

ỨNG DỤNG TỔNG HỢP CÁC MÔ HÌNH THỦY VĂN-THỦY LỰC DỰ BÁO LŨ SÔNG HƯƠNG

PGS.TS. Nguyễn Hữu Khải, Trần Anh Phương
Đại học Quốc gia Hà Nội

Lưu vực sông Hương cũng như các lưu vực sông miền Trung khác có phần thượng lưu dốc và ngắn, tập trung nước nhanh, còn phần hạ lưu tương đối bằng phẳng, thoát lũ chậm lại chịu ảnh hưởng của thủy triều. Vì vậy, cần có sự kết hợp của các mô hình thủy văn, thủy lực trong tính toán và dự báo lũ. Bài báo này trình bày những kết quả ứng dụng tổng hợp các mô hình HEC-GeoHMS, HEC-HMS và HEC-RAS để tính toán dự báo lũ sông Hương. Với các trận lũ lớn từ năm 1999 đến 2004 kết quả rất khả quan, mức bảo đảm xấp xỉ 90%, sai số đỉnh trong phạm vi 5%. Mô hình cũng cho phép nghiên cứu tác động của việc sử dụng đất đến diễn biến lũ sông Hương.

1. Đặc điểm địa lý tự nhiên sông Hương

Sông Hương là con sông lớn nhất thuộc tỉnh Thừa Thiên - Huế, diện tích 2830 km² chiếm 56% diện tích toàn tỉnh, hệ thống sông Hương do ba con sông nhánh lớn hợp thành là sông Tả Trạch, sông Hữu Trạch và sông Bồ. Sông Tả Trạch được coi là thượng lưu sông Hương, bắt nguồn từ vùng núi Mang (1.708m) ở sườn tây của dãy Bạch Mã, sông Tả Trạch và Hữu Trạch gặp nhau tại ngã ba Tuần cách thành phố Huế 10km về phía thượng lưu sau đó chảy xuôi xuống ngã ba Sinh cách thành phố Huế 8km về phía bắc tiếp nhận thêm nhánh sông Bồ rồi chuyển hướng nam bắc đổ ra biển ở cửa Thuận An.

Bảng 1.1. Đặc trưng hình thái lưu vực sông Hương

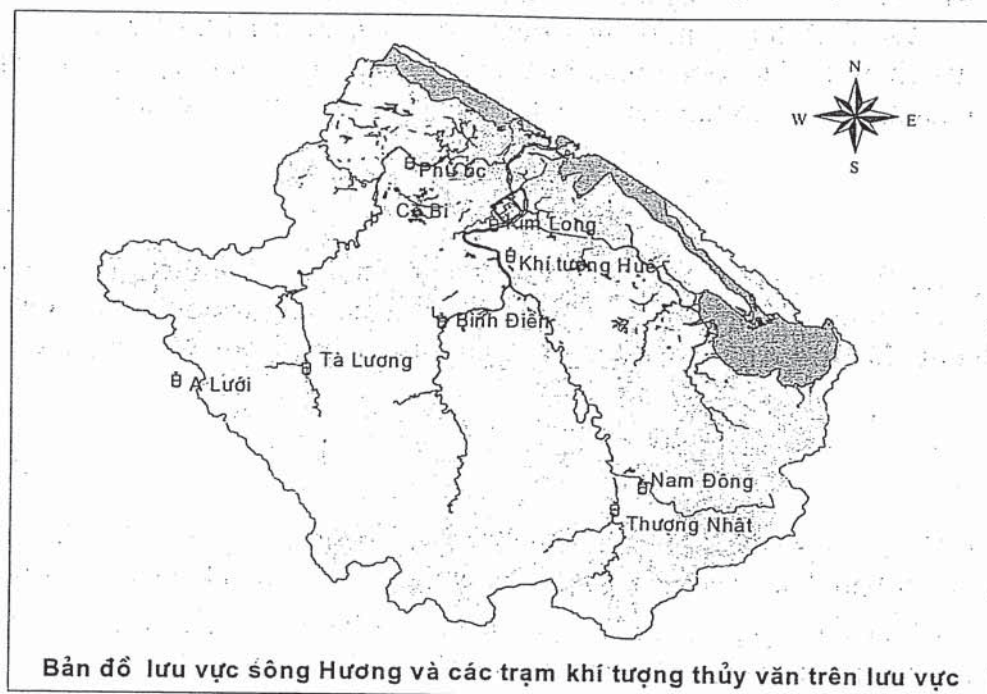
Sông	Diện tích lưu vực (km ²)	Chiều dài sông (km)	Đặc trưng trung bình				
			Độ cao (m)	Hệ số uốn khúc	Chiều rộng(m)	Độ dốc (%)	Mật độ lưới sông
Hương	2380	104	330	1,65	44,6	28,5	0,60
Hữu Trạch	729	51	326	1,51	14,6	29,0	0,64
Bồ	938	94	384	1,85	12,7	27,4	0,64

