

SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP CỤ THỂ ĐỂ MÔ HÌNH HOÁ THÂN ĐÁ VÔI PHỤC VỤ TÍNH TÀI NGUYÊN KHOÁNG SẢN: VÍ DỤ CHO MỎ ĐÁ VÔI XI MĂNG THANH NGHỊ, TỈNH HÀ NAM

LÊ VĂN LƯỢNG, ĐỖ VĂN ĐỊNH

Văn phòng Hội đồng Đánh giá trữ lượng khoáng sản, 6 Phạm Ngũ Lão, Hà Nội.

Tóm tắt: Mô hình hoá thân quặng nói chung và thân đá vôi nói riêng để tính trữ lượng đã và đang được áp dụng cho các mỏ đá vôi xi măng tại Việt nam. Áp dụng phương pháp mô hình cụ thể để tính trữ lượng cho đá vôi đã mang lại hiệu quả cao. Phương pháp mô hình hoá sử dụng kết quả của quá trình thăm dò mỏ theo các tuyến thăm dò có thể xây dựng lên mô hình thân đá vôi tương đồng với thân đá vôi thực tế. Từ mô hình này ta tiến hành nội ngoại suy hàm lượng, tính toán trữ lượng, thiết kế khai thác mỏ.

MỞ ĐẦU

Công tác thăm dò mỏ nói chung, và thăm dò đá vôi làm nguyên liệu xi măng nói riêng, là bước rất quan trọng trong việc quyết định đầu tư khai thác mỏ. Công tác tính trữ lượng đã trải qua thời gian khá dài, nhưng chủ yếu được thực hiện bằng các phương pháp truyền thống; việc xây dựng mô hình thân đá vôi sau đó tiến hành tính toán với sự hỗ trợ của máy tính ở Việt Nam còn rất hạn chế.

Các đối tượng địa chất là những thể không gian 3 chiều (x, y, z). Song thường trong nghiên cứu, chúng ta thường mới tiếp cận trên không gian hai chiều.

Đá vôi làm nguyên liệu sản xuất xi măng, ngoài việc nắm bắt được số lượng tài nguyên, đang rất cần thiết cho bài toán phối liệu và điều hành sản xuất. Để làm được điều đó rất cần biết được tính chất (hàm lượng của các thông số phản ánh chất lượng của đá như CaO, MgO, v.v.), trữ lượng cụ thể của các khối nhỏ.

I. CÁC PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH HOÁ THÂN QUẶNG

1. Khái niệm

Mô hình hoá là sự thể hiện một cách trừu tượng hay cụ thể một quá trình hay một hiện tượng nào đó tương đương với đối tượng hay quá trình đang nghiên cứu theo một ý nghĩa nào đó [7].

Như vậy, mô hình hoá là phương tiện để nhận thức các quy luật tự nhiên và được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực khác nhau của khoa học - kỹ thuật. Mô hình hoá là phương pháp nghiên cứu cấu trúc của đối tượng tự nhiên phức tạp, động lực hoá của một quá trình. Phương pháp mô hình hoá được xây dựng trên cơ sở lý thuyết tương tự. Cơ sở của lý thuyết tương tự là xác định tỷ lệ của mô hình và tiêu chuẩn tương tự.

2. Các phương pháp mô hình hoá

Thân khoáng được thành tạo từ quá trình địa chất phức tạp, tạo thành các thể địa chất không đồng nhất. Mô hình hoá để nhận thức các đối tượng nghiên cứu địa chất là biện pháp được sử dụng ngày một rộng rãi trong lĩnh vực thăm dò địa chất.

Theo dấu hiệu và quá trình được mô hình hoá, người ta chia ra các dạng sau: a) Mô hình hoá cấu trúc mỏ, đặc điểm hình dạng và điều kiện thể nằm của thân quặng; b) Mô hình hoá sự phân bố các thông số địa chất thân quặng; c) Mô hình hoá các quá trình địa chất đã diễn ra và đang diễn ra trong lòng đất. Đó là sự thay đổi hình dạng, tính chất thân khoáng theo thời gian và không gian.

Để nhận thức đối tượng nghiên cứu theo các giai đoạn thăm dò, khai thác mỏ, cũng như mô tả định lượng sự biến hoá các tính chất địa chất thân khoáng, người ta thường sử dụng 3 loại mô hình sau:

- *Mô hình cụ thể*: a) Mô hình dạng biểu đồ, sơ đồ, mặt cắt thân quặng; b) Mô hình hình học mỏ.
- *Mô hình trừu tượng*: Các mô hình toán địa chất.

2.1. Các dạng mô hình cụ thể

a) *Mô hình dạng mặt cắt địa chất liên hợp*: Phương pháp truyền thống và phổ biến sử dụng trong thăm dò là sử dụng có hệ thống các mặt cắt giao nhau để phản ánh đặc điểm cấu trúc mỏ, cấu trúc của thân khoáng, cũng như mối quan hệ quặng hoá với các yếu tố địa chất. Hệ thống mặt cắt là tài liệu quan trọng trong thiết kế và thi công công tác thăm dò, là cơ sở để tính trữ lượng và tài nguyên khoáng sản. Trong thực tế người ta thường thành lập hệ thống mặt cắt theo tuyến thăm dò song song hoặc không song song, kết hợp hệ thống mặt cắt thẳng đứng hoặc nằm ngang và mặt cắt xiên đẳng trục, kết hợp sơ đồ khối để nhận thức về đối tượng thăm dò. Phương pháp này thường được áp dụng cho các thân khoáng sản thăm dò theo tuyến song song, đặc biệt là đá vôi làm nguyên liệu xi măng.

b) *Mô hình hình học mỏ*: Mô hình hình học mỏ các tính chất của khoáng sản bằng các đường đẳng trị được sử dụng rất phổ biến trong thực tế thăm dò mỏ khoáng sản rắn. Thân khoáng là phần không gian trong lòng đất, mô hình hoá các tính chất của thân khoáng trên cơ sở lý thuyết “Hình học mỏ” được thể hiện bằng các biểu đồ nhờ các đường đẳng trị. Hàm số biểu thị có dạng $z = f(x, y)$ dựa trên các bài toán cộng, trừ, nhân, chia, lũy thừa, ...

Trong thăm dò than, người ta thường sử dụng bề mặt đẳng trị để mô hình hoá đặc điểm và quy luật biến đổi than.

2.2. Các mô hình toán địa chất

Các mô hình toán địa chất thuộc loại mô hình trừu tượng và người ta thường sử dụng để nghiên cứu và mô tả sự biến hoá các thông số địa chất thân quặng, dự đoán gần đúng các giá trị trung bình, cũng như đánh giá định lượng mức độ thăm dò khoáng sản.

Các mô hình toán địa chất bao gồm mô hình toán thống kê và mô hình dựa trên cơ sở lý thuyết hàm ngẫu nhiên.

