



# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MẠNG NƠ RON NHÂN TẠO VÀO XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ PHỄU NỔ HÌNH THÀNH KHI NỔ LƯỢNG THUỐC TRONG MÔI TRƯỜNG ĐẤT SÉT DƯỚI NƯỚC

Vũ Tùng Lâm, Đàm Trọng Thắng

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: vutunglamhvktqs@gmail.com

## TÓM TẮT

Hiện nay, trí tuệ nhân tạo đang được nghiên cứu, ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực khoa học và đời sống. Ưu việt của trí tuệ nhân tạo là nhận dạng ra được quy luật từ bộ số liệu thực nghiệm đủ lớn. Bài báo tiến hành nghiên cứu đề xuất một mô hình mạng nơ ron nhân tạo để thiết lập quy luật về mối liên hệ giữa các thông số kích thước đồng dạng đặc trưng cho phễu nổ với các thông số đầu vào là bán kính lượng nổ, chiều sâu chôn thuốc trong môi trường đất sét và chiều sâu nước, khi nổ lượng thuốc chôn trong môi trường đất sét dưới nước, dựa trên bộ số liệu từ thí nghiệm đã có.

**Từ khóa:** nổ dưới nước, nổ đất sét, nổ văng, nổ nén ép, mạng nơ ron nhân tạo.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, thế giới hướng tới khai thác tiềm năng của biển, phục vụ mục đích khai thác khoáng sản và xây dựng các công trình dưới nước. Khi thực hiện các công việc này, thông thường phải sử dụng năng lượng nổ để đào sâu đáy biển, phá đá dưới nước. Hiện nay trong lĩnh vực nổ, hệ thống lý thuyết chung và tính toán hộ chiếu nổ mới chỉ giải quyết các vụ nổ trên cạn. Hệ thống tính toán nổ phá đất đá dưới nước mới chủ yếu theo hướng kế thừa phương pháp nổ trên cạn, chưa có phương pháp tính toán các thông số nổ, thông số phá hủy nổ phụ thuộc vào cả chiều sâu nước [1], [2]. Chính vì lý do trên, việc nghiên cứu quy luật thực nghiệm về sự phụ thuộc các thông số kích thước phễu sau nổ như bán kính phễu nổ văng, chiều sâu trông thấy của phễu nổ hay bán kính vùng nén vào chiều sâu chôn lượng nổ, chiều sâu nước và bán kính lượng nổ là một hướng đi có tính cấp thiết, có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

Các nghiên cứu của tác giả Đàm Trọng Thắng, Vũ Tùng Lâm và Tô Đức Thọ [10], [11] đã bước đầu áp dụng những thành tựu nghiên cứu trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo vào thiết lập các quy luật thực nghiệm về các mối liên hệ giữa các thông số ở mức đa chiều đa biến để đưa ra một dạng tổng quát,

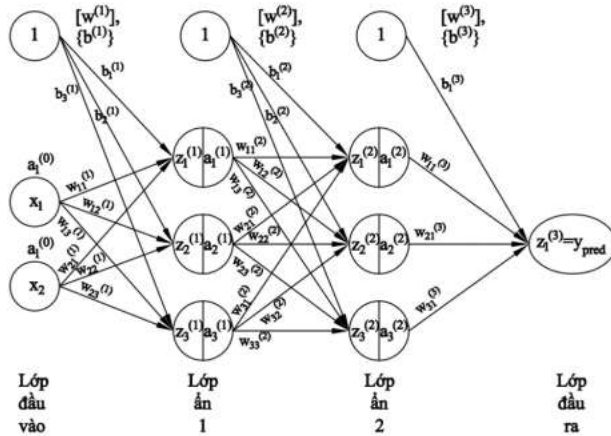
liên tục cho các dạng tác dụng nổ từ nổ văng đến nổ ngầm bằng phương pháp hồi qui dựa trên học máy. Tuy nhiên, các nghiên cứu này vẫn còn một số hạn chế nhất định, như độ chính xác còn chưa cao, chỉ dựa trên hệ số xác định  $R^2$  nên chưa đánh giá được mức độ phân tán dữ liệu, vẫn còn đánh giá dựa trên số liệu sẵn có của tác giả Đàm Trọng Thắng [3]. Chính vì vậy, bài báo sẽ tập trung xây dựng một mô hình hồi qui mới dựa trên nền tảng mạng nơ ron nhân tạo nhằm tìm kiếm quy luật phụ thuộc của các thông số đặc trưng cho kích thước phễu sau nổ gồm bán kính phễu nổ văng, chiều sâu trông thấy của phễu nổ, bán kính vùng nén vào chiều sâu chôn lượng nổ trong đất sét, chiều sâu nước và bán kính lượng nổ. Mô hình mạng nơ ron nhân tạo này tiếp tục được xây dựng và đánh giá độ chính xác trên cơ sở sử dụng bộ số liệu thí nghiệm từ các nghiên cứu trước [3], [10], [11].

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Tổng quan về một mạng nơ ron nhân tạo

Một mạng nơ ron nhân tạo (ANN) bao gồm nhiều lớp nối tiếp nhau (multi-layer feed-forward) [4], [7], [8], [9], thuật toán lan truyền ngược (back propagation) được áp dụng để huấn luyện mạng. Mỗi lớp trong mạng gồm nhiều phần tử xử lý (được gọi là nút hay nơ ron). Những nơ ron ở lớp này

được kết nối với những nơ ron ở lớp sau thông qua trọng số ( $w_{ij}$ ). Trong một mạng nơ ron, có ba loại lớp: một lớp đầu vào, một lớp đầu ra, những lớp ẩn. Một sơ đồ biểu diễn một mô hình ANN như hình H.1.



