn sông Cà Lú ở độ cao 600 - 700 m. Giới hạn phía Nam của lưu vực sông Ba là dãy núi Phụng Hoàng. Dãy núi này chạy theo hướng Tây Nam- Đông Bắc rồi đâm ngang ra biển và kết thúc tại Đèo Cả, tạo nên một bức bình phong chắn gió Tây Nam và Đông Bắc, ảnh hưởng nhiều tới khí hậu của khu vực hạ lưu. Dãy núi Phụng Hoàng có đỉnh Chư Mu cao 2051 m, sau đó các đỉnh núi thấp dần về hướng biển tới cao độ khoảng 700 m gần biển như núi Ba Bia cao 706 m.

Phía Tây Bắc của lưu vực sông Ba là các đỉnh núi cao từ 1300 m đến 1700m. Dãy núi này chạy và thấp dần theo hướng Bắc- Nam với một số đỉnh núi cao như đỉnh Ngọc Rô (1509 m), Konkakin (748 m), Kongquaboh (1710 m), Chutomach (1354 m), Churpan (1504 m). Đến Cheo Reo thì núi chỉ còn cao từ 300 m đến 400 m rồi sau đó các đỉnh núi lại nâng dần độ cao từ 700 m đến 1200 m theo hướng Tây Bắc- Đông Nam đến thượng nguồn sông Krông Hnăng như các đỉnh Chư kung cao 1008 m, Chudov cao 1230 m.

Do sự biến đổi của độ cao địa hình và sự chia cắt của các dãy núi mà trên lưu vực sông Ba chia thành các kiểu địa hình núi, đồi, cao nguyên, thung lũng và đồng bằng tương đối điển hình.

Vùng núi: Vùng núi chiếm khoảng trên 60% diện tích toàn lưu vực, điều kiện địa hình rất phức tạp gồm núi cao rừng rậm, và phân bố dọc theo thung lũng tạo ra hai thành máng kéo dài từ thượng nguồn về đến hạ lưu. Độ cao trung bình của vùng núi từ 600- 800 m, độ dốc địa hình từ thoải đến rất dốc. Nhiều nơi núi kéo dài ra đến các sông suối chia cắt thung lũng thành các khu riêng biệt như khu vực An Khê, Cheo Reo, Phú Túc. Vùng núi cao trong lưu vực là nơi khởi nguồn của hầu hết các sông suối.

Vùng thung lũng: Do các dãy núi ở phía Tây lưu vực bị chia cắt mạnh và không liên tục nên đã hình thành tại trung và hạ lưu sông Ba một số thung lũng độc lập kéo dài từ An Khê về đến Phú Túc. Cao độ phổ biến ở thung lũng An Khê từ 400-500 m, ở thung lũng Cheo Reo từ 150-200 m và ở Phú Túc từ 100-150 m. Địa hình vùng này khá bằng phẳng, tạo thành những cánh đồng lớn nằm dọc hai ven sông nên có tiềm năng đất canh tác nông nghiệp, rất thích hợp với các loại cây lương thực và cây công nghiệp ngắn ngày.

Vùng cao nguyên: Lưu vực sông Ba có một phần diện tích của cao nguyên Gia Lai thuộc khu vực Mang Yang, Chư Sê với cao độ phổ biến từ 300- 500 m. Địa hình vùng đất cao nguyên lượn sóng và hình rẽ quạt nhưng bằng và thoải ở bề mặt trên diện rộng nên thuận lợi cho giao thông, phát triển hạ tầng cơ sở. Đây cũng là vùng đất Bazan rất thích hợp với sự phát triển của các loại cây công nghiệp.

Vùng đồi: đồi là vùng chuyển tiếp giữa miền núi và đồng bằng hoặc giữa miền núi và thung lũng. Vùng đồi của lưu vực sông Ba chủ yếu tập trung ở An Khê, Sơn Hoà, hạ lưu sông Hinh và sông Krông Hnăng. Vùng này có nhiều đồi gò nhấp nhô xen kẽ, thỉnh thoảng có nơi tương đối bằng phẳng và khá rộng nên có khả năng trồng các loại cây màu và cây công nghiệp ngắn ngày hoặc phát triển đồng cỏ cho chăn nuôi gia súc tập trung.

Vùng đồng bằng: lưu vực sông Ba có vùng đồng bằng đất đai màu mỡ với cao độ phổ biến từ 5-7 m, chủ yếu tập trung ở huyện Tuy Hoà. Đây là vùng trọng điểm trồng lúa của tỉnh Phú Yên với diện tích hàng chục ngàn ha, đã được khai thác cho phát triển nông nghiệp từ xa xưa với năng suất và sản lượng rất cao. Hiện

tại vùng này đã có hệ thống thủy lợi Đồng Cam và các công trình nhỏ khác cung cấp nước tưới cho nông nghiệp đạt năng suất cao.

Dòng chính sông Ba bắt nguồn từ đỉnh núi Ngọc Rô có độ cao 1.549 m của dãy Trường Sơn. Từ thượng nguồn đến An Khê sông chảy theo hướng Tây Bắc-Đông Nam, sau đó chuyển hướng gần như Bắc- Nam cho đến Cheo Reo. Từ đây sông Ba nhận thêm nhánh Ia Ayun và lại chảy theo hướng Tây Bắc - Đông Nam cho tới Củng Sơn, sau đó chảy theo hướng Tây-Đông ra tới biển. Tổng chiều dài sông chính là 374 km, mật độ lưới sông 0,22 km/km².

Từ nguồn đến cửa sông có nhiều sông nhánh và suối nhỏ đổ vào, bao gồm 36 phụ lưu cấp I, 54 phụ lưu cấp II, và hàng trăm phụ lưu cấp III. Sông Ba có 3 sông nhánh lớn là các sông Ia Ayun, Krông Hnăng và sông Hinh. Các sông nhánh này đều nằm phía hữu ngạn của sông như các sông IaYun, Crông Hnăng, sông Hinh. Trên lưu vực sông Ba có một số trạm khí tượng và đo mưa phân bố rải rác trên toàn bộ lưu vực sông Ba nhưng tập trung nhiều ở trung và hạ lưu. Các trạm lại chủ yếu tại thị trấn, huyện lỵ, thị xã nên không khống chế được nguồn sông. Các trạm có tài liệu trước 1975 là Pleiku, An Khê, Cheo Reo, Tuy Hoà, M'Drak. Các trạm còn lại đều thành lập sau 1975 và có tài liệu từ năm 1977 đến nay. Bảng 2.1 liệt kê các trạm khí tượng và trạm đo mưa trên lưu vực sông Ba và vùng xung quanh.

Bảng 2. 1: Trạm khí tượng và trạm đo mưa trên lưu vực sông Ba và vùng xung quanh

STT	Trạm mưa	Yếu tố quan trắc	Thời gian quan trắc	Ghi chú
1	An Khê	X X, Z, U, V, T	1928-1940 , 1977-2023	trong lưu vực
2	PleiCu	X, Z, U, V, T	1933-1955, 1956-1974, 1977-2023	trong lưu vực
3	Cheo Reo	X	1933-1935, 1956-1974, 1977-2023	
4	Kontum	X, Z, U, V, T	1917-1942, 1961-1974, 1976-2023	lân cận
5	Sơn Hoà	X, Z, U, V, T	1977-2023	trong lưu vực
6	M'Dark	X X, Z, U, V, T	1931-1942 1970-2023	trong lưu vực
7	Tuy Hoà	X, Z, U, V, T	1933-1942, 1957-1974, 1977-2023	trong lưu vực

8	KonTum	X, Z, U, V, T	1917-1942, 1061-1974, 1976-1994	lân cận
9	Sơn Hoà	X, Z, U, V, T	1977 - 2023	trong lưu vực
10	Pơ Mư Rê	X	1977-2023	trong lưu vực
11	Sông Hinh	X	1979-2023	trong lưu vực
12	Sơn Thành	X	1977-2023	trong lưu vực
13	Krông Hnang	X	1979-2023	trong lưu vực
14	Hảo Sơn	X	1977-2023	lân cận
15	Buôn Hồ	X	1977-1987	lân cận
16	Phú Túc	X	1979- 2023	trong lưu vực
17	Sông Cầu	X	1977-2023	lân cận
18	Cây Muồng	X	1976 - 2023	lân cận
19	Đá Bàn	X	1977-1988	lân cận
20	Chư Sê	X	1979 -2023	
21	Đồng xuân	X	1977-2023	

Đại bộ phận diện tích lưu vực sông Ba nằm ở phía Đông Nam dãy Trường Sơn, nhưng ảnh hưởng của dãy đến khu vực này đã yếu dần và được thay thế bằng phong chung của nền cấu trúc khối tảng cao nguyên.

Phần thượng lưu của lưu vực sông, chủ yếu là các nhánh núi bị chia cắt mạnh bởi các sông suối có dòng chảy thường xuyên và tạm thời với hướng địa hình chính kéo dài theo hướng á kinh tuyến. Phần trung lưu của lưu vực sông rất ngắn, đồi núi trung bình làm cho sông gần như không có phần trung lưu, nước từ thượng lưu đổ thẳng xuống vùng đồng bằng ven biển, được cấu thành bởi những gò đồi sót của các bề mặt địa hình cổ hơn bị bóc mòn, cùng với những bậc thềm, bãi bồi, đụn cát, cồn cát nguồn gốc biển, gió biển, sông - biển và sông. Do các nhánh núi đâm ngang ra biển, đặc biệt là ở phía Tây, Tây Nam lưu vực, nên dòng sông bị đổi hướng khá nhanh từ hướng gần Bắc - Nam sang Tây - Đông, từ Ea Ba đến cửa Đà Rằng.

Nhìn chung, do chi phối bởi yếu tố các nhánh núi chạy sát ra biển, cùng với các dòng sông trẻ đang đào sâu lòng thành những hẻm vực, nên mặc dù lưu vực

chủ yếu là đồi núi thấp và trung bình, nhưng tính tương phản của địa hình khá lớn. Đặc điểm đó của địa hình lưu vực được phản ánh thông qua các chỉ số về phân tầng độ cao, độ chia cắt ngang, phân cắt sâu và độ dốc của địa hình.

2.1.2.1 Tính phân tầng độ cao của địa hình

Trong phạm vi lưu vực sông Ba tồn tại các bậc địa hình sau:

- Bậc I (có độ cao $1.500 \div 1.700$ m): Mực địa hình này phát triển rất hạn chế, chỉ quan sát thấy ở khu vực Tây Bắc thượng nguồn lưu vực, trong phạm vi khối núi Kon Ka Kinh (1.748 m) kéo dài xuống phía Nam tới khối núi Kon Boria (1.502m) .

- Bậc II (có độ cao dao động từ $800 \div 1.200$ m): Đây là bậc địa hình khá phổ biến ở thượng nguồn và phần đỉnh của một số nhánh núi phân thủy đâm ngang ra biển. Chúng tạo nên một mực địa hình rộng với độ cao $800 \div 900$ m ở phần cuối của thượng lưu lưu vực và cao dần lên thành bậc chuyển tiếp với bậc I kể trên.

- Bậc III (có độ cao dao động từ $400 \div 700$ m): Phân bố rộng rãi nhất dưới dạng bề mặt trũng trước núi bằng thoải ở khu vực chi lưu Ea Krông Hnăng, còn ở Ya Hleo, Ayun Pa chúng thể hiện dưới dạng bề mặt bazan bằng rộng. Ngoài ra mực địa hình này còn qua sát thấy ở dạng các bề mặt đỉnh không liên tục thành vành đai kéo dài dọc thung lũng sông Ba và sông Ia Yun.

- Bậc IV (có độ cao phổ biến từ $200 \div 250$ m): Phân bố ở phần trung lưu của lưu vực. Trong địa hình hiện tại chúng là những bề mặt san bằng của địa hình đồi cao, hoặc bề mặt chia nước của các lưu vực cấp II, cấp III; liên hệ với nhau bằng chuỗi các chỏm đồi hoặc dãy đồi ngăn cách nhau bởi các yên ngựa uốn lượn mềm mại.

- Bậc V (có độ cao trung bình từ $100 \div 150$ m): Là bề mặt của các đồi và dãy đồi.

- Bậc VI (có độ cao từ $10 \div 30$ m): Đóng vai trò chuyển tiếp từ địa hình đồng bằng lên vùng đồi núi, là các bề mặt thềm sông, thềm biển.

- Bậc VII (có độ cao < 10 m): Bao gồm toàn bộ địa hình đồng bằng. Trong thực tế mực này có thể chia ra thành 2 phụ bậc:

+ Phụ bậc VIIa ($5 \div 10$ m): Mang tính chất của đồng bằng cao, ít chịu tác động của biển và lũ lụt.

+ Phụ bậc VIIb (< 5 m): Mang tính chất của đồng bằng thấp, chịu nhiều ảnh hưởng từ hoạt động của sông, biển và nhất là lũ lụt.

Như vậy địa hình lưu vực có sự phân bậc khá rõ. Tính phân bậc của địa hình phù hợp với tính phân bậc chung của địa hình địa khối Kon Tum và Trường Sơn Nam.

