Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: http://tapchi.humg.edu.vn

# Ứng dụng thuật toán AHP phân loại thứ tự đầu tư khai thác các khoáng sàng than Quảng Ninh trong đánh giá môi trường chiến lược (ĐMC)

Võ Chí Mỹ [1,*], Vũ Thị Hằng [2], Hoàng Minh Hải [3]

[1] *Chủ tịch Hội Trắc địa Mỏ Việt Nam, Việt Nam*
[2] *Vụ Khoa học Công nghệ, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Việt Nam*
[3] *Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ, Việt Nam*

THÔNG TIN BÀI BÁO

*Quá trình:*
Nhận bài 15/3/2017
Chấp nhận 21/5/2017
Đăng online 31/8/2017

*Từ khóa:*
Đánh giá môi trường chiến lược
Quy hoạch khoáng sản
Quá trình phân tích thứ bậc AHP
Khoáng sàng than Quảng Ninh

TÓM TẮT

*Lựa chọn phương án đầu tư khai thác theo nhiều tiêu chí là yêu cầu cần thiết trong nội dung đánh giá môi trường chiến lược (ĐMC) quy hoạch khai thác khoáng sản. Nội dung bài báo trình bày phương pháp ứng dụng thuật toán quá trình phân tích thứ bậc (AHP) trong phân tích đánh giá và lựa chọn thứ tự ưu tiên đầu tư khai thác các khoáng sàng than Quảng Ninh. So với các phương pháp ĐMC khác, ưu điểm nổi trội của AHP là giải bài toán đa tiêu chí vừa định lượng vừa định tính với kết quả chính xác và tin cậy. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu lựa chọn thứ tự ưu tiên khai thác khoáng sàng than Quảng Ninh theo các tiêu chí môi trường trong ĐMC.*

© 2017 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

## 1. Mở đầu

ĐMC là yêu cầu pháp lý đối với các chiến lược, quy hoạch và kế hoạch (CQK). Trong đánh giá môi trường chiến lược (ĐMC) nói chung và ĐMC quy hoạch khai thác khoáng sản nói riêng, một trong các nội dung quan trọng là lựa chọn phương án đầu tư. Có hai yêu cầu lựa chọn phương án ưu tiên (Võ Chí Mỹ, 2005 ; Võ Chí Mỹ, 2006; Võ Chí Mỹ et al 2011; Mai Thế Toản, 2013).

- Lựa chọn phương án ưu tiên cho toàn bộ quy hoạch,

- Lựa chọn phương án ưu tiên cho các quy hoạch thành phần.

Trong bối cảnh vấn đề bảo vệ môi trường đã trở thành yếu tố quan trọng trong việc ra quyết định đầu tư. Cần phải có các phương pháp dựa trên cơ sở tính toán khoa học, định lượng để xác định phương án tối ưu trong quá trình ra quyết định đầu tư bảo đảm sự phát triển bền vững.

Ngoài những mỏ than đang khai thác, trên bể than Quảng Ninh hiện đang tồn tại 8 điểm khoáng sàng than kéo dài từ Đông Triều-Uông Bí đến Hòn Gai, Cẩm Phả (Bộ Công thương, 2012). Theo kết quả công tác thăm dò địa chất, các khoáng sàng than này đều nằm dưới mức -300 m và đều nằm trong phạm vi quy hoạch khai thác. Các điểm

*Tác giả liên hệ
*E-mail:* vochimytdm@gmail.com

khoáng sàng than này có các đặc điểm điều kiện địa chất, địa hình, trữ lượng v.v,… khác nhau, phân bố ở các vị trí địa lý và không gian với các điều kiện phát triển kinh tế - xã hội và môi trường khác nhau. Một yêu cầu lớn trong khi thực hiện đánh giá môi trường chiến lược là lựa chọn khai thác các điểm khoáng sàng trên theo thứ tự ưu tiên sao cho đồng thời thỏa mãn các tiêu chí của ĐMC nghĩa là theo hướng kết hợp hài hòa cả ba hợp phần kinh tế, xã hội và môi trường.

