TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Journal of Hydro - Meteorology

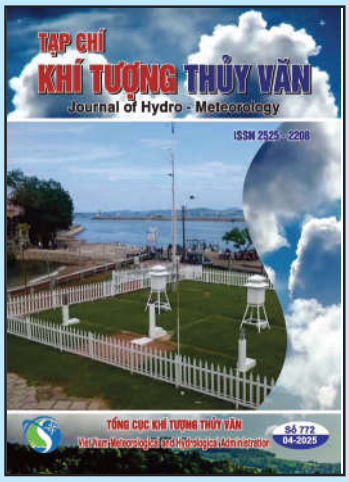
ISSN 2525 - 2208

TỔNG CỤC KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Viet Nam Meteorological and Hydrological Administration

Số 772

04-2025



Q. TỔNG BIÊN TẬP
PGS. TS. Đoàn Quang Trí

1. GS. TS. Trần Hồng Thái
2. GS. TS. Trần Thục
3. GS. TS. Mai Trọng Nhuận
4. GS. TS. Phan Văn Tân
5. GS. TS. Nguyễn Kỳ Phùng
6. GS. TS. Phan Đình Tuấn
7. GS. TS. Nguyễn Kim Lợi
8. PGS. TS. Nguyễn Văn Thắng
9. PGS. TS. Dương Văn Khảm
10. PGS. TS. Dương Hồng Sơn
11. TS. Hoàng Đức Cường
12. TS. Bạch Quang Dũng
13. PGS.TS. Đoàn Quang Trí
14. PGS. TS. Mai Văn Khiêm
15. PGS. TS. Nguyễn Bá Thủy
16. TS. Tống Ngọc Thanh
17. TS. Đinh Thái Hưng
18. TS. Võ Văn Hòa
19. TS. Nguyễn Đắc Đồng
20. GS. TS. Kazuo Saito
21. GS. TS. Jun Matsumoto
22. GS. TS. Jaecheol Nam
23. TS. Keunyong Song
24. TS. Lars Robert Hole
25. TS. Sooyoul Kim

Giấy phép xuất bản
Số: 225/GP-BTTTT - Bộ Thông tin Truyền thông cấp ngày 08/6/2015

Tòa soạn
Số 8 Pháo Đài Láng, Đống Đa, Hà Nội
Điện thoại: 024.39364963
Email: Tapchikttv@gmail.com

Chế bản và In tại:
Công ty Cổ Phần In và Thương Mại Hà Thành Thăng Long
ĐT: 0243.2022639

Ảnh bìa: Trạm Quan trắc Khí tượng bề mặt Phú Quốc

Giá bán: 40.000 đồng

TẠP CHÍ KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN
SỐ 772 - 4/2025

MỤC LỤC

Bài báo khoa học

1 **Nguyễn Văn Hướng, Vũ Văn Khương, Nguyễn Hoàng Minh, Phan Đăng Liêm, Nguyễn Văn Hải, Phan Thị Thùy Dương**: Nghiên cứu đặc điểm sinh học và phân bố ngư trường mực lá đại dương ở vùng biển Việt Nam

11 **Nguyễn Đình An, Đỗ Ngọc Hoàn, Trần Đình Bão**: Áp dụng phương pháp đánh giá đa tiêu chí xác định mức độ an toàn, vệ sinh lao động trong hoạt động nổ mìn cho các mỏ đá khu vực Nam Trung Bộ

24 **Đoàn Thu Hà, Nguyễn Trung Nam**: Đánh giá tác động ngập lụt và đề xuất giải pháp thích ứng cho các thành phố tỉnh Bình Dương - Giai đoạn 2030-2050

38 **Dương Bích Tuyền, Đỗ Xuân Hồng, Lê Trọng Diệu Hiền**: Nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám Sentinel-2 kết hợp hồi quy đa biến xác định diễn biến nồng độ tổng chất rắn lơ lửng sông Thị Tính, tỉnh Bình Dương

51 **Vũ Xuân Định**: Ứng dụng Google Earth Engine trong phát triển hệ thống giám sát biến động lớp phủ rừng Việt Nam

67 **Lê Văn Hưng, Trần Xuân Hiền, Vũ Anh Tuân, Lê Thị Thanh Quỳnh, Lê Phương Thúy, Vũ Thị Ngọc Mai, Nguyễn Thị Tuyết**: Đánh giá tác động của mưa trái mùa đến nguồn nước trên các sông chính ở Tây Nguyên

77 **Nguyễn Quang Minh, Nguyễn Văn Trung**: Đánh giá ảnh hưởng của gió đến thời gian tiếp cận khu vực cần tìm kiếm, cứu nạn trên biển, áp dụng thí điểm ở vịnh Bắc Bộ

88 **Phạm Thị Thúy, Lê Hải Trung**: Ảnh hưởng của sóng nước nông tới hiệu quả giảm sóng của rạn ngầm nhân tạo trên thềm đảo nổi xa bờ

TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Áp dụng phương pháp đánh giá đa tiêu chí xác định mức độ an toàn, vệ sinh lao động trong hoạt động nổ mìn cho các mỏ đá khu vực Nam Trung Bộ

Nguyễn Đình An[1,2], Đỗ Ngọc Hoàn[1,2], Trần Đình Bão[1,2]*

[1] Giảng viên, Khoa Mỏ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất; dongochoan@humg.edu.vn; nguyendinhan@humg.edu.vn; trandinhbao@humg.edu.vn

[2] Nhóm Nghiên cứu mạnh ISRM, Trường Đại học Mỏ - Địa chất; dongochoan@humg.edu.vn; nguyendinhan@humg.edu.vn; trandinhbao@humg.edu.vn

*Tác giả liên hệ: trandinhbao@humg.edu.vn; Tel.: +84–988196996

Ban biên tập nhận bài: 28/9/2024; Ngày phản biện xong: 19/11/2024; Ngày đăng bài: 25/4/2025

Tóm tắt: Trong hoạt động khai thác mỏ đá vật liệu xây dựng (VLXD), nổ mìn đóng vai trò quan trọng trong việc phá vỡ đất đá, hỗ trợ các công đoạn tiếp theo như xúc bốc và vận tải. Tuy nhiên, bên cạnh tác dụng tích cực, nổ mìn còn gây ra nhiều tác động tiêu cực đến môi trường như chấn động, sóng va đập không khí, đá văng, khí độc và bụi mịn. Những ảnh hưởng này dẫn đến nguy cơ cao về an toàn và vệ sinh lao động (ATVSLĐ) trong quá trình khai thác. Bài báo này trình bày một phương pháp đa tiêu chí nhằm xây dựng bộ tiêu chí đánh giá ATVSLĐ, kết hợp lý thuyết hàm cộng tuyến tính và phương pháp thứ bậc để tính toán chỉ số ATVSLĐ trong công tác nổ mìn tại các mỏ khai thác VLXD. Phương pháp này giúp nhận diện các mối nguy tiềm ẩn và dự báo mức độ ATVSLĐ, từ đó làm cơ sở đề xuất các biện pháp kỹ thuật cải thiện an toàn trong hoạt động nổ mìn. Nghiên cứu đặc biệt tập trung vào các mỏ đá VLXD ở khu vực Nam Trung Bộ, góp phần nâng cao hiệu quả và an toàn trong khai thác mỏ đá.

Từ khóa: Khai thác mỏ đá; Nổ mìn; An toàn vệ sinh lao động; Phương pháp đa tiêu chí; Hàm cộng tuyến tính; Phương pháp thứ bậc.

