





## Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

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



# Mô hình địa chất 3D trong đánh giá các vỉa than ở mỏ Khe Chàm I, Quảng Ninh: Kỹ thuật và ứng dụng

Khuong Thế Hùng<sup>1,\*</sup>, Trịnh Ngọc Tú Minh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Khoa học và Kỹ thuật Địa chất, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Việt Nam

<sup>2</sup> Công ty than Khe Chàm – TKV, Quảng Ninh, Việt Nam

### THÔNG TIN BÀI BÁO

#### Quá trình:

Nhận bài 24/7/2021

Chấp nhận 24/8/2021

Đăng online 01/12/2021

#### Từ khóa:

Mỏ than Khe Chàm I,  
Mô hình địa chất 3D,  
Mô hình,  
Tỉnh Quảng Ninh,  
Vỉa than.

### TÓM TẮT

Dù đang đối phó với giai đoạn khủng hoảng, than vẫn là tài nguyên năng lượng chưa thể thay thế. Tuy nhiên, than là nguồn tài nguyên không tái tạo, như vậy ngoài việc mở rộng tìm kiếm, việc khai thác hợp lý các mỏ hiện có là thách thức cho việc tìm kiếm thăm dò và khai thác. Sự phát triển của mô hình địa chất ba chiều (3D) liên quan đến việc tích hợp lượng lớn dữ liệu địa chất như thạch học, cấu trúc, địa hóa, địa vật lý và thiết kế lỗ khoan, dễ dàng truy cập và bổ sung tài liệu. Bài báo sử dụng mô hình 3D như một minh chứng cho công cụ nghiên cứu các thông số địa chất và tính trữ lượng/tài nguyên các vỉa than. Việc đánh giá trữ lượng than được thực hiện bằng ứng dụng 3D trên các phần mềm Surfer và Rockwork, kết quả đạt được 70.145 nghìn tấn than cho 02 vỉa V12 và V13-1 mỏ Khe Chàm I, tương đối phù hợp với các tính toán trước đây. Mặt khác, phân tích 3D khu mỏ cho phép hình dung tốt hơn về quy mô và sự phân bố không gian của các thành tạo địa chất trong khu mỏ. Kết quả đánh giá mối tương quan giữa chiều dày và góc dốc vỉa than V12 và V13-1 cho thấy, tổng trữ lượng có khả năng cơ giới hoá của mỏ phần lớn tập trung vào các khu vực vỉa có góc dốc dưới 180 chiếm 62,7÷82,17% và chiều dày vỉa từ 1,2÷3,5 m. Nhìn chung, ứng dụng mô hình địa chất 3D mỏ than Khe Chàm I cho phép đánh giá trực quan và toàn diện hơn về khu mỏ, giúp cho các nhà địa chất và khai thác có những nhận định tốt hơn cho công tác nghiên cứu địa chất và khai thác mỏ.

© 2021 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

## 1. Mở đầu

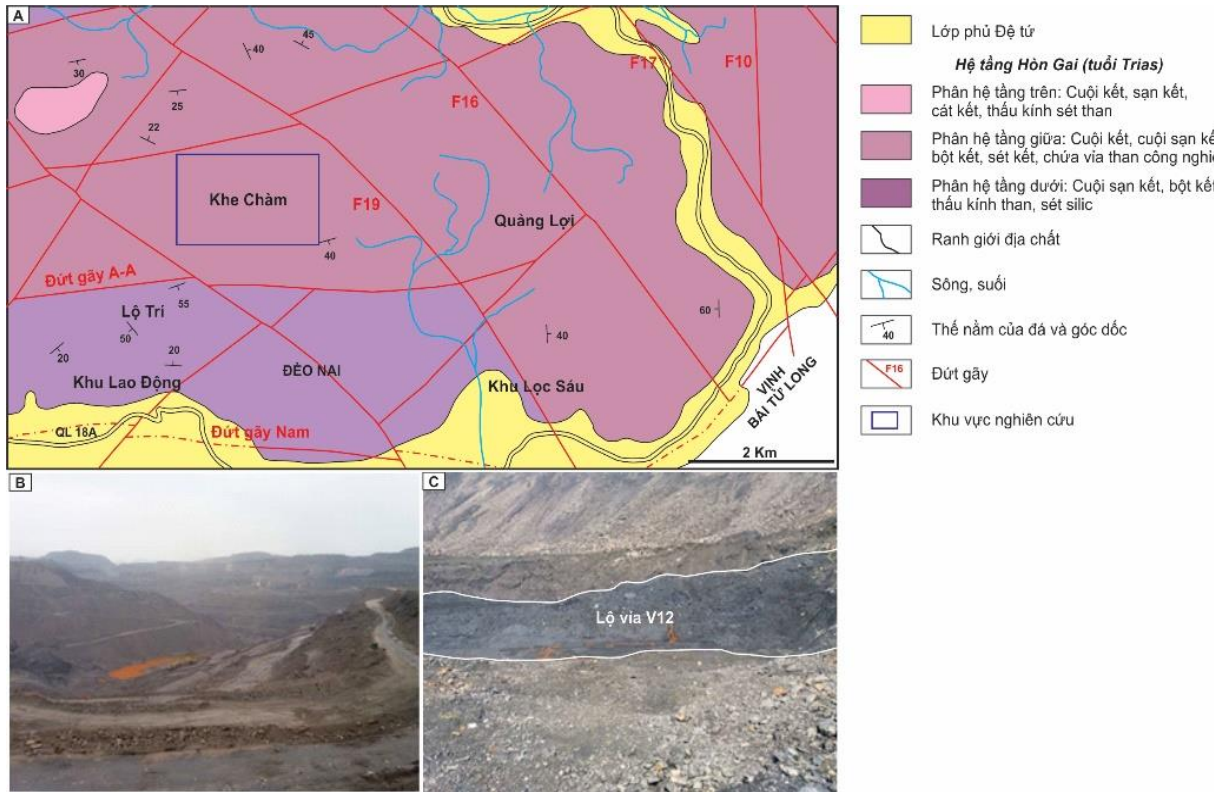
Trong thời gian qua, sự gia tăng sản lượng khai thác mạnh mẽ cũng như nhu cầu tiêu thụ than ở nước ta ngày càng tăng, đòi hỏi các nhà quản lý cần hoạch định chiến lược, đánh giá nguồn tài

