



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



# Ứng dụng mạng thần kinh nhân tạo dự báo độ lún công trình thủy điện

Phạm Quốc Khánh <sup>1\*</sup>, Nguyễn Văn Mạnh <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Trắc địa Bản đồ và Quản lý Đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

<sup>2</sup> Công ty Cổ phần Trắc địa và thiết bị MP, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 03/05/2019  
 Chấp nhận 10/08/2019  
 Đăng online 30/08/2019

Từ khóa:

ANN - BP  
 Quan trắc lún  
 Dự báo lún  
 Đập thủy điện

Không chỉ ở Việt Nam, với một số nước đang phát triển công trình thủy điện như Lào, Campuchia,... công tác dự báo chuyển dịch biến dạng đập thủy điện chưa được chú trọng nên việc cảnh báo tình trạng đập không được cập nhật có thể gây ra thảm họa khi đập bị vỡ. Quan trắc chuyển dịch biến dạng đập thủy điện hiện nay được chia thành hai dạng là quan trắc bề mặt và quan trắc lõi đập, trong đó quan trắc bề mặt đập được thực hiện chủ yếu bằng phương pháp trắc địa và được đo theo chu kỳ, do xây dựng hệ thống quan trắc liên tục rất phức tạp và tốn kém. Việc dự báo chuyển dịch biến dạng đập dựa trên số liệu quan trắc theo chu kỳ có vai trò cực kỳ quan trọng, góp phần cảnh báo nguy cơ đập xảy ra sự cố, giảm thiểu thiệt hại về của cải và con người ở hạ lưu. Bài báo nghiên cứu ứng dụng mạng thần kinh nhân tạo xây dựng mô hình lún của điểm quan trắc bề mặt đập dựa vào số liệu đo của các chu kỳ trước đó, từ đó dự báo lún cho một số chu kỳ tiếp theo. Kết quả thực nghiệm khi xây dựng mô hình lún cho đập thủy điện Yaly chỉ ra rằng, mô hình mạng thần kinh nhân tạo có độ chính xác tốt, các giá trị dự báo rất sát với giá trị đo, điều đó chứng tỏ có thể sử dụng mô hình này trong dự báo độ lún đập thủy điện.

© 2019 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

## 1. Mở đầu

Các đập thủy điện lớn ở nước ta được coi là các công trình trọng điểm quốc gia, sự an toàn của đập thủy điện luôn được đặt lên vị trí hàng đầu vì nếu xảy ra sự cố sẽ ảnh hưởng lớn đến đời sống, tính mạng, kinh tế của người dân khu vực hạ lưu. Việc quan trắc chuyển dịch đập bằng phương

pháp trắc địa và phi trắc địa đã và đang là nhiệm vụ bắt buộc và trở nên phổ biến ở các công trình này (Trần Khánh, 2003). Đối với quan trắc bề mặt đập bằng phương pháp trắc địa, hiện nay vẫn chủ yếu là quan trắc theo chu kỳ và xử lý số liệu sau. Công tác dự báo chuyển dịch biến dạng đã được chú ý nhưng vẫn còn tương đối đơn giản khi sử dụng các hàm toán học có sẵn để mô phỏng chuyển dịch. Các phương pháp dự báo động mới, hiện đại như phương pháp tự hồi quy, lọc Kalman (Phạm Quốc Khánh, Nguyễn Việt Hà, 2015; Phạm Quốc Khánh, Nguyễn Quốc Long, 2015) đã được

\*Tác giả liên hệ

E - mail: [phamquockhanh@humg.edu.vn](mailto:phamquockhanh@humg.edu.vn)

ngiên cứu gần đây nhưng chưa được phổ biến rộng rãi. Các nghiên cứu này bước đầu đạt được một số kết quả tương đối khả quan nhưng còn có hạn chế như độ chính xác dự báo chưa cao khi xử lý với ít dữ liệu đầu vào.

Ứng dụng mạng thần kinh nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) xây dựng mô hình chuyển dịch và dự báo chuyển dịch biến dạng đang được quan tâm nhiều trên thế giới gần đây (Pantazis and Alevizakou, 2013; Fuyang and Yayun, 2014; Narayanakumar and Raja, 2016; Xiaoyu, 2017). Ở Việt Nam, ứng dụng ANN được đề cập ở một vài hướng nghiên cứu như dự báo động đất, dự báo lượng nước về hồ thủy điện (Cao Đình Trọng và nnk., 2011); tuy nhiên, chưa thấy tác giả nào đề cập đến trong lĩnh vực dự báo độ lún đập thủy điện. Chính vì thế, bài báo này nghiên cứu ứng dụng ANN xây dựng mô hình và dự báo độ lún cho đập thủy điện dựa trên kết quả đo lún theo chu kỳ. Kết quả tính toán sử dụng thuật toán lan truyền ngược và so sánh với dữ liệu đo thực tế để đánh giá độ chính xác mô hình cùng với kết quả dự báo.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Cấu trúc ANN

