



Original Article

# Study and Proposal of Environmental Improvement and Restoration Plan for Quarry Cluster – A Case Study in Dong Nai Province

Nguyen Tri Quang Hung, Vo Truong Nhu Thuy, Nguyen Minh Ky\*

*Nong Lam University of Ho Chi Minh City, Hamlet 6, Linh Trung, Thu Duc, Ho Chi Minh City, Vietnam*

Received 12 May 2020

Revised 03 June 2021; Accepted 20 June 2021

**Abstract:** The quarrying and mining activities can significantly affect the social and natural environment. The study aims to assess the current situation and propose environmental restoration solutions for quarry clusters – a case study in Binh Hoa quarry, Bien Hoa, Dong Nai. In particular, the research studied the persisting environmental and post-mining land use issues and suggested environmental restoration plans that align with sustainable development of local government. The study used Analytic Hierarchy Process (AHP) to determine the environmental improvement and restoration plans for the post-mining quarry. The results showed the advantages of utilizing the post-mining land resources, which directly contributed to the local economic development. In addition, the findings can be widely applied to the various mines and quarries in Dong Nai province for sustainable development.

**Keywords:** Mines, Dong Nai, sustainable development, environment, rehabilitation, quarries.

\* Corresponding author.

*E-mail address:* [nmky@hcmuaf.edu.vn](mailto:nmky@hcmuaf.edu.vn)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuces.4644>

# Nghiên cứu đề xuất phương án cải tạo và phục hồi môi trường cụm mỏ đá - Trường hợp điển hình tỉnh Đồng Nai

Nguyễn Tri Quang Hung, Võ Trương Như Thuỳ, Nguyễn Minh Kỳ\*

*Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh,  
KP6, Linh Trung, Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam*

Nhận ngày 12 tháng 5 năm 2020

Chỉnh sửa ngày 03 tháng 6 năm 2021; Chấp nhận đăng ngày 20 tháng 6 năm 2021

**Tóm tắt:** Hoạt động khai thác đá và các nguồn tài nguyên khoáng sản gây ra những tác động lên môi trường thiên nhiên và xã hội. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm đánh giá hiện trạng và đề xuất giải pháp phục hồi môi trường cụm mỏ đá – trường hợp điển hình mỏ đá Bình Hoà, thành phố Biên Hoà, tỉnh Đồng Nai. Nội dung nghiên cứu tập trung nhận diện các vấn đề tồn đọng trong công tác bảo vệ môi trường và hiện trạng sử dụng tài nguyên đất sau đóng cửa mỏ đá để đề xuất phương án cải tạo, phục hồi môi trường phù hợp bối cảnh địa phương theo xu hướng phát triển bền vững. Nghiên cứu sử dụng phương pháp phân cấp thứ bậc (AHP) lựa chọn phương án cải tạo và phục hồi môi trường cụm mỏ đá sau khai thác. Quá trình phân tích cho thấy những ưu điểm của việc tận dụng tiềm năng mỏ đá sau khai thác đảm bảo quỹ đất, góp phần phát triển kinh tế gắn liền cải tạo, phục hồi môi trường. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu có thể áp dụng đối với các cụm mỏ khai thác đá và khoáng sản khác nhau trên địa bàn tỉnh Đồng Nai theo hướng phát triển bền vững.

*Từ khóa:* Khoáng sản, Đồng Nai, phát triển bền vững, môi trường, phục hồi, mỏ đá.

## 1. Mở đầu

Ngày nay, vấn đề phát triển bền vững sau hoạt động khai thác mỏ khoáng trên thế giới rất được quan tâm [1-4]. Hoạt động nghiên cứu xem xét ảnh hưởng của quá trình khai thác và phục hồi cảnh quan các mỏ khoáng sản ở Việt Nam cũng được chú trọng [5-8]. Có thể thấy xu hướng phục hồi môi trường các mỏ khai khoáng sau khai thác cần thiết gắn liền nhu cầu phát triển bền vững cảnh quan [9, 10]. Tuy nhiên, thực tế vấn đề cải tạo và phục hồi môi trường sau khi đóng cửa các mỏ khai thác khoáng sản chưa được thực hiện một cách triệt để, nhất là các nước đang phát triển [8, 11]. Nhiều khu vực sau khi cải tạo rơi vào tình trạng suy thoái, hoang hoá và tiềm ẩn

hậu quả tác động do khai thác chế biến khoáng sản gây ra. Một số mỏ sau đóng cửa, cải tạo phục hồi môi trường còn bỏ ngỏ, chưa có kế hoạch cụ thể sử dụng tiềm năng quỹ đất. Trong khi, theo như quy định pháp luật về cải tạo, phục hồi môi trường và ký quỹ cải tạo, phục hồi môi trường đối với hoạt động khai thác khoáng sản cần phải thực hiện đưa môi trường, hệ sinh thái tại khu vực môi trường bị tác động về gần với trạng thái môi trường ban đầu hoặc đạt được các tiêu chuẩn, quy chuẩn về an toàn, môi trường, phục vụ các mục đích có lợi cho con người [12].