H.1. Sơ đồ minh họa một mạng nơ ron nhân tạo 3 lớp

Dựa trên hình H.1, hoạt động của một ANN có thể được mô tả ngắn gọn qua hai quá trình là lan truyền thuận (forward propagation) và lan truyền ngược (back propagation) như sau:

Quá trình lan truyền thuận bắt đầu từ lớp đầu vào đến lớp đầu ra. Xét tại lớp thứ  $n$ , đầu vào thứ  $j$  của lớp thứ  $n$  ( $z_j^{(n)}$ ) bằng đầu ra tại nút thứ  $i$  của lớp thứ  $n-1$  ( $a_i^{(n-1)}$ ) nhân với một trọng số (weight) ( $w_{ij}$ ), thành phần này được thêm vào một hệ số tự do (bias)  $b_j^{(n)}$ . Một hàm kích hoạt  $\sigma$  (activation function) phi tuyến được sử dụng để chuyển đổi đầu vào này thành đầu ra:  $z_j^{(n)} \xrightarrow{\sigma} a_j^{(n)}$ , bài báo sử dụng hàm ReLU (rectified linear units) làm hàm kích hoạt. Trong quá trình lan truyền này, lớp đầu vào không trải qua bất kỳ tính toán nào mà chỉ truyền sang lớp kế tiếp (lớp ẩn đầu tiên). Vì mạng nơ ron được sử dụng để giải quyết bài toán hồi quy nên hàm kích hoạt không được áp dụng ở lớp đầu ra.

Với mỗi lần quá trình lan truyền thuận được thực hiện thành công sẽ cho ra một bộ các tham số bao gồm trọng số  $[w^{(n)}]$  và số hạng tự do  $\{b^{(n)}\}$  trong đó  $[w^{(n)}]$  được biểu diễn ở dạng ma trận,  $\{b^{(n)}\}$  được biểu diễn ở dạng véc tơ cột. Khác với quá trình đặt các tham số bằng 0 trong lần khởi tạo đầu tiên với phương pháp học máy [10, 11], các giá trị trong ma trận  $[w^{(n)}]$  và véc tơ  $\{b^{(n)}\}$  được lựa chọn ngẫu nhiên để tránh cho việc đưa

bài toán trở về một dạng tuyến tính. Một bộ ma trận trọng số và véc tơ số hạng tự do sau đó được điều chỉnh để giá trị đầu ra mong muốn  $y_{pred}$  gần với giá trị đầu ra thực tế nhất có thể thông qua một hàm chi phí  $J$  (cost function). Quá trình điều chỉnh này gọi là huấn luyện mạng (training), được thực hiện qua giải thuật lan truyền ngược (back propagation algorithm). Trái ngược với lan truyền thuận, giải thuật lan truyền ngược được thực hiện từ lớp đầu ra đến lớp đầu vào thông qua cơ sở các đạo hàm của hàm hợp (chain rule) [8], [9].

Hàm chi phí  $J$  sử dụng trong bài báo như sau:

$$J = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (y_{pred}^{(i)} - y^{(i)})^2 \quad (1)$$

Trong đó:  $m$  – Tổng số mẫu thí nghiệm;  $y_{pred}$  – Giá trị lớp đầu ra dự đoán;  $y$  – Giá trị thực tế;  $i$  – Mẫu thí nghiệm thứ  $i$ .

Điều kiện để dừng quá trình huấn luyện là hiệu của 2 giá trị gần nhất của hàm chi phí nhỏ hơn một giá trị nhất định do tác giả tự định nghĩa.

Các giá trị trong các nút của lớp đầu vào trước khi được sử dụng để truyền sang các lớp sau cần phải trải qua quá trình chuẩn hóa. Chuẩn hóa dữ liệu được thực hiện theo chuẩn chính quy hóa (standardisation) [9].

Hiệu quả của mô hình hồi quy theo mạng nơ ron nhân tạo được đánh giá qua hai tiêu chí: hệ số xác định  $R^2$  (R squared) và sai số bình phương trung bình MSE (mean squared error).  $R^2$  càng tiến gần đến 1 thì hiệu quả của mô hình tìm được càng cao. Ngược lại, MSE biểu thị cho mức độ phân tán của các giá trị dự đoán với các giá trị thực tế, nên MSE càng tiến gần về 0, hiệu quả của mô hình tìm được càng cao.