ANN là mô hình tính toán mô phỏng theo khả năng nhận biết của con người để xử lý thông tin. ANN bao gồm nhiều Neural (còn gọi là nút hay một đơn vị xử lý thông tin) độc lập liên kết với nhau theo một cấu trúc nhất định để giải quyết vấn đề cụ thể. ANN giống như con người, được huấn luyện (Training) và lưu trữ những hiểu biết sau khi huấn luyện để sử dụng trong những tình huống phù hợp sau này. Để xây dựng một ANN cần xác định thông tin cấu trúc mạng và thông tin các trọng số của từng neural trong mạng (Wusheng, 2006).

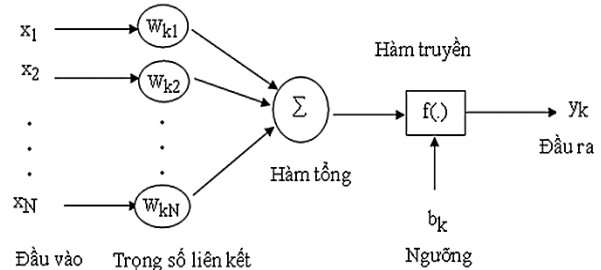
#### 2.1.1. Cấu trúc một Neural

Mỗi Neural có chức năng nhận tín hiệu vào, tổng hợp và xử lý các tín hiệu vào để tính tín hiệu ra, Hình 1 miêu tả cấu trúc của một Neural.

Trong đó:

- Tập các đầu vào: Là các tín hiệu vào (*input signals*) của Neural, các tín hiệu này thường được đưa vào dưới dạng một vector N chiều.

- Tập các liên kết: Mỗi liên kết được thể hiện bởi một trọng số (gọi là trọng số liên kết - *Synaptic*



Hình 1. Cấu trúc một Neural.

*weight*). Trọng số liên kết giữa tín hiệu vào thứ  $j$  với Neural  $k$  thường được ký hiệu là  $w_{kj}$ . Thông thường, các trọng số này được khởi tạo một cách ngẫu nhiên ở thời điểm khởi tạo mạng và được cập nhật liên tục trong quá trình học mạng.

- Hàm tổng (*Summing function*): Thường dùng để tính tổng của tích các đầu vào với trọng số liên kết của nó.

- Ngưỡng (còn gọi là một độ lệch - *bias*): Ngưỡng này thường được đưa vào như một thành phần của hàm truyền.

- Hàm truyền (hay gọi là *hàm kích hoạt - Transfer function*): Hàm này được dùng để giới hạn phạm vi đầu ra của mỗi Neural. Nó nhận đầu vào là kết quả của hàm tổng và ngưỡng đã cho. Thông thường, phạm vi đầu ra của mỗi Neural được giới hạn trong đoạn  $[0, 1]$  hoặc  $[-1, 1]$ . Các hàm truyền rất đa dạng, có thể là các hàm tuyến tính hoặc phi tuyến. Việc lựa chọn hàm truyền nào là tùy thuộc vào từng bài toán và kinh nghiệm của người thiết kế mạng.

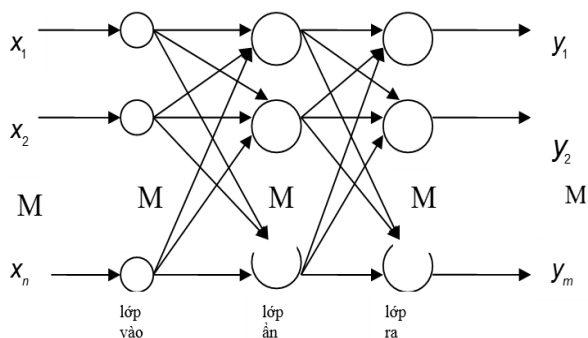
- Đầu ra: Là tín hiệu đầu ra của một Neural, với mỗi Neural sẽ có tối đa là một đầu ra.

#### 2.1.2. ANN truyền thẳng sử dụng thuật toán lan truyền ngược (Back Propagation - BP)

ANN có nhiều loại khác nhau tùy thuộc vào việc phân loại, khi phân loại theo sự liên kết giữa các lớp thì có mạng truyền thẳng và mạng hồi quy. Trong lĩnh vực dự báo chuyển dịch biến dạng công trình thường sử dụng mạng lan truyền thẳng nhiều lớp với thuật toán lan truyền ngược (ANN - BP).