II. SƠ LƯỢC VỀ MỎ ĐÁ VÔI XI MĂNG THANH NGHỊ

Mỏ đá vôi Thanh Nghị nằm cách thị xã Phủ Lý khoảng 15 km về phía đông bắc. Diện tích thăm dò khoảng 21 ha [1].

Vùng thăm dò chủ yếu có địa hình núi cao, sườn dốc. Nằm xen giữa các dạng địa hình nói trên là địa hình tích tụ thung lũng giữa núi. Địa hình khá bằng phẳng, tạo thành những thung lũng nhỏ, có cao độ thay đổi từ 60 đến 80 m.

Mạng lưới sông suối: Gần vùng thăm dò về phía nam có sông Đáy, chảy khá quanh co uốn khúc. Sông có hướng chảy Đ-T và là sông lớn nhất chảy qua huyện Thanh Liêm, tỉnh Hà Nam.

1. Đặc điểm địa chất mỏ

Trong vùng thăm dò có sự phân bố của các thành tạo địa chất sau:

- *Hệ tầng Cò Nòi* ($T_{1-2\text{cn}}$): bao gồm chủ yếu là đá phiến sét, sét kết, sét bột kết vôi và sét vôi xen kẽ các thấu kính cát bột kết và đá vôi. Đá có cấu tạo phân lớp dày, thể nằm chung cắm về hướng ĐB ($50-70 < 30-40^0$).

- *Hệ tầng Đồng Giao* ($T_{2a\text{đg}}$): chủ yếu gồm đá vôi, đôi chỗ có xen kẽ các thấu kính đá vôi dolomit, sét vôi.

2. Đặc điểm thân đá vôi

Đá vôi có màu xám xanh, xám sáng, khá cứng chắc, giòn. Thành phần khoáng vật gồm (%): calcit = 96-99; dolomit = 1, sét: ít.

Thành phần hoá học cơ bản của đá vôi như sau (%): hàm lượng CaO trung bình = 54,23; MgO trung bình = 0,46; CKT trung bình = 0,72; MKN trung bình = 43,19.

III. SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP CỤ THỂ ĐỂ MÔ HÌNH HÓA THÂN ĐÁ VÔI THANH NGHỊ PHỤC VỤ TÍNH TÀI NGUYÊN KHOÁNG SẢN

1. Cơ sở lựa chọn phương pháp mô hình cụ thể

Với đặc điểm cấu trúc địa chất thân đá vôi có hàm lượng CaO, MgO rất ổn định cả về đường phương và hướng dốc, tập đá vôi cắm thoải, thân quặng thuộc loại trung bình (mỏ thuộc nhóm mỏ I), các công trình thăm dò được bố trí bằng các tuyến mẫu mặt và khoan các lỗ khoan ngang không chế ở dưới sâu. Việc khai thác đá vôi bằng phương pháp cắt tầng 10-20 m/1 tầng khai thác, vì vậy rất thuận tiện cho việc thành lập các mặt cắt thẳng đứng, mặt cắt nằm ngang.

Với các yếu tố thuận lợi trên thì việc áp dụng mô hình cụ thể từ các mặt cắt đã thành lập để tính tài nguyên, trữ lượng cho mỏ đá vôi Thanh Nghị là hoàn toàn hợp lý.

2. Xây dựng mô hình cho thân đá vôi

2.1. Một số khái niệm cơ bản: Cơ sở dữ liệu là một tập hợp dữ liệu được tổ chức có cấu trúc (theo một khuôn dạng nhất định) để mô tả một đối tượng cụ thể [9].

Có nhiều cách tổ chức cơ sở dữ liệu (CSDL), song thường được cấu tạo từ các bảng dữ liệu (tables). Các bảng dữ liệu (Hình 1) bao gồm:

- *Hàng* (bản ghi - record).
- *Cột* (trường - file), mỗi trường có một kiểu dữ liệu, như: Characte, Real, Interger, Boole.

Các bảng dữ liệu liên kết với nhau thông qua trường khoá (Hình 2).

2.2. Xây dựng mô hình

a. *Định vị không gian:* Từ vị trí không gian của mỏ (ranh giới mỏ hay ranh giới cấp phép) bao gồm tọa độ (x, y) và cốt độ cao thăm dò mỏ đá vôi (z). Ranh giới mỏ, cốt độ cao thăm dò và cốt độ cao khai thác được xây dựng thành dạng dữ liệu ranh giới khu vực thăm dò.

b. *Xây dựng bản đồ địa hình số:* Từ các điểm chi tiết, xây dựng CSDL các điểm đo chi tiết, xây dựng địa hình theo tuyến và tiến hành nội suy đường đồng mức theo một số phương pháp, như bình phương nghịch đảo khoảng cách, hay phương pháp Kriging. Kết quả nhận được bản đồ địa hình khu mỏ ở dạng số. Từ bản đồ địa hình khu mỏ xây dựng mô hình thân đá vôi.

c. *Xây dựng các dữ liệu công tác thăm dò*: Dữ liệu công tác thăm dò là những thông tin rất quan trọng, như dữ liệu lộ trình địa chất, khoan, hào, vết lộ, giếng, mẫu mặt. Các dữ liệu này được thiết lập thành các bảng trong Excel sau đó chuyển sang tệp (file) có đuôi *.csv.

d. *Biểu diễn quá trình xây dựng CSDL*: Từ CSDL được tạo lập ở trên, ta có thể dễ dàng tạo DTM (mô hình số bề mặt địa hình), mô hình thân quặng (solid modelling), phân chia thân quặng thành các khối (block) hoặc có thể báo cáo dữ liệu (data report). Từ kết quả mô hình hoá thân quặng ta có thể tính toán được tài nguyên, trữ lượng quặng. Quá trình này được mô tả trong Hình 3.

e) *Một số kết quả cụ thể về cơ sở dữ liệu*: - *Địa hình*: từ kết quả đo tọa độ, độ cao của các điểm đo chi tiết, tác giả xây dựng được tệp (file) *chitiet.csv* (Bảng 1).