## 2.2. Mô tả bộ dữ liệu sử dụng để huấn luyện mô hình

Bộ số liệu sử dụng để huấn luyện cho mô hình mạng nơ ron nhân tạo nhằm để dự báo quy luật thực nghiệm về sự phụ thuộc của các thông số kích thước phễu nổ vào chiều sâu nước, chiều sâu chôn thuốc và bán kính lượng nổ được lấy từ dữ liệu từ các các vụ nổ nghiên cứu trên mô hình trong môi trường đất sét dưới nước của [3], [10], [11]. Bộ số liệu dự trên kết quả nổ trong môi trường đất sét dưới nước với các thông số nổ đặc trưng đầu vào là bán kính lượng nổ  $r$ , chiều sâu nước  $h$ , chiều



sâu chôn thuốc trong đất sét  $W$ , còn thông số đầu ra nhận được là kích thước phễu nổ văng gồm bán kính phễu nổ văng  $R_B$ , chiều sâu trông thấy của phễu nổ văng  $P$  và bán kính vùng nén ép  $R_K$ . Bộ số liệu dùng để thiết lập bán kính phễu nổ văng  $R_B$  và chiều sâu trông thấy của phễu nổ  $P$  có 377 mẫu, được chia ra thành bộ huấn luyện 227 mẫu, bộ xác thực chéo và bộ kiểm tra là 75 mẫu/bộ, bộ số liệu để thiết lập bán kính vùng nén  $R_K$  có 411 mẫu, được chia ra thành bộ huấn luyện với 247 mẫu, bộ xác thực chéo và bộ kiểm tra là 82 mẫu/bộ.

Bộ số liệu sơ cấp được chuyển đổi thành bộ số liệu thứ cấp bao gồm các thông số đồng dạng hay còn gọi là các thông số tương đối vô thứ nguyên. Bản chất là tỷ số của thông số cần nghiên cứu với bán kính lượng nổ bao gồm [3], [10], [11]:

- Chiều sâu chôn thuốc tương đối là tỷ số giữa chiều sâu chôn thuốc trong đất sét và bán kính lượng nổ:

$$\bar{W} = W/r \tag{2}$$

- Chiều sâu nước tương đối là tỷ số giữa chiều sâu nước và bán kính lượng nổ:

$$\bar{h} = h/r \tag{3}$$

- Bán kính phễu nổ văng tương đối là tỷ số giữa bán kính phễu nổ văng và bán kính lượng nổ:

$$\bar{R}_B = R_B/r \tag{4}$$

- Bán kính vùng nén tương đối là tỷ số giữa bán kính vùng nén và bán kính lượng nổ:

$$\bar{R}_K = R_K/r \tag{5}$$

- Chiều sâu trông thấy tương đối của phễu nổ văng là tỷ số giữa chiều sâu trông thấy của phễu nổ và bán kính lượng nổ:

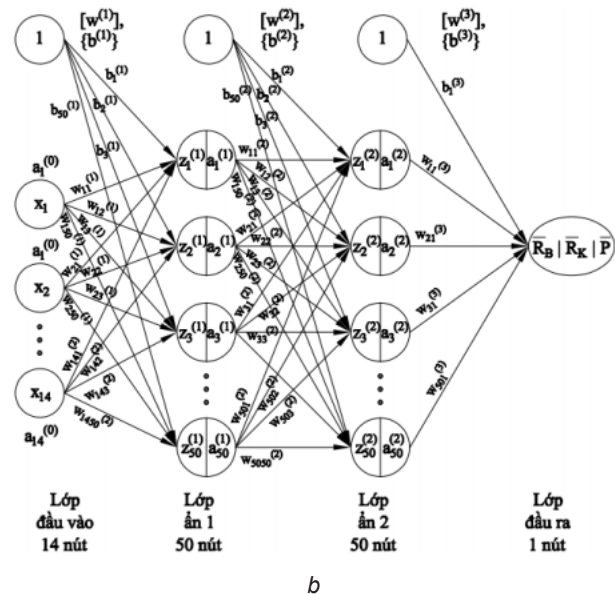
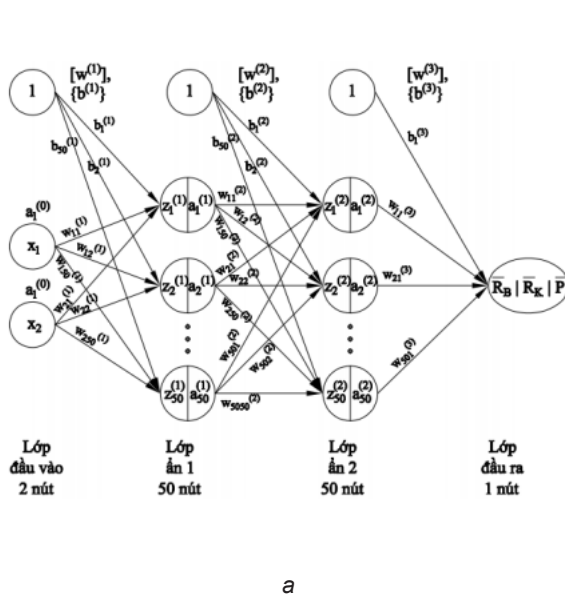
$$\bar{P} = P/r \tag{6}$$

### 2.3. Phân tích và thiết lập mô hình hồi quy với mạng nơ ron nhân tạo

Trên cơ sở phân tích lý thuyết về mạng nơ ron nhân tạo và kết hợp khai thác sử dụng ngôn ngữ lập trình Python phiên bản 3.8.5 theo bản phân phối Anaconda về khoa học dữ liệu, tính toán mảng và trí tuệ nhân tạo, cho phép đề xuất 2 mô hình mạng nơ ron nhân tạo để sử dụng xác định sự phụ thuộc của các thông số kích thước phễu nổ vào chiều sâu chôn thuốc trong môi trường đất sét, chiều sâu nước và bán kính lượng nổ mô tả trong hình H.2.

