

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

BÁO CÁO TỔNG HỢP
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CẤP CƠ SỞ HỖ TRỢ KINH PHÍ THỰC HIỆN NĂM 2024
NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH
THỦY VĂN PHÂN BỐ NGUỒN MỎ PRMS
CHO LƯU VỰC SÔNG HIẾU
MÃ SỐ: 13.01.24.E.03

Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
Chủ nhiệm đề tài: Phạm Văn Tuấn

Hà Nội - 2024

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

BÁO CÁO TỔNG HỢP
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CẤP CƠ SỞ HỖ TRỢ KINH PHÍ THỰC HIỆN NĂM 2024
NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH
THỦY VĂN PHÂN BỐ NGUỒN MỎ PRMS
CHO LƯU VỰC SÔNG HIẾU
MÃ SỐ: 13.01.24.E.03

CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI **TRƯỜNG ĐẠI HỌC**
TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



Phạm Văn Tuấn


Lê Thị Trinh

Hà Nội - 2024

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

Tên đề tài: Nghiên cứu áp dụng thử nghiệm mô hình thủy văn phân bố nguồn mở PRMS cho lưu vực sông Hiếu.

- Mã số: 13.01.24.E.03
- Chủ nhiệm đề tài: ThS Phạm Văn Tuấn
- Tổ chức chủ trì: Đại học Tài nguyên và Môi Trường Hà Nội
- Thời gian thực hiện: Từ tháng 1/2024 – tháng 11/2024

2. Mục tiêu

Áp dụng thử nghiệm mô hình thủy văn phân bố PRMS tính toán dòng chảy năm lưu vực sông Hiếu.

3. Tính mới và sáng tạo

Nghiên cứu về mô hình thủy văn phân bố nguồn mở có sự khác biệt mới rõ rệt với các nghiên cứu khác về mô hình thủy văn thông số tập trung và bán phân bố, bên cạnh đó là mô hình nguồn mở có nhiều linh động chọn lựa các mô đun tính toán và phát triển cải tiến các mô đun cho phù hợp với nhu cầu và thực tế so với các nghiên cứu trước đây, cụ thể:

- Mô hình thủy văn thông số tập phân bố xem xét đến các điều kiện vật lý và dữ liệu của lưu vực sông rất chi tiết để phản ánh rõ được sự thay đổi của các thông tin này đúng với thực tế diễn ra.

- Mô hình thủy văn phân bố nguồn mở có xét đến nhiều các tham số chi tiết hơn rất nhiều so với mô hình thông số tập trung, do là chương trình nguồn mở nên việc sử dụng các mô đun tính toán và thay đổi các mô đun phù hợp với mục đích tính toán thực tế.

- Cung cấp cơ sở khoa học: Các kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho việc áp dụng mô hình thủy văn phân bố nguồn mở phù hợp với các mục đích tính toán, mô phỏng gần đúng các hiện tượng thủy văn diễn ra trong thực tế.

4. Kết quả nghiên cứu:

Nghiên cứu áp dụng thử nghiệm mô hình thủy văn phân bố PRMS tính toán dòng chảy năm lưu vực sông Hiếu là một lĩnh vực nghiên cứu rất quan trọng và có ý nghĩa thực tiễn cao. Kết quả của các nghiên cứu này sẽ giúp chúng ta có việc tính toán các quá trình thủy văn gần đúng hơn với thực tế diễn ra của nó.

5. Sản phẩm:

- Báo cáo tổng hợp.
- Báo cáo tóm tắt.
- Công bố khoa học: Đã đăng 01 bài báo “Nghiên cứu áp dụng thử nghiệm mô hình thủy văn phân bố mô phỏng dòng chảy năm lưu vực sông Hiếu” trên tạp chí Tài nguyên & Môi trường - Bộ Tài nguyên và Môi Trường, ISSN: 1859-1477, số 2/2024 (Chuyên đề Khoa học và Công nghệ).

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

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

Kết quả nghiên cứu áp dụng thử nghiệm mô hình thủy văn phân bố PRMS tính toán dòng chảy năm lưu vực sông Hiếu cho thấy việc cần phải sử dụng mô hình thủy văn phân bố và có tính linh động trong sử dụng để tính toán, mô phỏng các hiện tượng thủy văn.

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

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

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

Kết quả nghiên cứu của đề tài là cơ sở góp phần vào việc nâng cao chất lượng phục vụ cho việc tính toán dòng chảy lưu vực sông. Làm cơ sở cho việc phát triển các mô hình thủy văn phân bố nguồn mở đối với việc tính toán, mô phỏng dòng chảy lưu vực sông phát triển.

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

Project title: **Research on the application of the open-source distributed hydrological model PRMS for the Hieu River basin.**

Code number: 13.01.24.E.03

Coordinator: PHAM VAN TUAN, MA

Implementing institution: Hanoi University of Natural Resources and

Environment Duration: from 1/2024 to 11/2024

2. Objective(s):

To experimentally apply the PRMS distributed hydrological model to calculate the annual flow of Hieu River basin.

3. Creativeness and innovativeness:

The research on the open-source distributed hydrological model shows significant differences compared to other studies on lumped and semi-distributed hydrological models. Additionally, the open-source model offers flexibility in selecting and developing computational modules to suit specific needs and practical conditions. Specifically:

- The distributed parameter hydrological model considers the physical conditions and data of the river basin in detail to accurately reflect changes in these conditions.

- The open-source distributed hydrological model includes many more detailed parameters compared to lumped models. Being open-source, it allows for the use and modification of computational modules to fit practical calculation purposes.

- The research results provide an important scientific basis for applying the open-source distributed hydrological model to accurately simulate hydrological phenomena in reality.

4. Research results:

The experimental application of the PRMS distributed hydrological model to calculate the annual flow of the Hieu River basin is a very important and

practically significant research area. The results of these studies will help us calculate hydrological processes more accurately.

5. Products:

- Overall report.
- Summary report.
- Scientific publication: Published 01 article "Research on experimental application of hydrological model to simulate flow distribution in five Hieu river basins" in the Journal of Natural Resources & Environment - Ministry of Natural Resources and Environment, ISSN: 1859-1477, No. 2/2024 (Science and Technology Topic).

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

a. Fields related to science and technology

The research results show the necessity of using a distributed hydrological model with flexibility in usage to calculate and simulate hydrological phenomena.

b. For institutions and research facilities.

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

c. For economy-society and environment

The research results contribute to improving the quality of river basin flow calculations. They provide a basis for developing open-source distributed hydrological models for river basin flow calculation and simulation.

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG I – NGHIÊN CỨU TÌM HIỂU MÔ HÌNH NGUỒN MỞ PRMS CHO LƯU VỰC SÔNG HIẾU.....	6
1.1 Tổng quan mô hình PRMS.....	6
1.2 Điều kiện áp dụng PRMS.....	10
1.3 Tổng quan lưu vực sông Hiếu.....	25
CHƯƠNG II – SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	31
2.1 Thu thập, xử lý số liệu KTTV lưu vực sông Hiếu;.....	31
2.2 Nghiên cứu ứng dụng PRMS mô phỏng dòng chảy lưu vực sông Hiếu.....	36
2.3 Thiết lập số liệu đầu vào, thông số cho mô hình PRMS để tính toán dòng chảy lưu vực sông Hiếu.....	47
CHƯƠNG III – ÁP DỤNG MÔ HÌNH PRMS TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY NĂM LƯU VỰC SÔNG HIẾU.....	54
3.1 Hiệu chỉnh mô hình PRMS IV.....	54
3.2 Kiểm định mô hình PRMS IV.....	59
3.3 Thử nghiệm PRMS IV mô phỏng dòng chảy năm lưu vực sông Hiếu.....	59
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	61
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	64

DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt tiếng việt

X	Lượng mưa
Z	Bốc hơi
U	Độ ẩm
T	Nhiệt độ
BĐKH	Biến đổi khí hậu
KTTV	Khí tượng thủy văn

Chữ viết tắt tiếng anh

HRU	Đơn vị phản ứng thủy văn
GCM	Mô hình khí hậu toàn cầu (Global Climate Model)
IPCC	Ban liên chính phủ về Biến đổi khí hậu (Intergovernmental Panel on Climate Change)
PRMS	Hệ thống mô hình phân bố thủy văn

MỞ ĐẦU

1. Giới thiệu

Sông Cả là hệ thống sông lớn của Việt Nam thuộc khu vực Bắc Trung Bộ, sông Cả nằm trên địa phận nước Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào và 2 tỉnh thuộc Việt Nam (Nghệ An, Hà Tĩnh). Tổng diện tích lưu vực sông Cả khoảng 27.000 km². Dòng chảy sông Cả được hình thành chủ yếu do mưa kết hợp với yếu tố địa hình, thảm phủ và hình thái sông. Sông Cả có hai nhánh chính là sông Hiếu và sông La (Hình 1.1).



Hình 1.1 Lưu vực sông Hiếu

Trong đó sông Hiếu có diện tích lưu vực 5.340 km², bắt nguồn từ địa phận phía Bắc và Tây Bắc của lưu vực, chảy qua vùng đồi núi cao huyện Quế Phong, Quỳnh Châu và đồi núi thấp của các huyện Nghĩa Đàn, Quỳnh Hợp, Tân Kỳ rồi nhập lưu với sông Cả tại ngã ba Cây Chanh. Với địa hình lưu vực có độ dốc lớn, nhiều đồi

núi nên mức độ tập trung dòng chảy nhanh với cường suất lớn. Đặc biệt là trong bối cảnh biến đổi khí hậu đang diễn ra rất phức tạp, trong đó khu vực miền Trung Việt Nam bị ảnh hưởng rất lớn, tiêu biểu là các vùng thuộc hạ lưu các lưu vực sông, trong đó có lưu vực sông Hiếu làm cho việc tính toán, dự báo dòng chảy phục vụ các hoạt động kinh tế xã hội, nhất là phải đảm bảo được việc phòng chống lũ, điều tiết dòng chảy trên lưu vực cần phải đảm bảo tính chính xác và kịp thời.

Hiện nay việc tính toán, dự báo dòng chảy lưu vực sông có nhiều phương pháp, trong đó phương pháp hiện đại được sử dụng là mô hình toán. Một số đánh giá tổng quan tình hình nghiên cứu, sử dụng các mô hình toán trong và ngoài nước hiện nay như sau:

Các mô hình toán thủy văn phổ biến trên thế giới như bộ mô hình Mike của DHI Đan Mạch (mô hình thương mại nguồn đóng), HEC của Mỹ (mô hình phi thương mại nguồn đóng), ISIS của Anh (mô hình thương mại nguồn đóng), Delf 3D và Sobek của Hà Lan (mô hình thương mại nguồn đóng), EFDC, SWMM, SWAT, ANN (nguồn đóng),.. đã và đang được sử dụng. Nhưng mỗi mô hình này có ưu và nhược điểm riêng và vẫn chưa đáp ứng được hết các yêu cầu cho từng bài toán riêng của lưu vực sông, nhất là trong lĩnh vực đào tạo đòi hỏi chi phí thấp, dễ tiếp cận, hiệu quả trong ứng dụng, tính mới và mở cao,...

Trong các nhóm mô hình trên thì tựu chung lại có hai hướng là mô hình thương mại (mất phí mua để sử dụng) và mô hình phi thương mại (không mất phí mua) mã nguồn mở (Open source) và mã nguồn đóng. Trong đó, nhóm phần mềm không mất phí, có bao gồm phần mềm nguồn mở, rất thuận tiện trong nghiên cứu phát triển và giảng dạy ở trường đại học. Do phần mềm nguồn mở có tính linh động cao trong việc thích ứng với các bài toán và có cộng đồng, diễn đàn rất lớn. Trên thế giới, mỗi trường đại học đa số có các phòng nghiên cứu thực hành (Lab) để sinh viên, học viên nghiên cứu và phát triển các phần mềm nguồn mở ứng dụng trong thực tiễn rất cao.

Ở Việt Nam cũng đã có nhiều cơ quan, tổ chức như Trung tâm Khí tượng thủy văn Quốc gia; Viện khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường; Bộ Tài nguyên Môi trường; Viện Khoa học Thủy Lợi [1]; Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn; Trường Đại học Thủy lợi; Trường Đại học Khoa học Tự nhiên Đại học Quốc gia Hà Nội; Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội đã nghiên cứu áp dụng các

mô hình toán thủy văn – thủy lực vào các nghiên cứu, đề tài và dự án. Trước đây một số mô hình do chính các tác giả trong nước nghiên cứu và xây dựng như VRSAP, TLUC 96... Ngày nay theo xu thế ứng dụng các mô hình toán nước ngoài trong ứng dụng vào thực tế. Một số các mô hình toán đã được các cơ quan nghiên cứu áp dụng như:

- Trung tâm dự báo KTTV Trung ương: Từ năm 2005 đến nay, ngoài các mô hình thủy văn thông số tập trung như TANK (Nhật Bản), NAM (Đan Mạch), FIRR (Viện Cơ). Trung tâm đã triển khai nghiên cứu và bước đầu ứng dụng mô hình thủy văn thông số phân bố MARINE (Pháp), WETSPA (Bỉ) và các mô hình thủy lực liên tiến như mô hình HEC-RAS, mô hình MIKE 11 [2]. Các mô hình này thì mô hình thủy văn là thông số tập trung, bán phân bố và mô hình thủy lực, các mô hình này chủ yếu là các mô hình nguồn đóng và thiếu tùy biến trong sử dụng thực tế.

- Viện Khoa học KTTV và BDKH đã nghiên cứu ứng dụng trong tính toán dòng chảy các mô hình SSARR, TANK, SACRAMENTO, ANN, HEC1, HMS, NLRRM, mô hình MIKE (Mike-Nam, Mike 11, Mike Flood,..). Trong đó có đã cải tiến mô hình HDM (Hydro Dynamic Model) từ mô hình DHM của Hoa Kỳ để diễn toán ngập lụt sóng vỡ đập của hệ thống hồ Sơn La - Hòa Bình. Đó là các mô hình thủy văn phân bố và bán phân bố tự xây dựng trên nguyên lý mô hình bên cạnh các mô hình thủy lực nguồn đóng và mô hình thủy động lực cải tiến.

- Viện Quy hoạch Thủy lợi sử dụng mô hình NAM, mô hình Mike (Mike-Nam, Mike 11, Mike Flood, Mike Basin..). Ở đây là các mô hình thủy văn tập trung nguồn đóng và các mô hình thủy lực thương mại nguồn đóng.

- Viện Khoa học Thủy lợi và Trường Đại học Thủy lợi sử dụng các mối quan hệ mưa - dòng chảy và lưu lượng tương ứng. Đây là dạng mô hình thống kê dạng thông số tập trung và bán phân bố [3].

- Viện Cơ học đã xây dựng phần mềm tính toán điều tiết hồ Hòa Bình và mô hình Thủy lực tính toán lũ hạ du sông Hồng- sông Thái Bình và nghiên cứu ứng dụng mô hình MARINE + TL. Viện Cơ học đã áp dụng vào tính toán dòng chảy cho lưu vực sông Đà tới hồ Hòa Bình. Trong đó có mô hình thủy văn phân bố nguồn đóng kết hợp với mô hình thủy lực tự xây dựng để tính toán dòng chảy hạ du.

- Đài KTTV khu vực Nam Trung Bộ đã ứng dụng một số mô hình trên trong

đó có mô hình TANK để dự báo quá trình dòng chảy lũ phục vụ thi công thủy điện Sông Hình, Hàm Thuận - Đa Mil và dự báo lưu lượng đỉnh lũ trên các sông. Ở đây đã sử dụng mô hình thủy văn thông số tập trung tự xây dựng để dự báo dòng chảy lũ.

- Trường Đại học Tài Nguyên và Môi Trường Hà Nội đã được chuyển giao và đang nghiên cứu sử dụng bộ mô hình SOBECK của Hà Lan, AI trong tính toán điều tiết lũ [5], [6], [7]. Đây là dạng mô hình thủy văn thương mại nguồn đóng khó tùy biến trong thực tế.

- Trường Đại học Thủy lợi, Trường ĐH KHTN-ĐHQG Hà Nội [4], Trường Đại học Xây dựng áp dụng có hiệu quả trong tính toán lũ như SOGREEN, VRSAP, KOD1, TLUC96, MIKE 11, MIKE 11 GIS. Các mô hình này dạng mô hình thủy văn thông số tập trung và mô hình thủy lực tự xây dựng bên cạnh mô hình thủy lực thương mại nguồn đóng.

Như vậy các mô hình toán thủy văn được ứng dụng ở Việt Nam rất đa dạng và phong phú, tập trung chủ yếu vào các mô hình thương mại, nguồn đóng của nước ngoài. Có một số nghiên cứu đã tự xây dựng hoặc cải tiến mô hình để sử dụng cho phù hợp.

Các mô hình toán thủy văn đã được phân tích ở trên đã và đang được ứng dụng ở trên thế giới, Việt Nam và lưu vực sông Cả [8]. Nhưng mỗi mô hình này có ưu và nhược điểm riêng và vẫn chưa đáp ứng được hết các như cầu cho từng bài toán riêng của lưu vực sông, nhất là trong lĩnh vực đào tạo đòi hỏi chi phí thấp, dễ tiếp cận, hiệu quả trong ứng dụng, tính mới và mở cao,... Như vậy cần có một mô hình phù hợp, mã nguồn mở, tin cậy và đáp ứng được nhiều các tiêu chí trên phục vụ nghiên cứu tính toán, dự báo và giảng dạy mô hình toán thủy văn tại Khoa Khí tượng Thủy văn, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội. Mô hình PRMS (The Precipitation-Runoff Modeling System) là một mô hình thủy văn phân bố nguồn mở được phát triển bởi Cục khảo sát địa chất Hoa Kỳ (USGS - The United States Geological Survey) dựa trên mã nguồn mở, là mô hình thủy văn thông số phân bố, hiện đại có cộng đồng người sử dụng và diễn đàn hỗ trợ lớn, linh động phù hợp với các bài toán đặc thù của ngành Khí tượng Thủy văn. PRMS đã được xây dựng và áp dụng ở tốt ở Mỹ, Tây Ban Nha [10], [11], [12], [13], nhưng chưa được áp dụng ở Việt Nam.

Xuất phát từ những lý do trên, nghiên cứu tiến hành đề xuất đề tài: “*Nghiên cứu áp dụng thử nghiệm mô hình thủy văn phân bố nguồn mở PRMS cho lưu vực sông Hiếu*”.

2. Mục tiêu nghiên cứu:

Áp dụng thử nghiệm mô hình thủy văn phân bố PRMS tính toán dòng chảy năm lưu vực sông Hiếu.

3. Phạm vi nghiên cứu:

- Phạm vi không gian: Lưu vực sông Hiếu.
- Phạm vi thời gian: Thời 1985 – 2005.
- Giới hạn phạm vi nghiên cứu: Đề tài chỉ nghiên cứu tiến thành thử nghiệm tính toán dòng chảy năm lưu vực sông Hiếu.

4. Phương pháp nghiên cứu:

- Phương pháp phân tích thống kê.
- Phương pháp kế thừa.
- Phương pháp mô hình toán.

CHƯƠNG I – NGHIÊN CỨU TÌM HIỂU MÔ HÌNH NGUỒN MỞ PRMS CHO LƯU VỰC SÔNG HIẾU

1.1 Tổng quan mô hình PRMS.

1.1.1 Giới thiệu mô hình PRMS.

Hệ thống mô hình hóa lượng mưa-dòng chảy, phiên bản 4 (Precipitation-Runoff Modeling System IV – PRMS IV) phần mềm máy tính là phiên bản cập nhật của mô hình thủy văn, tham số phân bố, quá trình vật lý thường được gọi là Hệ thống mô hình mưa - dòng chảy (PRMS) (Leavesley và những người khác, 1983). Các mục tiêu chính của phiên bản mới này vẫn giống như các phiên bản trước đó [9]: (1) mô phỏng các quá trình thủy văn bao gồm bốc hơi, thoát hơi nước, dòng chảy, thấm, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm được xác định bởi cân bằng năng lượng và nước của tán cây, tuyết phủ và vùng đất trên cơ sở thông tin khí hậu phân bố (nhiệt độ, lượng mưa và bức xạ mặt trời); (2) mô phỏng cân bằng nước thủy văn ở quy mô lưu vực sông cho các quy mô thời gian từ ngày đến thế kỷ; (3) tích hợp PRMS với các mô hình khác được sử dụng để quản lý tài nguyên thiên nhiên hoặc với các mô hình từ các ngành khoa học khác; và (4) cung cấp thiết kế mô-đun cho phép lựa chọn các thuật toán quy trình thủy văn thay thế từ thư viện mô-đun PRMS-IV tiêu chuẩn.

Một số hình thức của PRMS đã tồn tại kể từ khi phát hành lần đầu tiên vào năm 1983. Các phiên bản đầu tiên được lập trình cho các hệ thống máy tính lớn thời bấy giờ. Sau đó, vào những năm 1990, PRMS đã được lập trình lại để tận dụng lợi thế của công nghệ máy tính máy trạm kỹ thuật. Những phiên bản trước của PRMS-IV được mô tả ngắn gọn dưới đây:

1983: PRMS ban đầu được phát triển như một đĩa đơn.

Chương trình FORTRAN 77 bao gồm các thuật toán được mã hóa trong các chương trình con, mỗi chương trình đại diện cho một quá trình vật lý riêng lẻ của chu trình thủy văn (Leavesley, 1973; Leavesley và những người khác, 1981; Leavesley và những người khác, 1983, Leavesley, 1989). Đối với các quá trình liên quan đến phân phối nhiệt độ, phân phối bức xạ mặt trời, bay hơi, thoát hơi nước và dòng chảy bề mặt, hai hoặc nhiều thuật toán khác nhau đã được mã hóa, mỗi thuật toán đại diện cho một cách tiếp cận khác nhau. Một thuật toán cụ thể đã

được chọn tại thời điểm chạy bằng cách đặt các giá trị trong tệp đầu vào. Khái niệm thiết kế mô-đun này cho phép tạo và áp dụng một mô hình phù hợp nhất cho một nghiên cứu nhất định và hỗ trợ mục tiêu dài hạn để mở rộng khả năng mô phỏng quy trình có sẵn của PRMS (Leavesley và những người khác, 2005). Cấu trúc của phiên bản PRMS năm 1983 khác biệt đáng kể so với PRMS-IV ở chỗ việc sử dụng ban đầu các định dạng "thẻ đục lỗ" cho các tệp đầu vào, biểu đồ đầu ra do máy in dòng tạo ra, sử dụng hệ thống lưu trữ và truy xuất dữ liệu nước quốc gia của Cơ quan Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS) (Hutchinson, 1975) và các thông số kỹ thuật ngôn ngữ kiểm soát công việc cần thiết để thực thi PRMS trên các hệ thống máy tính Amdahl và Prime (Leavesley và các hệ thống khác, 1983) đã được thay thế bằng cách sử dụng các tệp để kiểm soát đầu vào, thực thi và đầu ra của chương trình.

1996: Mặc dù hiệu quả tính toán, quy trình cần thiết để thêm các thuật toán quy trình thủy văn vào mã gốc là không đầy đủ. Do đó, kiến trúc và cấu trúc mô-đun của PRMS đã được thiết kế lại để cho phép tích hợp tốt hơn và khả năng phát triển thuật toán quy trình thủy văn. Cấu trúc mới này là Hệ thống mô hình hóa mô-đun USGS (MMS) (Leavesley và những người khác, 1996; Leavesley và những người khác, 2002), một hệ thống tích hợp phần mềm máy tính được phát triển để mô phỏng nhiều quá trình cân bằng nước, năng lượng và địa hóa sinh học bao gồm PRMS. Các thuật toán quy trình thủy văn cơ bản trong PRMS, như được mô tả bởi Leavesley và Stannard (1995), đã được duy trì trong phiên bản MMS; tuy nhiên, việc sử dụng MMS cho phép bổ sung các thuật toán quy trình mới và tăng cường nhiều tính năng và khả năng trong PRMS gốc (Leavesley và những người khác, 2005). Những bổ sung này bao gồm các hệ thống dữ liệu đồ họa và nối mạng tận dụng sức mạnh tính toán tăng lên.

