

ỨNG DỤNG MẠNG NƠ RON NHÂN TẠO GIẢI THUẬT LAN TRUYỀN NGƯỢC ĐỂ DỰ BÁO SỰ BIẾN ĐỔI TÍNH CHẤT CƠ LÝ ĐÁ PHỤC VỤ CÔNG TÁC KHOAN NỔ MỎ

ĐÀO HIẾU, ĐẶNG VĂN CHÍ
Trường Đại học Mỏ-Địa chất
 Email: dhieu.tdh@gmail.com

1. Đặt vấn đề

Tính chất cơ lý của đất đá đóng vai trò quan trọng khi thực hiện các vụ nổ mìn, ảnh hưởng trực tiếp tới hiệu quả nổ. Mọi thông số tính toán, lựa chọn để thiết kế các vụ nổ đều phải quan tâm tới các thông số đó, bao gồm cả khoảng thời gian vi sai. Với tính chất đặc thù cùng sự biến đổi bất quy tắc của môi trường đất đá, các thông số của một vụ nổ mìn luôn ẩn chứa các hệ số kinh nghiệm và thực nghiệm. Ở Việt Nam, công thức (1) là một trong những công thức thực nghiệm được sử dụng để xác định khoảng thời gian vi sai phù hợp cho các vụ nổ mìn trên mỏ lộ thiên [1].

$$t = \frac{a_n \cdot c \cdot \rho}{(30 \div 35) \cdot \sigma_n \cdot g}, \text{ ms.} \quad (1)$$

Trong đó: σ_n - Độ bền nén của đất đá, kg/cm^2 ; c - Tốc độ lan truyền của sóng dọc; m/s ; ρ - Khối lượng riêng của đất đá, g/cm^3 ; a_n - Khoảng cách giữa các lượng nổ, m ; $g=9,8 \text{ m/s}^2$ - Gia tốc trọng trường.

Trong công thức (1), dễ thấy rằng σ_n , ρ chính là hai thông số cơ lý của đất đá; còn tốc độ lan truyền sóng dọc c lại chịu ảnh hưởng trực tiếp không chỉ từ các thông số cơ lý mà còn cả tính chất, hiện trạng của đất đá khu vực nổ. Nếu tổng hợp các thông số σ_n , ρ , c và hệ số kinh nghiệm $(30 \div 35)$ thành một hệ số K gọi là hệ số kể đến sự ảnh hưởng của môi trường đất đá thì công thức (1) lúc này có dạng:

$$t = K \cdot \frac{a_n}{g}, \text{ ms} \quad (2)$$

Trong đó:

$$K = \frac{c \cdot \rho}{(30 \div 35) \cdot \sigma_n} \quad (3)$$

Các yếu tố về cấu trúc, độ nứt nẻ, độ tơi xốp, hướng nứt nẻ của đất đá..., các yếu tố về môi

trường như độ ẩm, nhiệt độ quyết định vận tốc lan truyền của sóng chấn động [5]. Do đó, sự thay đổi của vận tốc lan truyền sóng chấn động sẽ hàm chứa sự thay đổi của môi trường đất đá, trong đó có các tham số σ_n và ρ . Mối quan hệ giữa c , σ_n và ρ là phi tuyến và phụ thuộc vào hiện trạng đất đá mỗi khu vực, nhưng nói chung c tỷ lệ thuận với σ_n và ρ [5]. Tức là:

$$c = k \cdot f(\sigma_n, \rho) \Rightarrow f(\sigma_n, \rho) = c \cdot \frac{1}{k} = c \cdot k'. \quad (4)$$

