

XÁC ĐỊNH VẬN TỐC LAN TRUYỀN SÓNG CHẤN ĐỘNG NỔ MÌN TẠI MỎ ĐÁ VÔI HỒNG SƠN BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH DỮ LIỆU SỐ TRÊN PHẦN MỀM MATLAB

Đào Hiếu, Đặng Văn Chí
Trường Đại học Mỏ - Địa Chất
Email: dhieu.tdh@gmail.com

TÓM TẮT

Khi thực hiện các vụ nổ mìn, thông số cơ lý của đá khu vực nổ là thông tin rất quan trọng, ảnh hưởng trực tiếp đến việc lựa chọn giải pháp và các thông số vụ nổ. Áp dụng kỹ thuật và phương pháp phân tích số sử dụng cơ sở dữ liệu về sóng chấn động sau mỗi vụ nổ nhằm xác định vận tốc lan truyền sóng chấn động của khu vực có thể giúp mô tả phần nào đó hình ảnh về cấu trúc địa chất khu vực nổ. Bài báo giới thiệu về việc áp dụng kỹ thuật phân tích dữ liệu sóng chấn động thu được từ các vụ nổ mìn vi sai tại mỏ đá vôi Hồng Sơn, Kim Bảng, Hà Nam. Quá trình phân tích được thực hiện bằng phần mềm Matlab với các bộ dữ liệu sóng chấn động đã được số hóa. Các kết quả phân tích được mô tả cụ thể trong bài báo.

Từ khóa: chấn động nổ mìn, mạng nơ ron trong nổ mìn, Hồng Sơn, dữ liệu số, Matlab.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nổ mìn giúp phá vỡ cấu trúc của đá, để tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình khai thác. Khi một lượng nổ phát nổ, sự thay đổi áp suất đột ngột sẽ tạo ra sóng ứng suất lên môi trường đá xung quanh dẫn đến rung động mặt đất. Khi rung động đi qua các cấu trúc bề mặt, nó gây ra rung động trong các cấu trúc đó. Những sóng xung kích này có thể gây ra thiệt hại nghiêm trọng cho các công trình lân cận hoặc khối đá xung quanh. Môi trường địa chất không đồng nhất, các cấu trúc có độ cứng khác nhau, các vết đứt gãy, nứt nẻ... gây ra các vấn đề về chấn động, giảm hiệu quả của vụ nổ [4, 5]. Do đó, tính cơ lý của đá là thông số rất quan trọng trong việc thiết kế vụ nổ và có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả vụ nổ. Trên thực tế, mỗi loại đá ở một khu vực có những đặc điểm riêng biệt và thay đổi bất thường, vì vậy việc hiểu chính xác cấu trúc địa chất của một khu vực là nhiệm vụ bất khả thi. Do đó, việc thực hiện nổ mìn luôn chứa đựng yếu tố kinh nghiệm và phương pháp tính toán gần đúng.

Mức độ của một vụ nổ không phải là yếu tố quyết định ảnh hưởng đến cực trị của vận tốc dao động của đá, mà là lượng thuốc nổ đồng thời. Để giảm chấn động, vụ nổ được chia thành nhiều nhóm nổ nhỏ hơn sử dụng thời gian vi sai giữa các nhóm được tính bằng μs . Ngoài ra, vị trí và thứ tự các nhóm nổ đồng thời được bố trí sao cho sóng chấn động sinh ra va chạm vào nhau để tự triệt

tiêu. Kíp nổ vi sai điện tử có khả năng điều chỉnh thời gian trễ mang lại sự linh hoạt khi điều khiển hướng nổ, giảm rung lắc và tăng khả năng nổ. Tuy nhiên, quá trình thực hiện không thể dựa vào tính toán lý thuyết.