2014: Phiên bản hiện tại của PRMS, PRMS-IV, đã được thiết kế như một chương trình độc lập có thể được thực thi trên nền tảng Linux hoặc Microsoft Windows. Theo một số cách, PRMS-IV có thể quay trở lại các khái niệm và thiết kế của các phiên bản PRMS sớm nhất. Phần lớn các chức năng hỗ trợ được cung cấp bởi MMS đã bị loại bỏ để chuyển sang chế độ "thực thi hàng loạt" để có tính linh hoạt tối đa của ứng dụng và hiệu quả tính toán. Cách tiếp cận này cũng hỗ trợ

tính di động tối đa giữa các máy tính chạy hệ điều hành Windows và Linux. Việc phát triển PRMS-IV nhấn mạnh tính dễ triển khai, cài đặt và độ tin cậy so với các khái niệm MMS về "xây dựng mô hình". Tuy nhiên, mô-đun và thư viện chức năng được phát triển cho phiên bản MMS của PRMS đã được chứng minh là hữu ích và đã được giữ lại trong PRMS-IV.

1.1.2 Tổng quan về PRMS.

PRMS-IV là một mô hình thủy văn, tham số phân bố, quá trình vật lý được sử dụng để mô phỏng và đánh giá phản ứng lưu vực của các kết hợp khí hậu và sử dụng đất khác nhau. Phản ứng với lượng mưa bình thường và cực đoan và tuyết tan có thể được mô phỏng để đánh giá những thay đổi trong quan hệ cân bằng nước, chế độ dòng chảy, quan hệ độ ẩm đất và nạp nước ngầm. Mỗi quá trình thủy văn được biểu diễn trong PRMS-IV bằng một thuật toán dựa trên định luật vật lý hoặc mối quan hệ thực nghiệm với các đặc điểm thực đo hoặc ước tính.

Khả năng tham số phân bố được cung cấp bằng cách phân vùng lưu vực thành các đơn vị phản ứng thủy văn (HRU) dựa trên các thuộc tính vật lý của lưu vực như độ cao bề mặt đất, độ dốc, loại thảm thực vật, loại đất và mô hình khí hậu không gian và thời gian. Các cụm từ "phản ứng thủy văn" hoặc "phản ứng của lưu vực sông", đề cập đến ảnh hưởng của những thay đổi trong các thuộc tính này đối với việc mô phỏng các quá trình thủy văn. Các thuộc tính vật lý và phản ứng thủy văn của mỗi HRU được giả định là đồng nhất. Cân bằng nước và cân bằng năng lượng được tính toán hàng ngày cho mỗi HRU. Tổng các phản hồi của tất cả các HRU, được tính trọng số trên cơ sở đơn vị diện tích, tạo ra phản ứng lưu vực hàng ngày trong cấu hình cơ bản nhất. Ngoài ra, PRMS-IV có thể cung cấp các phương pháp định tuyến nội bộ phức tạp hơn có sẵn cho các ứng dụng mô hình hóa phức tạp hơn.

Việc xem xét mục đích và độ chính xác của các thuật toán quá trình thủy văn trong thư viện PRMS-IV đã dẫn đến việc viết lại mã nguồn thành ngôn ngữ lập trình FORTRAN 90. Việc viết lại này đã dẫn đến (1) một mã nguồn có thể được tích hợp dễ dàng hơn với các mô hình khác như mô hình Dòng chảy nước ngầm và nước mặt (GSFLOW) kết hợp USGS (Markstrom và các mô hình khác, 2008); (2) độ ổn định và độ tin cậy cao hơn; (3) cải thiện khả năng bảo trì và hỗ trợ; và

(4) tự tạo dữ liệu. Ngoài ra, đã cẩn thận để đảm bảo rằng kết quả mô phỏng từ PRMS-IV có thể so sánh với các phiên bản PRMS trước đó; tuy nhiên, sửa lỗi, thuật toán cập nhật và cấu trúc mô hình phát triển có thể dẫn đến sự khác biệt giữa các tính toán được thực hiện bởi PRMS-IV và các phiên bản trước.

Mô hình mẫu PRMS-IV của một lưu vực sông ban đầu được mô tả bởi Leavesley và những người khác (1983). Đầu vào của mô hình thủy văn là các giá trị chuỗi thời gian ngày về lượng mưa, nhiệt độ không khí tối thiểu và tối đa và bức xạ mặt trời. Bức xạ mặt trời ngày có thể được ước tính nội bộ bởi mô hình nếu nó không được cung cấp bởi người dùng. Lượng mưa ở dạng mưa, tuyết hoặc hỗn hợp của cả hai đều bị giảm do bị giữ lại bởi thảm phủ thực vật; Lượng mưa không bị giữ lại bởi thảm phủ thực vật trở thành lượng mưa thực tế được đưa đến bề mặt lưu vực. Đầu vào năng lượng của nhiệt độ không khí và bức xạ mặt trời thúc đẩy các quá trình bay hơi, thoát hơi nước, thăng hoa và tuyết tan. Cấu trúc của lưu vực sông được khái niệm hóa như một loạt các bể chứa, đoạn suối và hồ. Việc sử dụng thuật ngữ "bể chứa" trong PRMS-IV, đề cập đến cơ chế lưu trữ nước trong mô hình PRMS-IV chứ không phải ao hoặc hồ vật lý được sử dụng để lưu trữ và điều tiết nước (ví dụ, các bể chứa nước [bể chứa dòng chảy ưu tiên, mao dẫn và trọng lực]). Đối với mỗi bước thời gian của mô phỏng, lượng nước được lưu trữ trong các bể chứa, đoạn suối và hồ được gọi là "trạng thái". Lượng nước di chuyển giữa các yếu tố này được gọi là "thông lượng". Phản ứng thủy văn mô phỏng của lưu vực sông được đặc trưng bởi các trạng thái và thông lượng này. PRMS-IV duy trì cân bằng nước trên toàn bộ lưu vực cũng như trên các bể chứa riêng lẻ, các đoạn suối và hồ.

Vùng đất đại diện cho một phần của lớp phủ đất có thể mất nước thông qua sự bốc hơi và thoát hơi nước. Độ sâu của vùng đất được xác định bởi độ sâu rễ cây trung bình của loại thảm thực vật chiếm ưu thế bao phủ bề mặt đất. Lưu trữ nước trong vùng đất được tăng lên do sự xâm nhập của lượng mưa và tuyết tan và cạn kiệt do bốc hơi và thoát hơi nước. Lượng nước xâm nhập là lượng mưa thực tế trừ đi dòng chảy bề mặt. Lưu trữ và lưu lượng nước-đất trong vùng đất được tính đến với một loạt các bể chứa khái niệm, như được mô tả trong phần "Vùng đất và bể chứa nước ngầm". Nước di chuyển giữa các bể chứa này trên cơ sở các điều kiện

tiền đề và tính chất đất. Bể chứa vùng không thấm nước đại diện cho một khu vực không có khả năng xâm nhập. Bể chứa này có khả năng lưu giữ tối đa phải được thỏa mãn trước khi dòng chảy bề mặt vào suối sẽ xảy ra (Leavesley và những người khác, 1983).

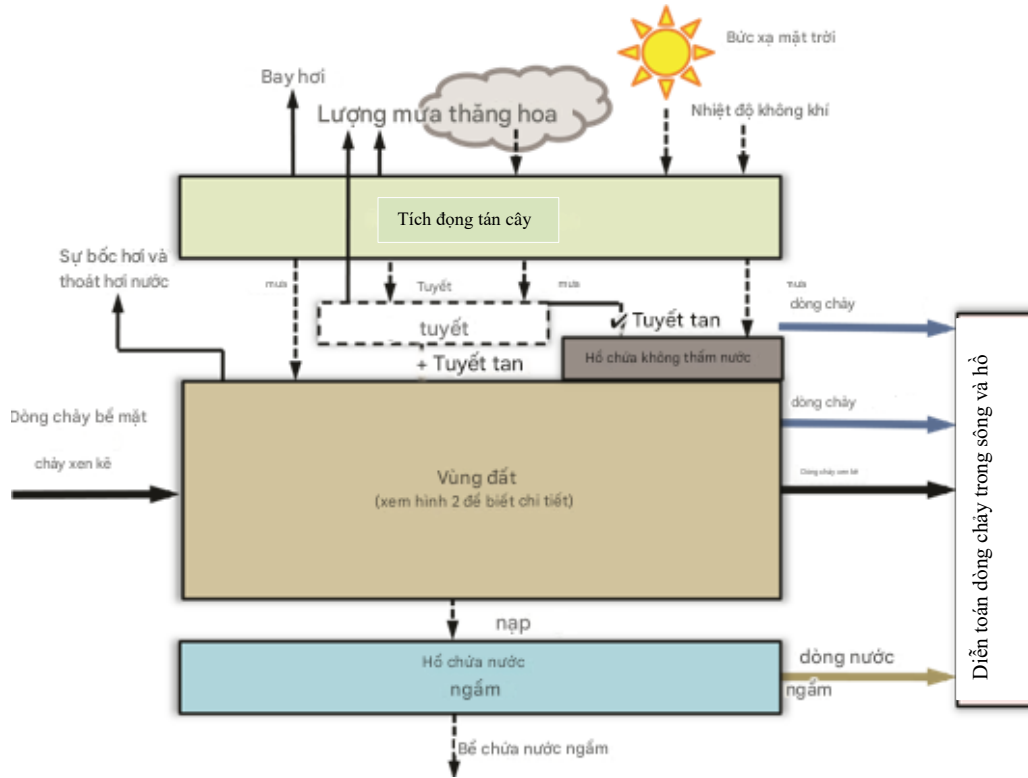
Tuyết tan chảy được xác định bởi sự cân bằng nước và năng lượng được tính toán trên các gói tuyết, tích tụ, thăng hoa và tan chảy. Lượng mưa thực tế và dòng chảy bề mặt có thể góp phần lưu trữ trữ trên bề mặt. Lưu trữ trữ bị cạn kiệt do tràn và bay hơi. Lưu lượng vào bể chứa nước ngầm đến từ vùng đất. Nước ngầm này sau đó trở thành dòng chảy ngầm đến suối và hồ. Nước cũng có thể rời khỏi bể chứa nước ngầm thông qua bể chứa nước ngầm, đại diện cho dòng chảy ngầm xuyên lưu vực hoặc dưới dòng chảy.

Dòng chảy bên vào các kênh suối được tính bằng tổng dòng chảy bề mặt, dòng chảy bể chứa dưới bề mặt và dòng chảy ngầm. Trong các lưu vực phức tạp hơn, nước có thể đổ từ bể chứa này sang bể chứa khác trước khi đến các kênh suối. Dòng chảy cũng có thể được lưu trữ và suy giảm bởi các hồ.

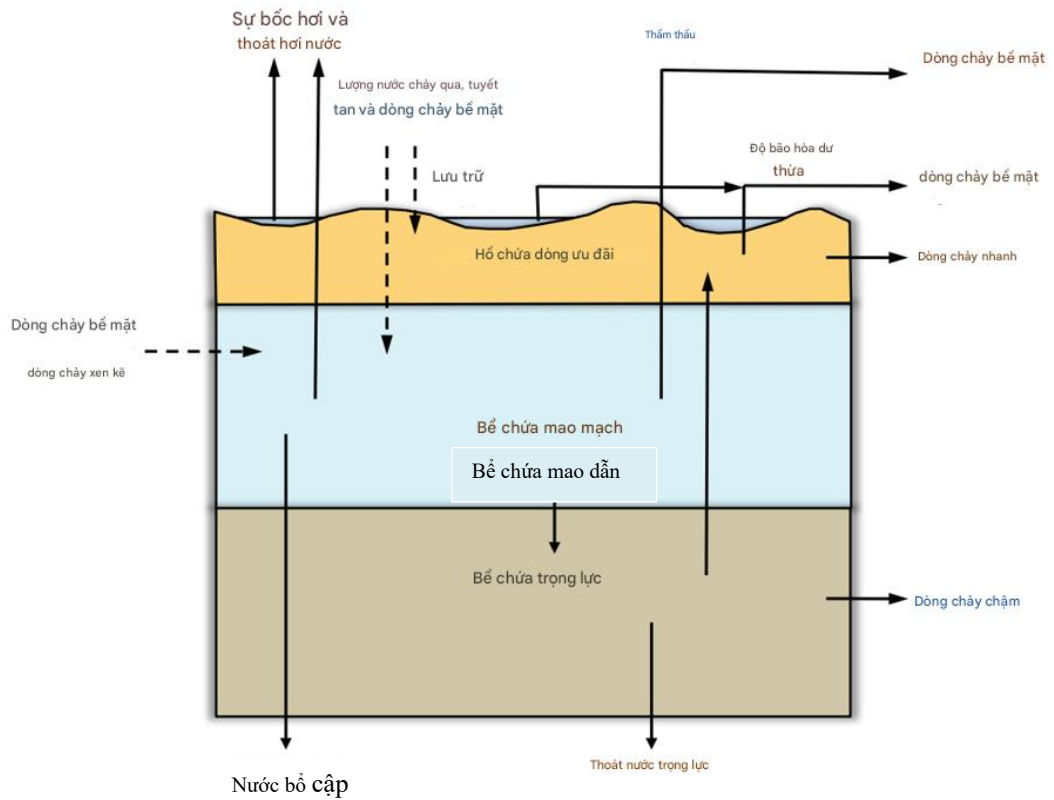
1.2 Điều kiện áp dụng PRMS.

Kể từ khi phát hành lần đầu, đã có nhiều ứng dụng của PRMS. Ví dụ, đã có nhiều ứng dụng mô hình PRMS được phát triển để quản lý nước và tài nguyên thiên nhiên; Các ứng dụng này đánh giá phản ứng thủy văn đối với những thay đổi trong điều kiện lưu vực. Trong những năm gần đây, PRMS đã được sử dụng để đánh giá phản ứng thủy văn đối với biến đổi khí hậu.

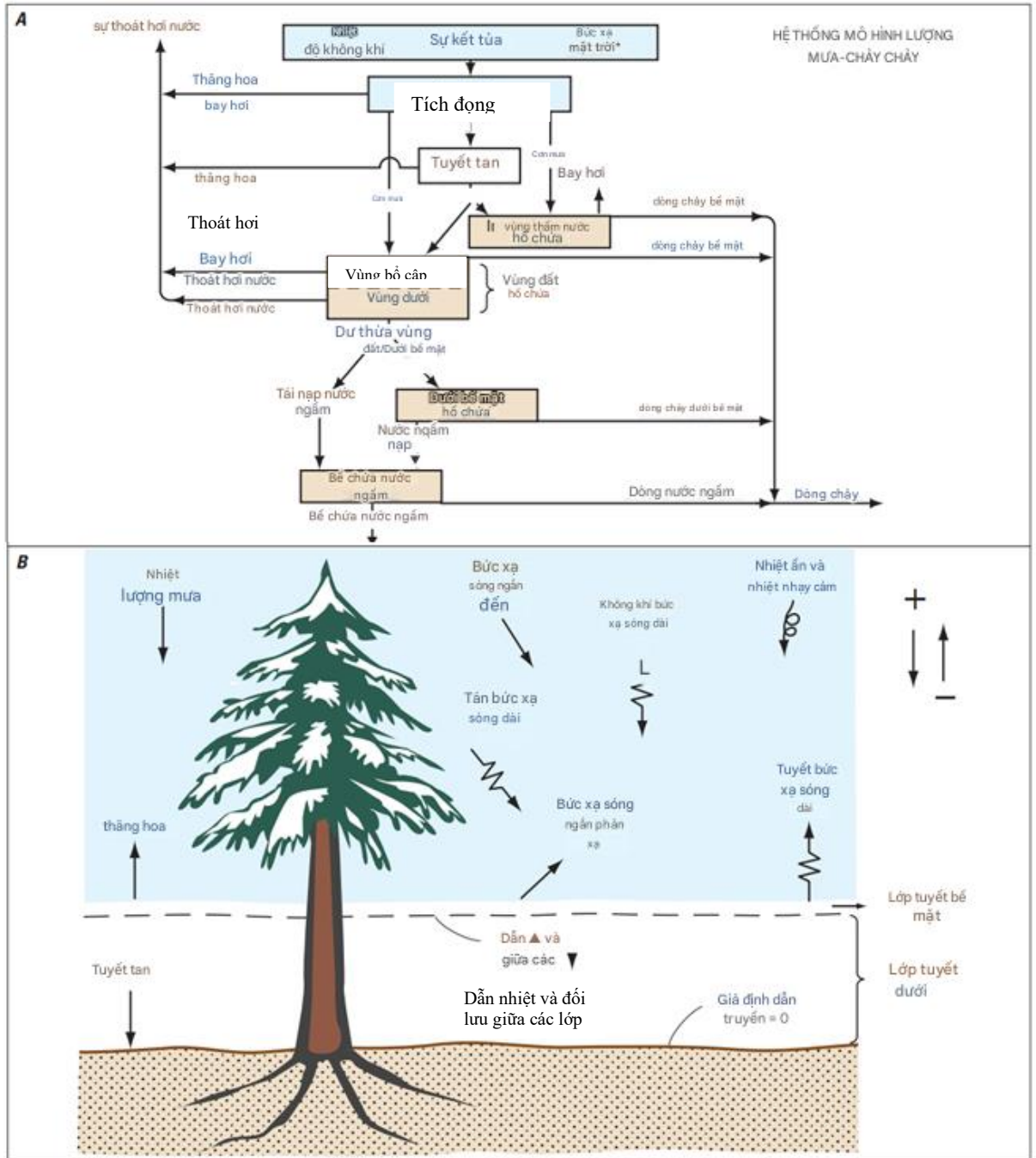
PRMS-IV yêu cầu lưu vực đối tượng phải được phân biệt theo không gian thành một tập hợp các đơn vị thủy văn duy nhất. Quá trình phân biệt không gian này thường được thực hiện thông qua việc sử dụng chương trình máy tính hệ thống thông tin địa lý (GIS). Sự rời rạc cho phép biến đổi không gian trong đầu vào mô hình và kết quả mô phỏng. Các kết quả này có thể được đánh giá tại từng đơn vị riêng lẻ hoặc tại các nhóm đơn vị. Ứng dụng PRMS-IV dựa trên năm loại đơn vị không gian : (1) miền mô hình, (2) đoạn suối, (3) HRU, (4) bể chứa và (5) lưu vực con.



Hình 1.2 Các quá trình thủy văn được mô phỏng bởi PRMS-IV [9].



Hình 1.3 Chi tiết hệ thống mô hình hóa lượng mưa-dòng chảy [9].



Hình 1.4 Các thành phần của sự cân bằng năng lượng tuyết, tích lũy, tuyết tan và bốc hơi [9].

Miền mô hình (Model Domain)

Đặc điểm kỹ thuật chính xác của khu vực địa lý được mô phỏng bởi PRMS-IV là bắt buộc. Khu vực địa lý này được gọi là "miền mô hình". Một miền mô hình điển hình cho PRMS-IV bao gồm một hoặc nhiều lưu vực bề mặt,

trong đó lưu vực sông được định nghĩa là diện tích đất chảy vào dòng suối phía trên một vị trí nhất định (Chow và những người khác, 1988, trang 7). Các cách khác để xác định miền mô hình có thể bao gồm (1) ranh giới được xác định bởi các mô hình mô phỏng khác hoặc (2) các khu vực nhân tạo như khu vực đô thị, cánh đồng nông nghiệp hoặc ranh giới chính trị.

Đoạn suối (Stream Segments)

Một đoạn suối là đặc điểm địa lý nhỏ nhất để mô phỏng dòng chảy phân luồng xảy ra trong lưu vực sông. Dòng chảy này có thể là phù du, không liên tục hoặc lâu năm. Một mạng lưới thoát nước bao gồm một hoặc nhiều đoạn suối phải được giới hạn bởi miền mô hình. PRMS-IV sẽ tính toán dòng chảy bên, dòng chảy vào và ra ở mỗi đoạn suối. Ngoài ra, người dùng có thể chỉ định dòng chảy tại bất kỳ đoạn suối nào.

Đơn vị phản ứng thủy văn (Hydrologic Response Units)

Miền mô hình được phân chia thành một mạng lưới các HRU bề mặt đất. Việc phân chia này có thể dựa trên các đặc điểm thủy văn và vật lý như ranh giới thoát nước; độ cao bề mặt đất, độ dốc và hướng; loại và độ che phủ thảm thực vật; sử dụng đất; phân bố lượng mưa, nhiệt độ và bức xạ mặt trời; hình thái đất và địa chất; và hướng dòng chảy. Mỗi HRU được giả định là đồng nhất về các đặc điểm thủy văn và vật lý này cũng như phản ứng thủy văn của nó. Trong PRMS-IV, một cân bằng nước và một cân bằng năng lượng được tính toán tại mỗi bước thời gian mô phỏng cho mỗi HRU. Mỗi HRU được xác định bằng một chỉ số. Việc gán chỉ số cho HRU là tùy ý, nhưng các chỉ số phải là duy nhất, liên tiếp và bắt đầu từ 1.

Việc phân định miền mô hình thành các HRU có thể được tự động hóa với sự hỗ trợ của phân tích GIS. Một trong ba phương pháp phân định khác nhau thường được sử dụng (Viger và Leavesley, 2007): (1) phương pháp topo, dẫn đến các sườn đồi và mặt phẳng dòng chảy có hình dạng không đều; (2) phương pháp dựa trên lưới, dẫn đến các hình chữ nhật đều đặn; hoặc (3) phương pháp không liên tục, dẫn đến nhiều đa giác độ dốc và không đều, được xác định bởi sự kết hợp của các đặc điểm lưu vực, có thể bao gồm địa hình, khí hậu và thảm

thực vật.

Trong PRMS-IV, mỗi HRU có thể được chỉ định là một trong bốn loại: đất, hồ, trũng, hoặc không hoạt động. HRU đất là loại HRU phổ biến nhất; HRU đất mô phỏng tất cả các quá trình thủy văn. Nhiều ứng dụng chỉ bao gồm các HRU đất. Khi miền mô hình bao gồm các hồ lớn, các khu vực này nên được phân định riêng và chỉ định là HRU loại hồ. Trũng là các HRU loại đất trong đó các thành phần dòng chảy bề mặt và dòng chảy giữa các lớp đất của dòng chảy ngang không có mặt. Các HRU này thường tương ứng với các khu vực thấp trong miền mô hình mà thu nhận dòng chảy và chỉ đóng góp vào dòng chảy nước ngầm. HRU không hoạt động cho phép các khu vực trong miền mô hình được loại trừ khỏi mô phỏng PRMS-IV. Tùy chọn này được sử dụng cho mục đích hiệu chỉnh và tích hợp với các mô hình mô phỏng khác..

Hồ (Lakes)

Hồ là một loại HRU đặc biệt, được mô phỏng với các thuật toán khác nhau có thể áp dụng cho các tính chất thủy văn của hồ. Hồ HRU thường được mô tả trên cơ sở phạm vi địa lý của chúng ở mực nước cao. Trong PRMS-IV, các vùng nước có thể được mô phỏng dưới dạng HRU kiểu hồ hoặc lưu trữ trầm cảm bề mặt trong HRU kiểu đất liền. Làm thế nào các vùng nước cụ thể nên được mô phỏng phụ thuộc vào kích thước của chúng, và quan trọng hơn, vào ảnh hưởng của cơ thể nước đối với phản ứng thủy văn của lưu vực sông.

