

# NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG KẾT HỢP MÔ HÌNH ANN VÀ HEC-RAS VÀO DỰ BÁO LŨ SÔNG CẢ

TS. Nguyễn Hữu Khải

Trường Đại học Khoa học tự nhiên - Đại học quốc gia, Hà Nội

Sông Cả cũng như các sông ngòi khác thuộc miền Trung Việt Nam có phân thượng lưu chịu ảnh hưởng của mưa lũ nhưng phần hạ lưu lại chịu ảnh hưởng mạnh của thủy triều, việc áp dụng các mô hình thủy văn thuần túy sẽ có nhiều hạn chế. Hơn nữa, ở hạ lưu thường chỉ có trạm đo mực nước, khả năng áp dụng mô hình mưa - dòng chảy gặp không ít khó khăn. Vì vậy, để công tác dự báo có hiệu quả, đặc biệt đối với vùng hạ lưu, cần sử dụng kết hợp các mô hình thủy văn và thủy lực. Sự kết hợp giữa mô hình mạng thần kinh nhân tạo ANN và mô hình điện toán mạng sông HEC-RAS đem lại những kết quả tích cực.

## 1. Đặc điểm địa lý thủy văn lưu vực sông Cả

Lưu vực sông Cả có độ dài 350km, với diện tích là 27200km<sup>2</sup>, trong đó có 17730km<sup>2</sup> nằm trong lãnh thổ Việt Nam. Dòng sông Cả bắt nguồn từ dãy Phu San thuộc tỉnh Xiêng Khoảng nước CHDCND Lào, chảy qua Nghệ An ra biển Đông tại cửa Hội.

Địa hình lưu vực sông Cả là núi thấp và đồi, độ cao trung bình lưu vực là 294m, độ dốc bình quân lưu vực là 18,3%. Sông Cả có nhiều nhánh, trong đó nhánh lớn nhất là sông La. Sông La đổ vào sông Cả tại Trạm Chợ Tràng. Sông Cả còn có nhánh sông Hiếu với độ dài 228km và diện tích lưu vực là 5340km<sup>2</sup>. Nhánh sông La do 2 sông Ngân Phố (F=1060km<sup>2</sup>) và sông Ngân Sáu (F=3214km<sup>2</sup>) hợp thành, gặp nhau tại Trạm Linh Cảm.

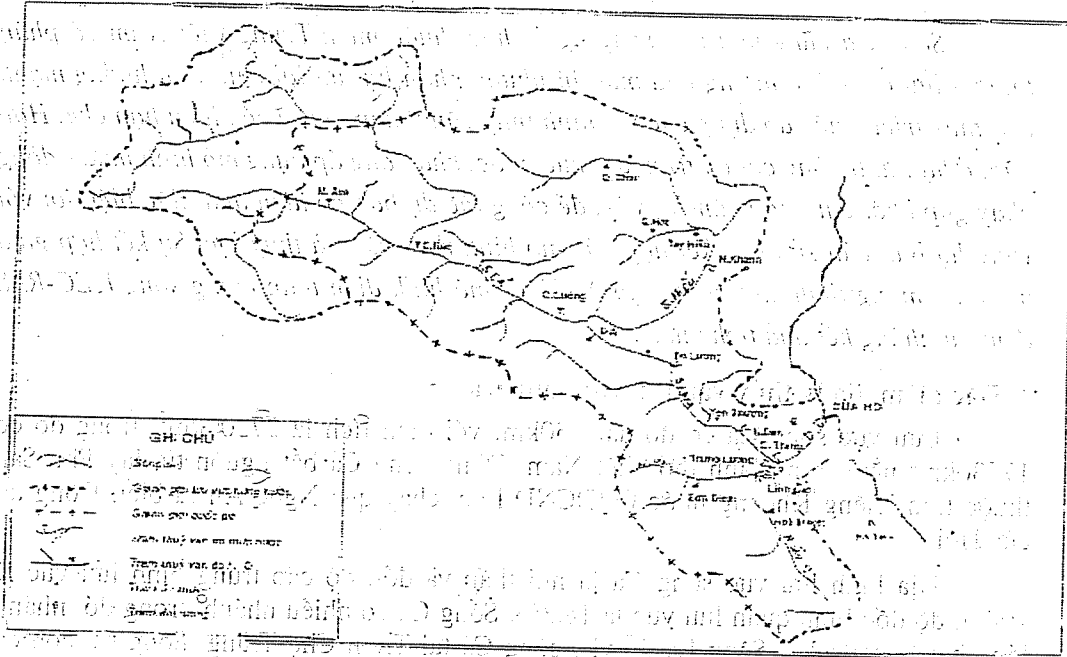
Từ nguồn đến Trạm Cửa Rào, lòng sông hẹp, độ dốc đáy sông khoảng 3‰, từ Trạm Cửa Rào đến Trạm Anh Sơn lòng sông mở rộng dần với độ dốc khoảng 0,6÷0,7‰. Còn từ Trạm Đô Lương trở xuống, dòng sông chảy vào vùng đồng bằng bào mòn, bồi tụ. Ở hạ lưu, lòng sông mở rộng và uốn khúc. Từ Trạm Chợ Tràng về hạ lưu dòng chảy chịu ảnh hưởng của thủy triều.