1. Mở đầu

Hiện nay, "chuẩn bị đất đá bằng phương pháp khoan - nổ mìn trong khai thác mỏ lộ thiên nói chung và khai thác đá VLXD nói riêng là phương pháp hiệu quả nhất về mặt kỹ thuật, kinh tế và giúp tối ưu hóa quá trình sản xuất" trên mỏ lộ thiên tiếp theo [1, 2]. Ngoài "tác dụng đập vỡ đất đá, nổ mìn cũng gây nhiều tác động có hại đến môi trường như sóng chấn động, sóng đập không khí, đá văng, khí độc và bụi" [2, 3].

Khi nổ mìn, năng lượng của chất nổ dùng để phá vỡ đất đá chỉ chiếm 10÷15%, phần năng lượng còn lại biến thành các dạng năng lượng vô ích như: Sóng chấn động: Ảnh hưởng tới các công trình cần bảo và đến sự ổn định của bờ mỏ; sóng va đập không khí: Gây ra tiếng ồn lớn và ảnh hưởng đến môi trường xung quanh; đá văng: ảnh hưởng tới người và thiết bị,… bụi và khí thải độc hại: Gây ô nhiễm môi trường không khí và ảnh hưởng đến sức khỏe của người lao động. Ngoài ra, trong quá trình thi công các thao tác kỹ thuật không chính xác hoặc thực hiện không đúng quy phạm ân toàn có thể gây ra các tai nạn thảm khốc, thảm khốc cho con người và cơ sở hạ tầng của doanh nghiệp [3, 5]. Vì vậy để giảm thiểu các tác động nguy hiểm và có hại của việc nổ mìn sinh ra việc lựa chọn phương pháp nổ mìn, phương tiện nổ và chất nổ, sơ đồ nổ đặc biệt là việc tính toán lựa chọn chính xác các thông số khoan - nổ phù

hợp với tính chất cơ lý của đất đá (độ kiên cố, nứt nẻ,…), điều kiện địa chất thủy văn, địa chất công trình trong khu vực là rất quan trọng.

Các cở sở khai thác mỏ hoặc các đơn vị chuyên môn về dịch vụ nổ mìn luôn tuân thủ các quy định của nhà nước về an toàn sử dụng VLNCN tại QCVN 01:2019/BCT của Bộ Công thương. Ngoài ra, các đơn vị sẽ có những quy định đặc thù để luôn đảm bảo an toàn trong việc bảo quản và sử dụng VLNCN. Đánh giá mức độ ATVSLĐ trong hoạt động nổ mìn được xác định bằng phương pháp đánh giá cho điểm theo quy trình nhận diện, đánh giá và kiểm soát rủi ro giúp dự báo sớm nguy cơ mất ATVSLĐ có thể xảy ra [6, 7]. Tuy có rất nhiều quy định và các nghiên cứu nhằm nâng cao hiệu quả công tác ATVSLĐ trong hoạt động nổ mìn nhưng trong các năm qua vẫn xảy ra những vụ tai nạn lao động (TNLĐ) đáng tiếc xảy ra có thể kể đến như: Vụ Tai nạn tại tại xưởng khai thác đá Chiến Nguyên, trên khu vực núi đá Mèo, làng Ngã Hón, xã Lộc Thịnh, huyện Ngọc Lặc, tỉnh Thanh Hóa vào ngày 30/3/2015 làm 2 người chết và 1 người bị thương nặng; Vụ tai nạn do nổ mìn mất kiểm soát làm 1 người tử vong và một người bị thương nặng xảy ra vào ngày 26/02/2022 tại mỏ than Núi Béo, tỉnh Quảng Ninh; mới đây ngày 15/3/2024 vụ nổ mìn tạo sóng chấn động làm nhiều tảng đá mồ côi khoảng 4 tấn lăn xuống sập nhà dân xảy ra tại Nam Giang, tỉnh Quảng Nam [4, 6, 8] ... Mặc dù đã có rất nhiều các quy định và sự cải tiến tích cực của của khoa học kỹ thuật hiện đại trong công tác khoan nổ mìn, nhưng tình trạng mất ATVSLĐ vẫn đang diễn ra [1]. Cần có những nghiên cứu để dự báo chính xác hơn về các ảnh hưởng mà công tác nổ mìn có thể gây ra đối với tính mạng, sức khỏe của NLĐ.

Trên thế giới, Phương pháp đánh giá đa tiêu chí và phân tích thứ bậc AHP đã được Saaty phát triển từ những năm 80 của thế kỷ trước [9–11]. Đây là phương pháp hỗ trợ nhằm xem xét đồng thời các yếu tố tự nhiên, kinh tế, cơ sở hạ tầng, chính sách pháp luật và tranh thủ tri thức của nhiều chuyên gia trong các lĩnh vực có liên quan để xác định trọng số nhằm đưa ra quyết định chính xác. Phương pháp này được phát triển để áp dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau của đời sống như: đã ứng dụng của AHP trong các nghiên cứu của mình nhằm giải quyết nhiều vấn đề trong y học và chăm sóc sức khỏe [12, 13]. Nghiên cứu [14, 15] đưa ra nhiều ứng dụng của AHP trong các lĩnh vực khác nhau như: kinh tế, chính trị, xã hội, giáo dục, quân sự, ngân hàng, lựa chọn phương án kỹ thuật, ... các nghiên cứu về quản lý chất lượng sản phẩm. Bên cạnh đó, một nghiên cứu đã trình bày các ứng dụng của AHP khi kết hợp với các phương pháp như: phân tích SWOT, QFD, meta-heuristics, và DEA [16, 17] phương pháp điểm lý tưởng (TOPSIS) [18], … hoặc kết hợp nhiều phương pháp phân tích khác nhau để giải quyết các bài toán lựa chọn phương án thực tế [19, 20].

Phương pháp phân tích đa tiêu chí (*MCA - Multi-Criteria Decision Making*) được ứng dụng ở khá nhiều lĩnh vực nghiên cứu khác nhau ở Việt Nam như: lựa chọn phương án phát triển kinh tế [21, 22], bảo vệ môi trường [8, 23], trắc địa bản đồ [24, 25], logistics [26, 27],…Trong việc ứng dụng của MCA và phân tích thứ bậc đối với việc nghiên cứu đánh giá rủi ro như xói lở bờ sông [28, 29], cấp độ rủi ro do bão. Tuy nhiên, áp dụng đánh giá đa tiêu chí trong lĩnh vực ATVSLĐ do hoạt động nổ mìn còn chưa được quan tâm nghiên cứu nhiều.

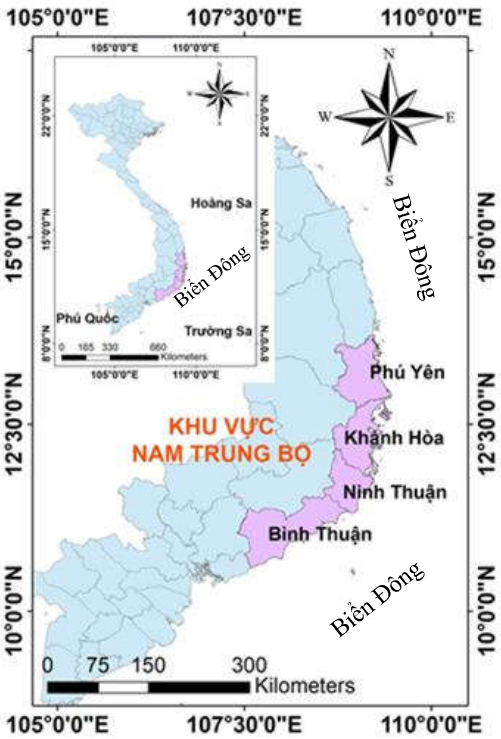
Trên cơ sở hiện trạng sử dụng vật liệu nổ công nghiệp tại 55 doanh nghiệp khai thác đá xây dựng khu vực Nam Trung Bộ, tiến hành phân loại về quy mô, trang thiết bị sử dụng, áp dụng MCA xây dựng bộ tiêu chí và gán điểm tiêu chí cũng như xác định tầm quan trọng của tiêu chí bằng cách sử dụng kỹ thuật tiến trình phân cấp thứ bậc (AHP), thông qua phương pháp phân tích đa tiêu chí xác định mức độ ATVSLĐ cho từng hoạt động khi thực hiện công tác nổ mìn.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực Nam Trung Bộ là một vùng địa lý nằm ở miền Trung Việt Nam, kéo dài từ đồng bằng ven biển tới các vùng núi và bán đảo, bao gồm các tỉnh Phú Yên, Khánh Hòa,