Về khí hậu, sông Hương nằm trong khu vực nhiệt đới nên lưu vực chịu ảnh hưởng một chế độ bức xạ phong phú và có nền nhiệt độ tương đối cao, đặc biệt lượng mưa rất lớn, mưa lũ lớn thường chịu ảnh hưởng đơn lẻ hoặc kết hợp của nhiều hình thái thời tiết bao gồm: bão hoặc áp thấp nhiệt đới, gió mùa đông bắc, gió đông và hội tụ nhiệt đới.

Về đặc điểm lũ trên lưu vực, do địa hình có độ dốc lớn, đồng bằng chỉ là một dải hẹp, thấp, trũng nên tốc độ tập trung nước vào trong sông suối rất nhanh, tốc độ truyền lũ từ thượng lưu về hạ lưu rất lớn. Hạ lưu địa hình thấp, tương đối bằng phẳng tốc độ truyền lũ nhỏ, thoát lũ chậm gây ngập úng lớn trong nhiều ngày, thời gian lũ thường tập trung vào tháng X, XI do lượng mưa lớn tập trung trong thời gian ngắn sinh ra.

Đường quá trình lũ trên các sông miền núi thường có đỉnh nhọn trong khi trên các sông đồng bằng đường quá trình lũ thường gồm nhiều đỉnh, đỉnh lũ bẹt.

Đặc điểm lũ như vậy cũng cho thấy sự cần thiết phải kết hợp mô hình thủy văn, thủy lực trong bài toán tính toán, dự báo lũ sông Hương. Đây cũng là đặc điểm chung của các lưu vực sông miền Trung, ở đây tác giả sử dụng mô hình HEC-HMS cho phần thượng lưu và HEC-RAS cho phần hạ lưu sông.



2. Khái quát các mô hình HEC-GEOHMS, HEC-HMS, HEC-RAS

a. Mô hình HEC-GeoHMS

Mô hình HEC-GeoHMS dựa vào bản đồ địa hình, bản đồ đất và sử dụng đất trên lưu vực cho phép xây dựng mạng lưới sông suối trên lưu vực, các đặc trưng vật lý của nó và xác định các thông số cơ bản phục vụ mô hình HEC-HMS như chỉ số CN và thời gian tập trung nước trên lưu vực. Các bước thực hiện trong HEC-GeoHMS như sau:

- Địa hình: sử dụng số liệu địa hình dạng DEM (digital elevation model) là số liệu đầu vào, xử lý địa hình bao gồm các bước tính toán để thu được mạng lưới sông cũng như xác định lưu vực của từng sông.

- Xác định các đặc trưng lưu vực: dựa vào hệ thống sông suối vừa được xác định ở bước trên mô hình sẽ xác định các đặc trưng vật lý của lưu vực: chiều dài sông, độ dốc sông, diện tích lưu vực, trung tâm lưu vực, độ dốc lưu vực, đường dòng chảy dài nhất ...