nguyên than để phục vụ cho việc thiết kế khai thác, trong đó công tác dự báo, đánh giá tài nguyên, chất lượng than là hết sức quan trọng và phải đi trước một bước. Do vậy, việc phân tích và đánh giá lại trữ lượng than làm cơ sở cho việc quy hoạch khai thác và sử dụng chúng một cách hợp lý là rất cần thiết. Trước đây, các nhà địa chất Việt Nam thường dùng phương pháp Secang hoặc Cosecang trong tính toán trữ lượng/tài nguyên cho các vỉa than (Bùi Minh Chí, 2004; Nguyễn Anh Tuấn và nnk., 2012; Phạm Tuấn Anh và nnk., 2008). Tuy nhiên,

\*Tác giả liên hệ

E - mail: [khuongthehung@humg.edu.vn](mailto:khuongthehung@humg.edu.vn)

DOI: 10.46326/JMES.2021.62(5a).15



Hình 1. a - Sơ đồ địa chất vùng Khe Chàm, Quảng Ninh (theo Lê Hùng và nnk., 1996).  
 b - Khai trường khai thác mỏ Khe Chàm I; c - Vía than V12 lộ ra trên bề mặt.  
 (ảnh Khương Thế Hùng, 2017).

phương pháp này cũng bộc lộ nhiều nhược điểm như tốc độ tính toán chậm, phức tạp, độ tin cậy còn nhiều hạn chế khi vỉa than biến đổi mạnh. Ứng dụng mô hình địa chất 3D trong đánh giá tài nguyên, trữ lượng có thể khắc phục được những nhược điểm trên và đây là phương pháp đang được sử dụng ngày càng phổ biến trong công tác tìm kiếm – thăm dò và khai thác khoáng sản (Fallara và nnk., 2006; Förster và Merriam, 2013; Kaufmann và Martin, 2008; Smith, 1999; Wang và nnk., 2007).

Khu vực Khe Chàm I, thuộc bể than Quảng Ninh được thăm dò và khai thác than với quy mô khá lớn, tuy nhiên chưa có công trình nào nghiên cứu xây dựng mô hình địa chất ba chiều (3D) cho các vỉa than. Vì vậy, việc ứng dụng mô hình địa chất 3D trong đánh giá tài nguyên, trữ lượng than mỏ Khe Chàm I sẽ góp phần làm sáng tỏ thêm đặc điểm về phân bố không gian, đặc điểm biến hóa các thông số địa chất vỉa than (chiều dày, góc dốc, lớp kẹp,...) cấu trúc địa chất vây quanh chúng và nâng cao độ tin cậy của công tác tính trữ lượng/tài nguyên cho các vỉa than. Ngoài ra, mô hình 3D còn

giúp cho việc nghiên cứu về hình dạng, cấu trúc vỉa than và xác định độ tập trung than, góp phần giảm thiểu rủi ro, thời gian trong công tác thăm dò và khai thác mỏ.

Hiện nay, mỏ than Khe Chàm I đang đào lò và khai thác từ mức -100÷-225 m tại khu trung tâm, do các vỉa V14-5, V14-4, V14-2, V13-2 đều đã khai thác hết từ năm 2013, nên các gương lò đào và gương lò chợ tại mỏ đang tập trung vào vỉa V13-1 và V12. Vì vậy, bài báo chỉ tập trung nghiên cứu 2 vỉa than V12 và V13-1.

## 2. Khái quát về đặc điểm địa chất mỏ

Mỏ Khe Chàm I thuộc khu vực Khe Chàm, phường Mông Dương, thành phố Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh. Khu mỏ cách trung tâm thành phố Cẩm Phả khoảng 10 km về phía bắc, nằm bên trái đường quốc lộ 18A từ Hạ Long đi Mông Dương.

Trong khu mỏ có mặt các trầm tích Trias thuộc hệ tầng Hòn Gai, phân hệ tầng giữa và các trầm tích bờ rời hệ Đệ Tứ (Lê Hùng và nnk., 1996), (Hình 1). Hệ tầng Hòn Gai (T<sub>3n-rhg</sub>) phân bố rộng

