



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0003464

(51)⁷ **E02B 1/02; G06F 16/29**

(13) **Y**

(21) 2-2019-00313

(22) 06/08/2019

(45) 25/12/2023 429

(43) 25/02/2021 395

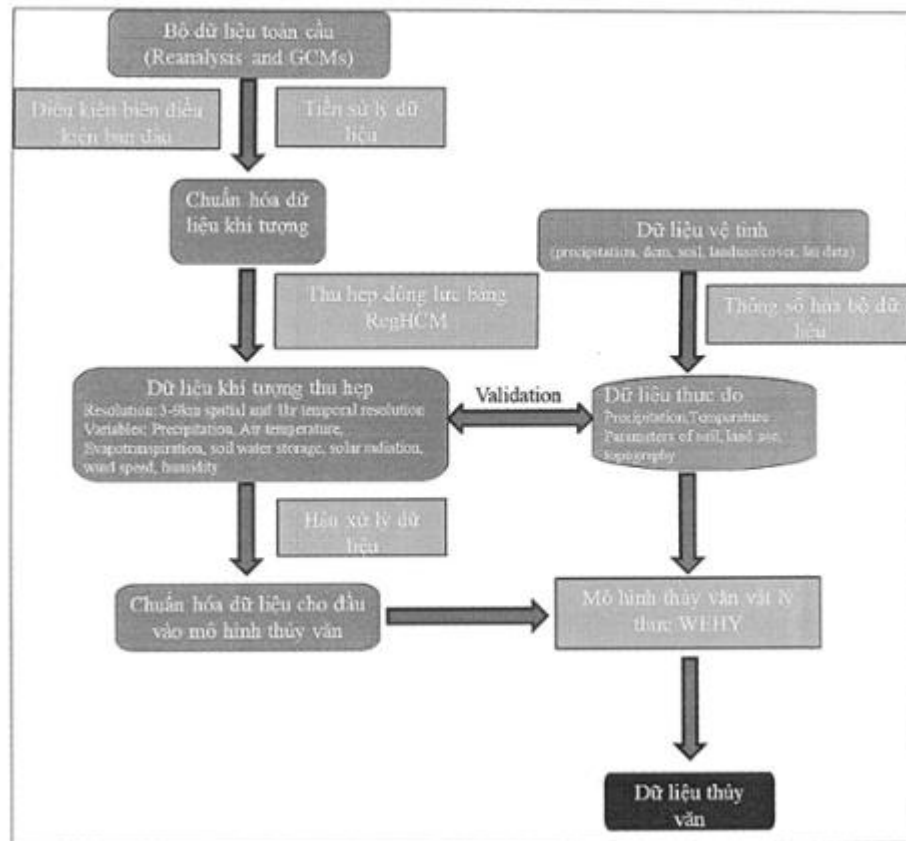
(73) Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển (VN)

Số 1 ngõ 165 phố Chùa Bộc, phường Trung Liệt, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội

(72) Hồ Việt Cường (VN); Nguyễn Thị Ngọc Nhân (VN); Trịnh Quang Toàn (VN).

(54) **PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN SỐ LIỆU DÒNG CHẢY CHO LƯU VỰC SÔNG TRONG
ĐIỀU KIỆN HẠN CHẾ HOẶC KHÔNG CÓ DỮ LIỆU ĐO ĐẶC**

(57) Giải pháp hữu ích đề xuất phương pháp tính toán số liệu dòng chảy cho các lưu vực sông trong điều kiện hạn chế hoặc không có dữ liệu đo đạc sẽ sử dụng các phần mềm mô hình toán động lực kết hợp giữa khí tượng và thủy văn. Đầu vào là các số liệu khí tượng toàn cầu trong quá khứ và tương lai, nhằm tính toán chi tiết hóa các dữ liệu khí tượng thủy văn phục vụ mục đích nghiên cứu. Đặc điểm của các dữ liệu toàn cầu này là liên tục, ổn định, và có thể thu thập được trong một khoảng thời gian đủ dài (100 năm). Để tính toán cho lưu vực sông, các dữ liệu toàn cầu được chi tiết hóa với bước lưới từ 125km xuống 9km trong mô hình thu hẹp vật lý (RegHCM-Dynamical downscaling: *Mô hình khí hậu chi tiết hóa động lực*). Các kết quả sau khi chi tiết hóa sẽ được kiểm định với các dữ liệu thực đo, và các dữ liệu ảnh vệ tinh trong quá khứ. Bộ số liệu này (mưa, nhiệt độ, áp suất, gió, bức xạ...) sẽ được chuẩn hóa và kết hợp với bộ số liệu vật lý mặt đệm trước khi đưa vào tính toán trong mô hình vật lý thủy văn WEHY (Watershed Environmental Hydrology - Mô hình thủy văn môi trường lưu vực) để tiến hành tính toán, khôi phục lưu lượng dòng chảy. Kết quả sau khi khôi phục được kiểm định với các số liệu thực đo tại các trạm thủy văn trên lưu vực. Phương pháp này có thể coi là một giải pháp tối ưu để áp dụng tính toán, khôi phục dữ liệu khí tượng thủy văn trên một lưu vực cụ thể, trong điều kiện hạn chế về số liệu, hay không có số liệu.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích này đề cập đến phương pháp tính toán mô phỏng dữ liệu dòng chảy cho lưu vực sông trong điều kiện hạn chế hoặc không có số liệu đo đạc.

