

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**

**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP ĐẠI HỌC**

**NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY
VÀ DỰ BÁO HẠN HÁN, LŨ LỤT TRONG ĐIỀU KIỆN
BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TẠI LƯU VỰC SÔNG CẦU
BẰNG MÔ HÌNH SWAT VÀ GIS**

MÃ SỐ: DH2017-TN03-02

CHỦ TRÌ: PGS. TS. PHAN ĐÌNH BÌNH

THÁI NGUYÊN - 2019

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**

**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP ĐẠI HỌC**

**NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY
VÀ DỰ BÁO HẠN HÁN, LŨ LỤT TRONG ĐIỀU KIỆN
BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TẠI LƯU VỰC SÔNG CẦU
BẰNG MÔ HÌNH SWAT VÀ GIS**

MÃ SỐ: ĐH2017-TN03-02

Chủ trì đề tài: PGS.TS. PHAN ĐÌNH BÌNH

Thời gian thực hiện: Năm 2017 - 2019

Những người tham gia:

TS. Nguyễn Thanh Hải, TS. Nguyễn Ngọc Anh

TS. Nguyễn Quang Thi, ThS. Trương Nguyên Hậu

Xác nhận của cơ quan chủ trì đề tài

Thái Nguyên, tháng 5 năm 2019

MỤC LỤC

Trang

MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài	1
2. Mục đích nghiên cứu	2
3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	2
3.1. Ý nghĩa khoa học	2
3.2. Ý nghĩa thực tiễn	3
CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN TÀI LIỆU	4
1.1. Cơ sở khoa học của đề tài	4
1.1.1. Một số khái niệm cơ bản	4
1.1.2. Cơ sở lý thuyết của mô hình SWAT	4
1.2. Các ứng dụng mô hình SWAT trong nước và thế giới	5
1.2.1. Thế giới	5
1.2.2. Việt Nam	5
1.3. Tổng quan về mô hình SWAT	6
1.3.1. Giới thiệu về mô hình SWAT	6
1.3.2. Pha đất của chu trình thủy văn	7
1.4. Pha diễn toán của chu trình thủy văn	8
1.4.1. Diễn toán trong sông	9
1.4.2. Diễn toán qua hồ chứa	9
1.5. Phương pháp sử dụng trong mô hình SWAT	9
1.5.1. Dòng chảy mặt	9
1.5.2. Bốc thoát hơi	17
1.5.3. Chuyển động của nước trong đất	22
1.5.4. Nước ngầm	22
1.5.5. Diễn toán dòng chảy trong sông	25
1.5.6. Diễn toán trong hồ chứa	25

1.6. Các số liệu vào và ra của mô hình.	26
1.6.1. Bộ dữ liệu đầu vào (input) cho mô hình SWAT	26
1.6.2. Các số liệu ra của mô hình	26
1.7. Các thông số và đánh giá kết quả mô hình	26
1.7.1 Các thông số và đánh giá mô hình	26
1.7.2. Đánh giá kết quả mô hình	28
1.8. Tổng quan về hệ thống thông tin địa lý	29
1.8.1. Định nghĩa	30
1.8.2. Đặc điểm của GIS	32
1.8.3. Vai trò của hệ thống thông tin địa lý	37
CHƯƠNG 2 NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	40
2.1. Phạm vi, đối tượng, địa điểm và thời gian nghiên cứu	40
2.1.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	40
2.1.2. Địa điểm và thời gian nghiên cứu	40
2.1.3. Nội dung nghiên cứu	40
2.2. Phương pháp nghiên cứu	41
2.2.1. Thu thập số liệu thứ cấp	41
2.2.2. Phương pháp kế thừa, chọn lọc những tư liệu sẵn có	41
2.2.3. Phương pháp xây dựng cơ sở dữ liệu không gian	41
2.2.4. Phương pháp đánh giá mô hình SWAT	42
2.2.5. Kịch bản biến đổi khí hậu.	42
CHƯƠNG 3 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN	43
3.1. Đặc điểm tự nhiên, kinh tế - xã hội lưu vực Sông Cầu	43
3.1.1. Vị trí địa lý	43
3.1.2. Đặc điểm địa hình	43
3.1.3. Đặc điểm khí hậu, khí tượng thủy văn	44
3.1.4. Kinh tế - xã hội	46
3.1.5. Đa dạng sinh học	47

3.1.6. Tài nguyên nước.....	47
3.1.7. Tầm quan trọng của lưu vực sông.....	47
3.2. Xây dựng cơ sở số liệu đầu vào cho mô hình SWAT.....	48
3.2.1 Cơ sở số liệu thuộc tính.....	48
3.2.2. Cơ sở số liệu không gian.....	54
3.2.3. Các kịch bản biến đổi khí hậu.....	55
3.3. Ứng dụng mô hình SWAT để đánh giá lưu lượng dòng chảy tại lưu vực Sông Cầu.....	57
3.3.1. Ứng dụng mô hình SWAT để đánh giá lưu lượng dòng chảy giai đoạn 1975 – 2018.....	57
3.3.2. Kết quả mô phỏng và tính toán lưu lượng dòng chảy ở kịch bản nền bằng mô hình SWAT giai đoạn 1975 - 2018.....	59
3.3.3. Đánh giá mô hình SWAT bằng các chỉ số NSE và PBIAS.....	62
3.4. Ứng dụng mô hình SWAT để dự báo lưu lượng dòng chảy, hạn hán và lũ lụt trong điều kiện biến đổi khí hậu tại lưu vực Sông Cầu.....	64
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	68
1. Kết Luận.....	68
2. Kiến nghị.....	68
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	70

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Trang

Bảng 1.1: Bảng đánh giá Mô hình bằng chỉ tiêu R^2	28
Bảng 3.1: Tóm tắt đặc điểm khí hậu của lưu vực Sông Cầu	48
Bảng 3.2: Dữ liệu lượng mưa trung bình tháng từ năm 2004 đến năm 2018. 51	
Bảng 3.3: Lưu lượng dòng chảy trung bình tháng vực Sông Cầu giai đoạn 2004 - 2018.....	53
Bảng 3.4: Loại thực phủ lưu vực Sông Cầu 2018 và mã SWAT.....	54
Bảng 3.5: Thay đổi nhiệt độ trung bình năm ($^{\circ}\text{C}$) và lượng mưa trung bình năm (%) giai đoạn 2020 - 2050 ở khu vực phía Bắc Việt Nam.....	57
Bảng 3.6: Đặc điểm của các lưu vực Sông Cầu.....	58
Bảng 3.7: Các thông số nhạy liên quan đến lưu lượng dòng chảy và kết quả hiệu chỉnh cho mô hình SWAT.....	59
Bảng 3.8: Lưu lượng dòng chảy thực đo và tính toán cho mỗi giai đoạn ở lưu vực Sông Cầu	59
Bảng 3.9: Kết quả đánh giá mô hình bằng các chỉ số NSE và PBIAS	63
Bảng 3.10: Lượng mưa (%) và nhiệt độ trung bình ($^{\circ}\text{C}$) thay đổi so với giai đoạn cơ sở (nền) 2004 – 2018.....	64
Bảng 3.11. Dự báo lưu lượng dòng chảy thay đổi giai đoạn 2020 - 2050 so với kịch bản nền tại lưu vực sông Cầu (m^3/s).	65
Bảng 3.12. Lưu lượng dòng chảy thay đổi (%) so với kịch bản nền tại lưu vực sông Cầu.....	66

DANH MỤC CÁC HÌNH

Trang

Hình 1.1: Sự khác nhau giữa phân phối độ ẩm theo chiều sâu mô phỏng theo phương trình Green và Ampt và trong thực tế	11
Hình 1.2: Sơ đồ các chức năng của GIS	30
Hình 1.3: Sơ đồ khái niệm về một hệ thống TTĐL	32
Hình 1.4: Sơ đồ chồng ghép dữ liệu không gian.....	33
Hình 1.5: Ví dụ về phân loại bản đồ	34
Hình 1.6: Minh họa các khai báo logic	35
Hình 1.7: Ví dụ vùng đệm được tạo ra từ đối tượng vùng vector và raster	35
Hình 1.8: GIS là sự thể hiện của thế giới thực bao gồm nhiều đặc tính địa lý được thể hiện theo các lớp dữ liệu đại diện	38
Hình 1.9: Một bản đồ chuyên đề có thể là tập hợp của nhiều lớp thông tin chuyên đề khác nhau	39
Hình 1.10: Chiết xuất thông tin từ nhiều lớp dữ liệu	39
Hình 4.1: Vị trí của lưu vực Sông Cầu.....	43
Hình 3.2: Nhiệt độ cao nhất, nhiệt độ thấp nhất và nhiệt độ trung bình theo tháng của lưu vực Sông Cầu giai đoạn 2004 – 2018	49
Hình 3.3: Độ ẩm tương đối của lưu vực Sông Cầu giai đoạn 2004 – 2018....	49
Hình 3.4: Tốc độ gió theo tháng của lưu vực Sông Cầu giai đoạn 2004 – 2018	50
Hình 3.5: Lượng bốc hơi trung bình tháng của lưu vực Sông Cầu giai đoạn 2004 – 2018	50
Bảng 3.2: Dữ liệu lượng mưa trung bình tháng từ năm 2004 đến năm 2018	51
Hình 3.6: Tổng lượng mưa theo tháng của lưu vực	52
Hình 3.7: Bản đồ mô hình số độ cao (DEM) lưu vực Sông Cầu	54
Hình 3.8: Bản đồ thực phủ lưu vực Sông Cầu 2018	54

Hình 3.9: Sơ đồ phân chia tiểu lưu vực của lưu vực Sông Cầu.....	57
Hình 3.10: Lượng mưa và lưu lượng dòng chảy theo tháng lưu vực Sông Cầu giai đoạn 1975 - 2018.....	60
Hình 3.11: So sánh lưu lượng dòng chảy thực đo và tính toán theo tháng lưu vực Sông Cầu giai đoạn 1975 – 2018.....	61
Hình 3.12: Thay đổi lưu lượng dòng chảy so với kịch bản nền (%).....	66

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung

Tên đề tài: *Nghiên cứu sự thay đổi lưu lượng dòng chảy và dự báo hạn hán, lũ lụt trong điều kiện biến đổi khí hậu tại lưu vực sông Cầu bằng mô hình SWAT và GIS.*

Mã số: **ĐH2017-TN03-02**

Chủ nhiệm đề tài: **PGS.TS. Phan Đình Bình**

Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Nông Lâm - Đại học Thái Nguyên

Thời gian thực hiện: từ tháng 06/2017 đến tháng 6/2019

2. Mục tiêu:

- Thu thập các thông tin, số liệu về khí hậu, thời tiết trong phạm vi lưu vực.
- Thu thập các số liệu thực đo tại trạm Sông Cầu và xây dựng cơ sở dữ liệu không gian bằng GIS.
- Ứng dụng mô hình SWAT để nghiên cứu sự thay đổi lưu lượng dòng chảy và dự báo hạn hán, lũ lụt lưu vực sông Cầu.

3. Tính mới và sáng tạo:

- Thiết kế, xây dựng cơ sở dữ liệu cho mô hình SWAT
- Mô phỏng lưu lượng dòng chảy và dự báo hạn hán, lũ lụt cho lưu vực sông Cầu trong điều kiện biến đổi khí hậu.

4. Kết quả nghiên cứu

- Đã điều tra, khảo sát và thu thập được các tài liệu, số liệu và bản đồ phục vụ cho việc xây dựng cơ sở dữ liệu đầu vào cho mô hình
- Thiết kế được bộ cơ sở dữ liệu không gian
- Dự báo được lưu lượng dòng chảy, lũ lụt và hạn hán cho lưu vực sông Cầu

5. Sản phẩm

5.1. Sản phẩm khoa học

1. **Phan Đình Bình**, Nguyễn Lan Hương (2017) “ Dự báo xói mòn đất tại lưu vực sông Nghinh Tường (phụ lưu sông cầu) bằng mô hình SWAT và GIS”, *Tạp chí Khoa học Đất*, Số 51, Tr. 76 - 81.

2. **Phan Đình Bình**, Nguyễn Thanh Hải, Nguyễn Anh Tuyên (2018), “Nghiên cứu hiện trạng lưu lượng và một số yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng nước sông Cầu đoạn chảy qua thành phố Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, Số 11, Tr. 204 - 210.

3. **Phan Đình Bình**, Nguyen Thanh Hai, Nguyen Ngọc Anh, Nguyen Quang Thi (2018), “Evaluation the impact of climate changes on stream discharge and predicting drought, flood in Cau river watershed, northern Viet Nam”, *International Symposium on Lowland Technology (ISLT 2018) proceedings*, Thuy Loi University, Hanoi, Vietnam. pp.105 - 111

4. **Phan Đình Bình**, Nguyễn Thanh Hải (2017), “Nghiên cứu đánh giá hiện trạng và dự báo lưu lượng dòng chảy tại lưu vực sông Cầu bằng hệ thống thông tin địa lý (GIS) và mô hình SWAT”, *Kỷ yếu Hội thảo GIS toàn quốc năm 2017*, Đại học Quy Nhơn, Tr. 14 - 19.

5. Phạm Văn Tuấn, **Phan Đình Bình**, Lương Thị Chuyên, Đào Văn Biên. (2017), “Điều tra, đánh giá tình trạng quản lý, khai thác sử dụng nước ngầm và ứng dụng GIS xây dựng cơ sở dữ liệu chất lượng nước ngầm tại khu vực phía Tây Nam thành phố Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, Số 10, Tr. 218 - 224.

5.2. Sản phẩm đào tạo

1. Nguyễn Anh Tuyên (2018), *Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến lưu lượng và chất lượng nước sông Cầu đoạn chảy qua thành phố Thái Nguyên giai đoạn 2017-2018*, Luận văn thạc sĩ khoa học môi trường, Trường Đại học Nông Lâm - Đại học Thái Nguyên.

2. Mai Phú Cường (2018), *Đánh giá hiện trạng lưu lượng dòng chảy và môi trường nước mặt Sông Cầu đoạn chảy qua Thành phố Thái Nguyên*, Khóa luận tốt nghiệp đại học, Trường Đại học Nông Lâm - Đại học Thái Nguyên.

3. Trần Hồng Anh (2019), *Nghiên cứu dự báo hạn hán, lũ lụt trong điều kiện biến đổi khí hậu tại lưu vực sông Phú Lương bằng mô hình SWAT và GIS*, Báo cáo tổng kết kết quả đề tài nghiên cứu khoa học của sinh viên, Trường Đại học Nông Lâm - Đại học Thái Nguyên.

5.3. Sản phẩm ứng dụng

- Bộ cơ sở dữ liệu thuộc tính và cơ sở dữ liệu không gian liên quan tới lưu lượng dòng chảy và dự báo hạn hán, lũ lụt trong phạm vi lưu vực sông Cầu.

- Báo cáo khoa học “Nghiên cứu sự thay đổi lưu lượng dòng chảy và dự báo hạn hán, lũ lụt trong điều kiện biến đổi khí hậu tại lưu vực sông Cầu bằng mô hình SWAT và GIS”.

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

Kết quả nghiên cứu của đề tài được sử dụng cho các Nhà quản lý và lãnh đạo các địa phương trong phạm vi lưu vực tham khảo trong quá trình quản lý và hoạch định chính sách, đặc biệt là cảnh báo lũ lụt và hạn hán cho người dân vùng hạ lưu. Đồng thời đề tài góp phần nâng cao năng lực nghiên cứu của cán bộ giáo viên và sinh viên tham gia đề tài. Khuyến cáo người dân tham gia vào công tác bảo vệ nguồn nước, duy trì lưu lượng dòng chảy, ứng phó với biến đổi khí hậu, hạn hán và lũ lụt trong phạm vi lưu vực sông Cầu.

**Xác nhận của cơ quan
chủ trì đề tài**

Chủ nhiệm đề tài

PGS.TS. Phan Đình Bình

INFORMATION OF THE RESEARCH RESULTS

1. General informations

Project Title: Study on Stream Discharge Changes and predicting drought, flood in Cau river watershed in the context of climate changes in Cau river watershed by SWAT model and GIS.

Code number: ĐH2017-TN03-02

Coordinator: Asso. Dr. Phan Dinh Binh

Implementing Institution: Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry - TNU

Duration: from June 2017 to June 2019

2. Objectives:

- Surveying and collecting data and document and map which related to research.
- Setting up the digital database by GIS and Remote sensing technology
- Simulation and prediction stream discharge, drought and flood in Song Cau watershed.

3. New findings:

- Surveying and collecting data, documents and maps which related to research.
- Setting up the digital database for SWAT model.
- Simulating and predicting stream discharge, drought, flood in Song Cau watershed.

4. Results obtained:

- Surveyed and collected data, documents and maps which related to research.
- Set up the digital database for SWAT model.

- Simulated and predicted stream discharge, drought, flood in Song Cau watershed.

5. Products

5.1. Scientific products

1. **Phan Dinh Binh**, Nguyen Lan Huong (2017), “Prediction soil erosion in Nghinh Tuong watershed (A brand of Cau river) by SWAT model” *Journal of Soil science*, Vol 51, pp. 76 - 81.

2. Phan Dinh Binh, Nguyen Thanh Hai, Nguyen Anh Tuyen (2018), “Study on reality of stream discharge and some factors effecting to Cau’s water quality in the stage of Thai Nguyen city, Thai Nguyen province”, *Viet Nam Journal of Agriculture and Rural Development*, Vol 11, pp. 204 - 210.

3. Phan Dinh Binh, Nguyen Thanh Hai, Nguyen Ngoc Anh, Nguyen Quang Thi (2018), “Evaluation the impact of climate changes on stream discharge and predicting drought, flood in Cau river watershed, northern Viet Nam”, *International Symposium on Lowland Technology (ISLT 2018) proceedings*, Thuy Loi University, Hanoi, Vietnam. pp.105 - 111.

4. Phan Dinh Binh, Nguyen Thanh Hai (2017), “Assessing the current and predicting stream discharge in Cau river watershed by GIS and SWAT model”, *National GIS conference proceedings 2017*, Quy Nhon University, pp. 14 - 19.

5. Pham Van Tuan, Phan Dinh Binh, Luong Thi Chuyen, Dao Van Bien (2017), “Investigation and evaluation of the management and usage of underground water and application of GIS for construction of underground water quality database in southern region of Thai Nguyen city, Thai Nguyen province”, *Viet Nam Journal of Agriculture and Rural Development*, Vol 10, pp. 218 - 224.

5.2. Training products

1. Nguyen Anh Tuyen (2018), *Study on some factors effecting to stream discharge and water quality of Cau river in the stage of Thai Nguyen city, Thai Nguyen province from 2017 to 2018*, Master thesis of Environmental Science, Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry - TNU.

2. Mai Phu Cuong (2018), *Asscessing the reality of stream discharge and Cau's water quality in the stage of Thai Nguyen city, Thai Nguyen province in 2017*. Bachelor thesis of Environmental and Land management.

3. Tran Hong Anh (2019), *Study on predicting drought, flood in Phu Luong river watershed in the context of climate changes by SWAT model and GIS. Report of student scientific research*, Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry - TNU

5.3. Application products

- A set of database (attribute database and space database) related to stream discharge in Song Cau watershed;

- The scientific report of “Study on Stream Discharge Changes and predicting drought, flood in Cau river watershed in the context of climate changes in Cau river watershed by SWAT model and GIS”.

6. Method of transfer, application address, impact and benefit of the research results

The results of the project are used for local government Authorities as refference in order to set up the strategies for watershed management. On the other hand, to raise awareness and encourage people to participate in water protection activities in residential areas in order to remain stream discharge and again drought, flood within watershed and dostream area.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Quá trình phát triển kinh tế mạnh mẽ đã khẳng định vị trí của Việt Nam trên thế giới, tuy nhiên mặt trái của nó chính là sự ô nhiễm môi trường. Một trong số đó là vấn đề suy thoái lưu vực, sự suy thoái lưu vực là một hiện tượng đã và đang diễn ra trên toàn thế giới. Có nhiều nguyên nhân làm cho lưu vực suy thoái nhưng việc quan trọng nhất là sử dụng không hợp lý nguồn tài nguyên nó dẫn tới hậu quả là những trận lũ lụt, môi trường bị tác động xấu gây ảnh hưởng rất lớn đến kinh tế xã hội của người trong vùng.

Lưu vực Sông Cầu là một lưu vực quan trọng ở Việt Nam với diện tích lưu vực hơn 6030km² trải qua địa phận 5 tỉnh: Bắc Kạn, Thái Nguyên, Vĩnh Phúc, Bắc Giang, Hà Nội, là nguồn cung cấp nước sinh hoạt cũng như mọi hoạt động kinh tế xã hội quan trọng đang được dự định cho khu vực này. Trong nghiên cứu này chỉ đề cập đến lưu vực Sông Cầu nhánh Thái nguyên - Bắc Kạn.

Nhưng những năm gần đây cùng với sự phát triển kinh tế nhanh với sự gia tăng dân số mạnh đã gây ra nhiều sức ép đến diện tích đất rừng và thay đổi sử dụng đất trong phạm vi lưu vực kết quả là diện tích rừng bị giảm nhanh và chất lượng rừng cũng bị suy thoái, chính vì vậy mà lưu lượng nước lưu vực sông cầu ngày càng cạn kiệt đặc biệt là mùa khô, hiện tượng xói mòn, rửa trôi xảy ra mạnh vào mùa mưa, ảnh hưởng trầm trọng tới môi trường nước và xói mòn của lưu vực sông.

Hiện nay, cùng với sự phát triển của công nghệ GIS (Geographic Information System), nhiều mô hình đã ra đời, cho phép tính toán lưu lượng dòng chảy một cách chính xác, dễ dàng và nhanh chóng hơn so với phương pháp quan trắc truyền thống. Một trong số đó là mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Đây là mô hình ở cấp độ lưu vực sông có khả năng

tích hợp với GIS, nhờ đó nâng cao độ chính xác của kết quả mô phỏng dòng chảy từ mưa và các đặc trưng vật lý trên lưu vực. Trong mối liên kết này, GIS cung cấp dữ liệu đầu vào, giao diện tương tác người dùng cho SWAT, trong khi SWAT sử dụng dữ liệu từ GIS mô phỏng các quá trình vật lý diễn ra trên lưu vực.

Mô hình đánh giá đất và nước SWAT được phát triển bởi Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA) vào đầu những năm 90 của thế kỉ XX (Susan L. Neitsch et al., 2009). Mô hình được xây dựng nhằm đánh giá và dự đoán các tác động của thực tiễn quản lý đất đai đến nguồn nước, lượng bùn và lượng hóa chất trong nông nghiệp sinh ra trên một lưu vực rộng lớn và phức tạp với sự không ổn định về các yếu tố như đất, sử dụng đất và điều kiện quản lý trong một thời gian dài.

Chính vì vậy, xuất phát từ thực tiễn trên chúng tôi tiến hành thực hiện đề tài “*Nghiên cứu sự thay đổi lưu lượng dòng chảy và dự báo hạn hán, lũ lụt trong điều kiện biến đổi khí hậu tại lưu vực sông Cầu bằng mô hình SWAT và GIS*”.

2. Mục đích nghiên cứu

Dựa vào mô hình SWAT và GIS để đánh giá sự thay đổi lưu lượng dòng chảy và dự báo hạn hán, lũ lụt trong điều kiện biến đổi khí hậu tại lưu vực Sông Cầu nhánh Thái Nguyên - Bắc Kạn. Từ đó chúng ta có thể đưa ra các phương án sử dụng nước tối ưu, ít làm ảnh hưởng tới lưu lượng dòng chảy, mang lại hiệu quả kinh tế cao.

3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

3.1. Ý nghĩa khoa học

Đánh giá được ảnh hưởng của sự biến đổi khí hậu đến lưu lượng dòng chảy tại lưu vực Sông Cầu, góp phần bổ sung, hoàn thiện cơ sở khoa học về sử dụng mô hình SWAT, củng cố kiến thức chuyên môn.

3.2. Ý nghĩa thực tiễn

Xây dựng được bộ cơ sở dữ liệu cho mô hình SWAT, xác định một số chỉ số của mô hình cần kiểm soát để duy trì lượng dòng chảy nhằm giải quyết các mục tiêu phát triển bền vững và giảm thiểu những rủi ro đối với hiện tượng hạn hán và lũ lụt của địa phương trong phạm vi lưu vực.

