

# ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HEC-HMS VÀ HEC-RAS NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG DÒNG CHẢY LŨ LƯU VỰC SÔNG HƯƠNG

Nguyễn Đình<sup>1</sup>, Nguyễn Hoàng Sơn<sup>1</sup>, Lê Đình Thành<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Lưu vực sông Hương có tài nguyên nước dồi dào, đóng vai trò quyết định trong sự phát triển kinh tế, xã hội và bảo vệ môi trường của tỉnh Thừa Thiên Huế. Điều kiện tự nhiên lưu vực sông Hương đặc thù với toàn bộ diện tích lưu vực nằm trọn trong tỉnh, có hệ thống đâm phá Tam Giang – Cầu Hai lớn nhất nước và chế độ thủy triều với biên độ thấp nhất nước. Những năm gần đây trên lưu vực sông Hương đã và đang phát triển nhiều công trình thủy lợi, thủy điện lớn như Bình Điền, Tả Trạch, Hương Điền làm ảnh hưởng đến chế độ dòng chảy sông Hương. Trong nghiên cứu này hai mô hình thủy văn, thủy lực HEC-HMS và HEC-RAS được ứng dụng để nghiên cứu mô phỏng dòng chảy lũ lưu vực sông Hương, các kết quả cho thấy khả năng ứng dụng hai mô hình này là khá tốt, có thể sử dụng để đánh giá các tác động của việc xây dựng các hồ chứa đến dòng chảy hạ lưu.

**Từ khóa:** sông Hương; chỉ số NASH; hiệu chỉnh mô hình; kiểm định mô hình

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Lưu vực sông Hương có tầm quan trọng bậc nhất đối với tỉnh Thừa Thiên Huế. Tài nguyên nước mặt lưu vực sông Hương rất phong phú nhưng phân bố rất không đều trong năm tạo ra những khó khăn trong khai thác sử dụng nước phục vụ phát triển kinh tế - xã hội cho cả tỉnh Thừa Thiên Huế. Vì vậy, hiện nay trên lưu vực sông Hương đã và đang xây dựng nhiều hồ chứa thủy lợi - thủy điện lớn như hồ Tả Trạch, Bình Điền, Hương Điền.

Bên cạnh những lợi ích to lớn, các hồ chứa thủy lợi - thủy điện làm thay đổi chế độ dòng chảy, ảnh hưởng đến việc khai thác sử dụng và quản lý tài nguyên nước, môi trường sinh thái trên lưu vực. Sự thay đổi chế độ dòng chảy của sông Hương, đặc biệt là dòng chảy lũ có những tác động rất lớn và trực tiếp đến tình hình ngập lụt ở thành phố Huế cũng như vùng đồng bằng hạ lưu, ảnh hưởng đến hệ sinh thái đa dạng và độc đáo ở vùng đâm phá Tam Giang- Cầu Hai cũng như khả năng cung cấp nước ngọt cho các nhu cầu phát triển kinh tế- xã hội của hơn 70% dân số cả tỉnh Thừa Thiên Huế. Ngoài ra, sự thay đổi dòng chảy sông Hương còn tác động lớn đến cảnh quan môi trường, các di sản văn hóa thế giới đã được xếp hạng trong lưu vực. Do vậy để có thể quản lý và khai thác tài nguyên nước lưu vực sông Hương hiệu quả hơn cần xác định những thay đổi dòng chảy hạ lưu sông Hương do tác động của hệ thống hồ chứa. Bài báo này trình bày kết quả ứng dụng bộ công cụ mô hình thủy văn HEC- HMS và HEC-RAS bước đầu mô phỏng dòng chảy lũ nhằm

phục vụ việc nghiên cứu đánh giá tác động của các công trình thủy lợi- thủy điện lên dòng chảy lưu vực sông Hương.

## 2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Sông Hương có diện tích lưu vực là 3.066 km<sup>2</sup>, chiều dài sông chính Ls = 104 km, độ cao đầu nguồn 900 m, độ cao bình quân lưu vực H = 330 m, độ rộng bình quân lưu vực là B = 44,6 km, độ dốc lưu vực J= 28,5% (28,5 m/km), mật độ lưới sông D = 0,6 km/km<sup>2</sup>, hệ số uốn khúc 1,65. Hệ thống sông Hương có 28 sông nhánh lớn nhỏ với chiều dài hơn 10 km, trong đó có ba sông nhánh lớn nhất:

- *Sông Bồ:* Xuất phát từ rừng núi Tây Nam huyện A Lưới, chảy qua các huyện Hương Trà, Phong Điền, Quảng Điền, đến Phò Nam, sông chia nhiều chi lưu, nhập vào sông Hương tại Ngã Ba Sinh với diện tích 938 km<sup>2</sup>.