- *Địa chất lỗ khoan*: Ta có tên lỗ khoan (hole_id), tọa độ (x, y), độ cao (z), độ sâu (depth), kiểu khoan (path_hole, như khoan thẳng, khoan xiên hay khoan cong). Dựa trên các thông tin thu nhận được từ thực tế, ta xây dựng tệp (file) dữ liệu về địa chất lỗ khoan như tọa độ (Bảng 2), về kiểu khoan (Bảng 3), về địa tầng lỗ khoan (Bảng 4), thành phần lỗ khoan (Bảng 5).

chitiet.csv				
	A	B	C	D
1	1	1030632	489508.2	1.05
2	2	1030281	487252.2	20.23
3	3	1030256	487206.5	21.12
4	4	1030293	486580.5	13.788
5	5	1029889	486870.3	1.852
6	6	1030114	486954.7	0.216
7	7	1030680	486779.2	-2.057
8	8	1029857	487060.8	0.843
9	9	1029713	487187.3	15.273
10	10	1029888	487189.1	1.533
11	11	1030215	487226.8	1.603
12	12	1029751	486666.2	1.877
13	13	1029841	487458.7	103.274

hole.csv					
	A	B	C	D	E
1	hole_id	Y	X	Z	depth
2	LK 01/00	1030007	489578.7	0.72	102 CURVED
3	LK 01/01	1030101	489550.5	1.04	102 CURVED
4	LK 01/02	1030198	489521.7	0.49	102 CURVED
5	LK 01/03	1029813	488630.5	1.36	88 CURVED
6	LK 01/04	1030296	490495	0.93	103 CURVED
7	LK 01/05	1029714	489558.6	1.68	155 CURVED
8	LK 01/06	1030380	489467.3	0.72	103 CURVED
9	LK 01/07	1029618	489806.9	0.7	103 CURVED
10	LK 01/08	1030490	489442.9	-0.66	102 CURVED
11	LK 01/09	1030588	489414.7	-0.25	102 CURVED
12	LK 01/10	1030153	488733.2	1.23	101 CURVED
13	LK 01/11	1029961	488788.6	2.34	106 CURVED
14	LK 01/12	1030259	488707.2	17.74	106 CURVED
15	LK 01/13	1029804	490618	10.15	112 CURVED

survey.csv			
	A	B	C
1	hole_id	depth	dip
2	LK 01/00	98	-90
3	LK 01/01	76	-90
4	LK 01/03	56	-90
5	LK 01/04	69	-90
6	LK 01/05	68	-90
7	LK 01/06	48	-90
8	LK 01/07	98	-90
9	LK 01/08	79	-90
10	LK 01/09	68	-90
11	LK 01/11	95	-90
12	LK 02/01	78	-90
13	LK 02/02	89	-90
14	LK 02/03	86	-90
15	LK 02/04	85	-90

Bảng dữ liệu - Table

Trường dữ liệu (Fields)

Hole-ID	Y	X	Z	Depth
LC300	578024.93	756013.54	327.23	115.40
LC310	578795.46	756342.73	328.50	127.96

Bản ghi dữ liệu (Records)

SurpacMinex

Collar Table

Hole-ID: Text
Y: Real
X: Real
Z: Real
Depth: Real

Hình 1. Cấu trúc bảng dữ liệu

Quan hệ - Relation

Hole-ID	Y	X	Z	Depth
LC300	578024.93	756013.54	327.23	115.40
LC310	578795.46	756342.73	328.50	127.96

Quan hệ - Relation

Hole-ID	From	To	To	Co
LC300	300	711		
LC300	310	321		
LC300	321	510		
LC310	6	25		
LC310	25	31		

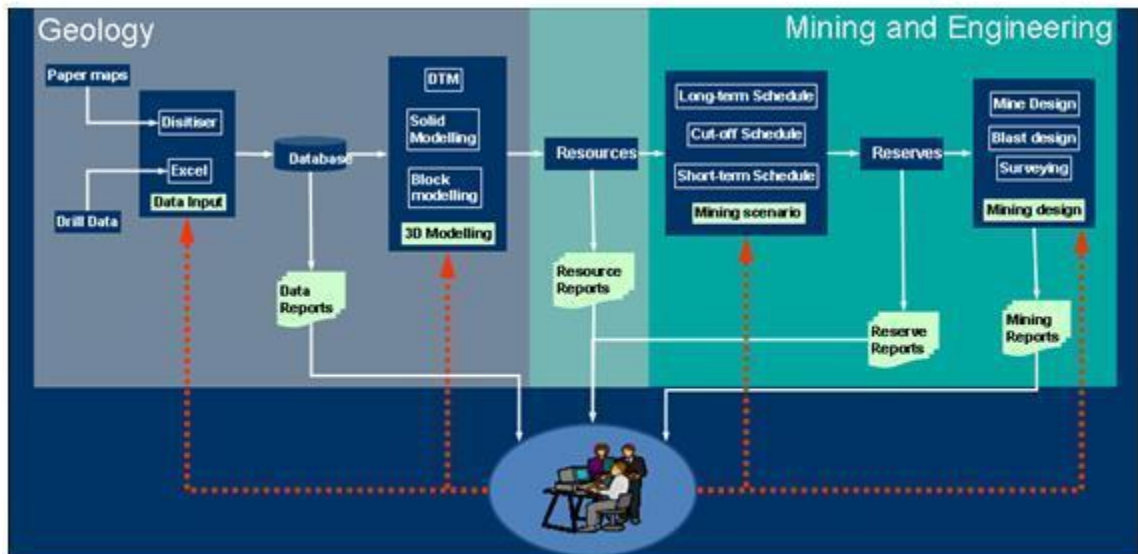
Quan hệ - Relation

Hole-ID	From	To	Lithology	Description
LC300	300	711		
LC300	310	321		
LC300	321	510		
LC310	6	25		
LC310	25	31		

Quan hệ - Relation

1:1
1:M
M:N

Hình 2. Mối quan hệ giữa các bảng dữ liệu



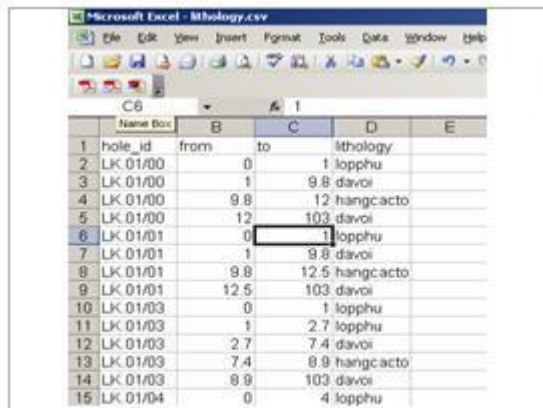
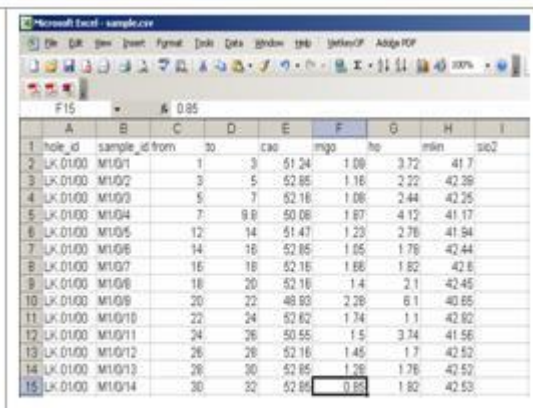
Hình 3. Sơ đồ nghiên cứu, tính toán, thiết kế mỏ.