2.1.2.2 Đặc điểm chia cắt ngang của địa hình

Thuộc tính chia cắt ngang của địa hình thể hiện giá trị độ dài của dòng chảy thường xuyên và tạm thời trên một đơn vị diện tích, những khu vực có các cấp độ chia cắt ngang sau (mức độ chia cắt ngang tính theo đơn vị km/km²):

- Hầu như không bị chia cắt (< 0,5);
- Chia cắt ngang yếu (0,5 ÷ 1,5);
- Chia cắt ngang trung bình (1,5 ÷ 3,0);
- Chia cắt ngang mạnh (> 3,0).

Có thể thấy rằng những vùng được phân chia này mang tính quy luật chung và bao gồm những đặc điểm sau:

- Địa hình hầu như không bị chia cắt chỉ phân bố ở vùng cát ven biển;
- Địa hình bị chia cắt yếu ở vùng núi;
- Địa hình bị chia cắt ngang trung bình tập trung ở vùng đồi, đồng bằng và bề mặt trũng trước núi ở phía Tây Nam lưu vực;
- Địa hình bị chia cắt ngang mạnh tập trung thành cụm, điểm trên đồng bằng thấp.

2.1.2.3 Đặc điểm phân cắt sâu của địa hình

Đây là thuộc tính thể hiện giá trị về độ chênh cao của địa hình trên một đơn vị diện tích và nó cũng như độ dốc được gián tiếp thể hiện qua thuộc tính năng lượng của địa hình. Việc thành lập bản đồ phân cắt sâu địa hình đã phân chia vùng nghiên cứu thành những khu vực với các cấp độ phân cắt sâu khác nhau như sau (mức độ chia cắt ngang tính theo đơn vị m/km²):

- Hầu như không bị chia cắt (< 10);
- Chia cắt sâu yếu (10 ÷ 20);
- Chia cắt sâu trung bình (20 ÷ 100);
- Chia cắt sâu mạnh (100 ÷ 300);
- Chia cắt sâu rất mạnh (> 300).

Nhìn chung độ chia cắt sâu địa hình lưu vực có những đặc điểm sau:

- Mức độ chia cắt sâu mạnh và rất mạnh chiếm diện tích lớn và thuộc về miền núi của lưu vực;

- Mức độ chia cắt sâu trung bình chiếm tỉ lệ diện tích hạn chế dưới dạng vùng đồi chuyển tiếp giữa miền núi và đồng bằng;

- Mức độ chia cắt sâu yếu và hầu như không bị chia cắt chiếm tỉ lệ diện tích không lớn.

Tuy vậy, ở khu vực miền núi nơi mà những dòng sông suối cắt xẻ vào bề mặt cao nguyên bazan thì tại đó có sự biến động mạnh về độ chia cắt sâu, từ những giá trị rất lớn ở phần sườn dốc xuống đáy thung lũng, máng trũng với hình thái dạng hẻm vực tới giá trị khá nhỏ trên bề mặt cao nguyên.

Tuỳ theo điều kiện hình thành, trên lưu vực sông Ba có các nhóm đất chính sau

- Nhóm đất cát biển: Bao gồm các cồn cát và bãi cát ven biển cửa sông của đồng bằng Tuy Hòa. Hiện nay đất cát và các cồn cát ở hạ lưu sông Ba một số đã được trồng rừng phi lao phòng hộ, trồng dừa, cây ăn quả và rau màu năng suất thấp. Đại bộ phận đất cát biển và cồn cát còn hoang trống.

- Nhóm đất mặn và phèn: Phân bố ở vùng trũng thấp của hạ lưu ven biển như vùng cửa sông Đà Nông huyện Tuy Hòa. Đất thường xuyên úng ngập, được cải tạo để nuôi trồng thủy sản và sản xuất muối, một số diện tích còn hoang hóa.

- Nhóm đất phù sa: Tập trung chủ yếu ở đồng bằng hạ lưu Tuy Hòa. Ở phần trung lưu, tiểu vùng hợp lưu sông Ayun Pa và sông Ba và tiểu vùng hữu ngạn phụ lưu sông Iadun đất phù sa chiếm trên dưới 10% diện tích (khoảng 3.500 ha và 1.200 ha). Ở phần thượng lưu, đất phù sa chiếm diện tích nhỏ chủ yếu là loại phù sa ngòi suối và phù sa glây.

- Nhóm đất dốc tụ thung lũng: Nằm rải rác ở các huyện vùng thượng lưu và trung lưu như An Khê, KBang, Chư Sê, Krông Pa, Sơn Hòa... đang được khai thác trồng lúa nước, rau màu hoặc cây công nghiệp ngắn ngày. Vùng đất dốc tụ thung lũng thường chịu úng ngập cục bộ trước tiên khi mưa lớn kéo dài, đặc biệt ở các thung lũng kín hoặc lối thoát thủy hẹp.

- Nhóm đất xám và xám bạc màu: Phân bố ở vùng đồi gò chuyển tiếp lên vùng núi cao 50 ÷ 100 m ở các huyện Sông Hinh, Sơn Hòa, Krông Oa, Ayun Pa,

An Khê... đa số là đồi trọc với trảng cỏ tự nhiên xen cây bụi. Một số diện tích được khai thác trồng cây lương thực và hoa màu cho năng suất thấp do độ phì thấp.

- Nhóm đất đỏ vàng: Chiếm ưu thế ở vùng đồi núi trung lưu và thượng lưu. Diện tích nhóm đất này chiếm hơn 50-60% bề mặt lưu vực. Hiện nay trên đất bazan chỉ còn một diện tích nhỏ rừng ở đầu nguồn, hầu hết đã được khai thác để canh tác nông nghiệp.

- Nhóm đất mùn trên núi: Phân bố ở thượng lưu và trung lưu với diện tích không lớn. Đặc tính chung của các đơn vị đất này là: có tầng mùn dày song tầng đất mịn và vỏ phong hóa mỏng.

- Nhóm đất xói mòn trơ sỏi đá: Phân bố rải rác trên lưu vực, thường gặp nhất ở An Khê, Ayun Pa, vùng thượng lưu sông.

2.1.3. Điều kiện khí hậu – đặc điểm thủy văn

2.1.3.1. Mưa, đặc điểm của mưa

+ Mùa mưa, mùa khô

Khí hậu đặc trưng của lưu vực sông Ba là khí hậu nhiệt đới gió mùa nóng ẩm và mưa nhiều. Tuy nhiên, do lưu vực sông nằm trong cả hai vùng Tây Trường sơn và Đông Trường Sơn nên trên lưu vực có cả chế độ khí hậu Tây Trường Sơn và Đông Trường Sơn.

Khu vực Tây Trường sơn bao gồm vùng núi và cao nguyên ở phía bắc lưu vực thuộc tỉnh Gia Lai với trạm khí hậu đại biểu là trạm Pleiku. Khu vực này nằm trên sườn phía Tây của dãy Trường Sơn chịu ảnh hưởng của gió mùa Tây Nam từ vịnh Ben Gan thổi đến từ tháng V đến tháng X mang hơi ẩm vào lưu vực. Vì thế, mùa mưa trên khu vực này kéo dài 6 tháng, từ tháng V đến hết tháng X và mùa khô từ tháng XI đến tháng IV năm sau.

Khu vực Đông Trường Sơn là toàn bộ phần hạ du của lưu vực nằm ở sườn phía Đông của dãy Trường Sơn, bao gồm lưu vực Sông Hinh và vùng đồng bằng Tuy Hoà của tỉnh Phú Yên. Khu vực này chịu tác động mạnh của các nhiễu động thời tiết ở biển Đông như bão, áp thấp nhiệt đới kết hợp với gió mùa Đông Bắc từ tháng IX đến tháng XII gây mưa lớn tạo nên một mùa mưa ngắn chỉ kéo dài 3 hoặc 4 tháng, tức là từ tháng IX hoặc tháng X và kéo dài đến hết tháng XI hoặc tháng XII. Tám tháng còn lại (I-VIII) là các tháng mùa khô.

Khu vực trung gian bao gồm toàn bộ vùng thung lũng sông Ba từ An Khê đến Sơn Hoà. Khu vực này nằm trong vùng chuyển tiếp luôn chịu tác động qua lại của hai luồng không khí Đông Bắc và Tây Nam nên tạo ra chế độ khí hậu trung gian giữa hai chế độ khí hậu Đông và Tây Trường Sơn. Trong khu vực trung gian, tháng bắt đầu mùa mưa rất không ổn định phụ thuộc vào mức độ mạnh hay yếu của gió mùa Tây Nam. Thí dụ phân tích tài liệu mưa tại trạm An Khê cho thấy những năm gió mùa Tây Nam hoạt động mạnh thì khu vực trung gian cũng có mùa mưa đến sớm từ tháng V, tháng VI hay tháng VII và thường kết thúc tháng XI và như vậy khu vực có mùa mưa tương đối dài tới 6 hay 7 tháng. Tuy nhiên, những năm gió mùa Tây Nam hoạt động yếu thì vùng này mùa mưa cũng chỉ bắt đầu từ tháng VIII hoặc từ tháng IX như khu vực Đông Trường Sơn. Nếu tính chặt chẽ theo chỉ tiêu vượt trung bình thì mùa mưa của khu vực trung gian cũng chỉ bắt đầu từ tháng VIII và kết thúc vào tháng XI.

Sự biến đổi của thời gian mùa mưa và mùa khô trên lưu vực sông Ba trong các khu vực như trên cho thấy tính phức tạp của chúng do ảnh hưởng của địa hình và điều kiện khí hậu của lưu vực. Trong khi một số nơi ở thượng du và trung du của sông đã là mùa mưa như các tháng V-VIII thì vùng hạ du vẫn đang trong thời kỳ khô hạn, còn khi thượng du và trung du đã kết thúc mùa mưa như tháng X, XI thì vùng hạ du vẫn trong mùa mưa lớn. Điều này sẽ ảnh hưởng đến chế độ thủy văn của sông cũng như chế độ canh tác phù hợp với điều kiện nguồn nước trên các vùng khác nhau của lưu vực.

+ Mưa năm và sự biến đổi của mưa năm

Lưu vực sông Ba có lượng mưa năm ở mức trung bình. Chuẩn mưa năm Xo của các trạm trên lưu vực như trong bảng 2-2 biến đổi trong khoảng từ 1300 mm đến 2200 mm.

Điều kiện địa hình và khí hậu cũng khiến cho biến đổi của lượng mưa năm trên lưu vực cũng rất không đều. Những vùng mưa lớn do ảnh hưởng của độ cao và hướng đón gió của địa hình lượng mưa có thể gấp 2 lần những vùng mưa nhỏ nằm trong các máng trũng thấp của lưu vực sông. Nói chung vùng mưa lớn nhất là khu vực thượng nguồn sông Hinh và thượng nguồn sông Ba với địa hình thuận lợi cho việc đón gió Tây nam và Đông Bắc, lượng mưa năm có thể 2000 -3000

mm, còn vùng mưa bé nhất là vùng máng trũng khuất gió của khu vực trung gian như tại Cheo Reo, Phú Túc

Vùng núi thượng nguồn An Khê nằm ở Tây Trường sơn, nhưng do ảnh hưởng của các dãy núi cao thượng nguồn nên cũng là vùng có lượng mưa lớn thứ hai của lưu vực với lượng mưa năm các năm mưa lớn có thể 2000-2500 mm. Giá trị X₀ tại An Khê là 1447 mm và tại thượng nguồn sông có thể đến 1800 mm.

Dọc theo thung lũng sông Ba là một vùng khuất gió do địa hình có dạng một máng trũng thấp, vì thế vùng này có lượng mưa nhỏ, nhỏ nhất là dải bồn trũng Cheo Reo, Phú Túc với X₀ không vượt quá 1300 mm.

Bảng 2. 2: Chuẩn mưa năm các trạm trên lưu vực sông Ba và khu lân cận

STT	Trạm	X ₀ (mm)	STT	Trạm	X ₀ (mm)
1	An Khê	1447	7	Sông Hình	2160
2	Cheo Reo	1297	8	Sơn Thành	2084
3	Củng Sơn	1605	9	Sông Cầu	1638
4	M'Đrak	1770	10	Pleiku	2163
5	Tuy Hoà	1971	11	Kon Tum	1689
6	Phơ Mơ Rê	1786			

2.1.3.2 Bốc hơi

Trên lưu vực sông Ba, lượng bốc hơi cũng biến động theo các khu vực. Lượng bốc hơi năm trung bình nhiều năm đo bằng ống piche tại An Khê là 1318mm, tại Cheo Reo là 1456 mm, tại Sơn Hòa là 1444 mm. Lượng bốc hơi trong các tháng mùa khô lớn, lớn nhất trong giai đoạn tháng III đến tháng VIII với lượng bốc hơi tháng biến đổi trong khoảng 100 -200 mm, còn các tháng bốc hơi nhỏ thì lượng bốc hơi tháng chỉ trong khoảng 60-70 mm như là các tháng mùa lũ X-XII.