- *Sông Hữu Trạch:* Bắt nguồn từ vùng rừng núi huyện A Lưới và Nam Đông chảy theo hướng Nam Bắc và hội lưu với sông Tả Trạch tại Ngã Ba Tuần với diện tích lưu vực tính đến Ngã Ba Tuần là 729 km<sup>2</sup>.

- *Sông Tả Trạch:* Là nhánh sông chính của hệ thống sông Hương, bắt nguồn ở độ cao 900 m từ rừng núi phía đông dãy Trường Sơn thuộc huyện Nam Đông, chảy trong vùng địa hình đồi núi, độ dốc lớn, và lòng sông sâu. Diện tích lưu vực đến Ngã Ba Tuần là 821 km<sup>2</sup>.

Lưu vực sông Hương là một trong những lưu vực có lượng mưa lớn nhất nước ta. Lượng mưa bình quân năm trên toàn lưu vực trong khoảng 2.700 - 3.400 mm ở vùng đồng bằng và 3.200 - 3.600 mm ở vùng núi. Lượng mưa tập trung chủ yếu vào mùa mưa từ tháng IX đến XII, chiếm tới 68 - 75% lượng

<sup>1</sup>Trường Đại học Thủy lợi

mưa cả năm, trong đó hai tháng mưa nhiều nhất (X – XI) chiếm 47 - 53% tổng lượng mưa năm, tháng có lượng mưa lớn nhất trong năm là tháng X.

Lượng dòng chảy hàng năm lưu vực sông Hương phong phú với mô đun dòng chảy trung bình nhiều

năm lên đến 70 – 80 l/s-km<sup>2</sup>. Tổng lượng dòng chảy năm của lưu vực sông Hương khoảng 7,0 tỉ m<sup>3</sup>. Các đặc trưng dòng chảy trung bình nhiều năm như bảng 1. Xu thế dòng chảy trung bình nhiều năm tăng dần từ đồng bằng lên vùng núi và từ Bắc vào Nam.

Bảng 1: Các đặc trưng dòng chảy năm tại các tuyến quan trắc

Vị trí	Sông	F (km <sup>2</sup> )	Q <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /s)	M <sub>0</sub> (l/s.km <sup>2</sup> )	W <sub>0</sub> (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
Thượng Nhật	Tả Trạch	208	15,8	76	500
Dương Hòa	Tả Trạch	720	58,8	82	1856
Bình Điền	Hữu Trạch	570	42,1	74	1330
Cổ Bi	Bồ	760	61,2	81	1930
Hồ Truôi	Truôi	75,3	11,8	157	372

### 3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

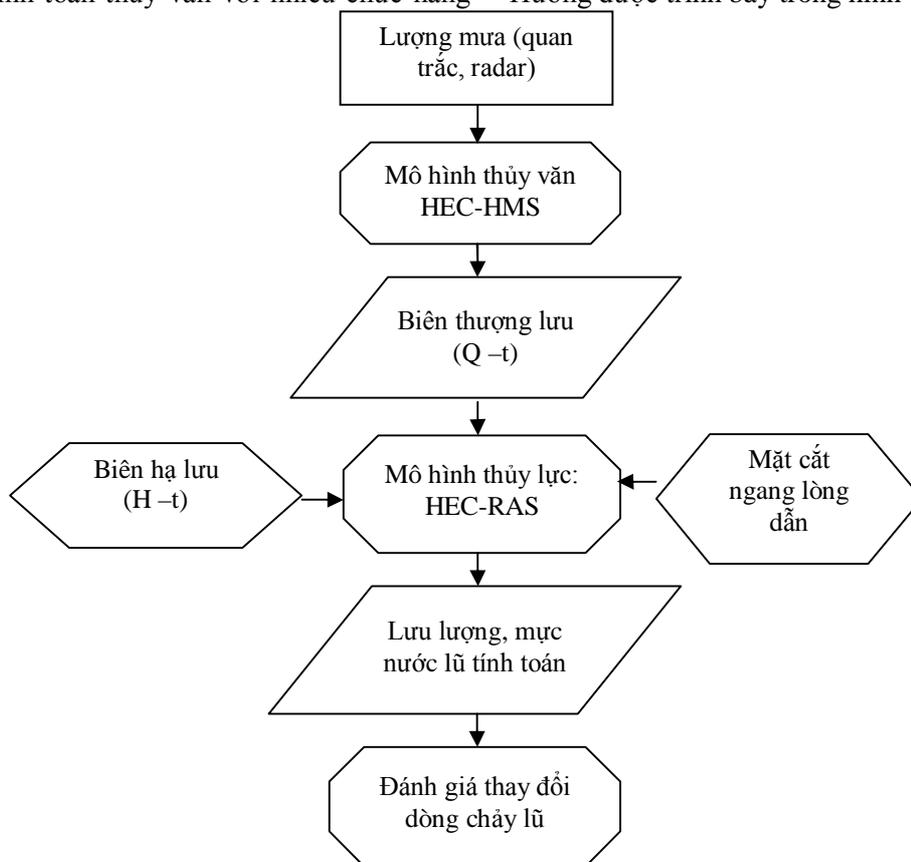
Nghiên cứu sử dụng các phương pháp sau:

- Phương pháp mô hình: sử dụng mô hình thủy văn HEC-HMS và mô hình thủy lực HEC-RAS do Trung tâm Kỹ Thuật Thủy Văn – Quân đội Mỹ (The US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center) xây dựng và phát triển. Mô hình HEC-HMS mô phỏng quá trình mưa- dòng chảy, đã được sử dụng khá hiệu quả trong các nghiên cứu tính toán thủy văn với nhiều chức năng

như tính lớp dòng chảy; lưu lượng dòng chảy mặt; lưu lượng dòng chảy ngầm và truyền lũ trên sông. HEC RAS là mô hình thủy lực điển toán dòng chảy một chiều tích hợp được nhiều tính năng, tiện lợi cho sử dụng, là phần mềm miễn phí, thường xuyên được cập nhật.

- Phương pháp GIS: được sử dụng để xác định các đặc trưng lưu vực cho các mô hình thủy văn.

Sơ đồ nghiên cứu mô phỏng dòng chảy lũ sông Hương được trình bày trong hình 1 dưới đây:



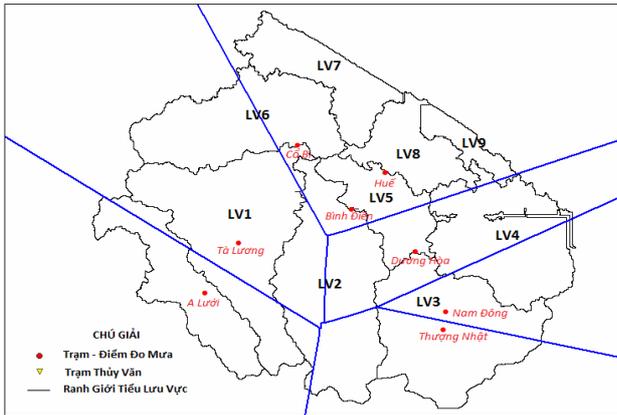
Hình 1: Sơ đồ nghiên cứu mô phỏng dòng chảy lũ

## 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 4.1. Ứng dụng mô hình HEC-HMS cho lưu vực sông Hương

#### 4.1.1 Phân chia các tiểu lưu vực

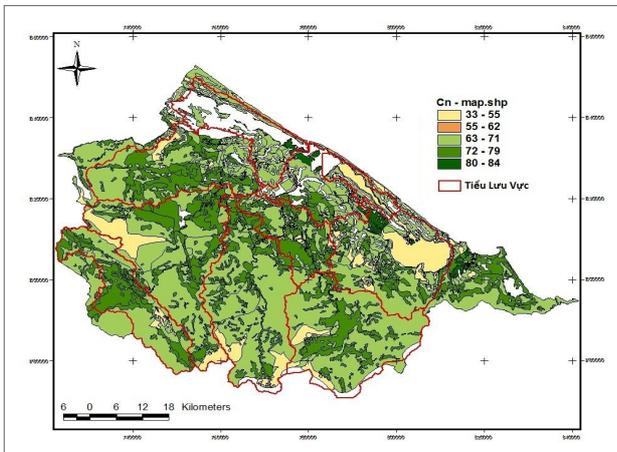
Dựa trên bản đồ địa hình, lưu vực sông Hương được chia thành 9 lưu vực bộ phận. Bằng phương pháp đa giác Thiessen xác định được trọng số cho từng lưu vực bộ phận dựa trên các trạm đo mưa của lưu vực như hình 2.