Bảng 1. Tọa độ điểm chi tiết (chitiet.csv)

Bảng 2. Tọa độ khoan (collar.csv)

Bảng 3. Phương vị khoan (survey.csv)

Lưu ý là từ bảng này ta có thể mô tả các thành phần như lớp phủ, lớp kẹp dolomit, hang karst, đá vôi. Như vậy, từ một lỗ khoan ban đầu ta đã phân chia thành nhiều đoạn khoan có tính chất khác nhau.

 Bảng 4. Địa tầng khoan (lithology.csv)	 Bảng 5. Kết quả phân tích mẫu khoan (sample.csv)
--	---

3. Khái lược về phần mềm SURPAC VISION 5.0

3.1. Giới thiệu phần mềm: Phần mềm SURPAC Vision 5.0 [9] là hệ thống phần mềm toàn diện cho ngành Địa chất mỏ, do SURPAC Minex Group (SMG) của Australia phát triển và được sử dụng trên 20 nước trên thế giới. SURPAC Vision 5.0 bao gồm các modul sau:

- Thiết kế, thành lập và quản trị CSDL địa chất.
- Mô hình hóa địa chất: đánh giá trữ lượng và chất lượng tài nguyên khoáng.
- Trắc địa mỏ.
- Thiết kế khoan nổ mìn.
- Tối ưu hoá và thiết kế mỏ.
- Lập kế hoạch và trình tự khai thác mỏ.

Phần mềm SURPAC có những ưu điểm chính sau:

- Tương thích hoàn toàn với cấu trúc dữ liệu của các phần mềm thông dụng như Autocad, MapInfo, MS.Office: MS.Excel, Access, v.v..
- Cấu trúc dữ liệu đơn giản, thống nhất giữa các modules tạo sự thuận tiện trong tác nghiệp giữa các bộ phận chức năng cũng như công tác quản lý dữ liệu.
- Được xây dựng trên cơ sở công nghệ hiện đại: đồ họa 3D; mô hình hóa 3D; CSDL mỏ, các chức năng của SURPAC Vision 5.0 rất phong phú và linh hoạt, đảm bảo thực hiện các tính toán một cách nhanh, chính xác và trực quan.
- Hỗ trợ tạo lập các chương trình con (Macro), cho phép tự động hóa các quá trình tính toán và phát triển thêm các chức năng mới đáp ứng yêu cầu công việc thực tế.

3.2. Các khái niệm cơ bản trong SURPAC Vision 5.0:

- **String:** được dùng để chỉ đối tượng hình học cơ bản trong SURPAC. String có thể là một hay nhiều điểm (Point), đoạn thẳng (Line) hay đường (Polyline).

- **Segment:** tương tự như String nhưng Segment chỉ có thể là 1 điểm, 1 đoạn thẳng hay 1 đường. Segment luôn thuộc về 1 String nào đó.

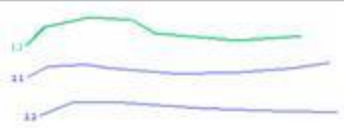
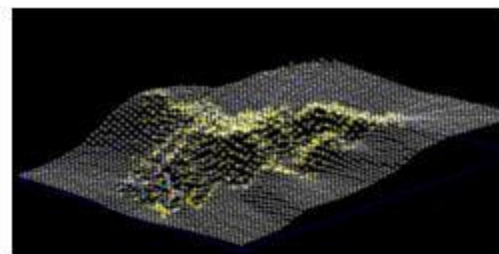
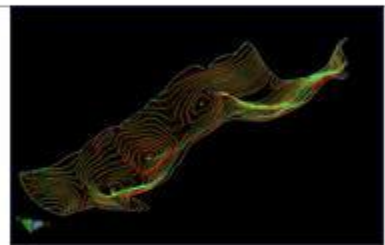
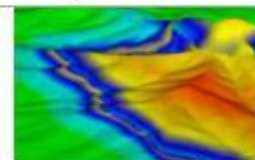
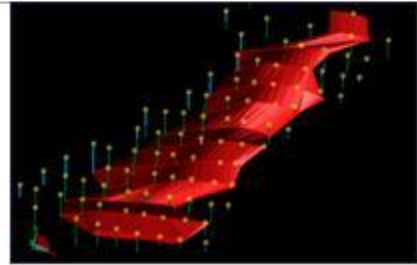
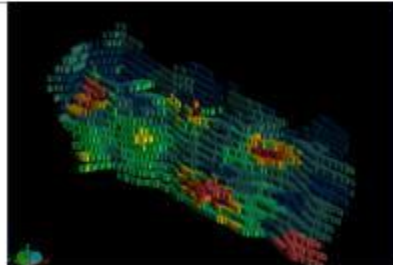
Ví dụ trên Hình 4 ta có 2 String: String 1 và String 2, trong đó String 1 có 1 Segment có ký hiệu là 1.1; String 2 có 2 Segment và được ký hiệu là 2.1 và 2.2.

- *String file*: là tệp (file) dữ liệu của SURPAC lưu dữ liệu của String. String file có phần mở rộng là .str.

- *DTM* (Digital Terrain Modelling): mô hình hóa bề mặt số được tạo từ String (Hình 7). Tên của DTM file cũng giống như tên của String file, chỉ khác phần mở rộng là .dtm

- *Solid Model* (mô hình cứng): Solid Model (Hình 8) có thể được tạo từ các string, hoặc từ các DTM. Solid model còn được gọi là 3DM. Tên của 3DM file giống như của DTM file.

- *Block Model* (mô hình khối): dùng để mô hình hóa thân quặng, theo đó thân quặng được chia ra thành các khối (block) và phụ khối (subblock) (Hình 8). Mỗi khối, phụ khối có tọa độ (x, y, z), kích thước (dài, rộng, cao) xác định (Hình 9).

 Hình 4. Thể hiện các string	 Hình 5. Giao diện các điểm đo chi tiết
 Hình 6. Giao diện tệp (file) string	 Hình 7. Giao diện bề mặt địa hình (DTM) một phần của mỏ.
 Hình 8. Giao diện Solid thân quặng được tạo từ DTM	 Hình 9. Giao diện thân quặng chia thành các khối, phụ khối.

3.3. Xây dựng bề mặt địa hình: Từ tệp (file) *chitiet.csv*, chuyển sang tệp (file) string (*chitiet.str*) ta có các điểm chi tiết địa hình ở không gian 3 chiều (Hình 5).