Bảng 2. 3: Lượng bốc hơi ống piche trung bình tháng trên lưu vực sông Ba (mm)

Trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
An Khê	4.63	3.08	35.1	47.1	47.2	48.1	42.8	31.5	10.5	7.93	3.45	6.68	318
Cheo Reo	15.0	134.0	199.9	189.6	153.4	128.6	123.9	111.8	75.6	64.20	70.9	87.30	1456
Sơn Hòa	74.7	92.9	132.2	149.3	163.3	170.5	191.0	188.5	105.2	61.60	54.4	60.10	1444

2.1.3.3 Nhiệt độ không khí

Nhiệt độ không khí trên lưu vực sông Ba có xu hướng tăng dần từ Bắc xuống Nam, từ Tây sang Đông với nhiệt độ không khí trung bình năm biến đổi trong khoảng 23 –26⁰C. Trong năm nóng nhất là các tháng IV-VI, lạnh nhất là tháng XII và tháng I.

Tháng có nhiệt độ cao nhất ở thượng du và trung du là tháng IV (24-26⁰C), ở hạ du là tháng VI và VII (28-29⁰C). Tháng có nhiệt độ thấp nhất trên toàn lưu vực là tháng I, trong đó nhiệt độ ở vùng núi là 19-22⁰C, ở thung lũng và đồng bằng là 22-23⁰C. Đặc trưng nhiệt độ không khí các trạm khí tượng đại biểu trên lưu vực sông Ba biểu thị trong bảng 2-4.

Bảng 2. 4: Nhiệt độ không khí trung bình tháng các trạm trên lưu vực sông Ba (°C)

Trạm	Tháng												Năm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
An Khê	19.7	21.0	23.1	25.3	26.1	26.0	25.5	25.2	24.6	23.4	21.7	20.0	23.5
Cheo Reo	22.0	23.9	26.6	28.2	28.1	27.9	26.9	26.6	26.1	25.2	23.9	22.3	25.6
Nhơn Hoà	22.0	23.2	25.4	27.6	28.7	28.6	28.4	28.3	26.8	25.4	24.1	22.4	25.9

2.1.3.4 Chế độ dòng chảy

Lưu vực sông Ba với diện tích tới cửa sông là 13.900 km² là một lưu vực sông tương đối lớn ở khu vực Miền trung và Tây nguyên. Sông chảy trong một vùng địa hình tương đối phức tạp và đa dạng với núi cao ở thượng lưu, có vùng cao nguyên rộng lớn tại Gia Lai., có vùng đồi núi thấp chạy dài theo một máng trũng thấp của lòng sông chính, và có vùng đồng bằng rộng lớn ở lưu sông.

Sông Ba cũng có một chế độ khí hậu khá đa dạng do lưu vực sông nằm trong vùng giao lưu của hai luồng gió Tây và Đông Trường Sơn, nhưng lại bị các dãy núi cao của dãy Trường Sơn án ngữ, khiến cho lượng mưa năm trên lưu vực không được phong phú cho lắm. Mặt khác do đặc điểm về thổ nhưỡng, mặt đệm và chế độ nhiệt làm cho tổn thất nước mưa tăng lên, nhất là trong các tháng đầu mùa mưa. Moduyn dòng chảy năm bình quân nhiều năm của dòng chính sông Ba chỉ đạt xấp xỉ 22 l/s.km² nên thuộc loại thấp so với các lưu vực sông khác khu vực Ven biển Miền Trung. Tiềm năng nguồn nước sông Ba tại Củng Sơn và Tuy Hoà như bảng 2-5 với tổng lượng nước trung bình nhiều năm của sông đổ ra biển Đông là khoảng 9,8 tỷ m³ một năm.

Bảng 2. 5: Tiềm năng nguồn nước lưu vực sông Ba

Vị trí	F (km ²)	Q _o (m ³ /s)	W _o (Tr.m ³)
Củng Sơn	12410	275,7	8690
Tuy Hoà	13900	312,0	9800

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Phân tích lựa chọn mô hình thủy văn

Ở nước ngoài, trong vài thập kỷ gần đây mô hình số mô phỏng được sử dụng ngày càng phổ biến và trở thành một công cụ hữu ích trong mô phỏng, dự báo tác nghiệp. Thực tế, các phương pháp dự báo dòng chảy bắt đầu phát triển từ những năm 1950 chủ yếu tập trung phương pháp thông kê cổ điển như phương pháp phân tích diễn biến dòng chảy; phương pháp phân tích tương quan, phương pháp xác suất thống kê (mô hình ARIMA, mô hình Thomas- Fiering, ANN, Monte Carlo...). Từ năm 1980 đến nay, với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ máy tính, rất nhiều hệ thống dự báo nghiệp vụ đã và đang được phát triển dựa trên sự kết hợp các mô hình thủy văn, thủy lực. Mô hình thủy văn được phát triển từ những năm 1930 (Kite & Pietroniro, 1996). Hiện nay một số lượng lớn các mô hình thủy văn có sẵn và được sử dụng rộng rãi trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước (Masih et al., 2011). Ví dụ một số mô hình thủy văn phổ biến như: SWAT, MIKE SHE, HEC-HMS, SWMM, HBV,... Về cơ bản có 3 loại mô hình thủy văn (Kite & Pietroniro, 1996): mô hình tập trung (TANK, SWMM, HEC-HMS, NAM), Mô

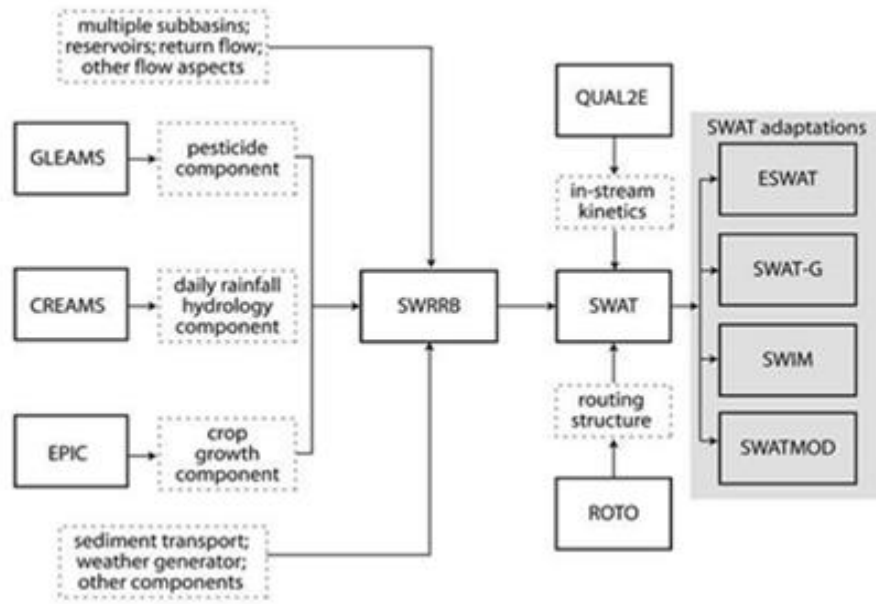
hình bán phân bố (SWAT, TOPMODEL, BTOPMODEL, ISIS, HBV/HYPE), và mô hình phân bố (MIKE – SHE).

Các mô hình sau yêu cầu về dữ liệu phức tạp hơn và mô tả điều kiện sinh ra của dòng chảy gần với thực tế hơn. Chọn một mô hình phù hợp cho vùng nghiên cứu là yếu tố hàng đầu để có mô phỏng điều kiện thủy văn tốt. Mô hình có thể được chọn phụ thuộc vào tính năng của mô hình, công cụ, phần mềm hỗ trợ của nó, mục đích, yêu cầu của các mô phỏng, sự sẵn có của dữ liệu và lịch sử áp dụng mô hình ở các khu vực cụ thể. Trong khuôn khổ của nghiên cứu, điều kiện địa lý tự nhiên của khu vực nghiên cứu và cơ sở dữ liệu khí tượng thủy văn, mô hình SWAT được lựa chọn để mô phỏng dòng chảy và đánh giá sự thiếu hụt dòng chảy cho nghiên cứu. mô hình được chọn là mô hình mã nguồn mở với khả năng thích ứng với các mục đích cụ thể. Mô hình mã nguồn mở được xem như lựa chọn tốt với khả năng cho phép người dùng tự cập nhật hay sửa lỗi các đoạn code trong khi mô hình mã khóa thường gặp lỗi khi chuyển giao hay cập nhật các phiên bản.

2.2.2 Tổng quan mô hình SWAT

SWAT (Soil and Water Assessment Tool) là công cụ đánh giá nước và đất được xây dựng bởi tiến sĩ Jeff Arnold ở Trung tâm Phục vụ Nghiên cứu Nông nghiệp (ARS- Agricultural Research Service) thuộc Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA- United States Department of Agriculture) và giáo sư Srinivasan thuộc Đại học Texas A&M, Hoa Kỳ.

SWAT cho phép mô hình hóa nhiều quá trình vật lý trên cùng một lưu vực. Mô hình được xây dựng để mô phỏng ảnh hưởng của việc quản lý sử dụng nguồn tài nguyên đất của đến nguồn nước, sự bồi lắng và lượng hóa chất sinh ra từ mất rừng và hoạt động nông nghiệp trên những lưu vực rộng lớn và phức tạp trong khoảng thời gian dài. Mặc dù được xây dựng trên nền các quan hệ thể hiện bản chất vật lý của hiện tượng tự nhiên với việc sử dụng các phương trình tương quan, hồi qui để mô tả mối quan hệ giữa thông số đầu vào (Sử dụng đất/thảm thực vật, đất, địa hình và khí hậu) và thông số đầu ra (lưu lượng dòng chảy, bồi lắng, ...), SWAT còn yêu cầu các số liệu về thời tiết, sử dụng đất, địa hình, thực vật và tình hình quản lý tài nguyên đất trong lưu vực.



Hình 2. 2 Sơ đồ phát triển của mô hình SWAT

(Nguồn: Philip W.G. et al., 2009)

Mô hình SWAT có nhiều ưu điểm so với các mô hình trước đó là khi mô phỏng SWAT sẽ phân chia lưu vực lớn thành các tiểu lưu vực, các đơn vị thủy văn dựa trên bản đồ sử dụng đất, thổ nhưỡng, địa hình để tăng mức độ chi tiết mô phỏng về mặt không gian. Mô hình SWAT sẽ trực tiếp tính toán các quá trình tự nhiên liên quan tới chuyển động của nước, lắng đọng bùn cát, tăng trưởng mùa màng, chu trình chất dinh dưỡng,... dựa vào các thông số dữ liệu đầu vào. Do vậy mô hình còn có khả năng dự báo thông qua việc thay đổi dữ liệu đầu vào (quản lý sử dụng đất, khí hậu, thực vật...) đều định lượng được những tác động của sự thay đổi đến dòng chảy ra của các lưu vực hoặc các thông số khác; có hiệu quả cao, có thể tính toán và mô phỏng trên lưu vực rộng lớn hoặc hỗ trợ ra quyết định đối với những chiến lược quản lý đa dạng, phức tạp với sự đầu tư kinh tế và thời gian thấp; cho phép người sử dụng nghiên cứu những tác động trong thời gian dài. Nhiều vấn đề hiện nay được SWAT xem xét không những lưu lượng dòng, đỉnh lũ mà còn đến như sự tích lũy chất ô nhiễm và những ảnh hưởng đến vùng hạ lưu. Hiện nay trong nước đã xuất hiện nhiều mô hình thủy văn phân chia, đánh giá tài nguyên nước, tính toán lũ cho các lưu vực như MIKEBASIN, HEC-HMS, ANSWERS,

AGNPS... nhưng hầu các mô hình thường không đi kèm các công cụ hiệu chỉnh, kiểm định một cách tự động để tăng độ tin cậy. SWAT cung cấp công cụ cho việc hiệu chỉnh và kiểm định một cách tự động SWAT-CUP, nhằm rút gọn thời gian nhưng vẫn mang lại tính chính xác và hiệu quả cho người sử dụng.

SWAT tích hợp nhiều mô hình của ARS, nó được phát triển từ mô hình mô phỏng tài nguyên nước lưu vực nông thôn (Simulator for Water Resources in Rural Basins - SWRRB) (Williams et al., 1985; Arnold et al., 1990). Những mô hình góp phần vào sự phát triển của SWAT bao gồm: hệ thống quản lí nông nghiệp về hóa chất, rửa trôi và xói mòn (Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems - CREAMS) (Knisel, 1980); mô hình những ảnh hưởng của sự tích trữ nước ngầm (GLEAMS - Groundwater Loading Effects on Agricultural Management Systems) (Leonard et al., 1987), đây là phần mở rộng của CREAMS bao gồm bốn thành phần: thủy văn, xói mòn/ bồi lắng, sự di chuyển của thuốc bảo vệ thực vật và dinh dưỡng và mô hình tính toán những ảnh hưởng của các hoạt động sản xuất đến sự xói mòn (EPIC – Erosion Productivity Impact Calculator) (Williams et al., 1984).