Phương pháp quá trình phân tích thứ bậc AHP (Analytical Hierachy Process) là thuật toán phân tích đa tiêu chí thông qua qui trình khử dần các giá trị và sự so sánh từng cặp tham số theo tất cả các tiêu chí, giúp cung cấp một tổ hợp tổng thể về thứ tự sắp xếp các phương án lựa chọn khai thác tối ưu các tiêu chí ĐMC kinh tế - xã hội và môi trường (Nguyen Kim Anh, Vo Chi My, et al., 2013; Vo Chi My et al., 2011; Koziol W., Piotrowski Z., et al., 2011).

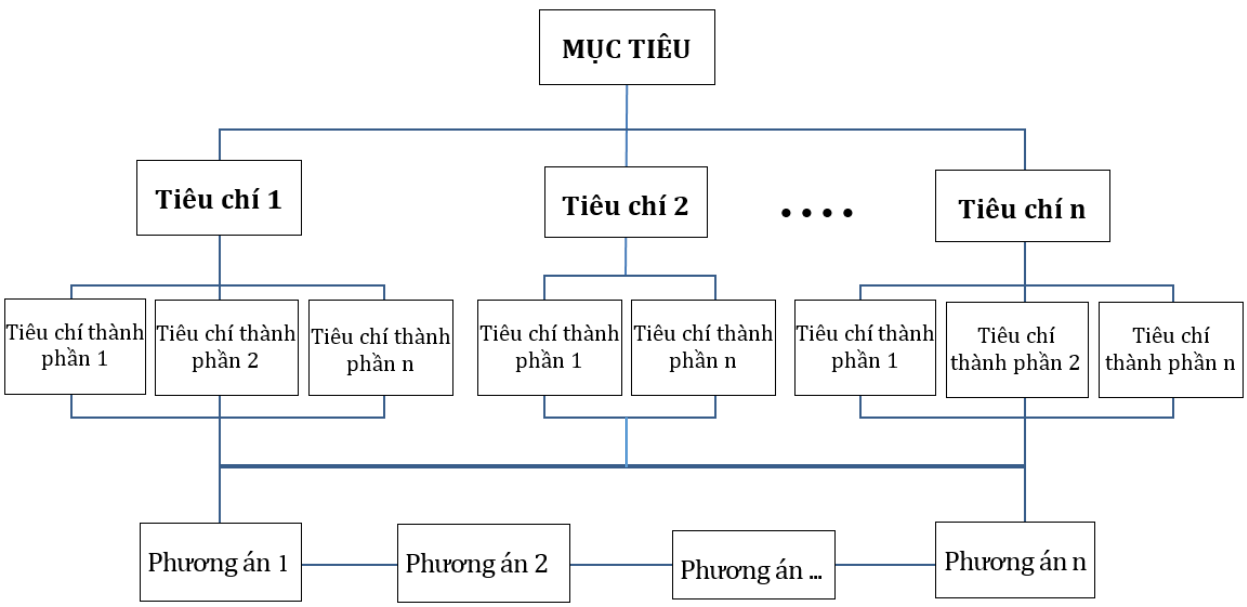
## 2. Xây dựng sơ đồ cấu trúc thứ bậc đa tầng theo nguyên lý AHP

Các tiêu chí của ĐMC có mức độ quan trọng khác nhau và thường xung đột lẫn nhau. Giả sử rằng: có M lựa chọn, với N số lượng tiêu chí, các phương án lựa chọn liên quan đến từng tiêu chí với giá trị trọng số khác nhau. Gọi $a_{ij}$ ($i$=1, 2, 3…$M$ và $j$=1, 2, 3…$N$) là lựa chọn thứ i ($A_i$) theo tiêu chí thứ j ($C_j$); nếu các tiêu chí $C_j$ có mức độ quan trọng khác nhau, có nghĩa là có trọng số $W_j$ khác nhau, bài toán phân tích đa tiêu chí được thể hiện trong ma trận sau đây (Vũ Thị Hằng, 2015 ; Koziol W., Piotrowski Z., et al., 2011)