Lưu vực con (Subbasins)

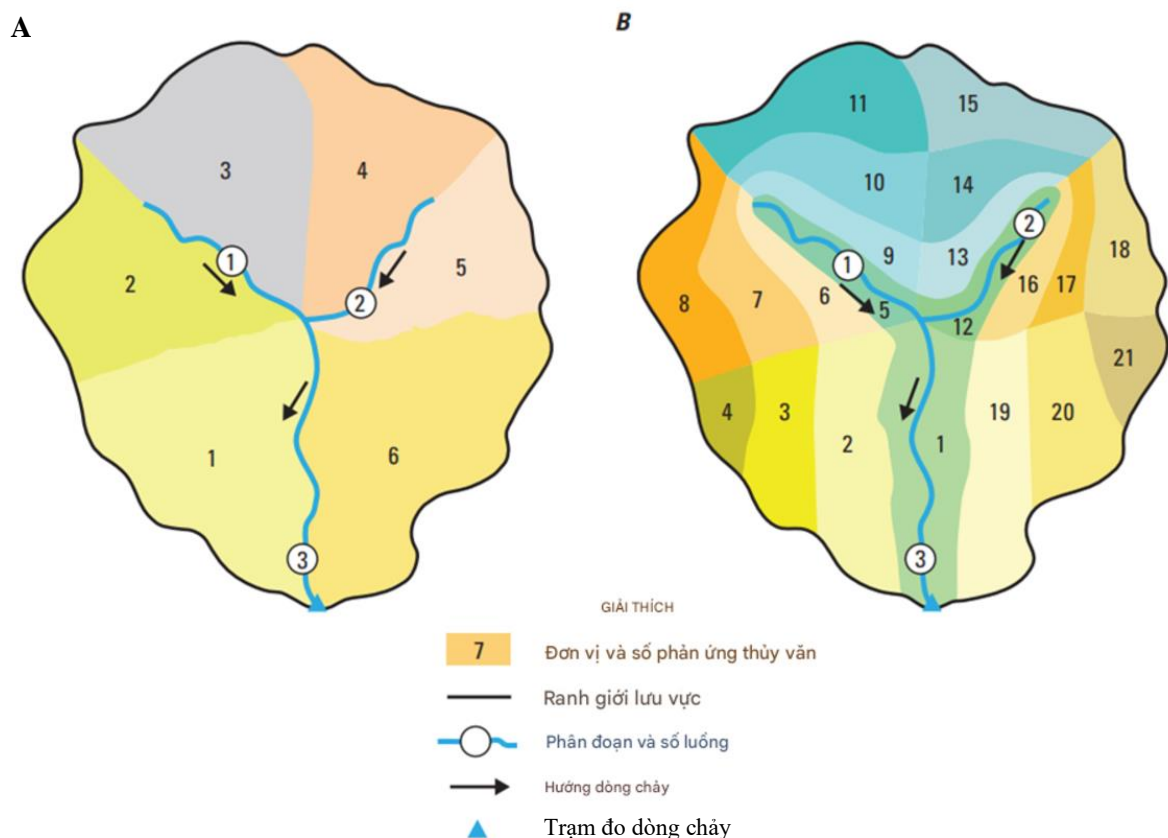
Một khu vực con của miền mô hình đóng góp dòng chảy đến một điểm cụ thể (ví dụ, trạm đo dòng chảy, cấu trúc kiểm soát, hoặc đoạn suối) có thể được xác định là một tiểu lưu vực. Tiểu lưu vực được định nghĩa là tập hợp các HRU và thường được sử dụng để tính toán dòng chảy trong một phần của lưu vực.

Phân Chia Thời Gian

Dòng thời gian liên tục, trong một khoảng thời gian do người dùng xác định, phải được phân chia thành một loạt các bước thời gian hàng ngày cho một mô phỏng PRMS-IV.

Hồ Chứa Lưu Trữ Vùng Đất và Nước Ngâm

PRMS-IV tính toán hàm lượng nước trong vùng đất bằng một hệ thống ba hồ chứa khái niệm. Việc sử dụng thuật ngữ “hồ chứa” đề cập đến cơ chế lưu trữ nước khái niệm và không phải là một ao hoặc hồ vật lý được sử dụng để lưu trữ và điều tiết nước. Các hồ chứa khái niệm vùng đất này bao gồm hồ chứa dòng chảy ưu tiên, hồ chứa mao dẫn và hồ chứa trọng lực, và chúng trùng khớp trong không gian vật lý. Cách nước di chuyển giữa và được lưu trữ trong các hồ chứa vùng đất và nước ngầm quyết định phần lớn khả năng và hạn chế của PRMS-IV trong việc dự đoán dòng chảy.



Hình 1.5 Phân định các đơn vị phản ứng thủy văn của lưu vực giả định được xác định từ 1, cấu trúc liên kết và B, cấu trúc liên kết, khí hậu và thảm thực vật [9].

Bể chứa Dòng Chảy Ưu Tiên

Hàm lượng nước trong đất vượt ngưỡng dung tích đồng ruộng có thể được

phân bổ vào hồ chứa dòng chảy ưu tiên. Hồ chứa này tính đến dòng chảy ngang nhanh qua các khe hở lớn trong cấu trúc đất. Dung tích của hồ chứa dòng chảy ưu tiên được xác định bởi sự chênh lệch giữa độ bão hòa tổng thể của đất và dung tích đồng ruộng. Các phiên bản trước của PRMS không tính đến hồ chứa dòng chảy ưu tiên

Bể Chứa Mao Dẫn

Hồ chứa mao dẫn đại diện cho hàm lượng nước trong đất nằm giữa các ngưỡng héo và dung tích đồng ruộng. Nước trong hồ chứa này được giữ lại bởi lực mao dẫn và không di chuyển. Dung tích của hồ chứa này đôi khi được gọi là hàm lượng nước có sẵn của cấu trúc đất. Các điều kiện trước đó của hồ chứa mao dẫn ảnh hưởng đến sự thấm, thoát hơi nước và dòng chảy bề mặt. Hồ chứa mao dẫn chỉ được mô phỏng trong các phần thấm nước của một HRU. Trong các phiên bản trước của PRMS, hồ chứa mao dẫn được gọi là hồ chứa vùng đất

Bể Chứa Trọng Lực

Hàm lượng nước trong đất vượt ngưỡng dung tích đồng ruộng cũng có thể được phân bổ vào hồ chứa trọng lực. Hồ chứa này tính đến dòng chảy ngang chậm và thoát nước xuống hồ chứa nước ngầm từ cấu trúc đất. Dung tích của hồ chứa trọng lực được xác định bởi sự chênh lệch giữa độ bão hòa tổng thể của đất và dung tích đồng ruộng trừ đi dung tích của hồ chứa dòng chảy ưu tiên. Trong các phiên bản trước của PRMS, hồ chứa trọng lực được gọi là hồ chứa dưới bề mặt

Bể Chứa Nước Ngầm

Nước di chuyển vào hồ chứa nước ngầm dưới dạng dòng chảy thẳng đứng từ vùng đất (bổ sung, hình 1). Mục đích chính của hồ chứa nước ngầm là để tính toán thành phần dòng chảy cơ bản của dòng chảy. Nước di chuyển ra khỏi hồ chứa nước ngầm dưới dạng dòng chảy nước ngầm đến mạng lưới suối hoặc đến bề nước ngầm, là nước rời khỏi miền mô hình

Mô phỏng PRMS-IV về chu trình thủy văn của lưu vực sông được chia thành 17 quy trình. Mỗi quá trình này đại diện cho một trong những quá trình thủy văn chính (ví dụ: dòng chảy bề mặt, dòng chảy sát mặt hoặc dòng chảy

ngâm) hoặc một nhiệm vụ biên tập (ví dụ: đọc dữ liệu đầu vào hoặc tạo báo cáo đầu ra). Mỗi quá trình được thực hiện theo đúng thứ tự bởi PRMS-IV để mô phỏng phản ứng thủy văn của lưu vực sông.

Chu trình thủy văn được mô phỏng trong PRMS-IV bằng 17 quy trình, dẫn đến tổng cộng 39 mô-đun. Ngoại trừ 8 mô-đun bị loại bỏ.

Khi có nhiều hơn một mô-đun có sẵn để mô phỏng một quá trình, người dùng có thể chọn mô-đun nào sẽ sử dụng bằng cách chỉ định mô-đun đó làm đầu vào trong Tập điều khiển. Tập điều khiển là tệp đầu vào bắt buộc, trong đó người dùng chỉ định cài đặt kiểm soát cách PRMS-IV sẽ chạy.

Các quá trình trong PRMS-IV như sau:

Quá trình dòng chảy tầng

Mô-đun Cascading Flow (dòng chảy tầng) tính toán các biến định tuyến được sử dụng bởi các mô-đun khác để định tuyến dòng chảy bên (dòng chảy bề mặt, dòng chảy sát mặt và xả nước ngầm) từ HRU, bể chứa hoặc đoạn suối lên dốc xuống dốc. Sử dụng dòng chảy tầng cho phép dòng chảy bề mặt và dòng chảy sát mặt từ HRU để bổ sung thâm hụt lưu trữ đất-nước của HRU xuống dốc trước khi được tính là dòng chảy. Đường dẫn dòng chảy giữa các bể chứa nước ngầm có thể khác với đường dẫn dòng nước mặt. Vì chỉ có một mô-đun để mô phỏng quá trình này, người dùng không chỉ định lựa chọn này trong Tập điều khiển.

Quá trình cân bằng năng lượng mặt trời

Mô-đun Bảng năng lượng mặt trời (soltab) tính toán bảng 366 (số ngày tối đa trong một năm) giá trị bức xạ mặt trời rõ ràng và độ dài ánh sáng ban ngày cho mỗi HRU dựa trên độ dốc, khía cạnh và vĩ độ. Mô-đun này cũng tính toán các giá trị của bức xạ mặt trời trên bầu trời rõ ràng ở bề mặt nằm ngang tại trung tâm miền mô hình cho mỗi ngày trong năm. Vì chỉ có một mô-đun để mô phỏng quá trình này, người dùng không chỉ định lựa chọn này trong Tập điều khiển.

Quá trình chuỗi dữ liệu thời gian

Mô-đun Dữ liệu chuỗi thời gian (obs) xác định tính khả dụng của dữ liệu

đo được cho từng bước thời gian được chỉ định trong Tập dữ liệu. Dữ liệu đo được yêu cầu là (1) lượng mưa và (2) nhiệt độ không khí tối đa và tối thiểu. Dữ liệu đo tùy chọn, nếu được chỉ định trong Tập dữ liệu, có thể bao gồm bức xạ mặt trời và dòng chảy. Vì chỉ có một mô-đun để mô phỏng quá trình này, người dùng không chỉ định lựa chọn này trong Tập điều khiển.

Quá trình phân phối nhiệt độ

Các mô-đun phân phối nhiệt độ (`temp_1sta`, `temp_laps` và `temp_dist2`) phân phối nhiệt độ không khí hàng ngày tối đa và tối thiểu cho mỗi HRU. Người dùng phải chọn mô-đun Phân phối Nhiệt độ bằng cách đặt tham số điều khiển `temp_module` trong Tập điều khiển thành tên mô-đun Phân phối Nhiệt độ hợp lệ (bảng 2). Ngoài ra, mô-đun phân phối khí hậu kết hợp (`ide_dist` hoặc `xyz_dist`) hoặc mô-đun phân phối khí hậu tiền xử lý (`climate_hru`) có thể được chọn làm quy trình phân phối nhiệt độ. Nếu người dùng chọn `ide_dist` hoặc `xyz_dist` cho quá trình Phân phối nhiệt độ, mô-đun đó cũng phải được chọn làm quy trình Phân phối lượng mưa.

Quá trình phân phối lượng mưa

Các mô-đun phân phối lượng mưa (`precip_1sta`, `precip_laps` và `precip_dist2`) phân phối lượng mưa cho mỗi HRU. Người dùng phải chọn mô-đun Phân phối lượng mưa bằng cách đặt tham số điều khiển `precip_` mô-đun trong Tập điều khiển thành tên mô-đun Phân phối lượng mưa hợp lệ (bảng 2). Ngoài ra, mô-đun Phân phối Khí hậu Kết hợp (`ide_dist` hoặc `xyz_dist`) hoặc mô-đun Phân phối Khí hậu Tiền xử lý (`climate_hru`) có thể được chọn làm quy trình Phân phối Lượng mưa. Như đã nêu ở trên với quy trình Phân phối nhiệt độ, nếu người dùng chọn `ide_dist` hoặc `xyz_dist` cho quá trình Phân phối lượng mưa, mô-đun đó cũng phải được chọn làm quy trình Phân phối nhiệt độ.

Quá trình phân phối khí hậu kết hợp

Các mô-đun `ide_dist` và `xyz_dist` phân phối nhiệt độ và lượng mưa tối đa và tối thiểu cho mỗi HRU. Để chọn một trong các mô-đun này, phải chọn cùng một tên mô-đun cho cả quy trình phân phối nhiệt độ và đầu vào quy trình phân phối lượng mưa bằng cách đặt các tham số điều khiển `temp_module` và

precip_module trong Tập điều khiển.

Mô-đun phân phối khí hậu theo HRU (CBH) (climate_hru) cung cấp các phương pháp để nhập các giá trị khí hậu hàng ngày, chuỗi thời gian, được phân phối trước cho mỗi HRU như một giải pháp thay thế cho việc sử dụng các mô-đun phân phối khí hậu có sẵn trong PRMSIV. Do đó, có thể sử dụng bất kỳ phương pháp nào để xử lý trước và phân phối các giá trị khí hậu cho HRU bên ngoài mô phỏng PRMS-IV. Ví dụ, lượng mưa có thể được phân phối từ lưới chuỗi thời gian (chẳng hạn như từ mô hình lưu thông chung hoặc bộ dữ liệu radar) đến mỗi HRU với lớp phủ trọng số khu vực giữa bản đồ lưới mưa và bản đồ HRU. Các loại giá trị khí hậu có thể được đọc bởi mô-đun climate_hru là (1) lượng mưa hàng ngày, (2) nhiệt độ không khí tối đa và tối thiểu, (3) thoát hơi nước tiềm năng, (4) bức xạ mặt trời, (5) thoát hơi nước hoạt động và (6) độ ẩm. Các giá trị này được đọc từ các Tập khí hậu theo HRU (CBH) riêng biệt cho từng loại dữ liệu, một tập cho các loại 1, 3, 4, 5 và 6 và hai tập cho loại 2. Tập CBH có định dạng giống với Tập dữ liệu PRMS (Markstrom và các tập khác, 2008, hình A1-1). Bất kỳ sự kết hợp nào của các kiểu dữ liệu này đều có thể được nhập vào mô phỏng. Do đó, có thể sử dụng một đến sáu loại và tối đa bảy tập CBH. Các loại dữ liệu không được chỉ định bằng cách sử dụng Tập CBH, được tính toán và phân phối cho từng HRU bằng cách sử dụng mô-đun phân phối khí hậu đã chọn. Người dùng chọn mô-đun climate_hru bằng cách đặt bất kỳ tham số điều khiển nào temp_module, precip_module, solrad_module, transp_module và et_module và tên đường dẫn liên quan của (các) Tập CBH bằng cách đặt các tham số điều khiển tmin_day, tmax_day, precip_day, swrad_day, transp_day và potet_day tương ứng trong Tập điều khiển.

Quá trình phân phối bức xạ mặt trời

Các mô-đun phân phối bức xạ mặt trời (ddsolrad và ccsolrad) phân phối bức xạ mặt trời cho mỗi HRU. Các mô-đun này bao gồm các thuật toán để ước tính bức xạ mặt trời khi dữ liệu bức xạ mặt trời được đo không có sẵn. Mô-đun climate_hru có thể được sử dụng để nhập bức xạ mặt trời trực tiếp từ một tập. Người dùng phải chọn mô-đun Phân phối bức xạ mặt trời bằng cách đặt tham

số điều khiển solrad_ mô-đun trong Tập điều khiển thành tên mô-đun Phân phối bức xạ mặt trời hợp lệ.

Quá trình thoát hơi nước theo thời gian

Các mô-đun Thời gian thoát hơi nước (transp_frost và transp_tindex) xác định xem thảm thực vật chiếm ưu thế trong mỗi HRU có đang hoạt động hay không. Ngoài ra, các giá trị thoát hơi nước có thể được phân phối trước cho mỗi HRU và đầu vào cho PRMS-IV bằng cách sử dụng mô-đun climate_hru được mô tả trong phần "Quy trình phân phối khí hậu kết hợp" trong báo cáo này. Người dùng phải chọn mô-đun Thời gian thoát hơi nước bằng cách đặt tham số điều khiển transp_module trong Tập điều khiển thành tên mô-đun Thời gian thoát hơi nước hợp lệ.

Quá trình thoát hơi nước tiềm năng

Các mô-đun thoát hơi nước tiềm năng (potet_hamon, potet_jh, potet_hs, potet_pt, potet_penmon và potet_pan) tính toán lượng thoát hơi nước tiềm năng trong HRU. Mô-đun climate_hru có thể được sử dụng để nhập thoát hơi nước tiềm năng trực tiếp từ một tệp. Người dùng phải chọn mô-đun thoát hơi nước tiềm năng bằng cách đặt tham số điều khiển et_module trong Tập điều khiển thành tên mô-đun thoát hơi nước tiềm năng hợp lệ (bảng 2).

Quá trình nước tích đọng

Mô-đun nước tích đọng (intcp) tính toán lượng mưa và tuyết bị chặn bởi thảm thực vật, lượng bốc hơi của mưa và tuyết bị chặn, và lượng mưa thực tế và tuyết rơi đến đất hoặc tuyết. Vì chỉ có một mô-đun để mô phỏng quá trình này, người dùng không chỉ định lựa chọn này trong Tập điều khiển.

Quá trình tuyết

Mô-đun Snow (snowcomp) mô phỏng sự khởi đầu, tích lũy và cạn kiệt của một gói tuyết trên mỗi HRU. Mô-đun này tính toán tuyết tan, độ sâu của gói tuyết, mật độ, tương đương nước lỏng, hàm lượng nước tự do, nhiệt độ gói tuyết, suất phản chiếu và diện tích che phủ của mỗi gói tuyết. Vì chỉ có một mô-đun để mô phỏng quá trình này, người dùng không chỉ định lựa chọn này trong Tập

điều khiển.

Quá trình dòng chảy bề mặt

Các mô-đun Dòng chảy bề mặt (srunoff_smidx và srunoff_carea) phân vùng tuyết tan và lượng mưa thực tế đến bề mặt đất vào đất xâm nhập hoặc xâm nhập, dòng chảy bề mặt dư thừa trên các phần thấm của mỗi HRU. Các mô-đun này cũng tính toán sự bay hơi từ các phần không thấm nước của mỗi HRU. Các mô-đun này cũng tính toán sự bay hơi, dòng chảy và thấm từ lưu trữ trầm cảm bề mặt. Người dùng phải chọn mô-đun Surface Runoff bằng cách đặt tham số điều khiển srunoff_module trong Tập điều khiển thành tên mô-đun Dòng chảy bề mặt hợp lệ.

Quá trình chảy trong đất

Mô-đun chảy trong đất (vùng đất) tính toán lưu trữ và tất cả các dòng chảy vào và ra trong vùng đất cho mỗi HRU. Dòng chảy vào vùng đất bao gồm sự xâm nhập được tính toán bởi mô-đun dòng chảy bề mặt. Dòng chảy ra từ vùng đất bao gồm thoát hơi nước, dòng chảy chậm, dòng chảy ưu tiên và dòng chảy bề mặt dư thừa bão hòa. Lưu trữ tuyệt đối và thay đổi trong lưu trữ vùng đất được tính toán bởi mô-đun này. Người dùng phải chọn mô-đun Soil-Zone bằng cách đặt tham số điều khiển soilzone_module thành soilzone.

Quá trình nước ngầm

Mô-đun Nước ngầm (gwflow) tính toán lưu trữ nước ngầm và tất cả các dòng chảy vào và ra đến và đi từ vùng bão hòa cho mỗi HRU. Dòng chảy vào vùng bão hòa bao gồm quá trình nạp lại được tính toán bởi mô-đun Vùng đất. Dòng chảy ra từ vùng bão hòa bao gồm đóng góp dòng chảy cơ sở vào dòng chảy và dòng chảy ngầm ra khỏi miền mô hình không được tính bởi dòng chảy. Lượng lưu trữ tuyệt đối và những thay đổi trong lưu trữ trong vùng bão hòa cũng được tính toán bởi mô-đun này. Vì chỉ có một mô-đun để mô phỏng quá trình này, người dùng không chỉ định lựa chọn này trong Tập điều khiển.

Quá trình dòng chảy trong suối, sông (Streamflow)

Các mô-đun Streamflow (strmflow, muskingum, strmflow_in_out và

strmflow_lake) tính toán tổng streamflow ra khỏi miền mô hình bằng cách tính tổng các đóng góp cho streamflow được tính toán bởi các mô-đun khác. Những đóng góp này luôn bao gồm dòng chảy cơ sở, dòng chảy sát mặt và dòng chảy bề mặt trực tiếp. Tùy thuộc vào cấu hình mô-đun, chúng cũng có thể bao gồm các thành phần khác của streamflow. Định tuyến luồng rõ ràng có thể hoặc không thể được sử dụng bởi mô-đun Streamflow. Người dùng phải chọn mô-đun Streamflow bằng cách đặt strmflow_module tham số điều khiển trong Tập điều khiển thành tên mô-đun Streamflow hợp lệ.

Trình tự hoạt động PRMS-IV

Quá trình thực hiện mô phỏng PRMS-IV bao gồm một chuỗi 12 giai đoạn như hình 1.6.



Hình 1.6 Trình tự tính toán của PRMS-IV.

Trong đó từng giai đoạn được diễn ra như sau:

1. Mô phỏng bắt đầu bằng cách đọc Tập điều khiển và gán các mô-đun được chỉ định cho các quy trình và tùy chọn tính toán tương ứng của chúng. Nói chung, các mô-đun đã được gán theo cách này được gọi là "Mô-đun hoạt động."

2. PRMS-IV thực hiện chức năng "khai báo" của tất cả các mô-đun hoạt động theo trình tự thích hợp. Bước này phân bổ các mảng và xác định các tham số và biến thực tế được sử dụng trong mô phỏng bởi các mô-đun hoạt động.

3. Giá trị tham số được đọc từ Tập tham số. Nếu các giá trị không được chỉ định cho một tham số trong Tập tham số, các giá trị mặc định sẽ được gán.

4. PRMS-IV thực hiện chức năng "khởi tạo" của tất cả các mô-đun hoạt động theo trình tự thích hợp. Các biến trạng thái và thông lượng cho các mô-đun đang hoạt động được khởi tạo và các giá trị tham số được kiểm tra tính hợp lệ.

5. Vòng lặp bước thời gian bắt đầu chức năng "chạy".

6. Đối với mỗi bước thời gian, các biến đầu vào, có thể bao gồm lượng mưa, nhiệt độ không khí và các giá trị dòng chảy đo được, được đọc từ Tập dữ liệu (đây là Quy trình dữ liệu chuỗi thời gian).

7. PRMS-IV thực hiện tất cả các mô-đun hoạt động theo trình tự thích hợp bắt đầu bằng việc phân phối thông tin khí hậu và năng lượng cho HRU (bao gồm Phân phối nhiệt độ, Phân phối lượng mưa, Phân phối khí hậu kết hợp, Phân phối bức xạ mặt trời, thời gian thoát hơi nước và các quá trình thoát hơi nước tiềm ẩn). Thông tin này được sử dụng để thúc đẩy mô phỏng các quá trình thủy văn được chọn.

8. Các trạng thái và thông lượng HRU trên bề mặt đất được tính toán bởi các mô-đun mô phỏng các quá trình bề mặt (bao gồm Quy trình đánh chặn tán cây, tuyết và dòng chảy bề mặt). Sau đó, các trạng thái và thông lượng HRU còn lại được tính toán bởi các mô-đun mô phỏng các quá trình dưới bề mặt (bao gồm Vùng đất, Quy trình nước ngầm).

9. Các quy trình mạng luồng được tính toán mô phỏng các quy trình

streamflow và lake dynamics (bao gồm Quy trình Streamflow).

10. Sau khi tất cả các tính toán được hoàn thành trong một bước thời gian, kết quả được tóm tắt và ghi vào các tệp đầu ra (Quy trình tóm tắt).

11. Dữ liệu đầu vào cho bước thời gian tiếp theo được đọc và các bước 6–10 được lặp lại cho đến khi hoàn thành bước thời gian cuối cùng.

12. Tất cả các kết quả cuối cùng được ghi và các tệp đầu ra được đóng lại.

Tệp đầu vào và đầu ra

Dữ liệu đầu vào cho mô phỏng PRMS-IV được chỉ định trong một số tệp phải được chuẩn bị trước khi mô phỏng. Tên, vị trí và trong một số trường hợp, định dạng của các tệp này được chỉ định bởi người dùng. Các tệp đầu vào và đầu ra cho mô phỏng PRMS-IV được mô tả dưới đây.