Quá trình phát triển của SWRRB bắt đầu với việc sửa đổi mô hình thủy văn về lượng mưa ngày của mô hình CREAMS. Các thay đổi chính so với mô hình thủy văn CREAMS bao gồm: 1) mô hình đã được mở rộng để cho phép đồng thời tính toán trên nhiều lưu vực con để dự đoán dòng chảy từ nước mưa; 2) bổ sung thêm mô hình về nước ngầm, hay mô hình về dòng chảy hồi lưu; 3) bổ sung mô-đun hồ chứa nhằm tính toán tác động của ao hồ nông trại và hồ chứa nước đến chế độ dòng chảy và lưu lượng bùn lắng; 4) thêm mô hình mô phỏng thời tiết chứa đựng các dữ liệu cho lượng mưa, bức xạ mặt trời, và nhiệt độ nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho các mô phỏng lâu dài và cung cấp biến động thời tiết theo thời gian và không gian

Mô hình được chú trọng sử dụng trong cuối những năm 1980 chủ yếu nhằm đánh giá chất lượng nước và sự phát triển của SWRRB đã chứng tỏ điều này.

Những cải tiến đáng kể của mô hình SWRRB vào thời gian đó bao gồm sự kết hợp với: 1) thành phần mô phỏng thuốc trừ sâu trong mô hình GLEAMS; 2) phương pháp SCS để tính toán giá trị cực đại của tốc độ dòng chảy mặt đất.

Vào cuối những năm 1980, Cục các vấn đề về người da đỏ (the Bureau of Indian Affairs) cần một mô hình để ước lượng tác động vào dòng chảy hạ lưu của công tác quản lý nguồn nước trong phạm vi lưu vực khu đất giành cho người da đỏ ở Arizona và New Mê-hi-cô. Trong khi SWRRB đã được sử dụng một cách dễ dàng cho các sông có diện tích lên đến vài trăm km vuông, Cục các vấn đề về người da đỏ muốn mô phỏng dòng chảy cho lưu vực rộng hàng nghìn km vuông. Đối với khu vực rộng lớn như vậy, lưu vực được nghiên cứu cần thiết phải phân chia thành vài trăm lưu vực con. SWRRB chỉ cho phép chia lưu vực thành 10 lưu vực con và mô hình tính truyền vận chuyển dòng nước và bùn lắng ra khỏi lưu vực con trực tiếp đến điểm ra của lưu vực dòng sông. Những hạn chế này đã dẫn đến sự phát triển của một mô hình có tên gọi là ROTO (Routing Output To Outlet) (Arnold et al., 1995), trong đó kết quả từ nhiều lần chạy mô hình SWRRB cho các lưu vực con được chuyển theo dòng chảy trong các kênh và hồ chứa. ROTO cung cấp một phương pháp tiếp cận tính toán theo từng đoạn sông và khắc phục được nhược điểm của SWRRB về giới hạn số lưu vực con bằng cách "liên kết" nhiều lần chạy mô hình SWRRB lại với nhau. Mặc dù phương pháp tiếp cận này rất hiệu quả, những dữ liệu đầu vào và dữ liệu đầu ra của nhiều lần chạy SWRRB trở nên cồng kềnh và cần khả năng lưu trữ lớn trong máy tính. Ngoài ra, tất cả các lần chạy mô hình SWRRB phải được thực hiện độc lập và sau đó nhập kết quả vào mô hình ROTO để thực hiện bước tính truyền theo các kênh và hồ chứa. Để khắc phục được những rắc rối này, mô hình SWRRB và ROTO đã được kết hợp thành một mô hình duy nhất, có tên gọi là SWAT. Trong khi SWAT cho phép mô phỏng khu vực rất rộng lớn, nó giữ lại tất cả các tính năng đã làm cho mô hình SWRRB có giá trị như một mô hình mô phỏng.

Từ khi SWAT được tạo ra vào đầu những năm 1990, nó đã liên tục trải qua nhiều lần được xem xét, đánh giá và cải tiến nhằm mở rộng khả năng mô phỏng. Những cải tiến đáng kể nhất của các mô hình theo các phiên bản khác nhau bao gồm:

- SWAT94.2: Bổ sung khái niệm đơn vị thủy văn (HRUs).

- SWAT96.2: PBa án tự động bón phân và tưới nước được thêm vào như là những quản lý tùy chọn; tính toán lượng nước do tán lá cây lưu trữ; thành phần mô phỏng CO₂ trong mô hình tăng trưởng cây trồng phục vụ các nghiên cứu về biến đổi khí hậu; bổ sung phương trình Penman-Monteith về bốc thoát nước tiềm năng; dòng chảy theo chiều ngang trong đất dựa trên mô hình lưu trữ động thái; bổ sung phương trình chất lượng nước về thành phần dinh dưỡng của dòng chảy từ mô hình QUAL2E; tính truyền vận chuyển thuốc trừ sâu trong dòng chảy sông suối.

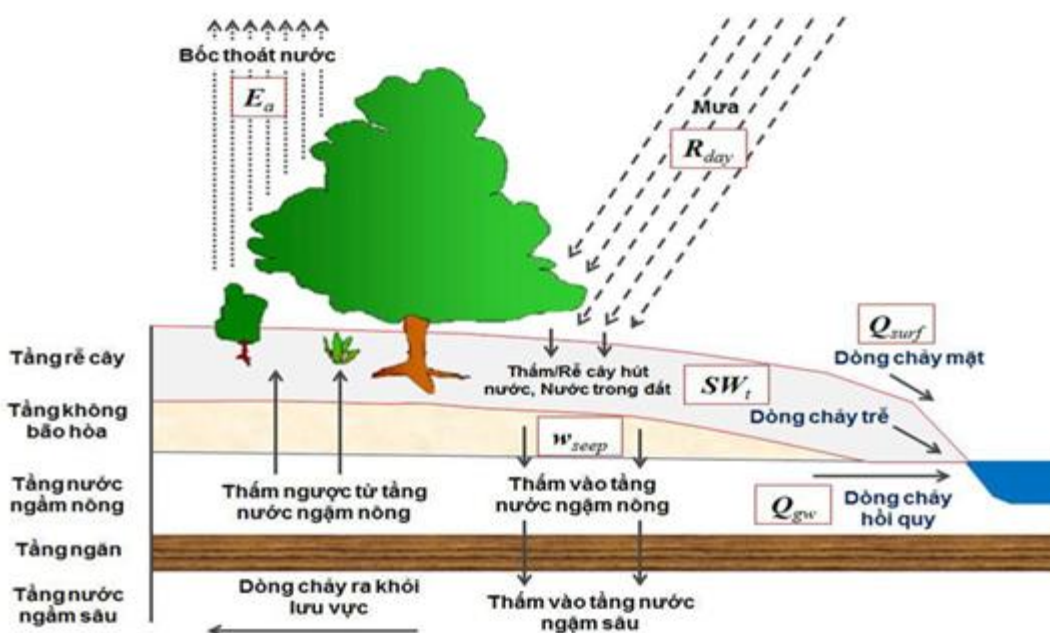
- SWAT98.1: Cải tiến phương trình con về mô phỏng lượng tuyết tan; cải thiện tính toán chất lượng nước trong dòng sông suối; mở rộng tính truyền vòng tuần hoàn chất dinh dưỡng; tác động chặn thả đồng cỏ, tác động cách thức áp dụng phân bón, và thêm pBa án tiêu nước sử dụng cày sâu như là một phương thức quản lý, sửa đổi mô hình để có thể áp dụng ở khu vực Nam bán cầu.

- SWAT99.2: Cải tiến tính truyền vòng tuần hoàn chất dinh dưỡng, cải tiến tính toán ruộng lúa/đầm lầy, bổ sung phần ước tính lượng tổn thất chất dinh dưỡng do quá trình bồi lắng trong hồ chứa, ao, đầm lầy; bổ sung lượng nước chứa được do bờ sông, bổ sung tính truyền kim loại theo thứ tự các đoạn sông suối; tất cả các năm tài liệu tham khảo trong mô hình đã thay đổi biểu thị từ 2 chữ số thành 4 chữ số, bổ sung phương trình ảnh hưởng các khu đô thị lên dòng chảy từ mô hình SWMM theo phương trình quan hệ của Cơ quan Thăm dò Địa chất

- SWAT2000: Bổ sung tính truyền vận chuyển vi khuẩn trong dòng chảy; bổ sung phương trình thẩm Green & Ampt, cải thiện mô hình mô phỏng thời tiết, cho phép đọc vào hoặc mô phỏng dữ liệu bức xạ mặt trời hàng ngày, độ ẩm tương

đôi, và tốc độ gió; cho phép đọc vào hoặc ước tính các giá trị bốc thoát nước tiềm năng ET cho lưu vực; xem xét lại tất cả các phương pháp ước tính ET tiềm năng; cải thiện quá trình liên quan đến độ cao của bờ sông; cho phép mô phỏng không giới hạn số lượng hồ chứa; bổ sung phương pháp tính truyền Muskingum; sửa đổi tính toán mô phỏng trạng thái ngưng hoạt động sông (ngủ đông) cho phù hợp với các khu vực nhiệt đới.

- WAT2005: Cải thiện tính truyền vận chuyển vi khuẩn trong dòng chảy; thêm kịch bản dự báo thời tiết; bổ sung phần mô phỏng lượng mưa rơi; thông số lưu trữ nước trong tính toán giá trị CN hàng ngày có thể là hàm số của lượng nước trong đất (độ ẩm đất) hay của lượng bốc thoát hơi nước từ cây cối.



Hình 2. 3: Sơ đồ chu trình thủy văn trong pha đất

(Nguồn: Susan L.N. et al., 2009)

- Phiên bản hiện tại đang được phát triển là SWAT2012. Ngoài những thay đổi đã được liệt kê ở trên, giao diện cho các mô hình đã được phát triển cho môi trường hệ điều hành Windows (Visual Basic), GRASS, và ArcView. Theo định hướng phát triển trong thời gian sắp tới, SWAT sẽ tiếp tục được phát triển, tập trung chính vào các mảng sau:

- Mở rộng phạm vi mô phỏng gồm cả thời gian và không gian

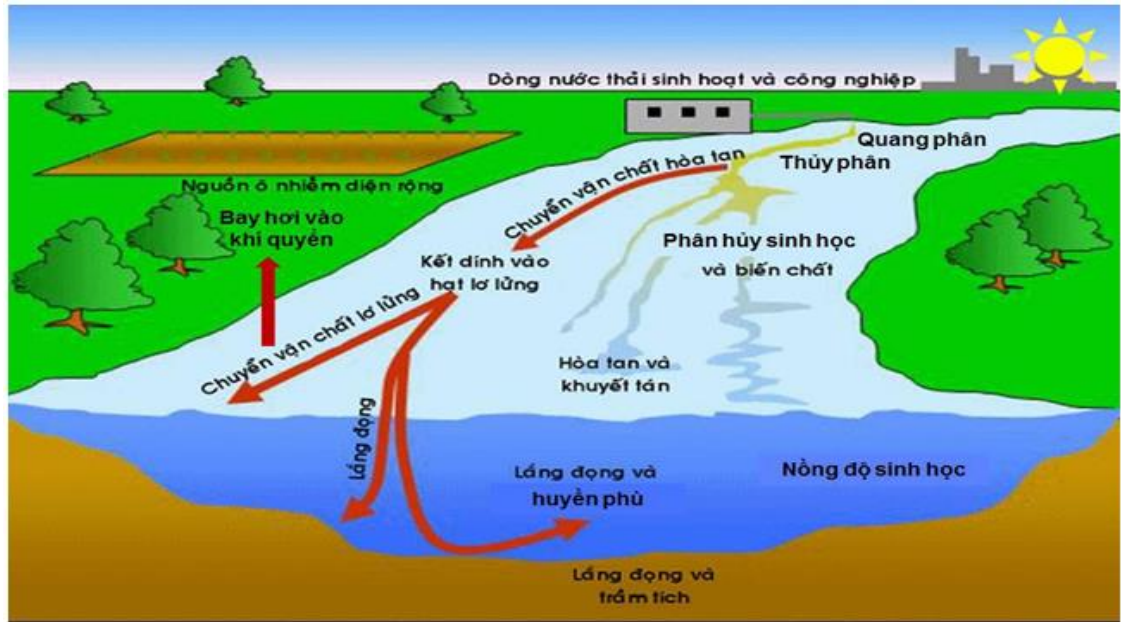
- Cung cấp nguồn dữ liệu đầu vào sẵn có, miễn phí và đảm bảo chất lượng như thời tiết, thủy văn, thổ nhưỡng, hoạt động sản xuất nông nghiệp
- Hiệu chỉnh, phân tích tính bất định của mô hình
- Mô phỏng theo thời gian thực
- Tích hợp với các mô hình khác như APEX, SWMM(EPA), ALMANAC, DSSAT
- Hợp tác phát triển mô hình với các tổ chức như CGIAR, ISRIC,...
- Tăng cường đào tạo, truyền thông về SWAT
- Xây dựng nhiều tùy chọn cho người sử dụng SWAT về các phiên bản sử dụng (SWAT 2005, 2009, 2012), các phần mềm hỗ trợ như ArcGIS (ArcSWAT), Map Window (MWSWAT), SWAT-CUP (Calibration and Uncertainty Program), SWAT Plot/Graph, VIZSWAT (Output Visualization), các tài liệu hướng dẫn đa ngôn ngữ.