Tiến hành khảo sát thực địa ở tỉnh Đồng Nai cho thấy tổng số lượng mỏ khoáng sản được cấp phép khai thác là 52 mỏ [13]. Trong đó, Ủy ban Nhân dân tỉnh Đồng Nai cấp phép 46 mỏ, chủ

\* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: nmky@hcmuaf.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4644>

yếu là khoáng sản đá xây dựng, bao gồm 37 mỏ đá xây dựng, 6 mỏ cát xây dựng, 2 mỏ sét gạch ngói, 1 mỏ vật liệu san lấp; và gồm 3 mỏ đá ốp lát, 2 mỏ Puzzolant, 1 mỏ nước khoáng do Bộ Tài nguyên và Môi trường cấp phép hoạt động. Riêng ở thành phố Biên Hòa là khu vực có tiềm năng đá xây dựng lớn và được phép khai thác 10 mỏ đá xây dựng có tổng diện tích 394 ha với công suất 9,5 triệu m<sup>3</sup>/năm [13]. Đây là nguồn nguyên vật liệu đá xây dựng có chất lượng đảm bảo sử dụng được cho các công trình trọng điểm như sân bay, đường cao tốc, bê tông chất lượng cao. Nguồn thu từ hoạt động khai thác đá tại khu vực góp phần xây dựng cơ sở hạ tầng, phát triển kinh tế - xã hội tỉnh Đồng Nai và phụ cận. Tuy vậy, xem xét trường hợp cụ thể địa phương cho thấy nhu cầu bức thiết cần quan tâm hơn nữa hoạt động cải tạo, phục hồi cảnh quan và chức năng môi trường sau khai thác khoáng sản [7, 11, 13]. Xuất phát từ đó, đề tài: “*Nghiên cứu đề xuất phương án cải tạo và phục hồi môi trường cụm*

*mỏ đá - Trường hợp điển hình tỉnh Đồng Nai*” được thực hiện nhằm mục tiêu đưa ra phương án cải tạo, phục hồi môi trường và tận dụng tiềm năng phát triển quỹ đất cho khu vực này. Qua đó, tạo điều kiện mở rộng phạm vi triển khai áp dụng cho các mỏ khoáng sản khác trên toàn tỉnh và khu vực lân cận.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: hoạt động phục hồi, cải tạo môi trường cụm mỏ đá.
- Phạm vi nghiên cứu: cụm mỏ đá Bình Hoà, xã Hoà An, thành phố Biên Hoà, tỉnh Đồng Nai, cách thành phố Biên Hoà 4 km về phía Đông. Tổng diện tích khu mỏ rộng 40 ha, diện tích mong khai thác 15 ha.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu.

## 2.2. Các phương pháp áp dụng

### 2.2.1. Phương pháp thu thập số liệu và điều tra thực địa

Cơ sở dữ liệu thu thập gồm các yếu tố tự nhiên, điều kiện kinh tế - xã hội, các loại bản đồ như địa giới hành chính, bản đồ quy hoạch sử dụng đất. Đây là các tài liệu làm cơ sở tiến hành thực địa để nhận xét, đánh giá làm cơ sở cho công tác khảo sát các tồn đọng, hạn chế và nguyên nhân cần khắc phục.

### 2.2.2. Phương pháp ma trận và chuyên gia

Phương pháp ma trận liệt kê các hoạt động phát triển và nhân tố môi trường có thể bị tác động [14]. Bảng ma trận đối chiếu từng hoạt động của dự án với các thông số hoặc thành phần môi trường để đánh giá mối quan hệ nhân quả [15]. Trong đó, trực hoành thể hiện hành động, trục tung thể hiện nhân tố môi trường và đánh

dấu mức tác động giữa chúng. Đối với phương pháp này sử dụng kiến thức và kinh nghiệm thực tế của chuyên gia thuộc lĩnh vực tài nguyên khoáng sản và môi trường để phân tích, đánh giá các tác động.

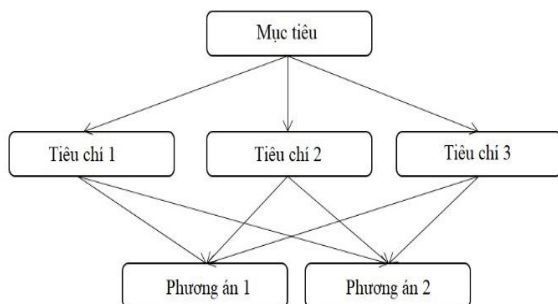
### 2.2.3. Phương pháp cộng trọng số đơn giản (Simple Additive Weighting – SAW)

Phương pháp trọng số cộng đơn giản là phương pháp phổ biến, dễ hiểu và dễ sử dụng [16-18]. Phương pháp này dựa trên lý thuyết giá trị đa thuộc tính (Multiple Attribute Value Theory: MAVT) và giả thuyết về sự độc lập của các thuộc tính. Phương pháp SAW sử dụng hàm cộng tuyến tính để tính giá trị của mỗi phương án. Áp dụng SAW sàng lọc bộ tiêu chuẩn sơ bộ theo các chuẩn mực như: Phù hợp với chính sách (tài nguyên khoáng sản); Sự có sẵn số liệu; Sự đơn giản, dễ hiểu; Tính nhạy cảm; Tính chính xác; Tính cụ thể; và Sự tin cậy [19, 20].

Bảng 1. Đánh giá điểm số các tiêu chuẩn sơ bộ

TT	Chuẩn mực	Điểm đánh giá sơ bộ			
		1	2	3	4
1	Có sẵn số liệu	Không có sẵn, khó thu thập	Không có sẵn, phải tính toán	Không có sẵn, có thể thu thập	Có sẵn thống kê
2	Phù hợp chính sách	Không phù hợp	Ít phù hợp	Phù hợp	Rất phù hợp
3	Dễ hiểu	Không thể hiểu được	Khó hiểu	Dễ hiểu	Rất dễ hiểu
4	Cụ thể	Không chi tiết	Ít chi tiết	Cụ thể	Rất cụ thể
5	Nhạy cảm	Không nhạy cảm	Ít nhạy cảm	Nhạy cảm	Rất nhạy cảm
6	Chính xác	Không chính xác	Ít chính xác	Chính xác	Chính xác cao
7	Tin cậy	Không tin cậy	Ít tin cậy	Tin cậy	Tin cậy cao

### 2.2.4. Phương pháp phân tích đa tiêu chuẩn (Multi-Criteria Analysis - MCA)



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc thứ bậc AHP.