TT	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Tên vỉa	Tuyển	Tên lỗ khoan	X (m)	Y (m)	Z (m)	Chiều sâu lỗ khoan (m)	Độ cao đáy lỗ khoan (m)	Chiều dày toàn vỉa (m)	Đá kẹp	Chiều dày thật (m)	Chiều sâu vách (m)	Chiều sâu trụ (m)	Độ cao vách (m)	Độ cao trụ (m)	Góc dốc	Độ tro (Ak)	
2	1	V12	XB	2718	452763,84	2328941,45	103,08	550	-446,92	2,6		1,99	354,8	357,4	-251,72	-254,32	25	15,81
3	2	V12		2587	452756,49	2328794,70	112,76	317,1	-204,34	1,8		1,67	295,2	297	-182,44	-184,24	22	28,31
4	3	V12		KC58	452756,19	2328709,19	130,69	460	-329,31	1,4		1,21	301,6	303	-170,91	-172,31	30	32,18
5	4	V12		2501	452756,92	2328640,08	134,4	320	-185,6	2,7		2,64	281	283,7	-146,6	-149,3	12	29,12
6	5	V12	XI	2598	453013,75	2329440,79	33,15	541,9	-508,75	1,4		1,2	391,2	392,6	-358,05	-359,45	31	27,98
7	6	V12		KC63	453010,41	2329204,75	93,79	891	-797,21	3	0,76/2	2,08	378,4	381,4	-284,61	-287,61	20	18,35
8	7	V12		KC45	453028,85	2328982,33	97,18	560	-462,82	1,7		1,54	283,2	284,9	-186,02	-187,72	25	4,6
9	8	V12		KC27	453010,62	2328872,15	92,71	260	-167,29	1,2		1,09	232,7	233,9	-139,99	-141,19	25	21,52
10	9	V12		BS43	453006,21	2328816,46	78,78	530	-451,22	0,9		0,87	230	230,9	-151,22	-152,12	20	
11	10	V12			2531	453003,64	2328740,27	62,44	254	-191,56	1,5		1,45	237,5	239	-175,06	-176,56	15
12	11	V12		377	453007,58	2328578,85	74,19	294,8	-220,61	0,9		0,82	282,5	283,4	-208,31	-209,21	25	5,55
13	12	V12	XIb	KC40	453289,03	2329425,60	43,14	410,5	-367,36	2,2		1,8	313,2	315,4	-270,06	-272,26	35	8,91
14	13	V12		2534	453284,03	2329248,13	57,44	323,2	-265,76	4,1	1,16/2	2,8	272,1	276,2	-214,66	-218,76	15	26,912
15	14	V12		KC60	453284,81	2329164,00	98,57	880	-781,43	1,2		1,13	305,8	307	-207,23	-208,43	20	15,12
16	15	V12		2528	453288,44	2329037,00	114,62	423	-308,38	1,8		1,71	299,8	301,6	-185,18	-186,98	18	4,01
17	16	V12		KC01-10	453263,84	2328909,81	108,22	268	-159,78	4,8	0,95/1	3,62	258,9	263,7	-150,68	-155,48	18	
18	17	V12		2536	453240,45	2328812,54	63,5	245	-181,5	2,3		0,83	225,2	227,5	-161,7	-164	25	12,16
19	18	V12		NVTĐ2	453256,00	2328732,50	31,7	571,8	-540,1	3,1	1,22/1	1,7	218,3	221,4	-186,6	-189,7	22	

Hình 2. Bảng dữ liệu lỗ khoan đưa vào phần mềm Surfer để xử lý.

khắp trong khu mỏ. Dựa vào đặc điểm chứa than và thành phần thạch học, hệ tầng Hòn Gai được chia thành ba phân hệ tầng: phân hệ tầng dưới ( $T_{3n-rhg_1}$ ), phân hệ tầng giữa ( $T_{3n-rhg_2}$ ) và phân hệ tầng trên ( $T_{3n-rhg_3}$ ). Trong khu mỏ, chỉ gặp các thành tạo của phân hệ tầng Hòn Gai giữa, đây cũng là đối tượng có chứa các vỉa than công nghiệp. Thành phần thạch học của phân hệ tầng Hòn Gai giữa bao gồm các lớp cuội kết, cát kết, bột kết, sét kết, sét than và các vỉa than nằm xen kẽ nhau, chiều dày địa tầng khoảng 1.800 m.

Trầm tích hệ Đệ tứ (Q) phủ trực tiếp lên các thành tạo của phân hệ tầng Hòn Gai giữa, chúng được phân bố ở các khu vực thấp, thung lũng xung quanh khu mỏ. Thành phần trầm tích bao gồm cuội, sỏi, cát, sét bờ rời, đôi nơi là các tầng lãn, đây là sản phẩm phong hoá từ các đá có trước.

Trong khu mỏ Khe Chàm I phát triển các nếp uốn và hệ thống các đứt gãy, chúng làm phức tạp và gây khó khăn cho công tác đồng danh vỉa và khai thác than.

### 3. Xây dựng cơ sở dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

#### 3.1. Xây dựng cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu (CSDL) địa chất mỏ than Khe Chàm I được xây dựng từ các tài liệu thăm dò và khai thác, như: bản đồ địa hình, số liệu cơ lý đá và cấu trúc địa chất khu mỏ đã tổng hợp qua các thời kỳ, có hiệu chỉnh bổ sung các tài liệu khảo sát thực tế các kết quả quan trắc trong nhiều năm.

Các số liệu địa chất đã được xây dựng trên ứng dụng Microsoft Office (Excel) thông dụng, với

định dạng file .xlsx (Khecham1.xlsx). Đây là định dạng file phù hợp với hầu hết các phần mềm tích hợp trong ngành mỏ và địa chất như Rockwork, Surfer, Surpac, GeoLynx, Techbase,... Đồng thời có thể xây dựng CSDL trực tiếp từ các phần mềm chuyên dụng khác.