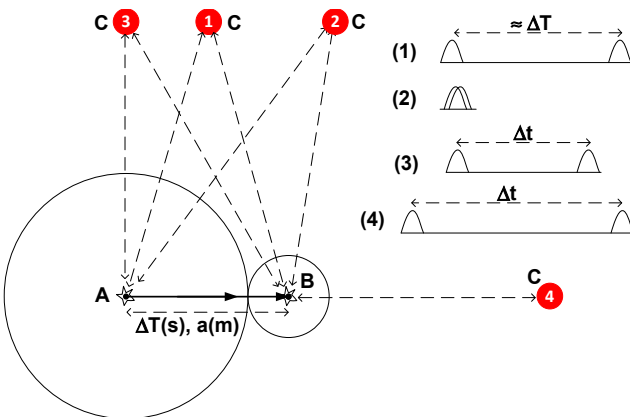
Năng lượng giải phóng từ điểm nổ được mô tả bằng mức độ rung động của mặt đất và vận tốc dao động cực trị của hạt đá (PPV) lan truyền theo mọi hướng xung quanh. Trên thực tế, sự lan truyền dao động không phải là lý tưởng do sự thay đổi cấu trúc của trái đất và sự thay đổi của dao động theo các hướng khác nhau. Sóng chấn động trong đá lan truyền từ điểm nổ bao gồm ba thành phần: sóng P (sóng áp suất hoặc sóng dọc), sóng S (sóng cắt) và sóng Rayleigh. Tốc độ của nó thay đổi trong khoảng từ khoảng 300 đến 6000 m/s tùy thuộc vào khu vực. Sóng P cho hiệu ứng phá vỡ cao nhất và vận tốc truyền của sóng P (V_p) cũng lớn nhất. Trong một số trường hợp, $V_p = 2 V_s$ (V_s là vận tốc lan truyền của sóng cắt). Trong khi vận tốc dao động của hạt đá phụ thuộc rất nhiều vào các thông số nổ (khối lượng thuốc nổ đồng thời, dạng tác dụng nổ, dạng sơ đồ vi sai...), thì vận tốc lan truyền sóng chấn động lại hầu như chỉ phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đá. Đó là cơ sở để nhận dạng một cách tương đối hiện trạng đá và tính cơ lý của chúng tại khu vực nổ, cung cấp thông tin quan trọng cho việc thiết kế các vụ nổ đạt hiệu quả cao đồng thời giảm chấn động nổ mìn [7, 8].

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Calvin J. Konya và Edward J. Walter [9] đã chỉ ra rằng, ở một khu vực nhất định, trong mỗi một giai đoạn, tốc độ lan truyền sóng chấn động gần như không đổi. Do đó, trong một vụ nổ mìn vi sai với nhiều điểm nổ ở vị trí khác nhau, được kích nổ ở những thời điểm khác nhau thì sẽ gây nên những đỉnh sóng chấn động khác nhau tại điểm đo theo thời gian. Như vậy, có thể nội suy ra vận tốc lan truyền của sóng chấn động từ việc phân tích mối quan hệ giữa các khoảng thời gian vi sai với khoảng thời gian giữa các đỉnh của sóng chấn động thu được và với khoảng cách giữa các điểm nổ và điểm đo.

Giả thiết rằng: Có 2 lượng thuốc nổ đặt tại 2 điểm A và B cách nhau một khoảng là a mét, và hai lượng nổ này được kích nổ với thời gian dẫn cách vi sai là ΔT mili giây (điểm A nổ trước, điểm B nổ sau), thì tại điểm đo C, thiết bị đo sẽ nhận được hai đỉnh của sóng chấn động tương ứng với 2 lần kích nổ (Hình H.1). Một trong số các trường hợp sau sẽ xảy ra [2]:

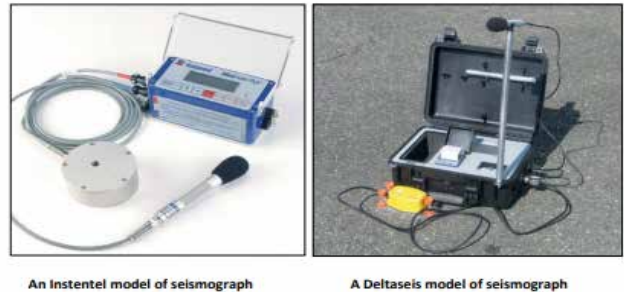


H.1. Mô tả lý thuyết về phương pháp tính toán vận tốc lan truyền sóng chấn động do nổ mìn

2.2. Đo dữ liệu thực nghiệm tại mỏ đá vôi Hồng Sơn

Do quá trình diễn ra vụ nổ rất nhanh, nên mỗi vụ nổ chỉ thu được tối đa một dữ liệu. Để đảm bảo cho việc phân tích, mỗi dữ liệu phải là một bộ số liệu mô tả tốt nhất toàn bộ quá trình rung động của đá sau nổ. Các dữ liệu phải được đồng bộ với nhau. Do đó, quá trình thu thập dữ liệu cần đảm bảo một số nguyên tắc nhất định như:

- Dữ liệu sóng chấn động được thu thập để phân tích là các bộ dữ liệu ghi chép đầy đủ và liên tục theo thời gian về quá trình dao động của các hạt đá do ảnh hưởng của nổ mìn;
- Các vụ nổ mìn được theo dõi và ghi chép dữ liệu là các vụ nổ mìn vi sai được thực hiện trên cùng một khu vực;
- Thiết đo và ghi dữ liệu được sử dụng là Blastmate III (Hình H.2), đây là thiết bị đo rung chấn chuyên dụng, đáp ứng tiêu chuẩn kỹ thuật;
- Hướng lắp đặt thiết bị đo so với hướng khởi nổ; Phương pháp, quy trình đo không đổi;



H.2. Thiết bị đo sóng chấn động nổ mìn

Quá trình đo thực nghiệm tại mỏ Hồng Sơn được thực hiện bởi chuyên gia đo chấn động nổ mìn thuộc Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Các điểm

Bảng 1. Các trường hợp xảy ra khi tính toán tốc độ lan truyền sóng

Vị trí đo C	Chú thích	Công thức tính
Số 1	Khoảng cách CA=CB, hai đỉnh sóng là độc lập: khoảng thời gian giữa hai đỉnh sóng sẽ xấp xỉ thời gian vi sai ΔT như mô tả ở trường hợp (1)	Không xác định
Số 2	- Nếu khoảng cách CA > CB, hai đỉnh sóng trùng vào nhau như mô tả ở trường hợp (2) - Nếu khoảng cách CA \neq CB, hai đỉnh sóng là độc lập, khoảng thời gian giữa hai đỉnh sóng là Δt như mô tả ở trường hợp (3) và (4)	$(CA-CB) / \Delta T$ $ CA-CB / \Delta T - \Delta t $
Số 3	Khoảng cách CA \neq CB, hai đỉnh sóng là độc lập, khoảng thời gian giữa hai đỉnh sóng là Δt như mô tả ở trường hợp (3) và (4)	$ CA-CB / \Delta T - \Delta t $
Số 4	Khoảng cách CA-CB=AB=a (m), hai đỉnh sóng là độc lập, khoảng thời gian giữa hai đỉnh sóng là Δt như mô tả ở trường hợp (3) và (4)	$a / (\Delta T - \Delta t)$