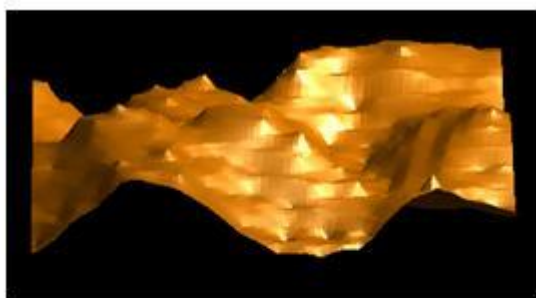
Từ tệp (file) *chitiet.str*, tạo lưới (grid) và tạo các đường đồng mức (Hình 6), sau đó tạo bề mặt địa hình.

Trong trường hợp đá vôi có địa hình phức tạp, thường xuất hiện các vách lớn nhỏ khác nhau, để tạo nên bề mặt địa hình có dạng gần với thực tế nhất, tác giả dùng phương pháp tạo mặt địa hình trực tiếp từ các điểm độ cao địa hình rời rạc.

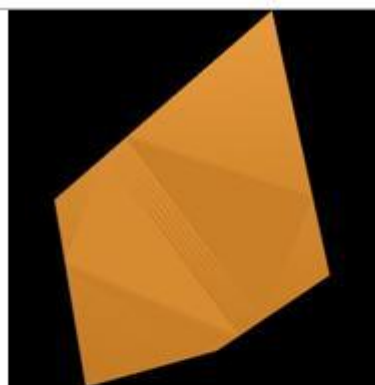
3.4. Xây dựng bề mặt đáy: Mặt đáy của thân đá vôi là mặt phẳng với cốt độ cao 0 m, vì vậy ta dùng ngay ranh giới cấp phép ở cốt độ cao 0 m để làm mặt trụ (Hình 12).

3.5. Xây dựng bề mặt viền: Từ mặt trụ và mặt vách đá vôi, tạo đường viền của đá vôi bằng cách kết hợp đường viền của mặt trụ và đường viền của mặt vách (tệp *viên.str*). Từ đường viền tạo mặt viền của thân đá vôi, tệp *viên.dtm* (Hình 13).

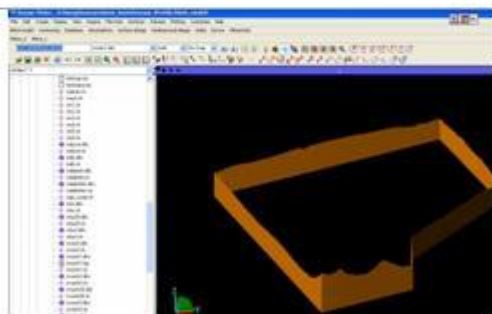
3.6. Xây dựng solid cho thân đá vôi: Từ 3 mặt của thân đá vôi đã xây dựng được (*diahinh.dtm*, *tru.dtm*, *viên.dtm*), lập solid (thân quặng) bằng cách gộp và gắn (*valid*) ba mặt của thân đá vôi lại với nhau (Hình 14).



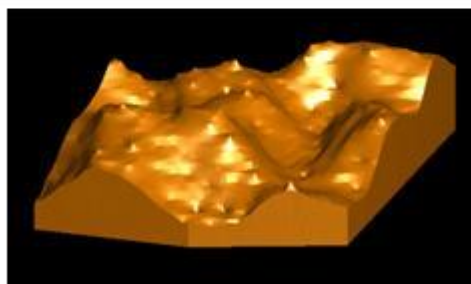
Hình 11. Bề mặt địa hình thân đá vôi



Hình 12. Giao diện mặt đáy thân đá vôi sau khi được tạo từ ranh giới



Hình 13. Giao diện mặt viền thân đá vôi, được tạo bởi tệp *viên.dtm*



Hình 14. Từ Solid ta tính ra được thể tích, trữ lượng và tài nguyên của đá vôi.

3.7. Thống kê tập mẫu (geostatistics):

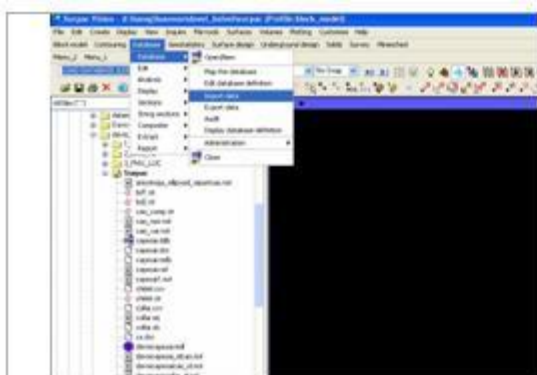
a. Nhập (import) dữ liệu: Nhập dữ liệu được thông qua từ 4 bảng đã được xây dựng từ Excel, bao gồm bảng tọa độ lỗ khoan, bảng hành trình khoan, bảng địa tầng lỗ khoan và bảng kết quả phân tích mẫu khoan (Bảng 1-5). Các bảng này được nhập (import) vào phần mềm tạo thành dữ liệu chung của mỏ. Từ dữ liệu này ta có thể chiết tách ra được tệp (file) dữ liệu (*mau3.str*) dạng string để tính toán, thống kê tập mẫu.

Sau khi nhập (import) dữ liệu, ta nhận được dữ liệu dạng các bảng tính trong phần mềm (Hình 15):

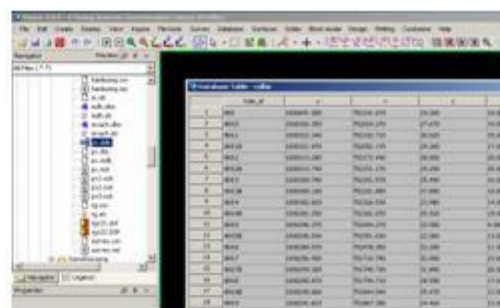
Từ CSDL được lưu trữ trong phần mềm, có thể biểu diễn các lỗ khoan thăm dò trong không gian 3 chiều (3D) theo màu sắc (Hình 16), theo kết quả phân tích mẫu, v.v..

Địa tầng lỗ khoan được thể hiện bằng màu sắc, trong đó màu vàng là lớp phủ, màu xanh là đá vôi, màu đỏ là dolomit hoặc hang karst.

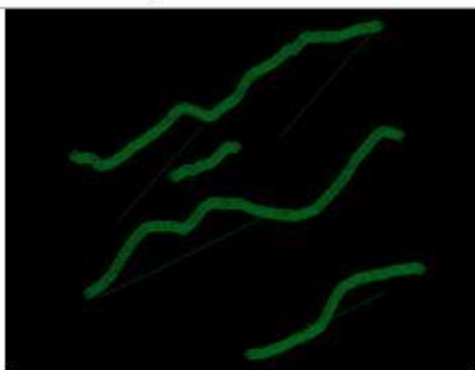
b. *Chiết xuất (extract) dữ liệu*: Sau khi nhập dữ liệu vào phần mềm từ 4 bảng (*collar.csv*, *survey.csv*, *diatang.csv* và *sample.csv*), tiến hành chiết xuất dữ liệu (extract) thành tệp (file) *mau3.str* (Hình 18). Từ tệp (*mau3.str*), tiến hành thống kê để đánh giá tập mẫu.