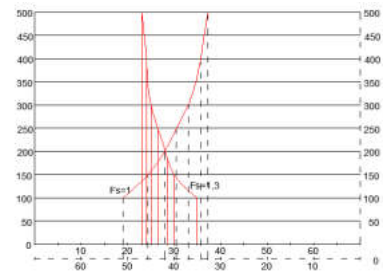
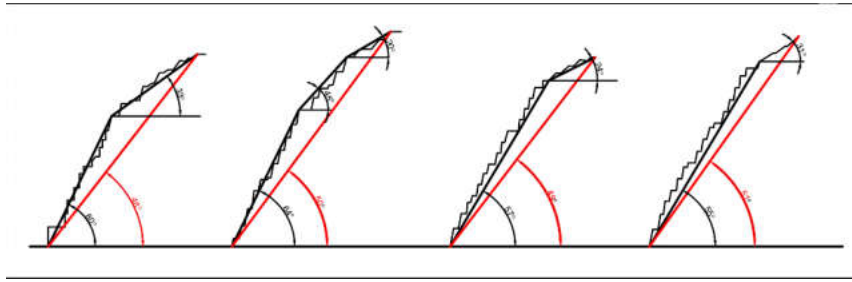
Mô hình mạng nơ ron nhân tạo mô tả trên hình H.2.a với ý tưởng mô hình đầu vào là các tham số độc lập  $x_1, x_2$  tương ứng là chiều sâu nước tương đối  $\bar{h}$  và chiều sâu chôn lượng nổ tương đối  $\bar{W}$ . Mô hình H.2.a có thể gọi là mô hình mạng nơ ron nhân tạo với bộ số liệu thông số đầu vào dạng độc lập.

Mô hình mạng nơ ron nhân tạo mô tả trên hình H.2.b với ý tưởng mô hình đầu vào là các tham số



H.2. Hai mô hình mạng nơ ron nhân tạo được đề xuất, mô hình thông số đầu vào dạng độc lập (a) và mô hình thông số đầu vào dạng tổ hợp (b)





H.2. Sơ đồ xác định điểm giao thay đổi góc dốc bờ mỏ

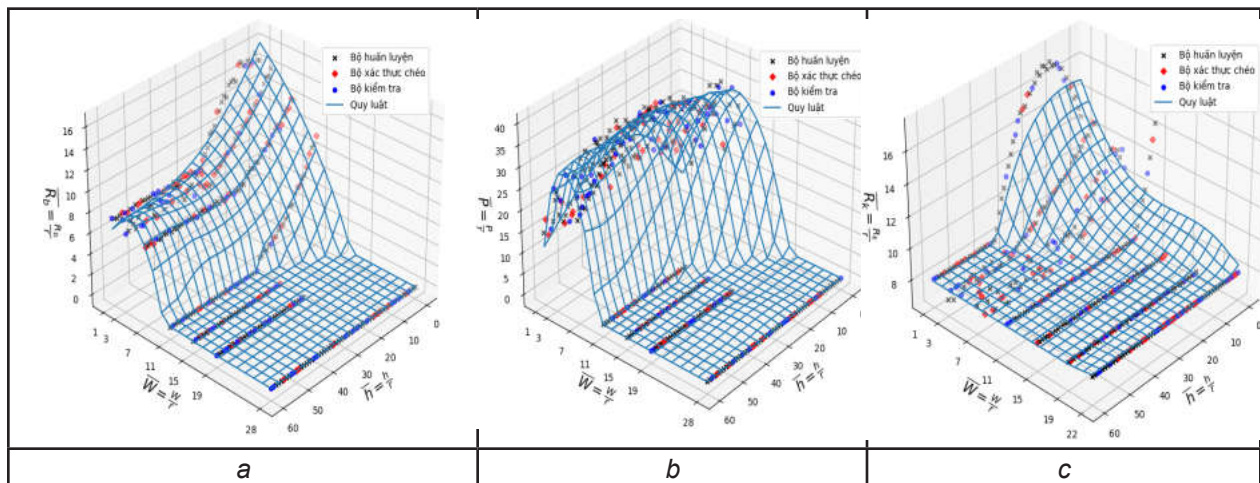
tổ hợp của bộ thông số đầu vào là chiều sâu nước tương đối  $\bar{h}$  và chiều sâu chôn lượng nổ tương đối  $\bar{W}$ . Kết quả của nghiên cứu của [10] đã chứng minh sự hiệu quả của việc thêm vào các tổ hợp của các biến độc lập trong việc dự đoán biến phụ thuộc với số mũ lớn nhất của các tổ hợp bằng 4 là hiệu quả nhất về thời gian tính toán và đáp ứng được tiêu chí độ chính xác của hệ số xác định  $R^2$  của quy luật phụ thuộc của các thông số kích thước phễu nổ vào chiều sâu nước tương đối và chiều sâu chôn thuốc tương đối. Chính vì vậy mô hình mạng nơ ron nhân tạo mô tả trên hình H.2.b được xây dựng với tổ hợp có lớp đầu vào bao gồm 14 đặc trưng (14 nút) từ  $x_1$  đến  $x_{14}$  tương ứng với bộ tham số tổ hợp sau:  $\bar{h}, \bar{W}, \bar{h}^2, \bar{h} \cdot \bar{W}, \bar{W}^2, \bar{h}^3, \bar{h}^2 \cdot \bar{W}, \bar{h} \cdot \bar{W}^2, \bar{W}^3, \bar{h}^4, \bar{h}^3 \cdot \bar{W}, \bar{h}^2 \cdot \bar{W}^2, \bar{h} \cdot \bar{W}^3, \bar{W}^4$ . Mô hình 2.b có thể gọi là mô hình mạng nơ ron nhân tạo với bộ số liệu thông số đầu vào dạng tổ hợp.