Cấu trúc ANN - BP gồm 3 lớp là lớp vào (*input layer*), lớp ra (*output layer*) và lớp ẩn (*hidden layer*) như Hình 2. Lớp ẩn kết nối giữa lớp vào và lớp ra, là thành phần nội tại của mạng, một ANN có thể dùng nhiều lớp ẩn nhưng đã có nghiên cứu chỉ ra rằng chỉ cần sử dụng một lớp ẩn là đủ để mô hình hóa một hàm bất kỳ (Fuyang and Yayun,

2014). Mặt khác, chưa có nguyên tắc nào hướng dẫn lớp ẩn có bao nhiêu Neural, việc xác định này dựa trên kinh nghiệm hoặc sử dụng phép thử để xác định sai số.



Hình 2. Mô hình ANN 3 lớp truyền thẳng.

### 2.2. Hàm truyền trong ANN - BP

Neural cơ bản có n ngõ vào, mỗi ngõ vào có trọng số tương ứng là  $W$ , tổng của các ngõ vào có trọng số và ngưỡng tạo nên tín hiệu vào của hàm truyền  $f$ . Neural có thể sử dụng nhiều loại hàm truyền khác nhau để tạo ra tín hiệu ngõ ra. Các hàm truyền thường được sử dụng với ANN - BP gồm hàm tuyến tính purelin ( $x$ ) - Hình 3a và hàm sigmoid, hàm sigmoid có hai dạng là logsig( $x$ ) - Hình 3b và tansig( $x$ ) - Hình 3c.

ANN - BP thường sử dụng hàm truyền sigmoid dạng logsig( $x$ ). Hàm này giới hạn ngõ ra của mạng trong một vùng nhỏ. Nếu sử dụng hàm tuyến tính thì ngõ ra của mạng lấy giá trị bất kỳ.

### 2.3. Xác định trọng số cho từng neural

ANN với giải thuật lan truyền ngược được xem là giải thuật học có thầy (supervised learning), nghĩa là phải có bộ dữ liệu mẫu để mạng có thể học. Dữ liệu mẫu bao gồm dữ liệu đầu vào  $x_i$

là các yếu tố ảnh hưởng đến sự chuyển dịch biến dạng, dữ liệu đầu ra  $t_i$  (Target value) là kết quả mong muốn. Để thực hiện việc học, giải thuật thực hiện qua 2 bước:

- Đầu vào  $x_i$  sau khi nhập vào mạng được lan truyền để thu được đầu ra  $y_i$
- Sai số ( $e_i = t_i - y_i$ ) lan truyền ngược lại đầu vào nhằm cập nhật trọng số của mạng.

Để thu được mô hình sát với thực tế nhất, mạng phải thực hiện rất nhiều vòng lặp nhằm tìm ra trọng số tối ưu nhất cho mẫu tương ứng. Thuật toán BP được sử dụng để điều chỉnh các trọng số kết nối sao cho tổng sai số  $e$  nhỏ nhất, tức là (1)

$$e = \sum_{i=1}^n (t(x_i, w) - y(x_i))^2 = \min$$

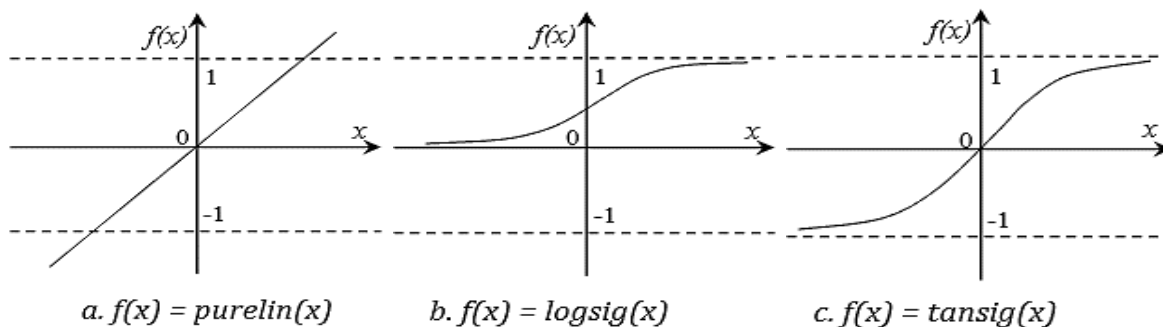
Trong đó:  $t(x_i, w)$  là giá trị của tập mẫu;  $y(x_i)$  là giá trị đầu ra của mạng.

### 3. Xây dựng mô hình dự báo độ lún tại thủy điện Yaly

Để minh chứng cho lý thuyết nghiên cứu ở trên, mô hình dự báo độ lún cho 2 điểm quan trắc lún tại thủy điện Yaly được xây dựng trên cơ sở ứng dụng ANN - BP.