2.2.3 Nguyên lý mô phỏng SWAT

Cho dù nghiên cứu vấn đề gì trong SWAT thì cân bằng nước vẫn là lực chi phối phía sau tất cả những thứ xuất hiện trong lưu vực. Để dự báo chính xác sự di chuyển của thuốc trừ sâu, phù sa và dưỡng chất thì chu trình thủy văn được mô phỏng bởi SWAT cần phải phù hợp với những diễn biến đang xảy ra trong lưu vực.

Mô hình thủy học trong lưu vực được phân chia thành hai nhóm chính (Susan L.N. et al., 2009):

- Pha đất của chu trình thủy văn: kiểm soát lượng nước, phù sa, dinh dưỡng và thuốc trừ sâu được đưa từ trong mỗi tiểu lưu vực ra sông chính
- Pha nước của chu trình thủy văn: kiểm soát quá trình di chuyển của dòng nước, quá trình bồi lắng, v.v...diễn ra thông qua hệ thống sông ngòi của lưu vực đến cửa xả.



Hình 2. 4: Sơ đồ các quá trình diễn ra trong dòng chảy

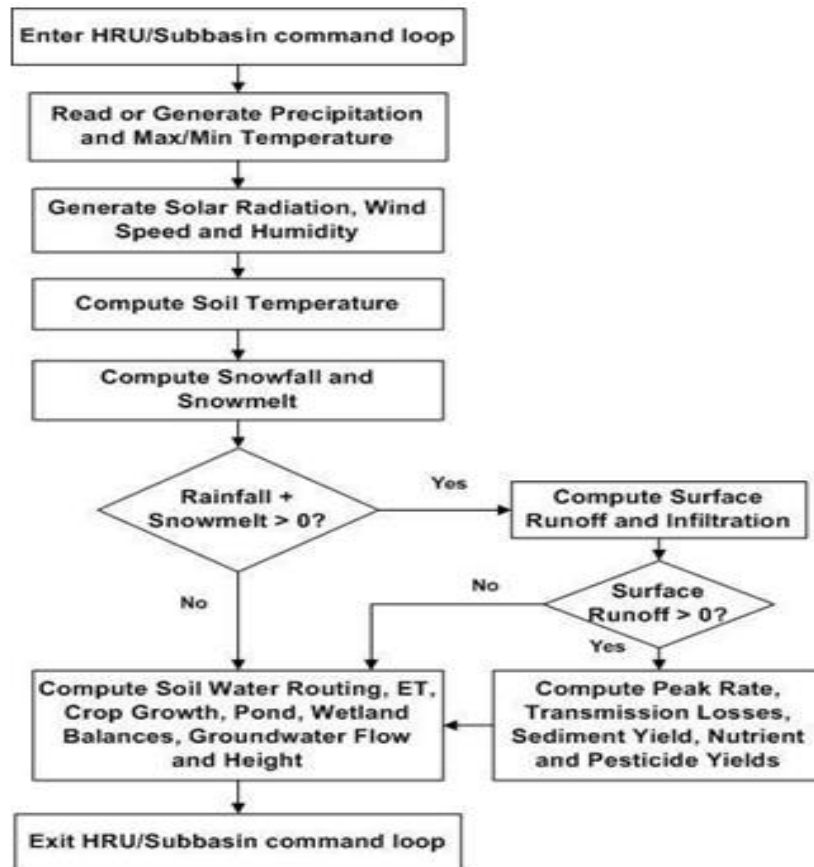
(Nguồn: Susan L.N. et al., 2009)

Pha đất của chu trình thủy văn. SWAT mô hình hóa chu trình nước dựa trên cơ sở phương trình cân bằng nước sau (Susan L.N. et al., 2009):

Trong đó,

- SW_t : lượng nước trong đất tại thời điểm t ($\text{mm H}_2\text{O}$)
- SW_0 : lượng nước trong đất tại thời điểm ban đầu trong ngày thứ i ($\text{mm H}_2\text{O}$)
- R_{day} : lượng nước mưa trong ngày thứ i ($\text{mm H}_2\text{O}$)
- Q_{surf} : lượng dòng chảy bề mặt trong ngày thứ i ($\text{mm H}_2\text{O}$)
- E_a : lượng nước bốc hơi trong ngày thứ i ($\text{mm H}_2\text{O}$)
- Q_{gw} : lượng nước ngầm chảy ra sông trong ngày thứ i ($\text{mm H}_2\text{O}$)

Quá trình chia nhỏ lưu vực thành các tiểu lưu vực và HRUs làm cho việc mô tả cân bằng nước thêm độ chính xác và tốt hơn.



Hình 2. 5: Vòng lặp HRU/ Tiểu khu vực

(Phỏng theo Susan L.N. et al., 2009)

Trình tự các bước SWAT mô phỏng chu trình thủy văn trong pha đất được thể hiện trong Hình 2.5 . Các dữ liệu đầu vào và tiến trình liên quan đến pha đất của chu trình thủy văn bao gồm: khí hậu, thủy văn, thực phủ/ sự phát triển cây trồng, xói mòn, dưỡng chất, thuốc trừ sâu, quản lý.

Pha nước của chu trình thủy văn

SWAT xác định quá trình di chuyển nước, phù sa, dưỡng chất và thuốc trừ sâu vào mạng lưới sông ngòi của lưu vực bằng cách sử dụng cấu trúc lệnh (Williams and Hann, 1972 trích dẫn trong Susan L.N. et al., 2009, p.20). Thêm vào đó, để thể hiện dòng di chuyển của hóa chất, SWAT mô phỏng sự biến đổi của hóa chất trong kênh, rạch và sông chính.

Thông số của mô hình:

Tùy thuộc từng lựa chọn các mô đun của người sử dụng, mô hình sẽ có các thông số khác nhau. Đối với việc áp dụng mô hình SWAT mô phỏng dòng chảy từ mưa, một số thông số cơ bản sau cần lưu ý:

Các thông số tính toán dòng chảy trực tiếp:

- Sử dụng phương pháp chỉ số SCS
CN2: chỉ số CN ứng với điều kiện độ ẩm II.
- Sử dụng phương pháp Green và Ampt
SOL_K: độ dẫn thủy lực ở trường hợp bão hòa
CN2: chỉ số CN ứng với điều kiện độ ẩm II
SOL_BD: mật độ khối của lớp đất
CLAY: % đất sét
SAND: % đất cát

Các thông số tính toán lưu lượng đỉnh lũ:

- OV_N: hệ số nhám sườn dốc
- CH_N(1): hệ số nhám kênh dẫn
- Thông số tính toán tổn thất dọc đường:
CH_K: độ dẫn thủy lực kênh dẫn

Thông số tính toán tổn thất bốc hơi:

- CANMX: lượng trữ lớn nhất của vòn cây
- ESCO: hệ số bốc hơi của đất
- Thông số tính toán dòng chảy ngầm:
GWQMN: ngưỡng sinh dòng chảy ngầm
ALPHA_BF: hệ số triết giảm
REVAPMN: ngưỡng sinh dòng chảy thấm xuống tầng ngậm nước sâu

Thông số diễn toán dòng chảy trong kênh chính:

- CH_N(2): hệ số nhám của kênh chính
- MSK_X: hệ số trọng số
- MSK_CO1: hệ số C1
- MSK_CO2: hệ số C2
- CH_K(2): hệ số dẫn thủy lực kênh chính
- EVRCH: hệ số hiệu chỉnh bốc hơi kênh chính

CHƯƠNG III - KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY TRÊN LƯU VỰC SÔNG BA TRONG ĐIỀU KIỆN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

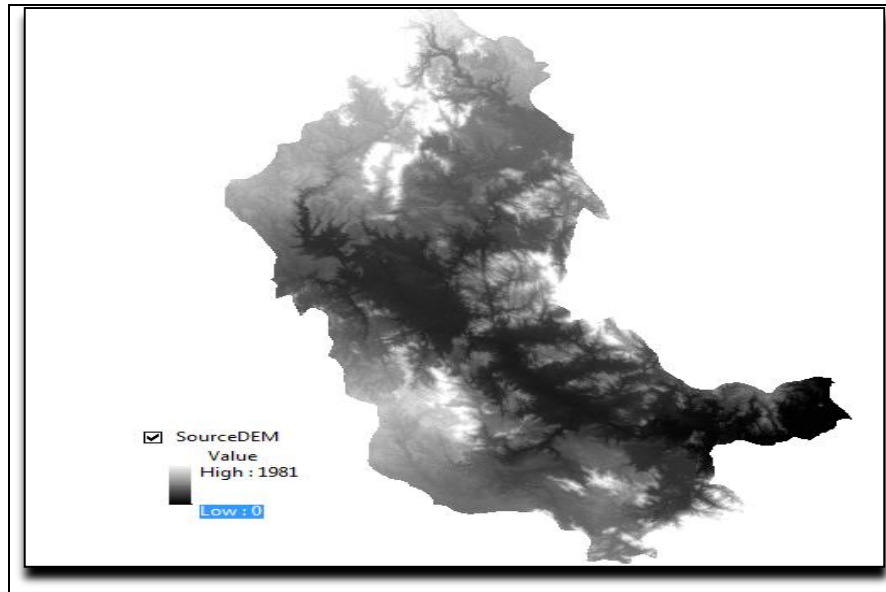
3.1 Nghiên cứu thiết lập mô hình thủy văn dự báo dòng chảy đến các trạm đo cho thượng nguồn lưu vực sông Ba

Chuỗi số liệu khí tượng (bốc hơi, nhiệt độ) và thủy văn (lưu lượng) trung bình ngày được trích xuất từ năm 1986 đến năm 2005 cho 7 trạm khí tượng - thủy văn hiện có trên lưu vực được thể hiện trong bảng sau:

Bảng 3. 1: Danh sách các trạm khí tượng - thủy văn trên lưu vực

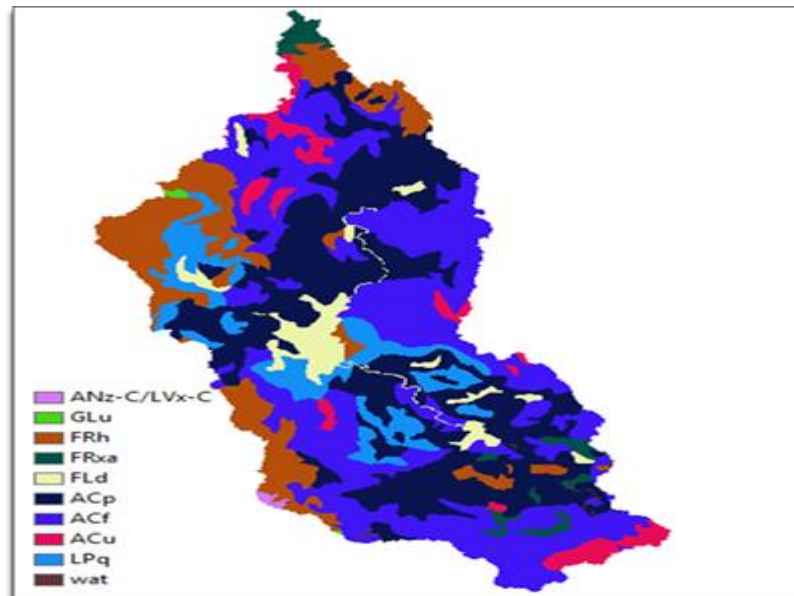
STT	Tên trạm	Kinh độ	Vĩ Độ	Cao độ (m)
1	Pơ mơ rê	14.02	108.21	830
2	An Khê	13.56	108.39	428
3	Chư Sê	13.41	108.10	403
4	Đắk Đoa	13.56	108.12	606
5	Kbang	14.12	108.31	597
6	Anyunpa	13.27	109.10	220
7	Củng Sơn	13.01	108.59	86

Mô hình cao độ số (DEM) được thu thập từ dữ liệu cao độ số toàn cầu ASTER (Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer) của NASA với độ phân giải 30 x 30m, giá trị độ cao từ 0 - 1981m.



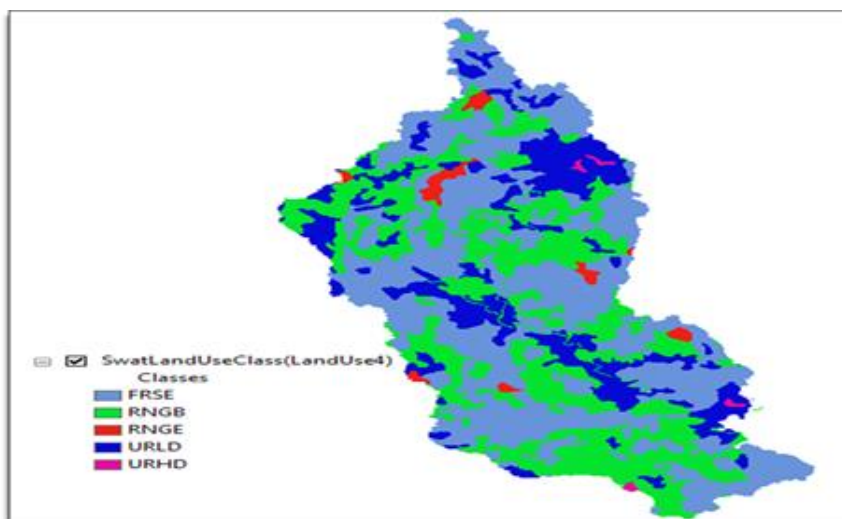
Hình 3. 1: Bản đồ DEM khu vực nghiên cứu

Bản đồ thổ nhưỡng lưu vực sông Ba thu thập từ Viện khoáng sản và địa chất. Các loại đất được mã hóa theo quy định của mô hình SWAT bao gồm đất nâu đỏ, đất xám bạc màu, đất đen có tầng loang lổ, đất đen nứt nẻ, đất mới biến đổi trung tính ít chua, đất nứt nẻ loang lổ, đất phù sa, đất Glây trung tính ít chua.