Giải pháp hữu ích đề nghị thuộc lĩnh vực nghiên cứu khí tượng thủy văn và phòng chống, giảm nhẹ thiên tai.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp

Mưa, lũ lớn đang có xu hướng tác động ngày càng nghiêm trọng đến sản xuất, đời sống và môi trường ở Việt Nam. Gần đây ngoài các trận mưa lũ trong thời kỳ mùa lũ, còn xuất hiện các trận lũ trái mùa có liên quan đến các đợt mưa lớn bất thường, và rất khó kiểm soát. Các quy trình vận hành hồ cũng không ứng phó kịp với các tình huống xảy ra. Quá trình hình thành và phát triển mưa lũ là rất phức tạp, do đó đánh giá được quá trình hình thành mưa lũ lớn trong quá khứ và dự báo những biến đổi các đặc trưng này trong tương lai dưới tác động của biến đổi khí hậu là rất cần thiết.

Sông Đà-Thao là 2 phụ lưu lớn nhất của sông Hồng, với diện tích lưu vực là 99.500 km². Lưu vực Đà-Thao bao gồm 2 phần, phần thượng du và hạ du. Phần thượng du thuộc lãnh thổ Trung Quốc với diện tích chiếm khoảng 51%, trong khi phần hạ du thuộc lãnh thổ Việt Nam chỉ chiếm 49%. Trên sông Đà-Thao các trận lũ lớn thường xuất hiện vào tháng VII, VIII, gần đây có những trận mưa lũ bất thường diễn ra vào tháng X, XI. Các hiện tượng thời tiết cực đoan, kết hợp với các điều kiện địa hình, thổ nhưỡng, thảm phủ, hoạt động các hồ chứa gây ra các thiệt hại lớn về người và của cải. Với phần diện tích lưu vực 51% nằm trên lãnh thổ Trung Quốc, và các số liệu quan trắc trên khu vực này không được chia sẻ. Do đó các nghiên cứu trước đây thường gặp rất nhiều khó khăn trong việc đưa ra biện pháp nhằm giảm thiểu các tác động tiêu cực của điều kiện khí tượng thủy văn trên toàn lưu vực.

Để có thể nghiên cứu chi tiết về các điều kiện mưa, lũ trong một khu vực cụ thể thì số liệu khí tượng thủy văn cần phải đảm bảo đủ 4 tiêu chí sau đây: (i) dễ thu thập và dễ truy cập, (ii) dữ liệu phải bao phủ được một khu vực lớn, (iii) dữ liệu phải đủ dài để có thể phục vụ tính toán các chỉ số thống kê, (iv) phải bao gồm được các trận mưa lớn, vừa, và nhỏ trong một khoảng thời gian dài. Tuy nhiên, trong điều kiện số liệu quan trắc của Việt Nam hiện nay, thì các số liệu chưa thể đáp ứng được những điều đó.

Trước các nhu cầu cấp thiết về một hệ thống công cụ tính toán khí tượng thủy văn khép kín, nhằm mô phỏng được điều kiện khí tượng thủy văn chi tiết cho một lưu vực cụ thể, có thể tính toán khôi phục và dự báo điều kiện khí tượng thủy văn trong quá khứ và tương lai, đặc biệt là trong thời kỳ mưa lũ. Nhóm tác giả đã đề xuất một phương pháp tính toán khôi phục số liệu dòng chảy cho các lưu vực sông trong điều kiện hạn chế hoặc không có dữ liệu đo đạc đó là bộ công cụ kết hợp giữa mô hình khí tượng và thủy văn WEHY-HCM (Watershed Environmental Hydrology - Hydro Climate Model: *Mô hình thủy văn môi trường lưu vực - Mô hình khí hậu*). Hệ thống mô hình khí tượng thủy văn kết hợp có thể tính toán khôi phục dữ liệu khí tượng thủy văn trong quá khứ và tương lai với dữ liệu đầu vào là các dữ liệu khí tượng toàn cầu. Phương pháp tính toán khôi phục bộ dữ liệu mưa lũ lớn trên áp dụng trực tiếp cho lưu vực sông Đà-Thao bao gồm cả phần lãnh thổ Trung Quốc.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Bản chất kỹ thuật của phương pháp là việc sử dụng các phần mềm mô hình toán động lực kết hợp giữa khí tượng và thủy văn, với đầu vào là các số liệu khí tượng toàn cầu trong quá khứ và tương lai, nhằm tính toán chi tiết hóa các dữ liệu khí tượng thủy văn.

Đặc điểm của các dữ liệu toàn cầu này là liên tục, ổn định, và có thể thu thập được trong một khoảng thời gian đủ dài (~100 năm). Các dữ liệu toàn cầu được chi tiết hóa với bước lưới từ 125km đến 9km trong các mô hình thu hẹp vật lý (RegHCM-Dynamical downscaling: *Mô hình khí hậu chi tiết hóa động lực*) (<10km). Các kết quả chi tiết hóa sẽ được kiểm định với các dữ liệu thực đo, và các dữ liệu ảnh vệ tinh trong quá khứ, trước khi đưa vào tính toán kiểm định, khôi phục dữ liệu dòng chảy bằng mô hình thủy văn vật lý thực (physically based hydrologic model). Số liệu khí tượng sau khi chi tiết hóa (mưa, nhiệt độ, áp suất, gió, bức xạ...) sẽ được chuẩn hóa, trước khi đưa vào tính toán trong mô hình vật lý thủy văn mặt đệm WEHY (Watershed Environmental Hydrology – Mô hình thủy văn môi trường lưu vực) để tiến hành tính toán khôi phục các quá trình dòng chảy trên toàn bộ lưu vực.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hệ thống kết hợp mô hình khí tượng thủy văn WEHY-HCM;