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN TÀI LIỆU

1.1. Cơ sở khoa học của đề tài

1.1.1. Một số khái niệm cơ bản

Lưu lượng dòng chảy được định nghĩa là thể tích nước chảy qua phần mặt cắt của một con sông tại một thời kỳ, đơn vị tính thường là m^3/s . Đối với lưu vực sông lưu lượng dòng chảy là một thông số thủy văn quan trọng xác định hình dạng, kích thước và các quá trình diễn ra trong lưu vực. Dựa vào kết quả quan trắc lưu lượng dòng chảy có thể rút ra thông tin hữu ích, hỗ trợ cho công tác dự báo lũ, xác định xu hướng dòng chảy, tính toán lượng bồi lấp và đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên dòng nước, hiện nay cùng với sự phát triển của công nghệ GIS (Geographic information system) nhiều mô hình thủy văn cho phép tính toán lưu lượng dòng chảy dễ dàng một cách chính xác, dễ dàng đó là mô hình SWAT (Soil and water Assessment tool). [6, 1]

1.1.2. Cơ sở lý thuyết của mô hình SWAT

Mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tools) được xây dựng để đánh giá tác động của việc sử dụng đất, của xói mòn và việc sử dụng hoá chất trong nông nghiệp trên một hệ thống lưu vực sông. Mô hình được xây dựng dựa trên cơ sở về mặt vật lý, bên cạnh đó kết hợp các phương trình hồi quy mô tả mối quan hệ giữa những biến đầu vào và đầu ra, mô hình yêu cầu thông tin về thời tiết, thuộc tính của đất, tài liệu địa hình, thảm phủ, và việc sử dụng đất trên lưu vực. Những quá trình vật lý liên quan đến sự chuyển động nước, sự chuyển động bùn cát, quá trình canh tác, chu trình chất dinh dưỡng, ... đều được mô tả trực tiếp trong mô hình SWAT qua việc sử dụng dữ liệu đầu vào này. Mô hình AVSWAT2000 là một phiên bản 2000 của mô hình SWAT, nó được xây dựng để có thể kết nối trực tiếp với giao diện, kết quả xử lý qua phần mềm ACRVIEW.

1.2. Các ứng dụng mô hình SWAT trong nước và thế giới

1.2.1. Thế giới

Van Liew và Garbecht (2003) đánh giá khả năng dự toán dòng chảy dưới các điều kiện khí hậu khác nhau cho 3 lưu vực cơ sở trong lưu vực sông Washita với diện tích 610 km² nằm phía Đông Nam Oklahoma. Nghiên cứu này đã tìm ra rằng SWAT có thể tính toán dòng chảy cho các điều kiện khí hậu ẩm, khô, trung bình trong mỗi lưu vực cơ sở. [19]

Nghiên cứu của Govender và Everson (2005) đưa ra kết quả tính toán dòng chảy tương đối mạnh cho lưu vực nghiên cứu nhỏ nằm ở Bắc phi, họ đã tìm ra SWAT tính toán tốt hơn với điều kiện khí hậu khô. [14]

Sử dụng SWAT nghiên cứu hệ quả của hoạt động bảo tồn thiên nhiên trong chương trình đánh giá hiệu quả bảo tồn thiên nhiên USDA (CEAP, 2007), thực hiện đánh giá cho các khu vực lớn như lưu vực thượng nguồn sông Mississippi và toàn bộ Mỹ của Arnold và cộng sự (1999); Jha và cộng sự (2006). Xu hướng ứng dụng SWAT cũng tương tự ở Châu Âu và các khu vực khác. [15]

1.2.2. Việt Nam

Nguyễn Kiên Dũng (Viện khoa học khí tượng thủy văn và Môi trường), áp dụng SWAT “Nghiên cứu quy luật xói mòn đất và bùn cát lưu vực sông Sê San bằng mô hình toán”. Đề tài đã kiểm nghiệm mô hình đối với dòng chảy tại trạm Kon Tum và Trung Nghĩa năm 1997. Theo tiêu chuẩn Nash – Sutcliffe, mức hiệu quả của mô hình đối với dòng chảy là 0,73 (Kon Tum: 0,69; Trung Nghĩa 0,76) và đối với dòng chảy bùn cát là 0,633 (Kon Tum: 0,663, Trung Nghĩa: 0,60) như vậy, kết quả hiệu chỉnh mô hình đạt ở mức khá.

Huỳnh Thị Lan Hương (Viện Khoa học Khí tượng Thủy Văn và Môi trường) ứng dụng mô hình SWAT trong quản lý tổng hợp tài nguyên nước lưu vực Sông Chảy. Trong đề án đã trình bày quá trình hiệu chỉnh và kiểm

định bộ thông số của mô hình cho lưu vực sông Chảy với vị trí kiểm định được lấy từ lưu lượng thực đo tại trạm Bảo Yên. Kết quả đánh giá sai số lưu lượng tính toán và thực đo theo chỉ số Nash đạt 0,813.

Phạm Văn Tinh (Trường đại học Lâm nghiệp Hà Nội) “Nghiên cứu ứng dụng mô hình SWAT phục vụ quản lý tài nguyên đất và nước trên lưu vực Sông Lô – Gâm” Kết quả tính toán kiểm nghiệm tại trại Ghềnh Gà cho chỉ số NASH là 0,76 với dòng chảy và 0,61 với dòng chảy bùn cát.[10]

Phan Đình Bình và các cộng sự (2013), “Ứng dụng mô hình SWAT và hệ thống thông tin địa lý(GIS) để đánh giá ảnh hưởng của sự thay đổi sử dụng đất đến lưu lượng dòng chảy tại lưu vực sông Phú Lương”, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn số 5/2013, Tr.91 – 96. Kết quả cho thấy Các chỉ số Nash-Sutcliffe Efficiencies (NSE) để đánh giá mô hình có giá trị tốt là 0,98 và 0,99 cho giai đoạn chạy thử và kiểm định. Đến năm 2040 (kịch bản 2), lưu lượng dòng chảy tăng 14.05% vào mùa mưa và giảm 4,17% vào mùa khô. Điều đó có nghĩa là lũ lụt sẽ ngày một trầm trọng hơn vào mùa mưa và hạn hán sẽ nghiêm trọng hơn vào mùa khô.[1]

Nguyễn Kim Lợi , và các cộng sự (2011), “Ứng dụng mô hình SWAT và phương pháp tiếp cận dựa vào cộng đồng đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu tại miền Trung Việt Nam”, Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2011.[8]

1.3. Tổng quan về mô hình SWAT

1.3.1. Giới thiệu về mô hình SWAT

SWAT (Soil and water Assessment Tool) là công cụ đánh giá đất và nước. SWAT được xây dựng bởi tiến sỹ Jeff Arnold ở trung tâm phục vụ nghiên cứu nông nghiệp (ARS – Agricultural Reaseach Service). Thuộc bộ nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA – United States Department of Agriculture).

SWAT là mô hình dùng để dự báo những ảnh hưởng của sự 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. Mô hình là sự tập hợp những thuật toán để thể hiện mối quan hệ giữa giá trị thông số đầu vào và giá trị thông số đầu ra.

Mô hình SWAT được xây dựng để đánh giá tác động của việc sử dụng đất của sỏi mòn và việc sử dụng hóa chất trong nông nghiệp trên một hệ thống lưu vực sông. Mô hình được xây dựng dựa trên cơ sở về mặt vật lý bên cạnh đó kết hợp các phương trình hồi quy mô tả mối quan hệ giữa nhiều biến đầu vào và đầu ra, mô hình yêu cầu thông tin về thời tiết, thuộc tính của đất, tài liệu địa hình, thảm phủ và việc sử dụng đất đầu tiên trên lưu vực những quá trình vật lý liên quan đến sự chuyển động nước, sự chuyển động bùn cát, quá trình canh tác, chu trình chất dinh dưỡng đều được mô tả trực tiếp trong mô hình SWAT, qua việc sử dụng dữ liệu đầu vào này. Xét về toàn lưu vực thì mô hình SWAT là một mô hình phân bố, mô hình này chia dòng chảy thành 3 pha: pha mặt đất, pha dưới mặt đất (sát mặt, ngầm) và pha trong sông, việc mô tả các quá trình thủy văn được chia ra làm hai phần: Phần thứ nhất là pha lưu vực với chu trình thủy văn kiểm soát khối lượng nước, bùn cát, chất hữu cơ và được chuyển tải tới các kênh chính của mỗi lưu vực ; phần thứ hai là diễn toán dòng chảy, bùn cát, hàm lượng các chất hữu cơ tới hệ thống kênh và tới mặt cắt cửa ra của lưu vực. [12, 13]

1.3.2. Pha đất của chu trình thủy văn

Chu trình thủy văn được mô tả trong mô hình SWAT dựa trên phương trình cân bằng nước như sau:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}) \quad (1.1)$$

Trong đó: SW_t : Tổng lượng nước tại cuối thời đoạn tính toán (mm)

SW_0 : Tổng lượng nước ban đầu tại ngày thứ i (mm)

t : Thời gian (ngày)

R_{day} : Tổng lượng mưa tại ngày thứ i (mm)

Q_{surf} : Tổng lượng nước mặt của ngày thứ i (mm)

E_a : Lượng bốc thoát hơi tại ngày thứ i (mm)

W_{seep} : Lượng nước đi vào tầng ngầm tại ngày thứ i (mm)

Q_{gw} : Lượng nước hồi quy tại ngày thứ i (mm)

1.3.2.1. Các yếu tố khí hậu

Các yếu tố khí hậu của lưu vực cung cấp số liệu đầu vào của mô hình để kiểm soát cân bằng nước và xác định mối liên quan giữa các thành phần khác nhau trong chu trình thủy văn. Các biến khí hậu được sử dụng trong mô hình SWAT bao gồm: Mưa ngày, nhiệt độ không khí max, nhiệt độ không khí min, mức xạ mặt trời, tốc độ gió và độ ẩm tương đối. Các số liệu này được lấy ở những trạm đo khí tượng.

1.3.2.2. Các yếu tố thủy văn

Khi lượng mưa rơi xuống, nó có thể bị chặn trong tầng lá cây hoặc rơi xuống bề mặt đất. Nước trên bề mặt đất sẽ thấm vào trong đất hoặc chảy tràn trên bề mặt lưu vực. Nước di chuyển một cách tương đối nhanh chóng về phía kênh dẫn tạo ra dòng chảy trực tiếp. Lượng nước thấm vào trong đất sẽ đóng góp cho dòng chảy ngầm. Tính toán thủy văn trong mô hình bao gồm các thành phần sau:

- Diễn toán dòng chảy ngầm
- Tính các tổn thất
- Diễn toán dòng chảy mặt
- Diễn toán trong hồ chứa
- Diễn toán trong kênh dẫn

1.4. Pha diễn toán của chu trình thủy văn

Mô hình SWAT có thể xác định sự chuyển tải lượng nước, bồi lắng, những chất dinh dưỡng và những thuốc bảo vệ thực vật tới kênh chính, rồi diễn toán theo mạng lưới sông suối trên lưu vực. Ngoài việc tính toán lưu lượng nước, mô hình còn mô tả sự biến đổi của các hoá chất trong kênh.

1.4.1. Diễn toán trong sông

Việc diễn toán trong sông có thể được chia thành bốn thành phần : Nước, chất bồi lắng, những chất dinh dưỡng và hoá chất hữu cơ.

1.4.2. Diễn toán qua hồ chứa

Sự cân bằng nước cho những kho chứa bao gồm dòng chảy đến , dòng chảy ra, mưa trên bề mặt, bốc thoát hơi, thấm qua đáy hồ và những công trình phân nước.

1.5. Phương pháp sử dụng trong mô hình SWAT

1.5.1. Dòng chảy mặt

Mô hình SWAT sử dụng phương pháp chỉ số đường cong SCS (soil conervation sytem) (SCS 1973) và hàm thấm Green và Ampt (1911) để tính toán dòng chảy mặt.

1.5.1.1. Chỉ số đường cong SCS

Trong mô hình SWAT, tác giả đã dùng hai phương pháp đường cong thấm SCS (1972) và phương trình thấm Green & Ampt (1911) để xác định lượng mưa hiệu quả. Phương trình dòng chảy SCS là phương trình thực nghiệm, nó được xây dựng từ những năm 1950, dùng để xác định lượng dòng chảy mặt dưới điều kiện khác nhau về sử dụng đất và loại đất.

Phương trình lưu lượng SCS là một mô hình thực nghiệm đã được sử dụng rộng rãi vào những năm 1960. Mô hình được phát triển để đánh giá tổng hợp dòng chảy ứng với các kiểu sử dụng đất và tính chất đất khác nhau (Radison và Miller, 1981)

Phương trình chỉ số đường cong SCS (SCS, 1972):

$$Q_{\text{surf}} = \frac{(R_{\text{day}} - I_a)^2}{(R_{\text{day}} - I_a + S)} \quad (1.2)$$

Trong đó: Q_{surf} : Lượng dòng chảy mặt hay lượng mưa hiệu quả (mm)

R_{day} : Lượng mưa ngày (mm)

I_a : Khả năng chứa nước ban đầu (mm)

S: Thông số lượng trữ (mm)

Thông số lượng trữ thay đổi theo không gian tùy thuộc vào những thay đổi về tính chất đất, độ dốc và thời gian thông số được xác định:

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (1.3)$$

Trong đó: CN là chỉ số đường cong.

Thông thường $I_a = 0.2S$ và phương trình (1.2) được viết như sau.

$$Q_{\text{surf}} = \frac{(R_{\text{day}} - 0,2S)^2}{(R_{\text{day}} + 0,8S)} \quad (1.4)$$

Dòng chảy mặt chỉ xuất hiện khi $R_{\text{day}} > I_a$. Hệ số CN được tra trong tài liệu của SCS (1972). Hệ số CN phụ thuộc vào vấn đề sử dụng đất và lớp độ ẩm đất. Lớp độ ẩm đất được phân làm 3 loại: lớp loại I biểu thị cho đất có độ ẩm ít hay còn gọi lớp đất khô, lớp loại II biểu thị cho đất có độ ẩm vừa, lớp III biểu thị cho đất có độ ẩm cao. Đất lại được phân làm 4 loại A, B, C, D. Mỗi một nhóm đất lại ứng với một chỉ số CN khác nhau. Đường cong CN tính theo điều kiện độ ẩm loại I và III được tính như sau:

$$CN_1 = CN_2 - \frac{20 \cdot (100 - CN)}{(100 - CN_2 + \exp[2,533 - 0,0636 \cdot (100 - CN_2)])} \quad (1.5)$$

$$CN_3 = CN_2 \cdot \exp[0,00673 \cdot (100 - CN_2)] \quad (1.6)$$

Giá trị đường cong CN trong phương trình (1.3) được viết lại như sau:

$$CN = \frac{25400}{(S + 254)} \quad (1.7)$$

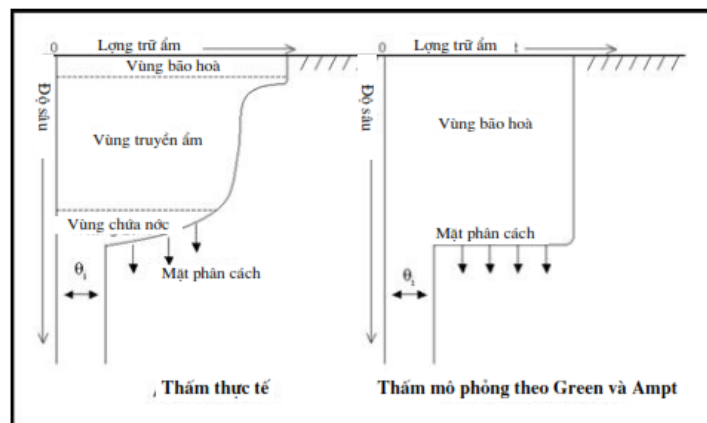
Trong đó CN là chỉ số đường cong tính cho ngày và S là thông số diễn toán tính hàm lượng ẩm của đất trong ngày. Điều kiện độ ẩm loại II theo phương pháp trên là tính cho đất có độ dốc 5%. William (1995) đã phát triển mô hình trên và tính chỉ số CN cho các loại độ dốc khác nhau với điều kiện độ ẩm loại hai như sau:

$$CN_{2s} = \frac{(CN_3 - CN_2)}{3} \cdot [1 - 2 \cdot \exp(-13,86 \cdot slp)] + CN_2 \quad (1.8)$$

Trong đó CN_{2s} là số đường cong thuộc điều kiện độ ẩm II thích hợp với độ dốc cho trước, CN_3 là chỉ số đường cong thuộc điều kiện độ ẩm III cho đất dốc 5% và CN_2 là chỉ số đường cong thuộc điều kiện độ ẩm III cho đất dốc 5% và slp là độ dốc trung bình của lưu vực tính bằng %. Trong mô hình SWAT không sửa lại số đường cong theo độ dốc. Nếu người sử dụng muốn chỉnh lại số đường cong theo độ dốc, thì khi hiệu chỉnh trước hết cần phải đưa số đường cong đó vào file quản lý dữ liệu vào input.

1.5.1.2. Phương pháp thâm Green & Ampt tính tổng lượng dòng chảy

Phương trình Green & Ampt (Green & Ampt, 1911) được xây dựng để xác định lượng dòng chảy trên bề mặt sau khi đã khấu trừ tổn thất thâm tại mọi thời điểm. Phương trình giả thiết các tầng đất là đồng nhất và độ ẩm kỳ trước phân bố đều trong đất. Khi nước thâm vào trong đất, giả thiết đất ở tầng trên sau khi đã bão hòa sẽ tạo thành một bề mặt phân cách.



Hình 1.1: Sự khác nhau giữa phân phối độ ẩm theo chiều sâu mô phỏng theo phương trình Green và Ampt và trong thực tế

Mein và Larson (1973) đã xây dựng một phương pháp luận để xác định thời gian giữ nước dựa trên phương trình Green và Ampt. Phương pháp xác định mưa hiệu quả của Mein – Lason Green- Ampt được hợp nhất trong mô hình SWAT để cung cấp một lựa chọn trong việc xác định dòng chảy mặt.

Tốc độ thấm được xác định theo công thức:

$$f_{\text{inf},t} = K_e \cdot \left(1 + \frac{\Psi_{wf} \cdot \Delta\theta_v}{F_{\text{inf},t}} \right) \quad (1.9)$$

Trong đó: f_{inf} : Tỷ lệ thấm tại thời điểm t (mm/giờ)

K_e : Hệ số thấm thủy lực (mm/giờ)

Ψ_{wf} : Tiềm năng tại bề mặt phân cách (mm)

$\Delta\theta_v$: Sự thay đổi thể tích ẩm qua bề mặt phân cách (mm/mm)

F_{inf} : Lượng thấm lũy tích tại thời điểm t (mm)

Khi cường độ mưa nhỏ hơn cường độ thấm, tất cả lượng nước mưa rơi xuống sẽ bị thấm trong suốt quãng thời gian đó và lượng thấm trong thời đoạn này sẽ được tính như sau:

$$F_{\text{inf},t} = F_{\text{inf},t-1} + R_{\Delta t} \quad (1.10)$$

Trong đó: $F_{\text{inf},t}$: Lượng thấm lũy tích tại bước thời gian tính toán (mm)

$F_{\text{inf},t-1}$: Lượng thấm lũy tích tại bước thời gian tính toán trước (mm)

$R_{\Delta t}$: Lượng mưa trong bước thời gian tính toán (mm)

Tốc độ thấm được xác định trong phương trình (1.9) chính là hàm số của thể tích thấm mà nó là hàm số của tốc độ thấm tại thời điểm trước đó.

Thay, $f_{\text{inf}} = \frac{dF_{\text{inf}}}{dt}$ khi đó phương trình (1.9) được viết lại như sau:

$$F_{\text{inf},t} = F_{\text{inf},t-1} + K_e \cdot \Delta t + \Psi_{wf} \cdot \Delta\theta_v \cdot \ln \left[\frac{F_{\text{inf},t} + \Psi_{wf} \cdot \Delta\theta_v}{F_{\text{inf},t-1} + \Psi_{wf} \cdot \Delta\theta_v} \right] \quad (1.11)$$

Để giải phương trình (1.11) dùng phương pháp giải lặp để xác định lượng thấm lũy tích tại cuối thời điểm tính toán.

Thông số độ dẫn thủy lực trong phương trình Green & Ampt được xác định theo độ dẫn thủy lực ở trạng thái bão hòa. Độ dẫn thủy lực được tính theo công thức sau:

$$K_e = \frac{56,82 \cdot K_{sat}^{0,286}}{1 + 0,051 \cdot \exp(0,062 \cdot CN)} - 2 \quad (1.12)$$

Trong đó: K_e : Độ dẫn thuỷ lực (mm/giờ)

K_{sat} : Độ dẫn thuỷ lực ở trạng thái bão hòa (mm/giờ)

CN: Chỉ số đường cong trong phương pháp SCS

Bề mặt ướt tiềm năng được tính như là hàm số của độ rỗng, phần trăm đất sét và phần trăm cát.

$$\psi_{wf} = 10 \cdot \exp \left[\begin{array}{l} 6,5309 - 7,32561 \cdot \phi_{soil} + 0,001583 \cdot m_c^2 + 3,809479 \cdot \phi_{soil}^2 + \\ 0,000344 \cdot m_s \cdot m_c - 0,049837 \cdot m_s \cdot \phi_{soil} + 0,00168 \cdot m_s^2 \cdot \phi_{soil}^2 + \\ 0,001602 \cdot m_c^2 \cdot \phi_{soil}^2 - 0,0000136 \cdot m_s^2 \cdot m_c - 0,003479 \cdot m_c^2 \cdot \phi_{soil} - \\ 0,000799 \cdot m_s^2 \cdot \phi_{soil} \end{array} \right] \quad (1.13)$$

Trong đó: ϕ_{soil} : Độ rỗng của đất (mm/mm)

m_c : Phần trăm đất sét (%)

m_s : Phần trăm cát (%)

Với mỗi bước thời gian, SWAT tính toán tổng lượng nước thấm vào trong đất. lượng nước không thấm sẽ sinh ra dòng chảy mặt.

1.5.1.3. Hệ số lưu lượng đỉnh lũ

Lưu lượng đỉnh lũ là hệ số lưu lượng lớn nhất có thể đạt được với một trận mưa. Hệ số lưu lượng đỉnh lũ là một chỉ tiêu để đánh giá khả năng xói và được sử dụng để tính toán bồi lắng. SWAT tính toán hệ số lưu lượng đỉnh lũ theo phương pháp mô phỏng hợp lý. Phương pháp này được sử dụng trong việc thiết kế kênh mương hay hệ thống điều khiển dòng chảy. Phương pháp này dựa trên giả thiết: Nếu một trận mưa có cường độ i bắt đầu tại thời gian $t = 0$ và tiếp tục kéo dài, lượng dòng chảy sẽ tiếp tục tăng cho đến thời điểm $t = t_{conc}$ (Thời gian tập trung nước trên lưu vực), khi đó toàn bộ các lưu vực thành phần sẽ đóng góp cho dòng chảy tại mặt cắt cửa ra của lưu vực. Hệ số lưu lượng đỉnh lũ được xác định theo:

$$q_{\text{peak}} = \frac{C \cdot i \cdot \text{Area}}{3,6} \quad (1.14)$$

Trong đó: q_{peak} : Lưu lượng đỉnh lũ (m^3/s)

C: Hệ số lưu lượng

i: Cường độ mưa ($\text{mm}/\text{giờ}$)

Area: Diện tích lưu vực (km^2)

3,6: Hệ số chuyển đổi.

1.5.1.4. Thời gian tập trung nước

Thời gian tập trung nước là thời gian để cho một chất điểm nước ở một thời điểm nào đó trên lưu vực di chuyển về tuyến cửa ra. Thời gian tập trung nước trên lưu vực bao gồm hai giai đoạn: giai đoạn tập trung nước trên bề mặt lưu vực và giai đoạn tập trung nước trong lòng sông về tuyến cửa ra. Thời gian tập trung nước trên lưu vực được tính bằng công thức sau:

$$t_{\text{conc}} = t_{\text{ov}} + t_{\text{ch}} \quad (1.15)$$

Trong đó: t_{conc} : Thời gian tập trung nước của lưu vực (giờ)

t_{ov} : Thời gian chảy truyền (giờ)

t_{ch} : Thời gian tập trung nước trong kênh (giờ)

Thời gian chảy truyền hay còn gọi là thời gian tập trung nước trên bề mặt lưu vực được tính toán theo phương trình sau:

$$t_{\text{ov}} = \frac{L_{\text{slp}}}{3600 \cdot v_{\text{ov}}} \quad (1.16)$$

Trong đó: L_{slp} : Độ dài sườn dốc của lưu vực (giờ)

v_{ov} : Tốc độ tập trung dòng chảy trên bề mặt lưu vực (m/s)

3600: Hệ số đổi đơn vị

Tốc độ tập trung nước trên bề mặt lưu vực được xác định theo phương trình Manning:

$$v_{ov} = \frac{q_{ov}^{0,4} \cdot slp^{0,3}}{n^{0,6}} \quad (1.17)$$

Trong đó: q_{ov} : Tỷ lệ dòng chảy mặt trung bình (m³/s)

slp : Độ dốc trung bình của lưu vực (m/m)

n : Hệ số nhám Manning của lưu vực

Hệ số nhám Manning n phụ thuộc vào đặc tính bề mặt đất của lưu vực.