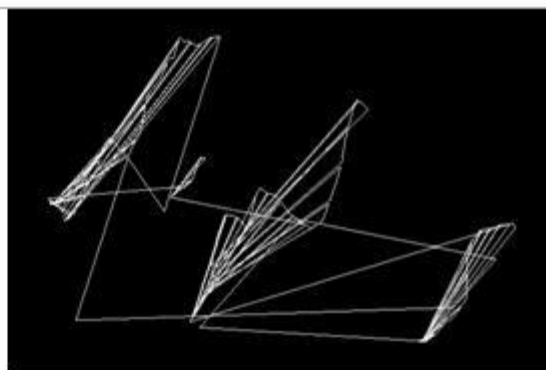
Hình 15. Giao diện nhập (import) dữ liệu vào phần mềm



Hình 16. Giao diện thể hiện CSDL dạng bảng trong phần mềm SURPAC



Hình 17. Giao diện lỗ khoan được thể hiện theo địa tầng khoan



Hình 18. Giao diện kết quả tập mẫu được chiết xuất ra để tính toán

c. *Địa thống kê tập mẫu (geostatistics)*: Bao gồm các đặc trưng thống kê sau:

* Giá trị trung bình (mean = μ): được xác định như là trung bình số học hoặc trung bình cân (meanCaO = 54,23%, MgO = 0,46%).

* Phương sai (variance = σ^2)

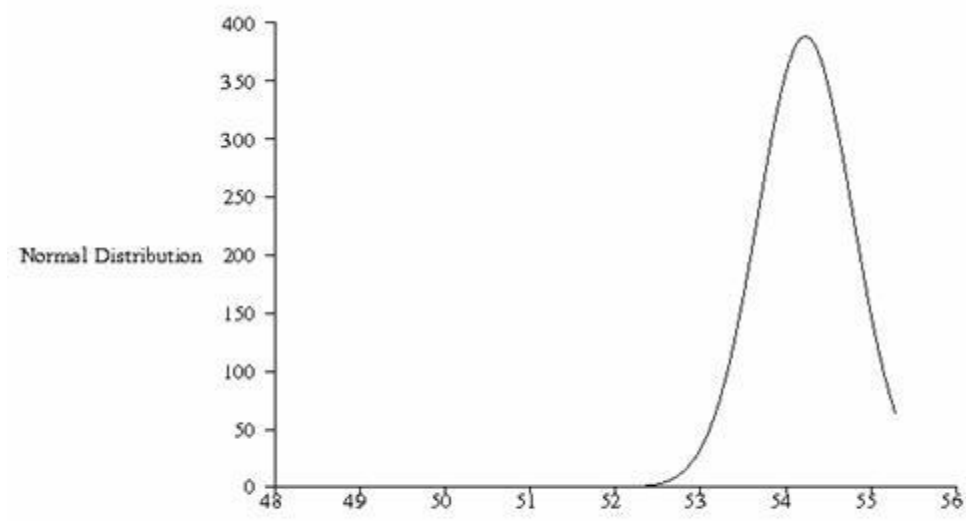
* Độ lệch tiêu chuẩn (standard deviation) = σ

* Hệ số biến đổi (coefficient of variation)

* Sai số

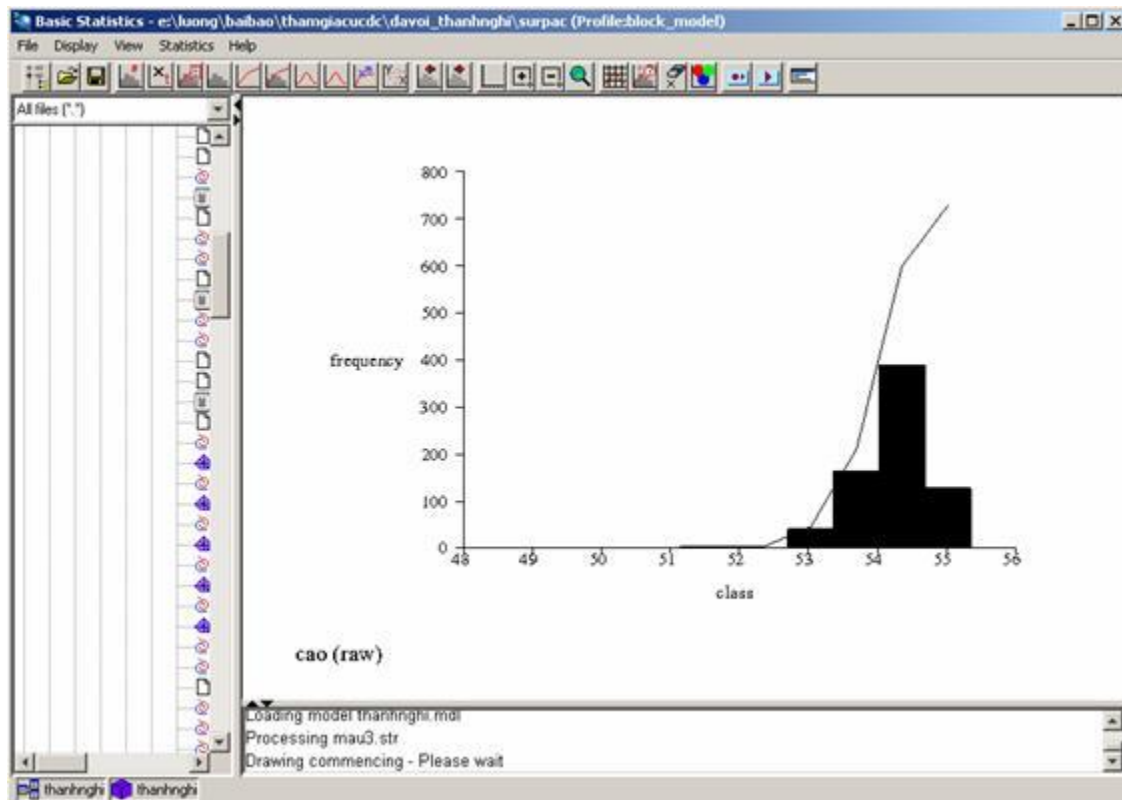
Kết quả khảo sát tập mẫu cho hàm lượng CaO cho thấy tần số xuất hiện của tập mẫu phần lớn rơi vào khoảng hàm lượng trên 50% (Hình 19, 20).