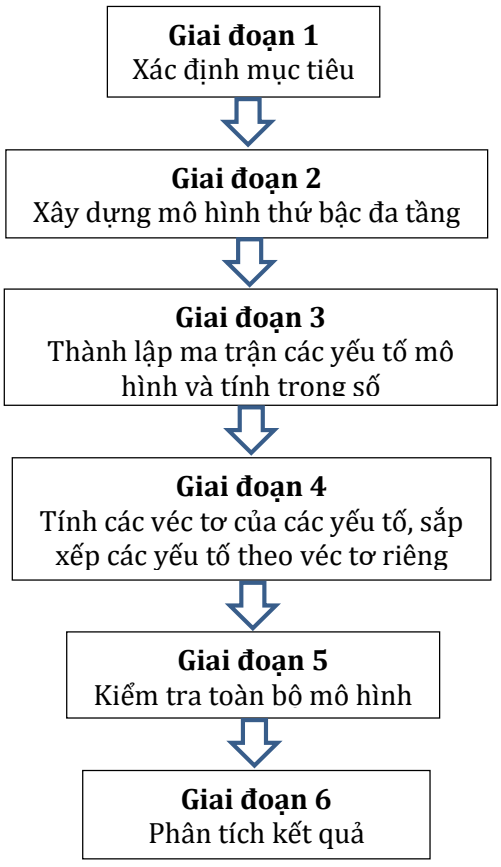
| | *Tiêu chí* | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Phương án lựa chọn* | $C_1 W_1$ | $C_2 W_2$ | $C_3 W_3$ | …… …… | $C_N W_N$ |
| $A_1$ | $a_{11}$ | $a_{12}$ | $a_{13}$ | ……. | $a_{1N}$ |
| $A_2$ | $a_{21}$ | $a_{22}$ | $a_{23}$ | ……. | $a_{2N}$ |
| $A_3$ | $a_{31}$ | $a_{32}$ | $a_{33}$ | ……. | $a_{3N}$ |
| . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . |
| . | . | . | . | . | . |
| $A_M$ | $a_{M1}$ | $a_{M2}$ | $a_{M3}$ | …… | $a_{MN}$ |

Từ nhu cầu thực tế trên đây, có thể thấy rằng: phương án M được coi sự lựa chọn tối ưu là khi nó được tính toán, phân tích trong tất cả các tổ hợp N tiêu chí với các trọng số của các tiêu chí khác nhau. Dựa trên nguyên lý phân tích đa tiêu chí, các tác giả đã xây dựng sơ đồ cấu trúc thứ bậc đa tầng theo nguyên lý AHP (Hình 1).

Các tiêu chí cơ bản, các tiêu chí thành phần sẽ lần lượt được phân tích đánh giá để xác định "bậc" cuối cùng là các phương án lựa chọn. Để thực hiện phép phân tích thứ bậc đối với yêu cầu xác định thứ tự ưu tiên khai thác than ở mức dưới -300 cho khu vực bể than Quảng Ninh, bài toán đã được phân thành các giai đoạn (Hình 1).




*Hình 1. Mô hình thứ bậc đa tầng.*




*Hình 2. Sơ đồ khối các giai đoạn xử lý AHP.*

Các yếu tố của mô hình, bao gồm các tiêu chí chính, các tiêu chí thành phần, các phương án trên mỗi tầng sẽ được phân tích đánh giá theo từng cặp một theo các tiêu chí của tầng trên. Để thực hiện đánh giá các yếu tố trên các tầng thứ bậc của AHP, tiến hành thành lập ma trận.

$$\begin{array}{c} \\ x_1 \\ x_2 \\ \\ x_n \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} x_1 & x_2 & & x_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \end{array} \quad (1)$$

Trong đó:

$a_{ij}$: mức độ đánh giá giữa chỉ tiêu thứ i so với thứ j, $a_{ij}>0$, $a_{ij} = 1/a_{ji}$, $a_{ii} = 1$.

Ma trận **A** thỏa mãn các điều kiện: $a_{ij} \rangle 0, a_{ij} = 1/a_{ji} \forall\, i, j=1,2,...n.$

Tính các véc tơ của các yếu tố, sắp xếp các yếu tố theo véc tơ ưu tiên (trọng số). Véc tơ riêng (Eigenvector) thể hiện qua trọng số ***W*** biểu thị bằng công thức $W = w_{1i}, w_{2i}, ....w_{ni}$ được tính dựa trên các tiêu chí và phương án nhằm mục đích đạt được mục tiêu đề ra.

