

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MẠNG NƠ RON THẦN KINH VÀO DỰ BÁO LŨ CÁC SÔNG Ở TỈNH BÌNH ĐỊNH VÀ QUẢNG TRỊ

PGS. TS. LÊ VĂN NGHINH  
THS. HOÀNG THANH TÙNG  
KS. NGUYỄN NGỌC HẢI

**Tóm tắt:** Dự báo Lũ cho các sông lớn miền Trung có một ý nghĩa rất quan trọng trong việc đối phó kịp thời với lũ nhằm giảm thiểu những ảnh hưởng do lũ gây ra. Bài báo này tổng kết những kết quả đã đạt được trong việc nghiên cứu ứng dụng mô hình mạng Nơ ron Thần kinh dự báo lũ cho các sông ở tỉnh Bình Định và Quảng Trị.

## 1. Mở đầu

Dự báo lũ cho hệ thống các sông miền Trung nói chung và hệ thống sông của Tỉnh Bình Định và Quảng Trị nói riêng có một ý nghĩa vô cùng quan trọng nhằm giảm thiểu những ảnh hưởng của thiên tai lũ lụt cho nhân dân hiện đang sống ở các vùng hạ lưu và ven biển miền trung. Hiện nay trong thủy văn có rất nhiều phương pháp được dùng để xây dựng các phương án dự báo lũ sông, tuy nhiên với đặc điểm dốc và ngắn của các sông miền trung nói chung và các sông ở hai tỉnh nói riêng và điều kiện hạn chế về mặt số liệu hiện tại ở lưu vực các sông này, nên các phương pháp thống kê như phân tích hồi quy nhiều biến thường được dùng. Ngoài việc sử dụng phương pháp nói trên, nghiên cứu đã tiến hành ứng dụng Mạng Nơ ron thần kinh, là một phương pháp mới để xây dựng các phương án dự báo cho các sông Kone tại trạm Tân An, sông Hà Thanh tại trạm Diêu Trì, sông Thạch Hãn tại trạm Thạch Hãn, và sông Bến Hải tại trạm Gia Vòng. Đây là các phương pháp đơn giản nhưng tận dụng triệt để các thông tin (dữ liệu đo đạc) hiện có trên lưu vực và đặc biệt rất thuận tiện cho việc dự báo tác nghiệp.

### 1. Đặc điểm chung về khu vực miền trung

Các tỉnh miền trung của Việt Nam từ Quảng Bình đến Bình Định đều nằm trên dải đất hẹp có bờ biển hướng tây bắc - đông nam với dãy Trường Sơn chạy song song ở sườn phía tây, nhiều nơi có núi nhô ra biển, như đèo Hải Vân... Do địa hình núi liền biển như vậy, khả năng nhiệt ẩm khá dồi dào, đồng thời cũng vô cùng thuận lợi cho sự xuất hiện các quá trình hội tụ mạnh mẽ hoàn lưu phía tây hoặc tây bắc của những cơn bão khi chúng đi tới vịnh Bắc Bộ và ngoài khơi vùng biển Quảng Nam đến Phú Yên, Khánh Hòa. Ngoài ra khu vực này còn đón nhận cả các đới gió mùa, tín phong, ... có nguồn ẩm lớn, phong phú.

Theo kết quả thống kê cho thấy, các hình thế chính gây ra mưa lớn sinh lũ trên các sông ven biển miền trung là bão, áp thấp nhiệt đới, hội tụ nhiệt đới, không khí lạnh, và tổ hợp của chúng. Phụ thuộc vào điều kiện địa hình, đặc biệt là ảnh hưởng của đèo Hải Vân, ảnh hưởng của các hình thế thời tiết này cũng rất khác nhau đến số lượng, không gian và cường độ mưa lớn trên các lưu vực các sông phía bắc và phía nam đèo.

Dòng chảy sông ngòi phân bố không đều theo sự phân bố của mưa. Mùa lũ kéo dài từ tháng 9 đến tháng 12, lượng nước trong mùa lũ chiếm từ 50 đến 80% lượng nước cả năm và biến đổi mạnh từ mùa lũ năm này sang mùa lũ năm khác. Lượng nước mùa lũ năm nhiều nước có thể gấp 3 lần lượng nước mùa lũ năm ít nước.