Lượng mưa trên lưu vực phân bố không đều. Vùng núi phía tây bắc có lượng mưa năm khoảng 1600÷2000mm. Thượng nguồn sông Cả lại có lượng mưa nhỏ, khoảng 1200mm, phía tây nam có lượng mưa rất lớn từ 2000-2800mm. Mùa mưa và mùa lũ có sự lệch nhau ở các nhánh. Ở phía bắc lưu vực từ tả ngạn dòng chính sông Cả trở ra, mùa mưa lũ xuất hiện trong các tháng V÷X, nhưng phần phía nam thuộc nhánh sông La, mùa mưa lũ kéo dài trong các tháng VII÷XI. Ba tháng mưa nhiều nhất là VIII÷X, trong đó tháng IX có lượng mưa lớn nhất. Lượng mưa, thời gian mưa phụ thuộc hình thể thời tiết gây mưa, có thể kéo dài 2÷3 ngày tới 10÷12 ngày, nhưng tập trung chủ yếu vào 2÷3 ngày.

Mùa lũ tương đối ngắn, chỉ 4÷5 tháng, từ tháng VII÷XI, tháng có lượng dòng chảy lớn nhất là tháng IX. Trên lưu vực đã xuất hiện nhiều trận lũ lớn, trong đó năm

1978 xuất hiện lũ lịch sử. Các trận lũ lớn đã gây ra nhiều thiệt hại cho các khu vực dân sinh kinh tế. Chính vì vậy, cần xây dựng một quy trình dự báo lũ sông Cả hiệu quả.

Hệ thống lưới trạm quan trắc mưa, dòng chảy tương đối nhiều, phân bố trên cả hai nhánh của sông Cả. Tuy nhiên, ở hạ lưu từ Trạm Chợ Tràng xuống chỉ có các trạm mực nước. Lưới trạm KTTV được chỉ ra trong hình 1. sau:



Hình 1. Bản đồ lưu vực sông Cả

## 2. Nghiên cứu dự báo lũ sông Cả bằng mô hình ANN và HEC-RAS

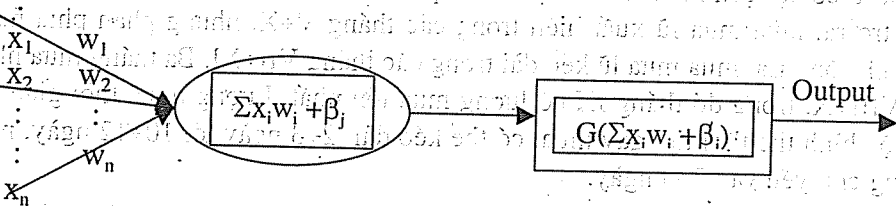
### a. Sơ lược về mô hình ANN và HEC-RAS

#### \* Mô hình ANN

Về ANN có thể xem chi tiết trong các tài liệu tham khảo [1, 2, 3], ở đây chúng tôi chỉ đưa ra một số nét cơ bản.