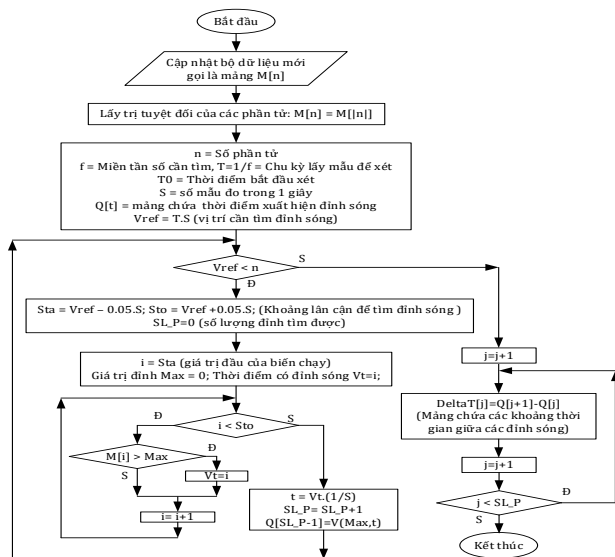
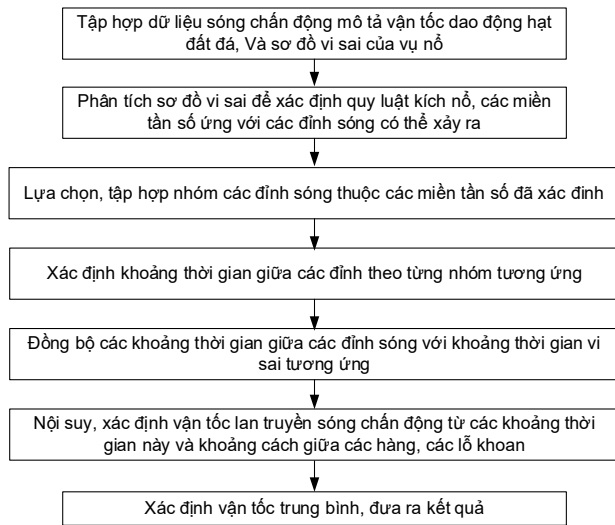
đo được đặt phía sau ở khoảng cách nhất định bãi nổ để đảm bảo an toàn mà vẫn thu được dữ liệu (Hình H.3).



H.3. Đo thực nghiệm tại mỏ đá vôi Hồng Sơn, Kim Bảng, Hà Nam

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Trên cơ sở lý thuyết có được, quy trình phân tích và thuật toán tính toán được xây dựng như mô tả trên Hình H.4.