- Ước lượng các thông số thủy văn: chỉ số CN, thời gian tập trung nước của lưu vực dựa trên các thông tin về địa hình, đất và sử dụng đất trên lưu vực.

- Chuyển các kết quả sang mô hình HEC-HMS

b. Mô hình HEC-HMS

Mô hình HEC-HMS được xây dựng để mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy tạo nên từ mưa trên lưu vực bằng cách chia lưu vực thành các lưu vực con và các đoạn sông con. Các lưu vực con được diễn toán từ mưa theo các bước như sau:

- Xác định lượng mưa bình quân trên lưu vực: dựa theo số liệu trạm mưa và trọng số của chúng do người sử dụng mô hình đưa vào.
- Xác định lượng mưa hiệu quả: trong mô hình HEC- HMS có nhiều cách lựa chọn để tính lượng mưa hiệu quả, bài báo này sử dụng phương pháp SCS. Phương pháp SCS tính lượng mưa hiệu quả theo công thức sau:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2.1)$$

Trong đó: P_e - lượng mưa lũy tích vượt thấm (mm) tại thời điểm t ; P - lượng mưa lũy tích tại thời điểm t ; và S - lượng trữ tiềm năng của lưu vực (mm) là đại lượng đặc trưng cho khả năng trữ ẩm của lưu vực và được xác định như sau:

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} \quad (2.2)$$

Giá trị CN là chỉ số đặc trưng cho điều kiện mặt đệm lưu vực tại thời điểm diễn toán lũ, CN phụ thuộc vào: loại đất, thảm phủ, thực vật, điều kiện ẩm kỳ trước.

- Chuyển lượng mưa hiệu quả thành lưu lượng tại cửa ra của mỗi lưu vực: ở đây tác giả sử dụng đường đơn vị không thứ nguyên SCS.
- Diễn toán trên kênh: sử dụng phương pháp Muskingum để thực hiện nhiệm vụ này theo công thức sau:

$$O_t = \left(\frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X) + \Delta t} \right) I_t + \left(\frac{\Delta t + 2KX}{2K(1-X) + \Delta t} \right) I_{t-1} + \left(\frac{2K(1-X) - \Delta t}{2K(1-X) + \Delta t} \right) O_{t-1} \quad (2.3)$$

Trong đó: I , O - lần lượt là lưu lượng vào và ra khỏi đoạn sông; S - lượng trữ của đoạn sông; các chỉ số dưới t , $t-1$ - ký hiệu chỉ các thời điểm t , $t-1$; K - thời gian chuyển động của sóng lũ trên sông, X - nhân tố trọng số không thứ nguyên ($0 \leq X \leq 0.5$).

c. Mô hình HEC-RAS

Mô hình HEC-RAS được xây dựng để thực hiện các tính toán thủy lực một chiều cho cả hệ thống kênh tự nhiên và kênh nhân tạo bao gồm diễn toán dòng ổn định và không ổn định trong mạng lưới sông. Đối với diễn toán lũ, thường sử dụng diễn toán dòng không ổn định. Diễn toán dòng không ổn định trong sông dựa trên việc giải hệ phương trình Saint-Venant :