Quá trình tính toán so sánh từng cặp có thể có sai số và dẫn đến sai số trong đánh giá. Để kiểm tra và loại trừ sai số, có thể sử dụng chỉ số nhất quán (Koziol W., Piotrowski Z., et al., 2011).

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

Trong đó:

$\lambda_{max}$ - giá trị cực đại của ma trận.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \times \left[ \frac{\sum_{i=1}^{n} w_{1i}}{w_{11}} + \frac{\sum_{i=1}^{n} w_{2i}}{w_{22}} + \frac{\sum_{i=1}^{n} w_{3i}}{w_{33}} + \dots \right]$$

Trong đó:

*n:* bậc ma trận.

*w*: giá trị của chỉ tiêu đã được chuẩn hóa của hàng *i* tương ứng với cột *i.*

Tính hệ số nhất quán CR

$$CR = \frac{CI}{RI}.100\% \quad (3)$$

Trong đó:

*CI*: chỉ số nhất quán,

*RI*: chỉ số ngẫu nhiên phụ thuộc vào bậc của ma trận (n)

Nếu chỉ số nhất quán $CR \leq 0,1$ có nghĩa là sai số trong khoảng 10% và các đánh giá là nhất quán, chính xác.

Véc tơ các phương ưu tiên là trọng số lớn nhất đánh giá các tiêu chí và các phương án lựa chọn theo mục tiêu cao nhất.

Quá trình tính toán véc tơ ưu tiên bước đầu là chuẩn hóa ma trận **A** bằng cách chia từng yếu tố trong từng cột của ma trận cho tổng các yếu tố trong cột đó.

$$w_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} aij}$$

Sau đó, tính trọng số trung bình cho từng hàng và từng cột của ma trận mới và cuối cùng là tính véc tơ các phương án ưu tiên trong từng bậc. Lưu ý rằng tổng các véc tơ ưu tiên luôn bằng 1.