Thời gian tập trung nước trong kênh được tính theo phương trình sau:

$$t_{ch} = \frac{L_c}{3,6 \cdot v_c} \quad (1.18)$$

Trong đó: L_c : Chiều dài kênh (km)

V_c : Tốc độ chảy trong kênh (m/s)

3,6: Hệ số chuyển đổi đơn vị

Chiều dài trung bình kênh được xác định theo công thức sau:

$$L_c = \sqrt{L \cdot L_{cen}} \quad (1.19)$$

Trong đó: L : Chiều dài kênh chính từ điểm xa nhất đến mặt cắt cửa ra (km)

L_{cen} : Khoảng cách dọc theo kênh tới tâm của lưu vực (km)

Tốc độ chảy truyền trong kênh được tính theo phương trình Manning với giả thiết tỷ lệ chiều rộng với chiều sâu là 10:1 và được tính theo công thức sau:

$$v_c = \frac{0,489 \cdot q_{ch}^{0,25} \cdot slp_{ch}^{0,375}}{n^{0,75}} \quad (1.20)$$

Trong đó: v_c : Vận tốc chảy trung bình trong kênh (m/s)

q_{ch} : Tỷ lệ dòng chảy trung bình trong kênh (m³/s)

slp_{ch} : Độ dốc đáy kênh (m/m)

n : Hệ số nhám Manning của kênh

1.5.1.5. Hệ số trễ dòng chảy mặt

Với những lưu vực lớn có thời gian tập trung nước lớn hơn 1 ngày, chỉ một phần lưu lượng bề mặt sẽ đóng góp cho kênh chính. Trong mô hình

SWAT sẽ dùng hệ số lượng trữ để mô tả phần dòng chảy không đóng góp cho kênh chính trong ngày.

Lưu lượng dòng chảy mặt được tính toán theo phương pháp chỉ số CN và hàm thấm Green và Ampt. Lượng dòng chảy không đóng góp cho kênh chính được tính toán theo phương trình:

$$Q_{\text{surf}} = (Q'_{\text{surf}} + Q_{\text{stor},i-1}) \cdot \left(1 - \exp\left[\frac{-\text{surlag}}{t_{\text{conc}}} \right] \right) \quad (1.21)$$

Trong đó: Q_{surf} : Tổng lượng dòng chảy bề mặt trong kênh chính trong thời đoạn một ngày (mm)

Q'_{surf} : Lớp dòng chảy sinh ra trên lưu vực trong một ngày (mm)

$Q_{\text{stor},i-1}$: Lượng dòng chảy bề mặt được lưu trữ từ thời đoạn trước (mm)

surlag: Hệ số trễ

t_{conc} : Thời gian tập trung dòng chảy trên lưu vực (giờ)

1.5.1.6. Tổn thất dọc đường

Phương pháp mô phỏng tổn thất dọc đường trong mô hình SWAT được xây dựng để đánh giá những tổn thất bằng việc so sánh sự khác biệt giữa dòng vào và dòng ra và giả thiết không có lưu lượng bộ phận dọc kênh. Đối với những lưu vực khô và bán khô hạn sẽ có nhiều nhánh sông bị cạn kiệt, do đó sẽ tổn thất một lượng lớn dòng chảy trong kênh. Những tổn thất này sẽ làm giảm tổng lượng lũ truyền xuống hạ lưu tại mặt cắt cửa ra

Phương trình tính toán lưu lượng sau khi khấu trừ tổn thất dọc đường:

$$\text{vol}_{Q_{\text{surf},f}} = \begin{cases} 0 & \text{vol}_{Q_{\text{surf},i}} \leq \text{vol}_{\text{thr}} \\ a_x + b_x \cdot \text{vol}_{Q_{\text{surf},i}} & \text{vol}_{Q_{\text{surf},i}} > \text{vol}_{\text{thr}} \end{cases} \quad (1.22)$$

Trong đó: $\text{vol}_{Q_{\text{surf},f}}$: Tổng lượng dòng chảy sau khi khấu trừ tổn thất dọc đường (m^3)

a_x : Hệ số triệt giảm do bị chặn

b_x : Hệ số triệt giảm theo độ dốc

$\text{vol}_{Q_{\text{surf},i}}$: Tổng lượng dòng chảy trước khi khấu trừ tổn thất (m^3)

vol_{thr} : Tổng lượng dòng chảy ngưỡng của kênh dẫn được xác định theo phương trình sau:

$$vol_{thr} = -\frac{a_x}{b_x} \quad (1.23)$$

Khi đó, lưu lượng đỉnh lũ sẽ được xác định theo phương trình sau:

$$q_{peak,f} = \frac{1}{(3600 \cdot dur_{flw})} \cdot [a_x - (1 - b_x) \cdot vol_{Q_{surf,i}}] + b_x \cdot q_{peak,i} \quad (1.24)$$

Trong đó: $q_{peak,f}$: Lưu lượng đỉnh lũ sau khi khấu trừ tổn thất (m³/s)

dur_{flw} : Bước thời gian tính toán (giờ)

Bước thời gian tính toán được tính theo phương trình sau:

$$dur_{flw} = \frac{Q_{surf} \cdot Area}{3,6 \cdot q_{peak}} \quad (1.25)$$

1.5.2. Bốc thoát hơi

Bốc thoát hơi là quá trình nước chuyển hóa thành dạng hơi nước, nó bao gồm các quá trình bay hơi từ vòm cây, từ nước và từ đất. Việc tính toán chính xác lượng bốc hơi sẽ là một tiêu chuẩn để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất đến tài nguyên nước.

1.5.2.1. Vòm cây

Vòm cây có ảnh hưởng đáng kể đến quá trình thấm, dòng chảy mặt và bốc thoát hơi khi mưa rơi, vòm cây có tác dụng làm giảm khả năng xói và giữ lại một lượng nước trong vòm. Ảnh hưởng của vòm cây đến những quá trình này là một hàm của mật độ cây và hình thái của những loại cây khi tính toán dòng chảy mặt, phương pháp chỉ số đường cong SCS xét đến lượng ngăn chặn của vòm qua, thông số lượng trữ ban đầu và hệ số triết giảm. Khi sử dụng phương trình thấm Green và Ampt để tính toán lưu lượng và lượng thấm, khả năng trữ nước của vòm phải được tính toán riêng rẽ. SWAT mô

phông lượng nước cực đại có thể được giữ trong vòm thay đổi theo thời gian như một hàm của chỉ số phủ lá:

$$\text{can}_{\text{day}} = \text{can}_{\text{mx}} \cdot \frac{\text{LAI}}{\text{LAI}_{\text{mx}}} \quad (1.26)$$

Trong đó: can_{day} : Lượng nước lớn nhất có thể bị chặn bởi vòm cây trong thời đoạn một ngày (mm)

can_{mx} : Lượng nước lớn nhất có thể bị chặn bởi vòm cây trong thời đoạn vòm phát triển hoàn toàn (mm)

LAI: Chỉ số phủ lá trong ngày

LAI_{mx} : Chỉ số phủ lá lớn nhất

Khi mưa rơi xuống, vòm cây sẽ tích đầy nước trước, sau đó nước mưa mới có thể rơi xuống bề mặt đất: $R_{\text{INT}(f)} = R_{\text{INT}(i)} + R'_{\text{day}}$

$$\text{và } R_{\text{day}} = 0 \text{ khi } R'_{\text{day}} \leq \text{can}_{\text{day}} - R_{\text{INT}(i)} \quad (2.30)$$

$$R_{\text{INT}(f)} = \text{can}_{\text{day}} \text{ và } R_{\text{day}} = R'_{\text{day}} - (\text{can}_{\text{day}} - R_{\text{INT}(i)})$$

$$\text{khi } R'_{\text{day}} > \text{can}_{\text{day}} - R_{\text{INT}(i)} \quad (1.27)$$

Trong đó: $R_{\text{INT}(i)}$: Lượng nước ban đầu trữ trên vòm (mm)

$\text{INT}(t)$: Lượng nước cuối cùng trữ trên vòm (mm)

R'_{day} : Lượng mưa ngày (mm)

can_{day} : Lượng mưa trong ngày mà nó rơi xuống bề mặt đất (mm)

1.5.2.2. Lượng bốc thoát hơi tiềm năng

Bốc thoát hơi tiềm năng (PET) là lượng bốc thoát hơi có thể xảy ra trên một vùng rộng lớn được bao phủ bởi một loại cây đồng nhất. Nhiều phương pháp đã được phát triển để tính toán PET. Mô hình SWAT sử dụng 3 phương pháp để xác định PET: Phương pháp Penman -Monteith (Monteith, 1965; Allen, 1986; Allen et al., 1989), Phương pháp Priestley-Taylor (Priestley and Taylor, 1972), Phương pháp Hargreaves (Hargreaves et al., 1985). Mô hình

cũng cho phép đọc số liệu vào nếu người sử dụng muốn dùng các phương pháp khác để tính PET đó là :

- Phương pháp Penman-Monteith (Monteith, 1965; Allen, 1986; Allen et al., 1989)
- Phương pháp Priestley-Taylor (Priestley and Taylor, 1972)
- Phương pháp Hargreaves (Hargreaves et al., 1985).

Ba phương pháp dùng để tính PET nêu trên đòi hỏi các yêu cầu khác nhau về số liệu.

Phương pháp Penman -Monteith đòi hỏi số liệu về bức xạ mặt trời , nhiệt độ không khí , độ ẩm tương đối và tốc độ gió . Phương pháp Priestley -Taylor đòi hỏi số liệu về bức xạ mặt trời , nhiệt độ không khí và độ ẩm tương đối. Phương pháp Hargreaves đòi hỏi số liệu về nhiệt độ không khí . Chi tiết các phương pháp này xem trong SWAT User Manual Version 2000.

1.5.2.3. Bốc thoát hơi thực tế

Khi bốc hơi tiềm năng đã được xác định, phải tính toán lượng bốc hơi thực tế. SWAT trước hết tính lượng bốc hơi từ lớp nước mưa bị chặn trên vòm cây sau đó tiếp tục tính toán bốc thoát hơi qua thảm phủ, lượng bốc hơi từ lớp đất.

a. Bốc hơi của lượng nước mưa bị chặn trên vòm cây

Nếu lượng bốc hơi tiềm năng E_o nhỏ hơn lượng nước tự do trữ trong vòm cây R_{INT} thì khi đó:

$$E_a = E_{can} = E_o \quad (1.28)$$

$$R_{INT(f)} = R_{INT(i)} - E_{can} \quad (1.29)$$

Trong đó:

E_a : Lượng bốc thoát hơi thực tế trên lưu vực trong một ngày (mm)

E_{can} : Lượng bốc thoát hơi từ bề mặt nước tự do trữ trong vòm cây trong một ngày (mm)

E_o : Bốc thoát hơi tiềm năng trong một ngày (mm)

$R_{INT(i)}$: Lượng nước trữ trong vòm cây tại đầu thời điểm tính toán (mm)

$R_{INT(f)}$: Lượng nước trữ trong vòm cây tại cuối thời điểm tính toán (mm)

Nếu lượng bốc hơi tiềm năng E_0 lớn hơn lượng nước tự do trữ trong vòm cây R_{INT} thì khi đó:

$$E_{can} = R_{INT(i)} \quad (1.30)$$

$$R_{INT(f)} = 0 \quad (1.31)$$

b. Thoát hơi nước qua thảm phủ

Việc tính toán hơi nước qua thảm phủ sử dụng phương trình Penman – Monteith:

$$E_t = \frac{E_0' \cdot LAI}{3,0} \quad \text{Khi } 0 \leq LAI \leq 3,0 \quad (1.32)$$

$$E_t = E_0' \quad \text{Khi } LAI > 3,0 \quad (1.16)$$

Trong đó:

E_t : Lượng thoát hơi nước cực đại trong ngày (mm)

E_0' : Bốc thoát hơi tiềm năng hiệu chỉnh đối với E_0 bốc hơi từ bề mặt nước tự do trong vòm (mm)

LAI: Chỉ số phủ lá

Giá trị thoát hơi nước được tính toán bởi phương trình (1.30) và (1.31) chính là Lượng bốc thoát hơi nước được tính toán bởi phương trình trên chính là lượng bốc thoát hơi nước có thể xảy ra với giả thiết cây trồng phát triển trong điều kiện lý tưởng. Trong thực tế, lượng bốc thoát hơi nước có thể nhỏ hơn do sự thiếu hụt nước trong đất.

c. Lượng bốc thoát hơi của lượng mưa bị chặn

Lượng mưa bị giữ lại trên vòm cây có thể bị bốc hơi. Nếu lượng bốc hơi tiềm năng E_0 nhỏ hơn lượng nước tự do trữ trong vòm cây R_{INT} thì khi đó:

$$E_a = E_{can} = E_0 \quad (1.33)$$

$$R_{INT(f)} = R_{INT(i)} - E_{can} \quad (1.34)$$

Trong đó:

E_a : Lượng bốc thoát hơi thực tế trên lưu vực trong một ngày (mm)

E_{can} : Lượng bốc thoát hơi từ bề mặt nước tự do trữ trong vòm cây trong một ngày (mm)

E_o : Bốc thoát hơi tiềm năng trong một ngày (mm)

$R_{INT(i)}$: Lượng nước trữ trong vòm cây tại đầu thời điểm tính toán (mm)

$R_{INT(f)}$: Lượng nước trữ trong vòm cây tại cuối thời điểm tính toán (mm)

Nếu lượng bốc hơi tiềm năng E_o lớn hơn lượng nước tự do trữ trong vòm cây R_{INT} thì khi đó:

$$E_{can} = R_{INT(i)} \quad (1.35) \quad R_{INT(f)} = 0 \quad (1.36)$$

d. Lượng bốc thoát hơi từ đất

Lượng bốc thoát hơi từ đất phụ thuộc vào độ nghiêng chiếu sáng của mặt trời. Lượng bốc thoát hơi lớn nhất từ đất trong một ngày được tính toán theo phương trình sau:

$$E_s = E'_o \cdot cov_{sol} \quad (1.37)$$

Trong đó:

E_s : Lượng bốc thoát hơi lớn nhất từ đất trong một ngày (mm)

E'_o : Lượng bốc thoát hơi tiềm năng hiệu chỉnh đối với bốc hơi từ bề mặt nước tự do trong vòm (mm)

Cov_{sol} : Chỉ số đất

Chỉ số đất được tính theo phương trình sau:

$$cov_{sol} = \exp(-5,0 \times 10^{-5} \cdot CV) \quad (1.38)$$

Trong đó:

CV: chỉ số sinh vật trên bề mặt và trong đất (kg/ha).

1.5.3. Chuyển động của nước trong đất

Nước khi đi vào trong đất sẽ di chuyển theo các cách khác nhau, nó có thể được hấp thụ bởi thảm phủ hay bay hơi. Nó có thể thấm sâu xuống tầng đáy và trữ trong tầng ngậm nước hoặc có thể chuyển động trong tầng đất và đóng góp vào thành phần dòng chảy.

Quá trình thấm thấu được tính toán cho từng lớp đất, nước sẽ thấm thấu khi lượng nước vượt qua khả năng lưu trữ của lớp đất. Thể tích nước có thể thấm thấu được xác định theo phương trình :

$$SW_{ly, excess} = SW_{ly} - FC_{ly} \quad \text{nếu } SW_{ly} > FC_{ly} \quad (1.39)$$

$$SW_{ly, excess} = 0 \quad \text{nếu } SW_{ly} \leq FC_{ly} \quad (1.40)$$

Trong đó :

$SW_{ly, excess}$: Là lượng nước có thể thấm từ lớp đất trên cùng trong một ngày (mm)

SW_{ly} : Là lượng nước trữ trong lớp đất trong một ngày (mm)

FC_{ly} : là khả năng giữ nước lớn nhất của một lớp đất (mm)

Mô hình SWAT kết hợp mô hình động học lưu trữ (sloan và NNK – 1983) với các nghiên cứu được tổng kết bởi Sloan và Moore (1984). Mô hình này mô phỏng dòng chảy mặt theo hai chiều dọc theo sườn dốc, mô hình này dựa trên phương trình khối lượng liên tục hoặc cân bằng khối lượng với toàn bộ sườn dốc được sử dụng như một tổng lượng.

1.5.4. Nước ngầm

Nước ngầm là nước chứa trong tầng bão hòa dưới bề mặt đất, nước vào tầng bão hòa chủ yếu do thấm nước ngầm có thể quay trở lại dòng chính hoặc có thể thấm xuống tầng sâu.

1.5.4.1. Tầng ngậm nước nông

Phương trình cân bằng nước cho tầng chứa nước nông:

$$aq_{sh,j} = aq_{sh,j-1} + w_{rchrg} - Q_{gw} - w_{revap} - w_{deep} - w_{pump,sh} \quad (1.41)$$

Trong đó:

$a_{q_{sh,j}}$: Lượng nước trữ trong tầng nước nông trong ngày thứ i (mm)

$q_{sh,j-1}$: Lượng nước trữ trong tầng nước nông trong ngày thứ $i-1$ (mm)

W_{rchrg} : Lượng nước đi vào tầng nước nông ngày thứ i (mm)

Q_{gw} : Dòng chảy ngầm đi vào kênh chính của ngày thứ i (mm)

W_{revap} : Lượng nước di chuyển vào trong đất (lượng nước thiếu hụt) của ngày thứ i (mm)

W_{deep} : Lượng nước thấm từ tầng ngậm nước sát mặt xuống tầng ngậm nước ngầm của ngày thứ i (mm)

$W_{pump,sh}$: Số lượng ra khỏi tầng nước nông bởi bơm (mm)

Lượng nước đi vào tầng sát mặt trong ngày thứ i được tính theo phương trình sau:

$$w_{rchrg,i} = (1 - \exp[-1/\delta_{gw}]) \cdot w_{seep} + \exp[-1/\delta_{gw}] \cdot w_{rchrg,i-1} \quad (1.42)$$

Trong đó:

δ_{gw} : Thời gian trì hoãn (ngày)

w_{seep} : Lượng nước ở lớp đáy mặt cắt đất trong ngày thứ i (mm)

$w_{rchrg,i-1}$: Lượng nước đi vào tầng sát mặt ngày thứ i (mm)

Tổng lượng nước có trong lớp đáy của mặt cắt đất trong ngày thứ i được tính theo phương trình sau:

$$W_{seep} = W_{perc,ly=n} + W_{crk,btm} \quad (1.43)$$

Trong đó:

$W_{perc,ly=n}$: Lượng nước thấm qua lớp đất cuối cùng của mặt cắt đất trong ngày thứ i (mm)

$W_{crk,btm}$: Tổng lượng nước chuyển động trên tầng biên của lớp đất trong ngày thứ i (mm)

Lượng nước ở tầng sát mặt đi vào kênh chính được xác định theo phương trình sau:

$$Q_{gw} = \frac{8000 \cdot K_{sat}}{L_{gw}^2} \cdot h_{wtbl} \quad (1.44)$$

Trong đó:

L_{gw} : Khoảng cách từ đường biên lưu vực đến hệ thống dòng chảy ngầm của kênh chính (m)

h_{wtbl} : Chiều cao mặt nước (m)

Dao động của mực nước ngầm được tính theo phương trình sau:

$$\frac{dh_{wtbl}}{dt} = \frac{w_{rchrg} - Q_{gw}}{800 \cdot \mu} \quad (1.45)$$

Trong đó: dt : Sự thay đổi chiều cao mặt nước theo thời gian (mm/ngày)

μ : Cường suất của tầng ngậm nước nông (m/m)

Thay phương trình (1.43) và (1.44) ta có:

$$\frac{dQ_{gw}}{dt} = 10 \cdot \frac{K_{sat}}{\mu \cdot L_{gw}^2} \cdot (w_{rchrg} - Q_{gw}) = \alpha_{gw} \cdot (w_{rchrg} - Q_{gw}) \quad (1.46)$$

Tích phân phương trình trên, sau khi rút gọn ta có :

$$Q_{gw,i} = Q_{gw,i-1} \cdot \exp[-\alpha_{gw} \cdot \Delta t] + w_{rchrg} \cdot (1 - \exp[-\alpha_{gw} \cdot \Delta t]) \quad (1.47)$$

Lượng nước thấm từ tầng ngậm nước sát mặt xuống tầng ngậm nước ngầm của ngày thứ i được xác định theo phương trình sau:

$$\begin{aligned} w_{deep} &= 0 && \text{if } aq_{sh} \leq aq_{shthr,rvp} \\ w_{deep} &= w_{deep,mx} - aq_{shthr,rvp} && \text{if } aq_{shthr,rvp} < aq_{sh} < (aq_{shthr,rvp} + w_{revap,mx}) \\ w_{deep} &= w_{deep,mx} && \text{if } aq_{sh} \geq (aq_{shthr,rvp} + w_{revap,mx}) \end{aligned} \quad (1.48)$$

1.5.4.2. Tầng ngậm nước sâu

Phương trình cân bằng nước cho tầng chứa nước sâu :

$$aq_{dp,i} = aq_{dp,i-1} + w_{deep} - w_{pump,dp} \quad (1.49)$$

Trong đó:

$aq_{dp,i}$: Lượng nước trữ vào tầng chứa nước sâu ngày thứ i (mm)

$a_{qdp,i-1}$: Lượng nước trữ vào tầng chứa nước sâu ngày thứ $i-1$ (mm)

w_{deep} : Lượng nước ngấm từ tầng sát mặt vào tầng chứa nước sâu trong ngày thứ i (mm)

$w_{pump,dp}$: Lượng nước bơm ra khỏi tầng nước sâu vào ngày thứ i (mm)

1.5.5. Diễn toán dòng chảy trong sông

SWAT sử dụng phương trình Manning để xác định hệ số và tốc độ dòng chảy nước dựa diễn toán qua hệ thống kênh dẫn bởi phương pháp diễn toán lượng trữ hoặc diễn toán Maskingum. Cả hai phương pháp đều dựa trên mô hình sóng động học. Tổn thất dòng chảy trong sông được chia ra làm hai phần : tổn thất dọc đường và tổn thất do bốc hơi. Lượng nước trữ trong đất dưới đáy kênh sẽ đóng góp cho thành phần dòng chảy. Lượng nước đóng góp này sẽ được tính toán theo hệ số triết giảm tương tự như trong tính toán thành phần dòng chảy ngấm.

SWAT tính cho kênh chính hoặc kênh nhánh mà mặt cắt ngang có dạng hình thang.

Lượng nước trữ trong kênh tại cuối mỗi bước thời gian được tính toán theo phương trình :

$$V_{\text{stored},2} = V_{\text{stored},1} + V_{\text{in}} - V_{\text{out}} - t_{\text{loss}} - E_{\text{ch}} + \text{div} + V_{\text{bnk}} \quad (1.50)$$

1.5.6. Diễn toán trong hồ chứa

Phương trình cân bằng nước cho 1 kho chứa (hồ)

$$V = V_{\text{stored}} + V_{\text{flowin}} - V_{\text{flowout}} + V_{\text{pcp}} - V_{\text{evap}} - V_{\text{seep}} \quad (1.51)$$

Trong đó :

V : tổng lượng nước trữ trong hồ tại thời điểm cuối ngày (m^3)

V_{stored} : tổng lượng nước trữ trong hồ tại thời điểm đầu ngày (m^3)

V_{flowin} : tổng lượng nước đi vào hồ trong một ngày (m^3)

V_{flowout} : tổng lượng nước ra khỏi hồ trong một ngày (m^3)

V_{pcp} : tổng lượng mưa rơi vào hồ trong một ngày (m^3)

V_{evap} : tổng lượng bốc hơi từ hồ trong một ngày (m^3)

V_{seep} : tổng lượng nước thấm vào đáy hồ trong một ngày(m^3)

1.6. Các số liệu vào và ra của mô hình.

1.6.1. Bộ dữ liệu đầu vào (input) cho mô hình SWAT

Yêu cầu số liệu vào của mô hình được biểu diễn dưới hai dạng: dạng số liệu không gian và số liệu thuộc tính.

* *Số liệu không gian dưới dạng bản đồ bao gồm:*

Số liệu không gian (GIS) dưới dạng bản đồ tỷ lệ 1:25.000 bao gồm:

Bản đồ địa hình lưu vực Sông Cầu; Bản đồ sử dụng đất lưu vực Sông Cầu; Bản đồ đất lưu vực Sông Cầu; Bản đồ mạng lưới sông suối trên lưu vực Sông Cầu.

* *Số liệu thuộc tính dưới dạng Database bao gồm:*

- Số liệu về khí tượng bao gồm nhiệt độ không khí , bức xạ , tốc độ gió, mưa,...

- Số liệu về thủy văn bao gồm dòng chảy, bùn cát, hồ chứa...

- Số liệu về đất bao gồm : loại đất, đặc tính loại đất theo lớp của các phẫu diện đất...

- Số liệu về loại cây trồng trên lưu vực, độ tăng trưởng của cây trồng...

Sử dụng sử dụng phần mềm SWAT phiên bản 2005, phần mềm Arcview phiên bản 3.2 để biên tập bản đồ đầu vào cho SWAT.