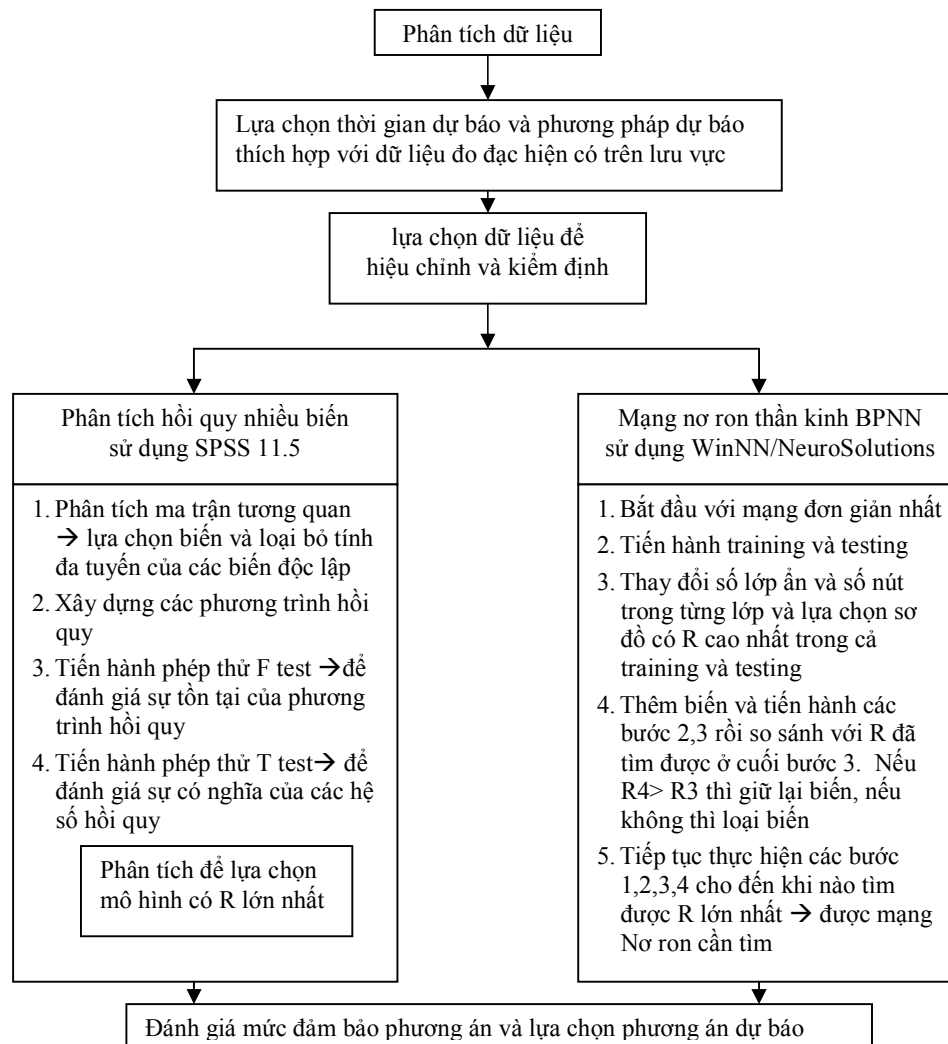
Trong vòng 25 năm (1976 – 2000) trên khu vực từ Thừa Thiên Huế đến Bình Định đã xảy ra 75 đợt lũ lớn. Các đợt lũ lớn xảy ra chủ yếu trong 4 tháng từ tháng IX đến tháng XII, phân bố cũng rất không đều theo thời gian trong năm, tập trung chủ yếu vào 2 tháng X và XI.

Tháng X xảy ra 29/75 đợt chiếm 38,6%, tháng XI xảy ra 28/75 đợt chiếm 37,5%. Trong 2 tháng đã xuất hiện 57 đợt chiếm 76.1% tổng số đợt lũ lớn xảy ra trong 25 năm gần đây [4].

Mạng lưới trạm quan trắc mưa và dòng chảy trên các lưu vực sông ở Miền trung là rất thưa, chưa đại diện và không đầy đủ, số lượng trạm đo lưu lượng và mực nước trên các lưu vực sông là rất ít và thời gian quan trắc lại không đồng bộ. Ngoài những trạm đo do ngành Khí tượng - Thủy văn quản lý, còn có một số trạm đo đặc dùng riêng của địa phương, song các trạm này chỉ quan trắc trong một ngắn và số liệu đo đặc lại kém chính xác. Tất cả những điều này đã làm cho công tác dự báo lũ ở miền trung gặp rất nhiều khó khăn, và lũ chỉ có thể dự báo được trước trong một khoảng thời gian rất ngắn.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Qua nghiên cứu, phân tích hệ thống sông, thời gian truyền lũ, số liệu đo đặc của các trạm hiện có, ngoài việc lựa chọn phương pháp phân tích hồi quy nhiều biến (Multi-variable regression - MVR), đề tài tập trung nghiên cứu ứng dụng phương pháp mạng trí tuệ nhân tạo (Artificient Neural Network - ANN) trong đó sử dụng thuật toán lan truyền ngược (Back Propagation Neural Network - BPNN).