$$\sum w_i = 1$$

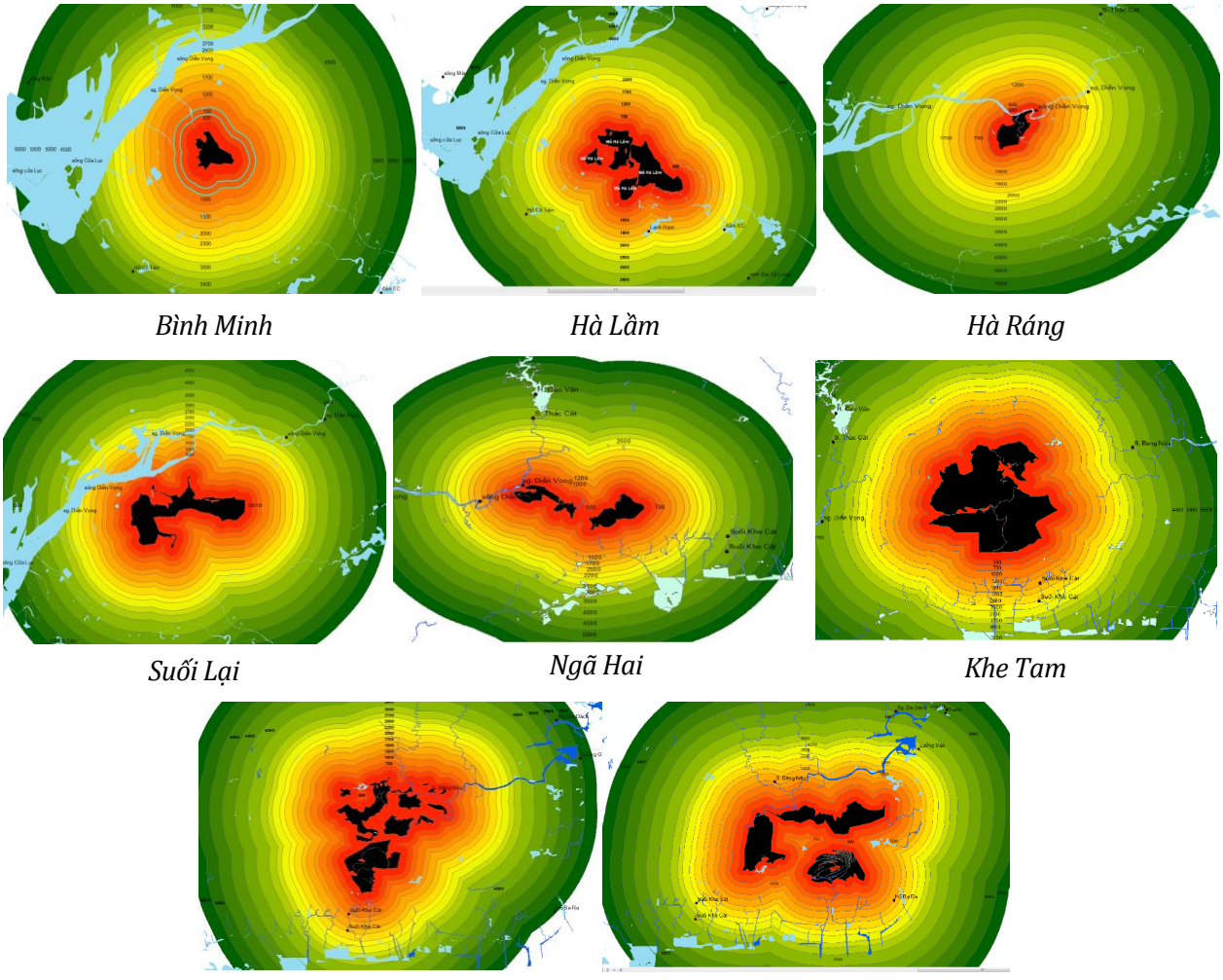
Thành lập ma trận mới mà các cột là các véc tơ ưu tiên của các bậc của môt hình đa tầng.

Nhân các ma trận với nhau, các véc tơ ưu tiên tổng sẽ ở bậc cuối cùng (tức là bậc của các phương án lựa chọn). Phương án lựa chọn phụ thuộc vào giá trị véc tơ ưu tiên lấy cao xuống thấp.

Sau khi đã thực hiện và kiểm tra kết quả tính trọng số của các chỉ tiêu, mô hình phân tích thứ bậc đa tầng sẽ cho kết quả chỉ số thích hợp của từng vị trí. Trên cơ sở đó, tiến hành phân tích, đánh giá và đưa ra kết quả cuối cùng.

*Bảng 1. Các khoáng sàng than -300m trên bể than Quảng Ninh.*

| TT | Khoáng sàng | Địa danh (xã/phường, huyện/thị, tỉnh) |
|---|---|---|
| 1 | Mông Dương | Phường Mông Dương, thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. |
| 2 | Khe Chàm | Phường Mông Dương, thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. |
| 3 | Ngã Hai | Xã Dương Huy, thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. |
| 4 | Hà Ráng | Phường Hà Khánh, phường Quang Hanh, thành phố Hạ Long, Cẩm Phả và xã Vũ Oai huyện Hoành Bồ, tỉnh Quảng Ninh. |
| 5 | Suối Lại | Phường Hà Khánh, thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. |
| 6 | Khe Tam | Xã Dương Huy, thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. |
| 7 | Hà Lầm | Phường Hà Lầm, Hà Trung, Hà Khánh, thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. |
| 8 | Bình Minh | Phường Hà Khánh, thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. |




*Hình 3. Khoảng cách từ các khu vực khai thác đến nguồn nước mặt.*

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Thông tin về vị trí của các khoáng sàng than ở trong khu vực nghiên cứu được thể hiện trong bảng 1 (Bộ Công thương, 2012).