Mô hình ANN thiết lập mối quan hệ của tập hợp một số lượng bất kỳ các biến đầu vào (Input) với các biến đầu ra (Output) thông qua hình thức bán ký tự. Hoạt động của ANN tương tự như hoạt động của bộ não, tức là các đầu vào coi như các kích thích, còn các đầu ra như những phản ứng. ANN có thể học qua các ví dụ, sau đó tổng quát hoá các tính chất đó để cho đáp ứng tối ưu.

Mô hình ANN lấy neuron làm đơn vị xử lý cơ bản (Hình 2).



Hình 2. Đơn vị xử lý cơ bản (neuron) của ANN

Trong đó:  $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$  - các đầu vào của neuron,

$w_1, w_2, w_3 \dots w_n$  - các trọng số tương ứng của đầu vào,

$\beta_j$  - giá trị ngưỡng của neuron.

G là hàm chuyển đổi (thường là hàm nén, chẳng hạn hàm logic).

Mạng thần kinh đa lớp gồm ít nhất 3 lớp các nút. Lớp đầu vào (Input Layer) là lớp thụ động cho phép đưa vào ANN các ví dụ để học. Tiếp đến là lớp ẩn (Hidden layer), các nút của nó không có liên hệ trực tiếp với các lớp bên ngoài, lớp này tính các tổ hợp phi tuyến, các đầu vào. Cuối cùng là lớp đầu ra (Output Layer); tính các tổ hợp phi tuyến của đầu ra của các nút ẩn. Các trọng số  $w_{ij}$  và  $w_{jk}$  của ANN tìm được theo phương pháp tối ưu hoá (phương pháp gradient-dốc nhất).

Trong ANN các tín hiệu đầu vào được phân bố giữa các nút ẩn. Sau đó, các nút ẩn biến đổi chúng thành các tín hiệu ra, những tín hiệu này được truyền cho các đầu ra của ANN. ANN có tất cả  $(N_{in}+1) \cdot N_{hid} + (N_{hid}+1) \cdot N_{out}$  thông số. Các thông số này nhận được từ quá trình dạy ANN sao cho hàm mục tiêu là nhỏ nhất. Hàm mục tiêu thường dùng là sai số bình phương trung bình MSE.

Các phiên bản của ANN được xây dựng tạo thuận lợi cho việc chạy mô hình và kết xuất kết quả. Phiên bản được dùng trong tài liệu này là WinNN version 0.97 do Y. Danon xây dựng 4-1995.

#### \* Mô hình HEC-RAS

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) là mô hình phân tích và mô phỏng dòng chảy trong hệ thống sông. Mô hình do Trung tâm thủy văn công trình của quân đội Hoa Kỳ xây dựng từ năm 1995, và được cải tiến nhiều lần. Phiên bản gần đây nhất là Version 3.0, công bố tháng giêng năm 2001 có môđun mô phỏng và tính toán dòng không ổn định.

Trong HEC-RAS có nhiều môđun tính toán như diễn toán dòng ổn định, dòng không ổn định và dòng chảy bùn cát. Phần mềm HEC-RAS được Gary.W. Brunne thiết kế và Mark .R. Jensen xây dựng các giao diện đồ thị. Môđun mô phỏng dòng không ổn định UNET do T.S. Robert .L. Barkau phát triển. Ngoài ra còn có nhiều tác giả khác tham gia xây dựng các môđun thành phần giúp cho việc tính toán và kết xuất kết quả được thuận lợi. HEC-RAS cho phép mô phỏng dòng chảy trong cả hệ thống sông, bao gồm nhập lưu và phân nhánh cũng như chảy qua các công trình như đập, cầu, cống,... Điều kiện biên có thể là quá trình lưu lượng, mực nước, hay quan hệ mực nước-lưu lượng, độ sâu dòng chảy,... Mặt cắt có thể có hình dạng bất kỳ bao gồm cả bãi tràn và dòng chính. HEC-RAS có ưu điểm chung của các mô hình HEC là bao gồm nhiều môđun đơn, khi diễn toán có thể tùy chọn cho phù hợp với đoạn sông thực tế. Nó cho phép nhập số liệu từ các file kết quả diễn toán của mô hình HEC khác. Đồng thời cũng cho phép đưa ra kết quả dưới các dạng file chuẩn phục vụ cho các tính toán tiếp theo.