Tệp đầu vào

Ba tệp đầu vào được yêu cầu cho mô phỏng PRMS-IV. Đó là tệp điều khiển, tệp dữ liệu và tệp tham số, loại tệp đầu vào thứ tư là tệp Khí hậu theo HRU (CBH) được yêu cầu nếu mô-đun climate_hru đã được chỉ định cho bất kỳ quy trình nào. Mô tả ngắn gọn về từng tệp đầu vào theo sau, mô tả chi tiết từng tệp đầu vào được cung cấp tại Phụ lục 2.

Tệp điều khiển chứa tất cả các tham số điều khiển mà PRMS-IV sử dụng trong quá trình mô phỏng. Có năm loại tham số điều khiển cơ bản được chỉ định trong tệp này:

(1) những điều liên quan đến thực thi mô hình, (2) những điều liên quan đến đầu vào mô hình, (3) những điều liên quan đến đầu ra mô hình, (4) những điều liên quan đến điều kiện ban đầu và (5) những điều liên quan đến đặc điểm kỹ thuật của các mô-đun đang hoạt động. Cụ thể, Tệp điều khiển được sử dụng để chỉ định tên tệp đầu vào và đầu ra, nội dung của tệp đầu ra, ngày bắt đầu và ngày kết thúc mô phỏng và các mô-đun hoạt động.

Tệp dữ liệu chứa dữ liệu chuỗi thời gian đo được sử dụng trong mô phỏng PRMS-IV. Các dữ liệu đầu vào này có thể bao gồm lượng mưa hàng ngày, nhiệt độ không khí tối đa và tối thiểu, bức xạ mặt trời, bốc hơi, lưu lượng dòng chảy

thực đo, độ ẩm, tốc độ gió và tuyết. Ít nhất một chuỗi thời gian phải được chỉ định. Chuỗi thời gian mưa hàng ngày và nhiệt độ không khí tối đa và tối thiểu là bắt buộc để mô phỏng trừ khi thông tin này được nhập bằng tệp CBH.

Tệp tham số chứa các giá trị của các tham số được chỉ định cho từng mô-đun không thay đổi trong quá trình mô phỏng. Tệp này cũng được sử dụng để chỉ định kích thước của mảng cho các tham số và biến được chỉ định trong cả Tệp tham số và Tệp dữ liệu.

Các tệp CBH chứa chuỗi giá trị thời gian cho mỗi HRU, cho một quy trình cụ thể, được đọc dưới dạng đầu vào trong quá trình mô phỏng.

Tệp đầu ra

Bốn tệp đầu ra có thể được tạo trong mô phỏng PRMS-IV: tệp lượng nước, tệp tham số thống kê, tệp hình họa và tệp kết quả bản đồ.

1.3 Tổng quan lưu vực sông Hiếu.

Sông Hiếu là một nhánh sông lớn của sông Cả nằm ở phía Tây Bắc tỉnh Nghệ An kéo dài từ 19°20' tới 19°50', vĩ độ bắc 104°30' tới 105°20' kinh độ đông. Với diện tích lưu vực 5417.17 km² chiếm 19.6% diện tích lưu vực sông Cả. Phía Bắc và Tây Bắc giáp tỉnh Thanh Hóa, phía Tây giáp nước cộng hòa dân chủ nhân dân Lào, phía Đông giáp đồng bằng duyên yển Quỳnh, phía Nam giáp huyện Anh Sơn và Con Cuông.

Lưu vực bao gồm đất đai các huyện Quế Phong (trừ xã Thông Thụ) Quỳnh Châu, Quỳnh Hợp, Nghĩa Đàn, Tân Kỳ và 3 xã Thanh Sơn, Thọ Sơn, Bình Sơn của huyện Anh Sơn và 7 xã Thanh Quân, Thanh Phong, Thanh Lâm, Xuân Bình, Hoa Quý, Cát Vân, Yên Lễ thuộc huyện Như Xuân tỉnh Thanh Hóa (Bảng 2.1).

Bảng 2.1 Diện tích các huyện lưu vực sông Hiếu

Tên huyện	Diện tích
Quế Phong	1445.4 km ²
Quỳ Châu	1075.1 km ²
Quỳ Hợp	987.97 km ²
Nghĩa Đàn	712.39 km ²
Tân Kỳ	708.60 km ²
Anh Sơn	90.06 km ²
Như Xuân	397.65 km ²
Tổng:	5417.17 km²

(Nguồn: *Quy hoạch tưới và cấp nước sông Hiếu tỉnh Nghệ An*)

Diện tích lưu vực phần lớn là đồi núi, địa hình ở đây có hướng dốc dần từ Tây Bắc xuống Đông Nam. Phía Tây và Tây Bắc đường phân thủy đi trên độ cao 1000m. Vùng biên giới Việt Lào là dãy núi cao trên 1100m có đỉnh Po loan 1570m, pucô cao 1124m.

Về phía Nam, Tây Nam độ cao của các dãy núi giảm dần chỉ đạt (500m–600m) như các đỉnh núi thuộc phân lưu dòng chính sông Cả và sông Hiếu. Phía đông là vùng đồi có độ cao (100m-200m).

Trong lưu vực có những dãy núi cao đặc biệt là đỉnh Bù Khang cao 1585m, chia lưu vực làm 2 phần. Phần từ Quỳ Châu trở lên có dạng hình lòng chảo, ở giữa là các thung lũng, xung quanh bao bọc bởi các núi cao. Phần hạ lưu có dạng hình chữ U hướng về phía Nam. Ngoài những dãy núi bao quanh và ở trong lòng lưu vực, sông Hiếu còn chịu ảnh hưởng của các dãy núi lớn phía Bắc, có hướng Tây Bắc-Đông Nam kéo dài ra tận biển phân cách vùng đồng bằng Thanh Hóa-Nghệ An ngăn gió mùa Đông Bắc tràn xuống lưu vực.

Toàn bộ lưu vực có độ cao trung bình 303m thung lũng sông tương đối rộng đất bằng sen lẫn đồi núi dạng bát úp. Đồng bằng ở đây thoải, có độ dốc khoảng (10°-12°). Từ Bản Mòng trở xuống thung lũng sông trải rộng, nhất là vị trí phả Sen sau đó lưu vực thu hẹp dần tới cửa sông. Do địa hình chia cắt như vậy nên trong

phạm vi nhỏ, đặc điểm khí hậu cũng có sự khác biệt dẫn tới chế độ thủy văn cũng khác nhau.

Dãy Trường Sơn Bắc ở phía Tây Nam ngăn hướng gió mùa Tây Nam tràn vào lưu vực trong mùa hè là nguyên nhân gây nên gió Lào. Chính dãy núi này làm cho vô số lượng mưa ít trong cả 2 mùa

Đất của các huyện Quế Phong, Quỳnh Châu phần lớn là peralitich, phát triển trên đá mẹ sa điệp thạch, ở độ cao (300-700)m có tầng dày (0.5-1.0)m. Đất có độ phì lớn, độ ẩm cao, màu vàng và vàng nhạt. Ở vùng đồi có độ cao dưới 300m là loại peralite có tầng canh tác dày 0.5m. Vùng ven sông và ven các khe suối là đất phù sa dốc tụ, màu đen thích hợp với việc trồng cây lúa nước. Đất này thường hay bị lầy thụt.

Vùng Quỳnh Hợp và nông trường 3 tháng 2 thổ nhưỡng chính là peralitic màu vàng đỏ trên đá sét, vùng thị trấn Quỳnh Hợp là peralitic đỏ nâu trên sản phẩm phong hóa của đá vôi, vùng Tam-Đồng-Hợp là peralitic màu vàng trên phù sa cổ. Ven sông Dinh là đất phù sa mới được bồi đắp, còn lại đại bộ phận đất đảo luyện Quỳnh Hợp là peralitic đồi núi màu vàng nhạt, vàng đỏ.

Vùng hạ sông Hiếu: bao gồm đất đai của huyện Nghĩa Đàn, Tân Kỳ, 3 xã của Anh Sơn thành phần thổ nhưỡng rất phong phú.

Khu nông trường Tây Hiếu, Nghĩa Khánh, Nghĩa Đức, Nghĩa An chủ yếu là đất Bazan có tầng phủ dày trên 1.0m, độ rỗng trên 60%.

Vùng nông trường 1 tháng 5 và các xã Nghĩa Trung, Nghĩa Hội, Nghĩa Thọ, Nghĩa Thuận, Nghĩa Long, Nghĩa Lộc vùng này dưới cao trình 70m là đất dốc tụ có kết cấu chặt chẽ. Trên cao trình 70m có hai loại đất Bazan và peralitic màu nâu đỏ, trên sản phẩm phong phú của đá vôi.

Nông trường Đông Hiếu là đất Bazan có tầng canh tác dày trên 1.0cm. Nông trường 19 tháng 5 chủ yếu là peralitic vàng đỏ trên đá sét và có một ít Bazan. Nông trường cờ đỏ đất chủ yếu là peralitic vàng đỏ trên đá sét, có tầng canh tác dày 0.5m và một phần đất Bazan.

Vùng Tân Kỳ: ven sông là đất phù sa, nông trường sông con thổ nhưỡng chính peralitic nâu vàng trên phù sa cổ rất thích hợp với việc cây trồng lâu năm, vùng giáp Anh Sơn là peralitic vàng đỏ trên đá sét có tầng canh tác dày 0.5cm.

Thảm phủ thực vật

Rừng ở sông Hiếu nằm rải rác khắp lưu vực. Song phần lớn rừng còn hiện nay tập trung ở các huyện Quế Châu, Quỳnh Châu, Quỳnh Hợp. Diện tích rừng che phủ trong lưu vực ngày càng bị giảm nhanh đến năm 1994 còn 34%, do tốc độ phát triển dân số cao, cùng với tập quán thâm canh cùng với di cư của đồng bào các dân tộc. Hơn nữa các lâm trường của Nhà nước đóng trên địa bàn hàng năm khai thác một lượng gỗ lớn. Song việc trồng rừng tái sinh không được mấy đã làm cho diện tích đất trồng, đồi trọc ngày càng tăng. Trong những năm vừa qua tốc độ rừng giảm 5% năm khoảng (1.200ha/năm). Tuy diện tích rừng ở đây giảm nhiều nhưng so với diện tích đất có rừng ở các địa phương khác trong toàn quốc, lưu vực vẫn thuộc vùng có lớp phủ bề mặt cao. Song diện tích đất trồng ngày càng nhiều. Trong tương lai tiềm năng phát triển rừng trên lưu vực sông Hiếu còn rất lớn, trong số 180 ngàn ha đất trồng đồi trọc có 125 ngàn ha cần khoanh nuôi khôi phục và trồng mới. Để khắc phục tình trạng suy giảm diện tích rừng lưu vực, cần đẩy mạnh phát triển đồng bộ các ngành kinh tế xã hội, đầu tư kết cấu hạ tầng. Đồng thời cần phải thay đổi tập quán du canh, du cư bằng kinh tế rừng, làm thủy lợi đảm bảo yêu cầu tưới ổn định, hạn chế việc phá rừng.

Dòng chảy năm

Lưu vực có lượng mưa năm trung bình đạt: từ (2000 – 2200) mm. Dòng chảy năm bình quân nhiều năm trên lưu vực 169 m³/s, tương ứng với tổng lượng 5.33x10⁹ m³/năm, ứng với mô số dòng chảy: 31.61 l/s/km².

Ở đây sự phân phối dòng chảy trong lưu vực không đều, phụ thuộc vào đặc điểm địa hình và mưa. Vùng thượng nguồn mô số dòng chảy trung bình nhiều năm đạt 39.61 l/s/km³, với lưu lượng mưa bình quân đạt (2.100-2.200) mm.

Ở trung hạ lưu lượng chỉ đạt: 1.500 đến 1.600 mm. Dòng chảy khu giữa từ Nghĩa Khánh đến Quỳnh Châu chỉ đạt 51.4 m³/s, với mô số 24.9 l/s/km², tổng lượng dòng chảy 1.62x10⁹ m³.

Các lưu vực nhỏ có mô số dòng chảy bé. Khe lá 23.0 l/s/km². Sông Sào 22 l/s/km². Nhìn chung đây là lưu vực dồi dào về nguồn nước. Tuy diện tích lưu vực chỉ chiếm 23.2% diện tích lưu vực sông Cả (tính tới Yên Thượng) nhưng dòng chảy năm của nó chiếm 33.3% dòng chảy của sông Cả.

Dòng chảy mùa kiệt

Mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4, lưu lượng giảm dần từ tháng 12 và đạt cực tiểu vào tháng 3,4. Tại Nghĩa Khánh lưu lượng nhỏ nhất còn xảy ra vào tháng 8 chiếm tỷ lệ 5.9%. Dòng chảy kiệt ở những lưu vực lớn khá dồi dào, nhưng ở lưu vực nhỏ dòng chảy tháng kiệt chỉ 6.5 l/s/km².

Nguồn nước mùa cạn trên lưu vực nhỏ biến đổi khá mạnh, tại Qùy Châu hệ số biến đổi C_v của tháng 2 là 0.57, tháng 3 là 0.49 tháng 4 là 0.37. Tổng lượng nước ứng với tần suất 75% vào tháng 7 là 52.5×10^6 m³. Tháng 4 tại Qùy Châu đạt 58.3×10^6 m³.

Dòng chảy kiệt nhỏ nhất quan trắc được trên dòng chính sông Hiếu tại Nghĩa Đàn 11.5 m³/s. Tương ứng với mô số 2.9 l/s/km². Tại Nghĩa Khánh 17.8 m³/s tương ứng với mô số 4.42 l/s/km². Tính chất khô hạn ở đây thể hiện ở sự xuất hiện dòng chảy bình quân 10 ngày nhỏ nhất vào tháng 4,5 là thời kỳ cần nước cho sinh hoạt, canh tác và chăn nuôi.

Dòng chảy lũ

Do hoạt động của các loại hình thể thời tiết gây mưa, đặc biệt là bão hoặc áp thấp nhiệt đới, gây ở diện tích rộng cho toàn vùng Bắc Trung Bộ là ảnh hưởng mạnh tới lưu vực sông Hiếu. Ở đây lũ lớn xảy ra hàng năm, tại thượng nguồn trong các tháng 8, tháng 9 chiếm tỷ lệ cao hơn so với Nghĩa Khánh. Số trận lũ lớn vào tháng 11 ở Qùy Châu ít hơn Nghĩa Khánh.

Nhiệt độ

Nhân tố hoàn lưu cùng với điều kiện địa hình lưu vực, làm cho chế độ khí hậu lưu vực có những đặc điểm riêng biệt. Nhiệt độ trung bình tại Qùy Châu 23.2° C, tháng có nhiệt độ thấp nhất 16.9° C.

Nhiệt độ thấp nhất ở Qùy Châu là 0.4°C ngày 30/11/1973 và -0.2°C ngày 30/12/1975 ở Tây Hiếu, 5°C ngày 2/1/1974. Ở Đô Lương và Vinh 4°C tháng 12/1914. Nhiệt độ trung bình tối cao xảy ra vào tháng 7 đạt 34°C ở Qùy Châu, 34,1°C ở Tây Hiếu. Cao nhất tuyệt đối đo được 41.3°C ngày 12/1/1966 ở Qùy Châu, 41.6°C ở Tây Hiếu, 41.1°C ở Đô Lương ngày 13/5/1966 và 41.2°C ở Vinh tháng 6/1912

Độ ẩm

Độ ẩm tương đối trung bình nhiều năm đạt 86.6% ở Quỳnh Châu, 85.9% ở Tây Hiếu, 84% ở Quỳnh Hợp.

Độ ẩm tương đối thấp nhất xảy ra vào tháng 6,7, theo số liệu đo được 17% ngày 19/6/1969 ở Quỳnh Châu và 16% ngày 15/7/1981 ở Quỳnh Hợp.

Bốc hơi

Bốc hơi trung bình nhiều năm đo bằng piche đạt 695 mm ở Quỳnh Châu, 88 mm ở Tây Hiếu, 945 mm ở Quỳnh Hợp. Tháng có bốc hơi piche nhất là tháng 2 đạt : 40.2 mm ở Quỳnh Châu, 37.6 mm ở Tây Hiếu, 29.4 mm ở Vinh.

Bốc hơi lớn nhất xảy ra vào tháng 7 đạt 77.4 mm ở Quỳnh Châu, 120 mm ở Quỳnh Hợp, 114 mm ở Tây Hiếu, 174 mm ở Vinh.

Khả năng bốc hơi xảy ra lớn ở các trạm gần ven biển. Những vùng nui cao khuất gió như Quỳnh Châu với tốc độ gió trung bình năm nhỏ lượng bốc hơi giảm rõ rệt.

Chế độ mưa

Do điều kiện địa hình, chế độ khí hậu như nhiệt độ, độ ẩm, bốc hơi, gió, có liên quan tới chế độ mưa ở vùng. Lượng mưa ở vùng thung lũng hạ sông Hiếu đạt (1.500- 1.600)mm. Vùng núi cao của huyện Quế Phong đạt (2.100-2.400)mm. Số ngày mưa trong lưu vực đạt bình quân 143 ngày trong một năm. So với các vùng khác ở đây có lượng mưa tương đối ít. Do sự chuyển tiếp khí hậu phía Bắc mùa mưa ở đây bắt đầu sớm, có xu hướng kéo dài ở phần hạ lưu và phía Đông Nam của lưu vực. Mùa mưa ở đất bắt đầu từ tháng 5 và kết thúc vào tháng 10, lượng mưa chiếm tỷ lệ trung bình 86% lượng mưa năm. Mùa khô chỉ chiếm 14% lượng mưa năm. Ba tháng từ tháng 1 đến tháng 3 tổng lượng mưa trung bình chiếm 4.1% lượng mưa năm.

CHƯƠNG II – SỐ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Thu thập, xử lý số liệu KTTV lưu vực sông Hiếu;

2.1.1. Thu thập số liệu KTTV, địa hình.

Dữ liệu đầu vào.

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

Các bản đồ thường được dùng để tính toán bao gồm:

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

Dữ liệu thuộc tính bao gồm:

- Vị trí địa lý các trạm đo trên lưu vực.
- Số liệu thủy văn bao gồm lượng mưa trung bình ngày và lưu lượng trung bình ngày.

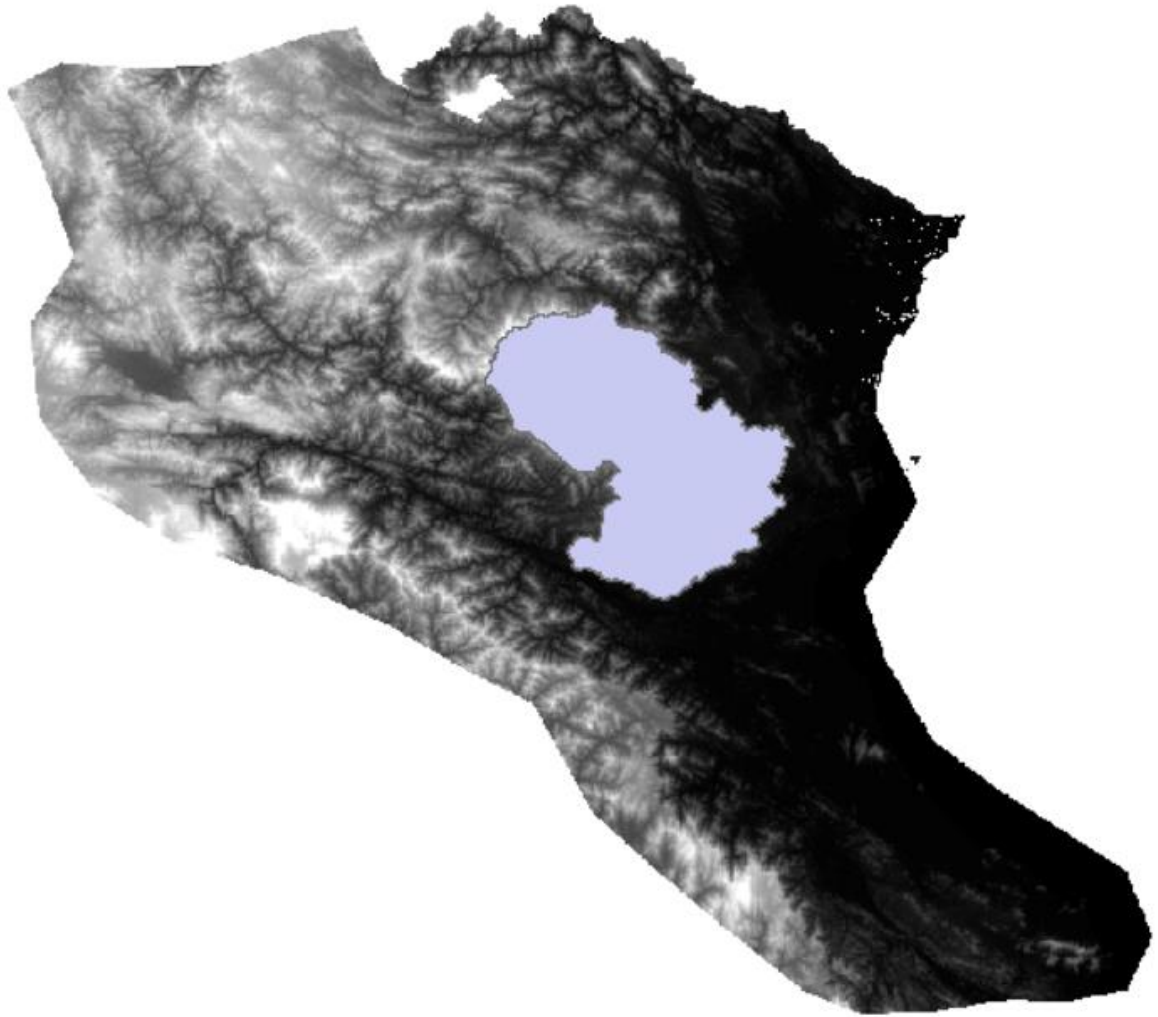
Số liệu khí tượng và thủy văn được lấy từ Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn bao gồm số liệu mưa ngày từ năm (1996-2015) và số liệu lưu lượng nước trung bình ngày từ năm (1995-2016)

Bản đồ địa hình được đưa vào dưới dạng DEM, còn bản đồ sử dụng đất và loại đất được đưa vào mô hình dưới dạng shape file.

2.1.2. Phân tích, xử lý dữ liệu.

Dữ liệu địa hình.

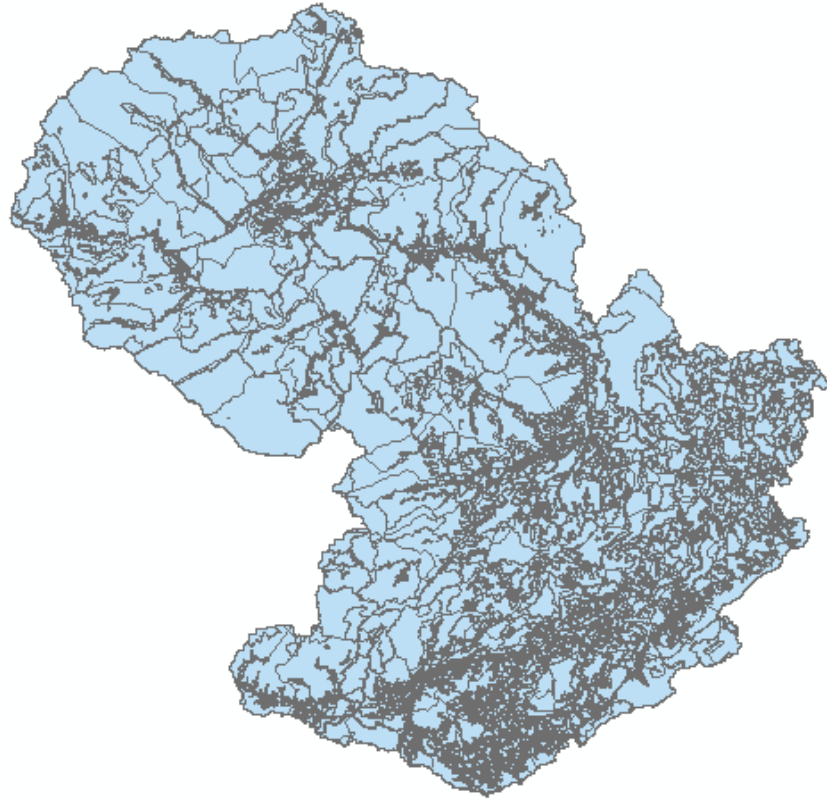
Dữ liệu địa hình của lưu vực sông Hiếu được tải về từ trang <http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/> dưới dạng mô hình độ cao số (DEM) với độ phân giải không gian 30m và được đưa vào Arc GIS để xử lý sao cho bản đồ DEM bao trùm ranh giới lưu vực sông Hiếu. Đồng thời, dữ liệu DEM đã được hiệu chỉnh về hệ tọa độ UTM WGS84 48N (Hình 2.1).