Nghiên cứu thực hiện với phần mềm Surfer 11.0 (Golden Software, USA) cho tính toán thể tích các vỉa than theo các phương liên tục và Rockwork 16.0 (RockWare Inc. Golden, USA) cho phân tích không gian 3D các vỉa than. Chi tiết nội dung phương pháp được trình bày trong công trình của Khuong Thế Hùng (2017).

#### 3.2. Ứng dụng phần mềm Surfer và Rockwork để đánh giá trữ lượng/tài nguyên và mô hình 3D vỉa than

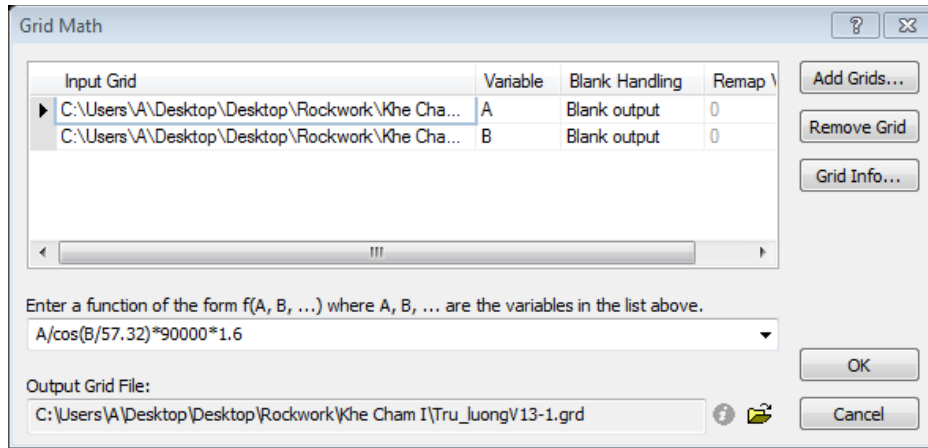
Trên cơ sở hệ thống dữ liệu được xây dựng, ứng dụng Surfer nhằm để tính toán trữ lượng/tài nguyên than được tiến hành qua các bước sau:

Bước 1: Tạo file dữ liệu tính toán

Trong Surfer, bảng dữ liệu tính toán được quản lý trong "New worksheet". Định dạng cột dữ liệu cần thiết để chạy trong Surfer theo yêu cầu gồm cột X, Y, m (chiều dày),  $\phi$  (góc dốc) như ở Hình 2.

Bước 2: Xây dựng bản đồ đồng chiều dày và góc dốc vỉa than

Từ giao diện phần mềm Surfer, chọn Grid - data - chọn file V12, hiện bảng Grid data. Trong các cột dữ liệu (data columns) chọn cột X, Y, m (chiều dày riêng than) nếu vẽ đường đồng chiều dày và chọn cột X, Y,  $\alpha$  (góc dốc vỉa) nếu vẽ đường đồng góc dốc.



Hình 3. Bảng Grid Math để tính trữ lượng.

Bước 3: Tính trữ lượng/tài nguyên than theo thông số chiều dày, góc dốc trong Surfer.

Xây dựng 02 file có định dạng "\*.grd" (Chieuday.grd và Gocdoc.grd), một file đại diện cho chiều dày vỉa, file còn lại đại diện cho góc dốc vỉa. Sau đó, tiến hành tạo lưới cho hai tập tin này, cả hai mạng lưới được sử dụng cùng một kích thước, nghĩa là có cùng số lượng hàng và cột. Tính chính xác của phép đánh giá hoàn toàn phụ thuộc vào số các đường lưới được tạo trong file. Nhìn chung, khu vực đánh giá chia thành các ô lưới với kích thước càng nhỏ thì độ chính xác của phép tính càng cao.

Áp dụng modul tính toán "Grid Math" để đưa công thức vào tính trữ lượng cho từng ô lưới (khối) đã chia theo vỉa. Chọn lệnh Grid→ Math sẽ được bảng Grid Math để tính trữ lượng như Hình 3.

Từ bảng hội thoại (Hình 3), chọn đường dẫn đến 2 file Chieuday.grd và Gocdoc.grd, đây là các file chứa thông tin về tọa độ lỗ khoan, chiều dày và góc dốc vỉa. Hai file này yêu cầu phải tương thích về kích thước và cùng một số lượng hàng và cột. Khi đó, trữ lượng/tài nguyên (Q - tấn) của vỉa than được xác định theo công thức.

$$Q = m \times \cos\left(\frac{\varphi}{57,32}\right) \times S \times \gamma \quad (1)$$

Trong đó:  $m$  - chiều dày vỉa (m),  $\varphi$  - góc dốc vỉa (đổi ra Radian:  $180/\pi = 57,32$ ),  $S$  - diện tích một ô lưới ( $m^2$ ),  $\gamma$  - thể trọng than ( $tấn/m^3$ ).

Quá trình tính toán sẽ cho ra kết quả của từng ô lưới tương ứng với mỗi giá trị chiều dày và góc dốc đặc trưng cho từng ô, đây là kết quả tính trữ lượng đại diện cho ô lưới đó. Từ các kết quả trữ lượng của từng ô lưới cho phép tổng hợp giá trị trữ lượng/tài nguyên vỉa theo từng khoảng chiều

dày và góc dốc tương ứng của vỉa than.

\* Thành lập bề mặt vỉa than và tính toán thể tích vỉa than.