Cả hai mô hình này đều là những mạng nơ ron sâu (deep neural network) với hai lớp ẩn với lớp

đầu ra tương ứng là bán kính phễu nổ văng tương đối  $\bar{R}_B$  hoặc bán kính vùng nén tương đối  $\bar{R}_K$  hoặc chiều sâu trông thấy tương đối của phễu nổ  $\bar{P}$ . Cả hai mô hình đều gồm 3 lớp với 2 lớp ẩn, mỗi lớp ẩn gồm 50 nơ ron được sử dụng để thiết lập mô hình hồi quy. Hàm kích hoạt ở mỗi nút trong lớp ẩn là hàm ReLU. Sau mỗi vòng lặp (epoch) các giá trị trọng số  $[W]$  và hệ số tự do  $\{b\}$  được cập nhật bằng cách sử dụng toàn bộ dữ liệu (batch gradient descent).

Tiến hành xây dựng chương trình tính toán “*Tính toán thông số kích thước phễu nổ trong đất sét dưới nước*” đối với hai mô hình đề xuất trên nền ngôn ngữ Python phiên bản 3.8.5 với việc sử dụng bộ số liệu đã được mô tả ở mục 3 ở trên.

Kết quả khi áp dụng hai mô hình vào xác định bán kính phễu nổ văng  $R_B$  có kết quả như sau: mô hình đầu vào dạng độc lập (hình H.2.a) có  $R^2=0,881$ ; mô hình đầu vào dạng tổ hợp (hình H.2) có  $R^2=0,983$ . Như vậy mô hình đầu vào dạng tổ hợp là một mô hình phát triển và hiệu quả hơn mô



H.3. Quy luật sự dự báo phụ thuộc của các thông số kích thước phễu nổ vào chiều sâu nước tương đối và chiều sâu chôn thuốc tương đối trong sét:

- a - Mô tả thông số bán kính phễu nổ văng tương đối  $\bar{R}_B$  ; b - Mô tả thông số chiều sâu trông thấy tương đối của phễu nổ văng  $\bar{P}$  ;
- c - Mô tả bán kính vùng nén ép tương đối  $\bar{R}_K$



hình đầu vào dạng độc lập. Chính vì vậy bài báo lựa chọn mô hình mạng nơ ron nhân tạo dạng tổ hợp đã thiết lập được các quy luật thực nghiệm về sự phụ thuộc của các thông số kích thước phễu nổ (bán kính phễu nổ văng tương đối, bán kính vùng nén tương đối, chiều sâu trông thấy tương đối của phễu nổ văng) vào chiều sâu nước tương đối và chiều sâu chôn thuốc tương đối trong sét mô tả trong hình H.3.

Các quy luật mô tả trong không gian ba chiều trên hình H.3 là một bề mặt được thiết lập dựa trên việc tính toán các giá trị tại các mắt lưới theo mô hình đầu vào dạng tổ hợp.

Hiệu quả của mô hình được đánh giá bằng hệ số xác định  $R^2$  và sai số bình phương trung bình MSE trên bộ kiểm tra (testing set) như sau:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (y^{(i)}/r - \bar{y}^{(i)}/r)^2}{\sum_{i=1}^m (y^{(i)}/r - \bar{y}/r)^2} \quad (7);$$

$$MSE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left( \frac{y^{(i)}}{r} - \frac{\bar{y}^{(i)}}{r} \right)^2 \quad (8)$$

Trong đó:  $y^{(i)}/r$  - Giá trị thực tế ở lần nổ thứ  $i$  trong bộ kiểm tra;  $\bar{y}/r$  - Giá trị trung bình trên thực tế của bộ kiểm tra;  $\bar{y}^{(i)}/r$  - Giá trị dự đoán tương ứng với lần nổ thứ  $i$ ;  $m$  - Tổng số mẫu thực tế. Các giá trị  $y$  trong các công thức (7) và (8) là các giá trị  $\bar{R}_B$ ,  $\bar{P}$ ,  $\bar{R}_K$  tương ứng với các mô hình.

Kết quả tính toán hiệu quả mô theo hai tiêu chí trên được so sánh với kết quả của mô hình học máy (hồi qui đa biến) được công bố trong [10], [11] thể hiện trong Bảng 1.

Phân tích kết quả so sánh trong Bảng 1 nhận được mô hình mạng nơ ron nhân tạo với bộ số liệu thông số đầu vào dạng tổ hợp đề xuất có hệ

số xác định  $R^2$  và sai số bình phương trung bình MSE đạt được độ chính xác cao hơn mô hình học máy với tất cả ba thông số kích thước phễu nổ dao động từ 5% đến 75%. Điều này khẳng định mô hình được xây dựng dựa trên mạng nơ ron nhân tạo mô phỏng quy luật dự đoán thông qua bộ dữ liệu tốt hơn nhiều so với các mô hình học máy được xây dựng dựa trên các hàm định sẵn.