Kết quả thống kê như sau:



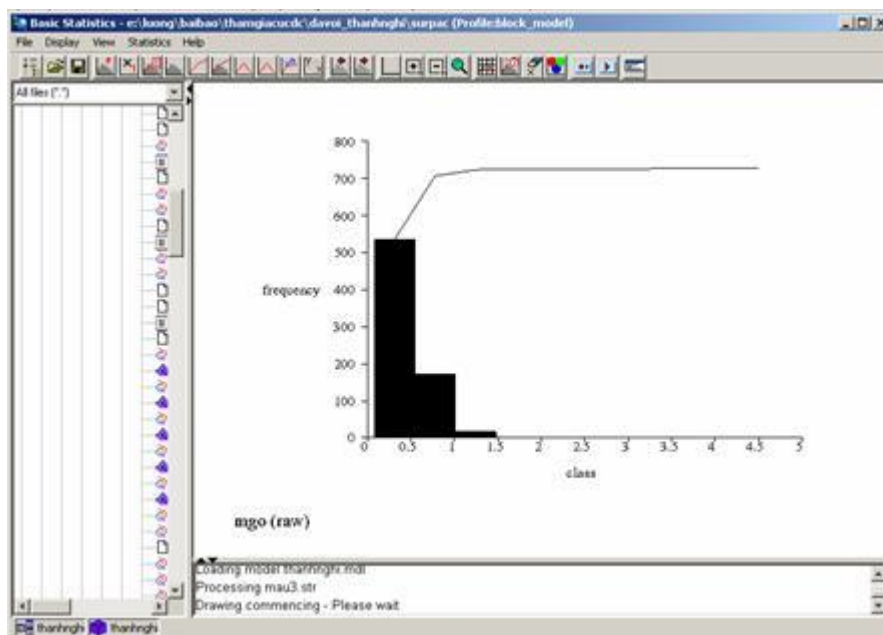
: cao (raw)

Hình 19. Phân bố hàm lượng CaO.



Hình 20. Tần số xuất hiện hàm lượng CaO.

Kết quả khảo sát tập mẫu cho hàm lượng MgO cho thấy, tần số xuất hiện của tập mẫu phần lớn rơi vào khoảng hàm lượng trên <0,5% (Hình 21).



Hình 21. Tần số xuất hiện hàm lượng MgO.

4. Nội suy hàm lượng cho từng khối thân đá vôi

Trước khi nội suy hàm lượng thành phần có ích, có hại (CaO, MgO, MKN, CKT, v.v.), ta tiến hành khảo sát, tính toán kích thước đới ảnh hưởng, chọn kích thước hợp lý của ellipsoid. Theo kinh nghiệm, trong trường hợp thân đá vôi dạng khối, hàm lượng các thành phần chính biến đổi đồng đều thì ellipsoid chủ yếu là hình cầu. Kết quả nội suy hàm lượng cho từng khối (block), phụ khối (subblock) và được biểu diễn thành bảng có các hàng, các cột.

4.1. Phân chia khối): Để tính trữ lượng đá vôi, trước tiên phân chia thân đá vôi thành các khối (block) và phụ khối (subblock). Kích thước của các khối và phụ khối có thể được chọn theo kinh nghiệm của các nhà địa chất, phụ thuộc vào kích thước ảnh hưởng (được xác định bằng các Variogram), vào cấu trúc địa chất thân đá vôi. Thân khoáng được chia thành khối và phụ khối, trong đó khối thường nằm bên trong thân khoáng, còn phụ khối dùng để phân chia phần rìa của thân khoáng sao cho thân khoáng gần thực tế nhất.

4.2. Xác lập các Variogram ($\gamma(h)$ -hàm cấu trúc) [11]: Để xác định kích thước ảnh hưởng, giúp chọn kích thước ellipsoid trong không gian với 3 trục của ellipsoid, đó là trục chính (major), trục bán chính (semi-major) và trục phụ (minor) phù hợp; tốt nhất là nhờ trợ giúp của các hàm cấu trúc.

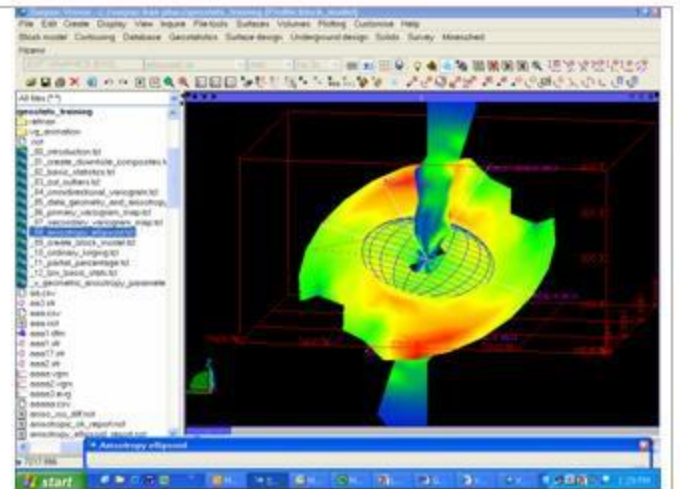
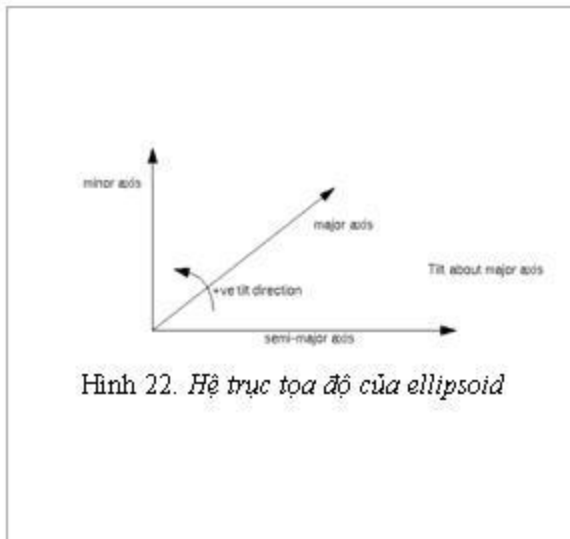
Trong một mỏ bất kỳ, giá trị một điểm quan sát nào đó có quan hệ không gian đến các điểm khác phân bố ở lân cận; theo nguyên tắc những điểm ở khoảng cách xa nhau ít ảnh hưởng hơn những điểm có khoảng cách gần nhau. Trong nhiều trường hợp, sự tương quan đó còn phụ thuộc vào phương vị không gian (khi có tính dị hướng). Để phản ánh sự phụ thuộc này, người ta dùng vectơ khoảng cách h có phương vị xác định. Mức độ phụ thuộc giữa các điểm đo nằm trên khoảng cách h_i và theo một hướng xác định nào đó được phản ánh bằng momen tương quan và có thể biểu diễn bằng hàm cấu trúc.

$$\text{Variogram thực nghiệm được xác định } \gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z_{(x)} - Z_{(x+h)}]^2 \quad (3-12)$$

trong đó $N(h)$ là số lượng cặp nghiên cứu. Bằng trợ giúp của phần mềm, chúng tôi đã xác định được Variogram của tập mẫu đối với hàm lượng phản ánh chất lượng đá vôi theo các phương khác nhau.