Thay thế biểu thức (4) vào biểu thức (3); Kết hợp hai hệ số K và k' thành K_{mt} và gọi chung là hệ số kể đến sự ảnh hưởng của môi trường; Từ cơ sở biểu thức (4), coi σ_n và $\rho = \text{const} = \sigma_{n0}$ và ρ_0 là độ bền nén và khối lượng riêng của đất đá khu vực nổ mìn tại thời điểm khảo sát địa vật lý. Ta có $K_{mt} = f(c)$, cụ thể:

$$K_{mt} = (K_{\min} \div K_{\max}) = \left(\frac{c \cdot \rho_0}{35 \cdot \sigma_{n0}} \div \frac{c \cdot \rho_0}{30 \cdot \sigma_{n0}} \right). \quad (5)$$

Trong quá trình khảo sát, thăm dò người ta đã xác định các tham số σ_{n0} , ρ_0 và c để có được những tính toán giá trị K_{mt} phù hợp nhất. Ở Việt Nam việc này không được thực hiện thường xuyên do ảnh hưởng tới tiến độ và sản lượng khai thác.

Trong khi đó, các vụ nổ mìn và hậu quả chấn động của nó làm thay đổi các thông số này theo thời gian. Mật độ nổ càng dày, khối lượng thuốc tại một thời điểm nổ càng lớn thì tốc độ thay đổi càng nhanh, lượng thay đổi càng nhiều. Để đảm bảo và nâng cao hiệu quả các vụ nổ tiếp theo, cần thiết phải có sự điều chỉnh hệ số K_{mt} cũng như thời gian vi sai t cho phù hợp.

Với lý thuyết về mạng nơ ron nhân tạo, nhóm nghiên cứu đề xuất ý tưởng dự báo sự biến đổi các thông số cơ lý và hiện trạng địa chất của mỏ lộ thiên liên tục theo thời gian. Cơ sở dữ liệu cho

mạng là mối quan hệ giữa hệ số c và K_{mt} . Từ những vụ nổ mìn đã được thực hiện, vận tốc lan truyền trung bình (c_{tb}) của sóng chấn động được xác định, coi $c=c_{tb}$ xác định được K_{mt} theo công thức (5). Xây dựng mạng nơ ron nhận dạng được xu thế biến đổi của K_{mt} theo c từ các vụ nổ đã thực hiện sẽ cho phép dự báo K_{mt} , thời gian vi sai hợp lý cho các vụ nổ tiếp theo.

Từ những phân tích và ý tưởng đó, nhóm nghiên cứu đã tiến hành ghi chép dữ liệu và xây dựng mạng nơ ron nhân tạo thử nghiệm áp dụng cho mỏ Núi Béo, Quảng Ninh. Để kết quả dự báo chính xác hơn những dữ kiện đầu vào được bổ sung thêm cho mạng nơ ron gồm: Khoảng cách điểm nổ đến điểm đo; vận tốc dao động max của hạt đất đá do sóng chấn động và thời gian vi sai của mạng nổ đã sử dụng. Để dữ liệu ghi chép có ý nghĩa cho việc dự báo, một số điều kiện trong quá trình ghi chép cần đảm bảo không đổi gồm: Hướng đo, vị trí, phương pháp đặt máy đo so với điểm nổ; qui trình, phương pháp đo; thiết bị đo và thậm chí là cả người thực hiện.

2. Mạng nơ ron nhân tạo

Mạng nơ ron nhân tạo (Artificial nơ ron network) (ANN) là tập hợp của các mô hình toán học mô tả lại hoạt động của mạng nơ ron của bộ não con người. ANN cũng có khả năng học hỏi, phân tích những dữ liệu và đưa ra những phán đoán, suy luận như con người. ANN chính là cơ sở của kỹ thuật điều khiển trí tuệ nhân tạo (AI) đang phát triển mạnh mẽ những năm gần đây. ANN được tạo thành từ các liên kết của các tế bào thần kinh gọi là nơ ron, chúng bố trí trong một lớp cấu trúc để tạo thành một mạng lưới có khả năng thực hiện đồng thời các phép tính.