Hình 2.1: Bản đồ DEM bao trùm lưu vực sông Hiếu

Dữ liệu sử dụng đất.

Bản đồ sử dụng đất (Land use) 2015 được cung cấp bởi dự án: Quản lý thiên tai Việt Nam (VN-Haz/W85), gói thầu C1 – C1: “Đánh giá rủi ro chuyên sâu cho 8 lưu vực sông và lập kế hoạch phòng chống thiên tai cho 10 tỉnh vùng dự án” được đưa vào PRMS dưới dạng polygon như hình 2.2.



Hình 2.2: Bản đồ sử dụng đất (land use) lưu vực sông Hiếu 2015

Bản đồ sử dụng đất lưu vực sông Hiếu với 12 loại đất khác nhau được chia theo bảng mã sử dụng đất như bảng 2.2:

Bảng 2.2 Các loại hình sử dụng đất trên lưu vực sông Hiếu

STT	Tên	Kí hiệu	Tên Việt Nam	Diện tích (ha)	Diện tích (%)
1	Row Crops	AGRR	Cây trồng đất nông nghiệp	47058.3	9.7
2	Urban residential land	UDRN	Đất ở tại thành thị	87.8	0.0
3	Urban Industrial	UIDU	Khung công nghiệp đô thị	2485.4	0.5
4	Forest-Evergreen	FRSE	Rừng thường xanh	231376.2	47.5
5	Forest-Deciduous	FRSD	Rừng rụng lá	65615.5	13.5
6	Forest-Mixed	FRST	Hỗn hợp rừng	42881.0	8.8
7	Residential-Low Density	URLD	Đất ở tại nông thôn	38908.1	8.0

STT	Tên	Kí hiệu	Tên Việt Nam	Diện tích (ha)	Diện tích (%)
8	RICE	RICE	Đất trồng lúa	20832.7	4.3
9	Water	WATR	Nước	8014.7	1.6
10	Urban Transportation	UTRN	Giao thông đô thị	703.4	0.1
11	Urban Institutional	UINS	Thế chế đô thị	22588.2	4.6
12	Range Shrubland	RNGB	Phạm vi Shrubland	6997.0	1.4

Dữ liệu thổ nhưỡng.

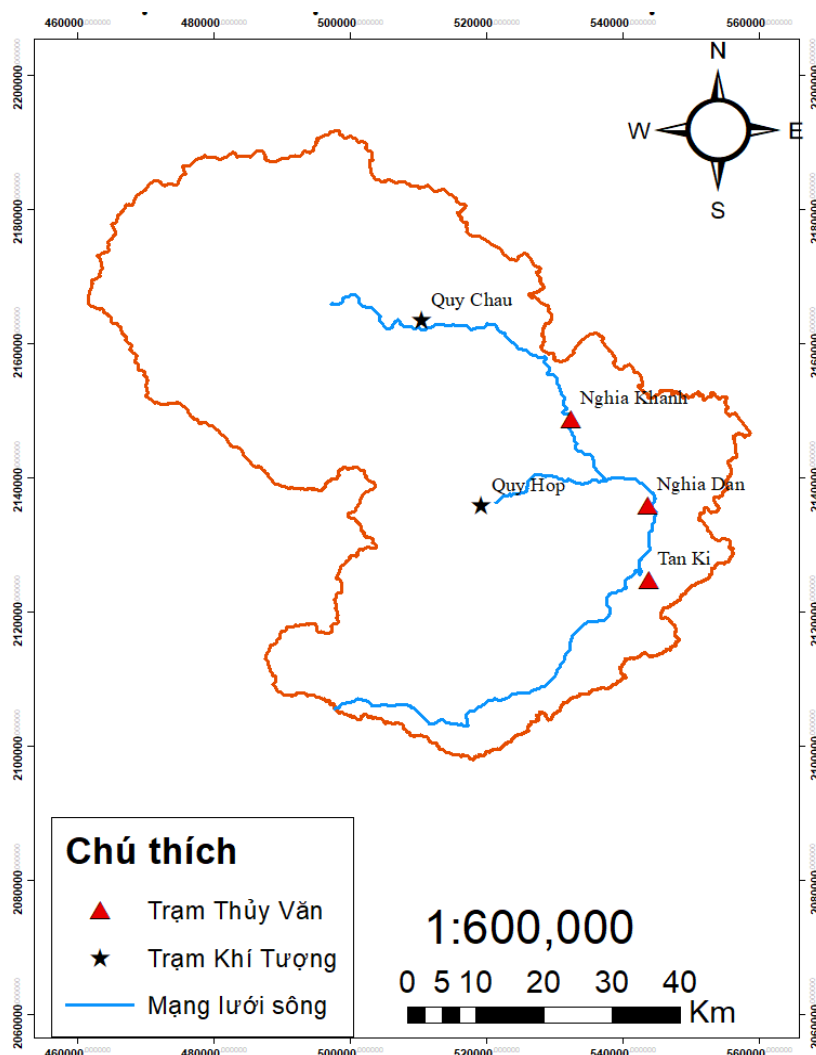


soilmap_hieu								
FID	Shape *	OBJECTID	gid	domsoil	faosoil	Type	Shape_Leng	Shape_Area
0	Polygon	1	58	Ao	Ao90-2/3c	Orthic Acrisols within 90cm, medium and fine textured, steeply dissected to mountainous	2.26186	0.058197
1	Polygon	2	76	l	l-Lc-Bk-c	Lithosols, Chromic Luvisols and Calcic Cambisols, steeply dissected to mountainous	0.865414	0.046628
2	Polygon	3	77	Af	Af60-1/2ab	Ferric Acrisols within 60cm, coarse and medium textured, level to gently undulating and rolling to hilly	1.387743	0.027226
3	Polygon	4	230	Ao	Ao107-2bc	Orthic Acrisols within 107cm, medium textured, rolling to hilly and steeply dissected to mountainous	4.800273	0.289418

Hình 2.3: Bản đồ loại đất lưu vực sông Hiếu

Dữ liệu bản đồ thổ nhưỡng trên lãnh thổ Việt Nam là dữ liệu về lớp phủ vật chất trên bề mặt lãnh thổ được tham chiếu hệ tọa độ WGS 84. Dữ liệu bao gồm các thuộc tính như: mã loại đất được phân chia theo FAO, loại đất. Dữ liệu được tham chiếu phân loại đất theo thể giới của FAO. Dữ liệu được lấy từ <https://opendata.vn/dataset/tho-nhuong-be-mat-lanh-tho-viet-nam/resource/1635a1be-7d97-4939-a4c9-8bd203fe6eec> đưa vào PRMS để xây dựng bản đồ phân loại đất (Hình 2.3).

Dữ liệu thời tiết.



Hình 2.4 Bản đồ trạm đo mưa lưu vực sông Hiếu

Khí hậu của lưu vực cung cấp năng lượng, độ ẩm và xác định tầm quan trọng tương đối của các thành phần trong chu trình thủy văn. Dữ liệu thời tiết cần thiết

bao gồm lượng mưa ngày, nhiệt độ không khí trong ngày lớn nhất; nhỏ nhất, bức xạ mặt trời, tốc độ gió và độ ẩm tương đối. Ở nghiên cứu này, độ ẩm, nhiệt độ, gió, độ ẩm tương đối, hệ số nắng được đưa vào mô hình dưới dạng mô phỏng.

Ở nghiên cứu này dữ liệu thực đo mưa được cung cấp bởi Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn gồm 4 trạm thủy văn (trạm Quỳnh Châu, trạm Quỳnh Hợp, trạm Nghĩa Khánh, trạm Nghĩa Đàn). Số liệu được cung cấp trong giai đoạn 1995-2015.

Dữ liệu dòng chảy thực đo.

Dữ liệu lưu lượng dòng chảy thực đo được cung cấp bởi Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, và được sử dụng để đánh giá kết quả mô phỏng dòng chảy của mô hình PRMS. Trạm thủy văn Quỳnh Châu nằm trên đoạn sông chính của sông Hiếu với kinh độ (105.117) và vĩ độ (19.567) là trạm cấp 1 với yếu tố đo đạc chính là mực nước và lưu lượng dòng chảy.

2.2 Nghiên cứu ứng dụng PRMS mô phỏng dòng chảy lưu vực sông Hiếu.

Do tình hình lưu vực sông Hiếu có các thông số trên bề mặt thay đổi cả về không gian và thời gian, cần phải thiết lập các mô-đun cho phù hợp.

PRMS có các mô-đun để áp dụng như sau:

Mô-đun điều khiển tính toán: call_modules

Mô-đun điều khiển tính toán (call_modules) xác định trình tự tính toán và các mô-đun PRMS-IV đang hoạt động và đặt cờ và kích thước mô phỏng. Mô-đun này ghi danh sách các mô-đun đang hoạt động vào màn hình của người dùng. Đầu vào cho Mô-đun điều khiển tính toán được đọc từ Tập điều khiển.

Mô-đun lưu vực: Basin

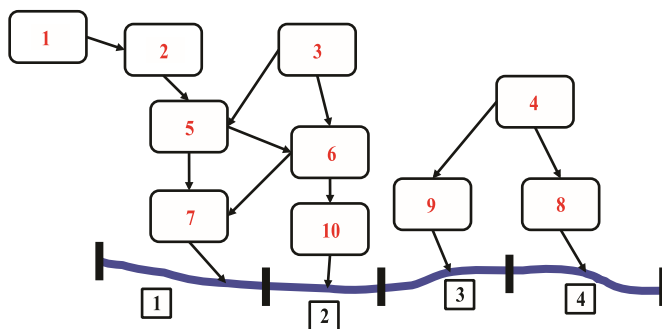
Mô-đun lưu vực (lưu vực) khai báo và tính toán các biến miền. Mô-đun này được thực thi trước vòng lặp bước thời gian của mô phỏng. Mô-đun kiểm tra tính nhất quán trong các tham số đầu vào và tính toán và khởi tạo các biến nội bộ miền, làm cho chúng có sẵn cho các mô-đun PRMS-IV khác. Ví dụ về các biến nội bộ được tính toán bởi Mô-đun lưu vực bao gồm các khu vực của mỗi HRU không thấm nước và không thấm nước.

Mô-đun dòng chảy tầng: cascade

Mô-đun dòng chảy tầng (tầng) cung cấp quy trình dòng chảy theo tầng tùy chọn để định tuyến các dòng chảy được tính toán từ HRU lên dốc xuống dốc và bề chứa nước ngầm (GWR). Mô-đun này cho phép định tuyến dòng chảy giữa các đơn vị không gian được phân định trên cơ sở thay đổi địa hình, sử dụng đất, khí hậu, tính chất đất và các đơn vị địa chất để tính đến những thay đổi trong phản ứng thủy văn, thời gian và mô hình thoát nước khi nước di chuyển từ phần dốc lên xuống của lưu vực sông.

Mỗi đường dẫn dòng chảy được chỉ định bằng cách bắt đầu từ điểm dốc cao nhất và đi qua dốc xuống để kết thúc trong một đoạn suối, hồ HRU hoặc swale HRU. Các đường dẫn dòng chảy khác nhau có thể được chỉ định cho nước mặt (dựa trên HRU) và nước ngầm (dựa trên GWR); Tuy nhiên, các đường dẫn dòng chảy ngầm phải kết thúc trong một đoạn suối.

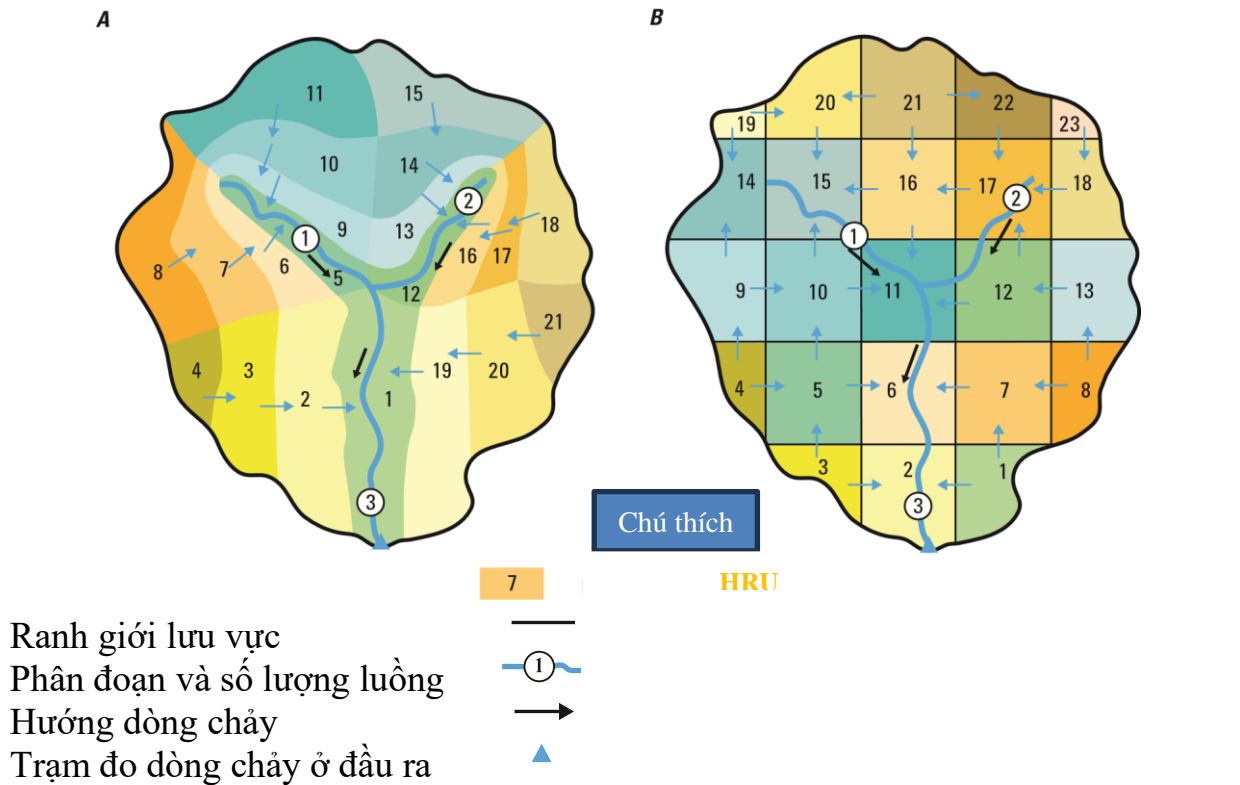
Quá trình dòng chảy tầng cho phép các đường dẫn phức tạp, bao gồm định tuyến dòng chảy đến nhiều HRU xung quanh. Hình 2.5 cho thấy mô hình định tuyến giữa 10 HRU và 4 đoạn suối để minh họa cách dòng chảy có thể được định tuyến từ HRU đến HRU và sau đó đến mạng luồng dọc theo các con đường khác nhau.



Hình 2.5 Ví dụ kết nối Đơn vị phản ứng Thủy văn (HRU) với một đoạn sông. HRU được đánh số từ 1 đến 10 và đoạn suối từ 1 đến 4.

Nếu HRU được rời rạc chỉ dựa trên địa hình, kết nối sẽ là định tuyến một-một. Tuy nhiên, nếu HRU được phân biệt trên cơ sở các yếu tố khác, chẳng hạn như dải độ cao, lưới thông thường hoặc mô hình sử dụng đất, thì có thể sử dụng định tuyến nhiều-nhiều để định tuyến dòng chảy xếp tầng trên cơ sở phần diện tích trong HRU hoặc GWR dốc lên đóng góp dòng chảy cho từng đoạn dốc HRU, GWR hoặc đoạn suối (hình 1-2). Một giả định của quy trình xếp tầng là dòng chảy

được định tuyến từ/đến các HRU, GWR và các đoạn luồng liên kê; Tuy nhiên, người dùng có thể chỉ định bất kỳ liên kết tầng nào có giá trị thủy văn.



Hình 2.6 Dòng chảy tầng của dòng chảy bề mặt và dòng chảy sát mặt giữa các đơn vị phản ứng thủy văn và các đoạn suối. Dòng chảy xếp tầng được mô tả từ 1, cấu trúc liên kết, khí hậu và thảm thực vật; và B, một lưới chên lệch hữu hạn (từ Markstrom và những người khác, 2008) [9].

Mô-đun bảng năng lượng mặt trời: soltab

Các bảng bao gồm các ước tính hàng ngày về tiềm năng (bầu trời quang đãng) bức xạ mặt trời sóng ngắn (soltab_potsw) cho mỗi HRU được tính toán trên cơ sở giờ giữa mặt trời mọc và mặt trời lặn (sotab_sunhrs) cho mỗi ngày trong năm cho mỗi HRU trong soltab mô-đun. Bức xạ mặt trời sóng ngắn tiềm năng cũng được tính cho mỗi ngày trong năm cho một mặt phẳng nằm ngang ở bề mặt tâm của miền.

Ước tính độ nghiêng hàng ngày được tính từ (Meeus, 1999):

$$E = -I [EC \times \cos(Jd - 3) \times \text{rad}] \quad (1-1)$$

Trong đó:

E là độ nghiêng của độ hoàng đạo, góc của Mặt trời;
 EC là độ lệch tâm của quỹ đạo Trái đất (xấp xỉ 0,01671), radian;
 Jd là ngày của số năm (3 được trừ vào số ngày vì ngày mặt trời trong năm bắt đầu vào Ngày 29 tháng Chạp), ngày; và Rad là tốc độ quay vòng của Trái đất (xấp xỉ 0,0172), radian mỗi ngày.

Mô-đun dữ liệu chuỗi thời gian: obs

Mô-đun dữ liệu chuỗi thời gian (obs) đọc các biến chuỗi thời gian từ Tập dữ liệu, làm cho chúng có sẵn để nhập vào các mô-đun khác và xuất ra Biểu thống kê và Tập hình họa.

Các phép đo khí tượng về lượng mưa (lượng mưa), nhiệt độ không khí (tmax và tmin), bốc hơi (pan_evap) và bức xạ mặt trời tiềm năng (solrad) được phân phối cho mỗi HRU bởi các mô-đun khác. Nếu solrad không được chỉ định trong Tập dữ liệu, một giá trị được ước tính cho mỗi ngày trong năm cho mỗi HRU (soltab_potsw) bằng mô-đun Bảng năng lượng mặt trời (soltab).

Mô-đun nhiệt độ

Nhiệt độ không khí được sử dụng trong tính toán bay hơi, thoát hơi nước, thoát hơi và tuyết tan cho mỗi HRU. Mô-đun phân phối nhiệt độ tính toán và phân phối nhiệt độ không khí tối đa, tối thiểu và trung bình theo độ C và độ F cho mỗi HRU cho mỗi bước thời gian.

Các mô-đun xyz_dist và ide_dist cung cấp hai thuật toán phân phối nhiệt độ bổ sung.

Độ cao của mỗi trạm đo nhiệt độ không khí có thể được chỉ định bằng feet hoặc mét (đặt thông số elev_ đơn vị thành 0 đối với feet và 1 đối với mét). Hệ số tỷ lệ mất hiệu lực hàng tháng phải được biểu thị bằng đơn vị phù hợp với đơn vị nhiệt độ và độ cao quy định.

Mô-đun lượng mưa

Mô-đun phân phối lượng mưa xác định hình thức (mưa, tuyết hoặc hỗn hợp) và phân phối lượng mưa cho mỗi HRU với mỗi bước thời gian. Lượng mưa đo được có thể được nhập bằng đơn vị inch hoặc milimét (thông số precip_units: 0 cho inch, 1 cho milimét). Kết quả được tính bằng đơn vị inch. Ba mô-đun phân

phối lượng mưa có trong PRMS-IV là `precip_1sta`, `precip_laps` và `precip_dist2`. Các mô-đun `xyz_dist` và `ide_dist` cung cấp hai thuật toán phân phối lượng mưa bổ sung.

Các mô-đun khí hậu kết hợp

Các mô-đun `ide_dist` và `xyz_dist` phân phối nhiệt độ và lượng mưa tối đa và tối thiểu cho mỗi nhân tố. Khi một trong hai mô-đun này được chọn cho Mô-đun phân phối nhiệt độ, nó cũng phải được chọn cho Mô-đun phân phối lượng mưa.

`xyz_dist`

Mô-đun `xyz_dist` sử dụng hồi quy ba chiều, đa tuyến tính dựa trên kinh độ, vĩ độ và độ cao để phân phối dữ liệu nhiệt độ và lượng mưa từ hai hoặc nhiều trạm đo hoặc từ kết quả tại các ô lưới của mô hình khí quyển (Hay và những người khác, 2000; Hay và Clark, 2003).

`ide_dist`

`ide_dist` mô-đun có thể được sử dụng khi dữ liệu từ ba hoặc nhiều trạm đo có sẵn để tính toán và phân phối lượng mưa và nhiệt độ. Mô-đun sử dụng kết hợp trọng số Khoảng cách nghịch đảo và Độ cao (IDE) để nội suy dữ liệu trạm nhiệt độ tối đa và tối thiểu cho mỗi HRU. Phương pháp IDE được phát triển để sử dụng khi có đủ vùng phủ sóng trạm trong miền tính. Nếu có một phần đáng kể của miền tính không có dữ liệu trạm đo được, thì một mô-đun thay thế có thể phù hợp hơn. Mô-đun `ide_dist` xác định hai trạm khí hậu gần nhất có độ cao trên và dưới độ cao của HRU nhất định và nội suy tuyến tính các giá trị khí hậu (*precip_elev*, *tmax_elev* và *tmin_elev*) cho HRU trên cơ sở dữ liệu từ hai trạm này. Nội suy này chỉ được thực hiện theo hướng dọc. Dữ liệu trạm được sắp xếp theo độ cao và đường trung bình động ba trạm được tính cho mỗi trạm trong số hai trạm giới hạn. Nếu độ cao HRU không nằm trong phạm vi độ cao của trạm khí hậu, thì trung bình ba trạm thấp nhất và cao nhất cho lưu vực sông được sử dụng để ước tính các giá trị khí hậu. Tập hợp các trạm được sử dụng trong mô phỏng được chỉ định bằng cách sử dụng các **tham số** `psta_nuse` và `tsta_nuse`.

Các trạm có giá trị ngoài hai độ lệch chuẩn so với giá trị trung bình cho một

bước thời gian không được bao gồm trong tính toán. Nếu ba trạm trở xuống có giá trị hợp lệ, các giá trị khí hậu sẽ được tính từ giá trị trung bình hàng tháng của trạm (các thông số **psta_month_ppt** cho lượng mưa và **tsta_month_max** và **tsta_month_min** cho nhiệt độ không khí tối đa và tối thiểu, tương ứng). Để tránh các giá trị nhiệt độ không thực tế, độ dốc sẽ không vượt quá tốc độ mất đoạn nhiệt khô (giảm liên tục 2,4 ° C trên 1.000 mét đạt được) khi ngoại suy.

Mô-đun khí hậu cho HRU: climate_hru

Mô-đun phân phối khí hậu theo HRU (CBH) (climate_hru) cung cấp một phương pháp để nhập chuỗi thời gian của các giá trị khí hậu lịch sử, hiện tại và dự kiến, được phân phối trước cho mỗi HRU. Mô-đun này mở rộng đầu vào của các tác động khí hậu từ các phương pháp tính toán và phân phối có sẵn trong PRMS-IV để bao gồm việc sử dụng bất kỳ phương pháp tính toán và phân phối khí hậu nào do người dùng xác định bên ngoài mô phỏng PRMS-IV. Sử dụng Mô-đun phân phối CBH cung cấp một phương pháp thuận tiện để điều tra một loạt các kịch bản biến đổi khí hậu tiềm năng và tác động đến tài nguyên nước.