Quy luật thực nghiệm tìm được về sự phụ thuộc của các thông số kích thước tương đối của phễu nổ vào chiều sâu nước tương đối và chiều sâu chôn thuốc tương đối nhận được dưới dạng số. Tập hợp mô hình mạng nơ ron nhân tạo lựa chọn, chương trình tính toán cùng với bộ tham số gồm các ma trận trọng số  $[W^{(n)}]$  và các véc tơ số hạng tự do  $\{b^{(n)}\}$  có thể được xem như một *hàm số toán học* - "*hàm số mạng nơ ron nhân tạo*" để mô tả quy luật về sự phụ thuộc của các thông số kích thước tương đối của phễu nổ vào chiều sâu nước tương đối và chiều sâu chôn thuốc tương đối. Với bộ dữ liệu sử dụng khi huấn luyện ở trên thì nhận được bộ các ma trận trọng số  $[W^{(n)}]$  và các véc tơ số hạng tự do  $\{b^{(n)}\}$  có định có đặc điểm sau:  $[W^{(1)}] \in \mathbb{R}^{14 \times 50}$  (ma trận trọng số biến đổi lớp đầu vào sang lớp ẩn 1 với kích thước  $14 \times 50$ );  $\{b^{(1)}\} \in \mathbb{R}^{1 \times 50}$  (véc tơ số hạng tự do biến đổi lớp đầu vào sang lớp ẩn 1 với kích thước  $1 \times 50$ );  $[W^{(2)}] \in \mathbb{R}^{50 \times 50}$  (ma trận trọng số biến đổi lớp ẩn 1 sang lớp ẩn 2 với kích thước  $50 \times 50$ );  $\{b^{(2)}\} \in \mathbb{R}^{1 \times 50}$  (véc tơ số hạng tự do biến đổi lớp ẩn 1 sang lớp ẩn 2 với kích thước  $1 \times 50$ );  $[W^{(3)}] \in \mathbb{R}^{50 \times 1}$  (ma trận trọng số biến đổi lớp ẩn 2 sang lớp đầu ra với kích thước  $50 \times 1$ );  $\{b^{(3)}\} \in \mathbb{R}^{1 \times 1}$ . (véc tơ số hạng tự do biến đổi lớp ẩn 2 sang lớp đầu ra với kích thước  $1 \times 1$ )

Trong đó:  $\mathbb{R}^{m \times n}$  - tập hợp ma trận hay véc tơ có  $m$  hàng và  $n$  cột.

Tiến hành khảo sát, phân tích quy luật thực nghiệm tìm được về sự phụ thuộc của các thông số kích thước tương đối của phễu nổ vào chiều sâu

**Bảng 1. So sánh hiệu quả của mô hình mạng nơ ron nhân tạo với bộ số liệu thông số đầu vào dạng tổ hợp (ANN) và mô hình học máy**

Tiêu chí	Mô hình xác định $R_B$			Mô hình xác định $R_K$			Mô hình xác định $P$		
	Mạng ANN	Học máy	Chênh lệch (%)	Mạng ANN	Học máy	Chênh lệch (%)	Mạng ANN	Học máy	Chênh lệch (%)
$R^2$	0,983	0,929	5,81	0,883	0,825	7,03	0,852	0,710	20,00
MSE	0,302	1,222	75,29	0,552	0,824	33,01	30,779	60,303	48,96

nước tương đối và chiều sâu chôn thuốc tương đối nhận được từ mô hình mạng nơ ron nhân tạo được mô tả trên hình H.3 kèm theo bộ giá trị số nhận được tại mỗi nút thử cho phép đưa ra các nhận xét sau:

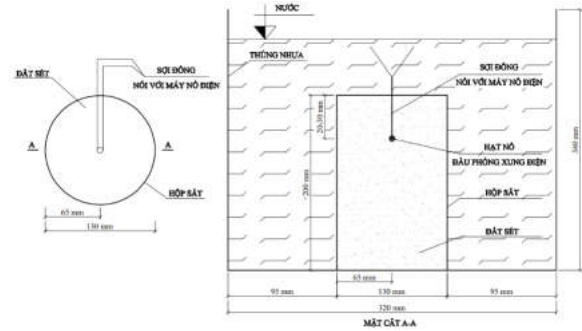
- Quy luật tìm được hoàn toàn phù hợp với quy luật tác dụng nổ chung trong môi trường đất đá. Đặc biệt quy luật tìm được phù hợp với các quy luật nhận theo phương pháp hồi qui đa biến [10], [11] và phương pháp giải tích [2];

- “Hàm số mạng nơ ron nhân tạo” có độ chính xác hơn so với hàm số quy luật nhận được theo phương pháp hồi qui đa biến và phương pháp giải tích. Đặc biệt phương pháp xây dựng hàm theo mạng nơ ron nhân tạo cho phép phản ánh quy luật thực nghiệm sát thực với thực tiễn tốt nhất.

#### 2.4. Đánh giá kiểm chứng mô hình đề xuất

Để chứng minh tính đúng đắn của “Hàm số mạng nơ ron nhân tạo” tìm được ở trên chính là công thức thực nghiệm tính các thông số kích thước phễu nổ trong môi trường đất sét dưới nước hoàn toàn có thể chấp nhận để tính toán dự báo cho các vụ nổ trong môi trường đất sét dưới nước hay không? Cần tiến hành kiểm chứng mô hình trên thông qua bộ số liệu nổ độc lập so với bộ số liệu khai thác để huấn luyện mô hình được mô tả dưới đây:

Các vụ nổ được tiến hành trên mô hình nổ điện, được thực hiện trong các hộp chứa bằng kim loại đường kính 13cm, chiều cao 20cm. Mẫu đất sét được sử dụng để lấp đầy vào hộp là loại tương tự nghiên cứu của [3] với trọng lượng thể tích của đất



**H.4. Sơ đồ bố trí thí nghiệm nổ điện**

sét ở trạng thái bão hòa nước là  $1,768 \text{ kg/m}^3$ , tốc độ sóng âm lan truyền trong đất sét là  $1768 \text{ m/s}$ . Hộp kim loại chứa đất sét sau đó được để vào một bể nhựa chứa nước để tiện cho việc thay đổi mực nước, thí nghiệm được mô tả trong hình H.4 và hình H.5.