Ninh Thuận và Bình Thuận (Hình 1). Diện tích khu vực khoảng 21,5 nghìn km^2 và dân số khoảng 3,8 triệu người, khu vực Nam Trung Bộ là một trong những vùng phát triển quan trọng của Việt Nam. Đây là khu vực có tiềm năng tương đối lớn về khai thác đá khối và đá VLXD cho khu vực và cả nước góp phần cung ứng nguồn nguyên vật liệu cho xây dựng và góp phần tích cực trong phát triển kinh tế địa phương.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu các tỉnh Nam Trung Bộ.

Khu vực Nam Trung Bộ hiện có 55 mỏ đá VLXD đang hoạt động khai thác với công suất nhỏ và trung bình là chủ yếu. Trong đó, Khánh hòa có 21 mỏ đang hoạt động, Phú Yên là 15 mỏ, Ninh Thuận 11 mỏ và Bình Thuận là 8 mỏ. Các mỏ có công suất khai thác dao động từ 200÷400 nghìn m^3/năm chiếm tỷ lệ không nhiều, đa phần là các mỏ khai thác VLXD thông thường có công suất vừa và nhỏ phục vụ cho nhu cầu tại địa phương. Một số ít các mỏ đá VLXD phục vụ làm đường giao thông và làm nguyên liệu cho các nhà máy xi măng công suất nhỏ, với công suất khoảng 120 nghìn m^3/năm và các mỏ có công suất nhỏ dưới 100 nghìn m^3/năm (chiếm tỷ lệ tới 60% tổng số các mỏ đang khai thác). Các mỏ đá này thường có vốn đầu tư hạn chế nên hoạt động khai thác nhỏ lẻ, manh mún, mang tính chất gia đình, không bài bản, công nghệ khai thác lạc hậu.

2.2. Hiện trạng hoạt động nổ mìn trên các mỏ khai thác đá VLXD

Hiện nay, các mỏ đang sử dụng phương pháp nổ mìn vi sai, phương tiện nổ là kíp phi điện, kíp điện vi sai, dây nổ. Thuốc nổ sử dụng là thuốc nổ ANFO, AD-1 ở những lỗ khoan khô, đối với lỗ khoan có nước sử dụng thuốc nổ nhũ tương. Khối lượng thuốc nổ sử dụng tại các mỏ được trình bày ở bảng 1 trình và phương tiện nổ sử dụng thể hiện trên Hình 2.

Hình 2. Phương tiện nổ sử dụng: (a) Kíp vi sai phi điện trên mặt và xuống lỗ; (b) Kíp điện visai; (c) Kíp điện K8; (d) Mồi nổ MN-31-175g.

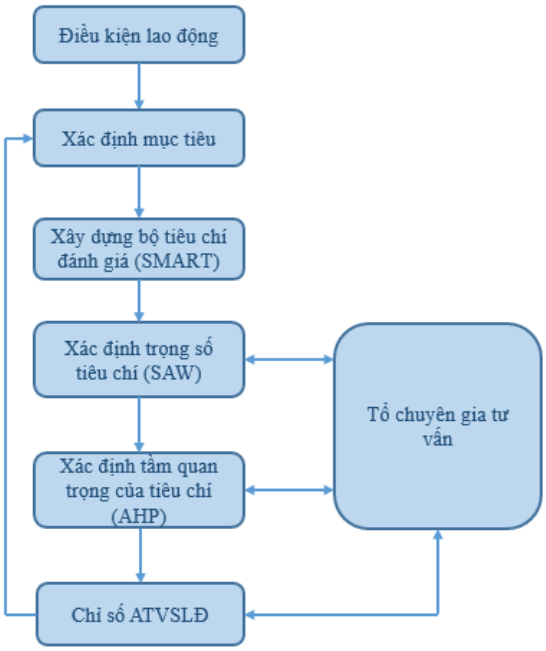
Bảng 1. Vật liệu nổ công nghiệp sử dụng tại các mỏ đá VLXD khu vực Nam Trung Bộ năm 2022 ÷ 2023 [33].

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Năm	
			2022	2023
I	Sản lượng thực hiện	m^3		
1	Khối lượng đất đá nổ mìn lần 1	m^3	3.503.471	4.798.412
2	Khối lượng đất đá nổ mìn lần 2	m^3	69.667	247.260
3	Độ cứng	f	9 - 11	9 - 11
4	Chỉ tiêu thuốc nổ	kg/m^3	0,38	0,41
5	Tổng số thuốc nổ quy đổi anfo	kg	1.328.312	1.984.077
6	Tỷ lệ thuốc nổ chịu nước	%	36,67	48,3
7	Quy mô bãi nổ bình quân	m^3/bãi	1.825	3.404
II	Thuốc nổ sử dụng	kg	1.332.594	1.990.427
II-1	Thuốc nổ do MICCO sản xuất	kg	614.878	1.162.530
1	Thuốc nổ Anfo rời	kg	41.450	95.225
2	Thuốc nổ Anfo bao gói	"	573.428	788.594
3	Thuốc nổ NT rời 08 - NTR08-D80			33.402
4	Thuốc nổ NT lò đá 2	"	3 470	245.309
II-2	Thuốc nổ do Quốc phòng sản xuất	kg	717.716	827.897
1	Thuốc nổ AD1	"	229.040	71.817
2	Thuốc nổ Nhũ tương	"	488.676	756080
III	Phụ kiện nổ sử dụng			
	Kíp các loại		189.220	272.891
1	Kíp nổ điện	cái	8.379	23.613
2	Kíp nổ vi sai điện	"	95.121	109.741
3	Kíp vi sai phi điện KVP-8N-TM	"	29.570	54.017
4	Kíp vi sai phi điện KVP-8N-XL	"	56.079	85.420
5	Dây điện mìn	m	503.500	676.500
6	Mồi nổ	quả	46.274	60.672

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp đánh giá đa tiêu chí

Phương pháp đánh giá đa tiêu chí (*Multicriteria Analysis - MCA*) là công cụ đánh giá mức độ quan trọng của từng tiêu chí liêu quan và phản ánh mức độ đó trong việc đưa ra quyết định cuối cùng [30, 31]. Phương pháp MCA được áp dụng phổ biến khi sử dụng kết hợp các phương pháp như: phương pháp kết hợp mục tiêu (SMART), phương pháp phân tích tiêu chí sử dụng hàm cộng tuyến không đơn vị (SAW) và phương pháp phân tích thứ bậc AHP. Quy trình thực hiện phân tích MCA thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Quy trình thực hiện phân tích đa tiêu chí.