Bây giờ giá trị khí hậu có thể được chỉ định: (1) lượng mưa, (2) nhiệt độ không khí tối đa và tối thiểu, (3) thoát hơi nước tiềm năng, (4) bức xạ mặt trời, (5) thoát hơi nước hoạt động, (6) tốc độ gió và (7) độ ẩm tương đối. Các giá trị này được đọc từ các tệp CBH riêng biệt cho từng loại dữ liệu, một tệp cho các loại 1, 3, 4, 5, 6 và 7 và hai cho loại 2.

Mô-đun bức xạ mặt trời

Tính toán bức xạ sóng ngắn hàng ngày (*swrad*) cho mỗi HRU được ước tính bằng cách sử dụng một trong ba phương pháp. Mô-đun đầu tiên, *ddsolrad*, là một sửa đổi của phương pháp độ-ngày được mô tả bởi Leaf và Brink (1973). Thứ hai, mô-đun *ccsolrad*, sử dụng (1) mối quan hệ giữa độ che phủ bầu trời và phạm vi hàng ngày về nhiệt độ không khí và (2) mối quan hệ giữa bức xạ mặt trời và độ che phủ của bầu trời. Tùy chọn thứ ba là nhập các giá trị bức xạ mặt trời đã được phân phối trước cho mỗi HRU và đầu vào bằng cách sử dụng mô-đun *climate_hru*.

Mô-đun Ddsolrad

Mô-đun ddsolrad tính toán bức xạ mặt trời sóng ngắn bằng phương pháp ngày độ được sửa đổi (Leavesley và những người khác, 1983). Phương pháp này được phát triển cho khu vực Rocky Mountain của Hoa Kỳ. Nó được áp dụng nhiều nhất cho các khu vực nơi bầu trời chủ yếu rõ ràng chiếm ưu thế vào những ngày không có mưa.

Mô-đun Ccsolrad

Việc tính toán bức xạ mặt trời trên mỗi HRU, sử dụng mối quan hệ giữa độ che phủ bầu trời và phạm vi nhiệt độ không khí hàng ngày và mối quan hệ giữa bức xạ mặt trời và độ che phủ bầu trời, được thực hiện bởi mô-đun ccsolrad. Quy trình này được áp dụng cho các vùng ẩm ướt hơn, nơi xảy ra thời gian che phủ mây rộng rãi có và không có mưa.

Mô-đun bốc hơi

Thời gian thoát hơi nước hoạt động được xác định cho mỗi HRU bằng một trong ba phương pháp do người dùng chỉ định. Đầu tiên, mô-đun transp_frost và frost_date, sử dụng phương pháp giết chết băng giá (Christiansen và những người khác, 2011). Thứ hai, mô-đun transp_tindex, sử dụng phương pháp tiếp cận chỉ số nhiệt độ. Tùy chọn thứ ba là nhập các giá trị thoát hơi nước đã được phân phối trước cho mỗi HRU và đầu vào bằng cách sử dụng mô-đun climate_hru.

Mô-đun transp_frost và frost_date

Tùy chọn đầu tiên để xác định thời gian thoát hơi nước hoạt động, hoặc độ dài mùa sinh trưởng, (mô-đun transp_suong giá) sử dụng phương pháp giết chết băng giá (Christiansen và những người khác, 2011).

Mô-đun transp_tindex

Tùy chọn thứ hai để xác định thời gian thoát hơi nước hoạt động (mô-đun transp_tindex) sử dụng phương pháp chỉ số nhiệt độ. Mô-đun này tính toán chỉ số nhiệt độ là tổng tích lũy của nhiệt độ tối đa hàng ngày cho mỗi HRU sau khi mô hình đạt đến tháng bắt đầu thoát hơi nước (tham số **transp_beg**). Thời gian thoát hơi nước hoạt động cho mỗi HRU bắt đầu khi chỉ số nhiệt độ đạt đến ngưỡng

(tham số **transp_tmax**). Thời gian thoát hơi nước cho mỗi HRU được chấm dứt khi mô phỏng đạt đến tháng được chỉ định bởi tham số **transp_end**.

Mô-đun bốc hơi tiềm năng

Thoát hơi nước tiềm năng (PET) được tính toán cho mỗi HRU bằng một trong bảy tùy chọn do người dùng chỉ định. Việc lựa chọn một mô-đun PET cụ thể sẽ phụ thuộc vào thông tin có sẵn cho người lập mô hình. Các mô-đun PET ít phức tạp nhất yêu cầu thông tin nhiệt độ không khí được đo, trong khi các mô-đun phức tạp hơn có thể yêu cầu thêm bức xạ mặt trời sóng ngắn, áp suất khí quyển, độ ẩm tương đối và tốc độ gió. Ngoài ra còn có hai mô-đun cho phép PET đo (hoặc tính toán bên ngoài) được nhập trực tiếp vào PRMS-IV.

Mô-đun potet_jh

Tùy chọn đầu tiên (mô-đun potet_jh) sử dụng công thức Jensen-Haise đã sửa đổi để tính PET (*potet*) cho mỗi HRU. PET được tính là một hàm của nhiệt độ không khí, bức xạ mặt trời và hai hệ số, thông số **jh_coef** và **jh_coef_hru**, có thể được ước tính bằng cách sử dụng nhiệt độ không khí khu vực, độ cao và áp suất hơi bão hòa.

Mô-đun potet_hs

Tùy chọn thứ ba (mô-đun potet_hs) sử dụng công thức Hargreaves-Samani, trong đó PET được tính như một hàm của nhiệt độ không khí hàng ngày và bức xạ mặt trời theo Hargreaves và Allen (2003):

Mô-đun potet_pt

Tùy chọn thứ tư (mô-đun potet_pt) sử dụng công thức Priestley-Taylor, trong đó PET được tính như một hàm của nhiệt độ không khí hàng ngày, áp suất khí quyển và bức xạ mặt trời theo Priestly và Taylor (1972).

Mô-đun hru_elevHRU là độ cao HRU tính bằng feet.

Độ dốc của áp suất hơi bão hòa so với đường cong nhiệt độ không khí (*vp_slope*), tính bằng kilopascal trên mỗi độ C.

Mô-đun potet_pm

Tùy chọn thứ năm (mô-đun `potet_pm`) sử dụng công thức Penman-Monteith, trong đó PET được tính toán như một hàm của nhiệt độ không khí, áp suất khí quyển, độ ẩm tương đối, tốc độ gió và bức xạ mặt trời. Nhiệt độ tại điểm sương (`tempc_dewpt`), tính bằng degrees Celsius (Murray, 1967).

Mô-đun `potet_pan`

Tùy chọn thứ sáu (mô-đun `potet_pan`) được sử dụng khi dữ liệu bay hơi chảo từ một hoặc nhiều trạm đo có sẵn. Trạm liên kết với mỗi HRU được chỉ định bởi tham số `hru_pansta`. PET được tính từ độ bay hơi chảo đo được và hệ số hàng tháng. PET hàng ngày cho mỗi HRU được tính như sau:

$$potetHRU = epan_coefmonth \times pan_evaphru_pansta$$

Mô-đun nước tích đọng: `intcp`

Việc tích đọng mưa bằng tán cây (`hru_intcp_stor`) và lượng mưa (`net_ppt`) được tính toán như một hàm của mật độ che phủ thực vật và lưu trữ trong mỗi HRU bằng cách sử dụng mô-đun `intcp`.

Mô-đun tuyết: `snowcomp`

Mô-đun `snowcomp` luôn được gọi bởi PRMS-IV và không cần phải được chỉ định trong Tập điều khiển. Riêng mô-đun này khi áp dụng ở VN thì cho các tham số về mức ban đầu thấp nhất.

Mô-đun dòng chảy bề mặt: `srunoff_smidx` và `srunoff_carea`

Các mô-đun dòng chảy bề mặt tính toán dòng chảy bề mặt từ sự xâm nhập dư thừa và độ bão hòa đất bằng cách sử dụng khái niệm khu vực nguồn thay đổi, trong đó các khu vực tạo ra dòng chảy của bề mặt lưu vực thay đổi về vị trí và kích thước theo thời gian (Dickinson và Whiteley, 1970; Hewlett và Nutter, 1970). Mô-đun `srunoff_smidx` tính toán các giá trị này bằng cách sử dụng phương thức không tuyến tính, biến nguồn-vùng, trong khi mô-đun `srunoff_carea` tính toán chúng bằng cách sử dụng phương pháp tuyến tính, biến nguồn-vùng.

Nghiên cứu chọn một mô-đun dòng chảy bề mặt bằng cách đặt tham số điều khiển `srunoff_module` trong Tập điều khiển thành `srunoff_carea` hoặc

srunoff_smidx.

Mô-đun vùng đất: vùng đất

Các quá trình thủy văn vùng đất được mô phỏng bởi vùng đất mô-đun hoặc sự kết hợp của các mô-đun không dùng nữa smbals_prms và ssflow_prms. Người dùng có tùy chọn cài đặt soilzone_module tham số điều khiển trong Tập điều khiển thành soilzone hoặc smbals_prms. Các mô-đun smbals_prms và ssflow_prms chỉ được giữ lại để tương thích ngược với các ứng dụng PRMS cũ hơn. Phần còn lại của phần này mô tả Mô-đun vùng đất. Các mô-đun prms smbals_prms và ssflow_ được ghi lại bởi Leavesley và những người khác (1996).

Mô-đun dòng chảy nước ngầm: gwflow

Mô-đun dòng chảy nước ngầm (gwflow) mô phỏng lưu trữ và dòng chảy vào và ra từ bể chứa nước ngầm (GWR). GWR có công suất vô hạn và là nguồn của dòng cơ sở mô phỏng. Các ứng dụng được phát triển với các phiên bản PRMS trước thường sử dụng một GWR duy nhất cho toàn bộ miền tính. Các ứng dụng được phát triển với PRMS-IV phải có GWR tương ứng với mỗi HRU.

Mô-đun dòng chảy trong sông Streamflow

Streamflow được tính bằng một trong ba tùy chọn do người dùng chỉ định. Cách tiếp cận đơn giản nhất là mô-đun strmflow tính toán tổng dòng chảy rời khỏi miền dưới dạng tổng dòng chảy bề mặt, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm đến mạng lưới suối. Mô-đun muskingum sử dụng phương pháp định tuyến luồng Muskingum để tính toán luồng đến và đi từ các đoạn suối riêng lẻ. Mô-đun strmflow_in_out sử dụng cùng một mạng luồng với mô-đun muskingum, nhưng đặt dòng chảy của mỗi phân đoạn thành dòng vào. Người dùng chọn Mô-đun Streamflow bằng cách đặt strmflow_module tham số điều khiển trong Tập điều khiển thành một trong ba tên mô-đun: strmflow, muskingum hoặc strmflow_in_out.

Mô-đun StrmFlow

Mô-đun dòng chảy tính tổng lưu lượng (dòng chảy bề mặt, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm) từ HRU và GWR để tính tổng lưu lượng dòng chảy ra

khỏi miền. Không có tham số đầu vào cho mô-đun *strmflow*. Tổng lưu lượng dòng chảy ra khỏi lưu vực sông, tính bằng inch mỗi Anh theo ngày (*basin_stflow*) được tính như sau:

$$basin_stflow = basin_sroff + basin_ssflow + basin_gwflow$$

Mô-đun Muskingum

Mô-đun Muskingum ban đầu được phát triển cho PRMS bởi Mastin và Vaccaro (2002) và được phát triển thêm bởi Markstrom (2012). Mạng dòng chảy được sử dụng cho định tuyến Muskingum được khái niệm hóa như một chuỗi một hướng của các đoạn sông. Thông thường, một phân đoạn được liên kết với mỗi HRU một mặt phẳng hoặc cặp HRU ngân hàng trái và phải, như được chỉ định bởi tham số **hru_segment**. Mô-đun Muskingum có cấu trúc bên trong cho phép một bước thời gian tính toán khác nhau cho từng phân đoạn trong mỗi bước thời gian hàng ngày PRMS. Giá trị lưu lượng được tính toán ở các bước thời gian tốt hơn này được tổng hợp cho từng phân đoạn.

Phương trình định tuyến Muskingum (Linsley và những người khác, 1982) giả định mối quan hệ tuyến tính giữa lưu trữ và các đặc tính của dòng chảy vào (*seg_inflow*) và dòng chảy ra (*seg_outflow*). Lưu trữ (*lưu trữ*) trong một đoạn suối, cho bước thời gian nội bộ Δt , được tính như sau:

$$storage_{segment} = k_{coefsegment} \times ((x_{coefsegment} \times seg_inflow_{segment}) - (1 - x_{coefsegment}) \times seg_outflow_{segment})$$

Mô-đun *strmflow_lake*

Hồ có thể có ảnh hưởng lớn đến dòng chảy, bất kỳ vùng nước nào chiếm toàn bộ HRU đều được gọi là hồ (tham số **hru_type** = 2). Hồ được giả định có diện tích bề mặt không đổi (tham số **hru_area**). Lớp phủ băng, tích tụ tuyết và tuyết tan trên bề mặt hồ không được mô phỏng; Tuy nhiên, bất kỳ tuyết rơi nào cũng được thêm vào kho chứa hồ. Thông số điều khiển **strmflow_module** được sử dụng để chọn mô-đun *strmflow_lake*. Mô-đun *strmflow_lake* sử dụng cùng một mạng luồng với mô-đun *muskingum*.

Mô-đun tổng kết

Các mô-đun tổng kết cung cấp tóm tắt các biến đã chọn ở các độ phân giải không gian và thời gian khác nhau. Bốn mô-đun tổng kết là `basin_sum`, `subbasin` và `map_results`. Bốn mô-đun phân phối nhiệt độ có trong PRMS-IV là `temp_1sta`, `temp_2sta_prms` (không dùng nữa), `temp_laps` và `temp_dist2`. Mô-đun `temp_2sta_prms` chỉ được giữ lại để tương thích ngược với các ứng dụng PRMS cũ hơn.

Mô-đun `basin_sum`

Mô-đun `basin_sum` ghi vào Tập lượng nước được chỉ định bởi tham số điều khiển **`model_output_file`**.

Mô-đun tiểu lưu vực

Mô-đun Subbasin cung cấp một phương pháp để chia miền thành các nhóm HRU được gọi là subbasins (tham số **`hru_subbasin`**). Mỗi HRU chỉ có thể được gán cho một tiểu lưu vực. Mô-đun này tính toán tóm tắt dòng chảy và các biến khác có thể được sử dụng để hiệu chuẩn. Dòng chảy ở đầu ra của một tiểu lưu vực là tổng của các thành phần của dòng chảy được tạo ra bởi HRU và GWR có trong tiểu lưu vực đó. Ngoài ra, dòng chảy này góp phần vào dòng chảy của bất kỳ tiểu lưu vực nào được chỉ định là hạ lưu (tham số **`subbasin_down`**). Mô-đun lưu vực con hoạt động nếu kích thước **`nsub`** được chỉ định lớn hơn 0 và tham số điều khiển **`subbasin_flag = 1`**.

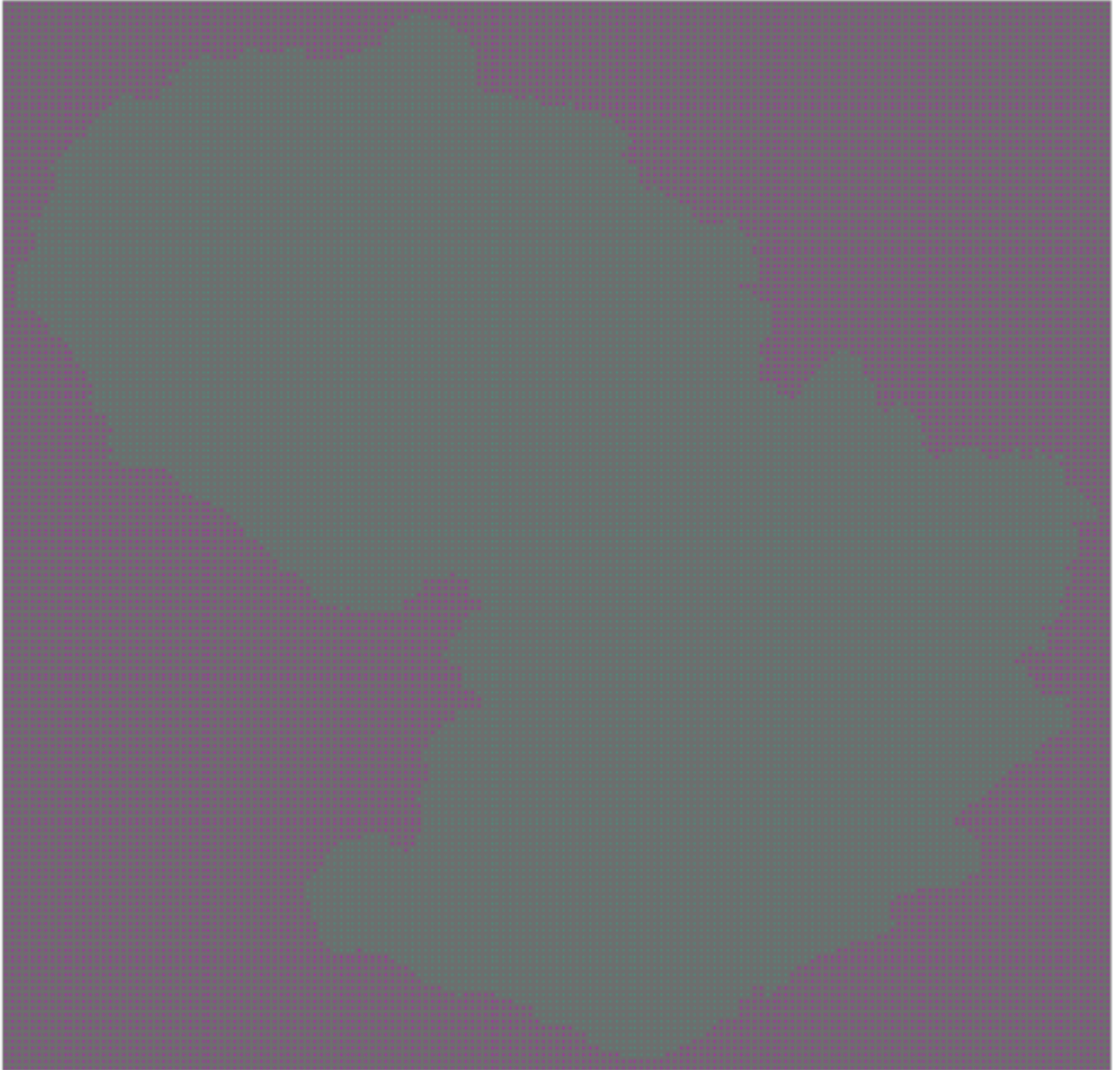
Mô-đun Kết quả Bản đồ (`map_results`) tạo điều kiện kết hợp lỏng lẻo PRMS-IV với các mô hình khác. Mô-đun tóm tắt các kết quả mô phỏng thành các độ phân giải không gian và thời gian theo yêu cầu của mô hình ghép nối. Nó ghi kết quả cho mỗi HRU ở định dạng lưới được tóm tắt ở bốn thang đo thời gian — hàng tuần, hàng tháng, hàng năm và tổng khoảng thời gian mô phỏng. Kết quả tóm tắt có thể được viết bằng đơn vị của biến đầu ra hoặc được chuyển đổi từ inch mỗi ngày sang feet mỗi ngày, cm mỗi ngày hoặc mét mỗi ngày. Mô-đun `map_results` hoạt động khi tham số điều khiển **`mapOutON_OFF = 1`**.

2.3 Thiết lập số liệu đầu vào, thông số cho mô hình PRMS để tính toán dòng chảy lưu vực sông Hiếu.

Dựa trên các dữ liệu đầu vào ở mục 2.1, 2.2 các dữ liệu được đưa vào các

dạng số liệu đầu vào (dữ liệu, tham số) để thiết lập các thông số trong mô-đun điều kiện. Sau đó thiết lập mô-đun tính toán các quá trình mưa dòng chảy của PRMS-IV.

Dữ liệu địa hình



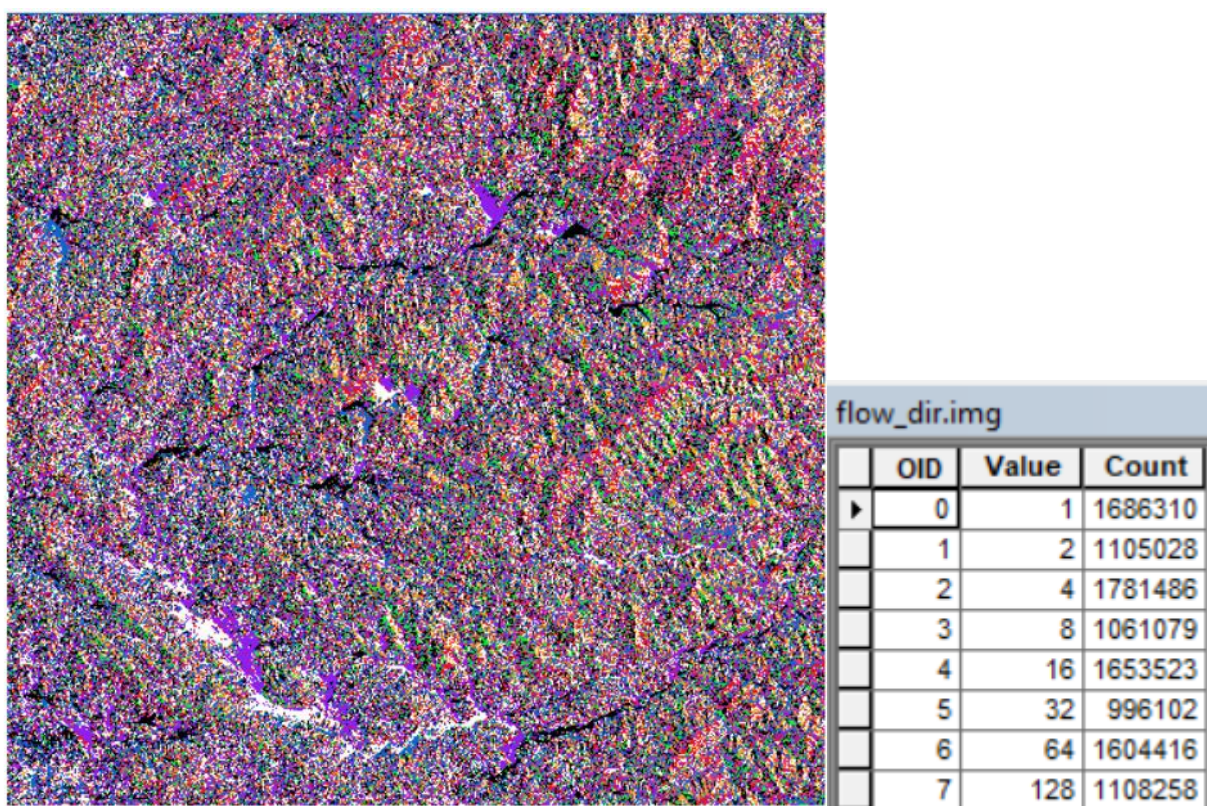
Hình 2.8 Lưới tính toán theo các HRU lưu vực sông Hiếu

Dữ liệu DEM cùng với ranh giới lưu vực của lưu vực sông Hiếu được dùng để thiết lập lưới tính toán dạng ô vuông, nghiên cứu thiết lập HRU theo kích thước ô lưới 300m là bội số của kích thước DEM 30m, sau đó chia khu vực nghiên cứu

thành các ô lưới tính toán như hình 2.7. Trong đó các ô đệm bên cạnh lưu vực chọn là 2 kích thước DEM để phù hợp cho việc lựa chọn các HRU cho phù hợp.

Trong đó lưới tính toán qui định HRU được ký hiệu bằng (HRU_TYPE) = 0 cho các ô không hoạt động (trống) tức là bên ngoài ranh giới lưu vực tính toán, HRU_TYPE = 1 cho các ô hoạt động (màu xanh lá cây).