Thí nghiệm nổ kiểm chứng được thực hiện với hai mức năng lượng nổ 500J (tương ứng với bán kính qui đổi về thuốc nổ Ten là 2,34mm) và 300J (tương ứng với bán kính qui đổi về thuốc nổ Ten là 1,98mm), chiều sâu mực nước thay đổi từ 0 đến 150mm, kết hợp với thay đổi chiều sâu chôn kíp điện trong đất sét từ 20÷30mm.

Các kết quả nổ kiểm chứng được phản ánh trong Bảng 2.

Toàn bộ 17 vụ nổ với các thông số đầu vào là chiều sâu nước tương đối và chiều sâu chôn lượng nổ tương đối được sử dụng để tính toán các thông số đầu ra là kích thước tương đối của phễu nổ (bán kính phễu nổ, bán kính vùng nén, chiều sâu trông thấy của phễu nổ). Bộ thông số đầu ra tính toán này được so sánh kiểm chứng với bộ thông số phễu nổ



a) Mẫu đất sét dưới nước



b) Máy nổ điện



c) hình ảnh phễu nổ

**H.5. Hình ảnh thí nghiệm thực tế**



**Bảng 2. Kết quả nổ sử dụng để kiểm chứng**

STT	Năng lượng nổ, J	Bán kính lượng nổ qui đổi r, mm	h, mm	W, mm	$\bar{h}$	$\bar{W}$	$\bar{R}_B$	$\bar{R}_K$	$\bar{P}$
1	500	2,34	0	20	0,000	8,547	9,615	10,684	27,778
2	500	2,34	20	20	8,547	8,547	7,479	10,150	27,778
3	500	2,34	40	20	17,094	8,547	5,342	8,547	27,778
4	500	2,34	50	20	21,368	8,547	5,876	8,547	25,641
5	500	2,34	60	20	25,641	8,547	5,342	8,013	27,778
6	500	2,34	70	20	29,915	8,547	4,274	8,547	21,368
7	500	2,34	100	20	42,735	8,547	3,205	8,013	10,684
8	500	2,34	120	20	51,282	8,547	4,274	7,479	10,684
9	500	2,34	150	20	64,103	8,547	3,205	7,479	10,684
10	500	2,34	20	30	8,547	12,821	3,205	9,081	25,641
11	500	2,34	30	30	12,821	12,821	2,137	8,547	27,778
12	500	2,34	40	30	17,094	12,821	0,000	7,479	0,000
13	500	2,34	50	30	21,368	12,821	0,000	8,013	0,000
14	300	1,98	30	20	15,152	10,101	6,313	8,838	20,202
15	300	1,98	60	20	30,303	10,101	3,788	8,207	15,152
16	300	1,98	80	20	40,404	10,101	0,000	7,576	0,000
17	300	1,98	100	20	50,505	10,101	0,000	7,576	0,000

**Bảng 3. Kết quả đánh giá kiểm chứng mô hình trên bộ số liệu nổ độc lập trên mô hình nổ điện**

Tiêu chí đánh giá	Quy luật xác định $R_B$	Quy luật xác định $R_K$	Quy luật xác định P
$R^2$	0,835	0,804	0,741
MSE	1,211	0,154	31,077

nhận được từ các vụ nổ độc lập trong Bảng 2. Kết quả kiểm chứng được đánh giá thông qua các tiêu chí  $R^2$  và MSE, được thể hiện ở Bảng 3.

Phân tích Bảng 3 cho thấy, độ chính xác của các mô hình khi dự đoán các vụ nổ điện đối với hai thông số bán kính phễu nổ văng và bán kính vùng nén đạt hiệu quả tương đối cao, với tiêu chí hệ số xác định đều đạt từ 0,74 trở lên và sai số bình phương trung bình nhỏ dưới 1,211. Tuy nhiên đối với chiều sâu trông thấy của phễu có hệ số xác định đạt 0,741 là chấp nhận được, nhưng sai số bình phương trung bình khá lớn (31,077). Điều này phản ánh trị số chiều sâu trông thấy của phễu nổ chịu ảnh hưởng nhiều ở yếu tố ngẫu nhiên của các cục đất bay lên và rơi lại phễu nổ.

Kết quả trên đã khẳng định độ tin cậy của phương pháp mạng nơ ron nhân tạo trong việc ứng dụng vào thực tiễn.

### 3. KẾT LUẬN

Mô hình hồi qui được xây dựng từ mạng nơ ron nhân tạo đã học từ những dữ liệu để tạo nên một mô hình mô tả chính xác quy luật phụ thuộc của bán kính phễu nổ văng, chiều sâu trông thấy của phễu nổ văng, bán kính vùng nén ép vào chiều sâu đặt thuốc trong đất sét, chiều sâu nước và bán kính lượng nổ, phù hợp với các quy luật chung về tác dụng nổ trong môi trường đất đá.