Hình 2 là dữ liệu Reanalysis cho toàn cầu;

Hình 3 là quá trình thiết lập lưới tính cho lưu vực sông Đà-Thao;

Hình 4 là quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình HCM;

Hình 5 là quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình WEHY;

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Để có thể khôi phục số liệu dòng chảy cho các lưu vực sông trong điều kiện hạn chế hoặc không có số liệu đo đạc, như được thể hiện trên các hình vẽ giải pháp đề xuất phương pháp khôi phục dữ liệu dòng chảy cho lưu vực sông trong điều kiện thiếu hoặc không có số liệu đo đạc, phương pháp này bao gồm các bước:

- *Bước 1: Thu thập dữ liệu toàn cầu.* Bộ dữ liệu toàn cầu bao gồm: số liệu địa hình, dữ liệu thảm phủ, dữ liệu độ che phủ lá cây, dữ liệu đất, dữ liệu khí tượng toàn cầu.

- *Bước 2: Thiết lập mô hình HCM* (Hydro Climate Model – Mô hình khí hậu). Để mô phỏng chi tiết các quá trình khí tượng trên toàn bộ lưu vực sông cần khôi phục dữ liệu, các dữ liệu toàn cầu được chi tiết hóa xuống các ô lưới tính toán nhỏ hơn từ 125km → 81km → 27km → 9km. Các dữ liệu sau khi chi tiết hóa sẽ được xử lý bằng các thư viện hỗ trợ và đưa vào quá trình tính toán mô phỏng khí tượng cho lưu vực sông.

- *Bước 3: Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình HCM* (Hydro Climate Model – Mô hình khí hậu). Kết quả của mô hình là bộ dữ liệu khí tượng trích xuất ở độ phân giải 9km. Bộ dữ liệu này được so sánh với dữ liệu đo đạc tại các trạm khí tượng trên lưu vực có vị trí trùng với ô lưới tính toán. Như được thể hiện trên Hình 2, kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình mưa cho toàn lưu vực sông Đà-Thao phần lãnh thổ Việt Nam cho thấy sự phù hợp giữa quá trình tính toán và thực đo, kết quả hệ số tương quan $R^2 > 0,65$ và hệ số NASH $> 0,6$. Chỉ số trung bình thực đo cũng khá sát với chỉ số

trung bình mô phỏng. Kết quả khá tương đồng giữa tính toán và thực đo, đảm bảo độ tin cậy, có thể sử dụng mô hình này để tính toán mô phỏng các yếu tố khí tượng trên lưu vực sông Thao làm số liệu đầu vào cho các tính toán khôi phục dòng chảy của mô hình thủy văn WEHY.

- *Bước 4: Chuyển hóa dữ liệu đầu ra mô hình HCM kết hợp với điều kiện mặt đệm mô hình WEHY.* Các thông số dữ liệu khí tượng sau khi tính toán được chuyển hóa thành các dạng mã hóa kết hợp miền tính toán của mô hình WEHY với độ phân giải 9km bao phủ toàn bộ lưu vực sông. Số liệu đầu ra của mô hình gồm các thông số khí tượng bao gồm mưa, nhiệt độ theo các tầng khác nhau, gió theo x, theo y, bức xạ ngắn, bức xạ dài, áp suất, độ ẩm,.. Các số liệu này được chuẩn hóa thành các file dữ liệu, mỗi file được mã hóa bằng Fortran ở dạng không định dạng có đuôi là *.unf.

- *Bước 5: Thiết lập mô hình WEHY.* Đầu vào của mô hình bao gồm: dữ liệu địa hình, dữ liệu thảm phủ, dữ liệu đất, độ che phủ lá cây kết hợp với các dữ liệu khí tượng đầu ra của mô hình HCM. Sau khi thiết lập hình dạng lưu vực, các dữ liệu đầu vào được xử lý nhằm thích ứng với miền tính toán trong mô hình WEHY.

- *Bước 6: Hiệu chỉnh kiểm định mô hình WEHY.* Sử dụng bộ số liệu khí tượng trung bình ngày trên toàn lưu vực sông được tính toán từ mô hình HCM làm dữ liệu đầu vào cho các tính toán khôi phục dòng chảy bằng mô hình thủy văn vật lý thực WEHY. Hiệu chỉnh mô hình với số liệu dòng chảy trung bình ngày tại các trạm thủy văn Yên Bái, kiểm định mô hình với chuỗi số liệu dòng chảy tự nhiên.

- *Bước 7: Tính toán khôi phục dữ liệu dòng chảy.* Sau khi kiểm định, mô hình WEHY được áp dụng để tính toán mô phỏng các quá trình dòng chảy trên toàn bộ lưu vực sông, với bước thời gian theo giờ. Số liệu thủy văn ngoài các số liệu về dòng chảy trên sông, còn có số liệu dòng chảy trên các sườn dốc, thậm chí chi tiết hơn có thể phân tích đến độ ẩm trong đất tại tất cả các thời điểm mô phỏng.