Hình 2: Đa giác Thiessen và các lưu vực bộ phận lưu vực sông Hương

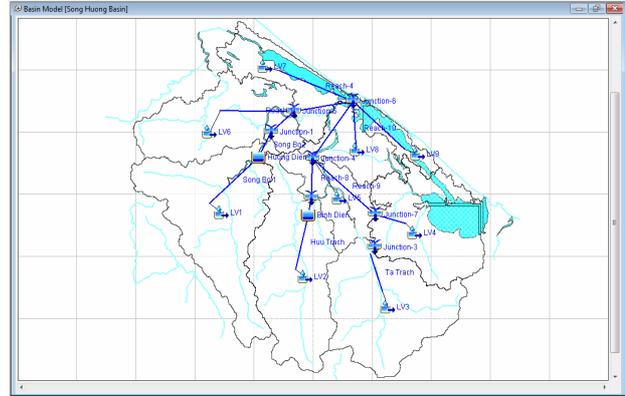
#### 4.1.2 Xây dựng bản đồ chỉ số CN lưu vực sông Hương và mô phỏng thành phần tiểu lưu vực trong mô hình HEC-HMS

Chỉ số CN (Curve Number) là số hiệu đường cong trong biểu đồ của phương pháp đường đơn vị SCS. Để xác định CN phải phối hợp các bản đồ địa hình (DEM 30x30m), bản đồ phân chia lưu vực, bản đồ phân loại đất và bản đồ sử dụng đất của lưu vực sông Hương xây dựng được bản đồ số hiệu đường cong hay chỉ số CN cho toàn lưu vực như hình 3.



Hình 3: Bản đồ phân bố chỉ số CN lưu vực sông Hương

Mô phỏng các thành phần tiểu lưu vực trong mô hình HEC-HMS dựa trên kết quả phân chia lưu vực như đã trình bày ở phần trên, thiết lập các thành phần lưu vực như hình 4.



Hình 4: Sơ đồ mô phỏng các tiểu lưu vực trong mô hình HEC-HMS

#### 4.1.3 Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình HEC-HMS

Thời gian số liệu dòng chảy thực đo dùng trong ứng dụng mô hình thủy văn HEC-HMS để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình đối với các lưu vực sông nhánh Cổ Bi, Bình Điền và Dương Hòa như bảng 2.

Bảng 2: Số liệu thực đo dùng hiệu chỉnh và kiểm định mô hình HEC-HMS

Lưu vực	Số liệu dùng hiệu chỉnh	Số liệu dùng kiểm định
Cổ Bi	14-16/10/1981	15-19/10/1985
Bình Điền	13-15/10/1984	15-18/10/1985
Dương Hòa	10-13/10/1986	17-23/11/1987

Tiêu chuẩn đánh giá sự phù hợp của mô hình HEC-HMS là chỉ tiêu NASH theo công thức:

$$NASH(EI) = 1 - \frac{\sum (Q_{cal} - Q_{obs})^2}{\sum (Q_{obs} - Q_{obsave})^2}$$

Trong đó:

$Q_{cal}$ : Lưu lượng lũ tính toán ( $m^3/s$ );