Những ghi nhận thu được từ các lỗ khoan, như các lớp trầm tích xuất hiện ở vỉa V12 và V13-1 là đối tượng được tập trung nghiên cứu. Ở đây bề mặt liên tục xây dựng cho vách và trụ của vỉa than được mô hình từ những điểm cắt vỉa đã biết ở các thiết đồ lỗ khoan và thực hiện bằng phần mềm Surfer.

Việc tính toán thể tích được thực hiện bằng kích thước mạng lưới như nhau trong tính toán tạo bề mặt (trên và dưới) của vỉa than, với thuật toán Kringing, thuật toán này cho phép tính toán thể tích thuận lợi trong phần mềm Surfer.

Về mặt toán học, thể tích ( $V$ ) là một hàm  $f(x,y,z)$  được định nghĩa như một tích phân ba lớp.

$$V = \int_{x_{min}}^{x_{max}} \int_{y_{min}}^{y_{max}} \int_{z_{min}}^{z_{max}} f(x, y, z) dx dy dz \quad (2)$$

Trong Surfer, thể tích được tính bằng cách: đầu tiên hợp nhất trên các cột để có được diện tích dưới điều kiện các hàng là độc lập, sau đó hợp nhất trên các hàng để đạt được thể tích cuối cùng (Press và nnk, 1988).

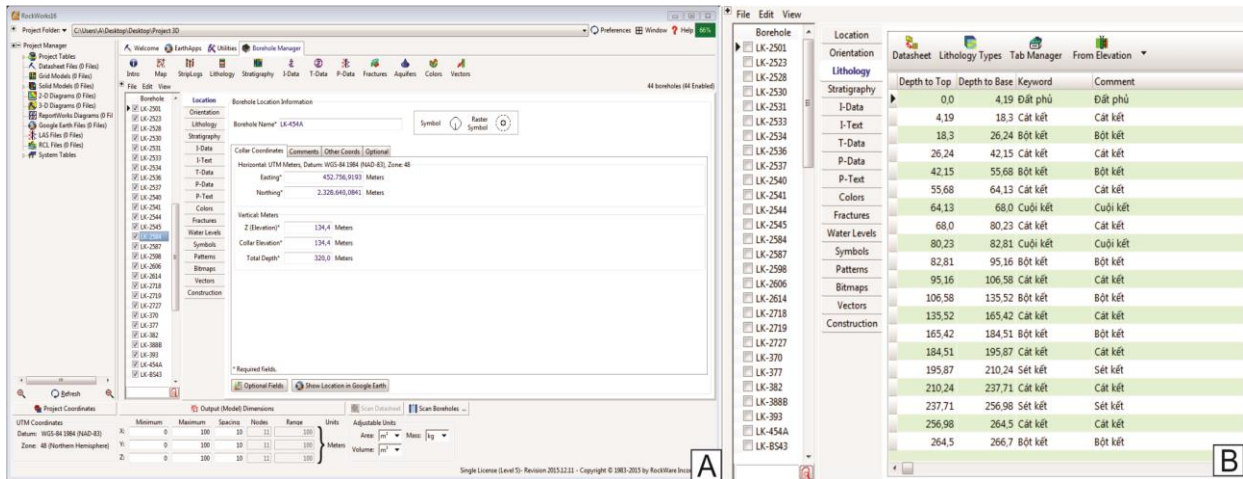
\* Đánh giá trữ lượng than

Trữ lượng của vỉa than ( $Q$  - tấn) được xác định theo công thức.

$$Q = S \times M \times \gamma = V \times \gamma \quad (3)$$

Trong đó:  $S$  - diện tích của vỉa than ( $m^2$ ),  $M$  - chiều dày trung bình của vỉa than (m),  $\gamma$  - thể trọng than ( $tấn/m^3$ ), thể trọng phụ thuộc vào hạng của than.

Hiện nay, có 3 phương pháp được sử dụng để xác định thể tích ( $V$ ) trong mô hình 3D, đó là quy



Hình 5. A - Giao diện phần mềm RW 16; B - Dữ liệu lỗ khoan hiển thị trong RW 16.

tắc hình thang mở rộng, quy tắc ngoại suy của Simpson và quy tắc ngoại suy 3/8 của Simpson. Sự khác nhau trong các kết quả tính toán thể tích bởi ba phương pháp này cho phép đánh giá độ chính xác của việc tính toán thể tích. Nếu như ba kết quả tính toán thể tích trên là hợp lý và gần nhau, thì thể tích chính xác của vỉa than sẽ là giá trị trung bình của ba kết quả đó. Nếu ba giá trị tính toán ở ba phương pháp trên là khác nhau đôi chút thì một file lưới (.grd) nội suy mới với mật độ ô lưới dày hơn được dùng để tính toán thể tích một lần nữa.

4. Kết quả và thảo luận

4.1. Xây dựng cơ sở dữ liệu và phân tích không gian 3D cho mỏ than Khe Chàm I

Cơ sở dữ liệu sử dụng cho mô hình địa chất và đánh giá thể tích các vỉa than khu mỏ Khe Chàm I được thực hiện với 44 lỗ khoan và các tài liệu địa vật lý lỗ khoan (Hình 4).

Rockwork (RW) là một phần mềm tích hợp cho quản lý dữ liệu địa chất, phân tích và hiển thị kết quả (Hình 5A-B). RW chuyên dụng trong mô phỏng dữ liệu bên dưới bề mặt như: biểu đồ, mặt cắt, sơ đồ lưới, mô hình khối, bản đồ cấu trúc và bản đồ đẳng dày trong cả không gian 2 chiều và 3 chiều.