Màn hình giao diện của HEC-RAS rất đa dạng, cho phép thể hiện nhiều kết quả khác nhau về các yếu tố thủy lực đoạn sông dưới dạng đồ thị 1-2-3 chiều, cũng như các bảng thống kê tổng hợp và chi tiết. HEC-RAS cũng sử dụng công nghệ GIS,

tạo thuận lợi cho việc xây dựng bản đồ ngập lụt. Các kết quả trở nên sinh động hơn nhờ vào lựa chọn "animate".

Trong mô đun diễn toán dòng chảy không ổn định vẫn sử dụng phương trình Saint-Venant với sơ đồ sai phân ẩn 4 điểm. Điều này làm cho khả năng áp dụng được mở rộng và thuận lợi.

### **b. Dự báo lũ hạ lưu sông Cả**

#### **\* Xác định thời gian chảy truyền**

Theo các kết quả nghiên cứu [4], thời gian chảy truyền từ một số trạm thượng lưu về hạ lưu được lấy trung bình như sau:

- Từ Trạm Dừa về Trạm Chợ Tràng 24h,
- Từ Trạm Sơn Diệm về Trạm Chợ Tràng 24h,
- Từ Trạm Hòa Duyệt về Trạm Chợ Tràng 24h,
- Từ Trạm Nghĩa Khánh về Trạm Chợ Tràng 24h,
- Từ Trạm Chợ Tràng về Trạm Cửa Hội 18h + 24h.

Để thuận tiện, chúng tôi chọn chung là 24h.

#### **\* Dự báo bằng mô hình ANN**

Chúng tôi sử dụng mô hình ANN dự báo mực nước tại Trạm Chợ Tràng khi biết mực nước tại các Trạm Sơn Diệm, Hòa Duyệt, Dừa và Nghĩa Khánh [4]. Với thời gian dự kiến 24h, kết quả dự báo đạt 87%, với mức sai số 5%. Khi đưa thêm lượng mưa khu giữa và mực nước cùng lúc của Trạm Chợ Tràng để xét đến ảnh hưởng triều thì kết quả đạt 98,3%, sai số lớn nhất 6,43%, với dự báo kiểm tra độc lập cũng đạt 91,8%.

Nhưng khi dự báo cho Trạm Cửa Hội với thời gian dự kiến 48h (tính đến thời gian chảy truyền từ Trạm Chợ Tràng về Trạm Cửa Hội 24h) thì kết quả rất kém, đỉnh lũ lệch nhiều do ảnh hưởng của thủy triều rất mạnh.

Như vậy, ở đoạn hạ lưu sông khi có ảnh hưởng triều mạnh thì mô hình ANN sử dụng không hiệu quả. Chính vì vậy, ở đoạn sông từ Trạm Chợ Tràng đến Trạm Cửa Hội phải tiến hành theo một mô hình khác, trong đó mô đun dòng chảy không ổn định của mô hình HEC-RAS là một giải pháp để thực hiện việc này.

#### **\* Diễn toán đoạn hạ lưu bằng mô hình HEC-RAS**

Đoạn sông từ Trạm Chợ Tràng đến Trạm Cửa Hội dài 22 km, có một số trạm mực nước tại cầu Bến Thủy, cảng Bến Thủy và Cửa Hội.

- Ở đoạn hạ lưu sông Cả có nhiều mặt cắt đo đạc khảo sát, phương tiện đo đạc đảm bảo độ chính xác. Do vậy, các đặc trưng địa hình và thủy lực rất thuận lợi cho diễn toán.

- Biên thượng lưu được chọn là mực nước Trạm Chợ Tràng. Khi xác định các thông số mô hình lấy tài liệu thực đo, còn khi dự báo lấy quá trình mực nước dự báo từ mô hình ANN.