ANN và AI không phải là những kỹ thuật hoàn toàn mới trong lĩnh vực nổ mìn. Có khá nhiều công bố quốc tế về việc sử dụng ANN hoặc AI để dự báo một thông số nào đó. Tuy nhiên, hầu hết đều tập trung vào mức độ chấn động do nổ mìn, từ đó hướng tới việc điều chỉnh các tham số để giảm mức độ chấn động đó [5; 6]. Nghiên cứu này không lấy mức chấn động làm đối tượng dự báo mà sử dụng tốc độ lan truyền sóng chấn động làm cơ sở để dự báo, tính toán thời gian vi sai hợp lý, từ đó làm tăng hiệu quả nổ mìn.

3. Giải thuật lan truyền ngược

Bryson và Ho đã đề xuất sử dụng luật học lan truyền ngược (Back propagation learning rule) (BP) cho mạng truyền thẳng nhiều lớp vào năm 1969 [4]. Một mạng nơ ron nhân tạo với giải thuật lan truyền ngược (Back propagation nơ ron network)

(BPNN) thường có cấu trúc nhiều lớp với một lớp vào (input layer); một vài lớp ẩn (hidden layer) và một lớp ra (output layer). Đây là một công cụ dự báo phổ biến và hữu dụng trong khoa học địa chất. Bốn loại hàm truyền thường dùng để xây dựng BPNN được mô tả trong Bảng 1. Có nhiều công cụ và phương pháp (function) khác nhau như phương pháp Newton và phương pháp hiệu chỉnh trọng số để huấn luyện những mạng nơ ron nhân tạo sử dụng giải thuật lan truyền ngược. Một cách đơn giản nhất, trọng số và độ sai lệch được cập nhật thường xuyên để hiệu chỉnh tác động của các funtion. Hai kỹ thuật khác nhau thường cùng được dùng để huấn luyện ANN là phương pháp tăng dần trọng số và phương pháp tổng hợp nâng cấp đồng thời, hàng loạt cho tất cả các nơ ron trong mạng. Phương pháp tăng dần trọng số để hiệu chỉnh độ lệch được thực hiện sau mỗi lần cập nhật giá trị đầu vào. Quy trình nâng cấp hàng loạt được thực hiện khi toàn bộ dữ liệu được cập nhật.

Bảng 1. Các hàm truyền thường dùng trong mạng nơ ron nhân tạo sử dụng giải thuật lan truyền ngược (BPNN)

Vị trí hàm truyền	Nguyên lý hàm truyền	
Các lớp ẩn		
	$a=\log_{10}\text{sig}(n)$ Log-sigmoid	$a=\text{tansig}(n)$ Tan-sigmoid
Lớp ra		
	$a=\text{poslin}(n)$ Positive linear	$a=\text{purelin}(n)$ Linear

Một cách tổng quát, hàm hiệu suất được coi là sai số bình phương trung bình (E), được tính bằng phương trình sau:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - y_i')^2 \quad (6)$$

Trong đó: N - Số lượng dữ liệu vào-ra.

Lớp vào: Có m nơ ron:

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_j, x_m]^T \quad (7)$$

Với: $j=1, 2, \dots, m$.

Lớp ra: Có n nơ ron:

$$y = [y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n]^T \quad (8)$$

Với $j=1, 2, \dots, m$.

Các nơ ron của những lớp ẩn không quan hệ một cách trực tiếp với các đầu vào x và đầu ra y .

Ở trạng thái đầu tiên: các dữ liệu mẫu của đầu vào x lan truyền theo chiều thuận từ lớp vào qua các lớp ẩn tới lớp ra của mạng nơ ron và tạo nên tín hiệu ra y . Ở trạng thái thứ hai: những sai lệch $e=(d-y)$ được lan truyền theo hướng ngược lại từ lớp ra tới các lớp ẩn và trở về lớp vào của mạng nơ ron. Quá trình này giúp hiệu chỉnh các giá trị trọng số giữa các lớp nhằm đưa tín hiệu ra y ngày càng tiến gần tới tín hiệu thực tế d .

