

**HỘI NGHỊ
KHOA HỌC KỸ THUẬT MỎ TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXVI**

**CÔNG NGHIỆP MỎ THẾ KỶ 21
NHỮNG VẤN ĐỀ KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ MÔI TRƯỜNG
TUYỂN TẬP BÁO CÁO**



**NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG
THÁNG 8 NĂM 2018**

**HỘI NGHỊ
KHOA HỌC KỸ THUẬT MỎ TOÀN QUỐC LẦN THỨ XXVI**

**CÔNG NGHIỆP MỎ THẾ KỶ 21
NHỮNG VẤN ĐỀ KHOA HỌC, CÔNG NGHỆ VÀ MÔI TRƯỜNG
TUYỂN TẬP BÁO CÁO**



**NHÀ XUẤT BẢN CÔNG THƯƠNG
THÁNG 8 NĂM 2018**

27	ThS. Lê Bá Phúc ThS. Vũ Đình Trường ThS. Đàm Công Khoa	Hoàn thiện phương pháp xây dựng định mức tiêu hao vật liệu nổ phù hợp tình hình sản xuất tại các mỏ than lộ thiên thuộc Tập đoàn TKV	170
28	Nguyễn Hoàng Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu Lê Thị Thu Hoa Lê Quý Thảo	So sánh hiệu quả giữa mô hình mạng nơ-ron nhân tạo và mô hình thực nghiệm trong dự báo sóng chấn động nổ mìn trên mỏ lộ thiên	177
29	Trần Đình Bảo Vũ Đình Trọng Nguyễn Đình An	Xác định chiều dài tuyến công tác tối ưu cho các mỏ than lộ thiên Việt Nam	183
30	TS. Lê Đức Phương KS. Lê Đức Đạt KS. Hồ Đức Bình ThS. Phan Ngũ Hoành	Đánh giá kết quả thực hiện phương án trình tự khai thác hợp lý 3 mỏ Cọc Sáu – Đèo Nai – Cao Sơn trong 2 năm 2016-2017	193
31	TS. Đoàn Văn Thanh KS. Nguyễn Ngọc Dũng	Nghiên cứu công nghệ đào sâu và xác minh tốc độ đào sâu hợp lý nhằm đáp ứng sản lượng theo quy hoạch cho mỏ than Cao Sơn	199
32	TS. Lê Công Cường ThS. Đàm Công Khoa ThS. Vũ Đình Trường	Nghiên cứu các giải pháp ổn định chất lượng quặng nguyên khai cho các mỏ quặng bauxit khu vực Tây Nguyên	206
33	Phạm Văn Việt, Nguyễn Anh Tuấn Lê Thị Thu Hoa Lê Thị Hải	Xác định các thông số nê-m hợp lý trong tách đá khối ở Việt nam	212
34	Nguyễn Xuân Mãn Phạm Mạnh Hào	Sản xuất cát từ đá thay thế cát tự nhiên	218
PHẦN IV. CÔNG NGHỆ KHAI THÁC HÀM LÒ VÀ XÂY DỰNG MỎ			
35	KS. Nguyễn Văn Dũng ThS. Phạm Văn Chinh TS. Lê Đức Nguyên	Định hướng phát triển công nghệ cơ giới hóa khâu than lò chợ tại các mỏ hầm lò thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam	223
36	TS. Trương Đức Dư TS. Phạm Trung Nguyên	Các giải pháp cần thiết để duy trì và phát triển mở rộng áp dụng khai thác than bằng hệ thống lò dọc vỉa phân tầng với công nghệ cơ giới hóa	229
37	NCS. Nông Việt Hùng PGS. TS Đặng Vũ Chí PGS. TS Phùng Mạnh Đắc	Nghiên cứu hoàn thiện công nghệ khai thác lò chợ cơ giới hóa đồng bộ hạ trần than bằng mô hình số khi có xem xét đến các tham số trong điều kiện vỉa dày, dốc thoải và nghiêng	236
38	NCS. Đinh Văn Cường PGS.TS. Trần Văn Thanh TS. Nguyễn Anh Tuấn	Đánh giá khả năng sử dụng trụ nhân tạo thay thế trụ than bảo vệ lò chuẩn bị trong quá trình khai thác tại các mỏ hầm lò vùng Quảng Ninh	243

SO SÁNH HIỆU QUẢ GIỮA MÔ HÌNH MẠNG NƠ-RON NHÂN TẠO VÀ MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM TRONG DỰ BÁO SÓNG CHẤN ĐỘNG NỔ Mìn TRÊN MỎ LỘ THIÊN