Phương pháp phân tích đa tiêu chuẩn (MCA) là công cụ được phát triển để giải quyết các vấn đề đa mục tiêu có liên quan tới chất lượng và số lượng trong quá trình đưa ra quyết định [21, 22]. MCA đánh giá mức độ quan trọng của từng tiêu chuẩn liên quan và phản ánh sự quan trọng lên việc đưa ra quyết định cuối cùng [23]. Cụ thể, sử dụng phân cấp thứ bậc (AHP: Analytic Hierarchy Process) để ra quyết định đa tiêu chuẩn dựa trên so sánh cặp của các giải pháp và hiệu quả của chúng đối với tiêu chuẩn [24, 25]. Quá trình đánh giá sử dụng ma trận so sánh cặp với thang điểm 9, xác định trọng số dựa trên vector riêng ứng với giá trị riêng lớn nhất, sau đó

kiểm tra hệ số nhất quán. Cuối cùng, tất cả các trọng số được tổng hợp lại để đưa ra quyết định tốt nhất [22, 25].

Quy trình thực hiện AHP gồm i) Bước 1: phân rã các tình huống phi cấu trúc thành các phân nhỏ; ii) Bước 2: tiến hành xây dựng cây phân cấp dựa trên các tiêu chuẩn và khả năng lựa chọn; iii) Bước 3: gán các chỉ số cho những so sánh chủ quan về mức độ quan trọng của các chỉ tiêu trong việc ra quyết định, xây dựng ma trận so sánh cho các tiêu chuẩn (A). Việc so sánh này được thực hiện giữa các cặp chỉ tiêu với nhau và tổng hợp lại thành một ma trận gồm n dòng và n

cột (n là số chỉ tiêu). Phần tử  $a_{ij}$  thể hiện mức độ quan trọng của chỉ tiêu hàng i so với chỉ tiêu cột j.

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu i so với j được tính theo tỷ lệ k (k từ 1 đến 9), ngược lại của chỉ tiêu j so với i là 1/k. Như vậy,  $a_{ij} > 0, a_{ij} = 1/a_{ji}, a_{ii} = 1$ .

Bảng 2. So sánh mức độ ưu tiên (mức độ quan trọng các chỉ tiêu)

Mức độ quan trọng	Chuẩn mực	Giải thích
1	Có sẵn số liệu	Hai phần có tính chất bằng nhau
3	Phù hợp chính sách	Đánh giá tiêu chuẩn này quan trọng hơn tiêu chuẩn kia một ít
5	Dễ hiểu	Đánh giá tiêu chuẩn này mạnh hơn tiêu chuẩn kia
7	Cụ thể	Một tiêu chuẩn tác động đến mục tiêu rất mạnh so với tiêu chuẩn kia, sự ưu thế của nó đã chứng minh trong thực tế
9	Nhạy cảm	Sự quan trọng của thành phần này tác động mục tiêu cao nhất
2, 4, 6, 8	Chính xác	Dùng để hài hòa với các ưu tiên nêu trên
Các phân số	Tin cậy	Nếu tiêu chuẩn i có một trên các giá trị trên khi so sánh với j có giá trị nghịch đảo khi so sánh với tiêu chuẩn i

iv) Bước 4: xác định các trọng số quan trọng và các tiêu chuẩn của phương án: dùng phương pháp trung bình hình học theo dòng (Row Geometric Mean Method) để tính trọng số bằng cách nhân giá trị trong mỗi bảng với nhau và tính căn thứ n của các giá trị;

$$W_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$$

Trong đó  $W_i$  : (với  $i = 1, 2, \dots, n$ ) là trọng số của từng tiêu chuẩn;  $a_{ij}$ : là giá trị so sánh cặp của từng tiêu chuẩn theo hàng. Chuẩn hóa tập trọng số  $W = (w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_n)$  theo công thức:

$$W = \left( \frac{w_1}{\sum w_1} + \frac{w_2}{\sum w_2} + \dots + \frac{w_n}{\sum w_n} \right)$$

v) Bước 5: kiểm tra tính nhất quán (Consistency Ratio – CR); và vi) Bước 6: tổng hợp kết quả và đưa ra quyết định cuối cùng. Nếu tỷ số nhất quán  $CR < 0,1$  là chấp nhận được, trường hợp lớn hơn đòi hỏi người ra quyết định

thu giảm sự không đồng nhất bằng cách thay đổi giá trị mức độ quan trọng giữa các cặp chỉ tiêu. Nếu  $CR > 0,1$  người ra quyết định nên nghiêm túc xem xét, đánh giá và phân tích lại so sánh cặp [25].

2.2.5. Phương pháp thống kê và xử lý số liệu

Dữ liệu nghiên cứu được đồng bộ, tính toán trị số trung bình hình học (Geomean) và các trọng số ( $W_i$ ). Các số liệu thu thập phân tích thống kê và xử lý bằng phần mềm Excel 2016 và SPSS 16.0.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả nguyên tắc và sàng lọc tiêu chí lựa chọn phương án phục hồi môi trường cụm mỏ đã

Việc tìm ra phương án sử dụng đất sau khai thác được các doanh nghiệp và cơ quan quản lý quan tâm nhằm gia tăng hiệu quả sử dụng đất sau khi kết thúc khai thác [1, 26]. Mục tiêu của việc

hoàn thổ là đưa mỏ trở về với tình trạng gần nhất so với trước khi khai thác với đầy đủ các giá trị về môi trường hay giá trị bảo tồn tự nhiên được đề ra [12]. Tuy nhiên, do đặc thù mỏ đá với lượng khoáng sản bị lấy đi quá lớn, không thể phục hồi, nên chỉ có thể chuyển đổi mục đích sử dụng qua một phương án khác có lợi cho môi trường và

con người. Quá trình sàng lọc các tiêu chí sơ bộ sử dụng phương pháp cộng trọng số đơn giản để chọn lọc tiêu chí quan trọng ảnh hưởng đến phương án cải tạo và phục hồi môi trường. Bảng 3 trình bày kết quả đánh giá và tính điểm các tiêu chuẩn sơ bộ.