Một mạng nơ ron có S lớp, m nơ ron ở lớp vào và n nơ ron ở lớp ra có:

➢ $^s net_i$ và $^s y_i$ là trọng số và giá trị đầu ra của nơ ron thứ i của lớp thứ s ;

➢ $^s w_{ij}$ là trọng số kết nối từ $^{(s-1)} y_j$ tới $^s y_i$, với $s=1,2,3,\dots,S$.

Các bước áp dụng giải thuật lan truyền ngược cho mạng nơ ron có S lớp được mô tả cụ thể trong hình H.1.

4. Xây dựng mạng nơ ron nhân tạo (ANN) và kết quả huấn luyện

Bộ dữ liệu mạng nơ ron thử nghiệm được ghi chép tại hiện trường mỏ than Núi Béo, Quảng Ninh và trong các hồ sơ thiết kế những vụ nổ đã thực hiện. Khoảng giá trị của bộ dữ liệu được mô tả trong Bảng 2. Trong đó hệ số K_{mt} được tính toán theo công thức (5) với $c=S/T_{tb}$ (m/s).

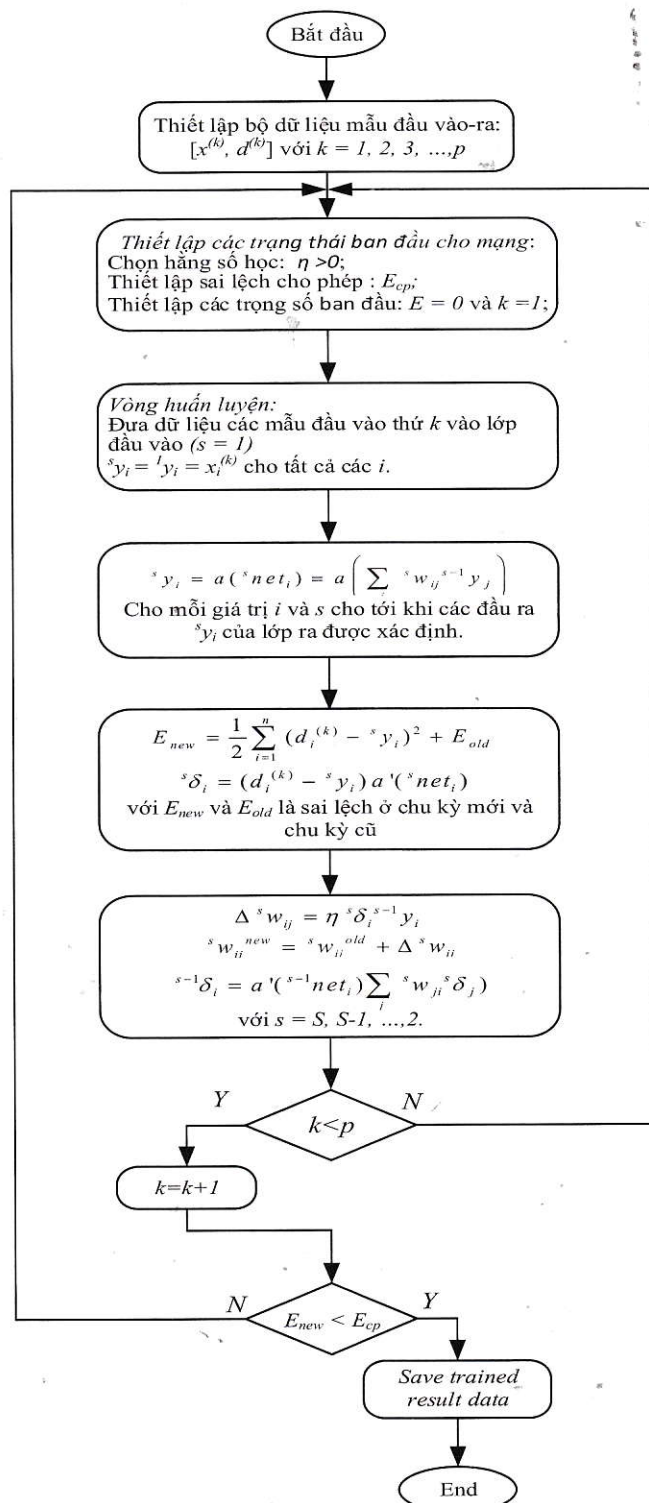
Mạng nơ ron được xây dựng với hai tham số đầu ra là các giá trị Max, Min của K_{mt} và 6 đầu vào là các tham số còn lại trong Bảng 2. Cấu trúc mạng xây dựng được mô tả trong Bảng 3. Từ những tham số và cấu trúc lựa chọn, mạng nơ ron nhân tạo được xây dựng như hình H.2.