Nguyễn Hoàng, Bùi Xuân Nam, Trần Quang Hiếu, Lê Thị Thu Hoa, Lê Quý Thảo,
Trường Đại học Mở - Địa chất

Tóm tắt:

Sóng chấn động nổ mìn là một trong các tác dụng không mong muốn sinh ra do nổ mìn trên các mỏ lộ thiên. Trong bài báo này, một phương pháp tiếp cận mới với những tiến bộ của khoa học kỹ thuật được áp dụng để dự báo sóng chấn động sinh ra do nổ mìn sử dụng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo. Một mô hình thực nghiệm khác cũng đã được áp dụng trong nghiên cứu này để dự báo sóng chấn động nổ mìn và so sánh hiệu quả với mô hình mạng nơ-ron nhân tạo. Mô than Đèo Nai là một trường hợp nghiên cứu điển hình với 146 vụ nổ được thu thập phục vụ cho nghiên cứu này. Các chỉ tiêu bao gồm sai số bình phương trung bình (RMSE), hệ số xác định (R^2) và sai số tuyệt đối trung bình (MAE) được sử dụng để đánh giá hiệu suất của các mô hình dự báo. Các kết quả đã chỉ ra rằng mô hình mạng nơ-ron nhân tạo cho hiệu suất cao hơn rất nhiều so với mô hình thực nghiệm với $RMSE = 2,240$, $R^2 = 0,937$ và $MAE = 1,715$. Đây là một thành tựu đổi mới trong công nghệ khai thác lộ thiên có thể áp dụng để dự báo sóng chấn động sinh ra do nổ mìn một cách chính xác nhằm đảm bảo an toàn và giảm thiểu các tác động nguy hiểm tới môi trường xung quanh.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nổ mìn là một trong những phương pháp mang lại hiệu quả cao nhất trong việc phá vỡ đất đá cứng trên các mỏ lộ thiên [8, 19]. Tuy nhiên, không phải 100% năng lượng của chất nổ đều tham gia vào việc phá vỡ đất đá. Một số nhà nghiên cứu đã kết luận rằng có tới 80-85% năng lượng của chất nổ được dùng để sinh ra các tác dụng phụ như sóng chấn động, sóng đập không khí, đất đá văng và hậu xung [1, 2, 17, 18, 20, 25, 34]. Trong đó, sóng chấn động là một trong các tác động nguy hiểm, có thể làm hư hỏng các công trình, nhà cửa, phá hủy các kết cấu công trình, gây mất ổn định tầng và bờ mỏ trên các mỏ lộ thiên, ...v.v. Do vậy, việc đo đạc và dự báo sóng chấn động sinh ra do nổ mìn một cách chính xác là thực sự cần thiết nhằm giảm thiểu các tác động tiêu cực của nổ mìn tới môi trường xung quanh.

Để kiểm soát sóng chấn động nổ mìn, nhiều nhà khoa học đã nỗ lực nghiên cứu các giải pháp nhằm giảm thiểu sóng chấn động sinh ra do nổ mìn như: sử dụng phương pháp nổ mìn vi sai, sử dụng màn chắn, tối ưu hóa các thông số nổ mìn, lựa chọn sơ đồ nổ hợp lý...[5-7]. Tuy nhiên, các phương pháp này chỉ là định

tính và không thể kiểm soát được sóng chấn động nổ mìn một cách cụ thể.

Trên cơ sở đó, nhiều nhà khoa học đã tiếp cận lý thuyết thống kê dựa trên sự điều tra của một loạt các vụ nổ và xây dựng các công thức thực nghiệm để ước lượng sóng chấn động nổ mìn [3, 4, 10, 13, 14, 21+23].