Trong quy trình thực hiện phương pháp MCA xuất phát từ điều kiện thực tế xác định mục tiêu chung và các mục tiêu cụ thể của công tác ATVSLĐ trong hoạt động nổ mìn tại các mỏ khai thác đá VLXD công suất vừa và nhỏ. Từ các mục tiêu cụ thể xác định áp dụng phương pháp SMART để xây dựng bộ tiêu chí đánh giá, tiếp đó dựa vào thực tiễn tiến hành đánh giá mức độ đáp ứng các mục tiêu của từng tiêu chí tiến hành đánh giá điểm tiêu chí. Đánh giá mức độ quan trọng của các tiêu chí trong bộ tiêu chí bằng phương pháp phân tích thứ bậc, xác định trọng số tiêu chí. Tích hợp hai giá trị điểm tiêu chí và trọng số tiêu chí bằng phép nhân ma trận và cộng tuyến không đơn vị.

Các đánh giá được thực hiện bằng phương pháp chuyên gia trên cơ sở định lượng không đơn vị. Khi kết quả không đạt giá trị về chỉ số nhất quán thì thực hiện đánh giá lại theo quy trình đến khi đưa ra kết quả chuẩn xác.

2.3.2. Phương pháp SMART

SMART là thuật ngữ viết tắt của các từ viết hoa: Cụ thể (Specific), có thể được đo lường (Measurable), Có tính khả thi (Achievable), có tính phù hợp (Relevant), và xác định thời gian (Time-bound). Tên của phương pháp đã thể hiện cách thức tiếp cận trong việc đặt mục tiêu và đánh giá mục tiêu. Thông qua phương pháp này giúp chúng ta xây dựng được bộ tiêu chí liên quan trực tiếp đến các mục tiêu về ATVSLĐ và xác định được các mức độ rủi ro của các hoạt động nổ mìn trên các mỏ khai thác đá [6, 32].

Dựa vào mục tiêu xác định mức độ ATVSLĐ công tác nổ mìn trên các mỏ khai thác đá VLXD là môi trường làm việc được loại bỏ các yếu tố nguy hiểm có hại đối với NLĐ. Điều này nghĩa là phải xác định các vùng nguy hiểm như ngã cao, đổ sập, rủi ro khi khoan và thi công bãi nổ, bụi đá và tiếng ồn cao, nguy cơ cháy nổ,…. Sau khi các công đoạn được xác định mức độ an toàn một cách chi tiết sẽ giúp xác định các biện pháp phòng ngừa và bảo vệ phù hợp như sử dụng bảo hộ cá nhân (BHCN), đảm bảo điều kiện vi khí hậu và trang bị giảm tiếng ồn; bao gồm cả việc thúc đẩy ý thức và tư duy an toàn của tất cả nhân viên tham gia quá trình làm việc. Điều này cũng cần phải thực hiện công tác đào tạo và huấn luyện định kỳ về thợ mìn, chỉ huy nổ mìn, ATVSLĐ, kỹ năng sử dụng thiết bị và máy móc và quy trình làm việc an toàn.

Các dự án khác nhau có thể xác định một quy mô công suất, trình tự và công nghệ khai thác, phương tiện vật liệu nổ, trình độ quản lý - thi công, kỹ năng lao động khác nhau. Do đó các mức độ rủi ro ATVSLĐ tại các mỏ cũng không giống nhau ở nhiều khía cạnh, công việc, nhưng mục đích chung nhất là cần phải đảm bảo an toàn tính mạng, sức khỏe nghề nghiệp cho người lao động cũng như cơ sở vật chất của doanh nghiệp. Theo đó, nghiên cứu đề xuất các tiêu chí đánh giá mức độ ATVSLĐ bao gồm 20 tiêu chí khác nhau dùng để xác định chỉ số ATVSLĐ và được tóm tắt ở Bảng 2. Trong đó: i) Nhóm tiêu chí đánh giá mức độ phù hợp về công nghệ - 7 tiêu chí; ii) Nhóm tiêu chí đánh giá mức độ phù hợp về nguồn nhân lực - 2 tiêu chí; iii) Nhóm tiêu chí đánh giá về hệ thống quản lý ATVSLĐ - 5 tiêu chí; iv) Nhóm tiêu chí đánh giá về môi trường-PCCC và PCTT - 4 tiêu chí; v) Nhóm tiêu chí đánh giá mức độ phù hợp về quản trị và nguồn lực - 2 tiêu chí.

Bảng 2. Bộ tiêu chí đánh giá mức độ ATVSLĐ trong công tác nổ mìn.

Nhóm tiêu chí		Tiêu chí cụ thể	
I	Công nghệ	T1	Hệ thống khai thác
		T2	Bảo quản VLNCN
		T3	Vận chuyển VLNCN
		T4	Khoan lỗ mìn
		T5	Nổ mìn
		T6	Kiểm tra, giám sát
		T7	Ứng dụng công nghệ số và tự động hóa
II	Nhóm tiêu chí nhân lực	T8	Đội ngũ quản lý
		T9	Người lao động
III	Nhóm tiêu chí Hệ thống quản lý ATVSLĐ	T10	Hệ thống quản lý ATVSLĐ
		T11	Tuyên truyền, giáo dục, khen thưởng, kỷ luật
		T12	Đánh giá rủi ro
		T13	Chăm sóc sức khỏe người lao động
		T14	Quy trình, nội quy và tự kiểm tra ATVSLĐ
IV	Nhóm tiêu chí Môi trường – PCCC và PCTT	T15	Vi khí hậu
		T16	Phòng cháy chữa cháy (PCCC)
		T17	Phòng chống thiên tai (PCTT)
		T18	An ninh trật tự
V	Nhóm tiêu chí quản trị và nguồn lực	T19	Tuân thủ các quy định pháp luật
		T20	Tối đa hóa nguồn lực

2.3.3. Phương pháp SAW (*Simple Additive Weighting*)

Phương pháp phân tích "sử dụng hàm cộng tuyến tính không đơn vị để xác định giá trị của mỗi phương án dưới dạng Value Theory (VT). Phương pháp này dựa trên lý thuyết giá trị đa thuộc tính và sự độc lập của các thuộc tính" [30].

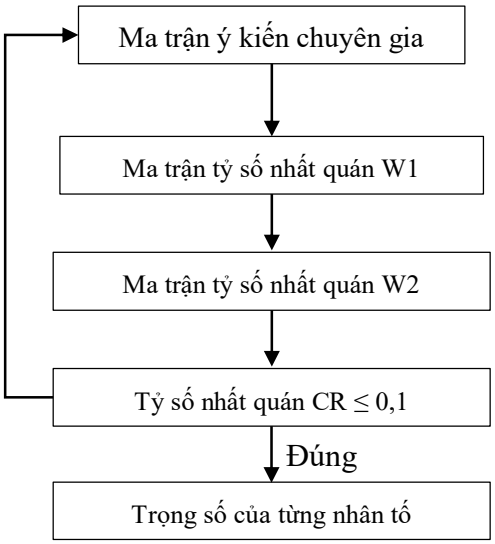
Sử dụng phương pháp định lượng và bán định lượng để đánh giá mức độ ATVSLĐ bằng cách gán điểm cho tiêu chí: với từng tiêu chí được xây dựng thực hiện so sánh tương đối tính chất tác động tương ứng với thang điểm xác định theo thang đánh giá 5 bậc (Bảng 3), số điểm được cho tăng dần theo các yếu tố ATVSLĐ có thể đáp ứng cho từng tiêu chí; Các chuyên gia thực hiện đánh giá điểm và điểm đánh giá được tối ưu bằng tiến trình phân tích thứ bậc đối với các tiêu chí rõ ràng hoặc phương pháp phân tích thứ bậc mờ để xử lý các tiêu chí không rõ ràng làm cơ sở xác định mức độ rủi ro cho từng công việc khi tổ chức công tác nổ mìn trên các mỏ đá VLXD.

Bảng 3. Thang điểm các tiêu chí đánh giá ATVSLĐ.