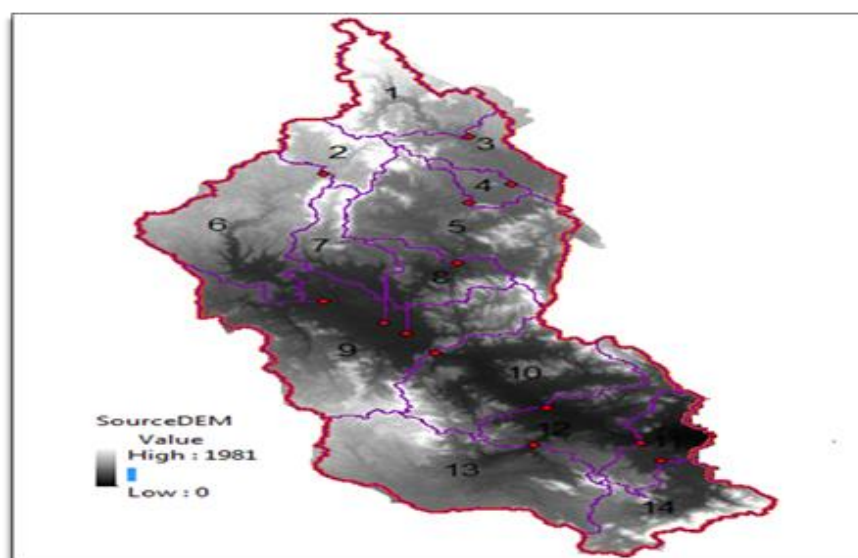
Hình 3. 2: Bản đồ phân loại đất khu vực nghiên cứu

Bản đồ sử dụng đất lưu vực sông Ba được giải đoán từ ảnh vệ tinh Landsat 4,5 TM tải từ trang web <http://earthexplorer.usgs.gov> với độ phân giải 30x30m. Tương tự như bản đồ khác, bản đồ thảm phủ được chia thành bảy loại dựa trên mã của mô hình SWAT bao gồm cây lâu năm, cây hàng năm, rừng rụng lá, rừng thường xanh, rừng hỗn giao, đất chuyên dùng và mặt nước.



Hình 3. 3: Bản đồ sử dụng đất khu vực nghiên cứu

Căn cứ vào mạng lưới trạm thủy văn và bản đồ địa hình DEM, mô hình SWAT chia lưu vực thành 13 tiểu lưu vực như hình dưới đây:



Hình 3. 4: Phân chia tiểu lưu vực trong mô hình SWAT

Trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, độ chính xác mô phỏng của mô hình được đánh giá qua các đặc trưng thống kê như sau:

Hệ số hiệu quả (NASH Sutcliffe Efficiency - NSE) được sử dụng để đo mức độ liên kết giữa các giá trị thực đo và mô phỏng. Hệ số này được đề xuất bởi Nash-Sutcliffe(1970).

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

Hệ số cân bằng tổng lượng (Percent Bias - PBIAS): là sự phù hợp giữa trung bình dự báo và trung bình quan trắc. Hệ số này cũng xác định xu hướng trị trung bình của giá trị dự báo lớn hơn hay nhỏ hơn trị trung bình quan trắc.

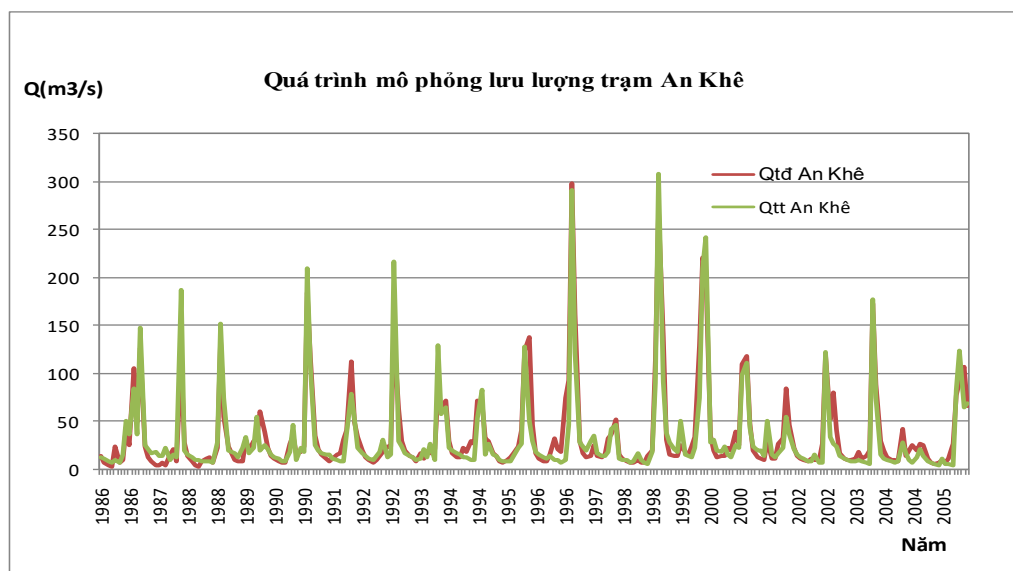
$$PBIAS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \times 100\%$$

Hệ số tương quan Pearson (R^2): là thước đo độ chặt chẽ của mối quan hệ tuyến tính giữa bộ giá trị thực đo và mô phỏng. Mục đích của mô phỏng khi hệ số tương quan được sử dụng là để hàm mục tiêu cực đại hoá tới 1. Tuy nhiên, khả năng đạt giá trị tuyệt đối khó có thể đạt được nên giá trị R^2 thường được chấp nhận khi đạt trên 0.5.

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

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Thời gian hiệu chỉnh mô hình được lấy từ năm 1986 đến 2005 cho trạm thủy văn thuộc tỉnh Gia Lai là trạm thủy văn An Khê cho kết quả như hình dưới đây:



Hình 3. 5: Đường quá trình lưu lượng trạm An Khê thời gian hiệu chỉnh

Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng mô phỏng của mô hình trong quá trình hiệu chỉnh cho kết quả dưới bảng sau:

Bảng 3. 2: Đánh giá các chỉ tiêu cho chất lượng mô phỏng của mô hình

Chỉ tiêu đánh giá	An Khê	Chất lượng
NSE	0.77	Khá tốt
PBIAS	13.8	Khá tốt
R^2	0.78	Khá tốt

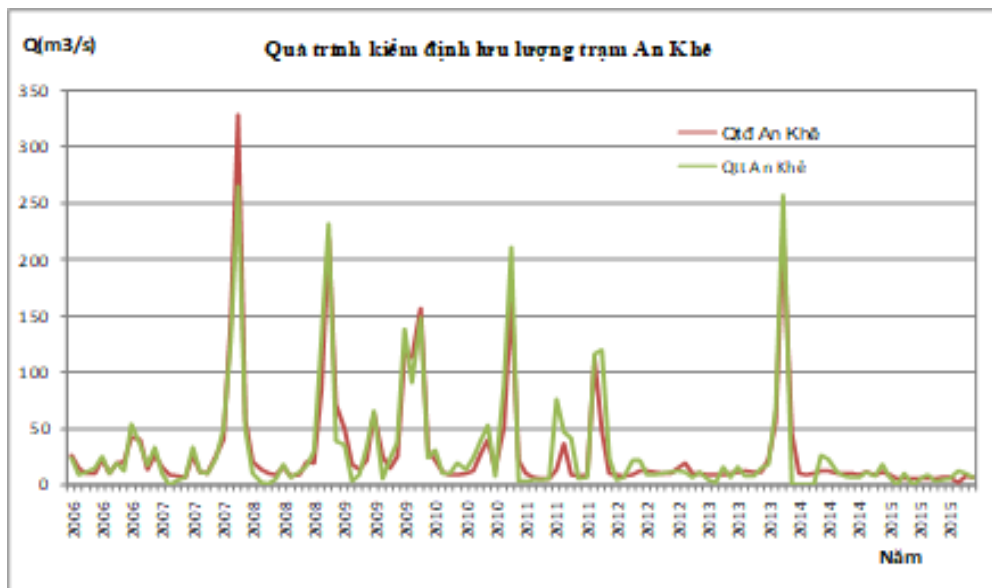
Bộ thông số mô hình trong thời gian hiệu chỉnh được đưa ra trong bảng dưới

Bảng 3. 3: Kết quả dò tìm thông số khi hiệu chỉnh mô hình SWAT

TT	Thông số	Mô tả	Giá trị
<i>I. Các thông số tính quá trình hình thành dòng chảy mặt</i>			
1	CN2	Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II	95
2	SOL_AWC	Khả năng trữ nước của đất	0.21
3	SOL_K	Độ dẫn thủy lực ở trường hợp bão hoà	2.87
4	OV_N	Hệ số nhám Manning cho dòng chảy mặt	0.1
5	CH_N(1)	Hệ số nhám khe rãnh	0.014

6	CH_K(1)	Độ dẫn thủy lực của khe rãnh	0
7	SLOPE	Độ dốc bình quân lưu vực	0.015
<i>II. Các thông số tính toán dòng chảy ngầm</i>			
8	GW_DELAY	Thời gian trễ dòng chảy ngầm	324
9	ALPHA_BF	Hệ số triết giảm dòng chảy ngầm	0.3
<i>III. Các thông số diễn toán dòng chảy trong sông</i>			
10	CH_N(2)	Hệ số nhám của sông chính	0.014
11	CH_K(2)	Độ dẫn thủy lực của sông chính	0.001

Dùng bộ thông số thu được trong quá trình hiệu chỉnh mô hình. Chuỗi thời gian được sử dụng từ 1/1/2006 đến 31/12/2015 để kiểm định mô hình. Kết quả thu được như hình vẽ dưới đây.



Hình 3. 6: Đường quá trình lưu lượng trạm An Khê thời gian kiểm định
 Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng mô phỏng của mô hình trong quá trình kiểm định cho kết quả dưới bảng sau:

Bảng 3. 4: Đánh giá các chỉ tiêu cho chất lượng mô phỏng của mô hình

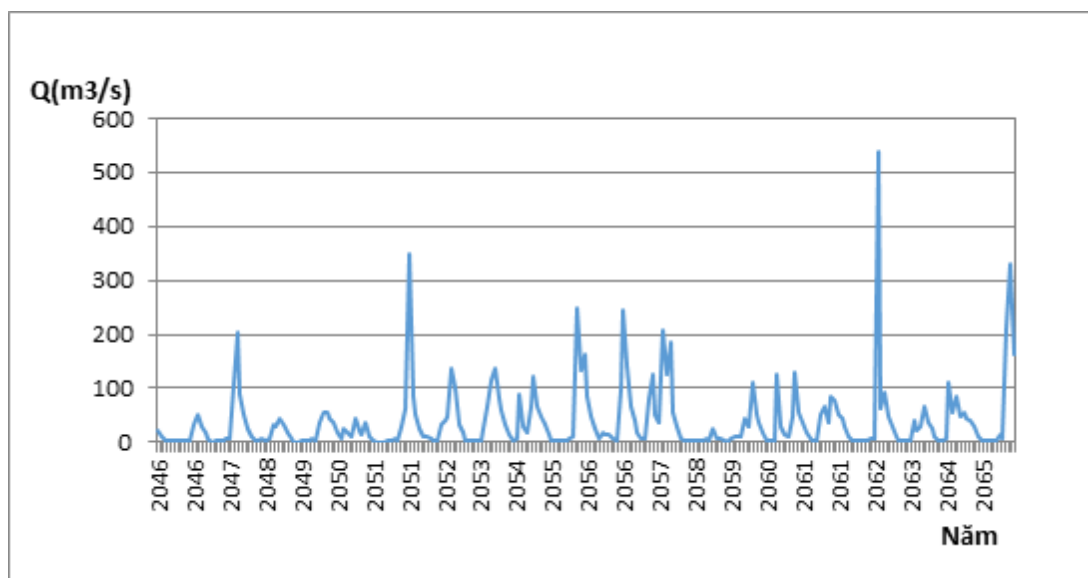
Chỉ tiêu đánh giá	An Khê	Chất lượng
NSE	0.76	Đạt
PBIAS	11	Đạt
R ²	0.75	Đạt

Dựa vào các chỉ tiêu đánh giá chất lượng mô phỏng lưu lượng của mô hình cho thấy bộ thông số tìm được trong quá trình hiệu chỉnh mô hình là phù hợp cho quá trình mô phỏng dòng chảy dự báo trong tương lai.