Bảng 3. Đánh giá và tính điểm các tiêu chuẩn sơ bộ

Nguyên tắc	Tiêu chuẩn	Có sẵn số liệu	Phù hợp chính sách	Dễ hiểu	Cụ thể	Nhạy cảm	Chính xác	Tin cậy	Điểm kết luận
Phù hợp đặc điểm tự nhiên của mỏ	Địa hình	4	4	4	4	4	4	4	4,00
	Nước mặt	4	4	4	4	4	4	4	4,00
	Nước dưới đất	4	4	4	4	3	3	3	3,42
	Khí hậu	4	4	3	4	3	3	3	3,42
	Môi trường	3	2	3	4	3	3	2	2,85
	Thổ nhưỡng	3	3	3	3	2	3	2	2,71
	Động thực vật	3	3	3	3	3	4	4	3,28
	Quy mô mỏ	4	4	4	4	3	4	4	3,85
	Địa chất	4	3	3	3	3	3	3	3,14
Tài nguyên khoáng sản	2	2	2	2	2	2	3	2	2,00
Phù hợp đặc điểm kinh tế xã hội khu vực khai thác	Dân số	4	4	3	3	3	4	4	3,57
	Cơ sở hạ tầng	3	4	3	3	3	4	4	3,57
	Công nghiệp	4	3	3	4	4	3	4	3,57
	Sử dụng đất	4	3	3	4	4	3	4	3,57
	Khu giải trí	3	4	3	3	4	3	3	3,85
	Lao động	2	3	4	2	2	3	3	2,28
	Ý kiến người dân	3	3	2	3	2	3	3	2,71
Đảm bảo an toàn môi trường	Môi trường nước	3	4	3	3	3	3	3	3,14
	Môi trường đất	3	4	3	3	3	3	3	3,14
	Môi trường không khí	4	3	3	4	3	3	3	3,28
	Động thực vật	3	3	2	3	2	3	3	2,71
	Con người	2	3	2	2	2	3	3	2,42
	Rủi ro	4	4	3	4	4	3	4	3,71
Phát triển bền vững	3	2	2	3	2	2	3	2,42	
Đạt hiệu quả kinh tế cao	Lợi ích chủ đầu tư	4	4	3	4	4	4	4	3,85
	Lợi ích cộng đồng	3	4	4	4	4	4	3	3,71
	Lợi ích địa phương	3	4	3	3	3	3	3	3,14
	Lợi ích xã hội	2	3	2	3	3	3	3	2,71



Dựa trên phương pháp SAW, từ bộ 4 nguyên tắc và 28 tiêu chuẩn sau khi sàng lọc (Bảng 3), nghiên cứu chọn ra 19 tiêu chuẩn quan trọng dùng để đánh giá trọng số và được tóm tắt ở Bảng 4. Các nguyên tắc bao gồm: i) Phù hợp đặc điểm tự nhiên của khu vực mỏ – 7 tiêu chuẩn; ii) Phù hợp đặc điểm kinh tế - xã hội khu vực – 5 tiêu chuẩn; iii) Đảm bảo an toàn môi trường – 4 tiêu chuẩn; và iv) Hiệu quả kinh tế – 3 tiêu chuẩn. Nhìn chung, các mục đích sử dụng đất sau khai thác có thể gồm lĩnh vực nông nghiệp, trồng

rừng, giải trí, xây dựng, bảo tồn và tái tạo cảnh quan [27, 28]. Tiềm năng sử dụng đất sau khai thác phụ thuộc vào các yếu tố như điều kiện kinh tế- xã hội, yếu tố kỹ thuật, môi trường và nhân tố văn hóa [29]. Do đó, bộ tiêu chuẩn lựa chọn phương án cải tạo và phục hồi môi trường cụm mỏ đá cần đảm bảo nguyên tắc phù hợp đặc điểm tự nhiên của khu vực mỏ như địa hình khu mỏ, thông tin địa chất hay các tiêu chuẩn về môi trường đất, nước, không khí.

Bảng 4. Bộ tiêu chuẩn lựa chọn phương án cải tạo và phục hồi môi trường cụm mỏ đá

Nguyên tắc 1: Phù hợp đặc điểm tự nhiên của khu vực mỏ	Nguyên tắc 2: phù hợp đặc điểm kinh tế - xã hội khu vực	Nguyên tắc 3: đảm bảo an toàn môi trường	Nguyên tắc 4: hiệu quả kinh tế
TC 1: địa hình khu mỏ	TC 8: dân cư	TC 13: môi trường nước	TC 17: lợi ích kinh tế cho chủ đầu tư
TC 2: nước mặt	TC 9: điều kiện cơ sở hạ tầng	TC 14: môi trường đất	TC 18: lợi ích cho cộng đồng
TC 3: nước dưới đất	TC 10: công nghiệp	TC 15: môi trường không khí	TC 19: lợi ích cho địa phương
TC 4: khí hậu	TC 11: sử dụng đất trước khai thác	TC 16: rủi ro	
TC 5: hệ động thực vật khu mỏ trước khi khai thác	TC 12: khu giải trí		
TC 6: Quy mô mỏ			
TC 7: Thông tin địa chất			