Trong những năm gần đây, nhiều kỹ thuật và cách tiếp cận mới đã được phát triển để dự báo và giảm thiểu các tác động không mong muốn của sóng chấn động nổ mìn trên mỏ lộ thiên như: các phương pháp máy học, mạng nơ-ron nhân tạo, các thuật toán tiến hóa, hệ thống mạng nơ-ron mờ, ...v.v. Longjun, Dong, Li Xibing [24] đã sử dụng thuật toán Random Forest (RF) và Support Vector Machine (SVM) để dự báo sóng chấn động nổ mìn với 93 vụ nổ được thu thập phục vụ cho nghiên cứu. Nghiên cứu này đã chỉ ra rằng RF và SVM là những thuật toán máy học phù hợp để dự báo sóng chấn động nổ mìn và SVM đã cung cấp một hiệu suất cao hơn so với RF trong dự báo PPV. Các thuật toán máy học khác như Support Vector Machine (SVM), hồi quy nhiều biến và các công thức thực nghiệm cũng là cách tiếp cận của Hasanipannah, Mahdi, Roohollah

Shirani Faradonbeh [15] để dự báo PPV. Với mục đích này, họ đã thu thập 86 vụ nổ tại mỏ đồng Miduk của Iran để phục vụ nghiên cứu. Các kết quả đã chỉ ra rằng kỹ thuật SVM là một kỹ thuật tiên tiến cho hiệu suất cao hơn rất nhiều so với các kỹ thuật còn lại với sai số bình quân phương RMSE = 0.17 và hệ số xác định $R^2 = 0.95$. Bằng cách tiếp cận khác, Chandar, K Ram, VR Sastry [9] đã sử dụng các mô hình hồi quy và hệ thống mạng nơ-ron nhân tạo (ANN) để dự báo PPV với 168 vụ nổ đã được thu thập tại 3 mỏ đá vôi, dolomite và mỏ than. Các kết quả cho thấy mô hình ANN là mô hình tốt nhất được sử dụng trong nghiên cứu của họ với hệ số xác định $R^2 = 0.878$ cho tổng 3 mỏ. Ngoài ra, còn rất nhiều các nghiên cứu khác đã sử dụng các kỹ thuật tiên tiến và hiện đại để dự báo các tác động không mong muốn sinh ra do nổ mìn trên mỏ lộ thiên [11, 12, 16].

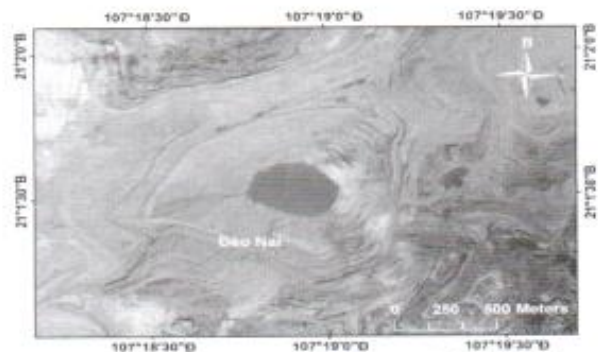
Tại Việt Nam, phương pháp phổ biến nhất hiện nay vẫn được sử dụng để xác định sóng chấn động nổ mìn là sử dụng các thiết bị đo chấn động như: Blastmate III, Minimate hay Micromate của Instel (Canada). Tuy nhiên các thiết bị này chỉ ghi lại được sóng chấn động khi các vụ nổ đã được tiến hành mà không có khả năng dự báo trước sóng chấn động sinh ra do quá trình nổ mìn.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả phát triển một mô hình mạng nơ-ron nhân tạo cho dự báo sóng chấn động nổ mìn tại mỏ than Đèo Nai và dùng phương pháp thực nghiệm để so sánh đối chứng.

2. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu sử dụng

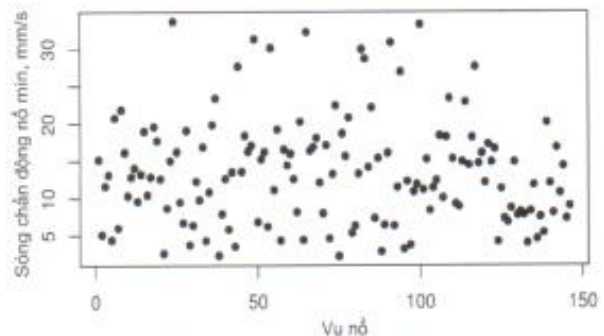
Đèo Nai là một trong những mỏ than lộ thiên lớn nhất thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam (Vinacomin), nằm tại thành phố Cẩm phả, tỉnh Quảng Ninh với tổng diện tích lên tới 6,06 Km² (Hình 1). Trữ lượng của mỏ là 42,5 triệu tấn và sản lượng khai thác hàng năm là 2,5 triệu tấn.

Mỏ than Đèo Nai có cấu trúc địa chất phức tạp với nhiều uốn nếp. Đất đá ở mỏ chủ yếu là cuội kết, sạn kết, cát kết, bột kết và sét kết. Độ cứng đất đá $f = 11+12$. Mỏ đang sử dụng phương pháp nổ mìn để phá vỡ đất đá.