Hình 1: Các bước xây dựng phương án dự báo lũ các sông ở 2 tỉnh Bình Định và Quảng Trị

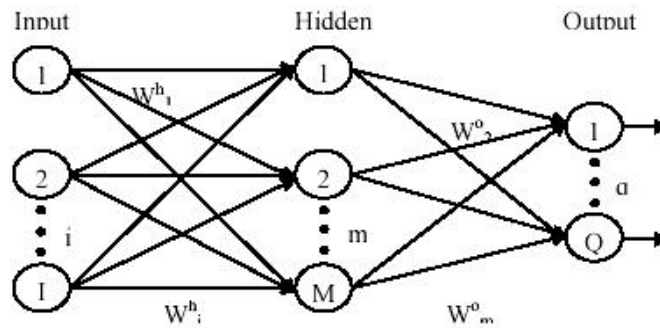
Cả hai phương pháp trên đều được dựa trên các quan hệ giữa mực nước dự báo với các yếu tố ảnh hưởng như mực nước tại thời điểm dự báo, mực nước trạm trên tại thời điểm dự báo, lượng mưa đo được cho đến thời điểm dự báo của các trạm trong lưu vực, ..vv. Tuy nhiên cách giải hay thuật toán của 2 phương pháp trên là khác nhau, một dựa trên thuật toán tối ưu hàm tuyến tính, còn một dựa trên thuật toán tối ưu hàm phi tuyến. Sơ đồ ở hình 1 tóm tắt các bước xây dựng các phương án dự báo lũ cho các sông nói trên.

### 2.1. Giới thiệu mạng Nơ ron thần kinh thuật toán lan truyền ngược (BPNN)

Mạng trí tuệ nhân tạo (Artificial Neural Networks – ANNs) được xây dựng từ những năm 1940. Với việc ứng dụng thuật toán lan truyền ngược (back propagation algorithm) năm 1988, ANN đã trở nên quen thuộc và được sử dụng nhiều trong ngành tài nguyên nước, đặc biệt là dự báo thủy văn [2].

#### Cấu trúc của mạng thần kinh nhân tạo.

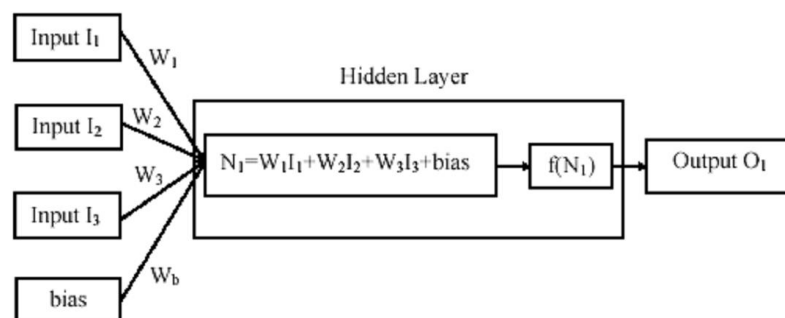
Mạng thần kinh nhân tạo-ANN dựa vào đặc điểm của não bộ động vật, và thường là các hệ thống song song bao gồm nhiều phần tử (processing element – PE) được liên kết với nhau bằng các trọng số của các biến. Những PE này được xếp trong các lớp (xem hình 1): một lớp đầu vào, một lớp đầu ra, và từ một đến nhiều lớp nằm giữa gọi là các lớp ẩn (hidden layer). Các PE trong các lớp khác nhau này hoặc là được liên kết tuyệt đối hoặc là được liên kết bán tuyệt đối. Những liên kết giữa các PE này đều có trọng số. Sức mạnh của mỗi liên kết này có thể được hiệu chỉnh. Trọng số bằng không cho thấy không có liên kết nào, và trọng số có giá trị âm cho thấy giữa hai PE này có quan hệ rất lỏng lẻo.



Hình 2: Mạng Nơ ron thần kinh 3 lớp.

#### Quá trình quét xuôi (General Feed Forward Process)

Khối cơ bản của một mạng thần kinh trong hình 1 gọi là một nơron thần kinh. Trong nơron này các giá trị đầu vào lần lượt được nhân với các trọng số, sau đó được cộng với nhau. Tổng được tạo ra được gọi là NET N và nó được tính toán cho tất cả các nơron thần kinh của mạng. Sau khi NET N được tính toán, nó được chuyển thành tín hiệu đầu ra  $O_i$  bằng việc áp dụng một hàm kích hoạt  $f$  (hình 3).



Hình 3: Một Nơ ron thần kinh với hàm kích hoạt  $f$ .

Công thức chung chuyển đổi giữa 2 lớp trong một mạng thần kinh là

$$N_M = \sum_{i=1}^I W_{i,m} I_i + \theta_m \quad (1)$$

Với  $\theta_m$  là độ dốc.