### 3.2. Phân tích, đề xuất phương án cải tạo và phục hồi môi trường cho cụm mỏ đá

Hoạt động khai khoáng sản gây tác động tiêu cực lên môi trường và sức khỏe trong suốt các giai đoạn khai thác [30-32]. Các khu bãi khai thác khoáng sản thường gây ra những tác động bất lợi cho môi trường sinh thái [33]. Chẳng hạn như, sự nhiễm bẩn nguồn nước mặt và nước ngầm vùng dự án và lân cận có thể bị ảnh hưởng bởi các hoạt động khai thác tài nguyên khoáng sản [8]. Để tìm ra phương án cải tạo và phục hồi môi trường phù hợp nhất cho cụm mỏ đá nghiên cứu sử dụng phương pháp tiến trình phân cấp thứ bậc. Thực tế, trên bình diện chung luôn tồn tại sự thay đổi hệ sinh thái và cảnh quan trước và sau khai thác khoáng sản [27, 34]. Qua các thông tin về đặc điểm cụm mỏ, điều kiện tự nhiên kinh tế

- xã hội khu vực, tham khảo các phương án cải tạo và phục hồi môi trường sau khai thác đề xuất 2 phương án cho cụm mỏ đá Bình Hoà: i) Phương án 1: cải tạo thành khu du lịch, nghỉ dưỡng, phù hợp với những mỏ có địa hình âm, có nguồn nước mặt và nước dưới đất dồi dào, gần các khu dân cư. Tuy nhiên, biện pháp này cần có vốn đầu tư và chuyên môn, thời gian thực hiện lâu nhưng mang lại hiệu quả kinh tế; và ii) Phương án 2: cải tạo thành khu dân cư kết hợp tận dụng mặt nước moong khai thác lấp đất pin mặt trời nổi, cung cấp điện cho khu dân cư. Phương án này phù hợp với những mỏ đá, sét có địa hình âm, nguồn nước mặt và nước dưới đất dồi dào, gần các khu dân cư, giảm thiểu ô nhiễm, dân cư xung quanh được hưởng lợi từ dự án, hiệu quả kinh tế cao. Tuy nhiên vốn đầu tư cao, thời gian thực hiện dài và cần trình độ chuyên môn

kỹ thuật cao. Trong nghiên cứu này, phương án 1 xây dựng và phát triển khu du lịch, tiến hành xác định trọng số các nguyên tắc đối với

phương án bằng phương pháp trung bình hình học (Geomean) tính trọng số (W) được thể hiện Bảng 5.

Bảng 5. Tính trọng số W cho các nguyên tắc của phương án 1 (khu du lịch)

	Tự nhiên	Kinh tế - xã hội	An toàn môi trường	Hiệu quả	Geomean	W
Tự nhiên	1,00	2,00	2,00	2,00	1,68	0,39
Kinh tế - xã hội	0,50	1,00	2,00	2,00	1,19	0,28
An toàn môi trường	0,50	0,50	1,00	2,00	0,84	0,20
Hiệu quả	0,50	0,50	0,50	1,00	0,59	0,14
Tỷ số CR = 0,06 < 0,1 (chấp nhận)					4,30	1,00

Đánh giá tổng hợp trên cơ sở các trọng số của nguyên tắc và các tiêu chí có kết hợp với điểm số của các chuyên gia trong vấn đề khoáng sản, quản lý sử dụng đất và bảo vệ môi trường đối với phương án 1 – cải tạo thành khu du lịch đạt tổng

số 69,14 điểm (Bảng 6). Điểm thành phần đối với các nguyên tắc phù hợp điều kiện tự nhiên, đặc điểm kinh tế - xã hội, an toàn môi trường và hiệu quả kinh tế lần lượt tương ứng 26,25; 19,33; 13,26 và 10,30 điểm.

Bảng 6. Đánh giá tổng hợp phương án 1 – khu du lịch

W nguyên tắc	Tiêu chuẩn	Diễn giải tiêu chuẩn	W tiêu chuẩn	Điểm ĐGT BCG	Điểm tiêu chuẩn	Điểm nguyên tắc
<b>0,39</b>	Địa hình mỏ	Địa hình mỏ phù hợp với hình thức SDĐSKT	0,36	70	25,2	26,25
	Nước mặt	Hồ chứa nước phù hợp với SDĐSKT	0,17	65	11,05	
	Nước dưới đất	Nước dưới đất cung cấp cho hồ chứa nước	0,07	65	4,55	
	Khí hậu	Khí hậu ảnh hưởng đến mục đích SDĐSKT	0,21	70	14,70	
	Hệ động thực vật	Hệ động thực vật phong phú hay không	0,04	50	2,00	
	Quy mô mỏ	Quy mô mỏ có diện tích phù hợp không	0,08	70	5,60	
	Thông tin địa chất	Cấu trúc địa chất ổn định	0,07	60	4,20	
<b>0,28</b>	Dân số	Mật độ dân số đồng đều tham gia SDĐSKT	0,53	65	34,45	19,33
	Cơ sở hạ tầng xã hội	Điều kiện giao thông, mạng lưới điện, nước thuận lợi	0,19	80	15,20	
	Công nghiệp	Các hoạt động công nghiệp hỗ trợ hình thức SDĐSKT	0,12	75	9,00	
	Sử dụng đất trước khai thác	Sử dụng đất trước khai thác có phù hợp với hình thức SDĐSKT	0,08	70	5,60	
	Khu giải trí	Khu vui chơi, giải trí xung quanh mỏ ảnh hưởng đến phương án	0,08	60	4,80	
<b>0,20</b>	Môi trường nước	Hình thức SDĐSKT có ảnh hưởng đến nguồn nước	0,47	70	32,90	13,26