#### 3.1. Giới thiệu công trình thủy điện Yaly

Nhà máy thủy điện Yaly được xây dựng trên sông Sê San với diện tích 20 km<sup>2</sup>, nằm giáp ranh giữa hai huyện Chư Păh (tỉnh Gia Lai) và huyện Sa Thầy (tỉnh Kon Tum), với công suất 720 MW và điện lượng bình quân nhiều năm khoảng 3,68 tỉ KWh/năm. Đây là công trình thủy điện lớn thứ ba nước ta, sau nhà máy thủy điện Hoà Bình và nhà máy thủy điện Sơn La trên sông Đà. Thủy điện Yaly có 4 tổ máy đã và đang hoạt động từ cuối năm 2001. Tuyến áp lực của thủy điện Yaly là hạng mục quan trọng của nhà máy gồm đập dâng, đập tràn. Đập dâng của thủy điện Yaly là loại đập đá đổ với



Hình 3. Hàm truyền của ANN.

lõi giữa là lớp đất nện dày, về dạng hình học thì đây là loại đập vòm trọng lực với bán kính cong  $R = 400m$  như Hình 4. Theo mặt cắt ngang, đập được chia thành 4 tuyến cơ trong đó có 1 tuyến cơ ở phía thượng lưu và 3 tuyến ở hạ lưu, mỗi tuyến cơ có hành lang rộng khoảng 8 - 10m. Đập tràn xả lũ có kết cấu bê tông cốt thép trên nền đá gồm hai phần chính là phần tràn và phần dốc nước với chiều dài 191m và chiều rộng 105m (Công ty tư vấn điện 1, 2006).



Hình 4. Đập thủy điện Yaly.

### 3.2. Nhiệm vụ quan trắc độ lún đập thủy điện Yaly

Công tác quan trắc độ lún tại tuyến đập thủy điện Yaly với nhiệm vụ là đo các lớp lún khác nhau trong lõi sét, đo lún các cơ và mặt đập nhằm theo dõi, kiểm tra mức độ ổn định của các hạng mục công trình. Kết quả quan trắc lún là một trong những tài liệu cơ sở để ban quản lý, vận hành công trình thiết kế và lập kế hoạch cho chế độ vận hành, tu sửa, bảo dưỡng công trình một cách tối ưu. Hơn nữa, tài liệu về dự báo độ lún còn có tác dụng lớn là cảnh báo để ngăn ngừa các sự cố do công trình không ổn định gây ra.

### 3.3. Phân bố mốc quan trắc lún thủy điện Yaly

Để xác định độ lún của đập trong quá trình xây dựng và vận hành công trình, người ta lắp đặt trên thân đập ở các cao trình khác nhau hệ thống mốc quan trắc lún. Theo yêu cầu nhiệm vụ kỹ thuật, số lượng mốc quan trắc lún tuyến đập thủy điện Yaly gồm 40 mốc các loại và phân bố mốc quan trắc đập dâng gồm:

- 8 mốc sâu đặt ở đỉnh lõi đập, cao độ mặt mốc

khoảng 522m và độ sâu đặt mốc là 2m được ký hiệu M1, M5, M9, M13, M17, M21, M25, M30.

- 24 mốc đặt trên 3 tuyến: các cơ 480m, 500m và tuyến tái đập ở độ cao 518m, mỗi tuyến đặt 8 mốc.

- + Tuyến 480m bao gồm: M4, M8, M12, M16, M20, M24, M28, M32.

- + Tuyến 500m bao gồm: M3, M7, M11, M15, M19, M23, M27, M31.

- + Tuyến mái đập 518m bao gồm: M2, M6, M10, M14, M18, M22, M26, M29.

- Các mốc quan trắc lún đập dâng được đặt theo 8 mặt cắt hướng về tâm đập, tại mỗi mặt cắt sẽ đặt 3 mốc mặt và một mốc sâu như Hình 5.

### 3.4. Quan trắc lún đập thủy điện Yaly

Để đảm bảo tính chặt chẽ và độ chính xác cần thiết cho việc xác định độ cao mốc lún, cần thành lập một mạng lưới độ cao liên kết các điểm lún và điểm khống chế cơ sở trong một mạng lưới thống nhất. Mạng lưới độ cao trong đo lún công trình thường gồm hai bậc là bậc lưới khống chế cơ sở và bậc lưới quan trắc. Đối với thủy điện Yaly, lưới cơ sở và lưới quan trắc phải đảm bảo độ chính xác như trong Bảng 1.

Bảng 1. Chỉ tiêu độ chính xác lưới quan trắc lún thủy điện Yaly.

Bậc lưới	Đỉnh đập ( $m_s = 3 \text{ mm}$ )
Lưới cơ sở	0.94mm
Lưới quan trắc	1.9mm

#### 3.4.1. Lưới khống chế cơ sở

Là hệ thống mốc khống chế ổn định, không bị dịch chuyển trong quá trình quan trắc. Các mốc cơ sở phải có kết cấu thích hợp và được đặt ở bên phải ngoài phạm vi ảnh hưởng của chuyển dịch, biến dạng công trình hoặc đặt ở tầng đá gốc. Mốc cơ sở nên được bố trí thành từng cụm ba mốc một, các mốc được đo nối liên kết với nhau tạo thành một mạng lưới chặt chẽ, có độ chính xác cao, kiểm tra thường xuyên trong mỗi chu kỳ quan trắc. Lưới khống chế cơ sở có tác dụng là cơ sở độ cao để thực hiện đo nối độ cao đến các điểm quan trắc gắn trên công trình trong suốt quá trình theo dõi.