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \quad (2.4)$$

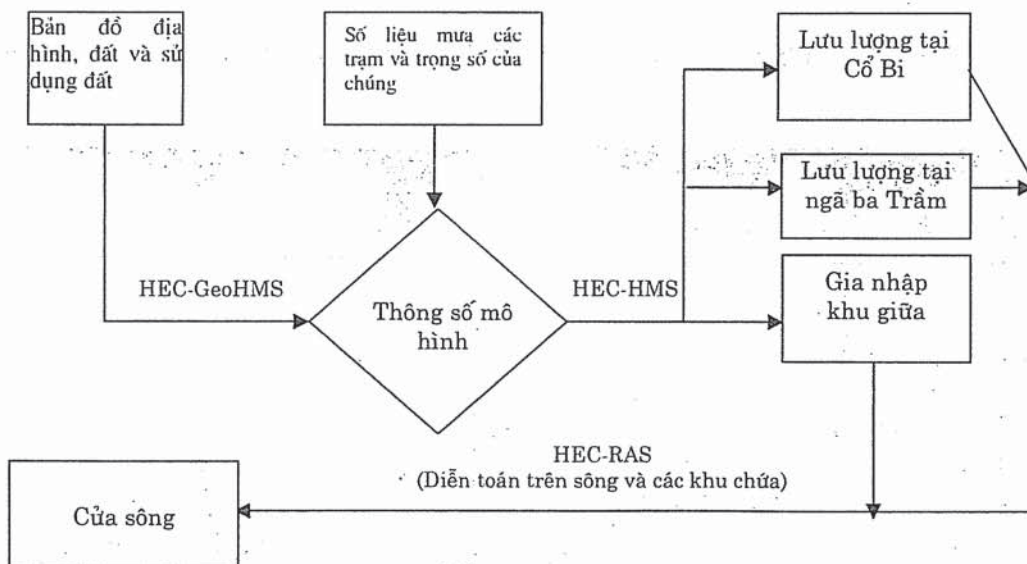
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (2.5)$$

Trong đó: Q - lưu lượng chuyển qua mặt cắt ngang; q_i - lượng gia nhập khu giữa trên mỗi đơn vị chiều dài; A_T - tổng diện tích mặt cắt ngang; A - diện tích mặt cắt ngang hoạt động; V - lưu tốc dòng chảy trung bình mặt cắt; S_f - độ dốc ma sát; z - cao độ đáy. HEC-RAS sai phân hóa hệ phương trình Saint-Venant với sơ đồ sai phân ẩn 4 điểm và giải cho kết quả tại từng nút (x,t) .

3. Kết quả ứng dụng tổng hợp các mô hình

a. Kết hợp các mô hình trong dự báo lũ sông Hương

Như trên đã nói với đặc điểm địa hình đặc trưng cho hệ thống các sông miền Trung thì việc kết hợp các mô hình thủy văn, thủy lực là một yêu cầu khách quan trong tính toán, dự báo lũ sông Hương. Trong bài báo này các mô hình được sử dụng là HEC-HMS, HEC-RAS và HEC-GeoHMS, trong đó HEC-GeoHMS là mô hình phụ trợ của HEC-HMS, dựa vào bản đồ địa hình và đặc điểm lớp phủ lưu vực tìm ra các thông số của mô hình HEC-HMS. Mô hình HEC-HMS nhận các thông số tạo ra từ HEC-GeoHMS thực hiện diễn toán mưa - dòng chảy trên sông Hương từ thượng lưu về đến ngã ba Tuần, trên sông Bồ từ thượng lưu về trạm Cổ Bi. HEC-RAS lấy kết quả đầu ra của mô hình HEC-HMS tại ngã ba Tuần và trạm Cổ Bi, sau đó diễn toán trên hệ thống sông đến cửa sông với biên dưới là các biên triều tại cửa ra các sông.



Hình 3.1. Sơ đồ mô phỏng lưu vực sông Hương dựa theo sự kết hợp ba mô hình

b. Số liệu đầu vào

- Mô hình HEC-GeoHMS: tác giả sử dụng bản đồ địa hình (DEM) và kết hợp với bản đồ phân loại đất, sử dụng đất của tỉnh Thừa Thiên - Huế, sau đó trích các thông tin liên quan đến lưu vực sông Hương.