Dựa vào mục đích và các yêu cầu ĐMC quy hoạch khoáng sản, bên cạnh các yếu tố kinh tế cần đánh giá mức độ ưu tiên theo các tiêu chí về môi trường, theo đó, tác động của hoạt động khai thác đến các đối tượng chính dễ bị tổn thương bao gồm:

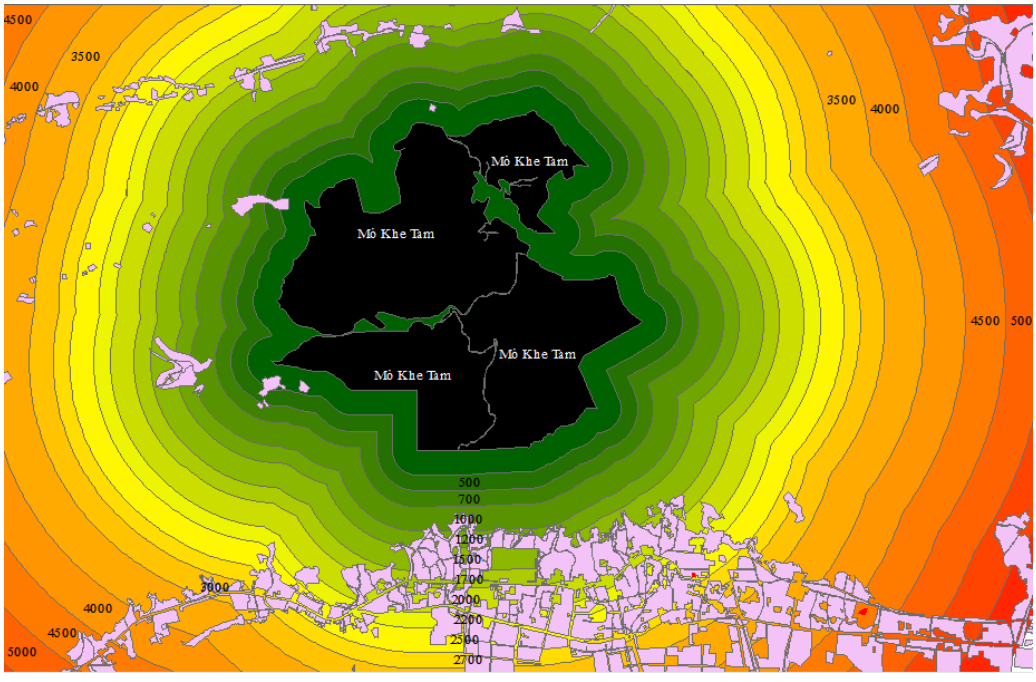
- Tác động đến hệ thống nước mặt,
- Tác động đến khu dân cư,
- Tác động đến đến các khu di tích lịch sử, khu tín ngưỡng, tôn giáo, văn hóa,
- Tác động đến khu công nghiệp, mạng lưới giao thông,

Hình 3 là các biểu đồ kết quả phân tích không gian trong ArcGIS cho phép xác định khoảng cách vị trí khai thác khoáng sàng đến các nguồn nước mặt – đối tượng mà quá trình đầu tư khai thác than sẽ gây ô nhiễm.

Hình 4 là biểu đồ kết quả xử lý AHP với tham số chỉ tiêu tác động của khoáng sàng than Khe Tam lên môi trường nước khu vực dân cư. Khoáng sàng than Khe Tam: thuộc xã Dương Huy, thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh; khu dân cư cách khu vực khai thác than khoảng 1,2 km. Khi mỏ khai thác sâu hơn mức xâm thực việc thu gom nước tự chảy về các hầm chứa rồi bơm lên địa hình thoát ra ngoài sẽ làm ô nhiễm các dòng chảy mặt với các vật chất ô nhiễm như kim loại nặng, chất lơ lửng, đặc biệt là các dòng a-xít. Khoảng cách từ khu vực khai thác đến khu dân cư được tính là những vị trí nằm gần khu vực khai thác nhất, là viền ngoài các khu dân cư phải tập trung đông đúc. Kết quả phân tích này cho phép so sánh "mức độ tác động môi trường nước khu vực dân cư" của khoáng sàng Khe Tam so với các khoáng sàng khác là tiêu chí cho quá trình sắp xếp thứ tự ưu tiên của các dự án thành phần trong ĐMC.