1.6.2. Các số liệu ra của mô hình

- Đánh giá cả về lượng và về chất của nguồn nước

- Đánh giá lượng bùn cát vận chuyển trên lưu vực

- Đánh giá quá trình canh tác đất thông qua moduyn chu trình chất dinh dưỡng

- Đánh giá công tác quản lý lưu vực

1.7. Các thông số và đánh giá kết quả mô hình

1.7.1 Các thông số và đánh giá mô hình

Tùy thuộc lựa chọn phương pháp tính toán của người sử dụng mô hình sẽ có các thông số khác nhau :

- Thông số tính toán dòng chảy trực tiếp

Sử dụng Phương pháp chỉ số đường cong SCS

CN2: Chỉ số CN ứng với điều kiện ẩm II

Sử dụng phương pháp Green & Ampt

SOL_K : Ksat : Độ dẫn thủy lực ở trường hợp bão hòa

SOL_BD: pb : Mật độ khối của đất (mg/m³)

CLAY : mc : % đất sét

SAND : ms : % đất cát

- Thông số tính lưu lượng đỉnh lũ

OV_N : n: Hệ số nhám Manning cho dòng chảy mặt

CH_N(1) : n: Hệ số nhám kênh dẫn

- Thông số tính hệ số trễ dòng chảy mặt

SURLAG : surlag: hệ số trễ dòng chảy mặt

- Thông số tính tổn thất dọc đường

CH_K(1) : K_{ch}: Độ dẫn thủy lực của kênh dẫn

- Thông số tính tổn thất do bốc hơi

CANMX : can_{mx}: Lượng trữ lớn nhất của vòm cây

ESCO: esco: Hệ số bốc hơi của đất

- Thông số tính toán dòng chảy ngầm

GWQMN: aq_{s_{thr,q}}: Ngưỡng sinh dòng chảy ngầm (mm)

ALPHA_BF: α_{gw} : Hệ số triết giảm dòng chảy ngầm

REVAPMN: aq_{s_{thr,rvp}}: Ngưỡng sinh dòng thấm xuống tầng ngầm nước sâu (mm)

- Thông số diện toán dòng chảy trong kênh

Phương pháp lượng trữ

CH_N(2): n: Hệ số nhám của kênh chính)

Tính toán tổn thất dọc đường

CH_K (2): Độ dẫn thủy lực của kênh chính (mm/giờ)

Tính toán tổn thất bốc hơi

EVRCH: coefev: Hệ số hiệu chỉnh bốc hơi của kênh chính

1.7.2. Đánh giá kết quả mô hình

Hiệu quả của mô hình được đánh giá bằng cách so sánh kết quả chạy mô hình với số liệu thực đo dòng chảy năm, tháng, ngày.

Để đánh giá mô hình SWAT, nghiên cứu dùng chỉ tiêu của Nash – Sutcliffe (1970) và hệ số R^2 để đánh giá mô hình. Chỉ tiêu đó được viết như sau

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 - \sum_{i=1}^n (x'_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (1.52)$$

Trong đó: R^2 : Hệ số hiệu dụng của mô hình

i: Chỉ số

x_i : Giá trị đo đạc

x'_i : Giá trị tính toán theo mô hình

\bar{x} : Giá trị thực đo trung bình

Bảng 1.1: Bảng đánh giá Mô hình bằng chỉ tiêu R^2

Hệ số hiệu quả	Kết quả
$1,0 \geq R^2 \geq 0,9$	Tốt
$0,9 \geq R^2 \geq 0,7$	khá
$0,7 \geq R^2 \geq 0,5$	Trung bình
$0,5 \geq R^2 \geq 0,3$	Kém

Hệ số hiệu dụng của mô hình thường nhỏ hơn 1 và lớn hơn 0. Nếu R^2 lớn hơn 0,9 và nhỏ hơn 1,0 thì mô hình cho kết quả tốt. Nếu R^2 lớn hơn 0,7 và nhỏ hơn 0,9 thì mô hình cho kết quả khá. Nếu R^2 lớn hơn 0,5 và nhỏ hơn 0,7 thì mô hình cho kết quả trung bình. Nếu R^2 lớn hơn 0,3 và nhỏ hơn 0,5 thì mô hình cho kết quả kém, lúc đó phải xem xét lại cách hiệu chỉnh các thông số của mô hình cũng như số liệu đầu vào. Mô hình SWAT được lựa chọn để tính toán dòng chảy

cho các lưu vực nghiên cứu trong đề tài, từ đó có thể đánh giá ảnh hưởng của lớp phủ thực vật đến dòng chảy. Mô hình có nhiều ưu điểm là đã mô phỏng đầy đủ quá trình dòng chảy dựa trên cơ sở vật lý của các hiện tượng thủy văn. Tuy nhiên mô hình cũng có những nhược điểm nhất định, đó là có quá nhiều các thông số, điều đó sẽ có khó khăn khi chạy chương trình, cần phải xem xét kỹ các yếu tố ảnh hưởng đến dòng chảy thông qua bộ thông số của mô hình. Từ đó có thể đưa ra một giới hạn trên và dưới cho từng thông số ứng với lưu vực nghiên cứu để có thể cho kết quả tính toán được tốt hơn.

1.8. Tổng quan về hệ thống thông tin địa lý

Sự phát triển của công nghệ thông tin, đặc biệt là từ khi xuất hiện ngành đồ họa vi tính cũng như sự gia tăng vượt bậc những khả năng của phần cứng, hệ thống thông tin địa lý (GIS – Geographic Information System) đã ra đời và phát triển nhanh chóng cả về mặt công nghệ cũng như ứng dụng. Hệ thống thông tin địa lý đã chứng tỏ khả năng ưu việt hơn hẳn các hệ thống tin bản đồ truyền thống nhờ vào khả năng tích hợp dữ liệu mật độ cao, cập nhật thông tin dễ dàng cũng như khả năng phân tích, tính toán của nó. Ngày nay, ở nhiều quốc gia trên thế giới, hệ thống thông tin địa lý đã nhanh chóng trở thành một công cụ trợ giúp quyết định cho tất cả các ngành từ quy hoạch cho đến quản lý, cho tất cả các lĩnh vực từ tài nguyên thiên nhiên, môi trường, đất đai, kỹ thuật hạ tầng đến kinh tế, xã hội, nhân văn. GIS cho phép gắn liền thông tin vị trí địa lý của đối tượng với nội dung thuộc tính của nó để tạo thành những bản đồ chính xác, có thể chồng ghép hoặc tách rời từng phần, dữ liệu thuộc tính của các bản đồ được lưu trữ rất mềm dẻo, dễ dàng cập nhật, tổng hợp và truy cập số liệu.

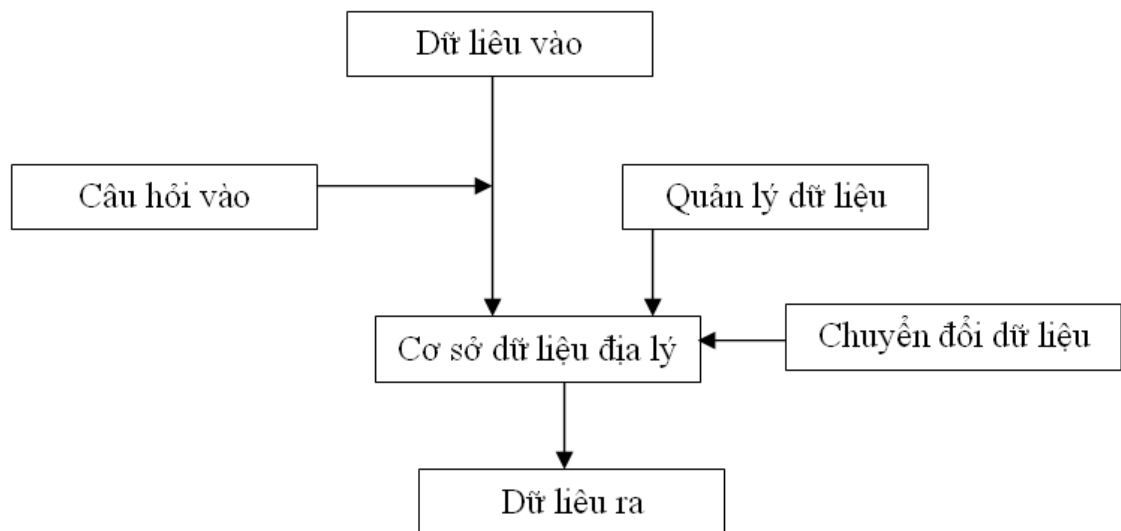
Đối với Việt Nam, kỹ thuật GIS thực tế đã được biết đến khoảng 10 năm trở lại đây, nhưng chủ yếu được dùng trong lĩnh vực quốc phòng, quản lý đô thị... GIS có thể giúp chúng ta xác định được những quyết định đúng đắn để quản lý và cải tạo nguồn tài nguyên thiên nhiên có hiệu quả.

Chìa khóa của tất cả các định nghĩa của GIS là “cái gì” và “ở đâu”. GIS và phân tích không gian có liên quan đến vị trí chính xác và tương đối của các đặc trưng cũng như các đặc điểm, thuộc tính của các đặc trưng đó. Vị trí của các đối tượng không gian quan trọng như các dòng sông, suối có thể được ghi lại, kể cả các thông tin có liên quan như kích thước, tốc độ dòng chảy, chất lượng nước hay các loài các được tìm thấy trong sông, suối đó. Quả thật, các thông tin thuộc tính đó thường phụ thuộc vào sự sắp xếp mức độ quan trọng của các đối tượng khác nhau. GIS có khả năng hỗ trợ cho việc phân tích và hiển thị các mối quan hệ không gian đó.

1.8.1. Định nghĩa

Tùy theo các chức năng, nhiệm vụ của mỗi hệ thống tin địa lý mà có nhiều định nghĩa khác nhau, tuy nhiên các khái niệm về GIS đều dựa trên 3 yếu tố quan trọng là: chất lượng đồ họa, hệ thống vi tính số kỹ thuật cao và khả năng phân tích số liệu không gian.

Định nghĩa theo chức năng: GIS là một hệ thống bao gồm: dữ liệu vào, quản trị dữ liệu (quản lý và phân tích dữ liệu) và dữ liệu ra.



Hình 1.2: Sơ đồ các chức năng của GIS

GIS là tập hợp của các thuật toán: Trong một hệ thông tin địa lý có thể sử dụng các phương pháp tính đại số, hình học từ đơn giản đến phức tạp. Các phép đo đạc có thể thực hiện với các phép tính đơn giản như tính diện tích, đo chiều dài, tính sai số trung bình đến các phép toán giải tích cao cấp trong quá trình xử lý phân tích số liệu.

Định nghĩa theo mô hình cấu trúc dữ liệu : gồm các cấu trúc dữ liệu được sử dụng trong các hệ thống khác nhau (cấu trúc dạng Raster và vector).

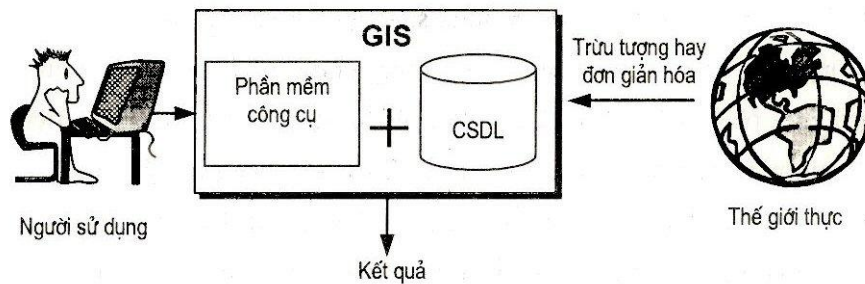
Về mặt công nghệ: GIS là công nghệ thông tin để lưu trữ, phân tích và trình bày các thông tin không gian và phi không gian. Công nghệ GIS có thể coi là một tập hợp hoàn chỉnh các phương pháp và các phương tiện nhằm sử dụng và lưu trữ các đối tượng.

GIS là hệ thống trợ giúp ra quyết định : GIS có thể coi là một hệ thống trợ giúp việc ra quyết định, có thể tích hợp các số liệu không gian trong một cơ chế thống nhất. GIS được sử dụng để cung cấp thông tin nhanh hơn và hiệu quả hơn cho các nhà hoạch định chính sách. Các cơ quan chính phủ dùng GIS trong quản lý các nguồn tài nguyên thiên nhiên, trong các hoạt động quy hoạch, mô hình hoá và quan trắc.

Định nghĩa của David Cowen-NCGIA - Mỹ: GIS là hệ thống phần cứng, phần mềm và các thủ tục được thiết kế để thu thập, quản lý và xử lý, phân tích, mô hình hoá và hiển thị các dữ liệu qui chiếu không gian để giải quyết các vấn đề quản lý và lập kế hoạch phức tạp.

Định nghĩa tổng quát theo BURROUGHTS, 1986 "GIS như là một tập hợp các công cụ cho việc thu nhập, lưu trữ, thể hiện và chuyển đổi các dữ liệu mang tính chất không gian từ thế giới thực để giải quyết các bài toán ứng dụng phục vụ các mục đích cụ thể" (Hình 1.2)

GIS được coi là một công cụ để tổng hợp các dữ liệu không gian đã thu nhận theo các tỉ lệ, khoảng thời gian khác nhau và trong các khuôn dạng dữ liệu khác nhau.



Hình 1.3: Sơ đồ khái niệm về một hệ thống TTĐL

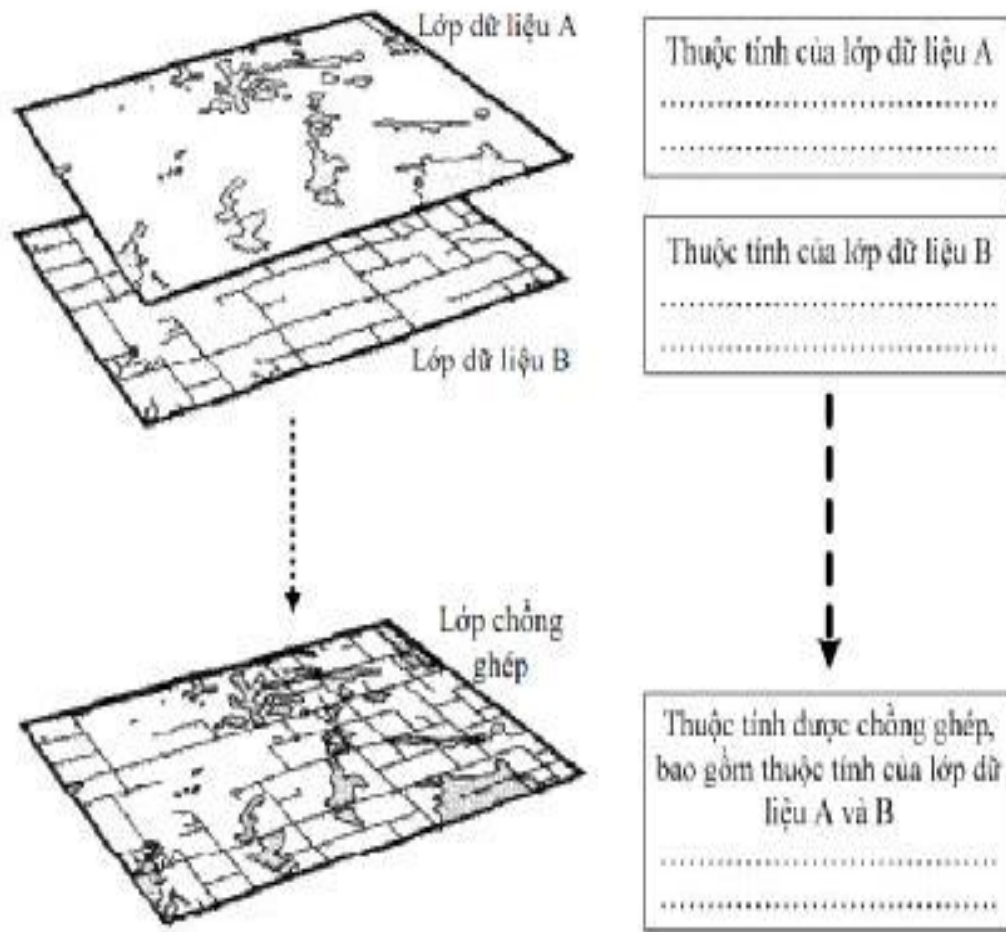
1.8.2. Đặc điểm của GIS

* Khả năng chồng xếp các bản đồ (Map Overlaying)

Chồng xếp là quá trình tích hợp các lớp thông tin khác nhau. Các thao tác phân tích đòi hỏi một hoặc nhiều lớp dữ liệu phải được liên kết vật lý. Sự chồng xếp này, hay liên kết không gian, có thể là sự kết hợp dữ liệu về đất, độ dốc, thảm thực vật hoặc sở hữu đất với định giá thuế.

Việc chồng lắp các bản đồ trong kỹ thuật GIS là một khả năng ưu việt của GIS trong việc phân tích các số liệu thuộc về không gian, để có thể xây dựng thành một bản đồ mới mang các đặc tính hoàn toàn khác với bản đồ trước đây. Dựa vào kỹ thuật chồng lắp các bản đồ mà ta có các phương pháp sau:

- Phương pháp cộng (sum)
- Phương pháp nhân (multiply)
- Phương pháp trừ (subtract)
- Phương pháp chia (divide)
- Phương pháp tính trung bình (average)
- Phương pháp hàm số mũ (exponent)
- Phương pháp che (cover)
- Phương pháp tổ hợp (crosstabulation)

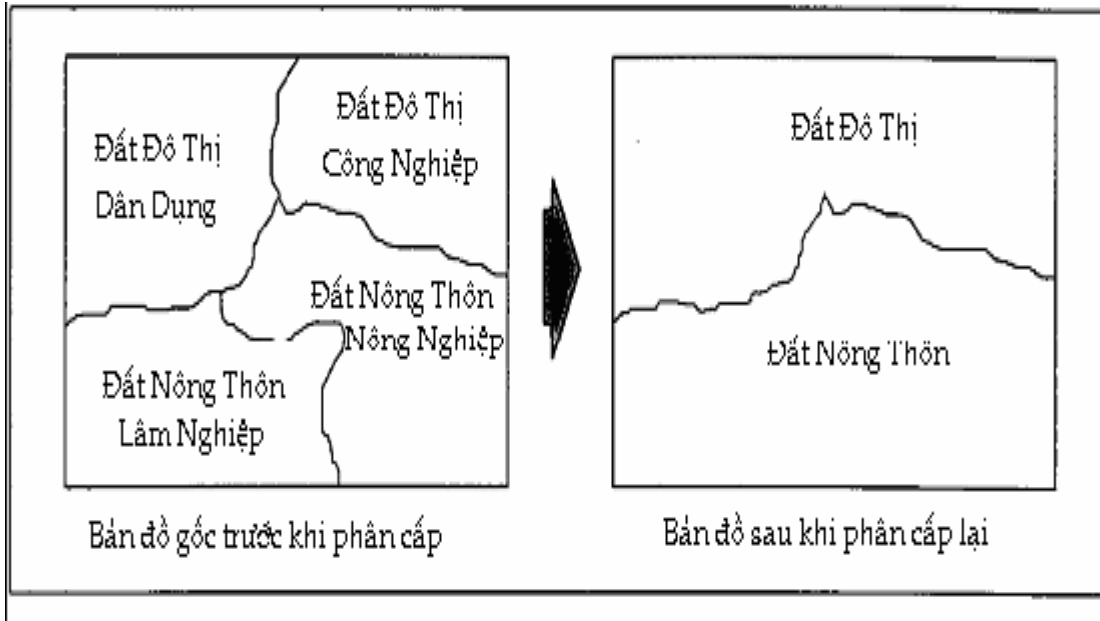


Hình 1.4.: Sơ đồ chồng ghép dữ liệu không gian

*** Khả năng phân loại các thuộc tính (Reclassification)**

Một trong những điểm nổi bật trong tất cả các chương trình GIS trong việc phân tích các thuộc tính số liệu thuộc về không gian là khả năng của nó để phân loại các thuộc tính nổi bật của bản đồ. Nó là một quá trình nhằm chỉ ra một nhóm thuộc tính thuộc về một cấp nhóm nào đó. Một lớp bản đồ mới được tạo ra mang giá trị mới, mà nó được tạo thành dựa vào bản đồ trước đây.

Việc phân loại bản đồ rất quan trọng vì nó cho ra các mẫu khác nhau. Một trong những điểm quan trọng trong GIS là giúp để nhận biết được các mẫu đó. Đó có thể là những vùng thích nghi cho việc phát triển đô thị hoặc nông nghiệp mà hầu hết được chuyển sang phát triển dân cư. Việc phân loại bản đồ có thể được thực hiện trên một hay nhiều bản đồ...



Hình 1.5: Ví dụ về phân loại bản đồ

*** Khả năng phân tích (SPATIAL ANALYSIS)**

- Tìm kiếm (Searching)

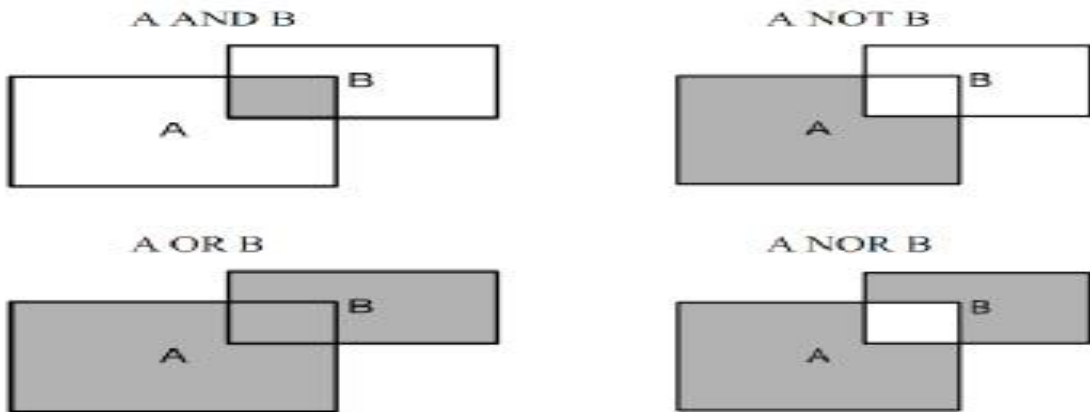
Nếu dữ liệu được mã hoá trong hệ vector sử dụng cấu trúc lớp hoặc lớp phủ, thì dữ liệu được nhóm lại với nhau sao cho có thể tìm kiếm một lớp 1 cách dễ dàng.

Trong GIS phương pháp này khó khăn khi mỗi một thành phần có nhiều thuộc tính. Một hệ lớp đơn giản yêu cầu dữ liệu đối với mỗi lớp phải được phân lớp trước khi đưa vào.

Ví dụ: Tìm đường đi trên xe taxi, tìm đặc tính của một chủ hộ nào đó trên bản đồ giải thửa, theo dõi hướng bay của các loài chim di cư.

Phép logic: Các thủ tục tìm kiếm dữ liệu sử dụng các thuật toán logic Boole để thao tác trên các thuộc tính và đặc tính không gian. Đại số Boole sử dụng các toán tử AND, OR, NOT tùy từng điều kiện cụ thể cho giá trị đúng, sai.

Các phép toán logic không có tính chất giao hoán, chỉ có mức độ ưu tiên cao hơn. Nó không chỉ được áp dụng cho các thuộc tính mà cho các đặc tính không gian.

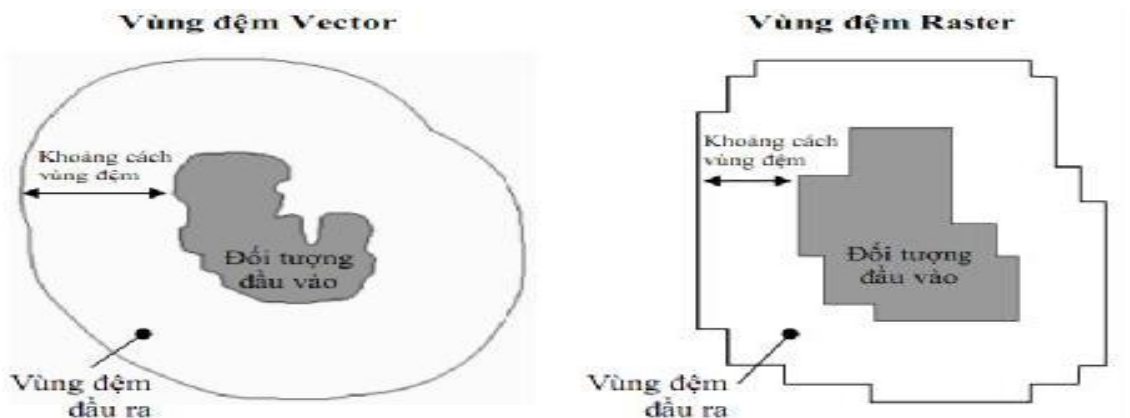


Hình 1.6.: Minh họa các khai báo logic

*** Vùng đệm (Buffer zone)**

Vùng đệm là một vùng có kích thước nhỏ hơn hoặc bằng một khoảng cách được xác định trước từ một hay nhiều đối tượng. Vùng đệm có thể được xác định cho đối tượng điểm, đường hay vùng và cho dữ liệu vector hay raster. Vùng đệm thường là các vùng bên ngoài đối tượng với một khoảng cách giới hạn cho trước. Vùng đệm thường được sử dụng phổ biến trong phân tích dữ liệu bởi lẽ rất nhiều phép phân tích không gian có liên quan đến giới hạn khoảng cách.