Kết quả đạt được của giải pháp hữu ích

Khôi phục dữ liệu dòng chảy cho lưu vực sông trong điều kiện thiếu hoặc không có số liệu đo đạc, áp dụng cho lưu vực sông Đà – Thao bao gồm các bước:

- *Bước 1: Thu thập dữ liệu toàn cầu.* Bộ dữ liệu toàn cầu bao gồm: số liệu địa hình, dữ liệu thảm phủ, dữ liệu độ che phủ lá cây, dữ liệu đất, dữ liệu khí tượng toàn cầu. Bộ dữ liệu được thu thập từ năm 1950 đến nay.

- *Bước 2: Thiết lập mô hình HCM.* Để mô phỏng chi tiết các quá trình khí tượng trên toàn bộ lưu vực sông Đà- Thao, các dữ liệu toàn cầu được chi tiết hóa xuống các ô lưới tính toán nhỏ hơn từ 125km→ 81km→27km→9km. Các dữ liệu sau khi chi tiết hóa sẽ được xử lý bằng các thư viện hỗ trợ và đưa vào quá trình tính toán mô phỏng khí tượng cho lưu vực sông Đà – Thao.

- *Bước 3: Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình HCM.* Kết quả của mô hình là bộ dữ liệu khí tượng trích xuất ở độ phân giải 9km. Bộ dữ liệu này được so sánh với dữ liệu đo đạc tại các trạm khí tượng trên lưu vực có vị trí trùng với ô lưới tính toán. Hiệu chỉnh mô hình với số liệu mưa trung bình tháng tại các trạm Hòa Bình, Lào Cai từ năm 1990-1994. Chọn chuỗi số liệu mưa trung bình tháng tại các trạm Hòa Bình, Lào Cai thời gian từ năm 1995-2000 để kiểm định mô hình. Như được thể hiện trên Hình 2, kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình mưa cho toàn lưu vực sông Đà-Thao phần lãnh

thổ Việt Nam cho thấy sự phù hợp giữa quá trình tính toán và thực đo, kết quả hệ số tương quan $R^2 > 0,65$ và hệ số NASH $> 0,6$. Chỉ số trung bình thực đo cũng khá sát với chỉ số trung bình mô phỏng. Kết quả khá tương đồng giữa tính toán và thực đo, đảm bảo độ tin cậy, có thể sử dụng mô hình này để tính toán mô phỏng các yếu tố khí tượng trên lưu vực sông Thao làm số liệu đầu vào cho các tính toán khôi phục dòng chảy của mô hình thủy văn WEHY.

- *Bước 4: Chuyển hóa dữ liệu đầu ra mô hình HCM kết hợp với điều kiện mặt đệm mô hình WEHY.* Các thông số dữ liệu khí tượng sau khi tính toán được chuyển hóa thành các dạng mã hóa kết hợp miền tính toán của mô hình WEHY với độ phân giải 9km bao phủ toàn bộ lưu vực sông Đà-Thao. Số liệu đầu ra của mô hình gồm các thông số khí tượng bao gồm mưa, nhiệt độ theo các tầng khác nhau, gió theo x, theo y, bức xạ ngắn, bức xạ dài, áp suất, độ ẩm,... Các số liệu này được chuẩn hóa thành các file dữ liệu, mỗi file được mã hóa bằng Fortran ở dạng không định dạng có đuôi là *.unf.

- *Bước 5: Thiết lập mô hình WEHY.* Đầu vào của mô hình bao gồm: dữ liệu địa hình, dữ liệu thảm phủ, dữ liệu đất, độ che phủ lá cây kết hợp với các dữ liệu khí tượng đầu ra của mô hình HCM. Sau khi thiết lập hình dạng lưu vực, các dữ liệu đầu vào được xử lý nhằm thích ứng với miền tính toán trong mô hình WEHY.

- *Bước 6: Hiệu chỉnh kiểm định mô hình WEHY.* Sử dụng bộ số liệu khí tượng trung bình ngày trên toàn lưu vực sông Đà-Thao từ 1900-2014 được tính toán từ mô hình HCM làm dữ liệu đầu vào cho các tính toán khôi phục dòng chảy bằng mô hình thủy văn vật lý thực WEHY. Trên lưu vực sông Thao, hiệu chỉnh mô hình với số liệu dòng chảy trung bình ngày tại trạm thủy văn Yên Bái năm 1985, kiểm định mô hình với chuỗi số liệu dòng chảy tự nhiên từ 1970-1986. Trên lưu vực sông Đà hiệu chỉnh mô hình với chuỗi số liệu dòng chảy trung bình ngày tại trạm Hòa Bình năm 1984; kiểm định mô hình với chuỗi số liệu lưu lượng dòng chảy trung bình tháng từ 1970-1986. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định tại các trạm thủy văn đều cho chỉ số thống kê cao hệ số tương quan $R^2 > 0,8$ và chỉ số NASH $> 0,7$. Kết quả mô phỏng theo quan sát là khá sát với thực đo cả về phần mùa lũ và mùa kiệt, đồng nghĩa với khả năng mô phỏng tốt dòng chảy cho lưu vực của mô hình WEHY.