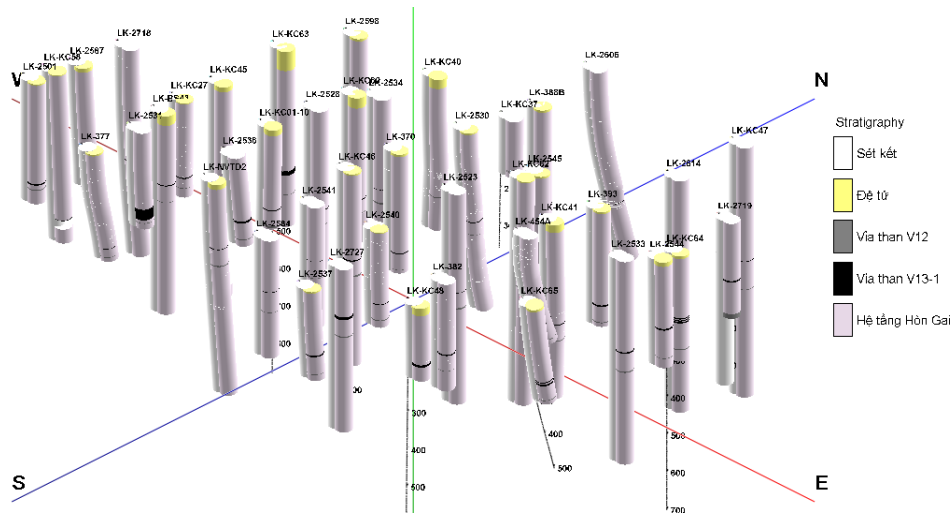
Các thiết kế lỗ khoan này được cải tạo đưa về một định dạng dữ liệu thông thường và thông tin không gian được chuyển về hệ tọa độ UTM cho tính toán diện tích, thể tích và phân tích trong không gian 3D tốt hơn (Hình 6).

Kết quả xây dựng mô hình 3D cho thấy, khu

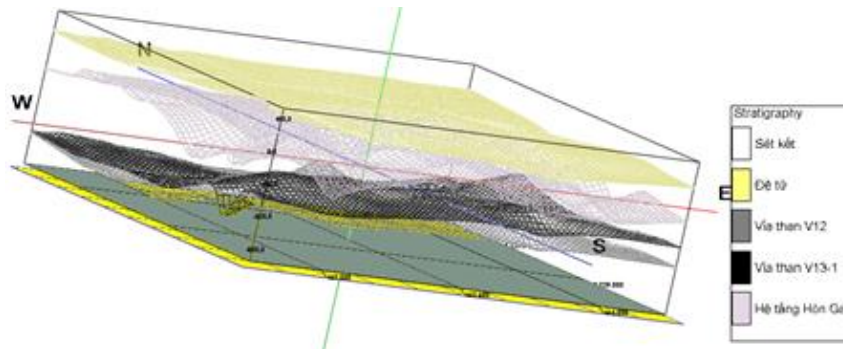
vực mỏ Khe Chàm I được nâng dần lên về phía đông và thấp dần về phía tây, phía bắc và nam khu mỏ được giới hạn bởi ranh giới khai thác. Phía tây khu mỏ độ cao giảm xuống -380 m như ghi nhận ở các trầm tích gập trong lỗ khoan LK-2358 và lỗ khoan LK-BS66. Phần thấp nhất của khu mỏ cũng là phần trầm tích dày nhất phân bố gần các lỗ khoan LKBS86 và LKBS71 với bề dày khoảng 200 m. Các đứt gãy nội tầng cắt qua vỉa than và kéo dài về phía đông nam, hoặc từ bắc về khu trung tâm, làm cho phần vách của vỉa than V12 và V13-1 hầu như bị phá hủy ở phía nam và phía bắc khu mỏ (Lê Hùng và nnk., 1996).

Vỉa than V12 gần như chạy dọc theo hai bên của mặt cắt tuyến T.XVI, với chiều dày khá ổn định, phân bố rộng rãi trong khu vực mỏ, cấu trúc vỉa không quá phức tạp, tương đối ổn định. Vỉa than V13-1 nằm trên vỉa V12 với khoảng cách trung bình 27 m, phân bố hầu khắp khu mỏ. Nhìn chung, các vỉa than tương đối ổn định về độ dày.

Ở khu mỏ, các trình tự về thành phần thạch học trầm tích không giống nhau theo không gian (chiều nằm ngang) và thời gian (chiều thẳng đứng) ở khu mỏ, chúng bao gồm: sét, bột hạt nhỏ, cát kết arko, cát hạt mịn đến thô, ít gập hơn là cuội kết. Các vỉa than phân bố ở độ sâu thay đổi từ -100÷-450 m. Mô hình thạch học chỉ ra sự phân bố của tất cả thạch học theo ba phương. Chuỗi trầm tích hệ tầng Hòn Gai có chiều dày trung bình là 2.500 m, phổ biến sét và sét bột, cát. Trên bề mặt phổ biến các vật liệu sét và sét bột bờ dôi, kích thước hạt thô, cát, tăng dần theo chiều sâu của bề trầm tích (Hình 7).



Hình 6. Các thiết kế lỗ khoan mỏ Khe Chàm I trên RW 16 xây dựng trong không gian 3D.



Hình 7. Mô hình dạng lưới cho vỉa than V12 và V13-1 mỏ Khe Chàm I.