Nếu đường biên bên trong thì gọi là lõi còn nếu bên ngoài đường biên thì gọi là đệm (buffer). Vùng đệm sử dụng nhiều thao tác phân tích và mô hình hoá không gian.



Hình 1.7: Ví dụ vùng đệm được tạo ra từ đối tượng vùng vector và raster

*** Nội suy (Spatial Interpolation)**

Trong tình huống thông tin cho ít điểm, đường hay vùng lựa chọn thì nội suy hay ngoại suy phải thực hiện để có nhiều thông tin hơn. Nghĩa là phải giải đoán giá trị hay tập giá trị mới, phần này mô tả nội suy hướng điểm, có nghĩa 1 hay nhiều điểm trong không gian được sử dụng để phát sinh giá trị mới cho vị trí khác nơi không đo dữ liệu được trực tiếp.

*** Tính diện tích (Area Calculation)**

- Phương pháp thủ công:

+ Đếm ô

+ Cân trọng lượng

+ Đo thước tỷ lệ

- Phương pháp GIS:

+ Dữ liệu Vector: chia nhỏ bản đồ dưới dạng đa giác

+ Dữ liệu Raster: tính diện tích của 1 ô, sau đó nhân diện tích này với số lượng ô của bản đồ.

Với các chức năng nêu trên, kỹ thuật GIS có khả năng giải đáp được các dạng câu hỏi như sau:

- Vị trí của đối tượng nghiên cứu: quản lý và cung cấp vị trí của các đối tượng theo yêu cầu bằng các cách khác nhau như tên địa danh, mã, vị trí, tọa độ.

- Điều kiện về thuộc tính của đối tượng: thông qua phân tích các dữ liệu không gian cung cấp các sự kiện tồn tại hoặc xảy ra tại một điểm nhất định hoặc xác định các đối tượng thoả mãn các điều kiện đặt ra.

- Xu hướng thay đổi của đối tượng: cung cấp hướng thay đổi của đối tượng thông qua phân tích các lãnh thổ trong vùng nghiên cứu theo thời gian.

- Cấu trúc và thành phần có liên quan của đối tượng: cung cấp mức độ sai lệch của các đối tượng so với kiểu mẫu và nơi sắp đặt chúng đã có từ các nguồn khác.

- Các giải pháp tốt nhất để đáp ứng mục tiêu nghiên cứu

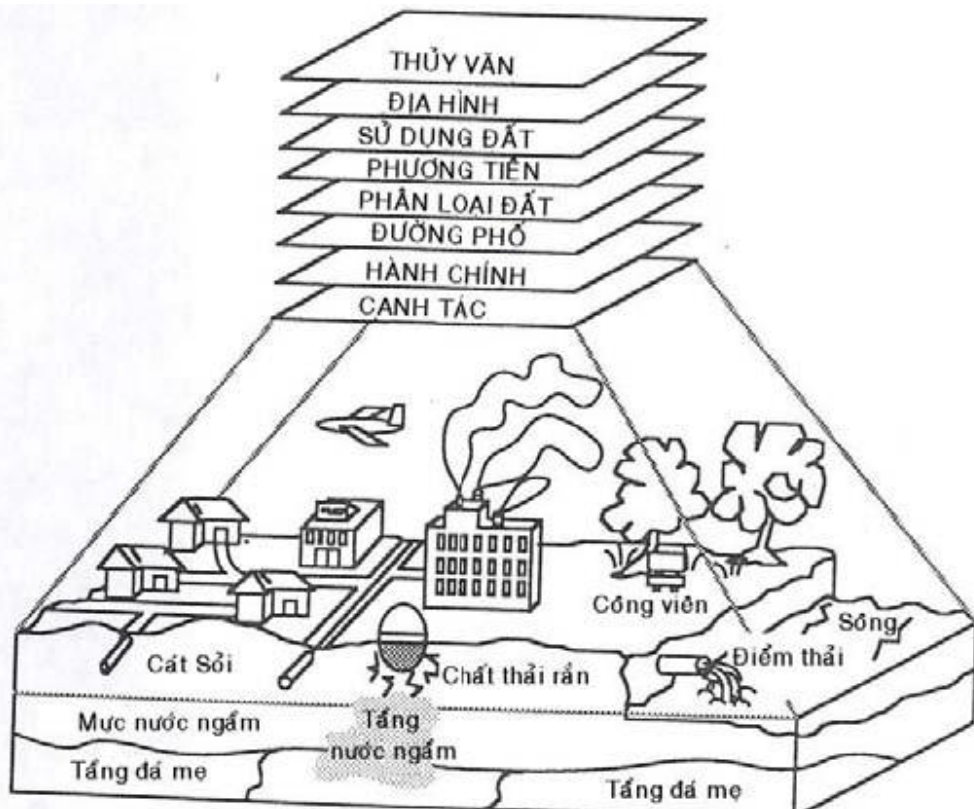
- Các mô hình nhằm giả định các phương án khác nhau

1.8.3. Vai trò của hệ thống thông tin địa lý

Trong vài thập kỷ gần đây, chuyên ngành địa lý học đã áp dụng mạnh mẽ kỹ thuật thông tin, trong đó có những phương pháp ứng dụng mới về các mô hình toán học và thống kê cũng như những ứng dụng các nguồn thông tin mới như dữ liệu viễn thám. Trong bối cảnh này, hệ thống thông tin địa lý (GIS) đã đóng một vai trò quan trọng như là một kỹ thuật tổ hợp. GIS đã phát triển bởi sự liên kết một số các kỹ thuật rời rạc vào một tổng thể hơn là cộng những phần của nó lại. Ngoài ra, GIS còn cho phép tạo ra cơ sở dữ liệu bản đồ, xây dựng mô hình, hỏi đáp và phân tích một lượng lớn dữ liệu mà tất cả đều được lưu trữ trong một cơ sở dữ liệu. GIS được coi là sự liên kết của một số các kỹ thuật khác nhau vào thành một tổng thể hài hòa. GIS là kỹ thuật mạnh mẽ cho phép nhà địa lý tổ hợp dữ liệu của họ và áp dụng những phương pháp hỗ trợ phân tích địa lý truyền thống như phân tích chồng ghép bản đồ và mô hình hóa trên máy tính. Với GIS nhiều điều có thể thực hiện như là vẽ bản đồ, xây dựng mô hình, hỏi đáp và phân tích một lượng lớn dữ liệu. Tất cả đều được lưu giữ trong một cơ sở dữ liệu. Sự phát triển của GIS dựa trên nền tảng của nhiều ngành khoa học khác nhau như: địa lý, bản đồ học, đo vẽ ảnh, viễn thám, khảo sát, trắc địa, xây dựng công trình, thống kê, khoa học máy tính, dân tộc học và nhiều nhánh khác của khoa học trái đất và khoa học tự nhiên. GIS có thể được xem xét như một cơ sở dữ liệu số trong đó dữ liệu thông tin được liên kết trong một hệ tọa độ không gian. Hệ thống thông tin địa lý cho phép:

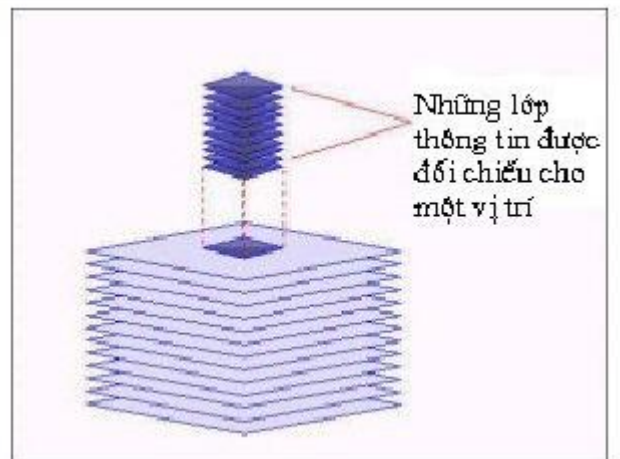
- Nạp dữ liệu (các bản đồ, ảnh hàng không, vệ tinh và các nguồn khác);
- Lưu trữ dữ liệu, truy nhập và hỏi đáp;
- Chuyển đổi dữ liệu, phân tích và mô hình hóa
- Báo cáo dữ liệu (các bản đồ, báo cáo và sơ đồ)

Đối tượng chính của các ứng dụng hệ thống thông tin địa lý là sự chồng ghép của các lớp thông tin khác nhau thông qua việc sử dụng nhiều nguồn dữ liệu đa dạng được xây dựng trên một bản đồ cơ sở dữ liệu địa hình. Điều quan trọng là tất cả các lớp thông tin phải được đăng kí với cùng một hệ quy chiếu không gian phổ dụng. Với các chức năng đo đạc và tổ hợp những thành phần khác nhau. Hệ thống thông tin địa lý cho ta thấy và quản lý tất cả những gì đang diễn ra trên bề mặt trái đất.



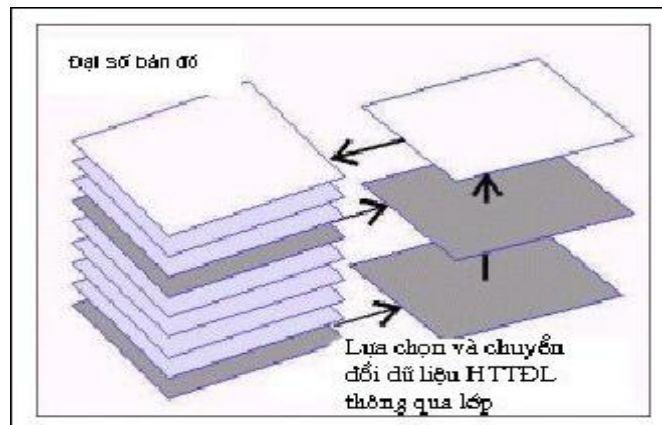
Hình 1.8: GIS là sự thể hiện của thế giới thực bao gồm nhiều đặc tính địa lý được thể hiện theo các lớp dữ liệu đại diện

Hệ thống thông tin địa lý cho phép tìm kiếm những loại hình không gian, xử lý và cho những mối quan hệ giữa những lớp chuyên đề khác nhau. Một bản đồ có thể là những lớp chồng xếp của nhiều bản đồ chuyên đề cùng được đăng kí vào một hệ tọa độ chung:



Hình 1.9: Một bản đồ chuyên đề có thể là tập hợp của nhiều lớp thông tin chuyên đề khác nhau

GIS cũng cho phép tách biệt một hay nhiều lớp từ các lớp thông tin nguồn. Thông tin của những lớp cụ thể có thể được tập hợp và chuyển sang lớp mới để tiếp tục phân tích về sau. Đây là quá trình thực hiện các phép tính đại số trên bản đồ:



Hình 1.10: Chiết xuất thông tin từ nhiều lớp dữ liệu

Cùng với khoa học bản đồ, kỹ thuật hệ thống thông tin địa lý đã tăng cường hiệu quả và sức mạnh phân tích của việc thành lập bản đồ truyền thống. Một hệ thống thông tin địa lý có thể được sử dụng để sản xuất những hình ảnh không phải chỉ là những bản đồ mà còn là những bản vẽ kỹ thuật và sản phẩm hình họa khác. Những hình ảnh này cho phép những nhà quan sát cảm nhận các đối tượng của họ theo cách mà chưa bao giờ nhìn thấy trong các tài liệu trước đây. Những hình ảnh này rất có ích trong việc dẫn dắt tới các khái niệm kỹ thuật của GIS dành cho những người không chuyên nghiên cứu khoa học

CHƯƠNG 2

NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phạm vi, đối tượng, địa điểm và thời gian nghiên cứu

2.1.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đề tài tiến hành nghiên cứu: Sự thay đổi lưu lượng dòng chảy (lũ lụt, hạn hán) lưu vực Sông Cầu.

2.1.2. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

- Địa điểm nghiên cứu: Lưu vực Sông Cầu thuộc khu vực tỉnh Thái Nguyên và tỉnh Bắc Kạn.

- Thời gian nghiên cứu: năm 2017 - 2019.

2.1.3. Nội dung nghiên cứu

Nội dung 1: Đặc điểm tự nhiên, kinh tế - xã hội lưu vực Sông Cầu

- + Vị trí địa lý
- + Đặc điểm địa hình
- + Đặc điểm khí hậu, khí tượng thủy văn
- + Kinh tế - xã hội
- + Đa dạng sinh học
- + Tài nguyên nước

Nội dung 2: Xây dựng cơ sở dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT

+ Cơ sở dữ liệu thuộc tính: bao gồm (Các thông số khí hậu, lượng mưa, lưu lượng dòng chảy...)

- + Cơ sở dữ liệu không gian
- + Kết quả xây dựng các kịch bản biến đổi khí hậu.

Nội dung 3: Ứng dụng mô hình SWAT và hệ thống thông tin địa lý GIS để đánh giá lưu lượng dòng chảy và dự báo hạn hán, lũ lụt lưu vực Sông Cầu.

- + Chạy mô hình SWAT giai đoạn 1975 - 2018

+ Kết quả mô phỏng và tính toán lưu lượng dòng chảy ở kịch bản nền bằng mô hình SWAT.

+ Đánh giá mô hình SWAT bằng các chỉ số NSE và PBIAS

+ Sử dụng mô hình SWAT để dự báo lưu lượng dòng chảy, hạn hán và lũ lụt cho lưu vực Sông Cầu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thu thập số liệu thứ cấp

2.2.1.1. Số liệu không gian

Số liệu không gian (GIS) dưới dạng bản đồ tỷ lệ 1:25.000 bao gồm:

- Bản đồ hiện trạng sử dụng đất và bản đồ các kịch bản sử dụng đất
- Bản đồ độ dốc (DEM)
- Bản đồ Đất
- Bản đồ mạng lưới sông suối trên lưu vực Sông Cầu

2.2.1.2. Số liệu thuộc tính

Số liệu thuộc tính dưới dạng Database bao gồm:

- Số liệu trung bình về khí tượng bao gồm nhiệt độ, không khí, bức xạ, tốc độ gió, mưa...

- Số liệu về thủy văn bao gồm: Lượng mưa trung bình ngày, lưu lượng dòng chảy trung bình ngày.

- Số liệu về đất bao gồm: loại đất, đặc tính loại đất theo lớp của phẫu diện đất

2.2.2. Phương pháp kế thừa, chọn lọc những tư liệu sẵn có

Kế thừa các kết quả thống kê, kiểm kê đất đai, quan trắc môi trường, các cuộc điều tra khảo sát của các cơ quan chuyên môn phục vụ cho công tác lập quy hoạch sử dụng đất lưu vực Sông Cầu.

2.2.3. Phương pháp xây dựng cơ sở dữ liệu không gian

Trong nghiên cứu này xây dựng dữ liệu không gian bao gồm:

- Sử dụng phần mềm Arcview phiên bản 3.2 để biên tập các loại bản đồ như sau:

- + Bản đồ hiện trạng Sử dụng đất năm 2018.
- + Bản đồ mô hình số hóa độ cao (DEM) lưu vực Sông Cầu
- + Bản đồ Đất
- + Bản đồ mạng lưới sông ngòi trên Lưu vực Sông Cầu.
- Sử dụng phần mềm SWAT phiên bản 2000 để chạy mô hình

2.2.4. Phương pháp đánh giá mô hình SWAT

Mô hình được đánh giá bằng 2 chỉ số đó là Nash -Sutcliffe efficiency (NSE) và PBIAS (Nash, và Sutcliffe, 1970) được tính như sau:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}^i - Q_{sim}^i)^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}^i - Q_{obs-mean})^2} \quad (1)$$

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}^i - Q_{sim}^i)}{\sum_{i=1}^n Q_{obs}^i} \times 100\% \quad (2)$$

Trong đó : n là số lần theo dõi (đo), Q_{obs}^i , và Q_{sim}^i số liệu đo và số liệu tính toán bằng mô hình ; $Q_{obs-mean}$ là giá trị thực đo trung bình.

2.2.5. Kịch bản biến đổi khí hậu.

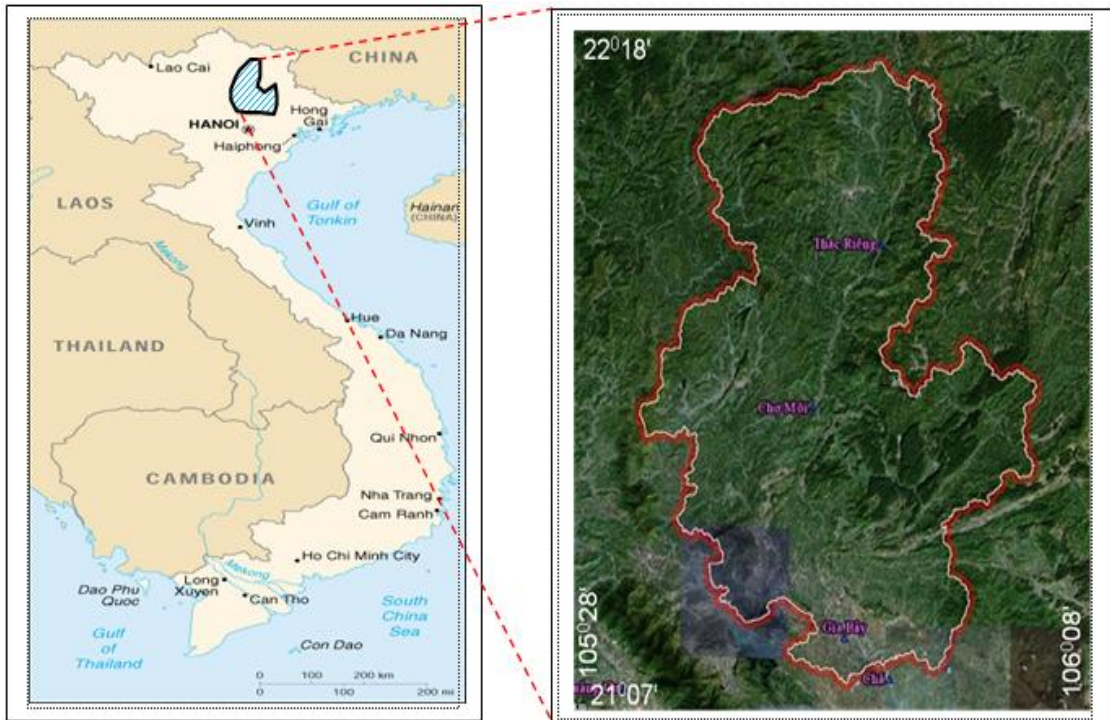
Dựa vào kịch bản biến đổi khí hậu của Việt Nam, đề tài này sử dụng kịch bản biến đổi khí về nhiệt độ và lượng mưa... cho khu vực phía Bắc Việt Nam với các kịch bản B1, B2 và A2.

CHƯƠNG 3

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm tự nhiên, kinh tế - xã hội lưu vực Sông Cầu

3.1.1. Vị trí địa lý



Hình 4.1: Vị trí của lưu vực Sông Cầu

Lưu vực Sông Cầu nằm trong phạm vi tọa độ địa lý: $21^{\circ}07'' - 22^{\circ}18''$ vĩ Bắc, $105^{\circ}28' - 106^{\circ}08'$ kinh Đông, có tổng diện tích lưu vực là 10530 km^2 , bao gồm toàn bộ hay phần lãnh thổ 6 tỉnh (Bắc Kạn, Bắc Giang, Bắc Ninh, Thái Nguyên, Hải Dương, Vĩnh Phúc) và 2 huyện thuộc Hà Nội, trong đó chính lưu Sông Cầu có chiều dài là 288km và diện tích lưu vực là 6030 km^2 . Các phụ lưu có tổng chiều dài là 1332 km và diện tích lưu vực là 294086,66 (ha). Trong đề tài chỉ tập trung nghiên cứu nhánh Thái Nguyên - Bắc Kạn

3.1.2. Đặc điểm địa hình

Lưu vực Sông Cầu có dạng trải dài từ Bắc xuống Nam. Thung lũng phía thượng lưu và trung lưu nằm giữa hai cánh cung Sông Gâm và cánh cung Ngân

Sơn. Phần thượng lưu Sông Cầu chảy theo hướng Bắc Nam độ cao trung bình đạt tới 300 – 400m, lòng sông hẹp và rất dốc, nhiều thác ghềnh và có hệ số uốn khúc lớn ($>2,0$), độ rộng trung bình trong mùa cạn khoảng 50 – 60m, 80 – 100m trong mùa lũ, độ dốc khoảng lớn hơn 0,1%. Phần trung lưu từ Chợ Mới, Sông Cầu chảy qua theo hướng Tây Bắc – Đông Nam trên một đoạn khá dài sau đó trở lại hướng cũ cho đến Thái Nguyên. Hạ lưu Sông Cầu được tính từ Thác Huống đến Phả Lại, từ đây hướng chảy chủ đạo là hướng Tây Bắc – Đông Nam, địa hình có độ cao trung bình 10 đến 20m, lòng sông rất rộng 70 đến 150m và độ dốc giảm đáng kể chỉ còn khoảng 0,01%.

3.1.3. Đặc điểm khí hậu, khí tượng thủy văn

3.1.3.1. Đặc điểm khí hậu

Do địa hình thấp dần từ Bắc xuống Nam nên khí hậu của tỉnh vào mùa đông được chia làm ba vùng:

- + Vùng lạnh nhiều nằm ở phía Bắc huyện Võ Nhai.
- + Vùng lạnh vừa gồm huyện Định Hóa, Phú Lương, Nam Võ Nhai
- + Vùng ấm gồm các huyện Đại từ, Đông hỷ, Phở Yên, Phú Bình, thành phố Sông Công và thành phố Thái Nguyên. [5]

- *Nhiệt độ* trung bình của không khí hàng năm dao động từ 18 - 23⁰C, nơi có nhiệt độ thấp nhất là vùng Tam Đảo và Chợ Đồn từ 18-20⁰C, nơi có nhiệt độ cao là vùng dạ du Vĩnh Yên, Bắc Giang, Hiệp Hòa, Tân Yên,... từ 23 - 24⁰C.

- *Độ ẩm* không khí trung bình nhiều năm ở các vùng trên lưu vực giao động từ 81-87%, ở các vùng núi còn nhiều cây rừng, có mưa nhiều thì độ ẩm cao hơn. Nơi có độ ẩm cao nhất là vùng núi Tam Đảo 87% rồi đến vùng Bắc Kạn, Định Hóa từ 83-84%. Vùng có độ ẩm thấp nhất là vùng Vĩnh Yên, Lục Ngạn, Sơn Động, Bắc Giang 81%.

3.1.3.2. Đặc điểm thủy văn

Dòng chảy trên lưu vực Sông Cầu khá đồng đều. Lưu vực Sông Công có modun dòng chảy vào khoảng 27 – 30l/s.km² vùng thượng lưu Sông Cầu

(từ Thác Riêng trở lên) có Modun dòng chảy năm là 22 - 24 l/s.km² thuộc loại trung bình. Vùng ít nước nhất là Sông Đu có modun dòng chảy năm là 19,5 – 23 l/s.km².

- Mạng lưới Sông ngòi

Trên lưu vực Sông Cầu, các nhánh Sông chính phân bố tương đối đều dọc theo dòng chính, nhưng các sông nhánh tương đối lớn đều nằm ở phía hữu ngạn lưu vực, như các sông: Chợ Chu, Đu, sông Công...

Trong toàn thể lưu vực có 68 Sông suối có độ dài từ 19km trở lên với tổng chiều dài 1600km, trong đó có 13 sông suối có độ dài từ 15km trở lên và 20 sông suối có diện tích lưu vực lớn hơn 100km².

+ *Sông Cầu* là dòng chính của hệ thống sông Thái Bình, bắt nguồn từ vùng núi Phja Đén (1527m) ở sườn đông nam của dãy Phja bjooc. Dòng chính Sông Cầu chảy qua các tỉnh Bắc Cạn, Thái Nguyên, Bắc Giang, Bắc Ninh rồi đổ vào sông Thái Bình tại Phả Lại. Chiều dài sông chính tính đến Phả Lại là 288,5 km

+ *Sông Chu* bắt nguồn từ xã Bảo Linh huyện Định Hoá, chảy theo hướng Tây bắc - Đông nam đến xã Đồng Thịnh lại chuyển hướng Tây nam - Đông bắc chảy qua thị trấn Chợ Chu, sau đó, từ Tân Dương lại chuyển hướng Tây bắc - Đông nam để chảy vào sông Cầu tại Chợ Mới. ở hạ lưu thị trấn Chợ Chu có sông nhánh tương đối lớn là sông Khương (F = 108 km²) chảy vào sông Chu ở phía bờ tả.