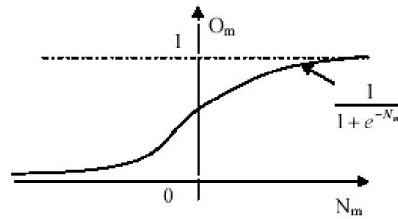
$$O_m = f(N_m) \quad (2)$$

Trong đó: I là input từ lớp M và O là output từ lớp M (i và m là phần tử thứ i và m của lớp thứ I và lớp M).

### Hàm kích hoạt

Trong phần quét xuôi, Rumelhart et al. (1986) đã đưa ra các hàm phi tuyến kích hoạt gọi là hàm bán tuyến. Hầu hết các mạng thần kinh đều sử dụng hàm kích hoạt Logistic (hình 3)

$$O_m = f(N_m) = \frac{1}{1 + e^{-N_m}}$$



Hình 4: Hàm kích hoạt Logistic

Giá trị đầu ra của hàm kích hoạt Logistic nằm trong khoảng  $[0,1]$ . Vì vậy các phần mềm ANN thường đòi hỏi dữ liệu gốc phải được chuyển đổi tuyến tính về khoảng  $[0.05,0.95]$  trước khi tham gia vào mạng thần kinh. Khoảng  $[0.05,0.95]$  được lựa chọn thay vì khoảng  $[0,1]$  vì hàm kích hoạt Logistic là một hàm tiệm cận.

### Chuẩn hoá ( Normalization)

Trong hầu hết các trường hợp đầu vào thường bao gồm rất nhiều loại biến với các giá trị khác nhau, do đó mỗi một giá trị đầu vào và đầu ra cần được chuẩn hoá với các đặc trưng chuẩn hoá cụ thể của chúng.

#### Tiền xử lý (Pre-processing)

Giả sử a và A là các giá trị cực tiểu và cực đại của một chuỗi dữ liệu, thì giá trị thực  $X_t$  sẽ được chuyển đổi để nằm trong khoảng  $[0.05,0.95]$  theo công thức sau:

$$X_t' = \frac{0.9(X_t - a)}{A - a} + 0.05 \quad (3)$$

#### Trong đó:

$X_t$ : là giá trị thực

a: là giá trị cực tiểu của  $X_t$

A: là giá trị cực đại của  $X_t$

$X_t'$  là giá trị được chuyển đổi

#### Hậu xử lý (Post-Processing)

Khi đã tìm được một mạng thần kinh tốt nhất, thì tất cả các giá trị đã được chuyển đổi trước đây sẽ được trả lại những giá trị ban đầu của chúng bằng phương trình:

$$X_t = \frac{(A-a)(X_t' - 0.05)}{0.9} + a \quad (4)$$

### Phương pháp lan truyền ngược (Back Propagation Method)

Phương pháp lan truyền ngược sử dụng một tập hợp các giá trị đầu vào và đầu ra để tìm ra mạng nơ ron thần kinh mong muốn. Một tập hợp đầu vào được đưa vào một hệ thống giả định trước nào đó để tính ra giá trị đầu ra  $O$ , sau đó giá trị đầu ra  $O$  này được so sánh với giá trị giá trị thực đo  $Y$ . Nếu không có sự khác biệt nào, thì không cần thực hiện một quá trình kiểm tra nào, ngược lại các trọng số sẽ được thay đổi trong quá trình lan truyền ngược trong mạng thần kinh để giảm sự khác biệt đó.

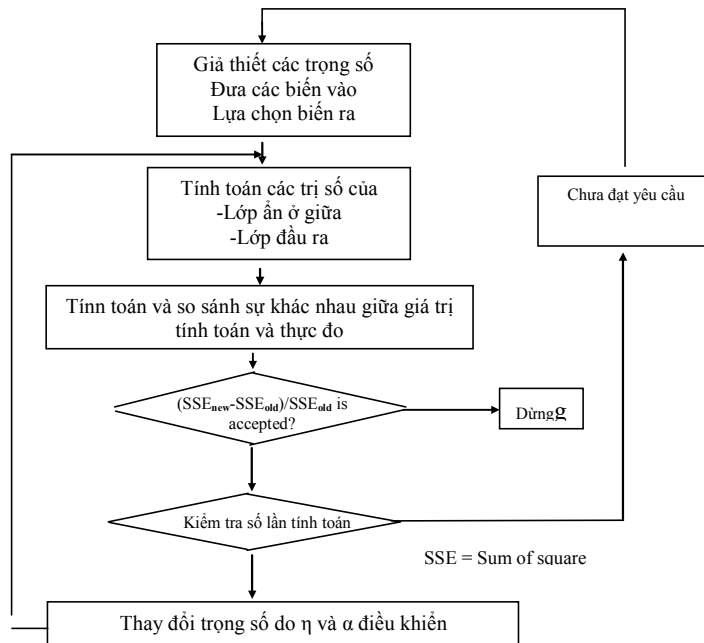
Sau khi vượt qua lớp cuối cùng, giá trị đầu ra thực của mạng được so sánh với giá trị mong muốn (giá trị đo đạc). Mục tiêu là phải tối thiểu hoá sai số tổng của mạng cho tất cả các tập hợp theo thời gian của các giá trị đầu vào (input partern). Sai số của partern  $p$  của một mạng chỉ có một biến đầu ra được tính như sau:

$$E_p = \frac{1}{2} \sum (Y_t - O_t)^2 \quad (5)$$

Trong đó: sai số tổng của mạng phải được tính cho tất cả các partern.