#### 3.4.2. Bậc lưới quan trắc

Lưới quan trắc được thành lập bằng cách liên kết giữa các mốc quan trắc đến công trình. Lưới quan trắc tạo thành một mạng lưới thủy chuẩn

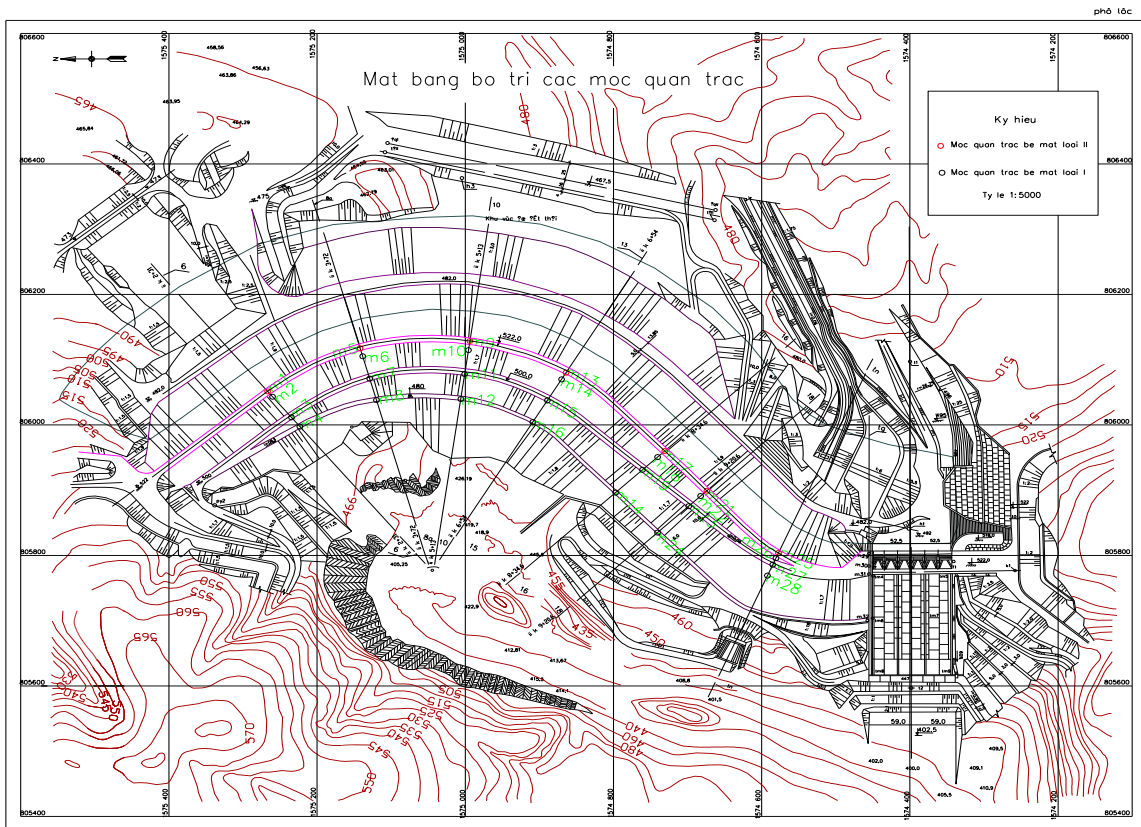
khép kín với nhiều vòng và được đo nối với các điểm khống chế độ cao nhằm mục đích xác định độ cao của điểm lún ở những thời điểm đo khác nhau. Lưới khống chế cơ sở và lưới quan trắc được thiết kế như Hình 6.

**3.5. Ứng dụng ANN- BP xây dựng mô hình độ lún**

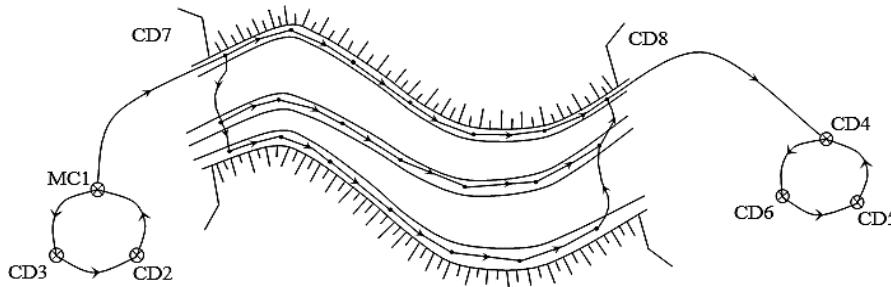
Lưới cơ sở và lưới quan trắc lún đập thủy điện Yaly đều được đo bằng phương pháp đo cao hình học tia ngắm ngắn độ chính xác cao. Từ tháng 11 năm 1998 đến tháng 11 năm 2005 đã thực hiện được 14 chu kỳ đo lún cho tất cả các mốc trên các cơ đập. Trong bài báo này sử dụng độ lún của 13