**4.2. Mô hình 3D trong đánh giá trữ lượng/tài nguyên than theo góc dốc và chiều dày vỉa phục vụ cơ giới hóa**

Trên cơ sở các yếu tố ảnh hưởng đến cơ giới hoá trong khai thác hầm lò ở mỏ than Khe Chàm I, tiến hành nghiên cứu, tính toán và đánh giá tổng hợp các yếu tố làm cơ sở khoanh định, đề xuất các diện tích cơ giới hoá; đồng thời dự tính trữ lượng cho từng diện tích. Khi đề xuất diện tích cơ giới hoá, hai yếu tố chính được quan tâm là chiều dày

và góc dốc vỉa. Kết quả khoanh định các diện tích này được trình bày trong Bảng 1 và Hình 8.

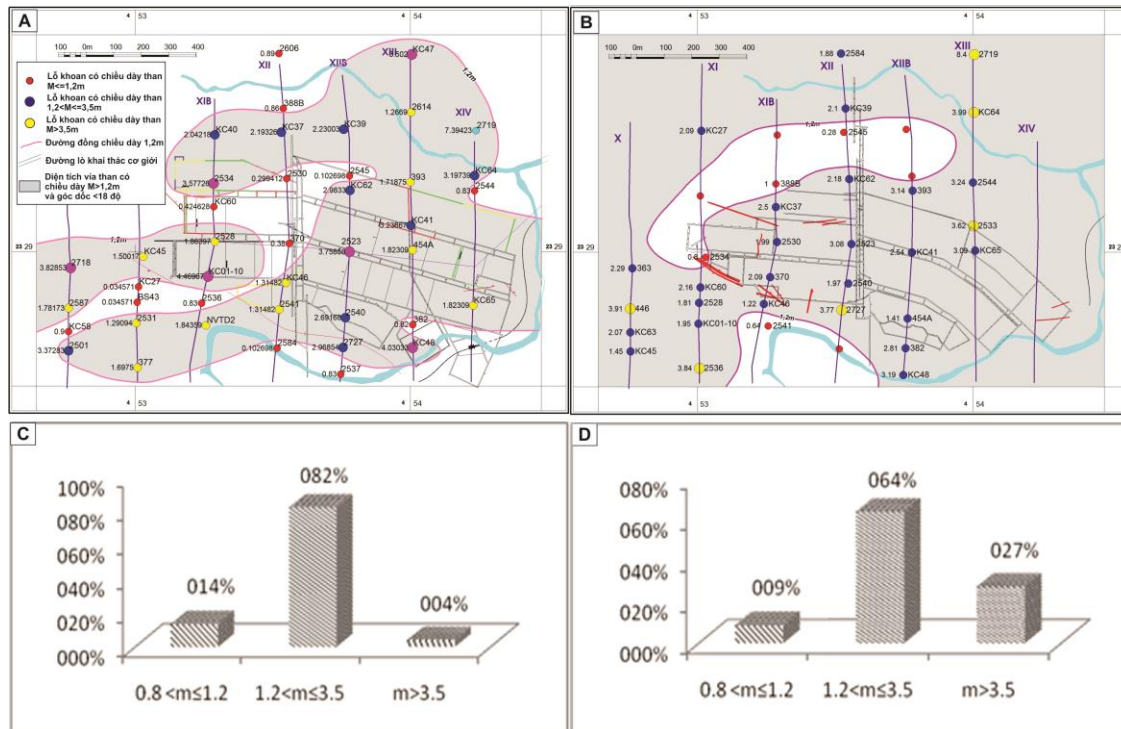
Kết quả tính toán trữ lượng đạt được 70.145 nghìn tấn than cho vỉa V12 và V13-1 bằng mô hình 3D đã chỉ ra một sự phù hợp nhất định so với kết quả tính toán trữ lượng bằng các phương pháp Secang và Cossecang của Phạm Tuấn Anh (2008) (Bảng 2). Trong tính toán này, thuật toán kriging được sử dụng và xử lý cho quá trình nội suy nhằm giảm thiểu tối đa ảnh hưởng của một điểm tương đối khác theo khoảng cách từ nút lưới. Vì vậy, ảnh hưởng khoảng cách giữa hai điểm dữ liệu bất kỳ

Bảng 1. Tổng hợp trữ lượng than theo các yếu tố chiều dày và góc dốc vỉa V12, V13-1.

Tên vỉa	Góc dốc (độ)	Trữ lượng huy động (tấn)			Tổng cộng
		0,8 < m ≤ 1,2	1,2 < m ≤ 3,5	m > 3,5	
V12	≤ 18	589.343	3.585.120,45	188.690,6	4.363.154
		13,51%	82,17%	4,32%	100%
V13-1	≤ 18	436.388	3.168.832	1.362.959	4.968.179
		8,78%	63,78%	27,43%	100%

Bảng 2. Kết quả tính toán trữ lượng vỉa V12 và V13-1.

Số hiệu vỉa than	Thể tích (m <sup>3</sup> )	Thể trọng (tấn/m <sup>3</sup> )	Trữ lượng (nghìn tấn)	
			Tính toán 3D	Phạm Anh Tuấn (2008)
V12	14.498.554	1,38	20.008	20.221
V13-1	35.812.194	1,40	50.137	50.145



Hình 8. Sơ đồ diện tích vỉa than V12 (A), vỉa than V13-1 (B) có chiều dày  $M \geq 1,2m$  và góc dốc  $\alpha < 18^\circ$ ; tỷ lệ tương ứng giữa trữ lượng than theo chiều dày và góc dốc vỉa V12 (C) và V13-1

trong ô lưới được giảm đi rất nhiều và trữ lượng than được tính là thấp hơn không đáng kể so với các nghiên cứu trước đây cho mỏ than Khe Chàm I (Bùi Minh Chí, 2004; Nguyễn Anh Tuấn và nnk., 2012; Phạm Tuấn Anh và nnk., 2008).