Điểm đánh giá				
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Có nguy cơ mất ATVSLĐ rất cao	Có nguy cơ mất ATVSLĐ cao	Có nguy cơ mất ATVSLĐ trung bình	Có nguy cơ mất ATVSLĐ thấp	Đảm bảo ATVSLĐ

2.3.4. Phương pháp phân tích thứ bậc AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

Phương pháp này nhằm mục đích xác định mức độ quan trọng của mỗi tiêu chí trong bộ tiêu chí đánh giá, giúp xác định giá trị trọng số trọng việc đưa ra quyết định hoặc đánh giá mức độ khi phải đối mặt với hàng loạt các tiêu chí không có thang đánh giá đo lường chung [31, 32]. Để đánh giá mức độ ATVSLĐ trong quá trình nổ mìn thì cần đánh giá ở nhiều phương diện, nhiều công tác, các điều kiện tự nhiên, con người, tổ chức sản xuất khác nhau. Mặt khác mỗi khâu nhỏ cũng bao hàm nhiều yếu tố nhỏ hơn cấu thành lên có cái ảnh hưởng trực tiếp, cái ảnh hưởng gián tiếp, cái xảy ra nhanh, có cái diễn biễn từ từ do vậy cần thiết phải phân cấp thứ bậc. Bằng cách xác định một thứ tự sắp xếp của các tiêu chí theo mức độ tăng hoặc giảm dần, thể cho phép người quản lý xác định mức độ ưu tiên tương đối giữa các tiêu chí. Kết quả cuối cùng được biểu diễn dưới dạng một ma trận so sánh, thể hiện mối quan hệ giữa các tiêu chí với nhau. Sau đó, số liệu về độ ưu tiên được tổng hợp để có trị số chung của mức độ ưu tiên, đòi hỏi tổng hợp số liệu duy nhất về độ ưu tiên. Sử dụng phương pháp xác định chuẩn hóa vector W (vector trọng số) để hoàn thiện quy trình. Cuối cùng, tính nhất quán của các so sánh cặp được kiểm tra, nếu đánh giá không đảm bảo tính nhất quán thì thực hiện đánh giá lại từ đầu. Sơ đồ thuật giải thiết lập thứ bậc thể hiện trên Hình 4.



Hình 4. Sơ đồ thuật giải thiết lập thứ bậc.

2.3.5. Phương pháp chuyên gia

Theo nghiên cứu này thì các công tác xác định điểm tiêu chí bằng phương pháp SAW và xác định mức độ ưu tiên của tiêu chí theo phương pháp phân tích thứ bậc đều được đánh giá thông qua phương pháp đánh giá định lượng và bán định lượng. Theo đó dựa vào bảng tiêu chí được xây dựng và bảng thang điểm được giới thiệu từ trước tiến hành cho điểm từ các

chuyên gia để xác định mức độ rủi ro ATVSLĐ cho các mỏ. Các chuyên gia thực hiện đánh giá là các nhà khoa học có chuyên môn trong lĩnh vực khoan nổ mìn, các nhà quản lý về ATVSLĐ, các cán bộ kỹ thuật, chỉ huy nổ mìn,… Số lượng đánh giá càng nhiều mức độ chính xác càng cao tuy nhiên các đánh giá phải đảm bảo tính nhất quán.

2.3.6. Xử lý số liệu

Sau khi thực hiện thu thập kết quả đánh giá từ các chuyên gia thực hiện xử lý số liệu trên phần mềm Microsoft Excel để xử lý kết quả trên ma trận đánh giá. Các bước thực hiện bao gồm: tính tổng điểm tiêu chí; xác định trọng số trung bình theo từng hàng; giá trị riêng lớn nhất của ma trận so sánh; tỷ số nhất quán CR (*Consistency Rate*); tính vector nhất quán (*Consistency vector*). Khi Kết quả đánh giá đảm bảo tính nhất quán thì xác định chỉ số ATVSLĐ bằng cách tích hợp điểm đánh giá tiêu chí với mức độ quan trọng của tiêu chí đánh giá, từ đó phân loại và kết luận.

3. Kết quả và thảo luận

Dựa vào bảng tổng hợp các chỉ tiêu đánh giá mức độ ATVSLĐ trong hoạt động khoan - nổ mìn. Áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc AHP để xác định trọng số cho từng tiêu chí. Chỉ số an toàn tính cho từng mỏ dựa trên kết quả phân tích, tích toàn bằng kỹ thuật phân tích thứ bậc AHP. Giá trị cốt lõi của tiêu chí và mức độ đáp ứng được thể hiện qua các điểm số và đây là yếu tố quan trọng quyết định đến giá trị chỉ số ATVSLĐ cho các mỏ khai thác đá VLXD. Tỷ số nhất quán của đánh giá được xác định để cho thấy, kết quả đánh giá cho điểm của chuyên gia là phù hợp với yêu cầu của kỹ thuật phân tích thứ bậc AHP hay không (CR ≤ 10% đối với ma trận có kích thước lớn hơn 20 × 20 và CR ≤ 9% đối với ma trận kích thước 20 × 20). Kết quả tính toán cho điểm sau khi được xử lý số liệu thể hiện trên ma trận tiêu chí. Thực hiện phép nhân ma trận giữa giá trị trọng số của phương án theo 20 tiêu chí (T1 ÷ T20, ma trận kích thước n × 20) và giá trị trọng số (ma trận kích thước 20 × 1). Kết quả xác định trọng số tiêu chí thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Giá trị trọng số của tiêu chí.

Tiêu chí	Giá trị riêng	Tổng giá trị riêng	Vector nhất quán	Trọng số
T1	0,059	1,259	21,315	0,146
T2	0,058	1,250	21,598	0,041
T3	0,058	1,250	21,598	0,124
T4	0,103	2,238	21,630	0,032
T5	0,156	3,369	21,629	0,029
T6	0,065	1,362	20,889	0,032
T7	0,015	0,313	21,016	0,032
T8	0,027	0,549	20,657	0,076
T9	0,072	1,521	21,110	0,076
T10	0,045	0,954	20,959	0,013
T11	0,015	0,306	20,860	0,146
T12	0,024	0,496	20,827	0,014
T13	0,014	0,286	20,898	0,014
T14	0,039	0,821	20,969	0,032
T15	0,024	0,513	21,453	0,032
T16	0,043	0,911	21,219	0,030
T17	0,039	0,825	21,057	0,014
T18	0,031	0,652	20,895	0,007
T19	0,091	1,958	21,630	0,034
T20	0,023	0,488	21,311	0,078

- Giá trị riêng lớn nhất của ma trận 20×20 khi thực hiện so sánh:

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^{21} \lambda_i}{21} = 21,176 \quad (1)$$

- Chỉ số nhất quán CI:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} = 0,06189 \quad (2)$$

- Tỷ số nhất quán CR được xác định:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,06189}{1,59} = 0,0389 = 3,89\% < 9\% \quad (3)$$

Đảm bảo tính nhất quán, như vậy kết quả tính toán là phù hợp. Giá trị trọng số được xác định theo Bảng 5.

Bảng 5. Phân nhóm tiêu chí.