Phương pháp lan truyền ngược cố gắng tối thiểu hóa sai số này bằng cách điều chỉnh các trọng số trong mỗi quá trình tính toán với các thông số như  $\eta$  là đại diện cho tốc độ học (learning rate) và hệ số mômen  $\alpha$ .

Trong đó,  $\eta$  điều khiển tốc độ mà quá trình lan truyền ngược điều khiển các trọng số trong mỗi lần tính toán. Nếu thay đổi trọng số càng nhanh, thì càng chóng đạt được trọng số mong muốn. Nhưng nếu  $\eta$  quá lớn, nó có thể gây ra sự dao động và bất ổn định của đầu ra. Để giải quyết vấn đề này, một hệ số khác gọi là hệ số mômen  $\alpha$  được đưa vào; hệ số này có tác dụng làm tăng tốc độ học mà không gây ra sự giao động. Về cơ bản mà nói thì  $\alpha$  là một hằng số xác định sự ảnh hưởng của các trọng số của bước thời gian trước đến sự thay đổi của trọng số ở bước thời gian này. Sơ đồ khối của thuật toán lan truyền ngược và quá trình tính toán được minh họa ở hình 5.



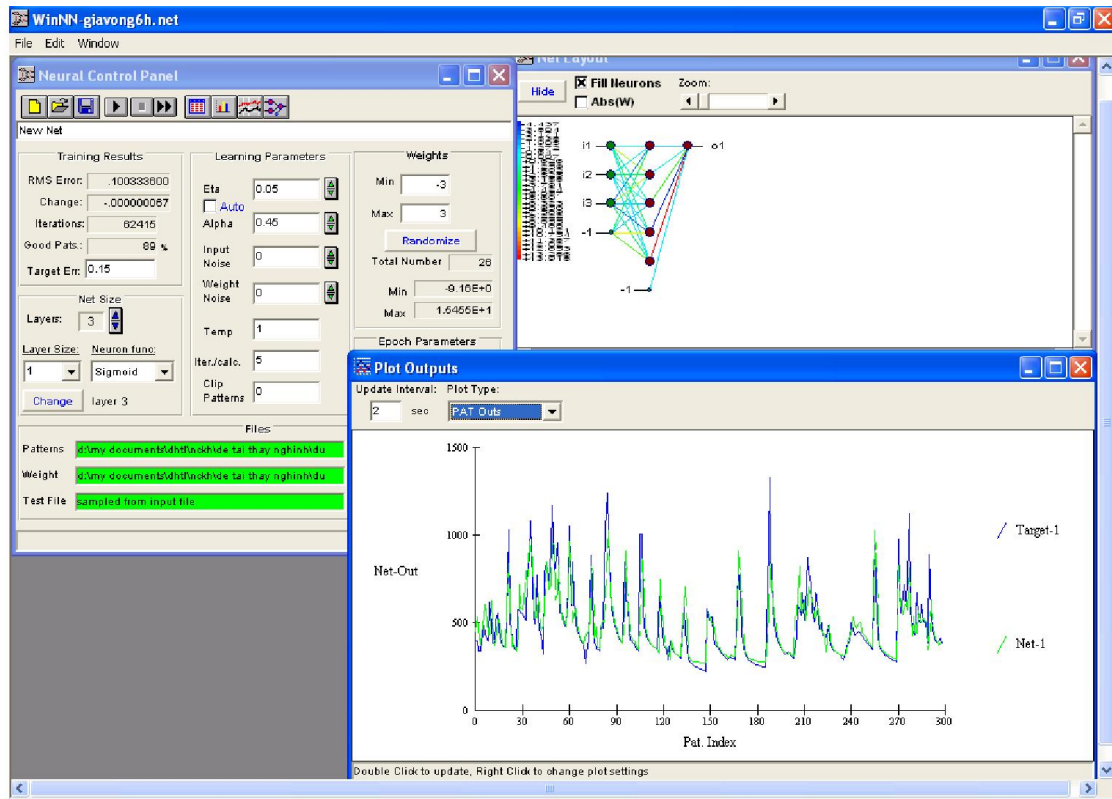
Hình 5: Sơ đồ khối của thuật toán lan truyền ngược

## 2.2. Giới thiệu về phần mềm tính toán

Đề tài đã nghiên cứu ứng dụng phần mềm phân tích thống kê SPSS 11 để xây dựng mô hình hồi quy nhiều biến, phần mềm WinNN32 và Neuro Solution 4.2 để xây dựng mạng nơ ron thần kinh.