Từ các kết quả tính toán trọng số của từng chỉ tiêu trong từng nhóm sẽ xác định được trọng số của từng chỉ tiêu đối với từng khoáng sàng riêng biệt (Bảng 2).

Để lựa chọn phương án ưu tiên khai thác than ở độ sâu mức dưới -300, cần phải phân tích không gian tổng hợp với nhiều tiêu chí được sử dụng, cùng một lúc phải xem xét tất cả các thông số của các tiêu chí. Kết quả phân tích thứ bậc AHP cho kết quả sắp xếp thứ tự ưu tiên đầu tư khai thác các khoáng sàng than than ở độ sâu mức -300 như sau (Bảng 3).




*Hình 4. Tác động khai thác khoáng sàng Khe Tam lên môi trường nước mặt và khu vực dân cư.*

*Bảng 2. Kết quả tính trọng số chung cho từng chỉ tiêu đối với từng khoáng sàng khai thác than ở mức dưới -300.*

| | Mông Dương | Khe Chàm | Khe Tam | Ngã Hai | Hà Ráng | Suối Lại | Bình Minh | Hà Lầm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nước mặt | 0,016 | 0,021 | 0,004 | 0,015 | 0,024 | 0,008 | 0,004 | 0,009 |
| Dân cư | 0,007 | 0,007 | 0,005 | 0,007 | 0,002 | 0,003 | 0,006 | 0,028 |
| Đất SXKD | 0,024 | 0,014 | 0,011 | 0,016 | 0,008 | 0,040 | 0,040 | 0,012 |
| Di tích | 0,019 | 0,026 | 0,016 | 0,011 | 0,007 | 0,013 | 0,018 | 0,068 |
| Giao thông | 0,017 | 0,012 | 0,023 | 0,013 | 0,021 | 0,028 | 0,020 | 0,022 |
| Mật độ chứa than | 0,004 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,012 | 0,003 | 0,006 | 0,001 |
| Chiều dày các vỉa | 0,009 | 0,006 | 0,006 | 0,006 | 0,009 | 0,006 | 0,009 | 0,009 |
| Số vỉa | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,017 | 0,002 | 0,009 | 0 |
| Cốt cao khai thác | 0,002 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,010 | 0,008 | 0,014 | 0,005 |
| ĐCTV-ĐCCT | 0,007 | 0,004 | 0,020 | 0,007 | 0,017 | 0,008 | 0,008 | 0,007 |
| Độ chứa khí mỏ | 0,007 | 0,015 | 0,012 | 0,012 | 0,008 | 0,011 | 0,009 | 0,008 |
| Tổng | 0,113 | 0,109 | 0,106 | 0,095 | 0,134 | 0,131 | 0,143 | 0,169 |
| Thứ tự ưu tiên khai thác | 4 | 3 | 2 | 1 | 6 | 5 | 7 | 8 |

*Bảng 3. Thứ tự ưu tiên đầu tư khai thác các khoáng sàng than Hòn Gai - Cẩm Phả.*

| Khoáng sàng than | Thứ tự ưu tiên |
|---|---|
| Khoáng sàng Ngã Hai | 1 |
| Khoáng sàng Khe Tam | 2 |
| Khoáng sàng Khe Chàm | 3 |
| Khoáng sàng Mông Dương | 4 |
| Khoáng sàng Suối Lại | 5 |
| Khoáng sàng Hà Ráng | 6 |
| Khoáng sàng Bình Minh | 7 |
| Khoáng sàng Hà Lầm | 8 |

Một trong những nội dung quan trọng của ĐMC là lựa chọn các phương án thành phần theo thứ tự ưu tiên. Cho đến nay, vấn đề này thường được lựa chọn định tính chưa xem xét hết các tiêu chí. Thuật toán AHP đã cho phép xác định thứ tự ưu tiên theo các tiêu chí môi trường một cách khách quan và độ tin cậy cao. Đây là một đóng góp có ý nghĩa thực tế cho cơ sở và phương pháp luận của đánh giá môi trường chiến lược các quy hoạch khoáng sản nói riêng và của các CQK nói chung.