Nhóm	Tiêu chí	Trọng số (β)
I (trọng số >0,08)	Công tác thi công nổ mìn (T5) Công tác khoan lỗ mìn (T4) Tuân thủ các quy định pháp luật (T19) Người lao động (T9)	4
II (Trọng số từ 0,05-0,08)	Kiểm tra, giám sát trước trong và sau khi nổ mìn (T6) Hệ thống khai thác an toàn theo quy chuẩn (T1) Vận chuyển VLNCN (T3) Bảo quản VLNCN (T2) Hệ thống quản lý ATVSLĐ (T10) Công tác PCCC (T16) Công tác PCTT (T17)	3
III (trọng số từ 0,02-0,05)	Ban hành hệ thống quy trình, nội quy ATVSLĐ (T14) Bảo đảm an ninh trật tự (T18) Người quản lý, giám đốc điều hành (T8) Môi trường lao động (T15) Thực hiện đánh giá rủi ro các nguy cơ mất ATVSLĐ trong công tác khoan nổ mìn (T12) Tối đa hóa nguồn lực (T20)	2
IV (trọng số <0,02)	Ứng dụng công nghệ số và mức độ hiện đại của thiết bị (T7) Tuyên truyền, giáo dục, khen thưởng, kỷ luật (T11) Chăm sóc sức khỏe người lao động (T13)	1

Ghi chú: I- Nhóm các tiêu chí "rất quan trọng", là các tiêu chí không thể thiếu đối với công tác ATVSLĐ; II- Nhóm các tiêu chí có tầm ảnh hưởng trực tiếp tới mức độ ATVSLĐ; III - Nhóm các tiêu chí có tầm ảnh hưởng gián tiếp tới mức độ ATVSLĐ; IV- Nhóm các tiêu chí ít có tầm ảnh hưởng đến mức độ ATVSLĐ.

Để xác định chỉ số an toàn của hoạt động khai thác đá VLXD trên địa bàn khu vực Nam Trung Bộ sử dụng phương pháp dùng chỉ tiêu tổng hợp không đơn vị đo. Theo phương pháp này cho phép gộp tất cả các chỉ tiêu có đơn vị đo khác nhau (quy trình, thi công, người lao động, quản lý, ...) vào một ma trận tiêu chí tổng hợp và xác định thứ tự ưu tiên. Quy trình xác định chỉ số an toàn trong hoạt động nổ mìn tại các mỏ khai thác đá VLXD trên địa bàn các tỉnh Duyên hải Nam Trung bộ được đề xuất theo sơ đồ hình 5. Chỉ số ATVSLĐ trong hoạt động khoan - nổ mìn "I_a" là tổng các giá trị thể hiện trong kết quả của phép nhân ma trận giữa giá trị trọng số của phương án theo 20 tiêu chí (T1 ÷ T20, ma trận kích thước n × 20) và giá trị trọng số (ma trận kích thước 20 × 1):

$$I_a = \sum_{i=1}^{20} T_i \times \beta_i \quad (4)$$

Trong đó T_i là điểm đánh giá mức độ ATVSLĐ của tiêu chí thứ "i" có trọng số tương ứng là β_i.

Dựa theo giá trị chỉ số ATVSLĐ trong hoạt động khoan - nổ mìn "I_a" thực hiện phân loại mức độ ATVSLĐ trong hoạt động khoan nổ mìn thành 5 nhóm như sau:

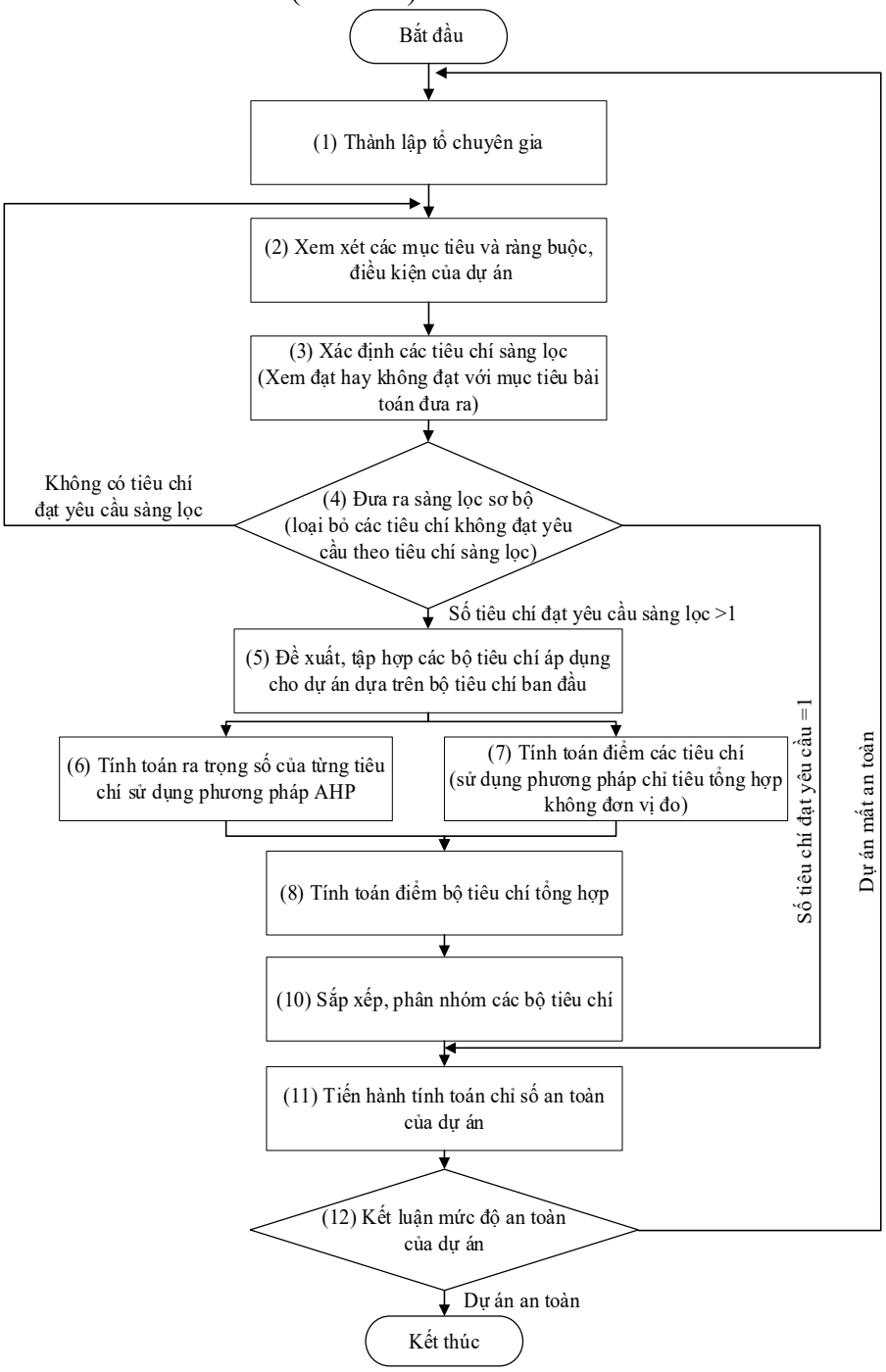
+ Nhóm I (N1): Nguy cơ mất an toàn rất cao, không chấp nhận được ($I_a < 60$);

+ Nhóm II (N2): Nguy cơ mất an toàn cao, cần phải khắc phục ngay ($I_a = 61 \div 120$);

+ Nhóm III (N3): Nguy cơ mất an toàn trung bình, cần phải theo dõi thường xuyên ($I_a = 121 \div 150$);

+ Nhóm IV (N4): Nguy cơ mất an toàn thấp, cần phải theo dõi ($I_a = 151 \div 180$);

+ Nhóm V: Bảo đảm an toàn (I5 > 180).



Hình 5. Quy trình xác định chỉ số an toàn trong hoạt động khoan nổ mìn tại các mỏ đá VLXD khu vực Nam Trung Bộ.