- *Bước 7: Tính toán khôi phục dữ liệu dòng chảy.* Sau khi kiểm định, mô hình WEHY được áp dụng để tính toán mô phỏng các quá trình dòng chảy trên toàn bộ lưu vực sông Đà-Thao từ 1900-2017, với bước thời gian theo giờ. Số liệu thủy văn ngoài các số liệu về dòng chảy trên sông, còn có số liệu dòng chảy trên các sườn dốc, thậm chí chi tiết hơn có thể phân tích đến độ ẩm trong đất tại tất cả các thời điểm mô phỏng.

Một số kết quả mà phương pháp đã đạt được:

- Bộ dữ liệu mưa và dòng chảy trong quá khứ được tính toán khôi phục lại trên toàn bộ lưu vực sông Đà-Thao (bao gồm cả phần thượng nguồn lưu vực thuộc lãnh thổ Trung Quốc) từ năm 1900 đến năm 2017.

- Bộ dữ liệu tính toán dự báo diễn biến lượng mưa, dòng chảy trong tương lai cho toàn bộ lưu vực sông Đà-Thao (2019-2100) theo các kịch bản biến đổi khí hậu CMIP5 và kịch bản BĐKH công bố năm 2016 của Việt Nam.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp tính toán số liệu dòng chảy cho các lưu vực sông trong điều kiện hạn chế hoặc không có dữ liệu đo đạc là phương pháp sử dụng các phần mềm mô hình toán động lực kết hợp giữa khí tượng và thủy văn, với đầu vào là các số liệu liệu khí tượng toàn cầu trong quá khứ và tương lai, nhằm tính toán chi tiết hóa các dữ liệu khí tượng thủy văn phục vụ mục đích nghiên cứu, phương pháp này bao gồm các bước:

- Bước 1: thu thập dữ liệu toàn cầu, bộ dữ liệu toàn cầu bao gồm: số liệu địa hình, dữ liệu thảm phủ, dữ liệu độ che phủ lá cây, dữ liệu đất, dữ liệu khí tượng toàn cầu;

- Bước 2: thiết lập mô hình HCM (Hydro-Climate Model - Mô hình khí hậu), để mô phỏng chi tiết các quá trình khí tượng trên toàn bộ lưu vực sông cần khôi phục dữ liệu, các dữ liệu toàn cầu được chi tiết hóa xuống các ô lưới tính toán nhỏ hơn từ 125km→81km→27km→9km, các dữ liệu sau khi chi tiết hóa sẽ được xử lý bằng các thư viện hỗ trợ và đưa vào quá trình tính toán mô phỏng khí tượng cho lưu vực sông;

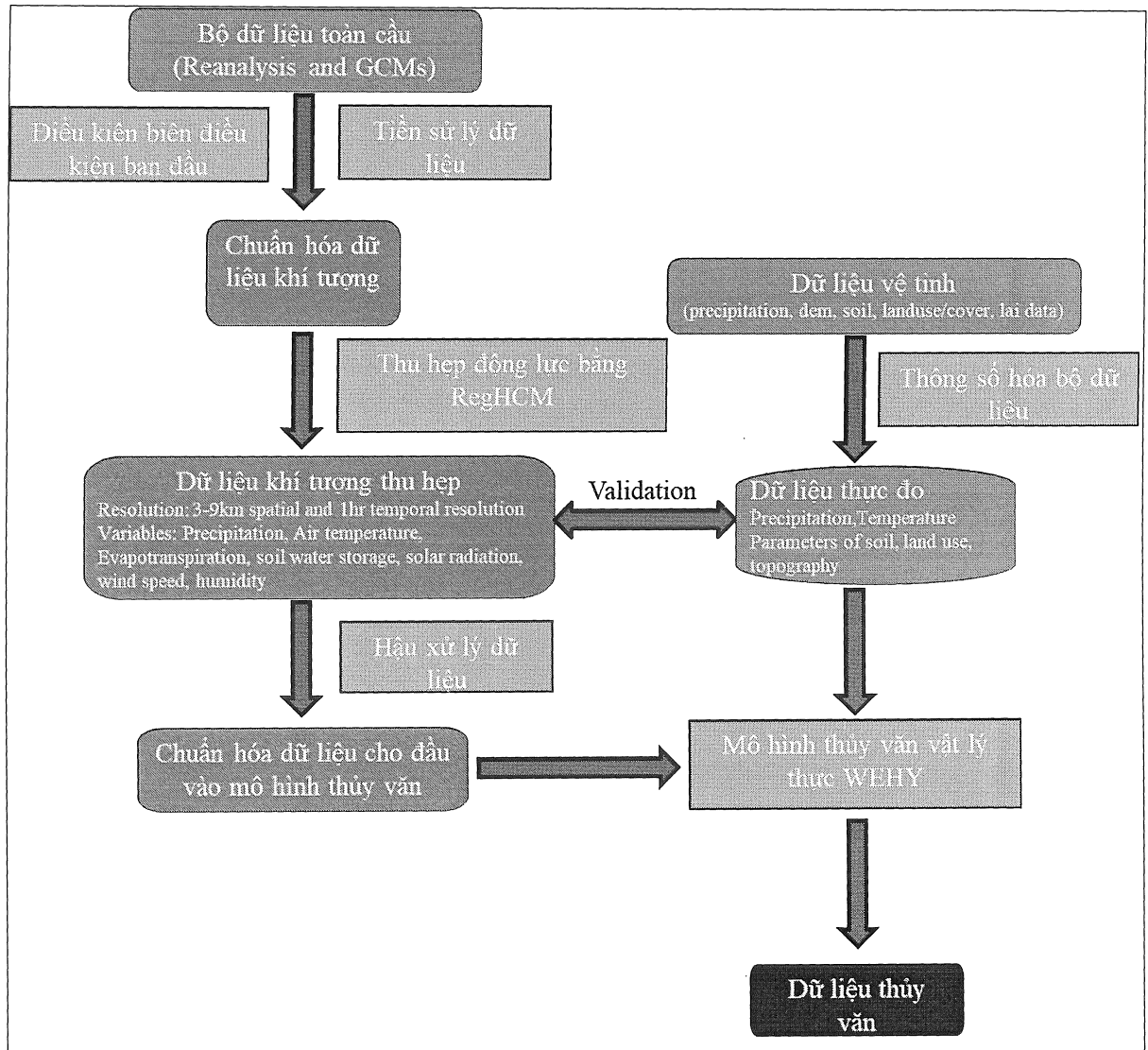
- Bước 3: hiệu chỉnh và kiểm định mô hình HCM. Kết quả của mô hình là bộ dữ liệu khí tượng trích xuất ở độ phân giải 9km. Bộ dữ liệu này được so sánh với dữ liệu đo đạc tại các trạm khí tượng trên lưu vực có vị trí trùng với ô lưới tính toán, sử dụng mô hình này để tính toán mô phỏng các yếu tố khí tượng trên lưu vực sông làm số liệu đầu vào cho các tính toán khôi phục dòng chảy của mô hình thủy văn WEHY (Watershed Environmental Hydrology - Mô hình thủy văn mô trường lưu vực);