**SPSS:** điểm mạnh của phần mềm thống kê SPSS 11 so với mô đun mở rộng Analysis Toolpak của Microsoft Excel là nó có sử dụng thuật toán Stepwise trong phân tích hồi quy nhiều biến (Regression), do vậy không phải đưa lần lượt các biến vào và ra để phân tích từng trường hợp (từng mô hình) như thực hiện trong Excel mà có thể đưa toàn bộ các biến vào để chương trình tự thực hiện và đưa ra một bảng so sánh để ta tìm ra mô hình hồi quy tốt nhất [3].

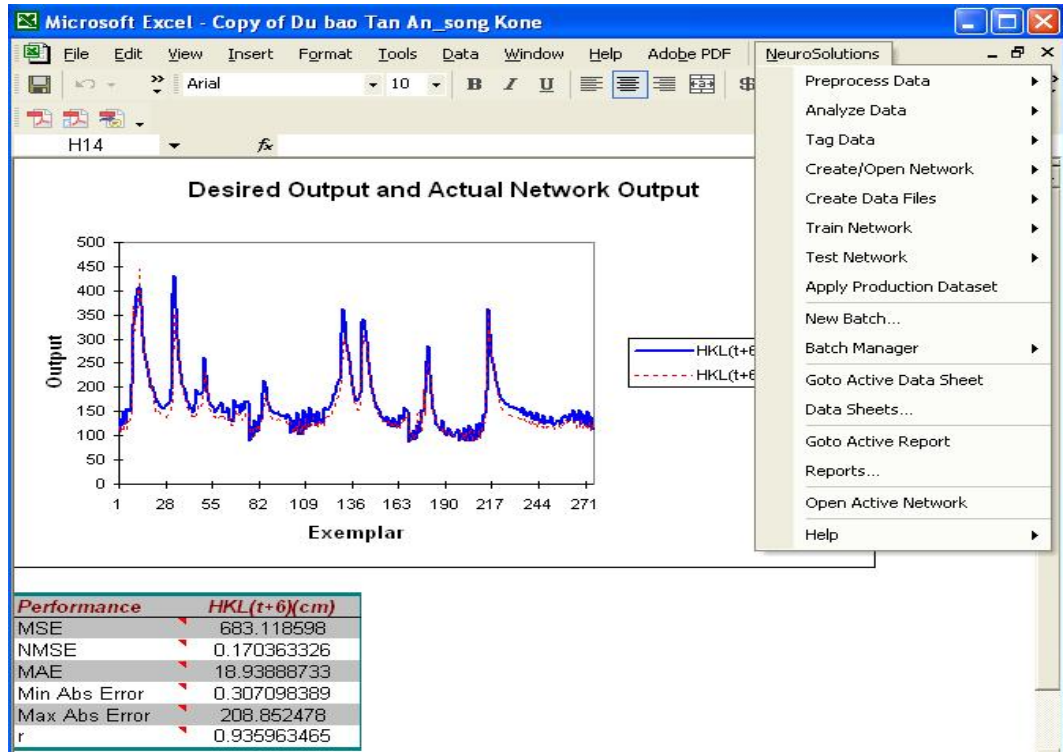
**WinNN32:** là một phần mềm mạng thần kinh sử dụng thuật toán lan truyền ngược. Phần mềm này có giao diện rất dễ sử dụng (xem hình 6). Tuy nhiên, để tìm được một mạng nơ ron tối ưu đòi hỏi người sử dụng phải có kinh nghiệm, đặc biệt trong quá trình lựa chọn số lớp ẩn và số nút trong từng. Qua thực hiện, chúng tôi thấy rằng chỉ nên chọn 1 lớp ẩn và số nút trong lớp ẩn đó chỉ chọn trong khoảng từ  $i$  đến  $2i - 1$  ( $i$  là số biến đầu vào).



Hình 5: Giao diện của WinNN32  
(kết quả hiệu chỉnh mô hình cho sông Bến Hải tại trạm Gia Vòng)