**5. Kết luận**

Kết quả phân tích mỏ than Khe Chàm I bằng mô hình địa chất 3D và đánh giá các vỉa than cho thấy:

1) Trữ lượng/tài nguyên than được thực hiện bằng ứng dụng 3D trên phần mềm Surfer và Rockwork, đã xác định được kết quả 70.145 nghìn tấn than cho 02 vỉa V12 và V13-1. Kết quả này tương đối phù hợp với những tính toán trước đây bằng phương pháp truyền thống.

2) Phân tích trên mô hình 3D khu mỏ cho phép hình dung về đặc điểm biến hóa các vỉa than

trong không gian cũng như quy mô và mối quan hệ của chúng với các thành tạo địa chất vây quanh (vách, trụ) các vỉa than trong khu mỏ.

3) Tổng trữ lượng/tài nguyên có khả năng cơ giới hoá của mỏ phần lớn tập trung vào các khu vực vỉa có góc dốc dưới  $18^\circ$  và chiều dày vỉa từ  $1,2 \div 3,5$  m, chiếm 62,78 đến 82,17% trữ lượng/tài nguyên của vỉa V.13-1 và V12. Đây là những cơ sở tài liệu góp phần giúp xác định phạm vi lựa chọn sơ đồ công nghệ cơ giới hoá khai thác và đồng bộ thiết bị cơ giới hoá khấu than, chống giữ và vận tải.

Nhìn chung, ứng dụng mô hình địa chất 3D cho mỏ than Khe Chàm I mang đến khả năng trực quan và toàn diện về khu vực mở ra xu hướng chủ đạo sử dụng công cụ phần mềm 3D trong mô hình hóa các thân khoáng sản trong tương lai không xa cho các mỏ than nói riêng và khoáng sản nói chung ở Việt Nam.



### Đóng góp của các tác giả

Khương Thế Hùng thực hiện tổng hợp dữ liệu, tính toán và xây dựng cơ sở dữ liệu mô hình 3D, cũng như luận giải, phân tích và đánh giá vấn đề nghiên cứu. Trịnh Ngọc Tú Minh thực hiện việc thu tập tài liệu, kiểm tra thực địa và chỉnh sửa hình ảnh.

### Tài liệu tham khảo

- Bùi Minh Chí, (2004). Báo cáo kết quả thăm dò tỷ mỷ mỏ than Khe Chàm, Quảng Ninh. *Công ty Địa chất Mỏ - TKV*, Cẩm Phả, Quảng Ninh.
- Fallara, F., Legault, M., Rabeau, O., (2006). 3-D integrated geological modeling in the Abitibi subprovince (Québec, Canada): techniques and applications. *Exploration and Mining Geology* 15 (2), 27-41.
- Förster, A., Merriam, D.F., (2013). Geologic modeling and mapping. *Plenum Press, New York and London*, 333.
- Kaufmann, O., Martin, T., (2008). 3D geological modeling from boreholes, cross-sections, and geological maps, application over former natural gas storages in coal mines. *Computers and Geosciences* 34 (3), 278-290.
- Khương Thế Hùng, Nguyễn Trọng Toàn, Đỗ Mạnh An, Trần Thị Vân Anh (2017). Nghiên cứu ứng dụng mô hình toán địa chất trong đánh giá làm sáng tỏ thêm tài nguyên, trữ lượng than mỏ Khe Chàm I,

Quảng Ninh. *Đề tài cấp cơ sở, mã số T17-10, Đại học Mỏ - Địa chất*, Hà Nội.

- Lê Hùng (chủ biên) (1996). Báo cáo kết quả thành lập bản đồ địa chất vùng Cẩm Phả, tỷ lệ 1: 50.000. *Tổng cục Địa chất và Khoáng sản*, Hà Nội.
- Nguyễn Anh Tuấn (chủ biên) (2012). Nghiên cứu đánh giá khả năng áp dụng công nghệ cơ giới hóa khai thác trong điều kiện các vỉa thoải đến nghiêng tại mỏ than Khe Chàm III - Công ty TNHH một thành viên than Khe Chàm – Vinacomin. *Viện Khoa học và Công nghệ mỏ - Vinacomin*, Hà Nội.
- Phạm Tuấn Anh (chủ biên) (2008). Báo cáo tổng hợp tài liệu và tính lại trữ lượng than khu mỏ Khe Chàm – Cẩm Phả - Quảng Ninh. *Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam*, Hà Nội.
- Press, W.H., Flannery, B.P., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., (1988). *Numerical Recipes in C*, Cambridge University Press.
- RockWorks, T.M., (1999). *Instruction Manual*. RockWare Inc. Golden, Colorado. USA.
- Smith, M.L, (1999). Geologic and Mine Modelling using Techbase and Lynx. AA. Balkema. Rotterdam. *Netherland*.
- Wang, G., Chen, J., Du, Y., (2007). Three-dimensional localization prediction of deposit and mineralization environment quantitative assessment: a case study of porphyry copper deposits in Sanjiang region, China, In: Proceedings of IAMG, 07 Geomathematics and GIS Analysis of Resources, Environment, and Hazards, Beijing, China, 102 -105.