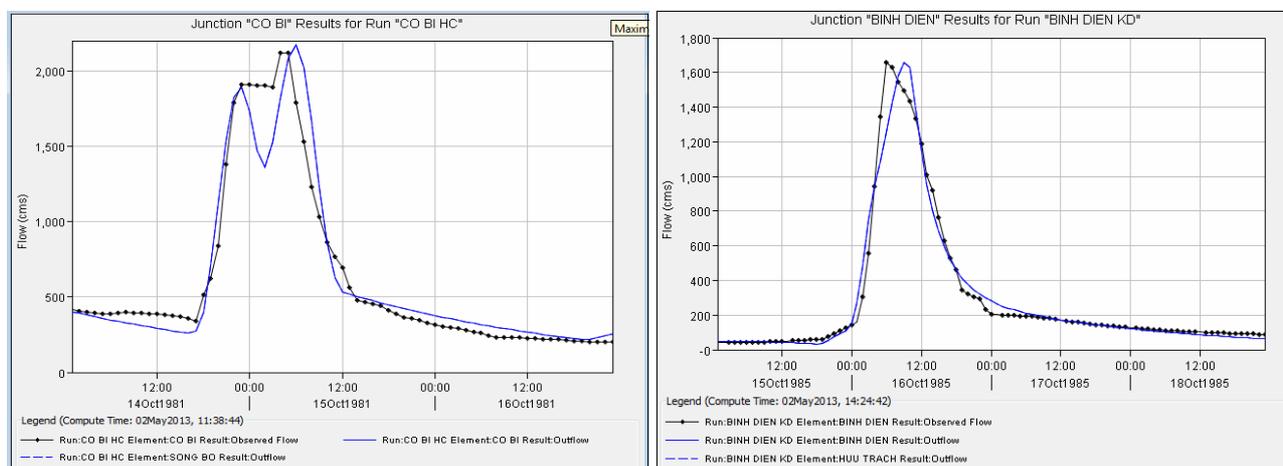
$Q_{obs}$ : Lưu lượng lũ thực đo ( $m^3/s$ );

$Q_{obsave}$ : Lưu lượng lũ thực đo trung bình ( $m^3/s$ ).

Các kết quả hiệu chỉnh cho các lưu vực Cổ Bi, Bình Điền và Dương Hòa là khá tốt với các chỉ số NASH đạt từ 0,90 đến 0,94 (bảng 3). Quá trình lưu lượng thực đo và tính toán theo mô hình HEC-HMS bám sát nhau kể cả đỉnh và quá trình (hình 5).

**Bảng 3: Kết quả hiệu chỉnh thông số mô hình HEC-HMS cho các lưu vực**

Lưu vực	Các thông số									
	CN	Ia	$t_{Lag}$ (h)	$C_p$	$Q_{bq}$ (m <sup>3</sup> /s)	Rc	R	x	k (h)	NASH
Cổ Bi	69	50	5	0,75	400	0,5	0,5	0,25	2	0,90
Bình Điền	72	30	6	0,5	150	0,5	0,2	0,25	5	0,94
Dương Hòa	70	60	6	0,65	100	0,4	0,1	0,25	1	0,92



**Hình 5: Kết quả hiệu chỉnh mô hình HEC-HMS lưu vực Cổ Bi và Bình Điền**

Với các bộ thông số mô hình HEC-HMS ứng với các chỉ số NASH như bảng 3 là chấp nhận được để tiếp tục bước kiểm định mô hình cho các năm khác nhau. Kết quả kiểm định mô hình với số liệu thực đo các năm khác nhau cho các lưu vực bộ phận Cổ Bi, Bình Điền và Dương Hòa cho thấy quá trình tính toán theo mô hình và quá trình thực đo là khá sát và phù hợp. Cụ thể chỉ số NASH trong kiểm định mô hình HEC-HMS cho các lưu vực như sau: lưu vực Cổ Bi, chỉ số NASH=0,78; lưu vực Bình Điền, chỉ số NASH=0,9; lưu vực Dương Hòa, chỉ số NASH=0,95

Qua phân tích, đánh giá các kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình HEC-HMS cho lưu vực sông Hương, có thể đưa ra những nhận định ban đầu là

mô hình phù hợp với điều kiện khí tượng, thủy văn và các điều kiện lưu vực. Các kết quả nghiên cứu là đáng tin cậy, mặc dù có những thời gian kết quả tính toán theo mô hình chưa thật sát với thực đo.

Với kết các quả tính toán hiệu chỉnh và kiểm định mô hình HEC-HMS cho các lưu vực như trên, các bộ thông số mô hình được áp dụng vào các bước nghiên cứu tiếp theo.

#### **4.2. Ứng dụng mô hình thủy lực HEC-RAS cho lưu vực sông Hương**

##### **4.2.1 Sơ đồ mạng sông và các biên:**

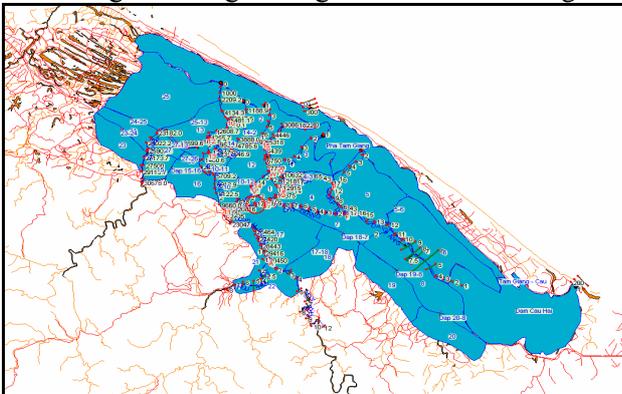
Mạng sông tính toán bao gồm tuyến sông, kênh thoát lũ chính trong lưu vực được thể hiện trong hình 6, độ dài và số mặt cắt được sử dụng trong tính toán theo mô hình HEC-RAS như bảng 4.