Hình 1. Vị trí mỏ than Đèo Nai, Quảng Ninh

Dữ liệu sử dụng cho nghiên cứu này bao gồm các thông số như sóng chấn động, được đặc trưng bởi tốc độ dao động của sóng trong lòng đất (PPV), tần số f được đo bằng thiết bị Blastmate III của Canada do Instatel sản xuất. Các thông số khác của hộ chiếu nổ mìn được thu thập từ 146 vụ nổ tại mỏ than Đèo Nai. Hình 2 minh họa dữ liệu sóng chấn động nổ mìn đo được từ 146 vụ nổ tại mỏ than Đèo Nai trong nhiều năm.



Hình 2. Dữ liệu sóng chấn động nổ mìn thu thập tại mỏ than Đèo Nai

Ngoài ra, các dữ liệu cần thiết khác phục vụ cho nghiên cứu này bao gồm: Chiều dày lớp đất phủ B, khoảng cách giữa các hàng lỗ khoan (a), chỉ tiêu thuốc nổ (q), số hàng lỗ khoan nổ đồng thời (N), khoảng cách đặt thiết bị (R), tổng khối lượng thuốc nổ trong một lần nổ (Q), chiều cao tầng (H), chiều dài cột bua (L_b) và thời gian vi sai (Δt) được thu thập từ 146 vụ nổ của mỏ. Dữ liệu sử dụng cho nghiên cứu này được tóm tắt trong bảng 1.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Phương pháp thực nghiệm

Để ước lượng sóng chấn động nổ mìn, nhiều

Bảng 1. Tóm tắt dữ liệu sử dụng cho nghiên cứu

Q	H	B	a	L ₀
Min. :1376	Min. :13.00	Min. :7.500	Min. :7.400	Min. :6.200
1st Qu.:10028	1st Qu.:13.50	1st Qu.:7.800	1st Qu.:7.700	1st Qu.:6.600
Median :13454	Median :14.00	Median :8.200	Median :7.800	Median :6.900
Mean :13183	Mean :14.37	Mean :8.064	Mean :7.814	Mean :6.879
3rd Qu.:16318	3rd Qu.:15.00	3rd Qu.:8.300	3rd Qu.:8.000	3rd Qu.:7.200
Max. :24171	Max. :16.00	Max. :8.500	Max. :8.200	Max. :7.500
q	N	R	Δt	PPV
Min. :0.3500	Min. :2.000	Min. :180	Min. :17.00	Min. :2.140
1st Qu.:0.3900	1st Qu.:2.000	1st Qu.:338	1st Qu.:17.00	1st Qu.:7.947
Median :0.4200	Median :3.000	Median :495	Median :25.00	Median :12.725
Mean :0.4178	Mean :3.486	Mean :469	Mean :27.16	Mean :13.402
3rd Qu.:0.4500	3rd Qu.:5.000	3rd Qu.:622	3rd Qu.:42.00	3rd Qu.:16.843
Max. :0.4800	Max. :5.000	Max. :726	Max. :42.00	Max. :33.600

nhà khoa học đã nghiên cứu và đề xuất các phương pháp thực nghiệm. Các phương pháp này chủ yếu dựa trên mối quan hệ giữa khối lượng thuốc nổ và khoảng cách đo chấn động. Trong số các phương pháp thực nghiệm hiện nay, phương pháp ước lượng sóng chấn động nổ mìn của Cục mỏ Hoa Kỳ (USBM) là phương pháp được áp dụng rộng rãi và phổ biến nhất do Duvall, Wilbur I và Benjamin Petkof [10] đề xuất. Kỹ thuật thực nghiệm USBM được xác định theo công thức sau:

$$PPV = \lambda \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-\alpha} \quad (1)$$

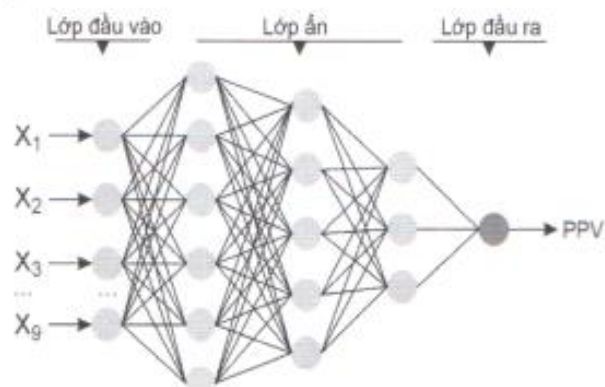
Trong đó: Q là khối lượng thuốc nổ sử dụng cho mỗi vụ nổ, kg; R là khoảng cách đo sóng chấn động nổ mìn, m; λ và α là các hệ số thực nghiệm của khu vực.