Các thông số đặc trưng cho kích thước phễu nổ văng phụ thuộc vào ba thông số chiều sâu đặt thuốc trong môi trường đất sét, chiều sâu nước và bán kính lượng nổ. Quy luật chung các thông số kích thước phễu nổ văng dưới nước phụ thuộc đồng biến với bán kính lượng nổ. Khi tăng một hoặc cả hai thông số chiều sâu chôn thuốc và chiều sâu nước bắt đầu từ trị số 0 đến giá trị chiều sâu tới hạn thì các thông số kích thước phễu nổ văng dưới





nước cùng tăng lên và đạt đến giá trị cực đại, sau đó nếu tiếp tục tăng một hoặc cả hai thông số chiều sâu chôn thuốc và chiều sâu nước đến giá trị giới hạn thì các thông số kích thước phễu nổ văng dưới nước giảm dần. Khi tiếp tục tăng một hoặc cả hai thông số chiều sâu chôn thuốc và chiều sâu nước vượt qua giá trị giới hạn thì các thông số kích thước phễu nổ văng dưới nước đạt trị số bão hòa.

Vùng chiều sâu chôn thuốc và chiều sâu nước lớn hơn giá trị giới hạn chính là vùng nổ ngầm. Tác dụng nổ văng không còn nữa. Trên hình 3 tương ứng với vùng các trị số mặt nằm ngang với trị số

bán kính phễu nổ văng tương đối và chiều sâu trông thấy của phễu nổ văng tương đối bằng không, còn bán kính vùng nén tương đối là một hằng số.

Do “Hàm số mạng nơ ron nhân tạo” tồn tại dạng ảo phản ánh thông qua mô hình mạng nơ ron nhân tạo và kèm theo chương trình tính toán người dùng khó sử dụng so với các hàm số giải tích. Chính vì vậy để ứng dụng tiện dụng trong thực tiễn cần phát triển một chương trình tính toán hoàn thiện với giao diện đầu vào là các thông số lượng nổ, chiều sâu nước, chiều sâu chôn thuốc, loại đất đá và đầu ra là các thông số kích thước phễu nổ nhận được. □

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Белин В.А, Дам Чонг Тханг,(2006), Экспериментальное исследование линейных донных зарядов выброса для создания каналов и траншей под водой. Объединенный научный журнал No11, Москва 2006,
2. Дам Чонг Тханг., Нгуен Чи Та., Нгуен Тхань Донг, (2019), Определения массы сосредоточенного заряда взрывчатого вещества для образования воронки выброса и зоны сжатия камуфлета при взрывании в среде глины под водой. УДК 622.235. “Взрывное дело”, No 122/79, Издатель ИПКОН РАН, Москва.
3. Дам Чонг Тханг, Белин В.А, Нгуен Тхань Донг.,( 2019) Эмпирические исследования образования воронки выброса и явления камуфлетта при взрывании сосредоточных зарядов в среде глины под водой. УДК 622.235. “Взрывное дело”, No122/79, Издатель ИПКОН РАН, Москва.
4. Aurélien Géron. Hands-on Machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. O’Reilly Media, Inc.
5. Đàm Trọng Thắng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu. Nổ mìn trong ngành mỏ và công trình. Nxb khoa học tự nhiên và công nghệ.
6. Hồ Sĩ Giao, Đàm Trọng Thắng, Lê Văn Quyền, Hoàng Tuấn Chung. Nổ hóa học lý thuyết và thực tiễn. Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
7. Vũ Hữu Tiệp, (2018). Machine learning cơ bản. Nxb Khoa học và Kỹ thuật.
8. Nguyễn Thanh Tuấn. Deep learning cơ bản. Ebook tại <http://nttuan8.com>.
9. Andrew Ng.(2011) Machine learning online course at [www.coursera.org](http://www.coursera.org).
10. Đàm Trọng Thắng, Vũ Tùng Lâm,(2020), Nghiên cứu xác định quy luật thực nghiệm về sự biến đổi của bán kính phễu nổ văng trong môi trường đất sét dưới nước theo phương pháp hồi quy đa biến. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ-Địa chất, số 61, kỳ 5, tr. 77-87.
11. Dam Trong Thang, Vu Tung Lam, To Duc Tho,(2020), The study on establishing the experimental dependence of the compressed zone radius and the observed height of the splashed funnel in the clay medium under water. Section on the Special Construction Engineering, Journal of Science and Technique.





## THE STUDY ON THE APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN DETERMINING BLASTED TUNNEL PARAMETERS FORMED WHEN BLASTING IN THE CLAY MEDIUM UNDERWATER

### ABSTRACT

Recently, artificial intelligence has been being studied and applied widely in fields of science and life. The advantage of artificial intelligence is to figure out the law of a large enough set of experiment data. This paper studies and proposes an artificial neural network model, establishing the law of relationship among typical similarity dimension parameters of the blasted funnel and initial inputs including the radius of the explosive charge, the depth of buried explosive charge in clay medium and the water depth, in case of blasting the concentrated explosive charge in clay medium underwater based on the existing experimental data set.

**Keywords:** *blasting; underwater blasting; blasting in clay medium; splashed explosion; compressed explosion; observed height; artificial neural network.*

**Ngày nhận bài:** 19/01/2021;

**Ngày gửi phản biện:** 25/01/2021;

**Ngày nhận phản biện:** 15/02/2021;

**Ngày chấp nhận đăng:** 20/3/2021.

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*