Bảng 1. Các thông số của ANN

No	Các thông số của ANN	Giá trị/Hàm truyền
1	Số lượng đầu vào	6
2	Số lượng đầu ra	2
3	Cấu trúc mạng	Truyền thẳng
4	Số lớp	3
5	Số lượng nơ ron lớp vào	65/tansig
6	Số lượng nơ ron lớp ẩn	60/tansig
7	Số lượng nơ ron lớp ra	2/purelin
8	Hàm huấn luyện	trainscg
9	Min Gradient	1.e-9
10	Goal	1.e-9
11	Epochs	100000

Hình H.3 mô tả các kết quả huấn luyện mạng nơ ron đã xây dựng. Hình H.3.c cho thấy kết quả dự báo

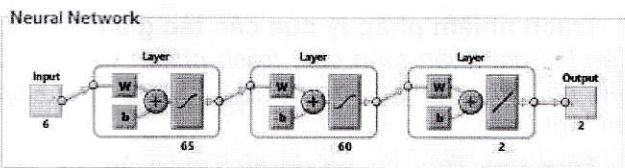
của mạng ANN thử nghiệm chỉ sai khác so với giá trị thực nhiều nhất là 10^{-6} . Nếu so sánh độ sai lệch này với giá trị thực tế của mẫu tương ứng thì sai số lớn nhất là 0,1 %. Kết quả cho thấy ANN đã dự báo tương đối chính xác giá trị K_{mt} của mỏ Núi Béo, tạo thuận lợi cho thiết kế và thực hiện các vụ nổ tiếp theo.



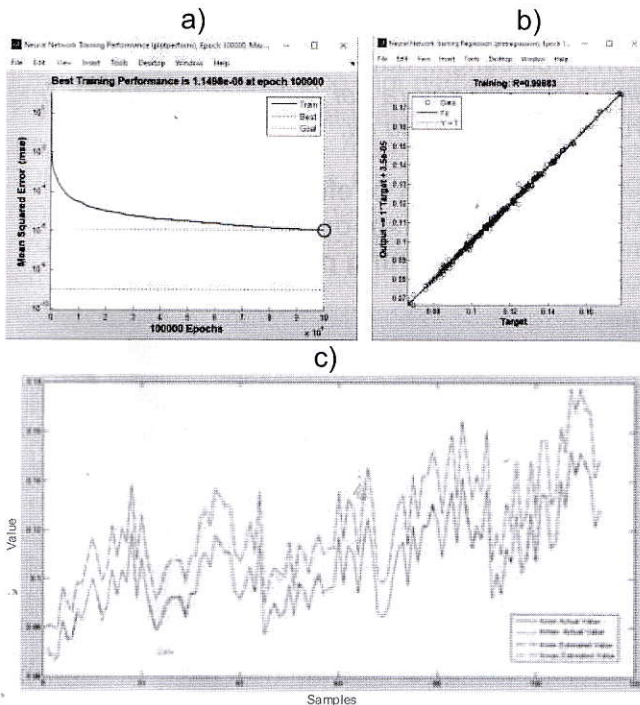
H.1. Giải thuật lan truyền ngược

Bảng 2. Bảng thống kê số liệu để xây dựng ANN cho mỏ than Núi Béo, Quảng Ninh.