**Neuro Solution 4.2:** do tập đoàn Neuro Dimension Inc. phát triển; đây là phần mềm hoàn chỉnh hơn nhiều so với WinNN32 vì nó không chỉ phát triển theo hướng Nơ ron thần kinh với thuật toán lan truyền ngược (BPNN) mà nó còn phát triển cả theo hướng mạng Fuzzy (Fuzzy Logic), thuật toán giải đoán Gen (Genetic Algorithms - GA) và sử dụng nhiều thuật toán tối ưu khác. Phần mềm này tồn tại dưới 2 dạng: dạng thứ nhất như một phần mềm độc lập và dạng thứ hai là phần mở rộng được tích hợp trong Microsoft Excel (chỉ có từ phiên bản 4.0 trở lên). Với phần mềm này chúng tôi đã sử dụng thuật toán tối ưu giải đoán gen GA để hỗ trợ cho việc tìm ra mạng BPNN tốt nhất và vì vậy rút ngắn được thời gian chạy chương

trình rất nhiều so với dùng Win NN32. Thêm vào đó với phần mở rộng được tích hợp trong Excel sẽ rất thuận tiện cho người dùng trong việc xử lý dữ liệu trước khi vào tính toán. Ngoài ra khác với WinNN32 việc sử dụng mạng tốt nhất trong dự báo cũng dễ dàng hơn nhiều với chức năng dự báo (Apply Production Dataset). Giao diện của phần mềm này được minh hoạ trong hình 6.



Hình 6: Giao diện của phần mở rộng Neuro Solutions trong Excel  
(kết quả hiệu chỉnh mô hình cho sóng Kone tại Tân An)

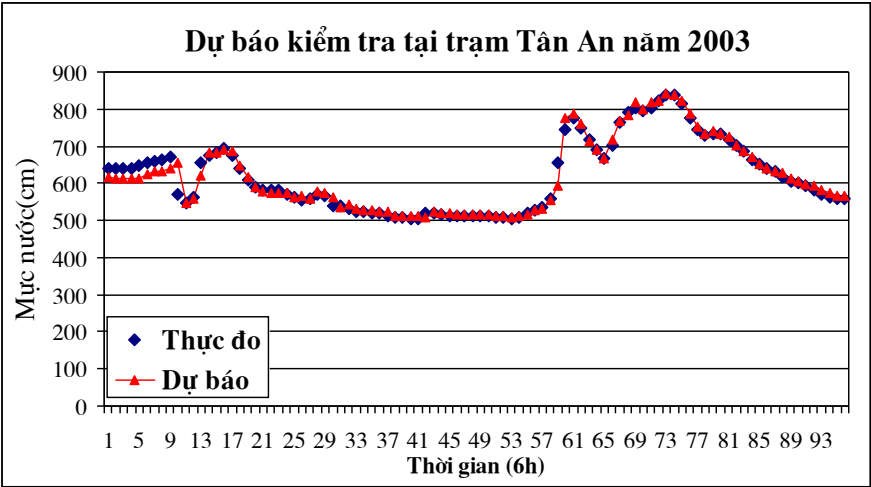
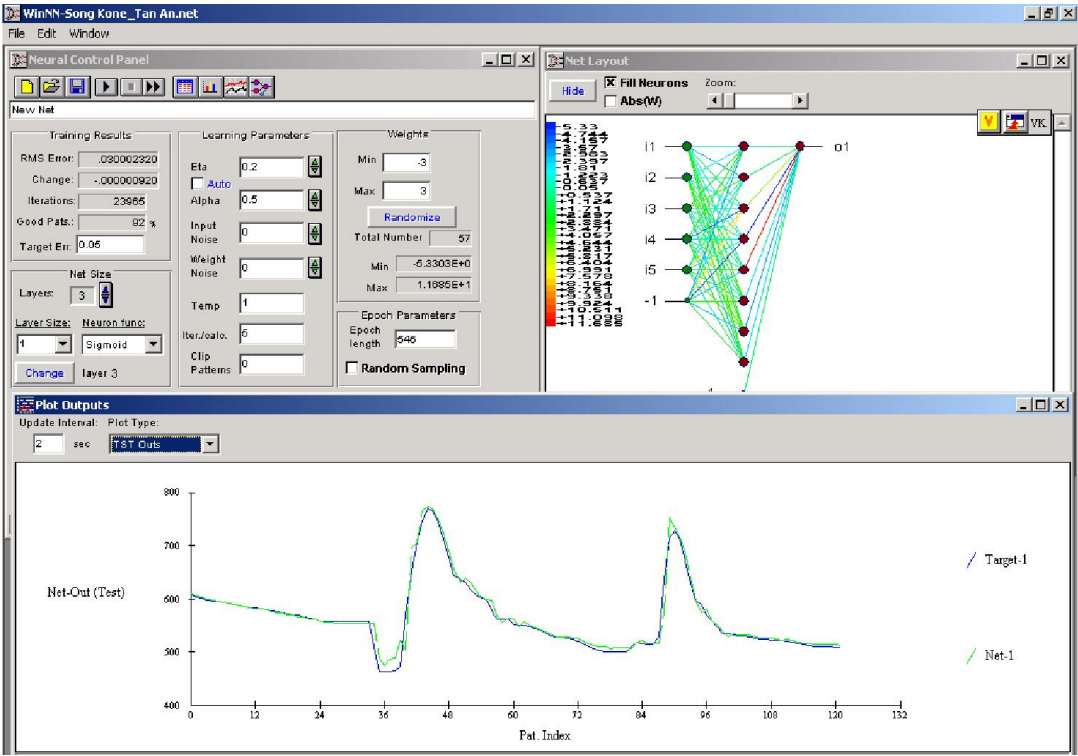
### 3. Kết quả thu được