	Môi trường đất	Hình thức SĐĐSKT có gây ô nhiễm môi trường đất	0,17	60	10,20	
	Môi trường không khí	Hình thức SĐĐSKT có ảnh hưởng đến không khí xung quanh	0,19	55	10,45	
	Rủi ro	Hình thức SĐĐSKT có giảm thiểu được khả năng rủi ro	0,17	75	12,75	
<b>0,14</b>	Lợi ích cho chủ đầu tư	Chi phí và lợi nhuận cho chủ đầu tư	0,63	75	47,25	10,30
	Lợi ích cho cộng đồng	Mang lại lợi ích cho chủ đầu tư	0,28	70	19,60	
	Lợi ích địa phương	Thu được thuế từ hình thức sử dụng đất	0,09	75	6,75	
<b>Tổng</b>						<b>69,14</b>

Ghi chú: W nguyên tắc: Trọng số của nguyên tắc; W tiêu chuẩn: Trọng số các tiêu chuẩn; Điểm ĐGTBCG: Điểm đánh giá trung bình chuyên gia; SĐĐSKT: Sử dụng đất sau khai thác.

Bảng 7. Tính trọng số W cho các nguyên tắc của phương án 2 (khu dân cư)

	Tự nhiên	Kinh tế - xã hội	An toàn môi trường	Hiệu quả	Geomean	W
Tự nhiên	1,00	3,00	3,00	2,00	2,00	0,45
Kinh tế - xã hội	0,33	1,00	2,30	2,00	1,11	0,25
An toàn môi trường	0,33	0,50	1,00	2,00	0,76	0,17
Hiệu quả	0,33	0,50	0,50	1,00	0,59	0,13
Tỷ số CR = 0,01 < 0,1 (chấp nhận)					4,53	1,00

Liên quan đến phương án 2 được lựa chọn cải tạo thành khu dân cư kết hợp tận dụng mặt nước moong khai thác lắp đặt pin mặt trời nổi, cung cấp điện cho khu dân cư. Cụ thể, Bảng 7 thể hiện kết quả xác định trọng số các nguyên tắc cho phương án 2.

Đánh giá tổng hợp trên cơ sở các trọng số của nguyên tắc và các tiêu chí có kết hợp với điểm số của các chuyên gia trong vấn đề khoáng sản,

quản lý sử dụng đất và bảo vệ môi trường thì phương án 2 – Cải tạo thành khu dân cư kết hợp tận dụng mặt nước moong khai thác lắp đặt pin mặt trời nổi, cung cấp điện cho khu dân cư có tổng số 73,27 điểm (Bảng 8). Điểm số thành phần đối với các nguyên tắc phù hợp điều kiện tự nhiên (32,38 điểm), đặc điểm kinh tế - xã hội (18,26 điểm), yếu tố an toàn môi trường (12,70 điểm) và tính hiệu quả (9,93 điểm).

Bảng 8. Đánh giá tổng hợp phương án 2 – khu dân cư

W nguyên tắc	Tiêu chuẩn	Diễn giải tiêu chuẩn	W tiêu chuẩn	Điểm ĐGT BCG	Điểm tiêu chuẩn	Điểm nguyên tắc
0,45	Địa hình mô	Địa hình mô phù hợp với hình thức SĐĐSKT	0,24	75	18,00	32,38
	Nước mặt	Hồ chứa nước phù hợp với SĐĐSKT	0,18	70	12,60	
	Nước dưới đất	Nước dưới đất cung cấp cho hồ chứa nước	0,05	65	3,25	
	Khí hậu	Khí hậu ảnh hưởng đến mục đích SĐĐSKT	0,11	75	8,25	

	Hệ động thực vật	Hệ động thực vật phong phú hay không	0,04	70	2,80	
	Quy mô mỏ	Quy mô mỏ có diện tích phù hợp không	0,29	70	20,30	
	Thông tin địa chất	Cấu trúc địa chất ổn định	0,09	75	6,75	
0,25	Dân số	Mật độ dân số đông để tham gia SDĐSKT	0,53	70	37,10	18,26
	Cơ sở hạ tầng xã hội	Điều kiện giao thông, mạng lưới điện, nước thuận lợi	0,19	85	16,15	
	Công nghiệp	Các hoạt động công nghiệp hỗ trợ hình thức SDĐSKT	0,12	65	7,80	
	Sử dụng đất trước khai thác	Sử dụng đất trước khai thác có phù hợp với hình thức SDĐSKT	0,08	75	6,00	
	Khu giải trí	Khu vui chơi, giải trí xung quanh mỏ ảnh hưởng đến phương án	0,08	75	6,00	
0,17	Môi trường nước	Hình thức SDĐSKT có ảnh hưởng đến nguồn nước	0,47	80	37,60	12,70
	Môi trường đất	Hình thức SDĐSKT có gây ô nhiễm môi trường đất	0,17	65	11,05	
	Môi trường không khí	Hình thức SDĐSKT có ảnh hưởng đến không khí xung quanh	0,19	70	13,30	
	Rủi ro	Hình thức SDĐSKT có giảm thiểu được khả năng rủi ro	0,17	75	12,75	
0,13	Lợi ích cho chủ đầu tư	Chi phí và lợi nhuận cho chủ đầu tư	0,63	75	47,25	9,93
	Lợi ích cho cộng đồng	Mang lại lợi ích cho chủ đầu tư	0,28	80	22,40	
	Lợi ích địa phương	Thu được thuế từ hình thức sử dụng đất	0,09	75	6,75	
Tổng						73,27

Ghi chú: W nguyên tắc: Trọng số của nguyên tắc; W tiêu chuẩn: Trọng số các tiêu chuẩn; Điểm ĐGTBCG: Điểm đánh giá trung bình chuyên gia; SDĐSKT: Sử dụng đất sau khai thác.