- Bước 4: chuyển hóa dữ liệu đầu ra mô hình HCM kết hợp với điều kiện mặt đệm mô hình WEHY, các thông số dữ liệu khí tượng sau khi tính toán được chuyển hóa thành các dạng mã hóa kết hợp miền tính toán của mô hình WEHY với độ phân giải 9km bao phủ toàn bộ lưu vực sông, số liệu đầu ra của mô hình gồm các thông số khí tượng bao gồm mưa, nhiệt độ theo các tầng khác nhau, gió theo x, theo y, bức xạ ngắn, bức xạ dài, áp suất, độ ẩm, các số liệu này được chuẩn hóa thành các file dữ liệu, mỗi file được mã hóa bằng Fortran ở dạng không định dạng có đuôi là *.unf;

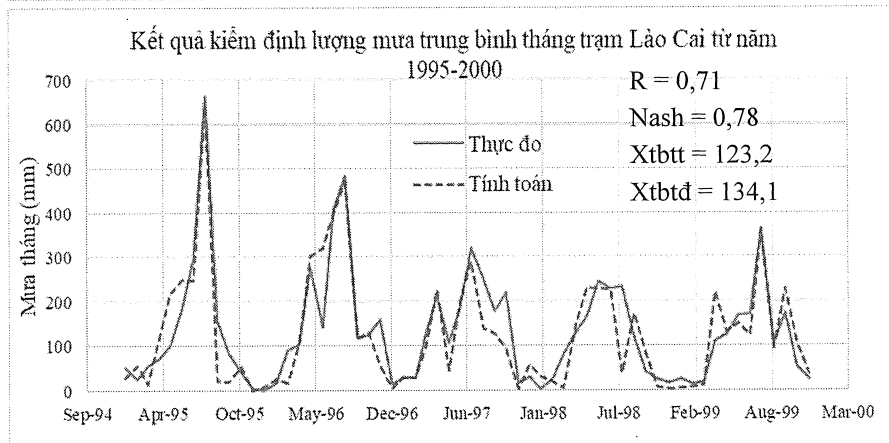
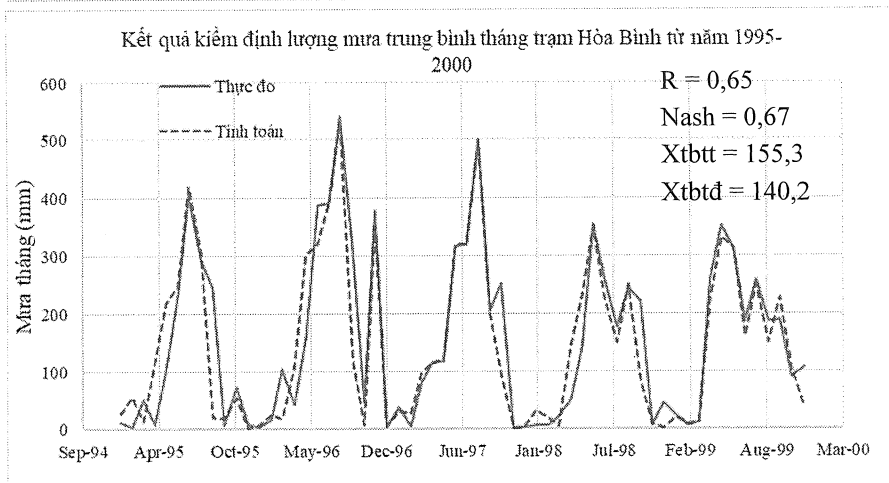
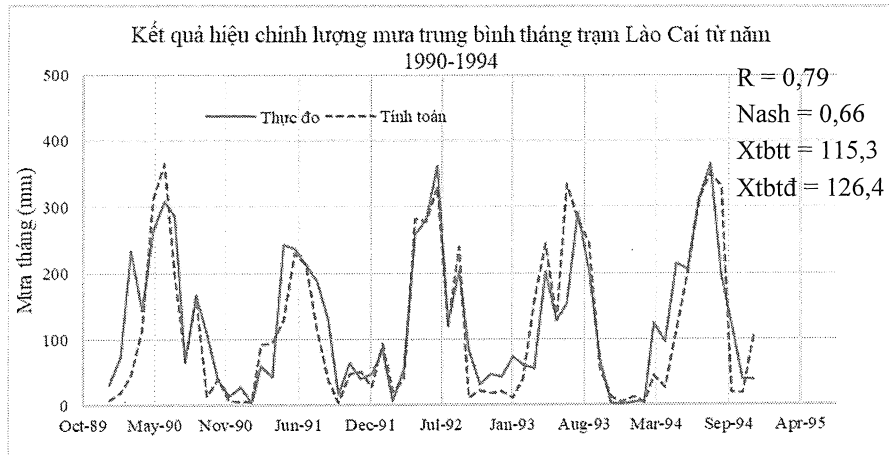
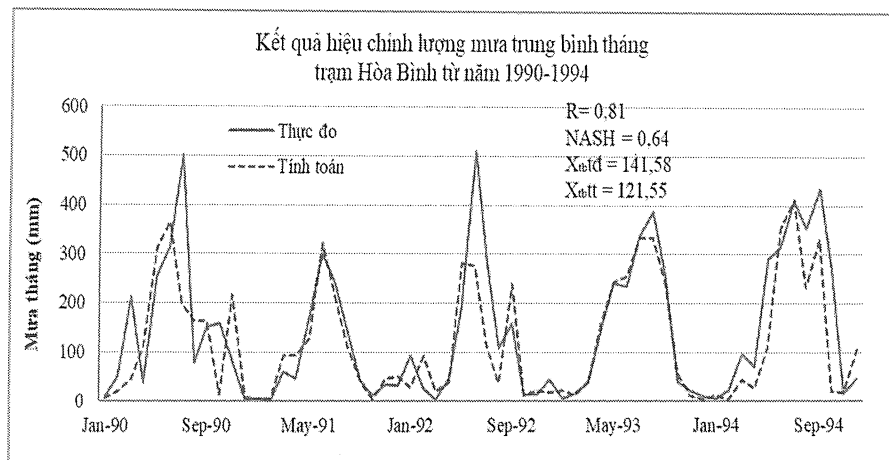
- Bước 5: thiết lập mô hình WEHY, đầu vào của mô hình bao gồm: dữ liệu địa hình, dữ liệu thảm phủ, dữ liệu đất, độ che phủ lá cây kết hợp với các dữ liệu khí tượng đầu ra của mô hình HCM, sau khi thiết lập hình dạng lưu vực, các dữ liệu đầu vào được xử lý nhằm thích ứng với miền tính toán trong mô hình WEHY;