Đồng thời các tham số dựa trên DEM cũng được thiết lập theo HRU để làm đầu vào của việc thiết lập tham số mô hình PRMS. Qui trình xử lý DEM cho ra các kết quả DEM theo các tham số khác nhau phục vụ việc xác định phân luồng dòng chảy trên lưu vực tính toán.

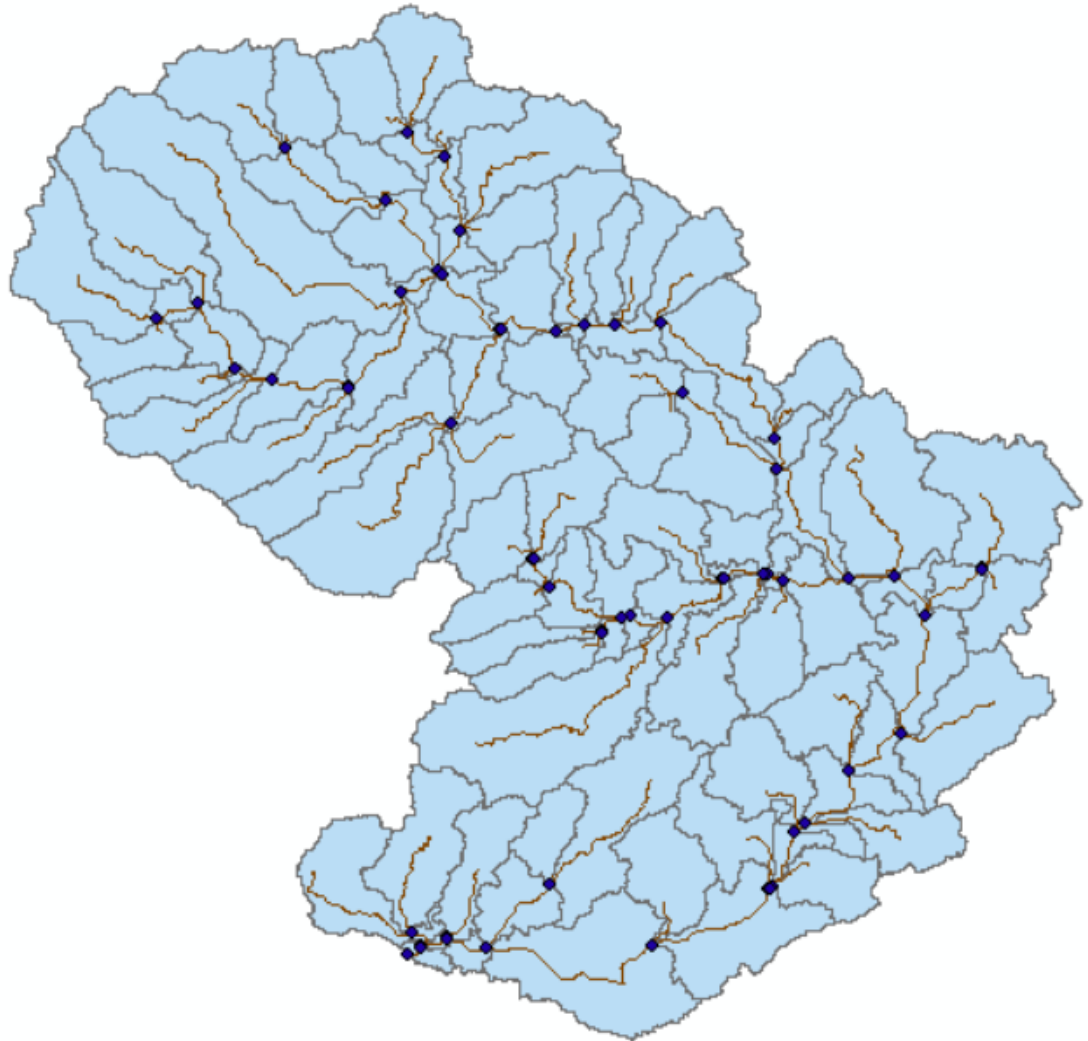


Hình 2.9 Bản đồ DEM_FLOWAC lưu vực sông Hiếu

Bên cạnh đó việc xác định lưu vực được chia thành 5 bước: thiết lập bản đồ mô hình số độ cao DEM, định nghĩa sông (Stream Definition), định nghĩa cửa đổ nước vào/ra của tiểu lưu vực (Outlet and Inlet Definition), lựa chọn cửa đổ nước ra của lưu vực (Watershed Outlets selection and Definition), tính toán các thang số của tiểu lưu vực (Calculation of Subbasin Parameters). Trong quá trình phân định lưu vực, dữ liệu DEM lưu vực sông Hiếu đưa vào PRMS để xử lý và lấy các

thông số đưa vào số liệu đầu vào (tệp dữ liệu, tệp tham số).

Trong đó dựa trên mạng lưới dòng chảy đã mô phỏng, chọn điểm đầu ra (cửa xả) của toàn bộ lưu vực, tính toán thông số các lưu vực con và các đoạn sông suối, để tính toán các thông số ranh giới lưu vực, lưu vực con theo HRU (hình 2.10).

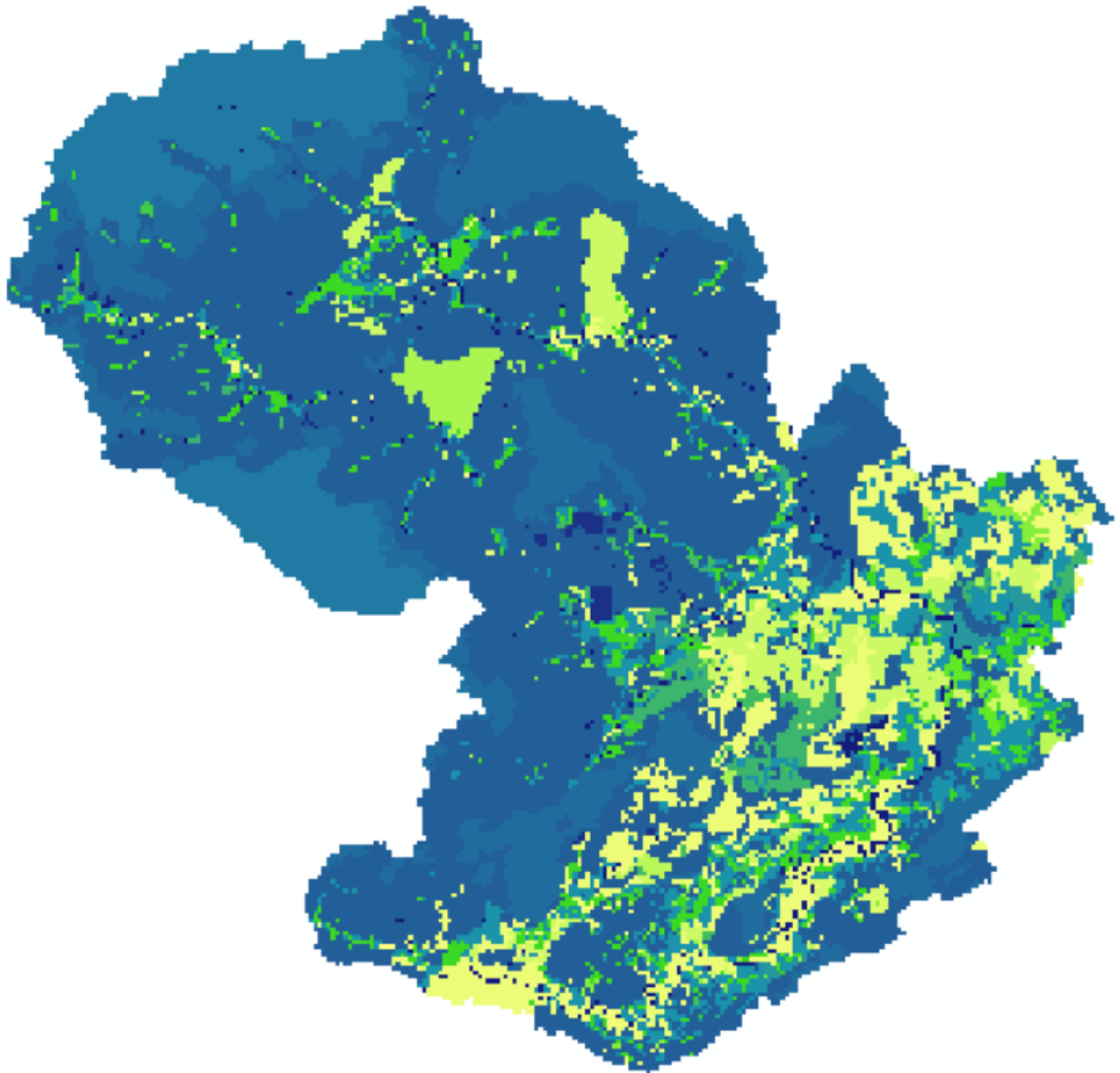


Hình 2.10 Bản đồ các lưu vực phụ, mạng lưới sông, điểm thoát nước lưu vực sông Hiếu

Dữ liệu sử dụng đất.

Bản đồ sử dụng đất và đất được đưa vào xử lý theo các bước, giá trị mã số của từng loại hình sử dụng đất dưới dạng các raster sử dụng đất và thảm phủ, đầu ra của quá trình này là các tham số về sử dụng đất được sử dụng trong tệp số liệu

đầu vào về tham số.



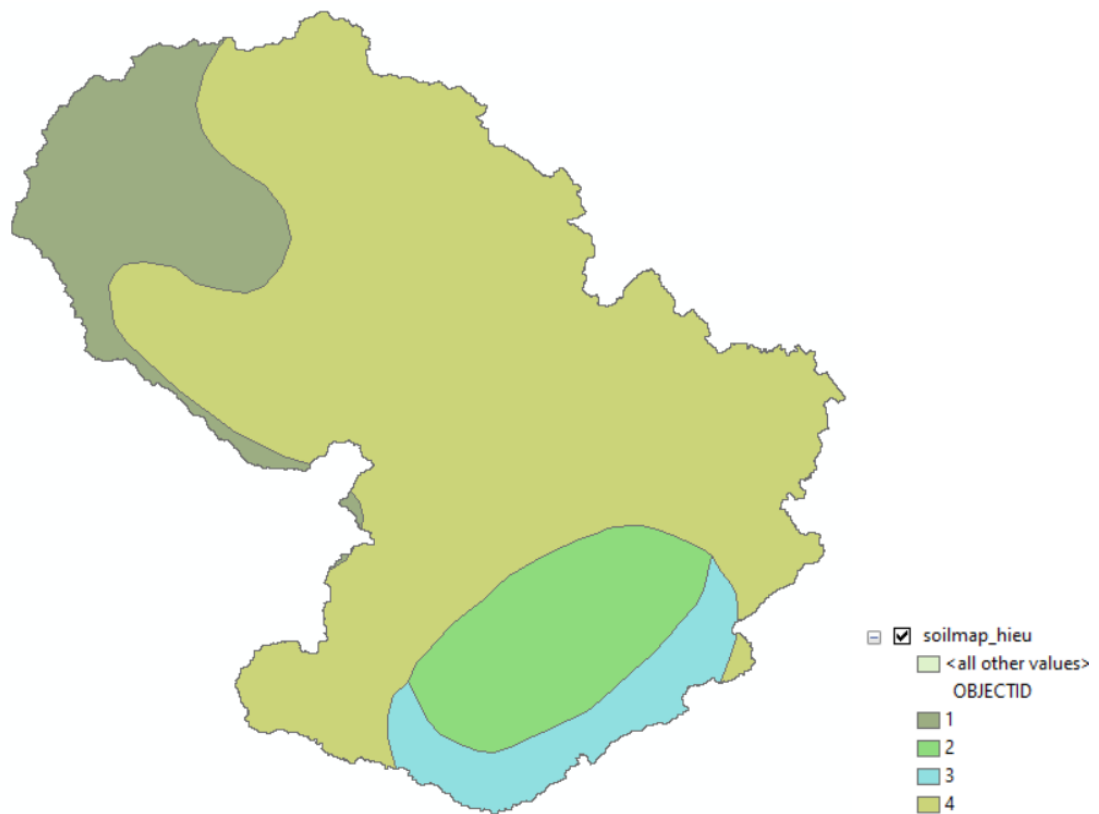
veg_type.img						
	OID	VALUE	COUNT			
	0	1	1	2711	3896	2
	1	2	93	2712	3898	1
	2	3	27	2713	3899	5
	3	4	24	2714	3900	2
	4	7	8	2715	3901	1
	5	8	8	2716	3903	1
	6	9	39	2717	3907	1
				2718	3911	1

Hình 2.11 Bản đồ sử dụng đất lưu vực sông Hiếu 2015 dạng raster

Dữ liệu thổ nhưỡng.

Dữ liệu thổ nhưỡng được sử dụng để xây dựng bản đồ phân loại đất theo các

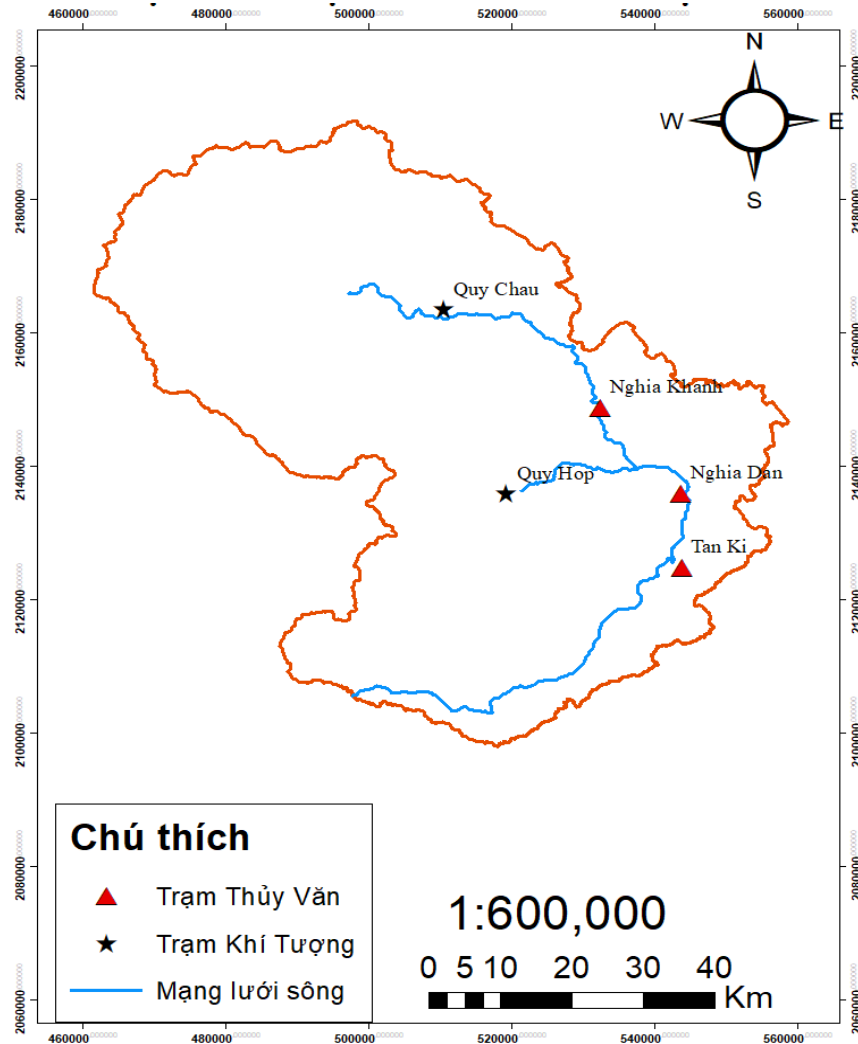
loại 1. clay, 2. sand, 3. ksat, 4. awc tương đương với các loại đất theo phân loại của Fao.



Hình 2.12 Bản đồ phân loại thổ nhưỡng lưu vực sông Hiếu

Dữ liệu KTTV.

Dữ liệu KTTV bao gồm lượng mưa ngày, nhiệt độ không khí trong ngày lớn nhất; nhỏ nhất, bức xạ mặt trời, tốc độ gió và độ ẩm tương đối. Ở nghiên cứu này, độ ẩm, nhiệt độ, gió, độ ẩm tương đối, hệ số nắng được đưa vào để tính dưới dạng mô phỏng. Dữ liệu thực đo mưa được cung cấp bởi Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn gồm 3 trạm thủy văn (trạm Quỳnh Châu, trạm Quỳnh Hợp, trạm Nghĩa Khánh). Số liệu được cung cấp trong giai đoạn 1995-2015.



Hình 2.13 Bản đồ trạm đo mưa, dòng chảy lưu vực sông Hiếu

Dữ liệu KTTV bao gồm lượng mưa, nhiệt độ không khí lớn nhất; nhỏ nhất, bức xạ Mặt Trời, tốc độ gió và độ ẩm tương đối được đưa vào và phân bổ đến các lưu vực con và HRU và kết xuất cung cấp cho tệp dữ liệu và tệp tham số của PRMS-IV.

Dữ liệu dòng chảy thực đo.

Dữ liệu lưu lượng dòng chảy thực đo là trạm thủy văn Quy Châu nằm trên đoạn sông chính của sông Hiếu với kinh độ (105.117) và vĩ độ (19.567), được cung cấp bởi Trung tâm Mạng lưới khí tượng thủy văn, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, và được sử dụng để đưa vào tệp dữ liệu để đánh giá kết quả mô phỏng dòng chảy của mô hình PRMS IV.

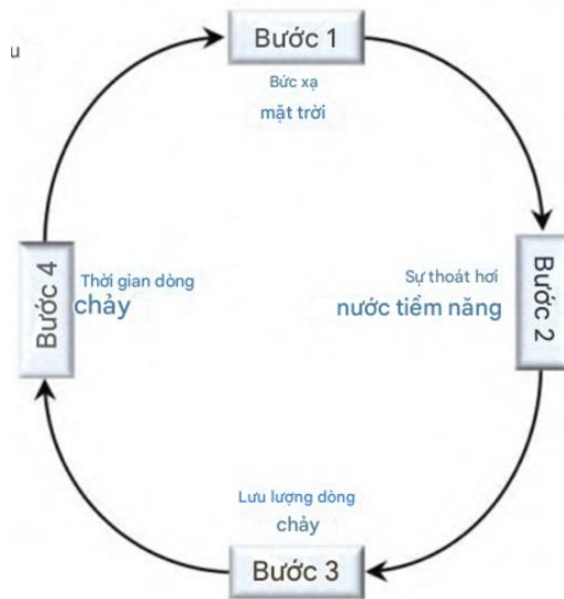
CHƯƠNG III – ÁP DỤNG MÔ HÌNH PRMS TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY NĂM LƯU VỰC SÔNG HIẾU

3.1 Hiệu chỉnh mô hình PRMS IV.

Số liệu dòng chảy ngày từ 1996 đến 2005 tại trạm thủy văn Qùy Châu của lưu vực sông Hiếu được sử dụng để hiệu chỉnh trong mô hình PRMS IV.

Phương pháp hiệu chỉnh được sử dụng theo một sơ đồ hiệu chuẩn từng bước, nhiều mục tiêu (Luca; Hay và Umemoto, 2007). Bằng cách sử dụng thuật toán tối ưu hóa Shuffled Complex Evolution (SCE). Phương pháp SCE chọn một tập hợp các điểm được phân bố ngẫu nhiên trong toàn bộ không gian tham số, được phân chia thành nhiều khu phức hợp. Mỗi phức hợp này "được hiệu chỉnh tốt hơn – tiến hóa" bằng cách sử dụng thuật toán đơn giản xuống dốc. Tham số được định kỳ "xáo trộn" để tạo thành các phức hợp mới để thông tin thu được từ các phức hợp trước đó được chia sẻ. Các bước tiến hóa và xáo trộn lặp lại cho đến khi các tiêu chí tối ưu quy định được thỏa mãn.

Hình 3.1 minh họa sơ đồ hiệu chỉnh từng bước, nhiều mục tiêu được sử dụng cho nghiên cứu. Bảng 3.1 liệt kê các bước hiệu chỉnh và các bộ dữ liệu hiệu chỉnh liên quan, chức năng tối ưu, thông số mô hình được hiệu chỉnh trong từng bước, phạm vi giá trị thông số tối thiểu và tối đa và mô tả hiệu chỉnh. Đối với mỗi bước trong số bốn bước hiệu chỉnh, các bộ dữ liệu hiệu chỉnh sau đây được lấy từ dữ liệu thực đo được để so sánh với đầu ra PRMS-IV: (1) bức xạ mặt trời trung bình hàng tháng, (2) thoát hơi nước tiềm năng trung bình hàng tháng, (3) khối lượng dòng chảy (trung bình hàng năm, trung bình hàng tháng và hàng tháng) và (4) thời gian dòng chảy (trung bình hàng ngày và hàng tháng).



Hình 3.1 Quá trình hiệu chỉnh đa mục tiêu, từng bước hiệu chỉnh cho PRMS-IV [9].

Để bắt đầu quy trình hiệu chuẩn, một tệp tham số ban đầu chứa tất cả các tham số PRMS-IV đã được lắp ráp. Các giá trị tham số đặc trưng cho các quá trình bề mặt đất liền được tính toán từ dữ liệu GIS bằng cách sử dụng chương trình GIS Weasel. Tất cả các tham số khác được đặt thành giá trị mặc định của chúng. Từng bước, các thông số được chỉ định trong bảng 3.1 đã được hiệu chỉnh. Giá trị tham số hiệu chỉnh được sử dụng trong các bước tiếp theo. Hoàn thành bốn bước hiệu chỉnh tạo thành một vòng. Quá trình này được lặp lại trong sáu vòng.

Quy trình mô tả chi tiết bốn bước hiệu chuẩn và thuật toán tối ưu hóa như sau:

Hiệu chỉnh Bước I - Bức xạ mặt trời

Bộ dữ liệu hiệu chuẩn được sử dụng cho bước đầu tiên là giá trị bức xạ mặt trời trung bình hàng tháng cho lưu vực sông Hiếu. Các giá trị bức xạ mặt trời trung bình hàng tháng được "đo" này đã được tính toán trước (bên ngoài mô phỏng PRMS). Trong nghiên cứu này, các giá trị bức xạ mặt trời hàng ngày được mô phỏng bởi mô-đun ddsolrad từ nhiệt độ không khí tính toán. Ba thông số được hiệu chuẩn.

Bảng 3.1 Các tham số hiệu chỉnh bước 1

Dữ liệu	Chức năng tối ưu	Phạm vi thông số	Thông số	Đơn vị tham số	Mô tả hiệu chuẩn
Bước hiệu chỉnh 1: Bức xạ mặt trời					
Trung bình hàng tháng	Tổng chênh lệch tuyệt đối trong đo lường và mô phỏng	d _{day_intcp} d _{day_slope} chỉ số t _{max}	-70 đến 10 0,2 đến 0,9 50 đến 90	d _{day} d _{day} / temp_units temp_units	Hiệu chỉnh các giá trị riêng lẻ Hiệu chỉnh giá trị trung bình Hiệu chỉnh giá trị trung bình
Hiệu chỉnh bước 2: Khả năng thoát hơi nước					
Trung bình hàng tháng	Tổng chênh lệch tuyệt đối trong đo lường và mô phỏng	j _h _coef	0,005 đến 0,09	mỗi độ Fahrenheit	Hiệu chỉnh các giá trị riêng lẻ
Bước hiệu chỉnh 3: Streamflow (dung lượng)					
Trung bình hàng năm Trung bình hàng tháng Trung bình hàng tháng	Lỗi bình phương trung bình gốc chuẩn hóa	adjust_rain adjust_snow Oor l psta_freq_nuse I Oor l	Oto l psta_nuse2 Oor l	phân số thập phân, phân số thập phân, phân số thập phân	Hiệu chỉnh giá trị trung bình Hiệu chỉnh giá trị trung bình Các tham số là nhị phân Các tham số là nhị phân
Bước hiệu chỉnh 4: Streamflow (thời gian)					
Nhật báo	Gốc chuẩn hóa	adjmix mưa	Oto l	phân số thập phân	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
Trung bình hàng tháng	Lỗi bình phương trung bình	CECN COEF	O đến 20	calo mỗi độ C > 0	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		emis_noppt	0,757 đến 1	phân số thập phân	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		Fastcoef Lin	0,0001 đến 1	fractiou/ngày	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		fastcoef_sq	0,00001 đến 1	không ai	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		freeh20_cap	0,01 đến 0,2	Inch	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		g _w flow_coef	0,0005 đến 0,052	phân số/ngày	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		gwstor_init	0,1 đến 20,0	Inch	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		potet_sublim	0,1 quá.75	phân số thập phân	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		Rạn san hô Smidx	0,0001 đến 1	phân số thập phân	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		Smidx EXP	0,2 đến 0,8	Tôi linch	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		độ ẩm đất tối đa	O đến 20	Inch	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		đất rechr tối đa	O đến 20	Inch	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		soi12gw_max	0,0 đến 0,5	Inch	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
		Tmax Allrain	50 đến 75	temp_units	Hiệu chỉnh giá trị trung bình

Tmax Allsnow	Goto 35 ·	temp_units	Hiệu chỉnh giá trị trung bình
TSTA NUSE2	Oor 1	không ai	Các tham số là nhị phân

Hàm mục tiêu được sử dụng để hiệu chỉnh các giá trị bức xạ mặt trời trung bình hàng tháng là sự khác biệt tuyệt đối và được tính như sau:

$$OF_{SR} = \sum_{m=1}^{12} \text{abs} \left[\frac{(MSD_m - SIM_m)}{MSD_m} \right]$$

Trong đó: OFsr là hàm mục tiêu; m là tháng; MSCD và SIM là các giá trị bức xạ mặt trời trung bình hàng tháng được đo và mô phỏng tương ứng.