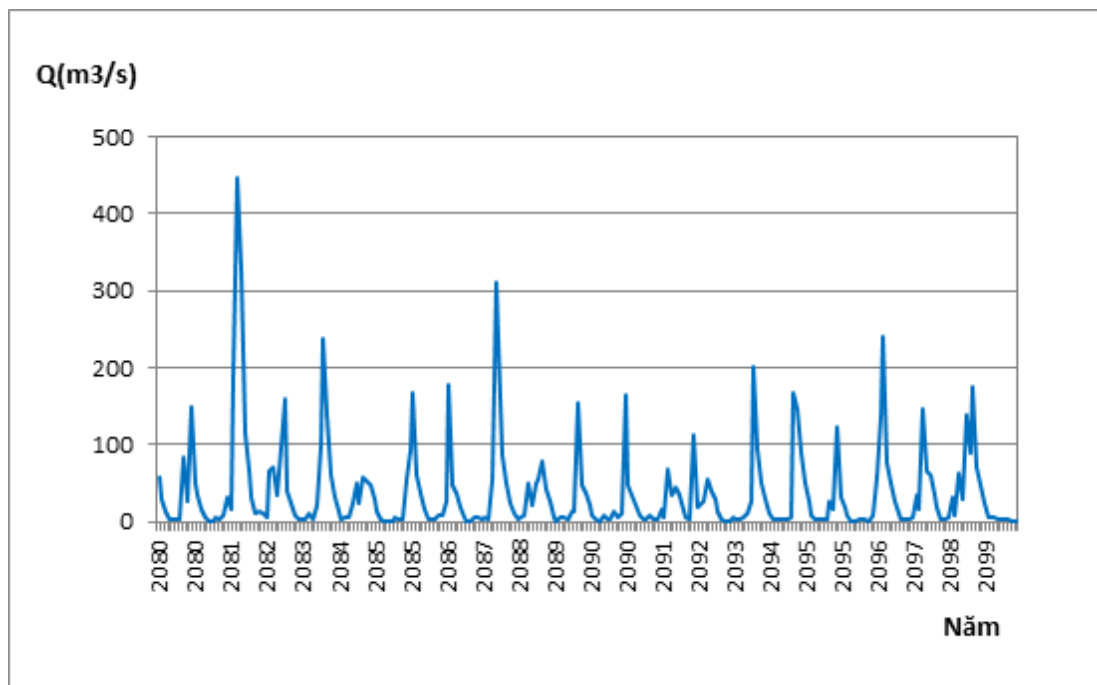
Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình đạt kết quả lần lượt là 0,78 và 0,75 đều đạt loại khá. Do đó bộ thông số này được áp dụng vào tính toán cho các kịch bản biến đổi khí hậu.

3.2 Ứng dụng mô hình thủy văn tinh toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải trung bình cho lưu vực sông Ba.

Sử dụng bộ thông số sau khi hiệu chỉnh mô hình và sử dụng lượng mưa các trạm trên lưu vực theo kịch bản phát thải trung bình RCP 4.5. Tính toán mô phỏng dòng chảy tại trạm thủy văn An Khê cho các giai đoạn tương lai (thời kì 2046 – 2099) được kết quả như sau:



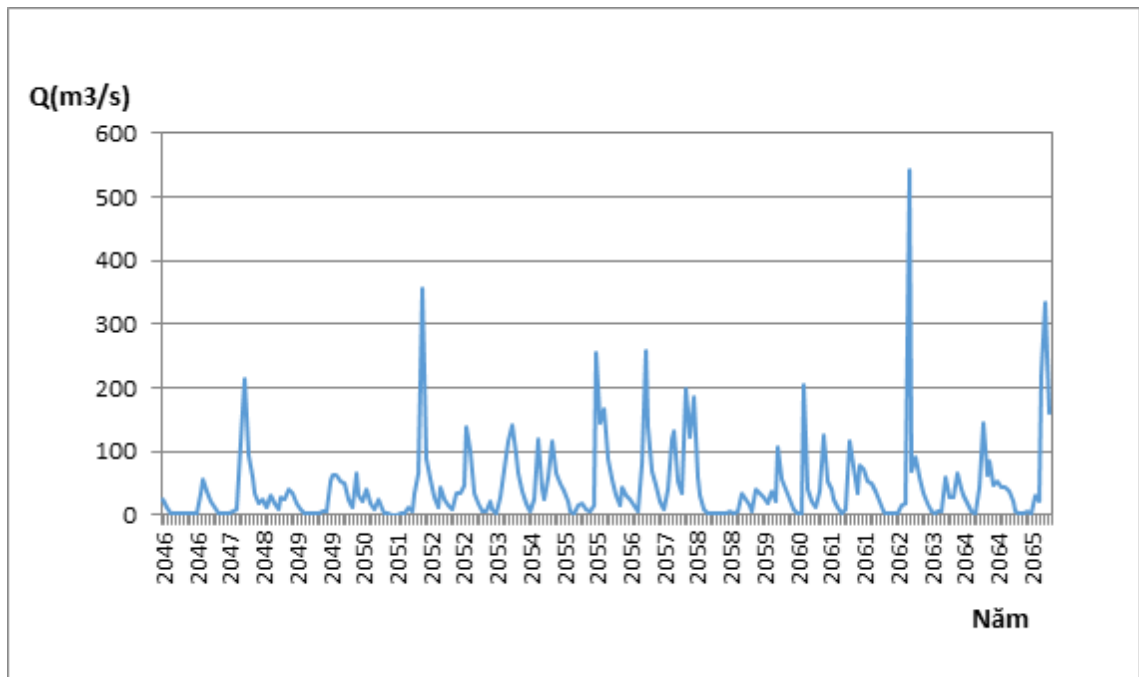
Hình 3. 7: Kết quả tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải trung bình (thời kỳ 2046 – 2065) tại trạm An Khê



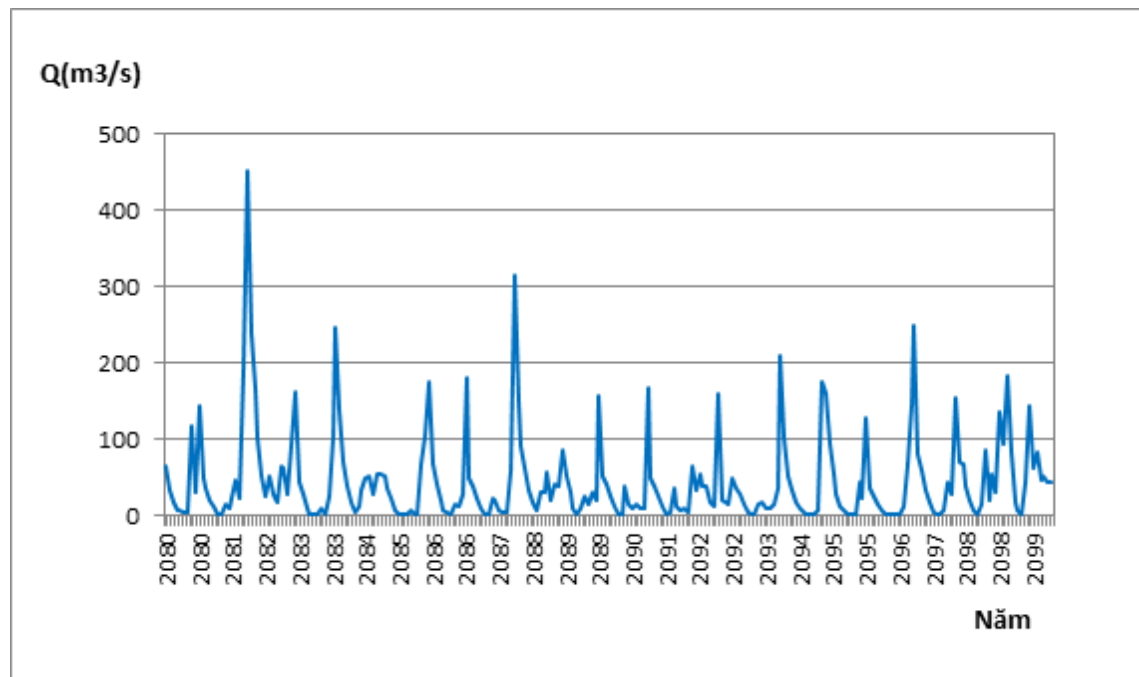
Hình 3. 8: Kết quả tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải trung bình (thời kỳ 2080 – 2099) tại trạm An Khê

3.3 Ứng dụng mô hình thủy văn tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải cao cho lưu vực sông Ba

Sử dụng bộ thông số sau khi hiệu chỉnh mô hình, sử dụng lượng mưa các trạm trên lưu vực theo kịch bản phát thải cao RCP 8.5. Tính toán mô phỏng dòng chảy tại trạm thủy văn An Khê cho các giai đoạn tương lai (thời kì 2046 – 2099) được kết quả như sau:



Hình 3. 9: Kết quả tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải cao (thời kỳ 2046 – 2065) tại trạm An Khê



Hình 3. 10: Kết quả tính toán dòng chảy ứng với lượng mưa theo kịch bản phát thải cao (thời kỳ 2080 – 2099) tại trạm An Khê

3.4 Tính toán dòng chảy theo các kịch bản.

3.4.1. Các tổ hợp tính toán

Kết quả tính toán dòng chảy cho giai đoạn nền (1986-2005) được dùng làm cơ sở để so sánh sự biến đổi của dòng chảy trong tương lai dưới tác động của biến đổi khí hậu theo kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 như đã chọn.

Ta xét dòng chảy đến trạm thủy văn An Khê trên thượng lưu sông Ba với các kịch bản biến đổi khí hậu RCP 4.5 và RCP 8.5 tính cho các thời kỳ: 2046-2065, 2081-2099 dựa trên cơ sở thời kỳ nền 1986-2005.

Bảng 3. 5 Các tổ hợp tính toán phân tích

Kịch bản BĐKH	Thời kỳ	
RCP4.5	2046-2065	2081-2099
RCP8.5	2046-2065	2081-2099
Nền 1986 -2005		

3.4.2. Kết quả tính toán

Như đã trình bày ở trên, mối quan hệ giữa lượng mưa tính theo trạm với các bộ số liệu tái phân tích đều rất thấp không bảo đảm tiêu chuẩn để có thể hồi quy hay nói cách khác không thể xây dựng được các hàm chuyển từ các mối quan hệ này. Điều này càng chứng tỏ rằng lượng mưa là một hàm của rất nhiều biến số, chịu ảnh hưởng của rất nhiều các nhân tố như nhiệt độ, độ ẩm, lượng bốc hơi, tốc độ gió, trường khí áp, v.v. Với một hàm chịu tác động của nhiều nhân tố đến như vậy thì mức độ biến thiên sẽ rất lớn và rất khó để tìm ra được quy luật phù hợp.

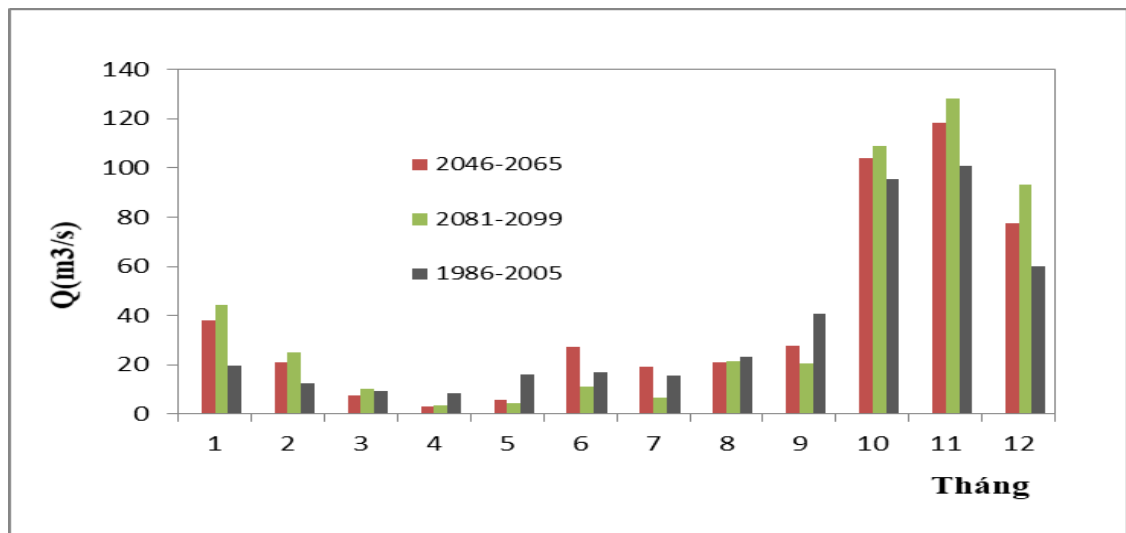
Từ kết quả tính toán biến đổi lượng mưa cho các mốc thời gian trong kịch bản, tiến hành tính toán theo bộ thông số của mô hình như đã kiểm nghiệm ở trên. Do dòng chảy trong sông ảnh hưởng rất nhiều vào lượng mưa rơi trên lưu vực, đồng thời cũng chịu ảnh hưởng của rất nhiều các nhân tố khác như điều kiện thảm phủ thực vật, đặc điểm địa chất thổ nhưỡng, đặc điểm địa hình, v.v nên chế độ dòng chảy khó có thể tuân theo một quy luật nhất định nào được. Kết quả tính toán

lượng dòng chảy trên thượng lưu lưu vực sông Ba được thể hiện như các bảng dưới đây:

Bảng 3. 6 Tỷ lệ thay đổi lưu lượng trung bình tháng đến trạm An Khê so với thời kỳ nền theo kịch bản RCP 4.5

Thời kỳ	Các tháng trong năm											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2046-2065	92.4	67.1	-20.5	-63.7	-63.7	61.2	21.6	-9.02	-32.1	8.78	17.2	29.5
2081-2099	125	99.9	8.86	-60.1	-73.0	-32.2	-57.1	-7.71	-49.8	13.9	26.9	55.7

Từ bảng số liệu trên ta có sơ đồ thay đổi lưu lượng bình quân tháng đến trạm An Khê so với thời kỳ nền theo kịch bản RCP 4.5

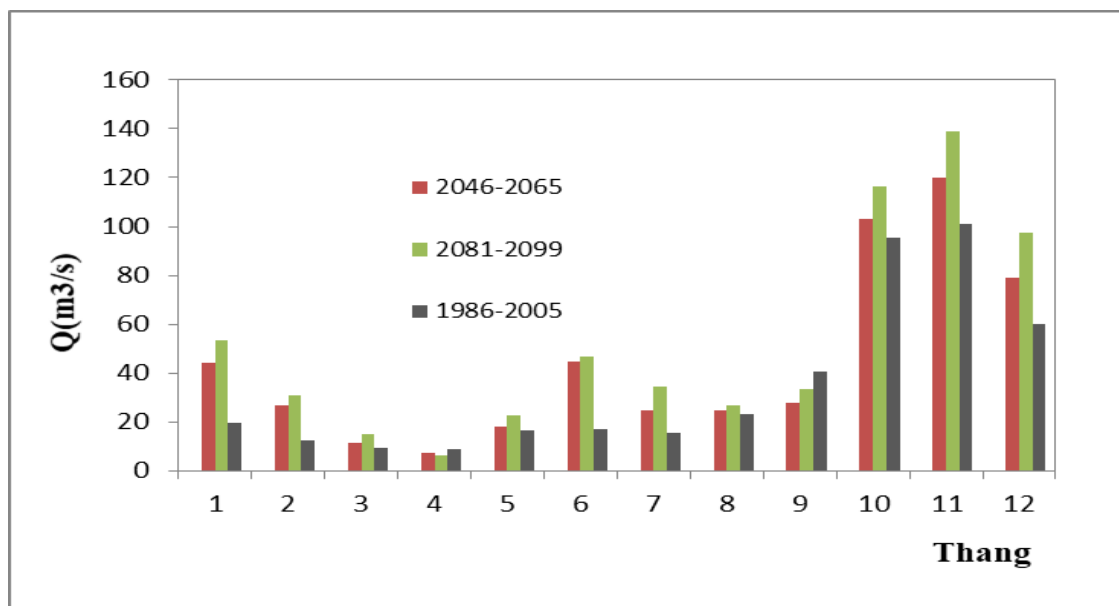


Hình 3. 11: Thay đổi dòng chảy trung bình các tháng trong các thời kỳ so với thời kỳ nền theo kịch bản RCP4.5

Bảng 3. 7 Tỷ lệ thay đổi lưu lượng trung bình tháng đến trạm An Khê so với thời kỳ nền theo kịch bản RCP8.5

Thời kỳ	Các tháng trong năm											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2046-2065	122	113	21.2	-15.5	12.0	165	58.9	6.5	-31.4	8.0	18.8	31.7
2081-2099	169	146	56.0	-26.6	38.1	178	121	14.8	-18.4	21.7	37.5	62.2

Từ bảng số liệu trên ta có sơ đồ thay đổi lưu lượng bình quân tháng đến trạm An Khê so với thời kỳ nền theo kịch bản RCP 8.5



Hình 3. 12: Thay đổi dòng chảy trung bình các tháng trong các thời kỳ so với thời kỳ nền theo kịch bản RCP8.5

Theo kịch bản RCP 4.5 dòng chảy mùa cạn thiếu hụt rất nhiều trong suốt các tháng 3 cho đến tháng 9, phải đến tháng 10 dòng chảy bắt đầu tăng mạnh, lượng dòng chảy tăng dần từ đầu thế kỷ và tăng cao vào cuối thế kỷ. Xu thế này phù hợp với xu thế tăng lượng mưa ở phần trên. Tổng lượng lũ tăng khoảng 10% vào thời kỳ đầu thế kỷ và đến khoảng 62.2% vào thời kỳ cuối thế kỷ. Theo kịch bản RCP 8.5, dòng chảy mùa cạn thiếu hụt nhiều so với kịch bản RCP 4.5, với thời kỳ đầu thế kỷ dòng chảy mùa cạn thiếu hụt trong các tháng 4, tháng 5, tháng 7 đến tháng 9 với lượng thiếu hụt từ 14- 42%. Từ thời kỳ giữa thế kỷ đến cuối thế kỷ lượng dòng chảy chỉ còn thiếu hụt tháng 4 và tháng 9. Trong khi đó dòng chảy bắt đầu tăng mạnh từ tháng 10, lượng dòng chảy tăng dần từ đầu thế kỷ và tăng cao vào cuối thế kỷ. Xu thế này phù hợp với xu thế tăng lượng mưa ở phần trên. Tổng lượng lũ tăng khoảng 20% vào thời kỳ đầu thế kỷ và đến khoảng 40% vào thời kỳ cuối thế kỷ. Mùa lũ bắt đầu muộn và kết thúc muộn hơn so với giai đoạn nền 1 tháng.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

7.1 Kết luận

Qua kết quả tính toán ta rút ra được kết luận sau:

Nghiên cứu về dòng chảy trên lưu vực sông Ba trong bối cảnh biến đổi khí hậu là một vấn đề cấp bách, có ý nghĩa quan trọng đối với việc quản lý tài nguyên nước, đánh giá rủi ro thiên tai (như lũ lụt, hạn hán) và hoạch định các chiến lược phát triển bền vững cho khu vực.

- Mô hình SWAT sử dụng đáp ứng được tốt cho việc tính toán dòng chảy ngày.
- Đánh giá được các đặc trưng dòng chảy dưới tác động của biến đổi khí hậu.
- Đối với dòng chảy mùa lũ, thời gian xuất hiện lũ muộn và kết thúc muộn hơn so giai đoạn nền. Tổng lượng dòng chảy mùa lũ có xu hướng tăng trong suốt các thời kỳ, tổng lượng dòng chảy mùa cạn có xu hướng thiếu hụt trong suốt các thời kỳ.

Trong tương lai, dòng chảy lũ trên thượng lưu sông Ba đều có xu hướng tăng, trong khi đó dòng chảy mùa cạn lại có xu hướng thiếu hụt điều đó gây bất lợi cho đời sống người dân trong khu vực.

Nghiên cứu về dòng chảy trên lưu vực sông Ba trong điều kiện biến đổi khí hậu là một quá trình phức tạp, đòi hỏi sự kết hợp giữa kiến thức về thủy văn, khí tượng, mô hình hóa và công nghệ thông tin.

Việc đánh giá tác động của BĐKH đến dòng chảy trên lưu vực sông Ba là một trong những cơ sở hỗ trợ cho công tác quản lý, định hướng khai thác, sử dụng và phát triển bền vững tài nguyên nước lưu vực sông Ba.

7.2 Kiến nghị

Dựa trên quá trình nghiên cứu đã trình bày, tôi xin đưa ra một số kiến nghị để hoàn thiện hơn nghiên cứu về dòng chảy trên lưu vực sông Ba trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Mở rộng quy mô và chi tiết của nghiên cứu:

- Tăng số lượng trạm quan trắc: Mở rộng mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn để thu thập dữ liệu chi tiết hơn về lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm, lưu lượng... ở các khu vực khác nhau trong lưu vực.

- Nâng cao độ phân giải không gian: Sử dụng các mô hình với độ phân giải không gian cao hơn để mô phỏng chi tiết hơn các quá trình thủy văn xảy ra trong lưu vực.

- Xét đến các yếu tố tác động khác: Ngoài biến đổi khí hậu, cần xem xét các yếu tố khác như thay đổi sử dụng đất, xây dựng các công trình thủy lợi.

Cải tiến phương pháp nghiên cứu:

- Áp dụng các phương pháp thống kê: Sử dụng các phương pháp thống kê để phân tích xu hướng biến đổi của các yếu tố khí hậu và thủy văn, xác định các mối quan hệ giữa các yếu tố này.

- Sử dụng các mô hình kết hợp: Kết hợp các mô hình thủy văn với các mô hình khí hậu để đánh giá tương tác giữa khí hậu và thủy văn một cách toàn diện hơn.

- Đánh giá độ bất định: Sử dụng các phương pháp đánh giá độ bất định để xác định độ tin cậy của kết quả mô hình.

Tập trung vào các vấn đề cụ thể:

- Đánh giá rủi ro lũ lụt và hạn hán: Xác định các khu vực có nguy cơ cao bị ảnh hưởng bởi lũ lụt và hạn hán, đưa ra các giải pháp thích ứng.

- Đánh giá tác động đến hệ sinh thái: Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và thay đổi dòng chảy đến đa dạng sinh học và các hệ sinh thái trong lưu vực.

- Đánh giá tác động đến các hoạt động kinh tế - xã hội: Đánh giá tác động đến nông nghiệp, thủy điện, du lịch và các hoạt động khác, đưa ra các giải pháp thích ứng.

Các kiến nghị trên nhằm mục tiêu:

Nâng cao độ chính xác và độ tin cậy của kết quả nghiên cứu.

Cung cấp cơ sở khoa học cho việc ra quyết định trong quản lý tài nguyên nước và ứng phó với biến đổi khí hậu.

Đảm bảo sự phát triển bền vững của lưu vực sông Ba.

Để thực hiện được các kiến nghị trên, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa các nhà khoa học, các cơ quan quản lý và cộng đồng.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1]. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Báo cáo tính toán và xây dựng quy trình vận hành liên hồ chứa các hồ sông Ba Hạ, Sông Hinh, Krông H' năng, Ayun Hạ và An Khê - Ka Nak trong mùa cạn (2013).
- [2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam. Hà Nội. 2016.
- [3]. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam. Hà Nội. 2020.
- [4]. Dương Thị Thanh Hương, Nguyễn Tiên Giang (2011), Thiết lập bộ mô hình mô phỏng phục vụ xây dựng quy trình vận hành hệ thống liên hồ chứa thủy điện trên lưu vực sông Ba, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Tập 27, số 1, tr. 136-150.
- [5]. Huỳnh Thị Lan Hương, “Kết quả nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Ba”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, 2013, 13, 71-79.
- [6]. Nguyễn Văn Tuấn, Bùi Nam Sách, Đào Xuân Thắng, Trần Thị Nhung (2014). Tác động của các công trình giao thông và hồ chứa thủy điện đến lũ vùng hạ du sông Ba. Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường , số 45 (6/2014).
- [7]. Thường, L.Đ. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến chế độ dòng chảy lưu vực sông Ba. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2013 , 626, 28–34, sông Lại Giang
- [8]. Ngọc, N.T.B.; Tình, T.V.; Anh, N.T.L. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy trên hệ thống sông Lại Giang, tỉnh Bình Định. Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường 2022, 42, 76–89, lưu vực sông Trà Khúc
- [9]. Quang, N.T.; Đạt, L.Đ. Ứng dụng mô hình Swat đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 2016, 667, 15–20

- [10]. Hiền, T.T.H. Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu đến tình hình ngập lụt hạ lưu sông Trà Khúc -Vệ. Luận văn thạc sỹ, Đại học Quốc Gia Hà Nội, Việt Nam, 2020, tr.97.
- [11]. Nam, N.A.; Anh, T.N.; Chiến, Đ.Đ.; Tài, N.Q. Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tình hình ngập lụt hạ lưu sông Trà Khúc tỉnh Quảng Ngãi. Tạp chí Khí tượng Thủy văn 2022, 704, 77–86.
- [12]. Quang, N.T.; Đạt, L.Đ. Ứng dụng mô hình Swat đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Trà Khúc. Tạp chí Khí tượng Thủy văn. 2016, 667, 15–20.
- [13]. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (2010), Tác động của BĐKH lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng.

Tiếng Anh

- [14]. Abro MI et al (2019) Hydrological appraisal of rainfall estimates from radar, satellite, rain gauge and satellite–gauge combination on the Qinhuai River Basin, China. Hydrol Sci J 64(16):1957–1971.
- [15]. Basharat M, Tariq AR (2013) Spatial climate variability and its impact on irrigated hydrology in a canal command.
- [16]. Chen, Y.; Ren, Q.; Huang, F.; Xu, H.; Cluckie, I. Liuxihe Model and its modeling to river basin flood. J. Hydrol. Eng. 2010, 16, 33–50.
- [17]. Chowdhury S, Al-Zahrani M (2013) Implications of climate change on water resources in Saudi Arabia.
- [18]. IPCC 2007, Summary for Policymakers, in Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- [19]. Zhao, R.J. The Xinanjiang model applied in China. J. Hydrol. 1992, 135, 371–381.