#### 4. Kết luận

Việc lựa chọn phương án cải tạo và phục hồi môi trường cụm mỏ đá sau khai thác để sử dụng đất hiệu quả cần dựa trên các phân tích đánh giá đặc điểm tự nhiên, kinh tế xã hội, quy hoạch sử dụng đất và ý kiến cộng đồng. Phương pháp tiến trình phân cấp thứ bậc (AHP) là công cụ phù hợp để lựa chọn phương án cải tạo và phục hồi môi trường hợp lý cụm mỏ đá sau khai thác. Tổng hợp kết quả nghiên cứu của đề tài cho thấy phương án cải tạo thành khu dân cư kết hợp tận dụng mặt nước moong khai thác lắp đặt pin mặt trời nổi, cung cấp điện cho khu dân cư là phương án cải tạo và phục hồi môi trường phù hợp cho

cụm mỏ đá Bình Hoá, tỉnh Đồng Nai. Phương án vừa tận dụng được quỹ đất, hình thành khu dân cư mới cho cư dân trong khu vực, mặt nước moong khai thác cũng được tận dụng khai thác điện mặt trời – đây là nguồn năng lượng sạch, mang lại lợi ích cả về mặt kinh tế - xã hội trong khu vực.

Tuy nhiên, bên cạnh những kết quả đạt được vẫn còn những vấn đề cần quan tâm nghiên cứu để hoàn thiện hơn về quản lý tài nguyên và môi trường trong hoạt động khai thác khoáng sản nói chung và mỏ đá nói riêng. Trong đó, cần tiến hành áp dụng triệt để phương án vừa cải tạo vừa khai thác nhằm giảm thiểu thời gian cũng như kinh phí cải tạo sau kết thúc khai thác. Đối với

ơ quan quản lý cần giám sát chặt chẽ việc thực hiện cải tạo và phục hồi môi trường của các doanh nghiệp, tránh tình trạng cải tạo đối phó, gây mỗi nguy hiểm ẩn đến dân cư xung quanh khu vực.

### Tài liệu tham khảo

- [1] M. S. Li, Ecological Restoration of Mineland with Particular Reference to the Metalliferous Mine Wasteland in China: A Review of Research and Practice, *Science of the Total Environment*, Vol. 357, 2006, pp. 38-53, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.05.003>.
- [2] R. Worrall, D. Neil, D. Brereton, D. Mulligan, Towards a Sustainability Criteria and Indicators Framework for Legacy Mine Land, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17, 2009, pp. 142-1434, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.04.013>.
- [3] B. S. Pimentel, E. S. Gonzalez, G. N. Barbosa, Decision-Support Models for Sustainable Mining Networks: Fundamentals and Challenges, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 112, 2016, pp. 2145-2157, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.023>.
- [4] S. Kivinen, Sustainable Post-Mining Land use: Are Closed Metal Mines Abandoned or Re-used Space? *Sustainability*, Vol. 9, No. 10, 2017, pp. 1705, <https://doi.org/10.3390/su9101705>.
- [5] H. T. H. Hanh, T. A. Tu, A Proposal to Enhance the Effect for Post – Mining Land use of Tan Dong Hiep, Nui Nho and Binh Thung Quarries in Di An, Binh Duong Province, *Journal of Science & Technology Development*, Vol. 13, No. K1, 2010, pp. 84-93 (in Vietnamese).
- [6] D. V. Minh, Report on Researching the Relevant Solutions of Improving, Rehabilitating Aa Using Cultivated Land after Mining in Thai Nguyen, Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry, Thai Nguyen, 2011 (in Vietnamese).
- [7] H. T. H. Hanh, Study and Development of the Rational Land use Model for Construction Areas And Clay Mines in the Southern Key Economic Region, Doctoral Thesis, Institute of Natural Resources and Environment, Vietnam National University, Ho Chi Minh City, 2014 (in Vietnamese).
- [8] N. Q. Minh, N. T. Q. Hung, N. M. Ky, Studying the Environmental Management Status and Proposal an Appropriate Solutions for Titan-Zircon Exploitation in Thien Ai, Binh Thuan Province, *Journal of Sciences and Technology in Agriculture and Forestry*, Vol. 2, 2017, pp. 66-75 (in Vietnamese).
- [9] C. J. P. Abad, Environmental Recovery of Abandoned Mining Areas in Spain: Sustainability and New Landscapes in Some Case Studies, *Journal of Sustainability Research*, Vol. 1, 2019, pp. 190003, <https://doi.org/10.20900/jsr20190003>.
- [10] M. I. Mthenjane, Presidential Address: Post-Mining Use of Rehabilitated Land - An Opportunity for the South African Mining Industry for Sustainable Development, *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, Vol. 119, No. 9, 2019, pp. 693-696, <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2019/v119n9a1>.
- [11] Binh Duong Department of Natural Resources and Environment – Researching and Assessing Integrated Environmental Impact of Construction Stone Exploitation Activities in Di An District, Binh Duong Province and Proposing Reasonable Management, Exploitation and use Measures Mineral, Binh Duong, 2008 (in Vietnamese).
- [12] Vietnam Government – Decree No.19/2015/ND-CP dated February 14, 2015 on Environmental Renovation and Restoration and Deposit for Environmental Renovation and Restoration for Mineral Exploitation Activities, Hanoi, 2015 (in Vietnamese).
- [13] Binh Duong Department of Natural Resources and Environment – Summary Report on Mineral Resources Exploitation Activities in Binh Duong Province, Binh Duong, 2018 (in Vietnamese).
- [14] C. M. Pastakia, A. Jensen, The Rapid Impact Assessment Matrix (RIAM) for EIA, *Environmental Impact Assessment Review*, Vol. 18, No. 5, 1998, pp. 461-482, [https://doi.org/10.1016/S0195-9255\(98\)00018-3](https://doi.org/10.1016/S0195-9255(98)00018-3).
- [15] S. Hira, P. S. Deshpande, Mining Precise Cause and Effect Rules in Large Time Series Data of Socio-Economic Indicators, *Springer Plus*, Vol. 5, No. 1, 2016, pp. 1625, <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3292-0>.
- [16] W. Yingming, A Simple Additive Weighting Method for Time-Series Multiindices Decision Making and Its Applications, *Journal of Systems Engineering and Electronics*, Vol. 10, No. 1, 1999, pp. 4-10.
- [17] C. T. Van, N. T. Son, T. N. Anh, N. C. Tuan, Calculating Flood Vulnerability Index Combined Analysis Hierarchy Process (AHP) - Testing for the Communes in Quang Nam Province, Downstream Thu Bon River Basin, *Scientific and Technical Hydro - Meteorological Journal*, Vol. 643, 2014, pp. 10-18 (in Vietnamese).
- [18] L. Karlitasari, D. Suhartini D. Benny, Comparison of Simple Additive Weighting (SAW) and Composite Performance Index (CPI) Methods in Employee Remuneration Determination, *IOP*

- Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 166, 2017, pp. 012020, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/166/1/012020>.
- [19] H. M. Dung, H. A. Nhan, C. D. Ly, Developing Indicators to Assess Climate Change Adaptable in Ba Ria-Vung Tau Province and Proposed Improve Solutions, *Journal of Science & Technology Development*, Vol. 19, No. M1, 2016, pp. 108-121 (in Vietnamese).
- [20] L. T. Cuong, N. V. Phuoc, Community Awareness Assessment on Natural Resources and Environmental Management in the Coastal Zone of Ba Ria - Vung Tau and Propose Solutions to Improve Based on the Community, *Journal of Environment*, Vol. 4, 2018, pp. 19-25 (in Vietnamese).
- [21] N. T. Ngan, Application of AHP (Analytic Hierarchy Process) for Determination the Affecting Main Factors in Soil Erosion at Song Be Basin, *Journal of Science & Technology Development*, Vol. 14, No. 4, 2011, pp. 41-50 (in Vietnamese).
- [22] L. Shen, K. Muduli, A. Barve, Developing A Sustainable Development Framework in The Context of Mining Industries: AHP approach, *Research Policy*, Vol. 46, 2015, pp. 15-26, <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.10.006>.
- [23] I. B. Huang, J. Keisler, I. Linkov, Multi-Criteria Decision Analysis in Environmental Sciences: Ten Years of Applications And Trends, *Science of the Total Environment*, Vol. 409, 2011, pp. 3578-3794, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.022>.
- [24] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburg, PA, USA, 1996.
- [25] T. L. Saaty, Decision Making with the Analytic Hierachy Process, *International Journal of Services Sciences*, Vol. 1, No.1, 2008, pp. 83-98.
- [26] E. S. Festin, M. Tigabu, M. N. Chileshe, S. Syampungani, P. C. Odén, Progresses in Restoration of Post-Mining Landscape in Africa, *Journal of Forest Research*, Vol. 30, 2019, pp. 381-396, <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0621-x>.
- [27] D. M. McHaina, Environmental Planning Considerations for the Decommissioning, Closure And Reclamation of a Mine Site, *International Journal of Surface Mining Reclamation and Environment*, Vol 15, 2001, pp. 163-176, <https://doi.org/10.1076/ijsm.15.3.163.3412>.
- [28] H. Soltanmohammadi, M. Osanloo, A. A. Bazzazi, an Analytical Approach With a Reliable Logic and a Ranking Policy For Post-Mining Land-use Determination, *Land Use Policy*, Vol. 27, 2010, pp. 364-372, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.05.001>.
- [29] I. Masoumi, S. Naraghi, F. R. Nejad, S. Masoumi, Application of Fuzzy Multi-attribute Decision-Making to Select and to Rank the Post-mining Land-use, *Environmental Earth Sciences*, Vol. 72, 2014, pp. 221-231.
- [30] S. Fields, The Earth's Open Wounds: Abandoned and Orphaned Mines, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 111, 2003, pp. 154-161, <https://doi.org/doi/abs/10.1289/ehp.111-a154>.
- [31] M. Hendrychová, M. Kabrna, An Analysis of 200-Year-long Changes in a Landscape Affected by Large-scale Surface Coal Mining: History, Present and Future, *Applied Geography*, Vol. 74, 2016, pp. 151-159, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.07.009>.
- [32] J. M. R. Vega, A. G. Villar, J. S. González, R. B. G. Gutiérrez, J. Á. Martínez, Changes in Land use Due to Mining in the North-Western Mountains of Spain During yhe Previous 50 Years, *Catena*, Vol. 149, 2017, pp. 844-856, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.017>.
- [33] P. N. Ho, N. X. Hai, P. T. T. Ha, T. N. Diep, Assessing Soil Quality at Three Typical Construction Material Mining Sites (Limestone Mine, Basalt Mine, and Clay Mine) in Luong Son District, Hoa Binh Province, *VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences*, Vol. 32, No. 1S, 2016, pp. 155-163 (in Vietnamese).
- [34] J. A. Simmons, W. S. Currie, K. N. Eshleman, K. Kuers, S. Monteleone, T. L. Negley, B. R. Pohland, C. L. Thomas, Forest to Reclaimed Mine Land use Change Leads to Altered Ecosystem Structure and Function, *Ecological Applications*, Vol. 18, 2008, pp. 104-118, <https://doi.org/10.1890/07-1117.1>.