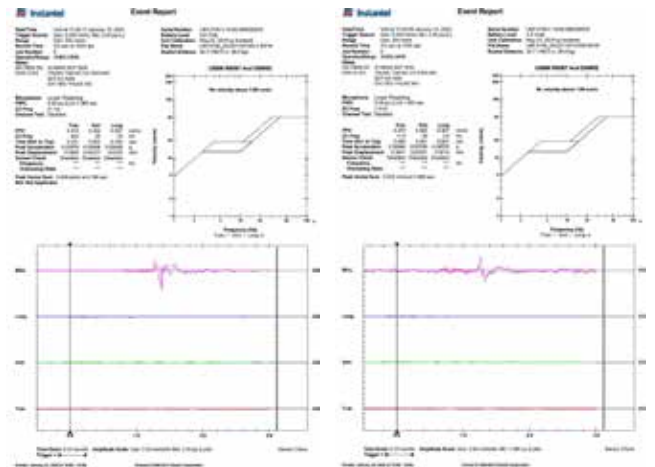


H.4. Quy trình phân tích và thuật toán xác định đỉnh sóng tương ứng thời điểm nổ

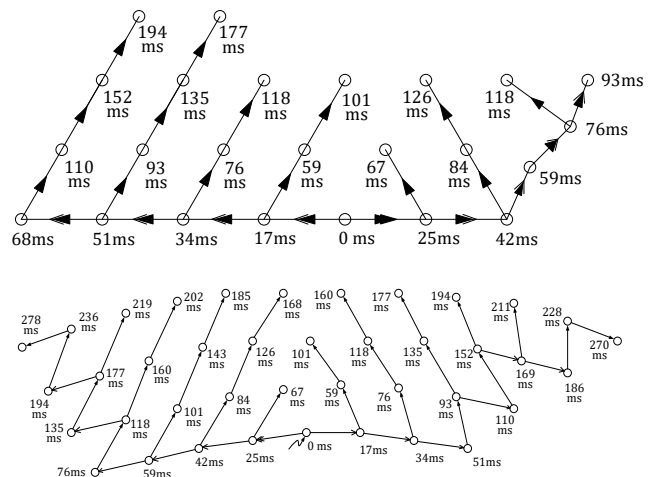
Trên cơ sở quy trình phân tích và dữ liệu thực nghiệm, bài báo giới thiệu kết quả phân tích 2 vụ nổ gọi là HS1 và HS2, được thực hiện trên phần mềm Matlab. Các thông số nổ, dữ liệu đo thực nghiệm, dạng sơ đồ vi sai được thể hiện tương ứng tại Bảng 2 và các Hình H.5 và H.6.

Bảng 2. Một số thông số của các vụ nổ mìn HS1 và HS2

STT	Loại thông số (đơn vị)	HS1	HS2
1	Tổng lượng thuốc nổ (kg)	1136	2040
2	Lượng thuốc nổ trong một lỗ khoan (kg/lỗ)	47,3	51
3	Tổng số lỗ khoan	24	40
4	Khoảng cách các hàng – các lỗ (m)	3,3 – 3,8	3,3 – 3,8
5	Các mức thời gian của kíp vi sai (μs)	17, 25, 42	17, 25, 42
6	Khoảng cách đo (m)	530	517
7	Thời gian ghi dữ liệu (s)	2	2

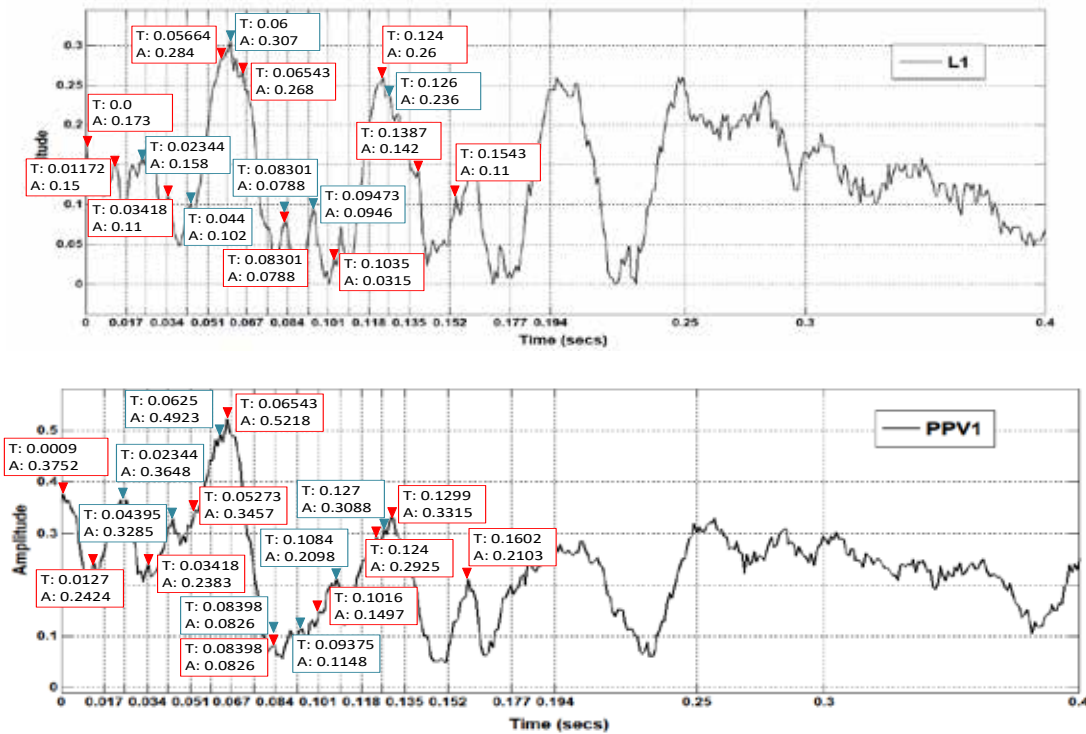


H.5. Kết quả đo thực nghiệm vụ nổ HS1 (trái) và HS2 (phải)