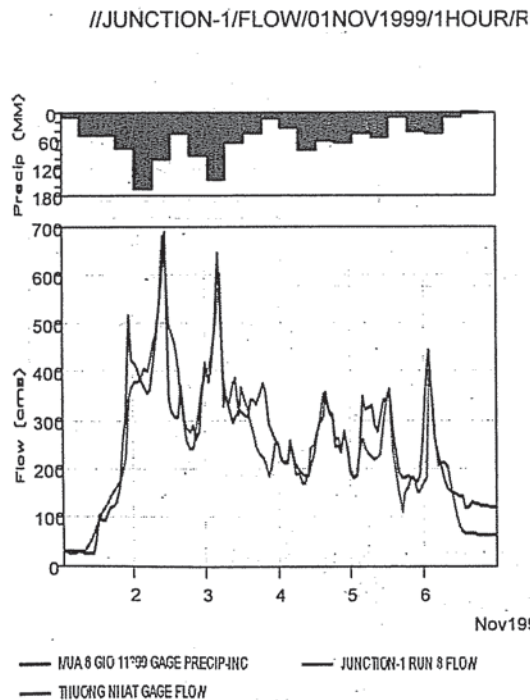
- Mô hình HEC-HMS: số liệu về các trận mưa lũ lớn từ năm 1999 đến năm 2005, ở đây chỉ đưa ra kết quả hai trận lũ lớn nhất là trận lũ XI/1999 và XI/2004 tại các trạm đo mưa trên lưu vực và trọng số của chúng: Thượng Nhật, Nam Đông, Huế, Tà Lương, Kim Long, A Lưới, Phú Ốc với thời đoạn 6 giờ. Các thông số được lấy từ kết quả phân tích không gian bằng mô hình HEC-GeoHMS.

- Mô hình HEC-RAS: số liệu mặt cắt ngang phần hạ lưu sông Hương, sông Bồ, Nham Biều, Lợi Nông, Đập Đá. Tại mỗi mặt cắt cần có hệ số nhám Manning tại bãi trái, bãi phải và lòng chính, thông tin này được lấy dựa vào các thông tin mặt đệm sông. Mô hình sử dụng 5 khu chứa của sông Hương, sông Bồ, Nham Biều, Đập Đá, Lợi Nông, thông tin về quan hệ mực nước- thể tích các khu chứa được lấy từ bản đồ địa hình.

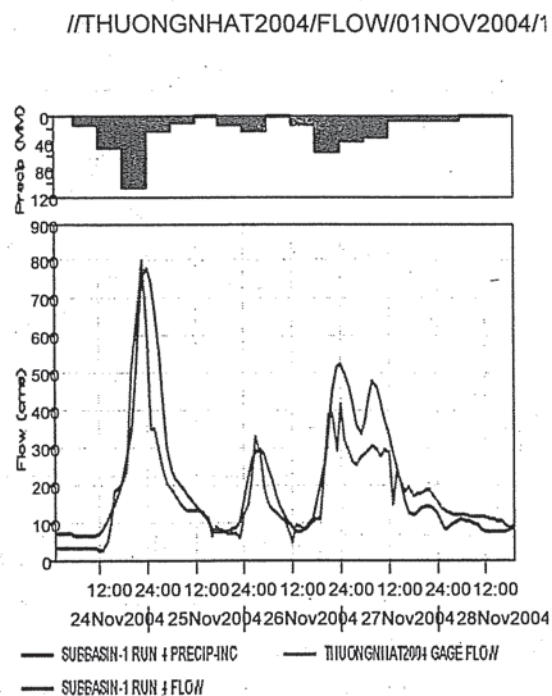
Điều kiện biên: biên trên là lưu lượng tại ngã ba Tuần và trạm Cỏ Bi được lấy từ đầu ra mô hình HEC-HMS, biên dưới là ba biên mực nước Tân Mỹ, Cống Quan, An Xuân. Điều kiện biên nội là lưu lượng được diễn toán bằng mô hình HEC-HMS ở phần hạ lưu sông Hương, sông Bồ. Điều kiện ẩm đầu là giá trị lưu lượng tại các sông ở thời điểm ban đầu.