- Biên hạ lưu lấy mực nước tại Trạm Cửa Hội, khi xác định thông số lấy mực nước thực đo. Còn khi dự báo lấy theo bảng dự báo thủy triều do Trung tâm KTTV biển xuất bản [3].

- Các thông số khác như trọng số sai phân  $\theta = 0,6$ , thời đoạn tính toán  $\Delta t = 6h$ . Độ nhám ban đầu dựa theo bảng thủy lực, lấy độ nhám lòng chính 0,020 và bãi tràn 0,035. Sau đó bằng phép thử sai phân để hiệu chỉnh các thông số của mô hình.

Kết quả diễn toán được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Tóm tắt kết quả dự báo lũ tháng XI-1978 hạ lưu sông Cả

Mặt cắt	Lưu lượng (m <sup>3</sup> /s)	Mức nước (m)	Mức nước năng lượng (m)	Độ dốc năng lượng (m/m)	Tốc độ kênh chính (m/s)	Diện tích ướt (m <sup>2</sup> )	Độ rộng (m)
Chợ Tràng	6529	7,35	7,43	0,000058	1,31	5270	609
Cầu Bến Thủy	6450	6,24	6,39	0,000063	1,41	3789	300
Cảng Bến Thủy	6412	5,86	6,03	0,000160	1,84	3490	497
Cửa Hội	6053	1,93	1,99	0,000087	1,12	5768	1279

- Từ các kết quả trên nhận thấy:

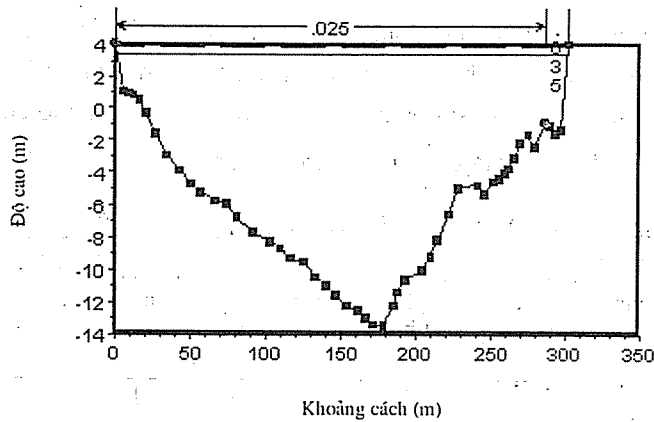
+ Tác động của thủy triều đến mức nước tại Trạm Chợ Tràng, cầu Bến Thủy yếu hơn dòng chảy thượng lưu, do vậy quá trình mực nước vẫn có dạng như một con lũ thượng lưu. Nhưng càng về hạ lưu tác động này càng mạnh hơn, đến Cửa Hội mực nước đã dao động thực sự theo thủy triều, tuy dòng chảy vẫn thể hiện một đường quá trình của một con lũ.

+ Độ lớn đỉnh lũ kiểm tra tại các trạm giữa thực đo và tính toán theo HEC-RAS dựa vào số liệu tại Trạm Chợ Tràng thực đo và được dự báo theo ANN có sự chênh lệch không quá lớn (Bảng 2). Vì không có đầy đủ số liệu đo đạc tại các trạm trung gian nên không kiểm tra đánh giá được cho toàn bộ con lũ.

+ Tại Cửa Hội với sai số dự báo 5% thì mức bảo đảm là 90,8%, với sai số 10% thì mức bảo đảm là 93,3%. Thời gian dự kiến là 48h.

Bảng 2. So sánh đỉnh lũ năm 1978 dự báo và thực đo (m)

Trạm	Đỉnh lũ tính toán theo H thực đo Chợ Tràng (m)	Đỉnh lũ thực đo (m)	Đỉnh lũ tính theo H Chợ Tràng dự báo theo ANN (m)
Chợ Tràng	7,35	7,35	7,09
Cầu Bến Thủy	6,24	6,68	6,69
Cảng Bến Thủy	6,03	-	6,54
Cửa Hội	1,93	2,14	1,96



Hình 3. Đường mặt nước lớn nhất lũ năm 1978 tại cầu Bến Thủy

+ Sử dụng biên thượng lưu là tài liệu dự báo theo mô hình ANN để tiếp tục diễn toán theo HEC-RAS cho kết quả đỉnh lũ không chênh lệch nhiều lắm so với biên thượng lưu thực đo. Điều này chứng tỏ phương án dự báo kết hợp cho kết quả khá tin cậy.