+ *Sông Nghinh Tường* bắt nguồn từ độ cao 550 m tại xã Vân Cư huyện Phú Bình, chảy theo hướng Tây bắc - Đông nam đến xã Cúc Đường huyện Võ Nhai rồi chuyển hướng Đông nam - Tây bắc và đổ vào bờ trái sông Cầu tại thượng lưu Lang Hinh. Sông Nghinh Tường dài 46 km, độ cao trung bình lưu vực 290 m, độ dốc 12.9 %, mật độ lưới sông 1.05 km/km², diện tích lưu vực 465 km²

+ *Sông Đu* bắt nguồn từ độ cao 275 m ở xã Yên Trạch huyện Phú

Lương, chảy theo hướng gần bắc - nam hoặc tây bắc - đông nam chảy vào sông Cầu tại Sơn Cẩm. Sông Đu có chiều dài 44,5 km độ cao trung bình lưu vực 129 m, độ dốc 13.3 %, mật độ lưới sông 0.94 km/km² và diện tích lưu vực 361 km².

+ *Sông Công* bắt nguồn từ độ cao 275 m ở xã Thanh Định huyện Định Hoá, chảy theo hướng bắc nam đến xã Phú Cường huyện Đại Từ thì chuyển hướng tây bắc - đông nam đổ vào sông Cầu ở phía bờ phải tại Hương Ninh xã Hợp Thịnh huyện Hiệp Hòa. Sông Công dài 96 km, độ cao trung bình lưu vực 224 m, độ dốc 27.3%, mật độ lưới sông 1.20 km/km², diện tích lưu vực 957 km².

3.1.4. Kinh tế - xã hội

Lưu vực sông Cầu nhánh Thái Nguyên Bắc Kạn có điều kiện kinh tế - xã hội như sau:

- Bắc Kạn Là tỉnh vùng núi, có địa hình phức tạp, cơ sở vật chất và kinh tế chậm phát triển. Tuy nhiên những năm gần đây tỉnh Bắc Kạn đã có 1 số bước phát triển đáng kể. Một số chỉ tiêu kinh tế của tỉnh năm 2017: Tổng giá trị gia tăng (theo giá cố định 1994) ước đạt 1.477.155 triệu đồng, tăng 13% so với năm 2010 (kế hoạch 13,5%), trong đó: Khu vực kinh tế nông, lâm, ngư nghiệp đạt 551.839 triệu đồng, tăng 11,36% (kế hoạch 7,5%); khu vực kinh tế công nghiệp - XDCB đạt 298.426 triệu đồng, tăng 2,64% (kế hoạch 23%); khu vực kinh tế các ngành dịch vụ đạt 626.890 triệu đồng, tăng 20,29% (kế hoạch 14%). Tổng giá trị gia tăng (theo giá thực tế) ước đạt 4.349.665 triệu đồng, tăng 22,81% so với năm 2010 Lưu vực chiếm khoảng 47% diện tích của 6 tỉnh. Tổng dân số 6 tỉnh thuộc lưu vực năm 2012 khoảng trên 6,7 triệu người. Trong đó dân số nông thôn khoảng 5,7 triệu người, dân số thành thị khoảng trên 1 triệu người. mật độ dân số trung bình khoảng 427 người/km², cao hơn 2 lần so với mật độ trung bình quốc gia.

- Thái Nguyên: Thuộc Vùng trung du và miền núi phía bắc, một vùng được coi là nghèo và chậm phát triển tại Việt Nam. Mặc dù vậy kinh tế Thái

Nguyên đang dần chuyển sang công nghiệp hóa, hiện đại hóa, tỷ trọng nông nghiệp đang giảm dần, Thu nhập hàng tháng của lao động trong khu vực nhà nước do tỉnh Thái Nguyên quản lý theo kết quả sơ bộ năm 2017 là 3.527.900 đồng, thấp hơn mức trung bình cả nước cùng thời điểm là 3.867.100 đồng và của khu vực trung du miền núi phía bắc là 3.983.200 đồng. Trong những năm gần đây tỉnh Thái nguyên có nhiều khu công nghiệp lớn như Khu công nghiệp Yên Bình, Khu Diêm Thụy, Khu Sông Công đã tạo công ăn việc làm và tăng thu nhập cho hàng vạn người lao động trong tỉnh và trong khu vực.

3.1.5. Đa dạng sinh học

Thái Nguyên vào năm 2012 có trên 155,06 nghìn ha đất lâm nghiệp (chiếm 46,62% diện tích tự nhiên), trong đó diện tích đất rừng chiếm khoảng 93 nghìn ha, rừng trồng có trên 62 nghìn ha, tỉ lệ che phủ rừng 45,7%. Diện tích rừng đầu nguồn, rừng phòng hộ có gần 36,34 nghìn ha, rừng đặc dụng 28,1 nghìn ha và rừng kinh tế 81,4 nghìn ha. Tổng diện tích đất lâm nghiệp chưa sử dụng có 49.049 nghìn ha (phần lớn là diện tích đất rừng tự nhiên đã bị tàn phá) trong số này có trên 39 nghìn ha có khả năng phục vụ mục đích phục hồi rừng .

Thái nguyên là tỉnh có nguồn tài nguyên thực vật khá phong phú và đa dạng về loài, về gen và hệ sinh thái. Các hệ sinh thái rừng có mức đa dạng sinh học khá cao.

3.1.6. Tài nguyên nước

Nguồn nước mặt của Thái Nguyên chủ yếu do hệ thống sông ngòi cung cấp. Thái Nguyên có 2 sông chính là Sông Công và Sông Cầu, hai con sông với nhiệm vụ cung cấp nguồn nước phục vụ cho hoạt động sản xuất nông nghiệp trong phạm vi lưu vực.

3.1.7. Tầm quan trọng của lưu vực sông

Các hoạt động của phát triển kinh tế - xã hội trong lưu vực hệ thống Sông Cầu diễn ra rất đa dạng và phức tạp với nhịp độ cao. Chúng gắn liền với việc khai thác nguồn nước Sông Cầu phục vụ cho các mục đích khác nhau:

cấp nước, thủy lợi, giao thông, nuôi trồng thủy sản.... Trong đó chức năng nhiệm vụ cho tưới tiêu là chủ yếu.

3.2. Xây dựng cơ sở số liệu đầu vào cho mô hình SWAT

3.2.1 Cơ sở số liệu thuộc tỉnh

3.2.1.1. Các thông số khí hậu

Các thông số khí hậu bao gồm các yếu tố sau: Nhiệt độ tối đa và tối thiểu; Độ ẩm tương đối; Tốc độ gió; Giờ nắng.

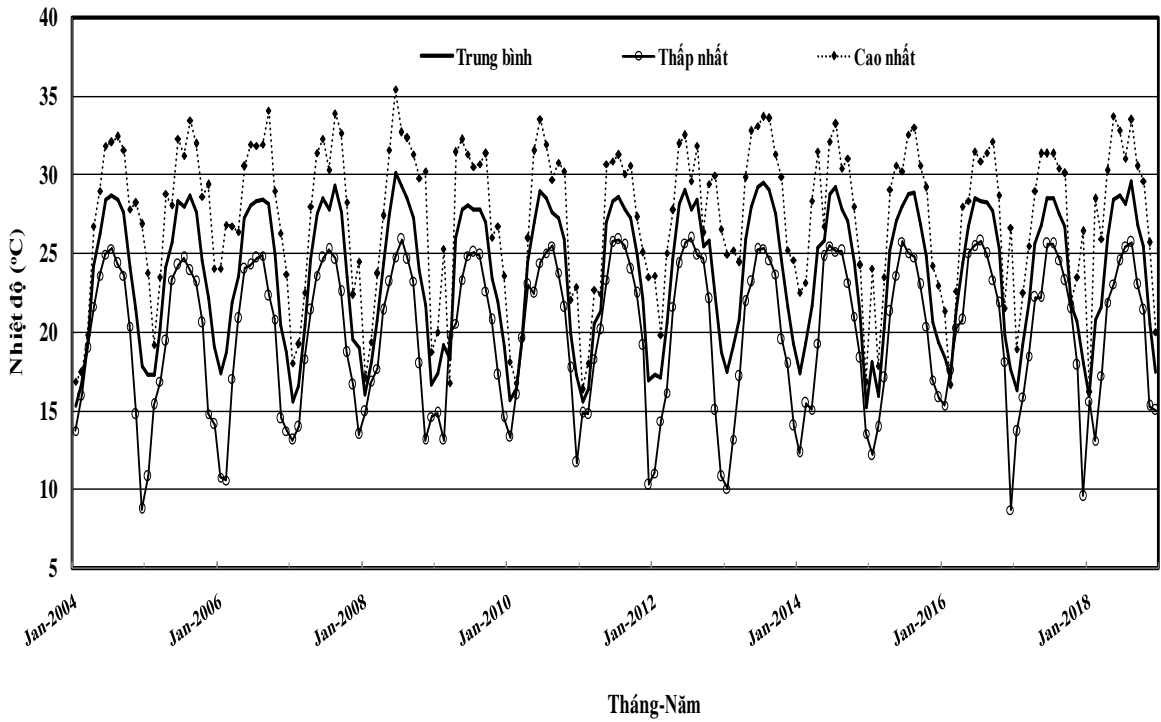
Tất cả các dữ liệu được xác định và xử lý nhằm đáp ứng yêu cầu của mô hình. Nguồn dữ liệu được lấy từ Thái Nguyên, Định Hóa và trạm Bắc Kạn. Tốc độ gió trung bình hàng tháng nằm trong khoảng 2,3 m/s và 8,0 m/s. Nhiệt độ không khí trong lưu vực sông dao động 3 – 39 °C. Nhiệt độ trung bình hàng tháng là từ 16,4 và 28.6 °C. Độ ẩm tương đối trung bình hàng tháng là cao và trong khoảng từ 81,4% đến 85,8%.

Số liệu thống kê của tất cả các thông số khí hậu được tóm tắt trong bảng 3.1. Các thông số khí hậu của Sông Cầu nguồn biến động như thể hiện trong hình 3.2, hình 3.3, 3.4 và hình 3.5.

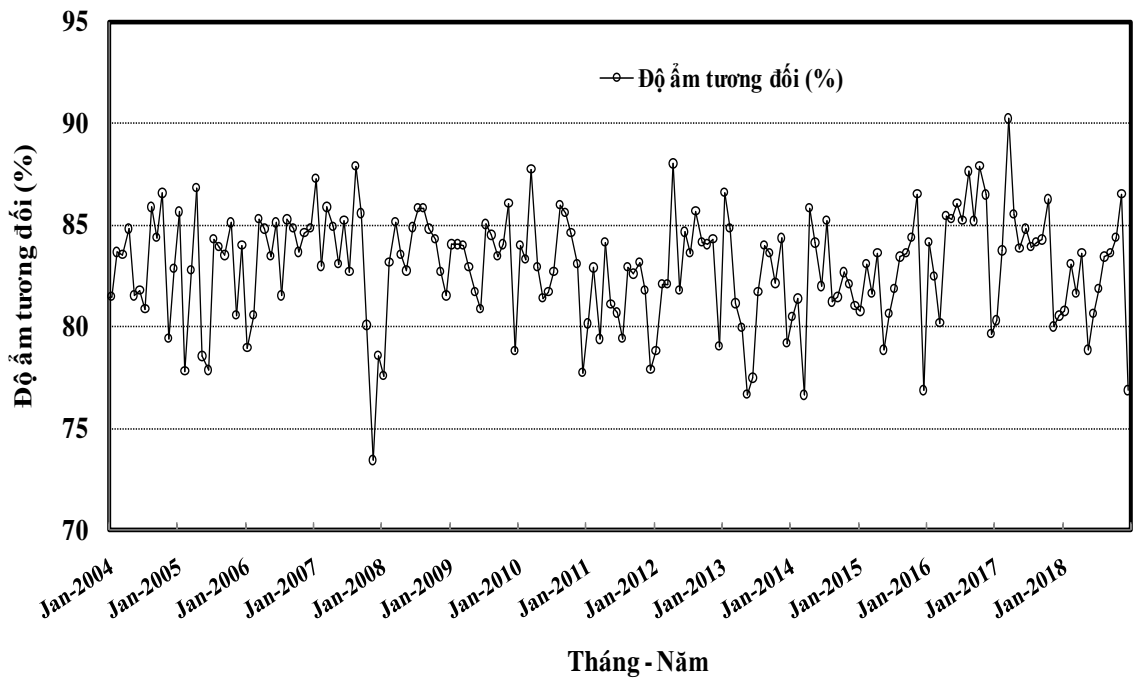
Bảng 3.1: Tóm tắt đặc điểm khí hậu của lưu vực Sông Cầu

Tháng	Nhiệt độ trung bình ngày (°C)	Tốc độ gió trung bình ngày (m/s)	Độ ẩm tương đối trung bình ngày (%)	Tổng giờ nắng theo tháng (giờ)
Tháng 1	16,4	4,2	82,1	60,0
Tháng 2	17,5	4,2	82,8	47,6
Tháng 3	20,5	4,5	84,6	55,4
Tháng 4	24,3	5,3	85,0	93,0
Tháng 5	27,3	5,0	82,0	168,3
Tháng 6	28,6	4,9	83,2	167,8
Tháng 7	28,6	5,3	83,8	184,0
Tháng 8	28,2	5,2	85,8	183,5
Tháng 9	27,1	4,7	85,2	184,3
Tháng 10	24,4	4,4	85,0	157,0
Tháng 11	20,8	4,2	83,6	130,6
Tháng 12	17,6	4,3	81,4	113,6

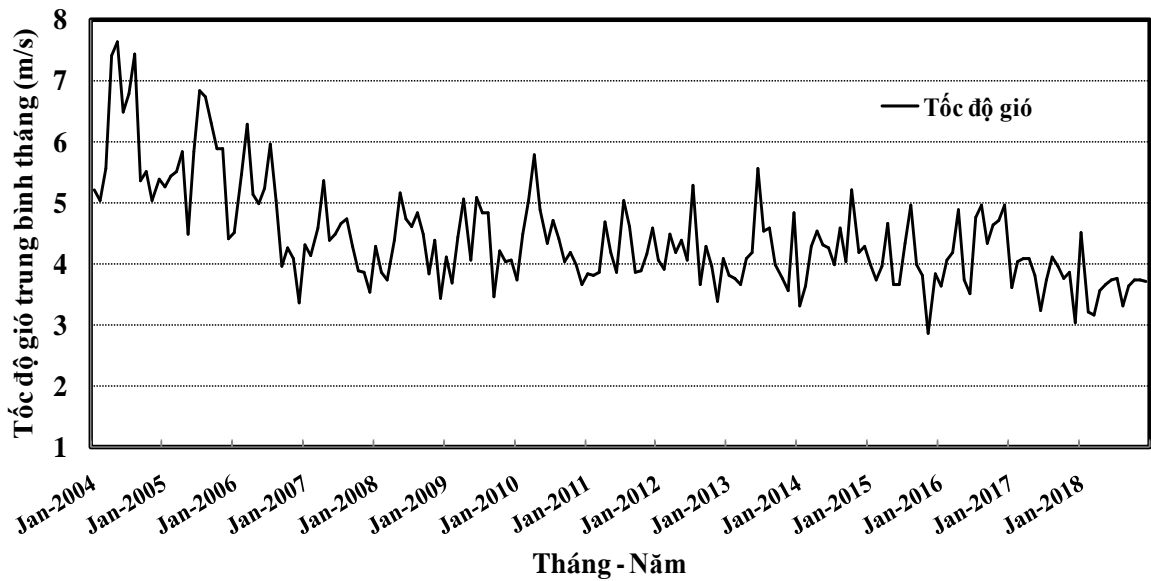
(Nguồn: Các trạm quan trắc khí tượng Lưu vực Sông Cầu)



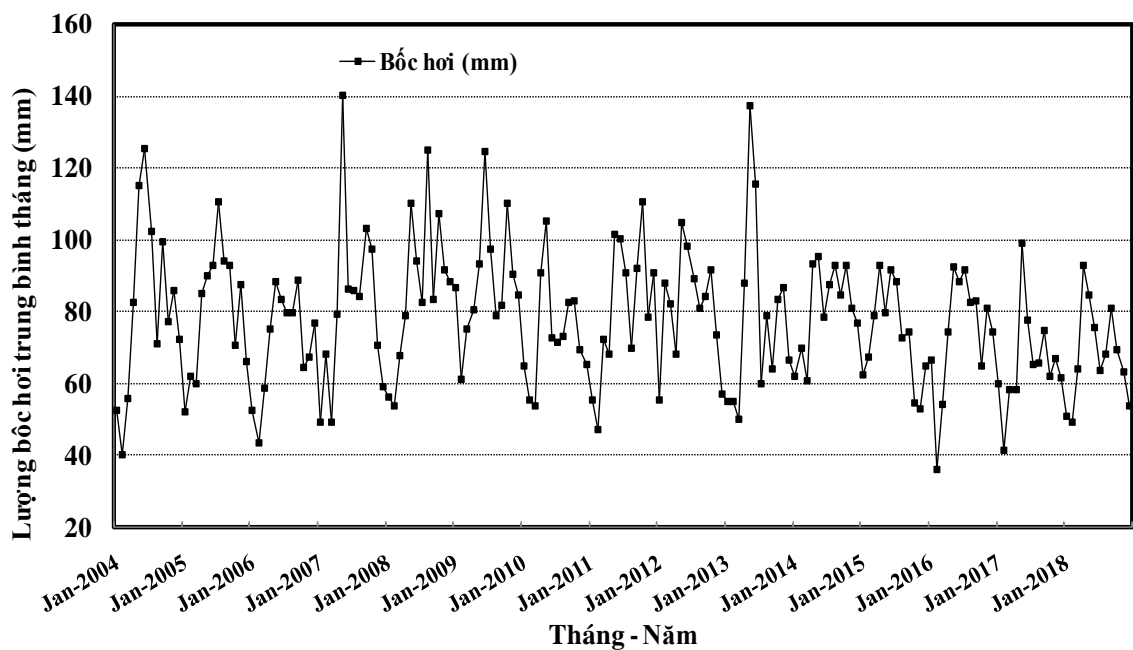
Hình 3.2: Nhiệt độ cao nhất, nhiệt độ thấp nhất và nhiệt độ trung bình theo tháng của lưu vực Sông Cầu giai đoạn 2004 – 2018



Hình 3.3: Độ ẩm tương đối của lưu vực Sông Cầu giai đoạn 2004 – 2018



Hình 3.4: Tốc độ gió theo tháng của lưu vực Sông Cầu giai đoạn 2004 – 2018



Hình 3.5: Lượng bốc hơi trung bình tháng của lưu vực Sông Cầu giai đoạn 2004 – 2018

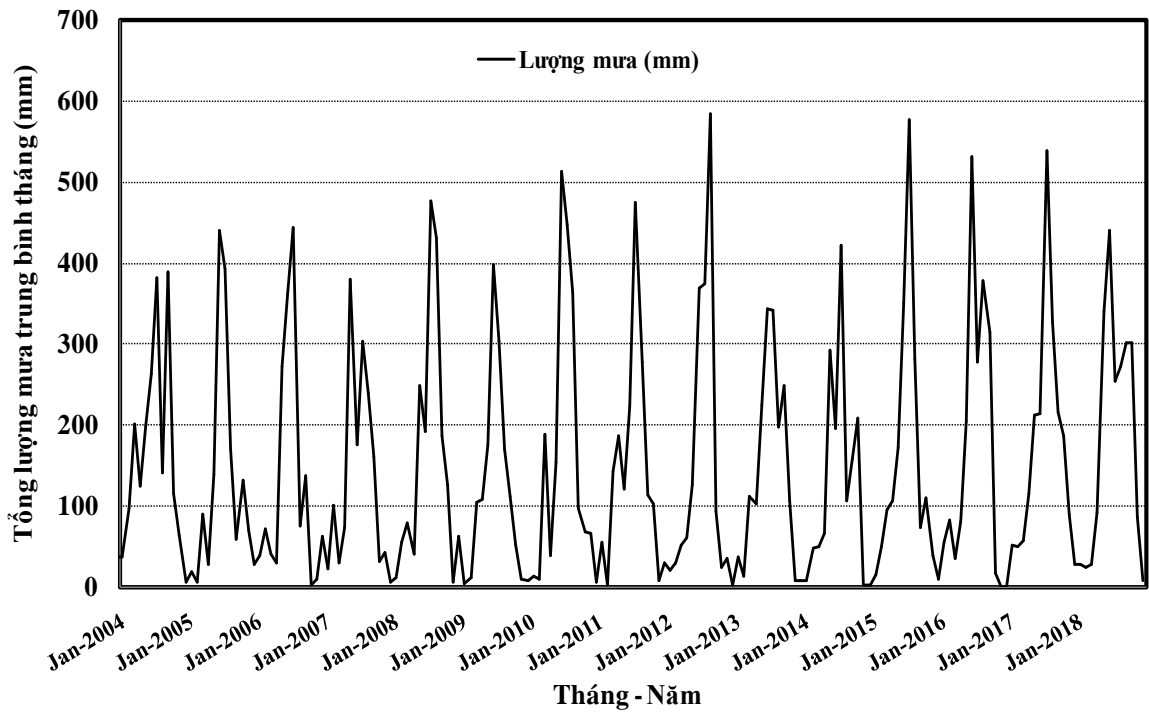
3.2.1.2. Lượng mưa

Dữ liệu lượng mưa được thu thập từ năm 2004 đến năm 2018. Tổng lượng mưa hàng tháng từ 0,3mm (11/2011) đến 584,0mm (8/2007). Các dữ liệu chi tiết được tóm tắt trong bảng 3.2 và hình 3.5.