c. Kết quả mô phỏng trận lũ XI/1999 và XI/2004

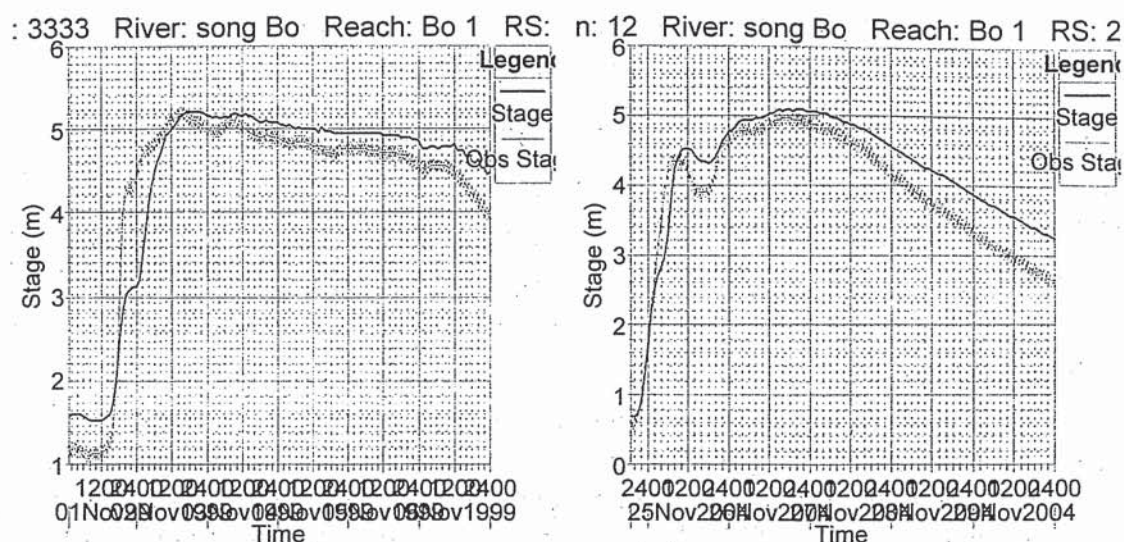
Sau đây là kết quả mô phỏng trận lũ XI/1999 và XI/2004 tại các trạm Thượng Nhật, Cỏ Bi, ngã ba Tuần và Kim Long theo các phương án (hình 3.2-3.7, bảng 3.1-3.2).