chu kỳ, ứng dụng ANN - BP xây dựng mô hình lún cho điểm M30 nằm trên đỉnh đập (độ cao 522 m) và điểm M26 ở tuyến cơ 518m, đồng thời dự báo độ lún chu kỳ 14. Thời gian quan trắc giữa các chu kỳ và độ lún tích lũy của 2 điểm đo lún được ghi trong Bảng 2.

Ứng dụng modul ANN - BP trong chương trình Matlab R2016a xây dựng mạng neural 3 lớp, trong đó lớp ẩn gồm có 8 neural. Sơ đồ mạng, quá trình huấn luyện và kiểm tra được mô tả như Hình 7, Hình 8 và Hình 9. Kết quả xây dựng mô hình ANN - BP qua 13 chu kỳ đo lún, dự báo cho chu kỳ thứ 14 và sai số mô hình được trình bày ở Bảng 3 và Bảng 4.



Hình 5. Sơ đồ bố trí mốc lún.



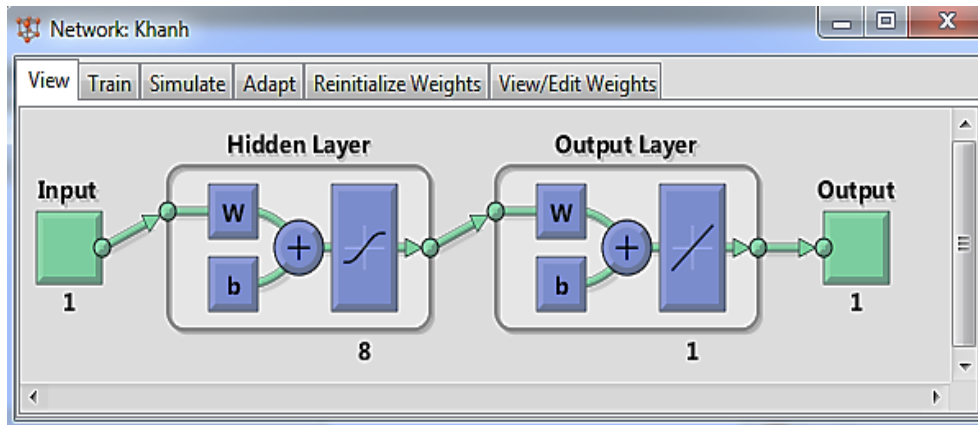
Hình 6. Sơ đồ lưới quan trắc lún đập thủy điện Yaly.

Bảng 2. Độ lún đo thực tế của điểm M26 và M30.

Chu kỳ	Khoảng thời gian (ngày)	Độ lún điểm M26 (mm)	Độ lún điểm M30 (mm)	Chu kỳ	Khoảng thời gian (ngày)	Độ lún điểm M26 (mm)	Độ lún điểm M30 (mm)
1	0	0.0	0.0	8	200	- 36.7	- 101.1
2	120	- 9.1	- 14.0	9	193	- 44.3	- 112.4
3	113	- 13.6	- 44.3	10	192	- 46.3	- 117.6
4	109	- 19.6	- 57.2	11	260	- 52.6	- 127.9
5	137	- 23.3	- 76.8	12	194	- 53.2	- 130.5
6	152	- 26.5	- 81.2	13	180	- 58.5	- 139.2
7	225	- 30.8	- 88.3	14	188	- 63.6	- 149.8

Bảng 3. So sánh giá trị của mô hình và trị đo điểm quan trắc M26 (mm).