Bảng 3.2: Dữ liệu lượng mưa trung bình tháng từ năm 2004 đến năm 2018

Năm	Tháng												Tổng
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2004	35,7	96,1	201,4	124,6	199,6	262,5	382,5	140,2	388,8	115,7	63,2	5,2	2015,4
2005	18,4	6,2	90,2	27,3	139,5	441,0	392,7	169,7	58,1	131,7	70,1	27,0	1571,9
2006	37,9	70,7	41,0	28,4	272,9	362,3	444,2	74,8	136,8	2,3	8,6	61,8	1541,8
2007	22,3	99,8	29,3	73,7	380,4	174,6	302,8	240,1	160,7	30,3	43,0	5,5	1562,5
2008	11,2	54,7	79,4	40,5	248,6	191,8	477,3	430,3	185,7	125,6	4,7	62,8	1912,5
2009	4,0	11,2	104,0	108,6	175,2	398,5	302,6	169,0	110,9	50,6	9,7	6,8	1451,1
2010	12,2	9,6	188,0	38,0	152,6	513,8	447,9	363,9	97,7	67,2	65,3	5,6	1961,9
2011	54,0	1,6	142,0	186,3	119,7	223,0	475,6	277,5	113,2	102,0	6,7	29,8	1731,4
2012	20,1	29,9	51,3	60,9	125,7	368,6	373,7	584,0	92,9	24,2	34,9	1,3	1767,5
2013	37,1	12,6	112,1	102,7	225,0	343,3	342,5	197,4	248,4	105,6	7,4	7,8	1741,8
2014	6,5	48,3	48,9	65,3	292,0	195,4	421,3	106,3	157,3	207,6	2,6	2,3	1553,9
2015	14,9	49,3	95,8	105,1	171,1	350,4	577,2	281,8	73,4	110,3	38,8	8,7	1876,8
2016	55,1	81,8	34,5	80,3	204,1	532,3	278,2	377,5	313,9	17,3	0,3	0,9	1976,1
2017	51,3	48,6	56,9	115,4	212,3	214,6	538,5	327,3	214,7	186,0	89,9	27,1	2082,5
2018	28,0	24,2	26,6	91,1	340,6	440,4	253,3	271,8	301,3	301,0	86,1	8,0	2172,3
Trung bình	27,3	43,0	86,8	83,2	217,3	334,2	400,7	267,4	176,9	105,2	35,4	17,4	1794,6

(Nguồn :Kết quả trạm quan trắc lưu vực sông cầu)



Hình 3.6: Tổng lượng mưa theo tháng của lưu vực

Sông Cầu giai đoạn 2004 - 2018

Tổng lượng mưa hàng tháng thấp nhất từ 0,3mm (11/2012) đến cao nhất là 584,0mm (8/2008)

3.2.1.3. Lưu lượng dòng chảy

Các dữ liệu lưu lượng dòng chảy hằng ngày được thu thập từ lưu vực Sông Cầu trong giai đoạn 2004 – 2018 và được tổng kết dưới bảng 3.3

Bảng 3.3: Lưu lượng dòng chảy trung bình tháng vực Sông Cầu giai đoạn 2004 - 2018

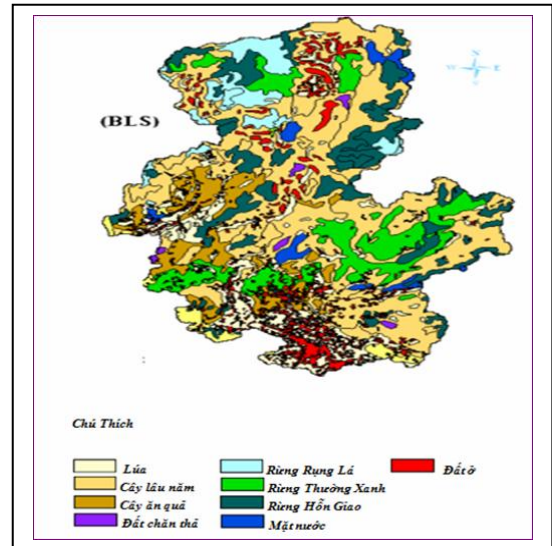
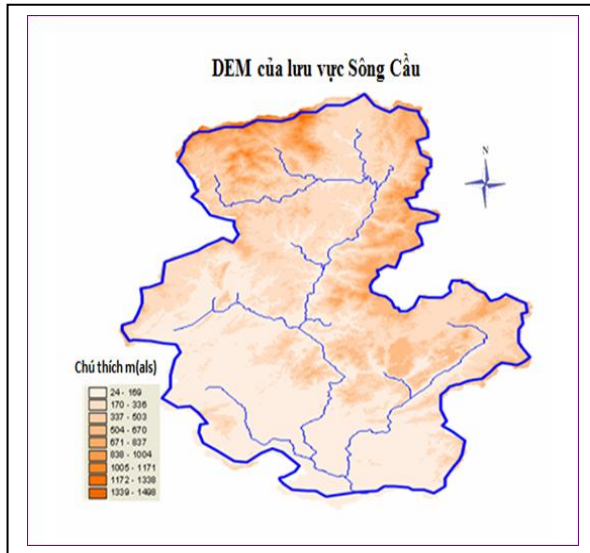
Năm	Tháng												TB tháng
	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5	Tháng 6	Tháng 7	Tháng 8	Tháng 9	Tháng 10	Tháng 11	Tháng 12	
2004	5,30	6,80	17,26	17,30	13,87	21,13	48,10	21,88	53,96	18,94	10,04	6,02	20,05
2005	5,75	4,62	6,09	5,62	7,30	44,03	34,36	24,64	11,54	8,02	4,85	4,07	13,41
2006	4,05	4,25	4,79	3,96	9,89	31,01	57,01	17,35	10,50	6,02	4,55	4,05	13,12
2007	3,36	6,30	3,80	4,10	18,98	13,38	41,53	23,61	20,32	7,08	5,51	3,48	12,62
2008	2,53	3,01	2,66	4,63	8,60	15,05	38,44	40,92	28,38	13,13	6,54	4,90	14,07
2009	3,91	3,36	3,13	7,61	7,75	87,39	36,87	16,27	21,29	8,60	5,77	4,28	17,18
2010	3,39	2,82	7,11	4,02	5,49	35,98	28,98	66,90	21,32	11,81	8,05	4,49	16,70
2011	3,72	2,60	5,16	14,49	6,46	14,95	45,94	40,00	23,58	12,16	6,58	4,61	14,44
2012	4,16	2,33	3,89	9,31	6,03	19,71	40,45	10,30	8,47	5,03	4,79	2,86	9,78
2013	1,34	1,16	1,01	1,92	9,02	18,75	15,27	42,99	17,21	8,14	6,74	4,34	10,66
2014	2,22	2,10	3,60	2,91	14,30	13,81	46,94	11,21	6,66	27,05	6,75	4,78	11,86
2015	2,46	2,12	4,09	4,13	7,13	21,46	76,16	33,32	8,85	6,24	4,82	3,52	14,53
2016	2,40	2,07	2,01	2,42	7,84	29,71	21,88	35,91	8,40	6,56	5,57	4,11	10,74
2017	3,59	2,21	2,14	2,24	11,74	15,31	18,46	31,27	15,26	5,12	3,16	3,03	8,63
2018	2,19	2,17	2,64	4,68	15,64	12,59	45,94	18,27	12,33	3,19	3,18	2,75	10,46
TB năm	3,36	3,19	4,62	5,96	10,00	25,15	39,75	28,99	17,87	9,81	5,79	4,09	13,22

(Nguồn : Kết quả trạm quan trắc lưu vực sông cầu)

3.2.2. Cơ sở số liệu không gian.

Cơ sở số liệu không gian của mô hình bao gồm các bản đồ dưới đây:

- Bản đồ mô hình số độ cao (DEM) lưu vực Sông Cầu
- Bản đồ thực phủ lưu vực Sông Cầu 2018.
- Bản đồ đất lưu vực Sông Cầu 2018



Hình 3.7: Bản đồ mô hình số độ cao (DEM) lưu vực Sông Cầu

Hình 3.8: Bản đồ thực phủ lưu vực Sông Cầu 2018

Qua bảng 3.4 ta thấy được hiện trạng thực phủ của Lưu vực Sông Cầu và đây cũng chính là căn cứ để xây dựng lên kịch bản nền trong SWAT.

Bảng 3.4: Loại thực phủ lưu vực Sông Cầu 2018 và mã SWAT

Loại thực phủ	Mã SWAT	Hiện trạng thực phủ 2018	
		Diện tích (ha)	Cơ cấu (%)
Lúa	RICE	26690,46	9,08
Cây CN lâu năm	AGRL	126,82	0,04
Đất nông nghiệp	AGRL	126,82	0,04
Đất chăn thả	PAST	135069,2	45,93
Rừng rụng lá	FRSD	15214,7	5,17
Rừng thường xanh	FRSE	38391,23	13,05
Rừng hỗn giao	FRST	17332,68	5,89
Mặt nước	WATR	39948,11	13,58
Đất ở	URMD	16384,72	5,57
Tổng cộng		294086,66	100

(Nguồn: Báo cáo kế hoạch sử dụng đất 2 tỉnh Thái Nguyên, Bắc Kạn)

3.2.3. Các kịch bản biến đổi khí hậu

Khí hậu hiện tại và tương lai phụ thuộc vào lượng khí thải toàn cầu, có nghĩa là phụ thuộc vào sự phát triển kinh tế toàn cầu. Do đó, các kịch bản biến đổi khí hậu được phát triển dựa trên các kịch bản phát triển kinh tế toàn cầu. Loài người đã thải một lượng lớn khí thải vào khí quyển từ các hoạt động như: sản xuất công nghiệp, nông nghiệp, giao thông, phá rừng... Do vậy, cơ sở cho việc xác định các kịch bản phát thải khí nhà kính là:

- Sự phát triển kinh tế ở quy mô toàn cầu
- Dân số thế giới và mức độ tiêu dùng
- Chuẩn mực cuộc sống và lối sống
- Tiêu thụ năng lượng và tài nguyên năng lượng
- Chuyển giao công nghệ
- Thay đổi sử dụng đất

Trong báo cáo đặc biệt về các kịch bản phát thải khí nhà kính năm 2000, tổ chức Liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) đã đưa ra 40 kịch bản, phản ánh khá đa dạng khả năng phát thải khí nhà kính trong thế kỷ 21. Các kịch bản khí thải này được tổ hợp thành 4 kịch bản gốc đó là: A1, A2, B1, B2 với các đặc điểm chính như sau:

- Kịch bản A1: Kinh tế phát triển nhanh; dân số thế giới tăng đạt đỉnh vào năm 2050 và sau đó giảm dần; truyền bá nhanh chóng và hiệu quả công nghệ mới; thế giới có sự tương đồng về thu nhập và cách sống, có sự tương đồng giữa các khu vực, giao lưu mạnh mẽ về văn hóa và xã hội toàn cầu. Kịch bản gốc A1 được chia thành 3 nhóm dựa theo mức độ phát triển công nghệ:

+ A1FI: Tiếp tục sử dụng thái quá nhiên liệu hóa thạch (kịch bản phát thải cao)

+ A1B: Có sự cân bằng giữa các nguồn năng lượng (kịch bản phát thải trung bình)

+ A1T: Chú trọng đến việc sử dụng các nguồn năng lượng phi hóa thạch (kịch bản phát thải thấp)

- Kịch bản A2: Thế giới không đồng nhất, các quốc gia hoạt động độc lập, tự cung tự cấp; dân số tiếp tục tăng trong thế kỷ 21; kinh tế phát triển theo định hướng khu vực; thay đổi về công nghệ và tốc độ tăng trưởng kinh tế theo đầu người chậm (kịch bản phát thải cao, tương ứng với A1FI).

- Kịch bản B1: Kinh tế phát triển nhanh giống như A1 nhưng có sự thay đổi nhanh chóng theo hướng kinh tế dịch vụ và thông tin; Dân số đạt đỉnh vào năm 2050 và sau đó giảm dần; giảm cường độ tiêu hao nguyên vật liệu, các công nghệ sạch và sử dụng hiệu quả tài nguyên được phát triển; chú trọng đến các giải pháp toàn cầu về ổn định kinh tế, xã hội và môi trường (Kịch bản phát thải thấp tương tự như A1T).

- Kịch bản B2: Dân số tăng liên tục nhưng với tốc độ thấp hơn A2; chú trọng đến các giải pháp địa phương thay vì toàn cầu về ổn định kinh tế, xã hội và môi trường; mức độ phát triển kinh tế trung bình; thay đổi công nghệ chậm hơn và manh mún hơn so với B1 và A1 (kịch bản phát thải trung bình, được xếp cùng nhóm với A1B).

Trên cơ sở các kịch bản biến đổi khí hậu đã được xây dựng cho Việt Nam với 7 vùng khác nhau. Trong đề tài nghiên cứu này sử dụng các kịch bản về nhiệt độ và lượng mưa cho vùng núi phía Bắc Việt Nam.

Theo đó, nhiệt độ ở mùa đông có thể tăng nhanh hơn trong mùa hè. Các kịch bản (B1: Phát thải khí thấp; B2: phát thải khí trung bình; A2: phát thải khí cao), nhiệt độ trung bình năm tăng từ $0,5^{\circ}\text{C} - 1,2^{\circ}\text{C}$ (Kịch bản B1), và từ $0,5^{\circ}\text{C} - 1,3^{\circ}\text{C}$ (Kịch bản B2, A2), (Bảng 2)

Bảng 3.5: Thay đổi nhiệt độ trung bình năm ($^{\circ}\text{C}$) và lượng mưa trung bình năm (%) giai đoạn 2020 - 2050 ở khu vực phía Bắc Việt Nam.

Kịch bản	Nhiệt độ tăng trung bình năm ($^{\circ}\text{C}$)			Lượng mưa tăng trung bình năm (%)		
	2020	2030	2050	2020	2030	2050
B1	0,5	0,7	1,2	1,4	2,1	3,6
B2	0,5	0,7	1,3	1,4	2,1	3,8
A2	0,5	0,8	1,3	1,6	2,1	3,7

(Nguồn: Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2009)

Số liệu Bảng 3.5 cho thấy lượng mưa ở mùa khô sẽ giảm, nhưng lại tăng ở mùa mưa. Với các kịch bản B1, B2, and A2) lượng mưa trung bình năm tăng từ 1,4% (2020) đến 3,8% (2050).

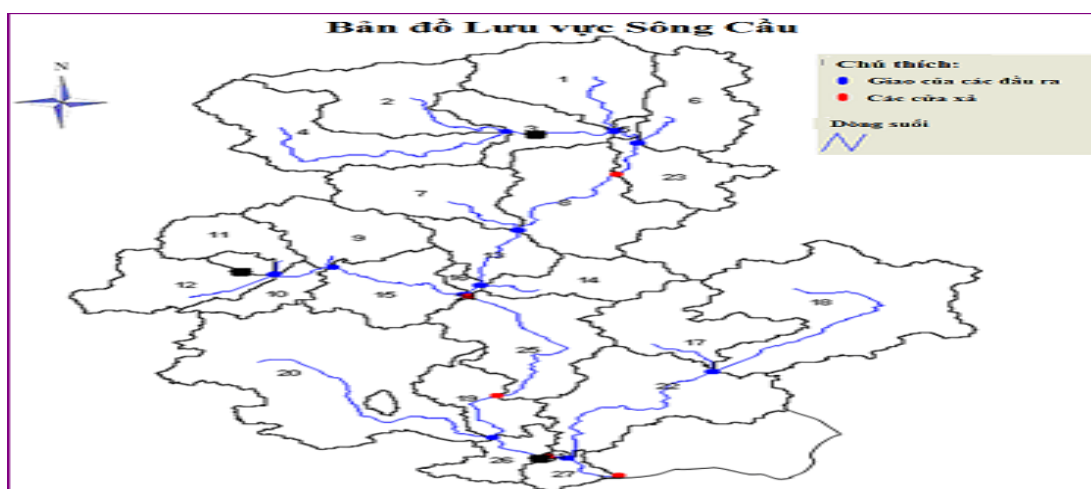
Các kịch bản biến đổi khí hậu được sử dụng để chạy mô hình SWAT dự báo lưu lượng, hạn hán và lũ lụt lưu vực sông Cầu.

3.3. Ứng dụng mô hình SWAT để đánh giá lưu lượng dòng chảy tại lưu vực Sông Cầu

3.3.1. Ứng dụng mô hình SWAT để đánh giá lưu lượng dòng chảy giai đoạn 1975 – 2018

3.3.1.1. Phân chia tiểu lưu vực

Sau khi chạy mô hình SWAT tự động phân chia lưu vực như hình (3.9) với diện tích từng tiểu lưu vực như bảng (3.6)



Hình 3.9: Sơ đồ phân chia tiểu lưu vực của lưu vực Sông Cầu

Bảng 3.6: Đặc điểm của các lưu vực Sông Cầu

Tiểu lưu vực	Diện tích (ha)	Độ dốc (độ)	Độ cao trung bình (m)
1	15501,77	>20	880
2	14602,4	>20	896
3	8061,92	>20	820
4	17168,76	>20	785
5	695,79	9-19	923
6	11979,08	0-8	314
7	11907,97	0-8	318
8	17467,64	9-19	450
9	10421,46	0-8	310
10	5567,94	>20	384
11	6513,99	9-19	90
12	9664,92	0-8	172
13	7072,92	0-8	241
14	7616,43	9-19	400
15	10867,76	>20	950
16	973,62	>20	762
17	11941,02	0-8	305
18	29421,62	0-8	230
19	7597,80	0-8	100
20	37293,20	9-19	82
21	238,95	0-8	80
22	19614,15	0-8	120
23	8446,68	9-19	347
24	19,44	0-8	350
25	16296,39	0-8	305
26	4886,73	0-8	230
27	2787,21	9-19	367
Tổng	294086,66		

Qua bảng 3.6 cho ta thấy được đặc điểm của lưu vực Sông Cầu, tổng diện tích của lưu vực Sông cầu khoảng 294086.66 (ha) được chia ra làm 27 tiểu lưu vực có các diện tích lớn nhỏ khác nhau với diện tích lớn nhất là tiểu lưu vực 20 với diện tích là 37293,20 (ha) rộng nhất trong lưu vực và với diện tích 19,44 (ha) tiểu lưu vực 24 được coi là nơi có diện tích nhỏ nhất trong lưu vực Sông Cầu. Độ cao trung bình có giá trị cao nhất là 950m tại tiểu lưu vực 15 và nhỏ nhất tại tiểu lưu vực 20 với độ cao trung bình là 82m.

3.1.1.2. Hiệu chỉnh các yếu tố cho mô hình SWAT

Trên cơ sở bộ dữ liệu đã được thiết lập, cho chạy thử mô hình và hiệu chỉnh các chỉ số nhạy của mô hình, cuối cùng bộ chỉ số nhạy đã được xác định để chạy mô hình cho kết quả chính xác nhất như bảng 3.7

Bảng 3.7: Các thông số nhạy liên quan đến lưu lượng dòng chảy và kết quả hiệu chỉnh cho mô hình SWAT

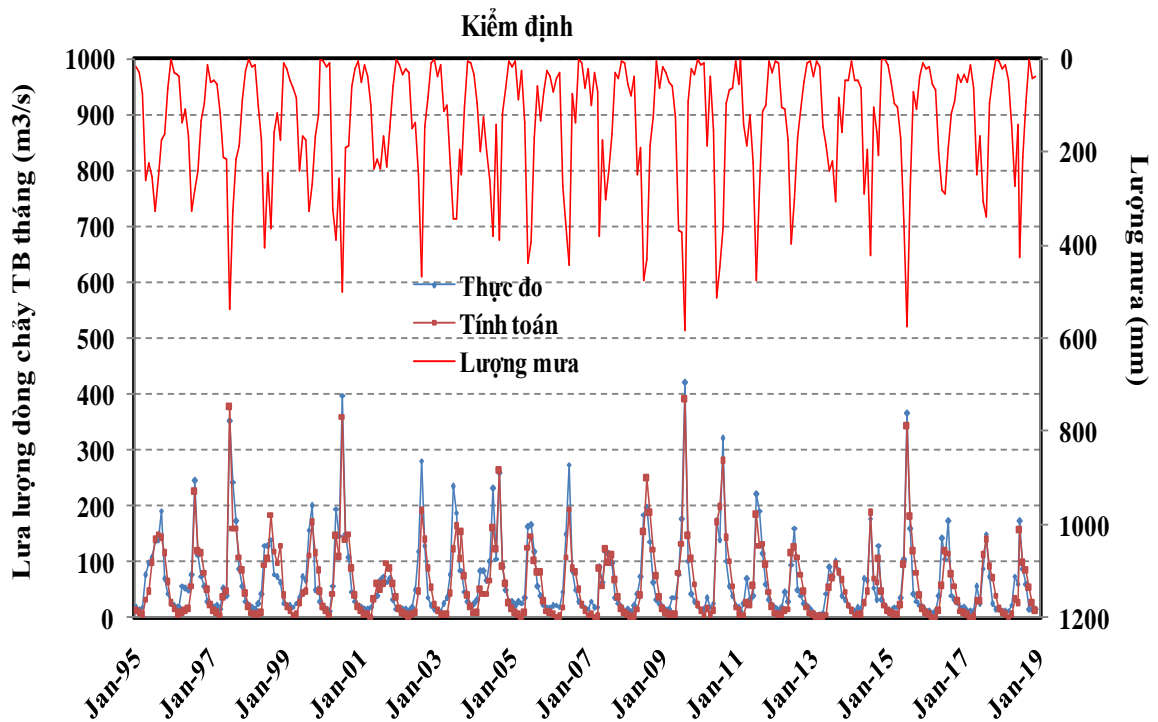
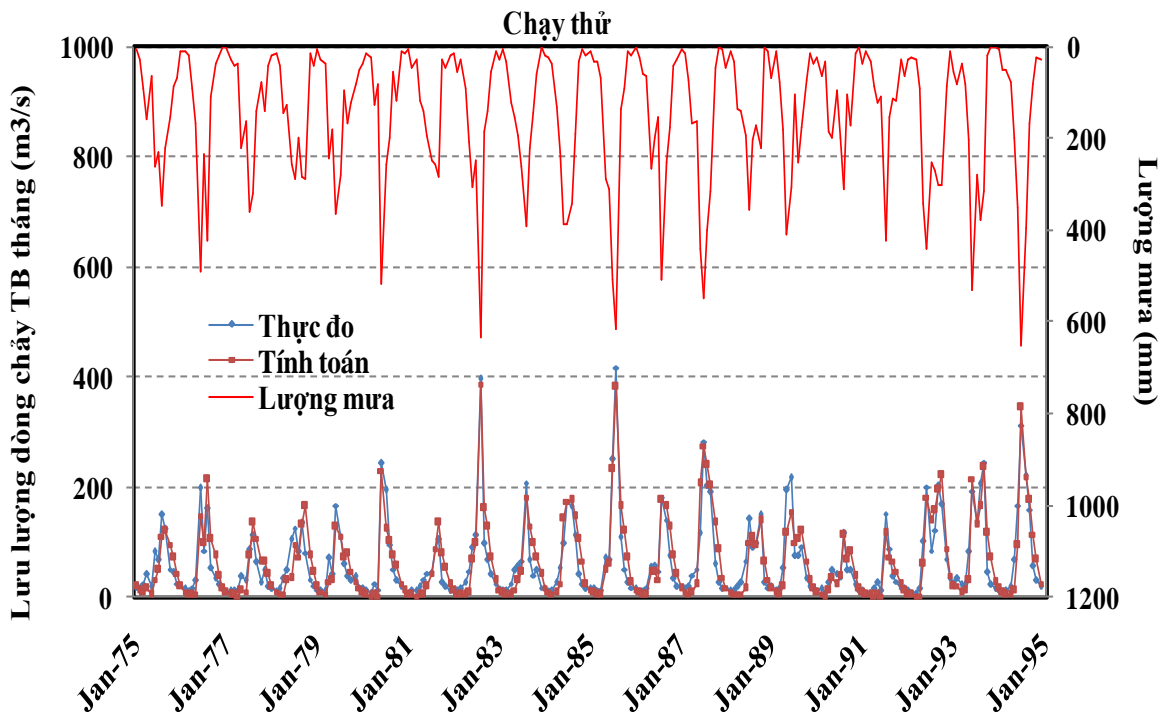
Chỉ số	Khoảng giá trị	Giá trị sử dụng
CN2	± 5	± 4
ESCO	0,00 – 1,00	0,55
EPCO	0,00 – 1,00	0,40
GW_REVAP	0,02 – 0,40	0,2

3.3.2. Kết quả mô phỏng và tính toán lưu lượng dòng chảy ở kịch bản nền bằng mô hình SWAT giai đoạn 1975 - 2018

Sau khi nhập các cơ sở dữ liệu đầu vào, chạy thử mô hình SWAT và hiệu chỉnh các thông số mô hình thu được kết quả như bảng 3.8, hình 3.10 và 3.11.