Hiệu chỉnh Bước 2 - Thoát hơi nước tiềm ẩn

Bộ dữ liệu hiệu chỉnh được sử dụng cho bước thứ hai được "đo" các giá trị thoát hơi nước tiềm năng (PET) trung bình hàng tháng cho lưu vực sông Hiếu. Các giá trị PET trung bình hàng tháng của lưu vực được lấy từ dữ liệu thực đo. Các ước tính hàng ngày về PET được mô phỏng bởi mô-đun potet j h bằng cách sử dụng một quy trình được phát triển bởi Jensen và Haise (1963). Một tham số được hiệu chuẩn (bảng 3-5). Hàm mục tiêu được sử dụng để hiệu chuẩn PET cũng giống như hàm được sử dụng để hiệu chỉnh bức xạ mặt trời.

Hiệu chuẩn Bước 3 - Streamflow Volume

Bộ dữ liệu hiệu chuẩn được sử dụng cho bước thứ ba được so sánh lưu lượng thực đo.

Hàm mục tiêu lưu lượng dòng chảy (OFsv) là tổng của ba hàm mục tiêu: (1) lượng nước trung bình hàng năm (OF), (2) lượng nước trung bình hàng tháng (OFO, và (3) lượng nước trung bình hàng tháng (OF ___) theo:

$$OF_{SV} = OF_{ann} + OF_{mnmn} + OF_{mthmn}$$

OFann, OFmnth, và OFmthmn được tính bằng cách sử dụng chuẩn hóa sai số bình phương trung bình gốc (NRMSE) theo công thức:

$$NRMSE = \left(\sum_{n=1}^{nstep} (MSD(n) - SIM(n))^2 / \sum_{n=1}^{nstep} (MSD(n) - MN)^2 \right)^{1/2}$$

Trong đó nstep là tổng số bước thời gian; MSD, SIM và MN là các giá trị thực đo, mô phỏng và trung bình được liên kết với OFann, OFmnth, và OFmthmn

tương ứng.

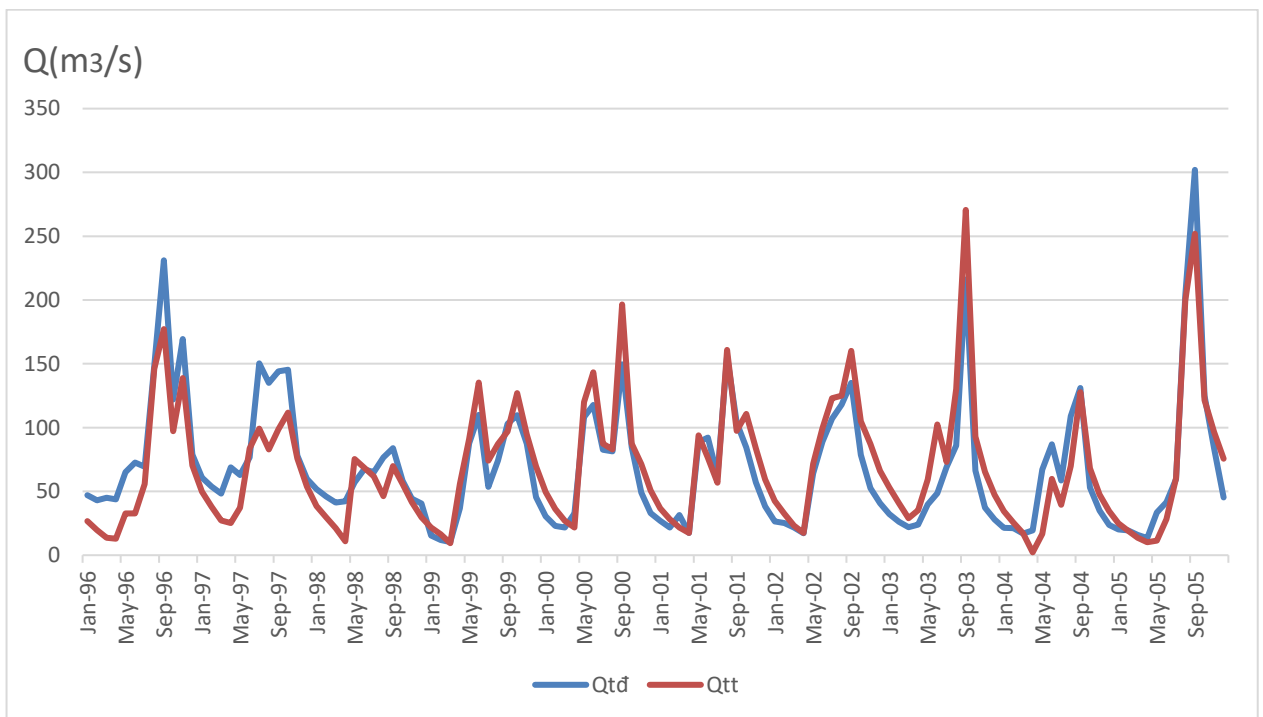
Hiệu chỉnh Bước 4- Streamflow Timing

Bộ dữ liệu hiệu chỉnh được sử dụng cho bước thứ tư với lưu lượng thực đo. Hàm mục tiêu thời gian dòng chảy (OFst) là tổng của hai hàm mục tiêu: (1) dòng chảy hàng ngày OFdaily và (2) dòng chảy trung bình hàng tháng OFmthmn và được tính theo:

$$OFst = OFdaily + OFmthmn$$

Cả OFdaily và OFmthmn được tính bằng cách sử dụng tất cả các giá trị lưu lượng đo được hàng ngày trong khoảng thời gian ghi nhận hoặc cho mỗi tháng quan tâm, tương ứng; và được tính bằng cách sử dụng NRMSE ở trên.

Kết quả hiệu chỉnh đối với lưu lượng dòng chảy tháng tại trạm thủy văn Quý Châu (1996-2005) như hình sau:



Hình 3.2 Đường quá trình lưu lượng thực đo và lưu lượng tính toán sau khi hiệu chỉnh trong PRMS IV tại trạm Quý Châu giai đoạn 1996-2005.

Nhận xét về kết quả hiệu chỉnh:

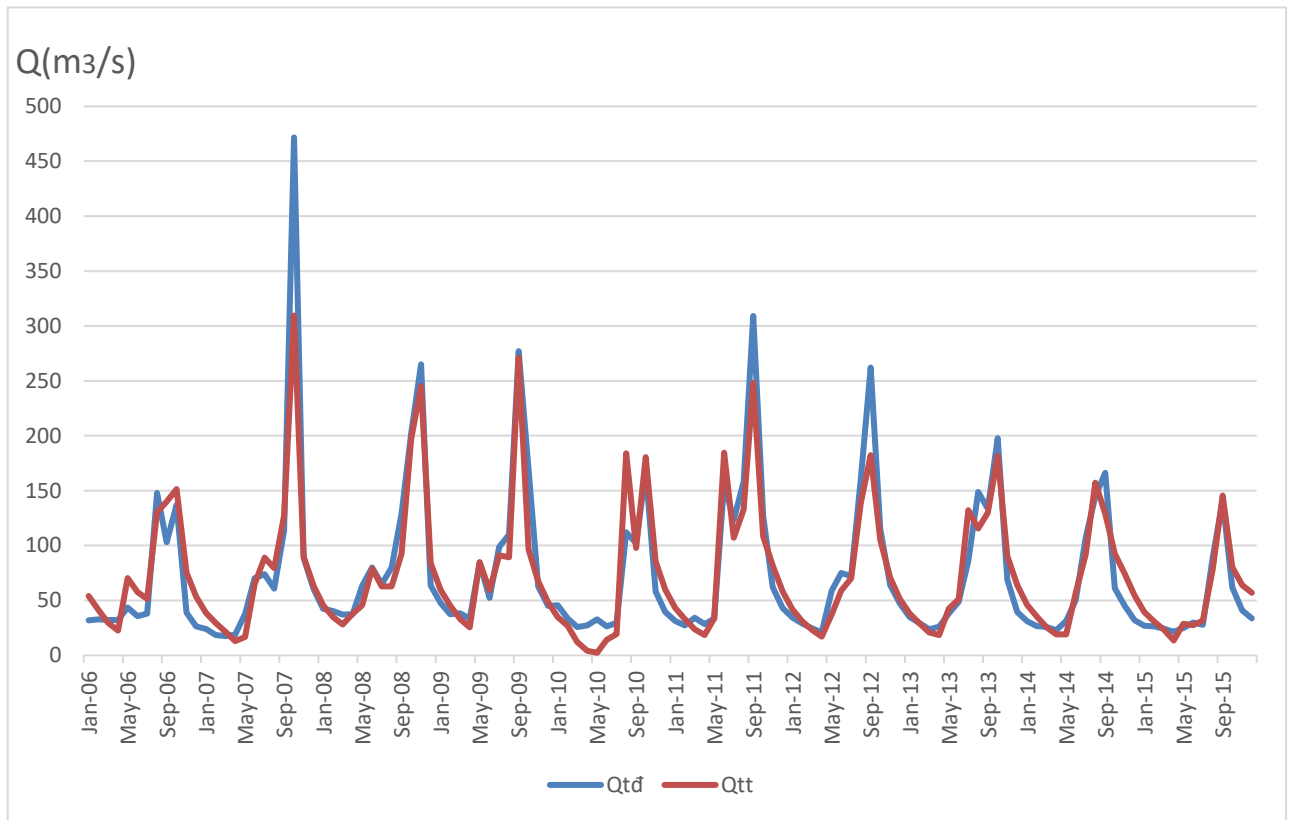
Từ kết quả tính toán được thể hiện trong hình cho thấy dạng đường quá trình dòng chảy tính toán và thực đo có sự phù hợp tương đối tốt. Nói chung mô hình có khả năng mô phỏng được biến động theo thời gian của dòng chảy ngày nhưng đôi

với các đỉnh lũ thì mức độ chính xác chưa cao.

Kết quả tính toán giữa lưu lượng thực đo và lưu lượng tính toán cho hệ số tương quan theo chỉ tiêu của Nash = 0.71.

3.2 Kiểm định mô hình PRMS IV.

Số liệu dòng chảy theo ngày từ 2006 đến 2015 được lấy từ trung tâm tư liệu quốc gia tại trạm thủy văn Quỳnh Châu của lưu vực sông Hiếu được sử dụng để kiểm định trong mô hình PRMS IV cho kết quả như hình dưới đây:



Hình 3.3 So sánh đường quá trình lưu lượng thực đo và lưu lượng tính toán sau khi kiểm định trong PRMS IV tại trạm Quỳnh Châu giai đoạn 2006-2015

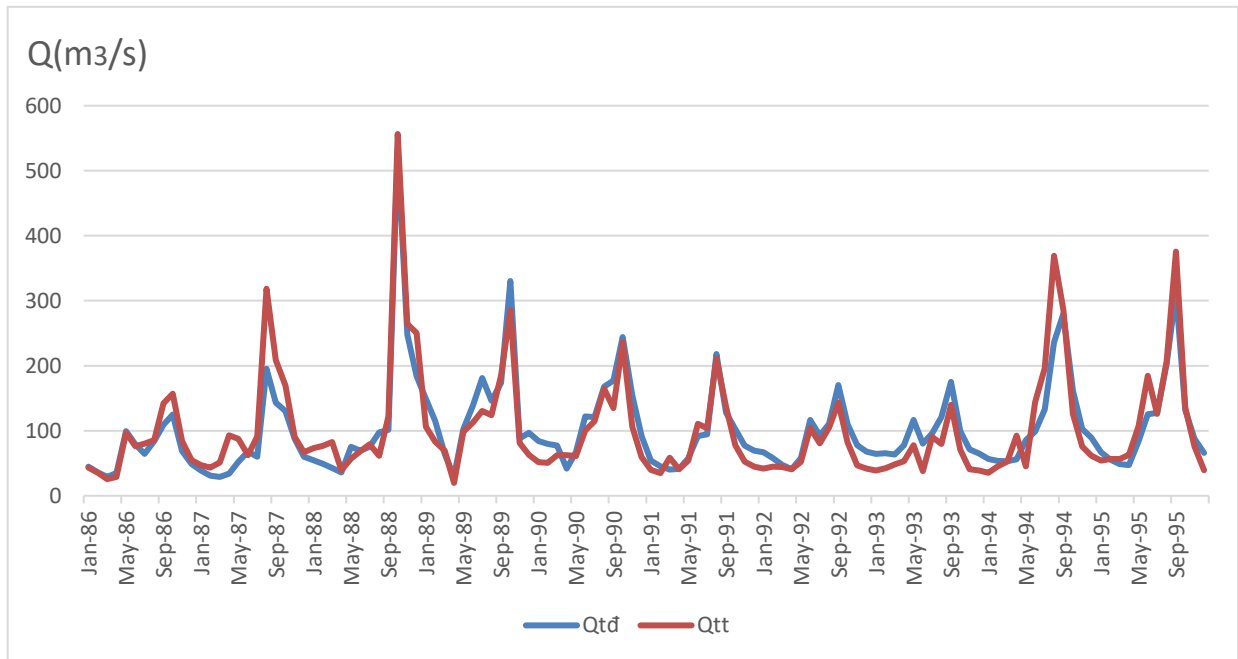
Nhận xét:

Kết quả kiểm nghiệm mô hình cho thấy hệ số tương quan giữa lưu lượng tính toán và thực đo theo chỉ tiêu của Nash = 0.79, đạt kết quả khá.

3.3 Thử nghiệm PRMS IV mô phỏng dòng chảy năm lưu vực sông Hiếu.

Dựa trên các thông số địa hình và các tham số đã được hiệu chỉnh giai đoạn

1996 – 2005 và kiểm định giai đoạn 2006 – 2015, nghiên cứu tiến hành mô phỏng cho dòng chảy năm lưu vực sông Hiếu giai đoạn 1986 – 1995 cho được kết quả như sau:



Nhận xét:

Kết quả mô phỏng thử nghiệm từ mô hình cho thấy đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo có sự đồng pha về chân và đỉnh, tuy nhiên hệ số tương quan giữa lưu lượng tính toán và thực đo theo chỉ tiêu của Nash = 0.69, đạt kết quả chấp nhận được.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

7.1 Kết luận

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

Nghiên cứu áp dụng thử nghiệm mô hình thủy văn phân bố nguồn mở PRMS cho lưu vực sông Hiếu theo hướng tiếp cận xu thế mới, có ý nghĩa quan trọng đối với việc mô phỏng quá trình mưa dòng chảy theo tham số phân bố, đánh giá được thực tế quá trình thủy văn diễn ra trên lưu vực sông, bước đầu thử nghiệm trên sông Hiếu.

- Mô hình PRMS đã được sử dụng đáp ứng tốt cho việc tính toán dòng chảy năm.

- Đánh giá được các đặc trưng thủy văn phân bố trên lưu vực sông. Tuy nhiên cần phải có mạng quan trắc dữ liệu nhiều mới đáp ứng được nhu cầu của mô hình thông số phân bố.

- Mô hình PRMS là mô hình thông số phân bố nguồn mở nên có sự hỗ trợ của cộng đồng người sử dụng, các chuyên gia thủy văn, các cơ quan tham gia nghiên cứu và phát triển để mô hình ngày càng hữu hiệu và tiện lợi khi sử dụng hơn.

Nghiên cứu về hệ thống mô hình thủy văn phân bố (PRMS) thử nghiệm tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Hiếu là một quá trình phức tạp, đòi hỏi sự kết hợp giữa kiến thức về thủy văn, khí tượng, mô hình hóa và công nghệ thông tin. Kết quả của nghiên cứu này sẽ cung cấp cách tiếp cận xu hướng sử dụng mô hình tham số phân bố nhiều hơn phục vụ phát triển kinh tế xã hội và trong giảng dạy ở trường Đại học đối với nghiên cứu và phát triển mô hình nguồn mở.

7.2 Kiến nghị

Dựa trên quá trình nghiên cứu đã trình bày, nghiên cứu xin đưa ra một số kiến nghị để hoàn thiện hơn nghiên cứu về mô hình thủy văn phân bố nguồn mở PRMS như sau:

Tăng thời gian, mở rộng quy mô và chi tiết của nghiên cứu này:

- Cần đầu tư nguồn lực của người học, giảng viên, nghiên cứu viên về mô

hình thông số phân bố nguồn mở để phát triển các mô hình này phù hợp và hữu ích với việc tính toán, dự báo dòng chảy lưu vực sông ngày càng biến đổi phức tạp ngày nay.

- Tăng số lượng trạm quan trắc: Mở rộng mạng lưới trạm quan trắc khí tượng thủy văn để thu thập dữ liệu chi tiết hơn về lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm, lưu lượng,... ở các khu vực khác nhau trong lưu vực để đáp ứng đúng tiêu chuẩn về tham số phân bố của mô hình thủy văn phân bố.

- Xét đến các yếu tố tác động tới quá trình thủy văn lưu vực sông: Cần xem xét các yếu tố như thay đổi sử dụng đất, địa hình, khai thác bề mặt lưu vực sông, và các yếu tố khác như xây dựng các công trình thủy lợi, biến đổi khí hậu.

Cải tiến phương pháp nghiên cứu:

- Phương pháp phân tích hệ thống: Cần có sự phân tích các thông số thủy văn theo phân tích hệ thống để biết rõ hơn các quá trình, cũng như các quan hệ giữa các yếu tố trong quá trình thủy văn phức tạp.

- Sử dụng các công cụ, mô hình kết hợp: Kết hợp các công cụ hỗ trợ (GIS, CNTT), mô hình thủy văn với các mô hình khí hậu để đánh giá tương tác, liên kết giữa khí hậu và thủy văn cũng như mô hình khí tượng khí hậu và mô hình thủy văn hoàn thiện hơn.

- Đánh giá độ bất định: Sử dụng các phương pháp đánh giá độ bất định để xác định bất định về số liệu thực đo, bất định về thông số, bất định về mô hình, để đánh giá độ tin cậy của kết quả mô hình.

Tập trung vào các vấn đề cụ thể:

- Đánh giá được cụ thể các tham số cần thiết của mô hình thủy văn phân bố: Xác định được các tham số nào cần thiết phải tập trung đầu tư có số liệu thực đo hoặc số liệu từ các công cụ hỗ trợ hoặc các mô hình liên quan.

- Đánh giá tác động đến hệ sinh thái: Khi các tham số về KTTV, sinh thái của lưu vực được tham số hóa dưới dạng tham số phân bố thì phục vụ tốt cho việc đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và thay đổi dòng chảy đến đa dạng sinh học và các hệ sinh thái trong lưu vực.

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

Các kiến nghị trên nhằm mục tiêu:

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

- Cung cấp cơ sở khoa học cho việc sử dụng các mô hình phân bố nguồn mở trong thực tế, nghiên cứu và đào tạo ở trường Đại học.

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

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đề tài cấp nhà nước KHCN 07.03 “Nghiên cứu diễn biến lòng sông tự nhiên và quy hoạch kinh tế xã hội, kiến nghị phương pháp giải quyết ở ĐBSCL” Viện khoa học thủy lợi Miền Nam 1998.

[2] Đặng Thanh Mai. (2009). “Nghiên cứu ứng dụng mô hình WETSPA và HEC-RAS mô phỏng, dự báo quá trình lũ trên hệ thống sông Thu Bồn – Vu Gia”. Báo cáo tổng kết đề tài NCKH và CN cấp Bộ. Đề tài đã sử dụng mô hình thủy văn và thủy lực nguồn đóng để mô phỏng, dự báo dòng chảy lũ trên hệ thống sông Thu Bồn – Vu Gia.

[3] Hoàng Thanh Tùng (2011). “Nghiên cứu dự báo mưa, lũ trung hạn cho vận hành hệ thống hồ chứa phòng lũ - ứng dụng cho lưu vực sông Cả”. Luận án tiến sĩ. Luận án đã sử dụng các mô hình thủy văn thủy lực nguồn đóng để dự báo mưa lũ trung hạn phục vụ vận hành hồ chứa lưu vực sông Cả.

[4] Trần Ngọc Anh và nnk (2011), “Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhuệ - Đáy trên địa bàn thành phố Hà Nội”. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ 27, 43-47. Các tác giả đã sử dụng mô hình thương mại nguồn đóng để tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhuệ - Đáy.

[5] Trần Duy Kiều (2015), “Nghiên cứu nhận dạng lũ lớn, phân vùng nguy cơ lũ lớn và xây dựng bản đồ ngập lụt phục vụ cảnh báo lũ lớn lưu vực sông Lam”. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ TN&MT 2015. Đề tài đã sử dụng các mô hình thủy văn tập trung và thủy lực nguồn đóng để mô phỏng lũ trên lưu vực sông Lam.

[6] Nguyễn Tiên Quang, Phạm Văn Tuấn (2019). “Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Hiếu, Nghệ An”. Tạp chí Tài nguyên và Môi trường kỳ 2 tháng 12/2019. Các tác giả đã sử dụng mô hình thủy văn bán phân bố SWAT nguồn đóng để mô phỏng dòng chảy lưu vực sông Hiếu.

[7] Nguyễn Xuân Tiên và nnk, “Áp dụng bộ mô hình Mike đánh giá tác động của hệ thống hồ chứa tới ngập lụt hạ du lưu vực sông Cả”. Tạp chí Khoa học BĐKH số 13/2020. Tác giả đã sử dụng bộ mô hình thương mại Mike để mô phỏng dòng chảy lưu vực sông Cả.

[8] Trương Vân Anh (2023), “Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) để diễn toán dòng chảy phục vụ phân bổ nguồn nước trên lưu vực sông, thử nghiệm ở lưu vực sông Hồng”. Đề tài cấp Bộ TN&MT. Đề tài đã sử dụng mô hình AI nguồn đóng để mô phỏng dòng chảy lưu vực sông Hồng.

[9] PRMS-IV, the Precipitation-Runoff Modeling System, Version 4, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.

[10] Etter D. M. Structured Fortran 77 for engineers and scientists. Fourth edition. The Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc. California, 1993, 616 p.

[11] Band, L.E., 1986. Topographic partition of watersheds with digital elevation models. *Water Resour. Res.* 22 (1), 15–24.

[12] Beven, K.J., Kirkby, M.J., 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology/Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. *Hydrol. Sci. J.* 24 (1), 43–69.

[13] Clark, M.P., Nijssen, B., Lundquist, J.D., Kavetski, D., Rupp, D.E., Woods, R.A., Freer, J.E., Gutmann, E.D., Wood, A.W., Brekke, L.D., Arnold, J.R., 2015. A unified approach for process-based hydrologic modeling: 1. Modeling concept. *Water Resour. Res.* 51 (4), 2498–2514.