Thực hiện các bước tính toán như đã trình bày và sử dụng phần mềm thống kê SPSS version 11.5 để phân tích hồi quy nhiều biến, WinNN, Neuro Solution phiên bản 4.2 để xây dựng mạng thần kinh nhân tạo tối ưu dùng cho dự báo, chúng tôi đã xây dựng được một số phương án dự báo mực nước trước 6 h với mức đảm bảo phương án là khá tốt (>80%) cho các sông như sông Thạch Hãn tại trạm Thạch Hãn, sông Bến Hải tại trạm Gia Vòng, sông Hiếu tại trạm Đông Hà (tỉnh Quảng Trị), sông Kon tại trạm Tân An, sông Hà Thành tại trạm Diêu Trì (Bình Định) [1]. Một số kết quả dự báo kiểm tra được minh hoạ ở các hình 7, 8

Nhìn chung các phương án dự báo mực nước lũ trước 6 h cho các sông lớn ở miền trung bằng phân tích hồi quy nhiều biến (MVR) và bằng phương pháp mạng thần kinh nhân tạo (BPNN) đều có mức đảm bảo trên 80%. Thông thường thì mô hình mạng nơ ron thần kinh cho kết quả tốt hơn MVR. Tuy nhiên, việc sử dụng mô hình BPNN để dự báo lại khó hơn việc sử dụng phương trình dự báo đơn giản của phương pháp MVR, do vậy chúng tôi khuyến nghị nên dùng mô hình MVR. Nếu người sử dụng đã quen thuộc với phần mềm WinNN 32 hoặc Neuro Solutions rồi thì nên dùng BPNN. Trong trường hợp dự báo thấy có giá trị khác thường thì nên tham khảo thêm kết quả dự báo của cả hai mô hình.

Ngoài ra, việc theo dõi dự báo các hình thể thời tiết cũng cho chúng ta những tuyên đoán về lượng mưa có thể xảy ra trên các lưu vực sông nhờ vào các kết quả tổng hợp và phân tích

thống kê mưa lũ do các hình thể thời tiết gây ra, và vì vậy sẽ tạo điều kiện rất lớn cho công tác dự báo mực nước lũ của các sông miền trung và qua đó có thể tăng cường thời gian cảnh báo lũ.



Hình 8: Kết quả dự báo kiểm tra cho sông Kone tại Tân An bằng mô hình hồi quy nhiều biến



## Kết luận

Kết quả đạt được của nghiên cứu này cho thấy khả năng ứng dụng rất tốt của mô hình mạng trí tuệ nhân tạo ANN - mạng Nơ ron thần kinh với thuật toán lan truyền ngược BPNN vào dự báo thủy văn. Khả năng ứng dụng này không chỉ dừng lại ở hướng nghiên cứu BPNN mà còn ở các hướng khác như mạng Fuzzy và sự kết hợp với các thuật toán giải đoán gen GA để tìm mạng tốt nhất nâng cao hiệu quả và giảm thời gian chạy mô hình. Cần phải có những nghiên cứu tiếp theo về ANN cho những khu vực khác, đặc biệt là những khu vực mà tài liệu đo đạc tốt hơn để tổng kết đánh giá và đưa mô hình vào công tác dự báo tác nghiệp.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO CHÍNH

1. Lê Văn Nghinh, Hoàng Thanh Tùng, và nnk (3-2006). *Nghiên Cứu giải pháp thoát lũ cho một số sông lớn miền Trung nhằm bảo vệ các khu kinh tế tập trung, các khu dân cư ven sông, dọc quốc lộ - Đề tài NCKH cấp Bộ*. Trường Đại học Thủy lợi.
2. Lê Văn Nghinh, Bùi Công Quang, Hoàng Thanh Tùng (6-2006). *Mô hình toán Thủy văn – Giáo trình cho học viên cao học*. Trường Đại học Thủy lợi.
3. Holder, R. H. (1990). *Multiple Regression in Hydrology*. Walling Ford, Institute of Hydrology.
4. Nguyễn Viết Thi (2003). *Các hình thái thời tiết chính gây mưa sinh lũ lớn trên các sông miền Trung - Tuyển tập báo cáo khoa học lần thứ VIII*. Viện Khí tượng thủy văn.

**Summary:** *Flood forecasting for big rivers in the Central part of Vietnam plays a very important role in timely coping with floods to reduce flood affects. This article summarises results achieved in application of the Artificial Neural Network (ANN) in flood forecasting for rivers in Binh Dinh and Quang Tri provinces.*