No	Cơ sở dữ liệu của ANN	Giá trị ghi được	
		Min	Max
1	Khoảng cách từ điểm nổ đến điểm đo S (m)	458,04	655,68
2	Thời gian lan truyền sóng dọc từ điểm nổ-điểm đo; $T_{wb}(s)$	0,31	0,51
3	Khoảng cách giữa các lỗ mìn a_n (m)	3	7
4	Độ kháng nén σ_n , được xác định bởi độ cứng f của đất đá khu vực mỏ than Núi Béo [2], [3], (kg/cm^2)	$\sigma_n=(100.f)=1003$	
5	Khối lượng riêng của đất đá mỏ than Núi Béo ρ ; (g/cm^3)	2,6	
6	Giá trị dao động đỉnh của các hạt đất đá do nổ mìn (PPV) [0], (m/s)	1,08	3,02
7	$K_{mt \min}$	0,067918	0,152633
8	$K_{mt \max}$	0,079237	0,178072



H.2. Cấu trúc mạng nơ ron được xây dựng



H.3. Kết quả huấn luyện mạng nơ ron: a - Đồ thị biểu diễn mức độ sai lệch của mạng ANN so với mức độ đặt; b - Đồ thị biểu diễn khả năng mô tả dữ liệu của mạng ANN; c - Đồ thị mô tả mức độ sai khác của kết quả dự báo của mạng ANN so với kết quả thực tế

5. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho phép đưa ra một số nhận xét sau đây:

➤ Hạn chế của kết quả dự báo theo phương pháp này là K_{mt} nằm trong một khoảng giá trị (min+max). Do đó, giá trị thời gian vi sai tính được cũng sẽ nằm trong một khoảng nhất định. Việc lựa chọn giá trị phù hợp nhất vẫn phải phụ thuộc vào kinh nghiệm của người thiết kế tương ứng với từng khu vực nổ mìn và vùng mỏ;

➤ ANN thử nghiệm trong nghiên cứu này đưa ra kết quả dự báo dựa trên 113 dữ liệu mẫu. Kết quả “học” và dự báo của ANN sẽ có độ chính xác cao hơn khi lượng dữ liệu được cung cấp thường xuyên sau mỗi vụ nổ. Dữ liệu càng nhiều, ANN sẽ càng thông minh hơn. Kết quả dự báo của ANN áp dụng cho mỏ Núi Béo cho thấy sự đúng đắn của định hướng nghiên cứu mà các tác giả đã lựa chọn. Những dự báo về sự biến đổi hiện trạng địa chất và tính chất cơ lý của đất đá cập nhật liên tục theo thời gian là những thông tin vô cùng quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả nổ mìn ở các mỏ;

➤ Kết quả dự báo của ANN đạt hiệu quả tốt nhất, phụ thuộc vào hệ thống thiết bị, phương tiện nổ cùng các thiết bị đo lường đồng bộ, có khả năng đo lường và điều khiển với độ chính xác cao. Những ghi chép đầy đủ và chi tiết mọi thông số hiện tượng khi xảy ra vụ nổ là cơ sở quan trọng cho các nghiên cứu, làm nền tảng cho sự phát triển và áp dụng công nghệ hiện đại;

➤ AI và ANN là những kỹ thuật điều khiển đang phát triển mạnh mẽ trong kỷ nguyên của các thiết bị số và công nghệ thông tin. Việc áp dụng AI và ANN vào lĩnh vực nổ mìn là bước đi đầu tiên để hướng tới việc áp dụng kỹ thuật hiện đại này cho nổ mìn ở Việt Nam. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hồ Sĩ Giao, Đàm Trọng Thắng, Lê Văn Quyền, Hoàng Tuấn Chung. Nổ hóa học - Lý thuyết và thực tiễn. Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, 2010.
2. Công ty Hóa chất mỏ Cẩm Phả. Các hộ chiếu nổ mìn đã được thiết kế và sử dụng tại mỏ Núi Béo, 2019.