- Bước 6: hiệu chỉnh kiểm định mô hình WEHY, sử dụng bộ số liệu khí tượng trung bình ngày trên toàn lưu vực sông được tính toán từ mô hình HCM làm dữ liệu đầu vào cho các tính toán khôi phục dòng chảy bằng mô hình thủy văn vật lý thực WEHY; trên lưu vực sông, hiệu chỉnh mô hình với số liệu dòng chảy trung bình ngày tại các trạm thủy văn, kiểm định mô hình với chuỗi số liệu lưu lượng dòng chảy trung bình tháng;

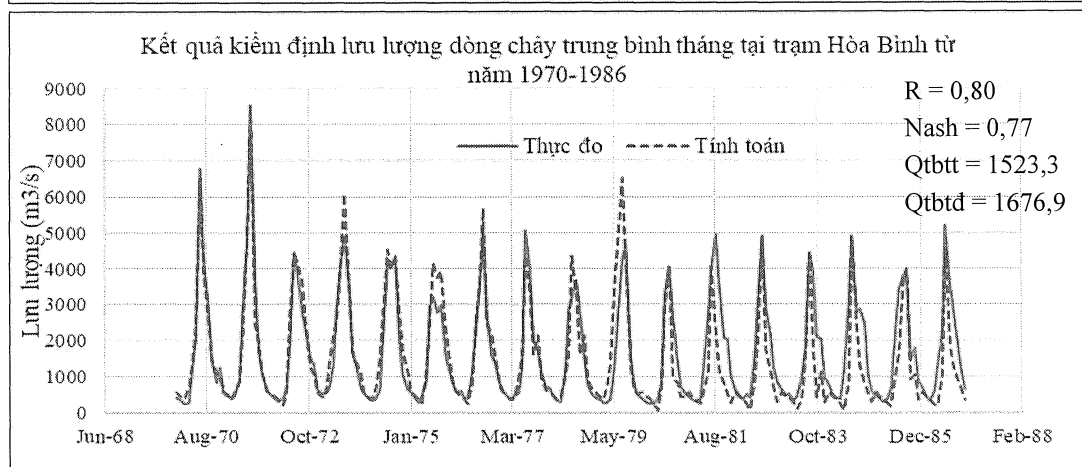
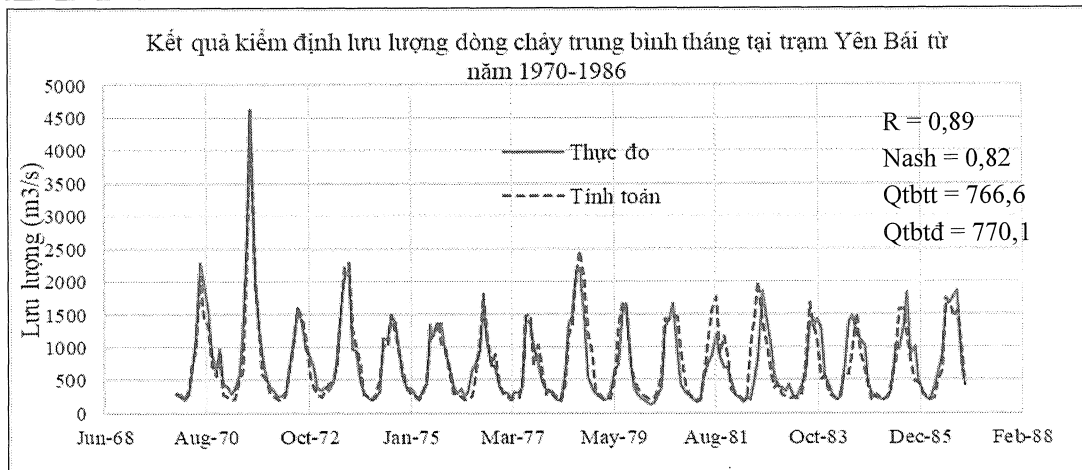