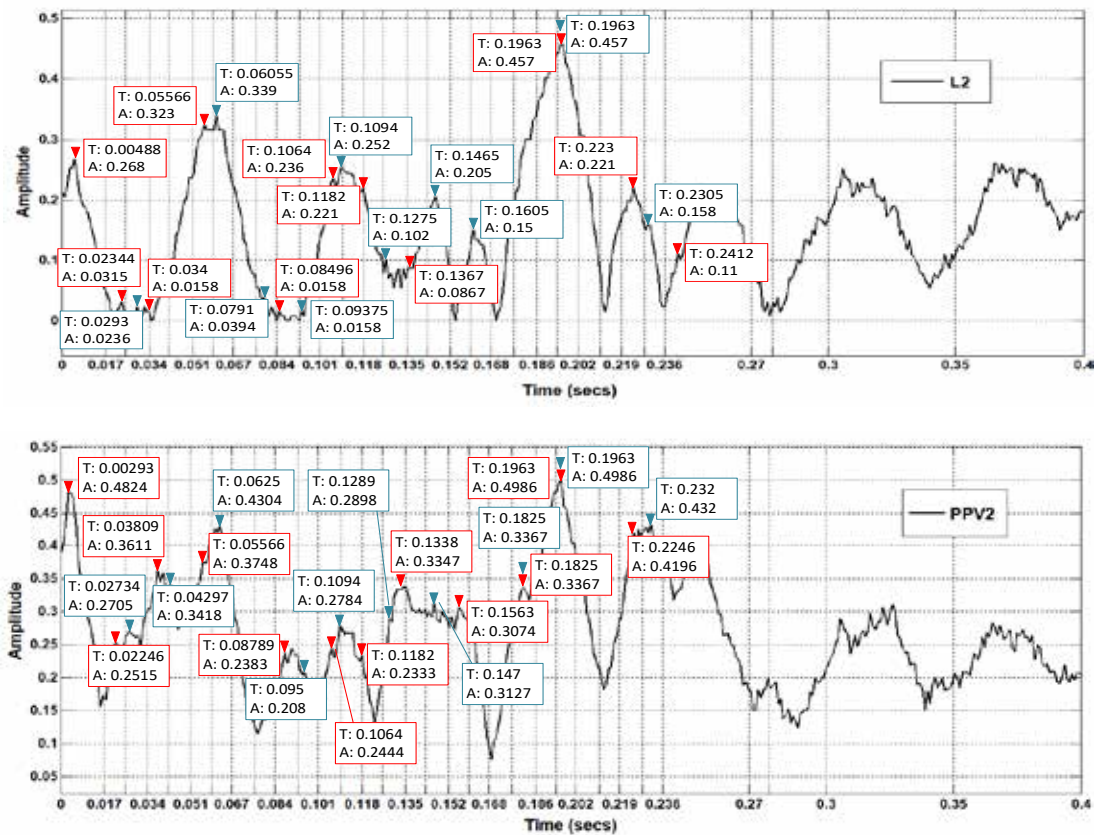


H.6. Sơ đồ vi sai sử dụng tại hai vụ nổ HS1 (trái) và HS2 (phải)

Các kết quả phân tích được thể hiện trên Hình 7, Hình 8 và thống kê trong Bảng 3.