**Bảng 4: Chiều dài các đoạn sông và số mặt cắt ngang**

TT	Sông	Chiều dài (km)	Số mặt cắt
1	Hữu Trạch (Bình Điền – Tuần)	7,7	8
2	Tả Trạch (Dương Hòa – Tuần)	14,5	24
3	Hương (Tuần – phá Tam Giang)	34,3	59
4	Bồ (Cổ Bi – Sinh)	31,3	37
5	Bồ (Bác Vọng – Đông Lâm)		8
6	Kênh An Xuân (Đông Lâm- An Xuân)	9,64	8
7	Kênh Diên Hồng (Đông Lâm- Hà Đò)	10,2	8
8	Kim Đôi (Thanh Hà – Quán Cửa)	6	7

TT	Sông	Chiều dài (km)	Số mặt cắt
9	Kênh 5 xã (Nham Biều – sông Bò)	14,3	17
10	Đại Giang (Phú Cam – cống Quan)	27,1	39
11	Như Ý (Đập Đá – sông Đại Giang)	15,1	29
12	Phổ Lợi (La Ý - cống Diên Trường)	5,9	8
13	Các sông quanh thành phố Huế		16

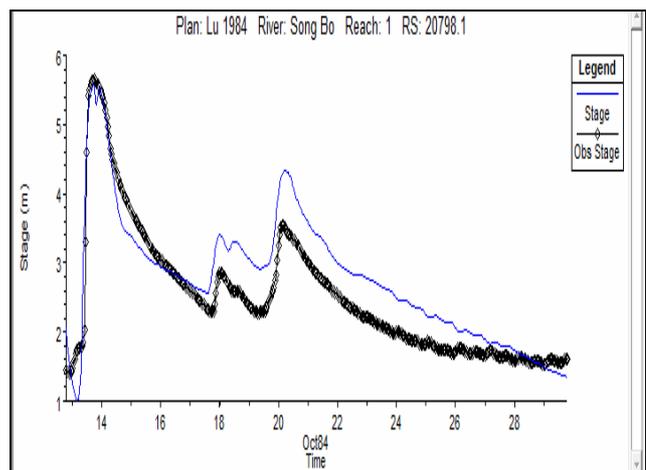
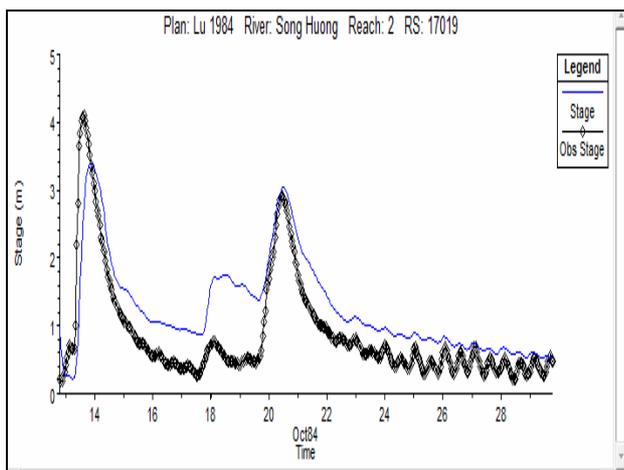
Biên trên của mô hình là các quá trình lưu lượng tại Dương Hòa (Tả Trạch); Bình Điền (Hữu Trạch) và Hương Điền (sông Bò) được tính toán từ mô hình HEC-HMS và kết nối tự động vào mô hình HEC-RAS. Lưu lượng nhập bên được tính từ số liệu mưa của các trạm đo mưa Bình Điền, Nam Đông, Thượng Nhật, Kim Long, Phú Ốc, Cổ Bi. Biên dưới là quá trình mực nước triều tại cửa Thuận An và Tư Hiền. Các trạm kiểm tra kết quả tính toán mô hình là Kim Long trên sông Hương và Phú Ốc trên sông Bò.