Qua khảo sát điều kiện thực tế của các mỏ khai thác đá VLXD khu vực Nam Trung Bộ, tiến hành cho điểm đánh giá với 24 mỏ và xử lý số liệu đưa ra kết quả tham khảo thể hiện trong Bảng 6. Các giá trị mức độ an toàn theo từng nhóm phân loại ở trên N_j tương ứng với tổng giá trị chỉ số ATVSLĐ (I_a) của các tiêu chí có trọng số tiêu chí là β_j, (với giá trị j =

1,2,3,4 thể hiện trong bảng 5). Theo kết quả thì 8 mỏ có nguy cơ mất ATVSLĐ thấp, 16 mỏ có nguy cơ mất ATVSLĐ trung bình. Cần có các biện pháp hiệu quả để giảm thiểu các nguy cơ mất ATVSLĐ trong hoạt động khoan nổ mìn tại các mỏ này.

Bảng 6. Chỉ số ATVSLĐ tính cho các nhóm trọng số tiêu chí.

Tỉnh	TT	Mỏ	N_1	N_2	N_3	N_4	I_a
Phú Yên	1	Hòa Mỹ	32	39	60	8	139
	2	Phú Thạnh	32	36	46	7	121
	3	Dốc Súc	44	42	60	7	153
	4	Suối Biểu	44	48	48	8	148
	5	Suối Cối	40	45	58	11	154
Khánh Hòa	6	Tân Lập	32	39	52	11	140
	7	Á Châu	36	39	60	10	145
	8	Thiên Phú Phát	36	42	50	9	137
	9	Hòn Thị	32	45	52	11	140
	10	Hồ Hành	48	45	46	11	150
	11	Thanh Danh	40	45	58	10	153
Ninh Thuận	12	Hòn Hèo	28	48	52	10	138
	13	Hòn Giải	32	48	58	7	145
	14	Cô Lô	36	42	48	7	133
	15	Cô Lô 2	40	33	48	5	126
	16	Tà Liên	44	45	52	9	150
	17	Núi Giăng	36	51	54	5	146
Bình Thuận	18	Lạc Tiến	32	42	48	7	129
	19	Núi Tào	36	51	54	9	150
	20	Núi Dây	40	57	50	7	154
	21	Tazon 2	48	51	56	9	164
	22	Bắc Tazon	44	45	44	10	143
	23	Chóp Vung	44	45	48	8	145
	24	Tazon 5	32	36	46	8	122

Thảo luận: Qua khảo sát điều kiện thực tế của các mỏ khai thác đá VLXD khu vực Nam Trung Bộ, tiến hành cho điểm đánh giá với 24 mỏ và xử lý số liệu đưa ra kết quả tham khảo thể hiện như sau: có 1 mỏ có nguy cơ mấy an toàn cao cần phải khắc phục ngay, 16 mỏ có nguy cơ mất an toàn trung bình cần phải theo dõi và kiểm tra quy trình ATVSLĐ thường xuyên, 8 mỏ có nguy cơ mất an toàn thấp cần phải theo dõi. Các mỏ có nguy cơ mất ATVSLĐ trung bình có hiện trạng công nghệ, thiết bị khai thác khá lạc hậu tại mỏ, công nhân có tuổi đời và kinh nghiệm chưa nhiều, quá trình thi công nổ mìn tiềm ẩn nhiều nguy cơ có thể xảy ra tai nạn lao động, ảnh hưởng tới sức khỏe người lao động. Trong các tiêu chí đánh giá thì tiêu chí về các biện pháp thi công khoan, nổ mìn được xây dựng khá chi tiết, cùng với việc tuân thủ các quy phạm an toàn thì đây là 2 tiêu chí được đánh giá với trọng số cao, nếu không tuân thủ có thể gây tai nạn lao động nghiêm trọng không thể kiểm soát. Các tiêu chí về con người cũng dần được chuyên môn hóa khi nhiều mỏ thuê các đơn vị chuyên môn thực hiện công tác nổ mìn trên các mỏ, các thợ mìn của các đơn vị thuê ngoài được đào tạo tay nghề khá bài bản và có chuyên môn tốt. Tuy nhiên, một số mỏ vẫn tự thực hiện công tác khoan nổ mìn cho mỏ với đội ngũ thợ mìn chưa được đào tạo tốt về chuyên môn và không thường xuyên được huấn luyện an toàn. Các quy trình về nhận diện, đánh giá và kiểm soát rủi ro ATVSLĐ trong hoạt động nổ mìn cũng như các hoạt động khai thác chưa được xây dựng bài bản chi tiết các tài liệu về ATVSLĐ chủ yếu vẫn là các bộ quy chuẩn quy phạm ATVSLĐ.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu muốn nhấn mạnh vào phương pháp để xác định chỉ số ATVSLĐ thông qua việc đánh giá các tiêu chí liên quan khi thực hiện công tác khoan nổ mìn tại các mỏ đá VLXD nói chung. Thông qua phương pháp này có thể giúp doanh nghiệp kiểm tra lại quy trình tổ chức sản xuất và quản lý về ATVSLĐ trong hoạt động nổ mìn của doanh nghiệp

các doanh nghiệp khai thác đá VLXD tại khu vực Nam Trung Bộ nói riêng và các mỏ khai thác khoáng sản sử dụng phương pháp khoan nổ mìn để chuẩn bị đất đá ở Việt Nam nói chung.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: D.N.H., N.D.A.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: D.N.H., T.D.B.; Xử lý số liệu: D.N.H., N.D.A., T.D.B.; Khỏa sát lấy phiếu cho điểm: N.D.A.;Viết bản thảo bài báo: D.N.H., N.D.A., T.D.B.; Chỉnh sửa bài báo: D.N.H., N.D.A., T.D.B.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin cảm ơn sự tài trợ từ đề tài cấp cơ sở, Mã số T24-21: "Nghiên cứu đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quản lý an toàn, vệ sinh lao động cho các đơn vị khai thác mỏ sử dụng vật liệu nổ công nghiệp trên địa bàn tỉnh Ninh Bình" của Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Akbar, D.; Rolfe, J.; Rahman, A.; Schrobback, P.; Kinnear, S.; Bhattarai, S. Stakeholder collaboration models for exporting agricultural commodities in Asia: Case for Avocado, Lychee and Mango. Milestones 11-13 Report for CRCNA. CQUniversity Australia, Rockhampton, 2019, pp. 74.
2. Alireza, A.; Majid, M.; Rosnah, M.Y. Simple additive weighting approach to personnel selection problem. *Int. J. Innovation Technol. Manage.* **2010**, *1(5)*, 511–515.
3. Antwi, E.K.; Owusu-Banahene, W.; Boakye-Danquah, J.; Mensah, R.; Tetteh, J.D.; Nagao, M.; Takeuchi, K. Sustainability assessment of mine-affected communities in Ghana: Towards ecosystems and livelihood restoration. *Sustain. Sci.* **2001**, *12*, 747–767.
4. Badri, M.A. Combining the analytic hierarchy process and goal programming for global facility location-allocation problem. *Int. J. Prod. Econ*. **1999**, *62*, 237–248.
5. Bascetin, A. A decision support system using analytical hierarchy process (AHP) for the optimal environmental reclamation of an open-pit mine. *Environ. Geol*. **2007**, *52*, 663–672.
6. Bui, V.C.; Vo, A.K.; Dang, V.D. Research and test the AHP analytical hierarchy method to detail the risk level of Baoc in Ninh Thuan province. *J. Hydrometeorol.* **2018**, *1,* 34–40.
7. Che, D.L. Process of hierarchical analysis. Master's Lecture, Vietnam National University, Ho Chi Minh City, 2012.
8. Dam, T.T.; Bui, X.N.; Tran, Q.H. Blasting in the mining and construction industry, Natural Science and Technology Publishing House, 2015.
9. Dang, T.T.; Pham, Q.N.; Nguyen, K.H. Using GIS and Analytic Hierarchy Process (AHP) in order to map arsenic pollution zonation in groundwater based on the infl uence of geological factors in the Red River Delta. *J. Nat. Resour. Environ. Sci.* **2020**, *29,* 24–35.
10. Daniel, J.E.; Elena, C.L.; Jorge, R.H.; Juan, C.C.J. A review of application of multi-criteria decision making methods in construction. *Autom. Constr.* **2014**, *45*, 151–162.
11. Do, M.N.; Dang, T.T.; Do, M.D. Applying GIS and analytical hierarchy method (AHP) to create a landslide risk map in Xin Man district, Ha Giang province, Vietnam. *VNU Sci. Magazine: Earth Environ. Sci.* **2016**, *32 (2S)*, 206–216.