3.2. Mạng nơ-ron nhân tạo

Mạng nơ-ron nhân tạo (ANN)- một phần của AI để dự báo sóng chấn động nổ mìn trên mỏ than Đèo Nai. Để thực hiện phương pháp này, dữ liệu thu thập được chia thành hai phần bao gồm: 80% dữ liệu được sử dụng để huấn luyện mô hình và 20% dữ liệu được sử dụng làm để đánh giá hiệu suất của mô hình dự báo.

Mạng nơ-ron nhân tạo là một loại mạng nơ-

ron được thiết kế dựa trên cấu tạo của bộ não con người, có khả năng kết nối các nơ-ron để giải quyết mọi vấn đề từ các tín hiệu đầu vào nhờ sự hỗ trợ của máy tính điện tử [29]. Mô hình mạng nơ-ron được sử dụng rộng rãi nhất là mô hình mạng nơ-ron truyền thẳng nhiều lớp MLP. Trong nghiên cứu này, mô hình MLP được sử dụng như một mô hình ANN cơ bản nhằm đánh giá khả năng ứng dụng của ANN trong dự báo sóng va đập không khí. Một mạng MLP tổng quát là mạng có n lớp với cấu trúc bao gồm: 1 lớp đầu vào, n lớp ẩn (với n≥2) và 1 lớp đầu ra. Cấu trúc của một mạng nơ-ron nhân tạo tổng quát được minh họa trong hình 3.



Hình 3. Cấu trúc chung mạng nơ-ron nhân tạo dự báo sóng chấn động nổ mìn cho mỏ than Đèo Nai

Mô hình mạng MLP hoạt động theo phương thức: tại lớp đầu vào, các nơ-ron sẽ nhận các tín hiệu đầu vào với các trọng số. Sau đó chúng được xử lý và gửi tới các nơ-ron thuộc lớp ẩn thứ nhất thông qua hàm truyền. Tại đây các nơ-ron sẽ tiếp nhận kết quả từ lớp tham số đầu vào và xử lý, tính toán các trọng số rồi gửi đến lớp ẩn thứ 2 thông qua hàm truyền. Quá trình cứ tiếp tục như vậy cho đến khi các kết quả được truyền tới lớp ra và cho kết quả đầu ra cuối cùng [3 5].

Các kết quả đầu ra của mô hình mạng nơ-ron phụ thuộc rất nhiều vào quá trình học của mạng, hay còn gọi là quá trình huấn luyện. Quá trình học của mạng nơ-ron nhân tạo bao gồm hai kiểu học là học có giám sát và học không giám sát. Các dữ liệu đầu vào khi dự báo sóng va đập không khí là các dữ liệu dạng số, sử dụng thuật toán hồi quy nên hầu hết đều sử dụng phương pháp học có giám sát dựa trên các dữ liệu đầu vào và yêu cầu của đầu ra.

Để đánh giá hiệu quả của quá trình huấn luyện, một số tiêu chuẩn đánh giá được sử dụng bao gồm: sai số tuyệt đối trung bình (MAE), sai số bình phương trung bình quân phương (RMSE) và hệ số xác định (R^2).

MAE biểu thị biên độ trung bình của sai số mô hình nhưng không nói lên xu hướng lệch của giá trị dự báo và quan trắc. Khi MAE = 0, giá trị của mô hình hoàn toàn trùng khớp với giá trị thực tế, mô hình được xem là "lý tưởng". Giá trị MAE nằm trong khoảng $(0, +\infty)$.

Sai số bình phương trung bình là một trong những đại lượng cơ bản và thường được sử dụng phổ biến cho việc đánh giá kết quả của mô hình dự báo số trị. Người ta thường hay sử dụng đại lượng sai số bình phương trung bình quân phương (RMSE) biểu thị độ lớn trung bình của sai số. Đặc biệt RMSE rất nhạy với những giá trị sai số lớn. Do đó nếu RMSE càng gần MAE sai số mô hình càng ổn định và có thể thực hiện việc hiệu chỉnh sản phẩm mô hình. Giống như MAE, RMSE không chỉ ra độ lệch giữa giá trị dự báo và giá trị thực tế. Giá trị của RMSE nằm trong khoảng $(0, +\infty)$.