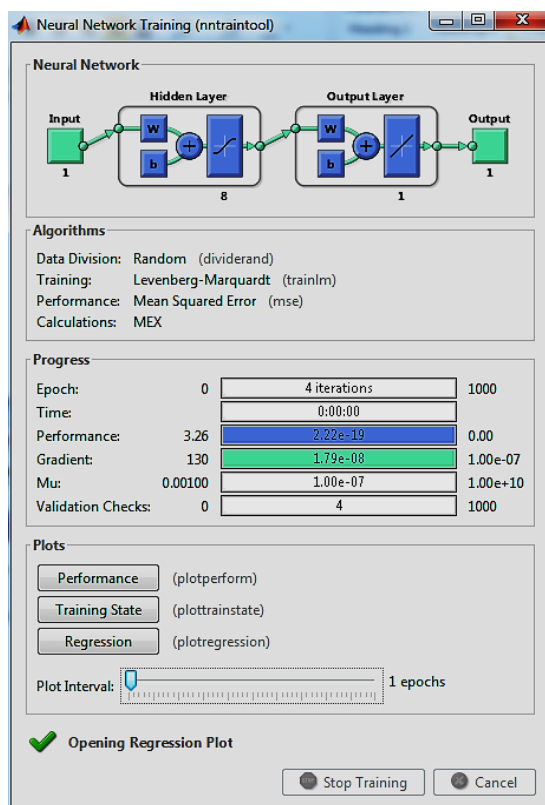
Chu kỳ	Trị đo	Mô hình ANN - BP	Độ lệch	Chu kỳ	Trị đo	Mô hình ANN - BP	Độ lệch
1	0.0	0.4	- 0.4	9	- 44.3	- 44.3	0.0
2	- 9.1	- 9.5	0.4	10	- 46.3	- 46.3	0.0
3	- 13.6	- 13.6	0.0	11	- 52.6	- 52.6	0.0
4	- 19.6	- 20.3	0.7	12	- 53.2	- 53.2	0.0
5	- 23.3	- 23.2	- 0.1	13	- 58.5	- 58.8	0.3
6	- 26.5	- 27.0	0.5	Giá trị dự báo			
7	- 30.8	- 31.7	0.9				
8	- 36.7	- 36.8	0.1	14	- 63.6	- 63.9	0.3



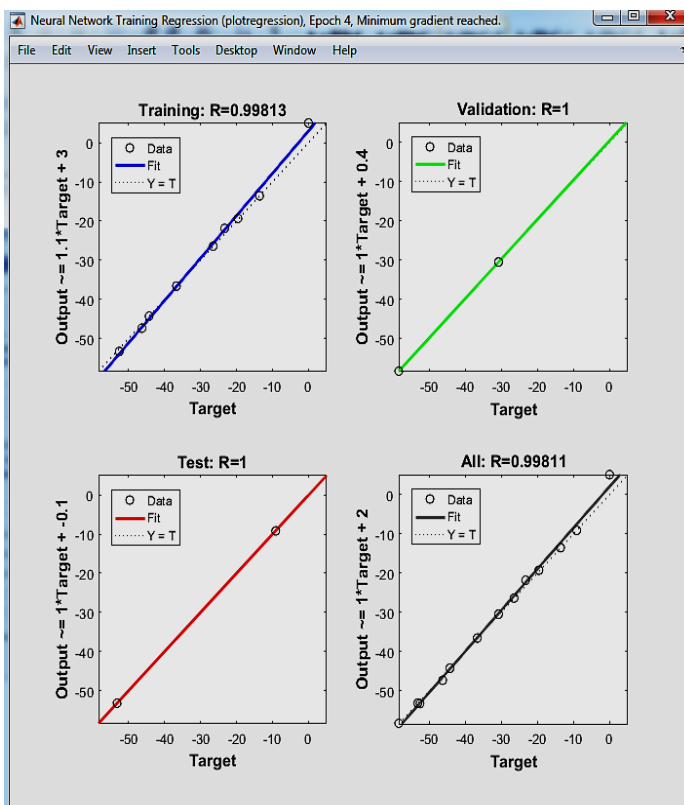
Hình 7. Sơ đồ mạng ANN - BP.

Bảng 4. So sánh giá trị của mô hình và trị đo điểm quan trắc M30 (mm).

Chu kỳ	Trị đo	Mô hình ANN - BP	Độ lệch	Chu kỳ	Trị đo	Mô hình ANN - BP	Độ lệch
1	0.0	4.2	- 4.2	9	- 112.4	- 112.4	0.0
2	- 14.0	- 18.2	4.2	10	- 117.6	- 117.6	0.0
3	- 44.3	- 44.3	0.0	11	- 127.9	- 127.9	0.0
4	- 57.2	- 57.4	0.2	12	- 130.5	- 130.5	0.0
5	- 76.8	- 76.8	0.0	13	- 139.2	- 139.2	0.0
6	- 81.2	- 81.3	0.1	Giá trị dự báo			
7	- 88.3	- 88.3	0.0				
8	- 101.1	- 101.1	0.0	14	- 149.8	- 146.6	- 3.2



Hình 8. Quá trình huấn luyện mạng.



Hình 9. Kiểm tra kết quả huấn luyện.

#### Nhận xét:

- Kết quả tính từ mô hình ANN - BP tương đối sát với độ lún thực tế. Mô hình lún của điểm quan trắc M26 tốt hơn so với điểm M30.

- Giá trị dự báo độ lún của điểm M26 cũng tốt hơn điểm M30.