H.7. Kết quả xác định nhóm các đỉnh sóng theo trục L và tổng hợp PPV của vụ nổ HS1



H.8. Kết quả xác định nhóm các đỉnh sóng theo trục L và tổng hợp PPV của vụ nổ HS2

Bảng 3. Tổng hợp kết quả phân tích (đơn vị tính: m/s)

Vụ nổ	HS1	HS2
Kết quả tính theo dữ liệu của trực L		
Khoảng dao động giá trị vận tốc lan truyền tính toán	590 - 3200	470 - 4300
Vận tốc trung bình khi phân tích theo nhóm 1 (màu đỏ)	1659	1511
Vận tốc trung bình khi phân tích theo nhóm 2 (màu xanh)	2171	2680
Vận tốc trung bình chung	1915	2096
Kết quả tính theo dữ liệu PPV		
Khoảng dao động giá trị vận tốc lan truyền tính toán	525 - 5500	440 - 5050
Vận tốc trung bình khi phân tích theo nhóm 1 (màu đỏ)	1547	1435
Vận tốc trung bình khi phân tích theo nhóm 2 (màu xanh)	2383	2637
Vận tốc trung bình chung	1965	2036

Vụ nổ HS1 có quy mô nhỏ hơn vụ nổ HS2, sơ đồ vi sai đơn giản hơn dù có cùng dạng. Kết quả tính toán và phân tích cho thấy khoảng giá trị dao động của HS1 nhỏ hơn HS2, điều đó hoàn toàn phù hợp với các kết quả thực nghiệm. Đó là bởi khi sơ đồ vi sai càng phức tạp, sự giao thoa, tác động lẫn nhau giữa các sóng ứng suất nổ và sóng chấn động càng phức tạp, các đỉnh sóng tương ứng với thời điểm nổ dễ bị đẩy lệch đi hoặc biến mất.

Kết quả trong Bảng 3 cho thấy giá trị vận tốc trung bình tìm được khi sử dụng dữ liệu theo trực L (sóng dọc), và dữ liệu tổng hợp (PPV) với cả 2 vụ nổ là tương đối giống nhau và phù hợp với dạng cấu trúc đá vôi [1]. Các kết quả tính theo dữ liệu PPV có dải biến thiên rộng hơn so với dữ liệu sóng dọc.

Quá trình phân tích cho thấy, với mỗi bộ dữ liệu sóng chấn động, nếu sử dụng các đỉnh sóng phía xa thời điểm đỉnh sóng đầu tiên, kết quả tính càng có độ sai lệch lớn. Các đỉnh sóng đầu tiên thường đầy đủ và tương ứng với thời điểm nổ. Trong số 3 thành phần của sóng chấn động (sóng dọc – P, sóng cắt – S, sóng Rayleigh – R) thì sóng P lan truyền nhanh nhất. Do đó, ở giai đoạn đầu này, sóng PPV thu được cơ bản chính là sóng P. Do vậy, nếu chỉ sử dụng các đỉnh sóng ở giai đoạn đầu, có thể lựa chọn sử dụng dữ liệu sóng P hay PPV là không có sự khác biệt.

4. KẾT LUẬN

➤ Vận tốc lan truyền sóng chấn động không phụ thuộc vào các thông số nổ mà chủ yếu phụ thuộc vào tính chất cơ lý và cấu trúc đá khu vực nổ mìn. Do đó, giá trị này chính là thông số mô tả một cách gián tiếp tính cơ lý của đá, đây là thông tin quan trọng trong kỹ thuật thiết kế và thực hiện các vụ nổ mìn khai thác trên mỏ lộ thiên. Khi dữ liệu được số hóa, việc phân tích sẽ trở nên dễ dàng hơn với sự hỗ trợ của máy tính và phần mềm;