R^2 là hệ số xác định thể hiện mức độ phù hợp của dữ liệu với thuật toán. R^2 nằm trong

khoảng $(0,1)$ và lý tưởng nhất khi $R^2 = 1$ và bằng 0 là tệ nhất.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - f_i)^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (4)$$

Về lý thuyết, một mạng nơ-ron với 2 lớp ẩn có thể biểu diễn được tất cả các hình dạng khác nhau theo yêu cầu. Càng nhiều lớp ẩn quá trình huấn luyện mạng càng lâu và phức tạp. Do vậy, trong nghiên cứu này, một mạng MLP2 lớp ẩn sẽ được lập trình và huấn luyện trên bộ dữ liệu huấn luyện (80% dữ liệu). Kết quả huấn luyện sẽ được kiểm tra lại bằng tập dữ liệu kiểm tra. Các kết quả nghiên cứu được thể hiện trong phần 4 của bài báo này.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

Để dự báo sóng chấn động nổ mìn, các mô hình dự báo thực nghiệm và ANN được xây dựng dựa trên bộ dữ liệu đã thu thập. Theo đó, 80% dữ liệu (tương đương 118 vụ nổ) được sử dụng làm dữ liệu huấn luyện cho việc xây dựng mô hình thực nghiệm và mô hình ANN. 20% còn lại (tương ứng 28 vụ nổ) được sử dụng làm bộ dữ liệu kiểm tra để đánh giá hiệu suất của các mô hình dự báo.

Với phương pháp thực nghiệm, các hệ số thực nghiệm λ và α được xác định bằng kỹ thuật phân tích hồi quy đa biến dựa trên bộ dữ liệu huấn luyện. Kết quả phân tích hồi quy đa biến cho thấy $\lambda = 40,94$ và $\alpha = 0.936$ là hệ số thực nghiệm phù hợp cho khu vực nghiên cứu. Như vậy, phương trình thực nghiệm cho xác định sóng chấn động nổ mìn theo công thức (1) có dạng như sau:

$$PPV = 40,94 \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-0.936} \quad (5)$$

Trong kỹ thuật ANN, một mạng ANN với 2 lớp ẩn được sử dụng để huấn luyện các tham

số đầu vào cho dự báo sóng chấn động nổ mìn. Trong đó, lớp ẩn thứ nhất chứa 16 nơ-ron, lớp ẩn thứ 2 chứa 10 nơ-ron. Hình 3 minh họa cấu trúc mạng ANN sử dụng cho dự báo sóng chấn động nổ mìn trong nghiên cứu này. Các trọng số giữa các nơ-ron trong các lớp được xác định và minh họa thông qua các đường màu đen và màu xám. Các đường màu xám đại diện cho các trọng số dương, các đường màu đen đại diện cho các trọng số âm. Mức độ đậm nhạt của các đường kẻ đặc trưng cho các giá trị của các trọng số được xác định trong mạng nơ-ron.

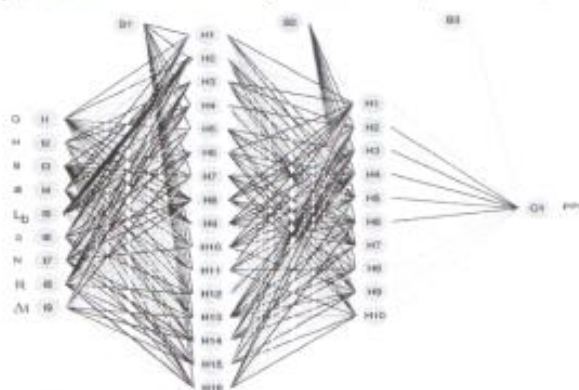
Sau khi xây dựng được các mô hình dự báo, bộ dữ liệu kiểm tra được sử dụng để đánh giá hiệu suất của các mô hình thông qua các tiêu chuẩn trong công thức (2+4). Hiệu suất của các mô hình dự báo nên được so sánh và đánh giá trên cả bộ dữ liệu huấn luyện và bộ dữ liệu kiểm tra. Bảng 2 minh họa hiệu suất của các mô hình dự báo sóng chấn động nổ mìn trong nghiên cứu này.