#### 4. Thảo luận và kết luận

- Công tác dự báo đập công trình thủy điện cần được chú ý và phải được đưa vào quy định quy phạm quan trắc độ lún, thực hiện việc dự báo tốt sẽ giảm thiểu thiệt hại khi có sự cố xảy ra. Tuy nhiên, dù thực hiện dự báo theo mô hình nào đi nữa, cũng chỉ nên dự báo cho 1 hoặc 2 chu kỳ tiếp theo.

- Số liệu quan trắc cần được cập nhật liên tục và đầy đủ thì công tác dự báo mới có thể đạt được độ chính xác tốt. Khi xây dựng mô hình ANN - BP, số chu kỳ quan trắc không nên nhỏ hơn 10, khi các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển dịch của số liệu đầu vào trong mỗi chu kỳ càng nhiều, càng chi tiết thì mô hình thu được càng sát thực tế.

- Dự báo lún đập thủy điện theo mô hình ANN

- BP là một phương pháp dự báo động, cho phép mô phỏng xu thế lún không theo quy luật. Với thực nghiệm trên, cần xác định rõ thời gian dự báo của các chu kỳ tiếp theo thì giá trị dự báo mới đáng tin cậy.

- Kết quả thực nghiệm dự báo độ lún đập thủy điện Yaly theo ANN - BP cho kết quả tương đối tốt, sai số dự báo nhỏ hơn 10% so với độ lún thực tế. Tuy nhiên, cần nghiên cứu với nhiều thực nghiệm và nhiều dạng số liệu hơn để có kết luận chính xác, từ đó đưa vào áp dụng trong thực tế sản xuất.

#### Tài liệu tham khảo

Cao Đình Trọng, Cao Đình Triều, Nguyễn Đức Vinh, 2011. Ứng dụng mạng Nơron trong dự báo độ lớn (Magnitude) động đất khu vực Tây Bắc Việt Nam. *Tạp chí các Khoa học về Trái đất*. 151 - 163.

Công ty tư vấn điện 1, 2006. Báo cáo công tác quan trắc đập thủy điện Yaly.

Fuyang, K., Yayun, L., 2014. The forecasting method of landslides based n improved BP neural network. *Geotechnical Investigation and*

- Surveying*.
- Pantazis, G. and Alevizakou, E. G., 2013. The use of artificial neural networks in predicting vertical displacements of structures. *Internationnal Journal of applied Science and Technology*.
- Narayanakumar, S., Raja, K., 2016. A BP artificial neural network model for earthquake magnitude prediction in Himalayas. India. *Scientific Research Publishing*.
- Phạm Quốc Khánh, Nguyễn Quốc Long, 2015. Nghiên cứu ứng dụng phương pháp lọc Kalman dự báo chuyển dịch đứng bề mặt. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ* (5). 23 - 25.
- Phạm Quốc Khánh, Nguyễn Việt Hà, 2015. Ứng dụng phương pháp tự hồi quy trong dự báo lún công trình. *Tạp chí Công nghiệp Mỏ* (1). 57 - 60.
- Trần Khánh, 2003. Khảo sát so sánh các phương pháp giao hội trong đo chuyển dịch nhà máy đập thủy điện. *Tạp chí khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất* (4). 2003.
- Wusheng, H., 2006. Lý thuyết và ứng dụng mạng thần kinh nhân tạo trong công trình. *Nhà xuất bản Trắc Hội Bắc Kinh*. Trung Quốc (tiếng Trung Quốc).
- Xiaoyu, W., 2017. Study on MPGA - BP of Gravity Dam Deformation Prediction. *Mathematical Problems in Engineering*. 21 - 34.

## ABSTRACT

### Application of artificial neural network for forecasting the subsidence of hydropower structure

Khanh Quoc Pham <sup>1</sup>, Manh Van Nguyen <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Geomatics and Land Administration, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

<sup>2</sup> MP equipment and surveying joint, Vietnam

Besides VietNam, there are some countries such as Laos, Cambodia...that care of developing the hydropower works. However, forecasting about the displacement and deformation of the hydropower dam has not focused yet, therefore warning of the dam's status has not updated frequently so it is easy to cause catastrophe in case of the broken-down dam. Now deformation and displacement monitoring of hydropower works is divided in two types: surface monitoring and dam core monitoring, surface monitoring is mainly observed by geodetic methods and periodical measurement because it is expensive and complex to establish a continuous monitoring system. Dam displacement forecasting on the basis of the cyclic data is extremely important, it help warning the risks of dam and reducing damages on material and human. The article researched the application of artificial neural network on subsidence modeling of the dam surface monitoring points on the base of data that was observed in previous periods, then predict the subsidence of the next ones. Results of the experiment on building subsidence model of Yaly hydropower dam demonstrated that the artificial neural network model has good accuracy, forecasting values are the same as measures and then they proved the applicability of this model in predicting the subsidence of the hydropower dam.