+ Kiểm nghiệm cho lũ năm 1988 cũng cho kết quả khá tốt (bảng 3). Vì số liệu không đủ nên việc kiểm tra kết quả dự báo cho cả cơn lũ chưa thực hiện được.

Bảng 3. Kết quả tóm tắt diễn toán lũ 1988 đoạn hạ lưu sông Cả

Mặt cắt	Lưu lượng (m <sup>3</sup> /s)	Mực nước (m)	Mực nước năng lượng (m)	Độ dốc năng lượng (m/m)	Tốc độ kênh chính (m/s)	Diện tích ướt (m <sup>2</sup> )	Độ rộng (m)
Chợ Tràng	5937	6,95	7,12	0,000127	1,88	5027	608
Cầu Bến Thủy	5857	5,92	6,05	0,000056	3,05	363	299
Cảng Bến Thủy	5852	5,57	5,72	0,000153	1,75	3344	496
Cửa Hội	5785	1,99	2,04	0,000157	1,05	5845	1279

### 3. Một số nhận xét

+ Ứng dụng mô hình ANN và HEC-RAS vào dự báo cho hạ lưu sông Cả, nơi chịu ảnh hưởng của thủy triều cho kết quả tốt với thời gian dự kiến 1+2 ngày.

+ Mô hình ANN cho khả năng dự báo biên thượng lưu đảm bảo độ chính xác cao, thích hợp với các đoạn sông chỉ có trạm đo mực nước. Từ điều kiện biên này tiếp tục diễn toán theo HEC-RAS, có thể tìm được mực nước và các đặc trưng thủy lực khác tại các vị trí cần thiết trên đoạn sông dự báo.

+ Trên đây mới chỉ là bước đầu thử nghiệm dự báo bằng sự kết hợp 2 mô hình ANN và HEC-RAS. Do điều kiện số liệu cũng như khuôn khổ bài báo nên nhiều phần, nhiều mô đun chưa được đề cập đến, trong đó có GIS để thể hiện bản đồ ngập lụt. Vì vậy cần được tiếp tục nghiên cứu bổ sung để thu được kết quả đầy đủ hơn và tốt hơn.

+ Sự kết hợp này có thể ứng dụng dự báo cho nhiều lưu vực khác, trong đó có sông ngòi miền Trung, nơi chịu ảnh hưởng mạnh của thủy triều ở đoạn hạ lưu.

### Tài liệu tham khảo

1. Một số nghiên cứu về dự báo lũ quét sông Dinh. *Tuyển tập báo cáo hội nghị "Khoa học công nghệ dự báo KTTV"*. Tổng cục KTTV, 2000.
2. Nghiên cứu ứng dụng mạng thần kinh nhân tạo (ANN) trong mô phỏng và dự báo lũ quét, *Tuyển tập báo cáo hội nghị "Khoa học công nghệ dự báo KTTV"*. Tổng cục KTTV, 2000.
3. Trung tâm KTTV biển. *Bảng thủy triều các năm 1978, 1988, 1996*. NXB Thống kê, Hà Nội.
4. Phạm Văn Tuấn. Nghiên cứu ứng dụng mô hình ANN dự báo lũ sông Cả. Luận văn tốt nghiệp, Trường ĐHKHTN, 2001.
5. Đào Đức Thụy. Nghiên cứu ứng dụng mô hình HEC-RAS diễn toán lũ sông Cả. Luận văn tốt nghiệp. Trường ĐHKHTN, 2002.
6. Nguyen Huu Khai. Research on Flash Flood in Dinh River Basin. *Proceedings international symposium on achievements of IHP-V in Hydrological research*. HMS of Viet Nam. Ha Noi, 19-22Nov.2001. pp.135.