Từ bảng 2, có thể dễ dàng thấy rằng mô

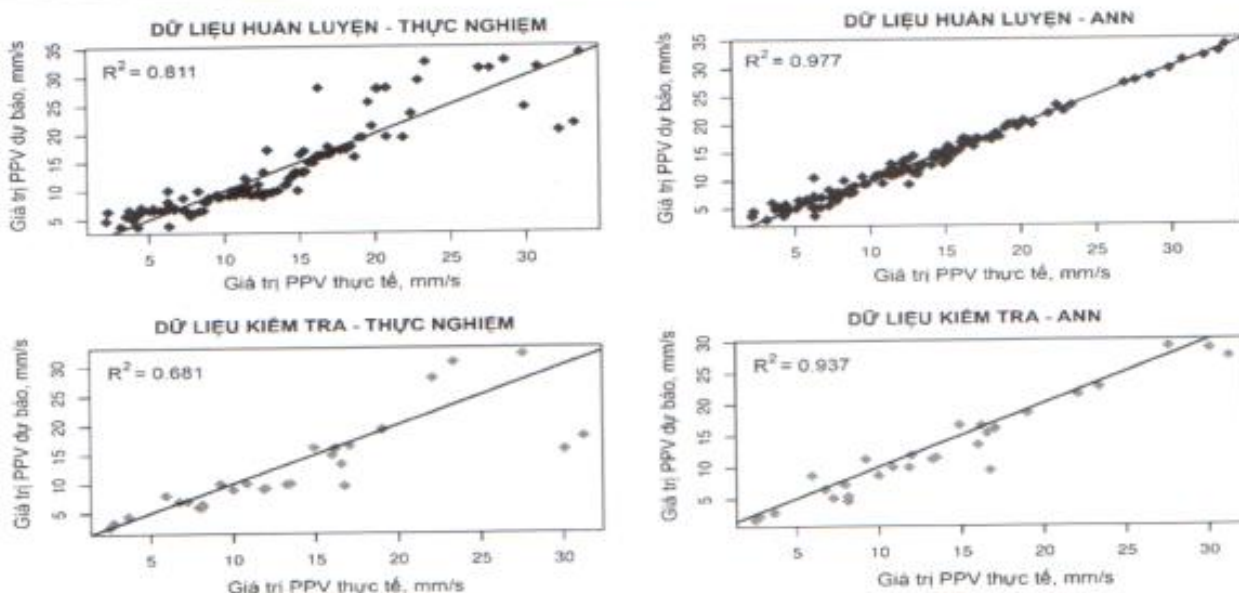
Bảng 2. Hiệu suất của các mô hình dự báo sóng chấn động nổ mìn

Mô hình	Dữ liệu huấn luyện			Dữ liệu kiểm tra		
	RMSE	R ²	MAE	RMSE	R ²	MAE
Thực nghiệm	3,199	0,811	2,231	4,696	0,681	3,000
ANN	1,047	0,977	0,777	2,240	0,937	1,715

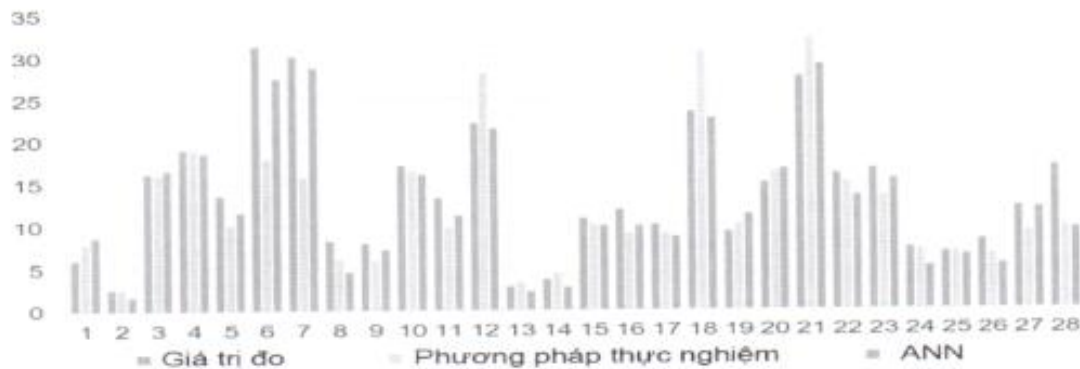
hình ANN cung cấp hiệu suất vượt trội hơn rất nhiều so với mô hình thực nghiệm. Trên bộ dữ liệu huấn luyện, sai số trung bình quân phương của mô hình ANN chỉ ở mức 1,047, trong khi phương pháp thực nghiệm cho sai số khá lớn, ở mức 3,199. Mức độ phù hợp của dữ liệu trên mô hình ANN cũng cho kết quả tương tự với R² của mô hình ANN đạt mức 0,977 và mô hình thực nghiệm chỉ đạt 0,811. So sánh trên bộ dữ liệu kiểm tra cho thấy các kết quả tương tự.