12. Do, N.H.; Tran, Q.H.; Pham, H.N. Identification and assessment of OSH risks in small-capacity quarrying activities of construction materials in Vietnam. *Int. J. Sci. Eng. Res.* **2022**, *13*, 727–736.
13. Ho, S.G.; Bui, X.N.; Nguyen, A.T. Mining of solid minerals by open-pit mining. Science and Technology Publishing House, Hanoi, 2009.
14. Ho, W. Integrated analytic hierarchy process and its applications - A literature review. *Eur. J. Oper. Res.* **2008**, *186*, 211–228.
15. Hoang, N.T.; Ly, T.B.T.; Do, T.T.H.; Nguyen, M.H. Integrating the Fuzzy-AHP hierarchical analysis method and the Fuzzy-GIS method in zoning wind power development in Bac Lieu province in a sustainable way. *J. Sci. Technol. Dev. Earth Environ. Sci.* **2022**, *6(1)*, 493–506.
16. Huang, C.C.; Chu, P.Y.; Chiang, Y.H. A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. *ACS Omega*. **2008**, *36*, 1038–1052.
17. Liberatore, M.J.; Nydick, R.L. The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review. *Eur. J. Oper. Res.* **2008**, *89*, 194–207.
18. Nguyen, D.A.; Tran, Q.H.; Tran, D.B.; Phonepaserth, S. Evaluation of some shock prediction models when blasting at Ninh Dan limestone mine, Thanh Ba district, Phu Tho province. *J. Min. Sci. Technol. Geol.* **2020**, *61*, 102–109.
19. Nhu, V.B. Improving the efficiency of breaking soil and rock by blasting in mining, Transport Publishing House, Hanoi, 2008.
20. Palassis, J. A new American management Systems Standard in Occupational Safety and Health – ANSI Z10. *J. Chem. Health Saf.* **2006**, *13(1)*, 20–23.
21. Pham, T.H.L.; Ngo, L.L.; Do, Q.M. Research on analytical hierarchy method (AHP) to evaluate the risk of riverbank erosion in the downstream of Dong Nai river system. *J. Water Resour. Technol. Environ.* **2020**, *70*, 17–24.
22. Pham, T.H.L.; Nguyen, H.S.; Ngo, K.L. Research and develop a set of criteria and indicators to determine water resource functions based on the value of economic benefits and environmental protection of surface water for the Dong Nai river basin. *J. Hydrometeorol.* **2023**, *755*, 88–99. doi:10.36335/VNJHM.2023(755).88-99.
23. Phan, H.V.; Bui, X.N.; Do, N.T.; Do, N.H. Selecting a suitable model for the closure of building material stone mines for sustainable development in Binh Duong, Vietnam. *J. Min. Earth Sci.* **2023**, *64 (4)*, 89–102.
24. Rashidi, K. AHP versus DEA: comparative analysis for the gradual improvement of unsustainable suppliers. *Benchmarking: Int. J.* **2019**, 27(8), 39. https://doi.org/10.1108/BI-11-2019-0505.
25. Saaty, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sci.* **2008**, *1(1)*, 83–98.
26. Sohrab, F.O.; Parisa, D.N.; El, G.T.; Reza, T.M. Meta-heuristics for sustainable supply chain management: a review. *Int. J. Prod. Res.* **2022**, *61(6),* 1979–2009. https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2045377.
27. Tran, Q.H.; Nguyen, D.A.; Tran, D.B.; Phonepaserth, S. Assessing the impact of blasting shock waves on protective structures and determining the appropriate blast scale for Phong Xuan limestone mine - Thua Thien Hue. *Min. Geol. Eng. Sci.* **2020**, *61(4)*, 118–125.
28. Truong, T.T.; Nguyen, T.T. Implementaon mul-criteria decision-making model based on ICT criteria to evaluate E-learning lessons in educaonprograms: Logiscsandsupplychain management. *Hongbang Int. Univ. J. Sci.* **2023**, *N-25*, 45–54. https://doi.org/10.59294/HIUJS.25.2023.501.
29. Vaidya, O.S.; Kumar, S. Analytic hierarchy process: An overview of applications. *Eur. J. Oper. Res.* **2006**, 169, 1–29.

30. Vu, T.T.; Pham, T.T.H. Analyzingcriteria to select business partners for logistics firms: Applying randomized block design. *J. Mar. Sci. Technol.* **2021**, *N-65*, 81–85.
31. Vuong, N. Using the synthetic score scale method combined with the analytical hierarchy process to evaluate sustainable tourism development in Phu Quoc. *Dong Thap Univ. Sci. Magazine* **2019**, *39*, 35–44. https://doi.org/10.52714/dthu.39.8.2019.714.
32. Worrall, R.; Neil, D.; Brereton, D.; Mulligan, D. Towards a sustainability criteria and indicators framework for legacy mine land. *J. Cleaner Prod.* **2009**, *17(16)*, 1426–1434.
33. Nam Trung Bo Mining Chemical industry Company limited - Micco, Mining Services Development Plan. Periodic reports on business production activities of the enterprise, 2024.

Applying a multi-criteria evaluation method to determine the level of occupational safety and health in the blasting process for limestone quarries in the Nam Trung Bo of Vietnam

Nguyen Dinh An[1,2], Do Ngoc Hoan[1,2], Tran Dinh Bao[1,2]*

[1] Lecturers, Faculty of Mining, University of Mining - Geology; dongochoan@humg.edu.vn; nguyendinhan@humg.edu.vn; trandinhbao@humg.edu.vn
[2] Innovations for sustainable and responsible mining (ISRM), University of Mining - Geology; dongochoan@humg.edu.vn; nguyendinhan@humg.edu.vn; trandinhbao@humg.edu.vn

Abstract: Blasting operations for quarrying are inherently associated with numerous occupational safety and health risks, including explosions, collapses, generation of dust and toxic gases, and the impact of shock waves and air blasts. Therefore, it is essential to conduct stringent assessments and controls of production activities to ensure the safety and health of workers. This study employs a multi-criteria evaluation method, based on establishing safety and health objectives to develop a set of assessment criteria. These criteria are analyzed and evaluated based on their relevance, feasibility, measurability, and suitability to the spatial and temporal conditions during blasting operations at construction material quarries. The study uses a dimensionless linear combination function to determine the criteria scores, which form the basis for identifying the safety and health levels in blasting activities at these quarries. The hierarchical analysis method is incorporated to prioritize the criteria in relation to each other, allowing for the calculation of a safety and health index. With 55 quarrying limestone in the Nam Trung Bo region of Vietnam, this study selected 22 representative quarries to investigate and determine occupational safety and health indices during blasting operations. By synthesizing the research results for blasting activities at construction material quarries in the Nam Trung Bo region, the study contributes a new method to practice for identifying hazards and forecasting safety and health levels in blasting operations. This aims to develop technical safety measures for these activities.

Keywords: Safety; Occupational hygiene; Multi-criteria; Construction materials; Analytic hierarchy process.