Hình 6: Sơ đồ mạng sông, mặt cắt ngang hạ lưu sông Hương trong HEC-RAS

#### 4.2.2 Kết quả mô phỏng thử nghiệm mô hình HEC-RAS

Sử dụng số liệu mưa thực đo trên lưu vực sông Hương trong trận lũ từ 13/X/1984 đến 30/X/1984 để thử nghiệm mô phỏng lũ trên sông Hương. Kết quả mực nước tính toán so sánh với số liệu mực nước thực đo tại Kim Long trên sông Hương và Phú Ốc trên sông Bò thể hiện trong hình 7. Tại tuyến Kim Long, đường quá trình tính toán và đường thực đo tương đối bám sát nhau về pha dao động, tuy giá trị tính toán đỉnh lũ thứ nhất thấp hơn đỉnh lũ thực đo nhưng đỉnh lũ thứ hai tương đối phù hợp với đỉnh lũ thực đo, chỉ số NASH đạt 0,63. Kết quả mô phỏng tại Phú Ốc cho kết quả khả quan hơn, đường mực nước tính toán và thực đo tương đối bám sát nhau về pha dao động và giá trị đỉnh, chỉ số NASH đạt 0,77. Kết quả thử nghiệm tuy còn một số hạn chế do các trạm đo mưa trên lưu vực thưa và chưa thật sự đại biểu, nhưng có thể thấy mô hình HEC-RAS xây dựng được hoàn toàn có thể áp dụng để mô phỏng lũ trên sông Hương.



Hình 7: Kết quả mô phỏng mực nước lũ tháng X năm 1984 tại Kim Long và Phú Ốc

### 5. KẾT LUẬN

Qua các kết quả nghiên cứu ứng dụng mô hình thủy văn HEC-HMS và mô hình thủy lực HEC-RAS cho lưu vực sông Hương cho thấy hai mô hình này là phù

hợp cho mô phỏng dòng chảy lũ của lưu vực, tuy nhiên do số liệu đo mưa còn thiếu, chưa đồng bộ và các trạm đo mưa trên lưu vực chưa thật đại biểu nên các kết quả mô phỏng còn một số hạn chế. Tuy nhiên các kết quả

nghiên cứu bước đầu này là chấp nhận được.

Với các chỉ tiêu NASH đạt được trong hiệu chỉnh và kiểm định mô hình HEC-HMS và mô hình HEC-RAS như trong nghiên cứu này, các bộ thông số của

các mô hình có thể sử dụng trong các bước nghiên cứu tiếp theo để đánh giá ảnh hưởng của các công trình thủy lợi- thủy điện đến chế độ dòng chảy hạ lưu sông Hương.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đình và nnk, Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu tới chế độ dòng chảy sông Hương, Tạp chí Thủy lợi và môi trường, ĐHTL, 3-2013.
2. Hà Văn Khôi và nnk, Thủy văn công trình, Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2003
3. Lê Văn Nghinh và nnk, Mô hình toán thủy văn, Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2005.
4. US Army Corps of Engineers, Hydrological Model systems HEC-HMS User's Manual Version 3.0.0, 2005.
5. US Army Corps of Engineers, HEC-RAS river Analysis system User's Manual Version 4.1, 2010.

#### Summary

#### APPLICATION OF MODEL HEC-HMS AND HEC-RAS FOR FLOOD FLOW SIMULATION OF HUONG RIVER BASIN

*Huong river basin has rich water resources, it plays a very important role in social and economical development of Thua Thien Hue province and also in environmental protection. The natural conditions of Huong basin has natures of all basin belongs to Thua Thien He province with large lagoon system Tam Giang – Cau Hai and very low tidal regime. In recent years, on Huong basin there are hydropower and irrigation reservoirs has been build such as Binh Dien, Co Bi, Ta Trach. These structures will effect on the flow regime at downstream of Huong river. In this study, two hydrological and hydraulic models HEC-HMS and HEC-RAS have been applied to simulate the river flood flows. The results shown that these models can be used for the next steps to assess the effect of reservoirs in upstream on the flow regime of downstream of Huong river.*

**Key words:** *Huong river; NASH index; model calibration; model verification.*

---

Người phản biện: **TS. Ngô Lê An**

BBT nhận bài: 26/8/2013

Phản biện xong: 28/8/2013