3. Souknavong Maniphet: Đánh giá hiện trạng và đề xuất giải pháp quản lý môi trường một số mỏ than vùng Đông Bắc ở Việt Nam. Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật, Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 2016.

4. Phạm Hữu Đức Dục. Mạng nơ ron và ứng dụng trong điều khiển tự động. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 2009.

5. A.Sayadi, M. Monjezi, N. Talebi, Manoj Khandelwal: A comparative study on the application of various artificial nơ ron networks to simultaneous prediction of rock fragmentation and backbreak. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2013.

6. A. Das, S. Sinha, S. Ganguly. Development of a blast-induced vibration prediction model using an artificial nơ ron network. The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2019.

Ngày nhận bài: 20/05/2020

Ngày gửi phản biện: 26/07/2020

Ngày nhận phản biện: 24/08/2020

Ngày chấp nhận đăng: 10/10/2020

Từ khóa: mạng nơ ron nhân tạo; ANN; AI; giải thuật lan truyền ngược; BPNN; chấn động; nổ mìn; thiết bị đo.

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.

Tóm tắt: Ghi chép lại tốc độ lan truyền sóng chấn động nổ mìn và quan sát sự biến đổi của nó để dự báo sự thay đổi của tính chất cơ lý đá trên các mỏ lộ thiên ở Việt Nam là mục tiêu của nghiên cứu này. Kết quả nghiên cứu mở ra khả năng áp dụng ANN và kỹ thuật điều khiển AI nhằm nâng cao hiệu quả nổ mìn tại các mỏ lộ thiên Việt Nam.

Applying artificial nơ ron network with backpropagation algorithm to predict the physical-mechanical properties changes of rocks to increase the efficiency of blasting operations

SUMMARY

The purpose of this study is to register the speed of propagation of explosions and blast waves and monitor its changes in order to predict the rock mechanical properties changes at the open pit mines. The research results open up the possibility of using ANN and AI control techniques to improve the efficiency of blasting operations at the open pits in Vietnam.

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG...

(Tiếp theo trang 51)

6. Dương Lan Hương. Kỹ thuật chiếu sáng. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, 2005

Ngày nhận bài: 18/04/2020

Ngày gửi phản biện: 28/06/2020

Ngày nhận phản biện: 25/07/2020

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/10/2020

Từ khóa: lưới điện; chất lượng điện năng; độ lệch điện áp; tổn thất công suất; thiết bị điện.

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

Tóm tắt: Trên cơ sở độ lệch điện áp, tác giả đánh giá sự phụ thuộc của tổn thất điện năng vào cấp điện áp cho từng đối tượng cụ thể như máy biến áp, đường dây điện, động cơ điện và nguồn điện chiếu sáng,... đưa ra kết quả tính toán tổn thất điện năng khi xảy ra sai lệch điện áp, tương ứng trước sự thay đổi của tải.

Study effect of electrical pressure rheumatism on wattage loss in the mining power network

SUMMARY

Based on the voltage deviation, the author assessed the dependence of power loss on the voltage level for each specific object such as transformers, power lines, electric motors and electric lighting sources, etc. provide calculation results of power losses when voltage deviations occur, corresponding to the change of loads.



1. Điều gì không được hiểu cận kề vẫn chưa thuộc về ta. Goethe.
2. Tri thức là một chuyện, đức hạnh lại là chuyện khác. J.H. Newman.
3. Đạt được tri thức là không đủ, còn cần phải sử dụng nó. M.T. Cicero.

VTH sưu tầm