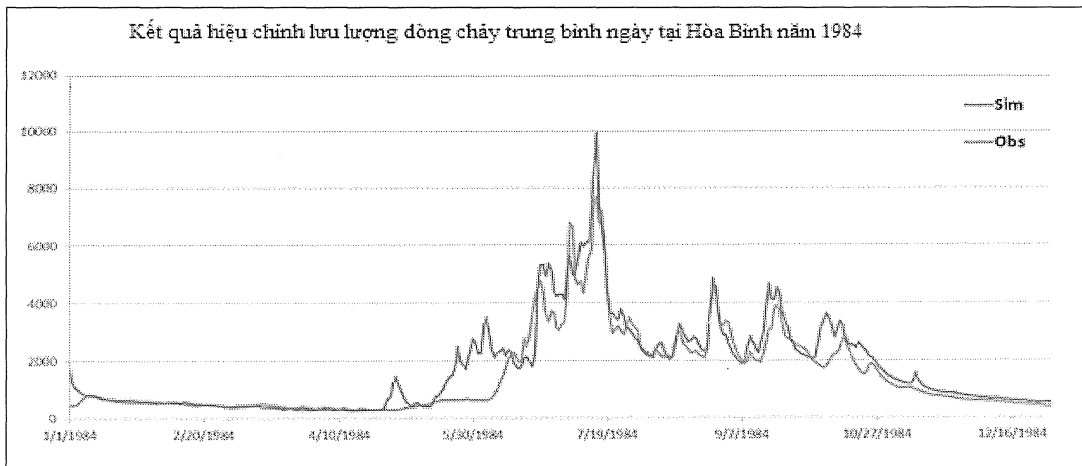
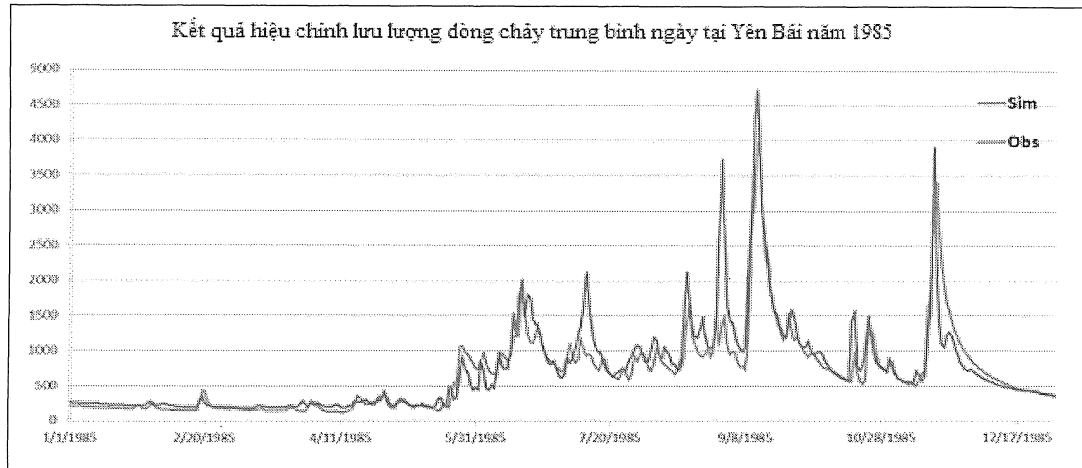
- Bước 7: tính toán khôi phục dữ liệu dòng chảy, sau khi kiểm định, mô hình WEHY được áp dụng để tính toán mô phỏng các quá trình dòng chảy trên toàn bộ lưu vực sông với bước thời gian theo giờ, số liệu thủy văn ngoài các số liệu về dòng chảy trên sông, còn có số liệu dòng chảy trên các sườn dốc, thậm chí chi tiết hơn có thể phân tích đến độ ẩm trong đất tại tất cả các thời điểm mô phỏng.



Hình 1



Hình 2



Hình 3.