➤ Thu thập dữ liệu chấn động và phân tích nhằm định hình vận tốc lan truyền sóng từ chính các vụ nổ đang được thực hiện, sau đó tổng hợp dữ liệu, phân tích loại bỏ sai số bằng các kỹ thuật lọc như Kalman, và kỹ thuật tối đa hóa kỳ vọng (Expectation Maximization – EM) [11] có thể xác định được một cách gián tiếp hiện trạng đá khu vực nổ. Trên cơ sở đó, có thể ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo để xây dựng mô hình quan hệ giữa một hoặc một vài thông số nổ (ví dụ thời gian vi sai) với vận tốc lan truyền sóng chấn động trong điều kiện các thông số còn lại không đổi. Mô hình sẽ là tiền đề cho việc điều khiển quá trình nổ nhằm đạt hiệu quả phá vỡ đồng thời giảm mức độ chấn động ra môi trường □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nghiêm Hữu Hạnh, (2001), Cơ học đá. Nhà Xuất bản Giáo dục.
2. Đào Hiếu, Đặng Văn Chí (2021), “Numerical Analysis of the Ground Vibration Isolation of Shock Wave Propagation under Blasting in Nui Beo mine, Quang Ninh”. Kỷ yếu “Hội nghị khoa học toàn quốc về cơ khí – điện – tự động hóa (MEAE)”. Nhà Xuất bản Giao thông vận tải, ISBN: 978-604-76-2482-9, 22/12/2021.
3. QCVN01:2019/BCT Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về an toàn trong bảo quản, vận chuyển, sử dụng và tiêu hủy vật liệu nổ công nghiệp, Hà Nội 2019.
4. Charles H. Dowding (1984). Blast vibration monitoring and control. Evanston, Illinois, USA. 280 pages.
5. Langefors U, Kihlstrom B, Westerberg H. (1958). Ground Vibrations in Blasting. Water Power, September, pages 335-38. October, pages 390-95, 424.
6. V V S Avinash Teja, S Venkata Chaitanya, Uday Akula, Pathipati Srihari, V R Sastry (2016). Blast vibration signal analysis using S-transform. IEEE International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) – 2016. Pages 4182-4186.
7. Harry R. Nicholls, Charles F. Johnson, Wilbur I. Duvall (1971). Blasting Vibrations and Their Effects on Structures, The U.S. Bureau of Mines 656, United States Department of the Interior, 105 pages.
8. C. E. Needham (2010). Blast Waves, Shock Wave and High Pressure Phenomena, ISBN 978-3-642-05287-3, DOI 10.1007/978-3-642-05288-0, Springer Heidelberg Dordrecht London New York.
9. Calvin J. Konya, Edward J. Walter (12-1991). Rock blasting and overbreak control. National Highway Institute, Publication No. FHWA-HI-92-001.
10. Sjoberg, J., Schill, M. Hilding, D., Yi, C., Nyberg, U., and Johansson, D. (2012). Computer Simulations of Blasting with Precise Initiation. Eurock, Stockholm, Sweden, 2012.
11. Simon Haykin (2001). Kalman filtering & neural networks. John Wiley & Sons, Inc. ISBNs: 0-471-36998-5 (Hardback); 0-471-22154-6 (Electronic).

**DETERMINATION THE PROPAGATION VELOCITY OF BLASTING SHOCK WAVE
AT HONG SON LIMESTONE QUARRIES BY NUMERICAL DATA ANALYSIS
ON MATLAB SOFTWARE**

Dao Hieu, Dang Van Chi

ABSTRACT

When performing mine blasts, physical-mechanical parameters of the rock in the blasting area are very important information. It directly affects the choice of solution and blast parameters. Apply numerical analysis methods of using a database of shock waves after each explosion to determine the propagation velocity of the shock wave can help to describe somewhat the image of the geological structure of the explosion area. This paper introduces the application of techniques to analyze shock wave data obtained from delay blasting at Hong Son limestone quarry, Kim Bang, Ha Nam. The analysis was performed using Matlab software with digitized data. The analytical results are described in detail in the paper.

Keywords: seismic wave, neural in blasting, Hong Son, digital data, Matlab.

Ngày nhận bài: 19/6/2022;

Ngày gửi phản biện: 20/6/2022;

Ngày nhận phản biện: 18/7/2022;

Ngày chấp nhận đăng: 25/7/2022.

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.