Hình 4. Mô hình mạng nơ-ron nhân tạo dự báo sóng chấn động nổ mìn cho mỏ than Đèo Nai



Hình 5. Mối quan hệ giữa các giá trị thực tế và giá trị dự báo của mô hình thực nghiệm và ANN



Hình 6. Kết quả dự báo sóng chấn động nổ mìn trên bộ dữ liệu thử nghiệm

Hiệu suất của mô hình ANN với $RMSE = 2,240$, $R^2 = 0,937$, và $MAE = 1,715$ vượt trội hơn rất nhiều so với mô hình thực nghiệm USBM. Hình 4 minh họa mối quan hệ giữa các giá trị thực tế và giá trị dự báo của các mô hình trên bộ dữ liệu huấn luyện và kiểm tra. Các kết quả dự báo sóng chấn động nổ mìn trên bộ dữ liệu kiểm tra được so sánh với thực tế và được minh họa trong hình 6.

5. KẾT LUẬN

Nổ mìn là một trong những khâu quan trọng trong dây chuyền công nghệ trên các mỏ lộ thiên. Tuy nhiên, các tác dụng không mong muốn sinh ra do nổ mìn, đặc biệt là sóng chấn động nổ mìn cần phải được dự báo và kiểm soát chính xác nhằm giảm thiểu tối đa các tác động tới các công trình cần bảo vệ và môi trường xung quanh. Dựa trên các kết quả của nghiên cứu này, chúng tôi rút ra một số các kết luận sau:

- Các phương pháp giảm thiểu sóng chấn động nổ mìn nên được kết hợp với các kỹ thuật dự báo sóng chấn động nổ mìn để giảm thiểu tối đa sóng chấn động nổ mìn trên các mỏ lộ thiên;

- Kỹ thuật thực nghiệm là phương pháp ước lượng sóng chấn động nổ mìn một cách nhanh chóng, thuận tiện. Tuy nhiên mức độ chính xác của nó không cao. Do đó, chúng cần tiếp tục được nghiên cứu và phát triển để cải thiện mức độ chính xác;

- ANN là một kỹ thuật hiện đại cung cấp độ chính xác cao khi dự báo sóng chấn động nổ mìn. Nó nên được sử dụng trong thực tế để dự

báo chính xác sóng chấn động trước khi tiến hành vụ nổ. Từ đó, các thông số nổ mìn và thông số của bãi mìn có thể được điều chỉnh để kiểm soát sóng chấn động nổ mìn. Việc ứng dụng ANN vào dự báo sóng chấn động nổ mìn trên các mỏ lộ thiên là một thành tựu trong công nghệ khai thác mỏ lộ thiên thời kỳ cách mạng công nghiệp 4.0, nhằm giảm thiểu sóng chấn động, nâng cao chất lượng công tác nổ mìn góp phần bảo vệ môi trường và phát triển bền vững./.

Tài liệu tham khảo:

1. Manoj Khandelwal và TN Singh (2009), "Prediction of blast-induced ground vibration using artificial neural network", International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 46(7), tr. 1214-1222.
2. M Monjezi, H Amini Khoshalan và A Yazdian Varjani (2012), "Prediction of flyrock and backbreak in open pit blasting operation: a neuro-genetic approach", Arabian Journal of Geosciences. 5(3), tr. 441-448.
3. Hakan Ak và Adnan Konuk (2008), "The effect of discontinuity frequency on ground vibrations produced from bench blasting: a case study", Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 28(9), tr. 686-694.
4. N Ambraseys (1968), Rock Mechanics in Engineering Practice.
5. Nhữ Văn Bách (2010), "Những vấn đề cơ bản về công tác nổ mìn khi khai thác các mỏ lộ thiên sâu", Tạp chí Công nghiệp Mỏ, số 5. Hội Khoa học Công nghệ mỏ Việt Nam. Hà Nội, tr. 19-22.