Hình 3.2. Quá trình lũ trận lũ XI/1999 tại Thượng Nhật

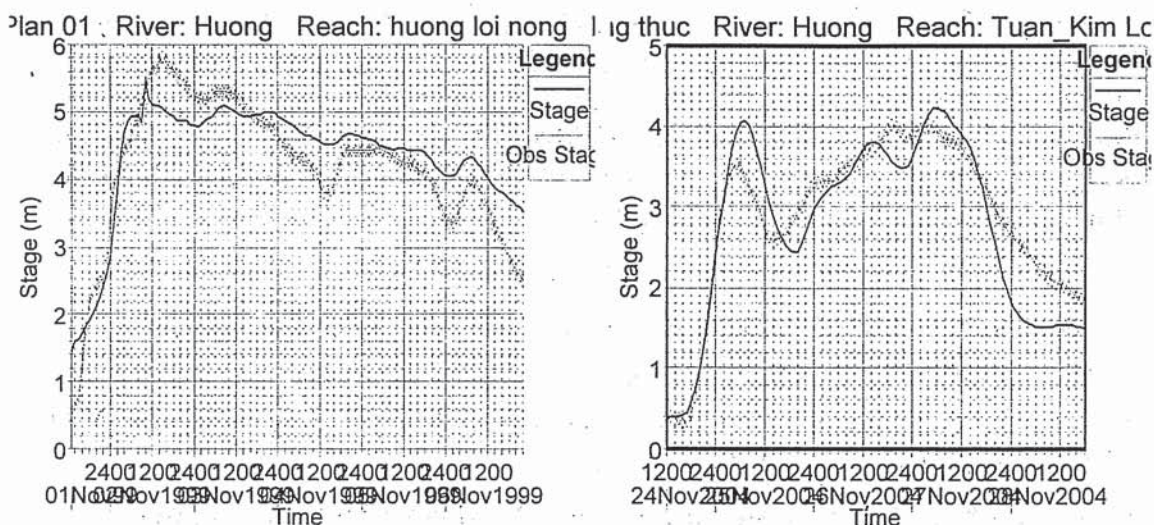


Hình 3.3. Quá trình lũ trận lũ tháng XI/2004 tại Thượng Nhật



Hình 3.4. Quá trình lũ trận lũ
XI/1999 tại Phú Ốc

Hình 3.5. Quá trình lũ trận lũ
XI/2004 tại Phú Ốc



Hình 3.6. Quá trình lũ trận lũ
XI/1999 tại Kim Long

Hình 3.7. Quá trình lũ trận lũ tháng
XI/2004 tại Kim Long

Bảng 3.1. Kết quả diễn toán trận lũ XI/1999
tại Thượng Nhật, Phú Ốc, Kim Long

Trạm thủy văn	Mức đảm bảo	Sai số đỉnh	S/ σ
Trạm Thượng Nhật	93%	2%	0,41
Trạm Phú ốc	95%	4%	0,4
Trạm Kim Long	89%	5.7%	0,43

Bảng 3.2. Kết quả diễn toán trận lũ XI/2004
tại Thượng Nhật, Phú Ốc, Kim Long

Trạm thủy văn	Mức đảm bảo	Sai số đỉnh	S/ σ
Trạm Thượng Nhật	95%	5%	0,43
Trạm Phú ốc	91%	3%	0,44
Trạm Kim Long	86%	5.4%	0,4

4. Nhận xét

Như vậy, với việc kết hợp ba mô hình HEC-GeoHMS, HEC-HMS, HEC-RAS bài toán dự báo lũ sông Hương đã được giải quyết khá thành công, trong đó dựa vào khả năng phân tích không gian của mô hình HEC-GeoHMS các thông số của mô hình HEC-HMS được tìm dựa trên điều kiện mặt đệm của lưu vực có ý nghĩa vật lý rõ rệt và cho kết quả đáng tin cậy. Kết quả nghiên cứu này là việc sử dụng ưu thế của mô hình thủy văn HEC- HMS khi diễn toán mưa - dòng chảy trên vùng thượng lưu, sử dụng kết hợp với mô hình thủy lực HEC-RAS ở vùng hạ lưu của lưu vực xét tới tính phức tạp của lòng sông và ảnh hưởng của thủy triều lên các quá trình lũ. Ngoài ra, HEC có khả năng khi tự liên kết thông qua hệ thống chứa dữ liệu DSS, khi sử dụng kết hợp các mô hình không cần xây dựng phần mềm bổ trợ. Sử dụng kết hợp các mô hình thủy văn - thủy lực và công nghệ GIS (mô hình HEC-GeoHMS) cho phép nghiên cứu tác động của mặt đệm và sử dụng đất đến chế độ lũ sông Hương. Tuy nhiên, do khuôn khổ bài báo nên tác giả không trình bày ở đây.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Văn Tuấn, Đoàn Quyết Trung, Bùi Văn Đức. Dự báo thủy văn. Giáo trình ĐHQGN, Hà Nội, 1998.
2. Nguyễn Viết Phổ, Vũ Văn Tuấn, Trần Thanh Xuân. Tài nguyên nước Việt Nam, NXB Khoa học kỹ thuật, 2001.
3. Vente Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays. Thủy văn ứng dụng (Đỗ Thành dịch), NXB Giáo dục, 1994.
4. US Army Corps of Engineers. Hydrology Model System HEC-HMS. Users' Manual, 2001.
5. US Army Corps of Engineers. Hydrology Model System HEC-HMS. Technical Reference Manual, 2000.
6. US Army Corps of Engineers. Geospatial hydrologic Modeling Extension HEC-GeoHMS. User's Manual, 2002.
7. US Army Corps of Engineers. HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual, 2002.