## 4. Kết luận

Lựa chọn phương án ưu tiên đầu tư là nội dung quan trọng trong các ĐMC quy hoạch khoáng sản. Ứng dụng thuật toán quá trình phân tích thứ bậc AHP là cơ sở khoa học cho phép lựa chọn chính xác các phương án ưu tiên khai thác các khoáng sàng than -300 trên khu vực Hòn Gai-Cẩm Phả bảo đảm thỏa mãn tối ưu các tiêu chí.

So sánh với các phương án lựa chọn theo kinh nghiệm chuyên gia hoặc các phép suy giải định tính, phương pháp AHP hỗ trợ đánh giá các dự án một cách khách quan, cung cấp một cơ chế tin cậy để kiểm tra, lựa chọn và đánh giá mối tương quan của các chỉ tiêu, góp phần giảm thiểu sai lầm khi ra quyết định. Để xử lý một bài toán nhiều biến, AHP tách toàn bộ những vấn đề cần giải quyết thành nhiều chỉ tiêu tương ứng với các đánh giá khác nhau thông qua trọng số của nó với mục tiêu cần thực hiện.

## Tài liệu tham khảo

Bộ Công thương, 2012. Quy hoạch phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020 có xét đến năm 2030, Tập đoàn công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam, Hà Nội.

Koziol W., Piotrowski Z., 2011. Applicatipn of analytical hierachy process (AHP) for multi-criteria assessment of technologies of waste from coal mining management innowation, Journal of Environ. Protection, vol.13.

Mai Thế Toản, 2013. Nghiên cứu xác lập cơ sở khoa học nhằm xây dựng bản hướng dẫn đánh giá môi trường chiến lược đối với quy hoạch về thăm dò, khai thác và chế biến khoáng sản, Báo cáo kết quả đề tài NCKH và PTCN, Cục Thẩm định và Đánh giá tác động môi trường, Bộ TN và MT, Hà Nội.

Nguyen Kim Anh, Vo Chi My, 2013. Environmental hazard mapping using GIS and AHP - A case study of Dong Trieu district in Quang Ninh province, the 8th Digital Earth Symposium, Borneo, Malaysia.

Võ Chí Mỹ, 2005. Đánh giá tác động môi trường và đánh giá môi trường chiến lược, Giáo trình sau đại học, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

Võ Chí Mỹ, 2006. Đánh giá môi trường chiến lược, công cụ hiệu quả phục vụ quản lý môi trường khai thác khoáng sản, Tài liệu HNKH CN mỏ, Sa Pa.

Vo Chi My, Vu Thi Hang, Nguyen Thi Le Hang, 2011. On the integration of geomatic engineering and AHP for strategic environmental assessment in master plan of mineral industry, Proceding of International Conference on the Advances in Environmental Engineering for Natural Resources Mining (ICAEENRM1).

Vũ Thị Hằng, 2015. Nghiên cứu xác lập cơ sở khoa học tích hợp tư liệu địa tin học đánh giá môi trường chiến lược (ĐMC) phục vụ quy hoạch khai thác khoáng sản (ví dụ cho bể than Quảng Ninh). Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

# ABSTRACT

## Application of algorythm AHP for the envestment rangking of the Quang Ninh coal deposits in the strategic environmental assessment (SEA)

My Chi Vo [1,*], Hang Thi Vu [2], Hai Minh Hoang [3]

[1] *Vietnam Society for Mine Surveying, Vietnam.*
[2] *Department of Science and Technology, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam.*
[3] *Vietnam Institute of Geodesy and Cartography, Vietnam.*

Selection of optimal envestment projects is one of the important tasks of every SEA including mineral plannings. The paper deals with the application of algorythm AHP for the envestment rangking of the Quang Ninh coal deposits in the strategic environmental assessment. In oder to establish the classificatin of the coal deposits by mean of analitic hierachy process, a multicriteria analysis model was built. In the estimation of coal deposits all factors which can have influence on the effectivness of their envestments were taken into account. They are as follows: geological-mining, environmental and socio-economical.

Keywords: Strategic enviromental assessment, mineral resourse planning, AHP, Quang Ninh coal deposit.