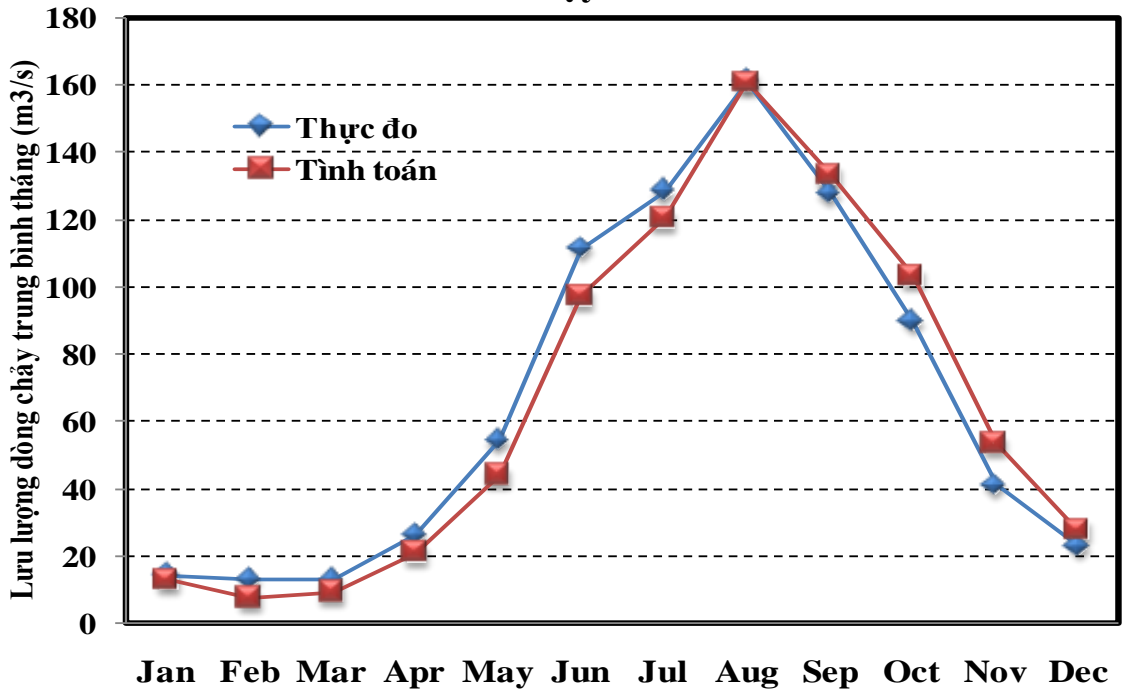
Bảng 3.8: Lưu lượng dòng chảy thực đo và tính toán cho mỗi giai đoạn ở lưu vực Sông Cầu

Hạng mục	Chạy thử (1975 - 1994)	Kiểm định (1995 - 2018)	Cả hai giai đoạn (1975 – 2018)
Thực đo (m³/s)			
Trung bình năm	14,99	10,95	12,97
Trung bình mùa mưa	24,87	18,57	21,72
Trung bình mùa khô	5,11	3,33	4,22
Tính toán (m³/s)			
Trung bình năm	14,40	10,72	12,56
Trung bình mùa mưa	24,14	18,36	21,25
Trung bình mùa khô	4,66	3,09	3,88

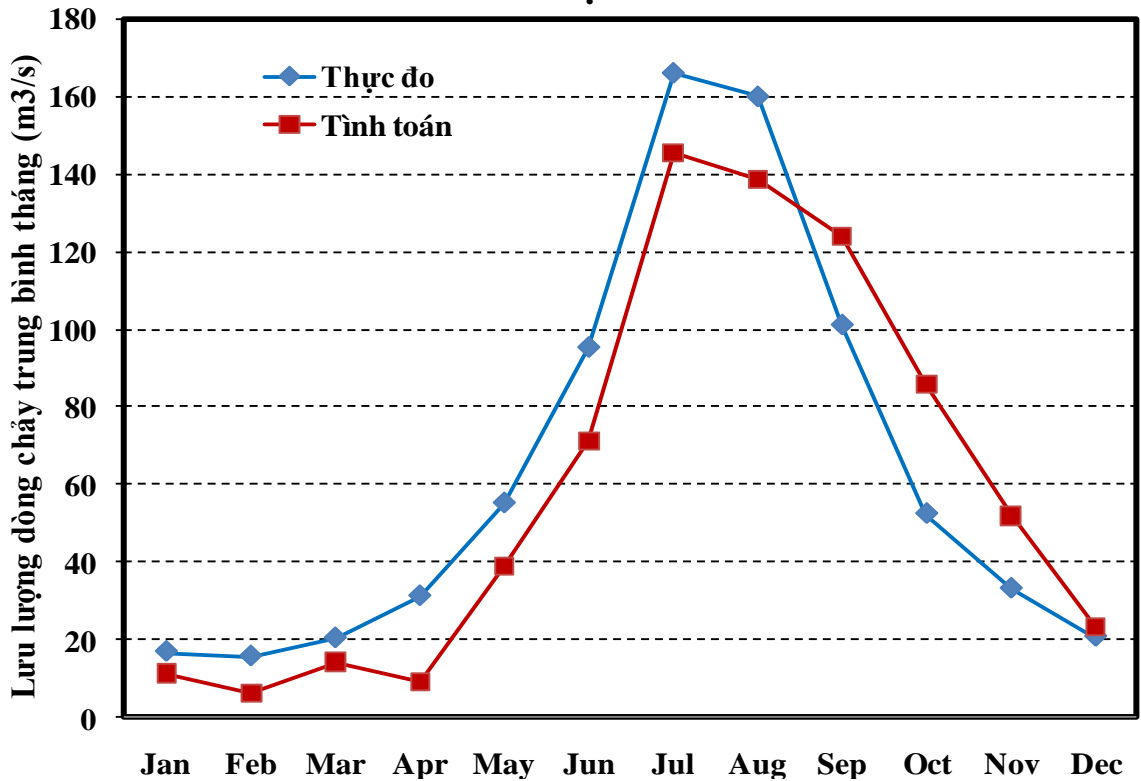


Hình 3.10: Lượng mưa và lưu lượng dòng chảy theo tháng lưu vực Sông Cầu giai đoạn 1975 - 2018

Chạy thử



Kiểm định



Hình 3.11: So sánh lưu lượng dòng chảy thực đo và tính toán theo tháng lưu vực Sông Cầu giai đoạn 1975 – 2018

Qua bảng 3.8 cho thấy lưu lượng dòng chảy thực đo và tính toán cho mỗi giai đoạn ở lưu vực Sông Cầu đều khác nhau và có chiều hướng giảm.

Giai đoạn chạy thử (1975-1994)

Trong giai đoạn 1975 - 1994 lưu lượng dòng chảy thực đo trung bình năm là $14,99\text{m}^3/\text{s}$ còn theo số liệu tính toán đạt $14,40\text{m}^3/\text{s}$ chênh lệch nhau $0,59\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng 3,94%, trung bình mùa mưa trong giai đoạn 1975 – 1994 có sự chênh lệch, theo số liệu thực đo thì trung bình mùa mưa đạt $24,87\text{m}^3/\text{s}$ còn theo tính toán đạt $24,14\text{m}^3/\text{s}$ chênh lệch nhau $0,73\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng 2,93%. Còn lưu lượng dòng chảy thực đo của trung bình mùa mưa có giá trị $5,11\text{m}^3/\text{s}$ chênh lệch $1,05\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng với tính toán là 20,58%.

Giai đoạn kiểm định (1995 - 2018)

Trong giai đoạn 1995 - 2018 lưu lượng trung bình năm qua kiểm kiểm định có giá trị $10,95\text{m}^3/\text{s}$ chênh lệch với số liệu tính toán $0,23\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng 2.1% , lưu lượng trung bình mùa mưa $18,57\text{m}^3/\text{s}$ chênh lệch với số liệu tính toán $0,21\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng 1,13%. Còn lưu lượng dòng chảy thực đo của trung bình mùa mưa có giá trị $5,11\text{m}^3/\text{s}$ chênh lệch $1,05\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng với tính toán 20,58%.

Cả giai đoạn (1975 - 2018)

Trong cả giai đoạn 1975 - 2018 lưu lượng dòng chảy thực đo trung bình năm là $12,97\text{m}^3/\text{s}$ còn theo số liệu tính toán đạt $12,56\text{m}^3/\text{s}$ chênh lệch nhau $0,41\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng 3,16%, trung bình mùa mưa trong cả giai đoạn 1998-2012 có sự chênh lệch, theo số liệu thực đo thì trung bình mùa mưa đạt $21,72\text{m}^3/\text{s}$ còn theo tính toán đạt $21,25\text{m}^3/\text{s}$ chênh lệch nhau $0,47\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng 2,16%. Còn lưu lượng dòng chảy thực đo của trung bình mùa mưa có giá trị $4,22\text{m}^3/\text{s}$ chênh lệch $0,34\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng với tính toán là 8,06%.

3.3.3. Đánh giá mô hình SWAT bằng các chỉ số NSE và PBIAS

Mô hình được đánh giá bằng 2 chỉ số đó là Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) và PBIAS (Nash, và Sutcliffe, 1970) với kết quả tính toán như ở bảng 3.9:

Bảng 3.9: Kết quả đánh giá mô hình bằng các chỉ số NSE và PBIAS

Hạng mục	Giai đoạn	Chỉ số NSE	Chỉ số PBIAS (%)
Lưu lượng dòng chảy	Chạy thử	0,82	- 1,59
	Kiểm định	0,77	5,93

Đối với lưu lượng dòng chảy: Kết quả nghiên cứu cho thấy các chỉ số đánh giá mô hình vẫn cho kết quả tốt. Giá trị NSE ở giai đoạn chạy thử là 0,82 và ở giai đoạn kiểm định (sau khi đã hiệu chỉnh mô hình) là 0,77 cao hơn kết quả nghiên cứu của Arnold và *cs* (2000) khi dùng SWAT để đánh giá lưu lượng dòng chảy và bùn cát ở lưu vực sông Texas với các giá trị lần lượt là 0,75 và 0,82 cho giai đoạn chạy thử và kiểm định, Chỉ số PBIAS ở giai đoạn chạy thử là - 1.59% và ở giai đoạn kiểm định là 5.93%. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng lưu lượng dòng chảy không những phụ thuộc vào lượng mưa mà còn phụ thuộc vào các loại hình sử dụng đất, Mối quan hệ giữa lưu lượng dòng chảy và thay đổi sử dụng đất đã được kiểm tra ở một số tiểu lưu vực cho thấy lưu lượng dòng chảy thay đổi theo loại sử dụng đất và lớp phủ bề mặt, đặc biệt là vào mùa khô.

Hơn nữa kết quả nghiên cứu cũng cho thấy: lưu lượng dòng chảy phụ thuộc vào tỷ lệ diện tích đất canh tác và đất rừng trong lưu vực, (Gassman và CS, 2007). Canh tác các loại cây khác nhau (canh tác ngô trên đất dốc, hoặc chè) sẽ ảnh hưởng khác nhau đến nước bề mặt và lưu lượng nước trong lưu vực bởi vì mỗi loại hình sử dụng đất có độ ẩm đất khác nhau (CN2). Lưu lượng dòng chảy tăng sẽ dẫn đến tăng xói mòn đất, làm giảm độ màu mỡ, dinh dưỡng trong đất và làm ngập lụt ở vùng hạ lưu vào mùa mưa.

3.4. Ứng dụng mô hình SWAT để dự báo lưu lượng dòng chảy, hạn hán và lũ lụt trong điều kiện biến đổi khí hậu tại lưu vực Sông Cầu

Dữ liệu về biến đổi khí hậu được sử dụng cho kịch bản nền là giai đoạn 2004 - 2018, các giai đoạn dự báo bao gồm những năm 2020, 2030 và 2050. Sự thay đổi theo tháng về lượng mưa (%), nhiệt độ (tuyệt đối) cho mỗi giai đoạn 10 năm và 20 năm được đưa vào để chạy mô hình SWAT.

Bảng 3.10: Lượng mưa (%) và nhiệt độ trung bình ($^{\circ}\text{C}$) thay đổi so với giai đoạn cơ sở (nền) 2004 – 2018.

Hạng mục	Kịch bản B1			Kịch bản B2			Kịch bản A2		
	2020s	2030s	2050s	2020s	2030s	2050s	2020s	2030s	2050s
<i>Lượng mưa</i>									
Trung bình năm	1,4	2,1	3,6	1,4	2,1	3,8	1,6	2,1	3,7
Trung bình mùa mưa	3,3	4,8	8,4	3,3	4,8	8,9	3,8	4,9	8,6
Trung bình mùa khô	-0,5	-0,6	-1,2	-0,5	-0,6	-1,3	-0,6	-0,7	-1,2
<i>Nhiệt độ trung bình</i>									
Trung bình năm	0,5	0,7	1,2	0,5	0,7	1,3	0,5	0,8	1,3
Trung bình mùa mưa	0,5	0,7	1,2	0,5	0,7	1,2	0,5	0,7	1,2
Trung bình mùa khô	0,6	0,8	1,3	0,6	0,8	1,4	0,6	0,9	1,5

Sự thay đổi về lượng mưa và nhiệt độ được thể hiện trong Bảng 3.10. Lượng mưa thay đổi khá lớn với sự thay đổi lớn nhất vào mùa mưa ở hầu hết các kịch bản ở các giai đoạn những năm 2020, 2030 và 2050. Lượng mưa tăng ở mùa mưa sẽ dẫn đến lượng nước chảy bề mặt tăng và đó là nguyên nhân dẫn đến lũ lụt vùng hạ lưu Sông Cầu.

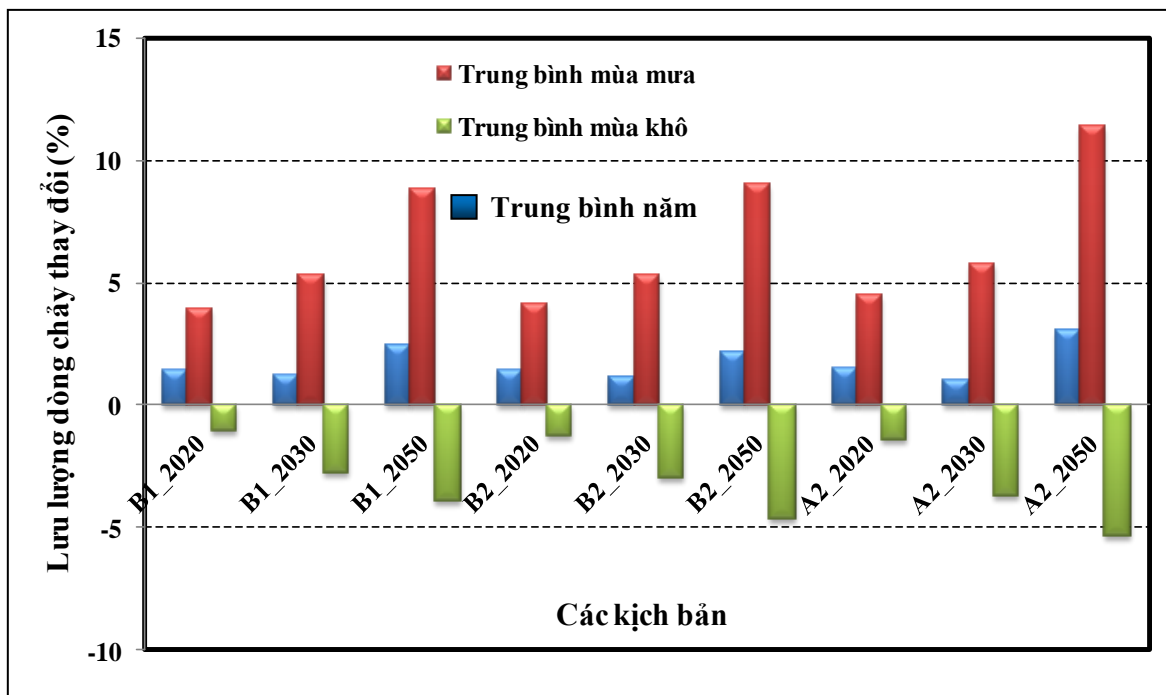
Nhiệt độ trung bình năm tăng ở tất cả các kịch bản: ở kịch bản B1, năm 2020 tăng $0,5^{\circ}\text{C}$, năm 2050 tăng $1,2^{\circ}\text{C}$ và tăng $1,3^{\circ}\text{C}$ cho cả 2 kịch bản B2 và A2. Theo quan trắc nhiệt độ tăng nhiều nhất vào các tháng mùa hè là tháng 6 và tháng 7. Sự thay đổi về lượng mưa và nhiệt độ sẽ kéo theo thay đổi một loạt các thứ khác như: thay đổi mùa vụ làm đất, gieo trồng, quá trình sinh trưởng của cây và sâu bệnh, đồng thời làm thay đổi hệ thống quản lý sử dụng đất.

Bảng 3.11. Dự báo lưu lượng dòng chảy thay đổi giai đoạn 2020 - 2050 so với kịch bản nền tại lưu vực sông Cầu (m^3/s).

Lưu lượng dòng chảy	Kịch bản B1			Kịch bản B2			Kịch bản A2		
	2020s	2030s	2050s	2020s	2030s	2050s	2020s	2030s	2050s
Trung bình năm	62,25	62,77	64,47	62,32	62,78	64,51	62,48	62,93	65,64
Trung bình mùa mưa	105,97	107,34	110,93	106,14	107,37	111,15	106,50	107,81	113,53
Trung bình mùa khô	18,53	18,21	18,00	18,50	18,19	17,87	18,47	18,04	17,74

Bảng 3.12. Lưu lượng dòng chảy thay đổi (%) so với kịch bản nền tại lưu vực sông Cầu.

Hạng mục	Kịch bản B1			Kịch bản B2			Kịch bản A2		
	2020s	2030s	2050s	2020s	2030s	2050s	2020s	2030s	2050s
Trung bình năm	1,42	1,24	2,43	1,40	1,18	2,18	1,50	1,00	3,02
Trung bình mùa mưa	3,93	5,27	8,80	4,10	5,30	9,01	4,45	5,74	11,35
Trung bình mùa khô	-1,10	-2,80	-3,94	-1,30	-2,95	-4,65	-1,45	-3,75	-5,31



Hình 3.12: Thay đổi lưu lượng dòng chảy so với kịch bản nền (%)

Từ kết quả chạy mô hình (Bảng 3.11, 3.12 và Hình 3.12), kịch bản biến đổi khí hậu B1 tăng lưu lượng dòng chảy ở mùa mưa (tháng 5 đến tháng 10)

với mức trung bình là 8,8% vào năm 2050, nhưng lại giảm 3,94% vào mùa khô (tháng 11 đến tháng 4 năm sau).

Đến năm 2050 lưu lượng trung dòng chảy thay đổi tăng lần lượt là 8,80, 9,01 và 11,35% tương ứng với các kịch bản B1, B2 và A2. Đối với kịch bản B2: lưu lượng trung bình năm tăng 2,18%, trong khi đó lưu lượng trung bình mùa khô giảm 4,65% so với kịch bản nền.

Nhìn chung kịch bản A2 có lưu lượng dòng chảy lớn hơn ở kịch bản B1 và B2 ở những năm 2020. Trong khi đó đến năm 2050 lưu lượng thay đổi trong mùa mưa lên đến 8,80, 9,01 và 11,35% tương ứng với các kịch bản B1, B2 và A2.

Ở kịch bản A2 vào những năm 2030, nhiệt độ tăng nhẹ ($0,1^{\circ}\text{C}$) so với kịch bản B2, trong khi lượng mưa không đổi là 2,1% như số liệu trong bảng 3.5. Đến năm 2050s, Kịch bản A2 nóng hơn B2 $0,1^{\circ}\text{C}$ nhưng lượng mưa thì thay đổi như nhau, do đó lưu lượng nước chảy bề mặt thay đổi tương tự nhau. Điều này cho thấy sự khác nhau về nhiệt độ không có ý nghĩa tác động nhiều đến thay đổi lưu lượng dòng chảy trong phạm vi lưu vực. Số liệu Bảng 3.12 cho thấy lưu lượng dòng chảy tăng ở mùa mưa từ 3,93% (B1-2020) đến 11,35% (A2-2050) so với kịch bản nền. Điều này có nghĩa là lũ lụt sẽ xảy ra nhiều hơn trong tương lai.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết Luận

Kết quả nghiên cứu đã xây dựng được các cơ sở dữ liệu như: bản đồ mô hình số độ cao DEM lưu vực Sông Cầu, Bản đồ hiện trạng sử dụng đất 2018 Lưu vực Sông Cầu tạo cơ sở dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT.

Số liệu lưu lượng dòng chảy thực đo giai đoạn 1975 - 2018 đã được sử dụng để chạy mô hình cho 2 giai đoạn chạy thử 1975 - 1994 và kiểm định 1995 - 2018.

Mô hình SWAT đã được ứng dụng thành công trong điều kiện khí tượng thủy văn của lưu vực Sông Cầu để đánh giá ảnh hưởng của sự biến đổi khí hậu đến lưu lượng dòng chảy và dự báo hạn hán, lũ lụt cho lưu vực Sông Cầu.

Kết quả nghiên cứu cho thấy các chỉ số đánh giá mô hình Nash-Sutcliffe Efficiencies (NSE) có giá trị tốt là 0,77 và 0,82, còn giá trị PBIAS là 5,93 và -1,59% đối với lưu lượng dòng chảy cho giai đoạn chạy thử và kiểm định mô hình.

Sau khi chạy các kịch bản ta thu được sự thay đổi trung bình lưu lượng dòng chảy mùa mưa đến năm 2050 của các kịch bản so với kịch bản nền là: Kịch bản B1 tăng 8,8%, Kịch bản B2 tăng 9,01 %, Kịch bản A2 tăng 11,35%. Trong khi đó trung bình lưu lượng dòng chảy mùa khô đến năm 2050 giảm là: Kịch bản B1 giảm 3,94%, Kịch bản B2 2,95%, và Kịch bản A2 là 5,31%.

Kết quả nghiên cứu này một lần nữa khẳng định GIS và SWAT là những công cụ hữu ích trong nghiên cứu quản lý tài nguyên và môi trường đặc biệt trong nghiên cứu dự báo lưu lượng dòng chảy trong phạm vi lưu vực sông Cầu.

2. Kiến nghị

Kết quả nghiên cứu này có thể sử dụng cho các lãnh đạo các cấp chính quyền địa phương và các nhà quản lý trong phạm vi lưu vực Sông Cầu tham khảo, sử dụng trong quá trình thực hiện chức trách nhiệm vụ của mình đồng

thời sử dụng trong quá trình hoạch định chính sách và dự báo cho tương lai liên quan đến đời sống người dân trong phạm vi lưu vực đặc biệt là vùng hạ lưu.

Tiếp tục nghiên cứu với các kịch bản biến đổi khí hậu khác nhau để có kết quả phong phú làm cơ sở khuyến cáo nhà quản lý lựa chọn các kịch bản dự báo hạn hán và lũ lụt tối ưu trong tương lai phù hợp với sự phát triển kinh tế xã hội của hai tỉnh Thái Nguyên và Bắc Kạn trong phạm vi lưu vực Sông Cầu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

I. Tiếng Việt

1. Phan Đình Bình, Hoàng Văn Hùng, Nguyễn Thanh Hải (2013), *Ứng dụng mô hình SWAT và hệ thống thông tin địa lý (GIS) để đánh giá ảnh hưởng của sự thay đổi sử dụng đất đến lưu lượng dòng chảy tại lưu vực sông Phú Lương*, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn số 5/2013, Tr.91 - 96.
2. Bộ tài nguyên và Môi trường (2009), *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển cho Việt Nam*
3. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2006), *Báo cáo môi trường quốc gia 2006 - Môi trường nước 3 lưu vực sông: Cầu, Nhuệ - Đáy, Đồng Nai*.
4. Đặng Văn Đức, 2001, *Hệ thống thông tin địa lý*, NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội
5. Trịnh Trúc Lâm, Nguyễn Quận (1998), *Địa lý tỉnh Thái Nguyên*, Nxb Sở Giáo Dục – Đào tạo, Sở Khoa học Công nghệ và Môi trường Thái Nguyên
6. Khánh Linh (2010), *Quảng Nam: Xây dựng mô hình cảnh báo lũ qua internet*, <http://www.monre.gov.vn/v35/default.aspx?tabid=428&CateID=39&ID=127125&Code=PNBU127125> (6/4/2013)
7. Nguyễn Kim Lợi , Trần Thông Nhất (2007), *Hệ thống thông tin địa lý phần mềm Arcview 3.3*, Nxb nông nghiệp
8. Nguyễn Kim Lợi, 2006, *Ứng dụng GIS trong quản lý tài nguyên thiên nhiên*, NXB Nông nghiệp
9. Nguyễn Kim Lợi , Hoàng Thị Thủy , Nguyễn Văn Trai , Nguyễn Thị Huyền, Nguyễn Thị Hồng, Lê Anh Tuấn, Nguyễn Hiếu Trung, Trương Phước Minh, Suppakorn Chinvano (2011), *Ứng dụng mô hình SWAT và phương pháp tiếp cận dựa vào cộng đồng đánh giá tác động của biến*

đổi khí hậu và khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu tại miền Trung Việt Nam, Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2011.

10. Trần Kông Tú (2005), *Tài nguyên đất*, Nxb Đại học Quốc gia Hà Nội
11. Phạm Văn Tinh (2010), “*Nghiên cứu ứng dụng mô hình SWAT phục vụ quản lý tài nguyên đất và nước trên lưu vực Sông Lô – Gâm*” Báo cáo kết quả đề tài nghiên cứu khoa học, Trường đại học Lâm nghiệp Việt Nam

II. Tiếng Anh.

12. Arnold, J.G., R. Srinivasan, R.S. Muttiah, J.R Williams (1998), *Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development, J of Amer, Water Resource Assoc*, vol. 34, No. (1), pp.73-89.
13. Arnold, J. G., R. S. Muttiah, R. Srinivasan, and P. M. Allen (2000), *Regional estimation of base flow and groundwater recharge in the upper Mississippi basin*, *Journal of Hydrology*, vol. 227, No. 1-4: pp. 21-40.
14. D. N. Moriasi, J. G. Arnold, M. W. Van Liew, R. L. Bingner, R. D. Harmel and T. L. Veith, 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *ASABE Vol. 50(3): 885-900, ISSN 0001-2351.*
15. Govender, M., and C. S. Everson (2005), *Modelling streamflow from two small South African experimental catchments using the SWAT model*. *Hydrology Processes*, vol. 19, No. 3, pp. 683-692.
16. Gassman, P.W., M.R. Reyes, C.H. Green, J.G. Arnold (2007), *The Soil and Water Assessment Tool: historical development, applications, and future research directions*, *Trans, ASABE.*, vol. 50, No. (4), pp.1211-1250.
17. Michal jenicek (2007), *kainfall_runoff modeling in small and middle _ large catch ments_an overview.*

18. P.W Gassman, M.R. Reyes, C.H.Green, J.G.Arnold (2007), *the soil and water assessment tool historical development, applications, and future research direction*, soil and water Division of ASABE
19. Sirinivasan.R. 2005. *ArcSWAT, ArcGIS Interface for Soil and Water Assessment Tool*
20. Van Liew, M. W., and J. Garbrecht (2003), *Hydrologic simulation of the Little Washita River experimental watershed using SWAT*. Journal of American Water Resources Association, vol. 39, No. 2, pp. 413-426.
21. Winchell,M. 2007. *ArcSWAT Interface for SWAT 2005 (User's Guide)*