Từ đó, ta xác định được chỉ số dị hướng theo các trục của ellipsoid được thể hiện bởi ba trục và các trục được thể hiện trong không gian như Hình 22.

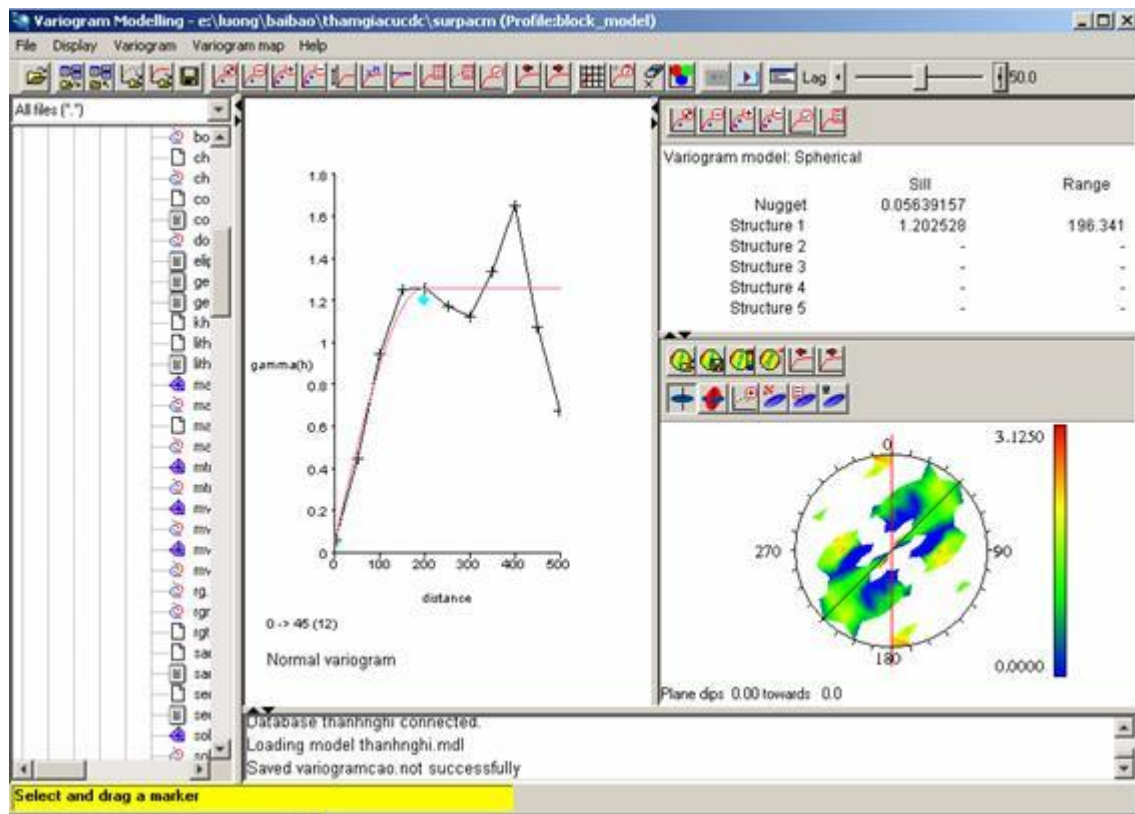
Trục chính (major axis) là hướng mà đại diện lớn nhất cho tính liên tục của tập mẫu, trục bán chính (semi-major axis) là trục lớn thứ hai, trục phụ (minor axis) là trục ngắn nhất.



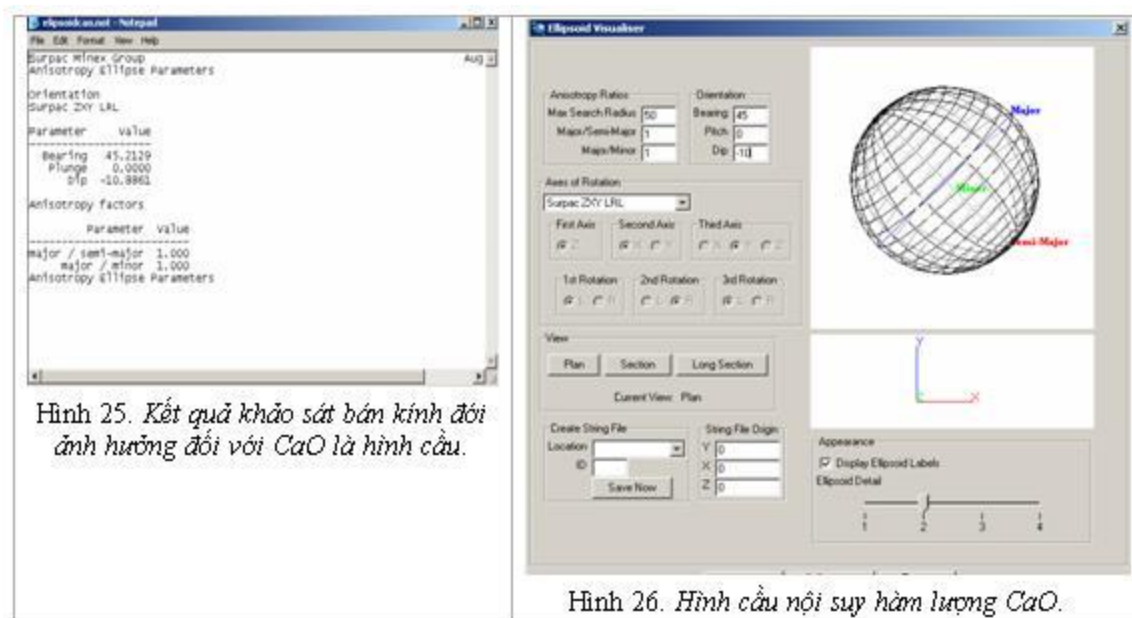
Xác định kích thước ellipsoid (Hình 22) là ta xác định tỷ lệ (chỉ số dị hướng) giữa 3 trục trong không gian của ellipsoid, tỷ lệ giữa các trục được phần mềm tự động tính toán.

Từ tập mẫu *mau3.str* phần mềm tự động tính ra bán kính trục chính, sau đó là các trục bán chính và trục phụ.

4.3. Nội suy hàm lượng các khối và phụ khối: Để nội suy hàm lượng cho khối (block) và phụ khối (subblock), ta phải tiến hành tính toán các Variogram và nhận được kích thước 3 trục của ellipsoid. Từ đây, phần mềm cho phép nhập trực tiếp các giá trị nhận được từ việc tính toán đó.

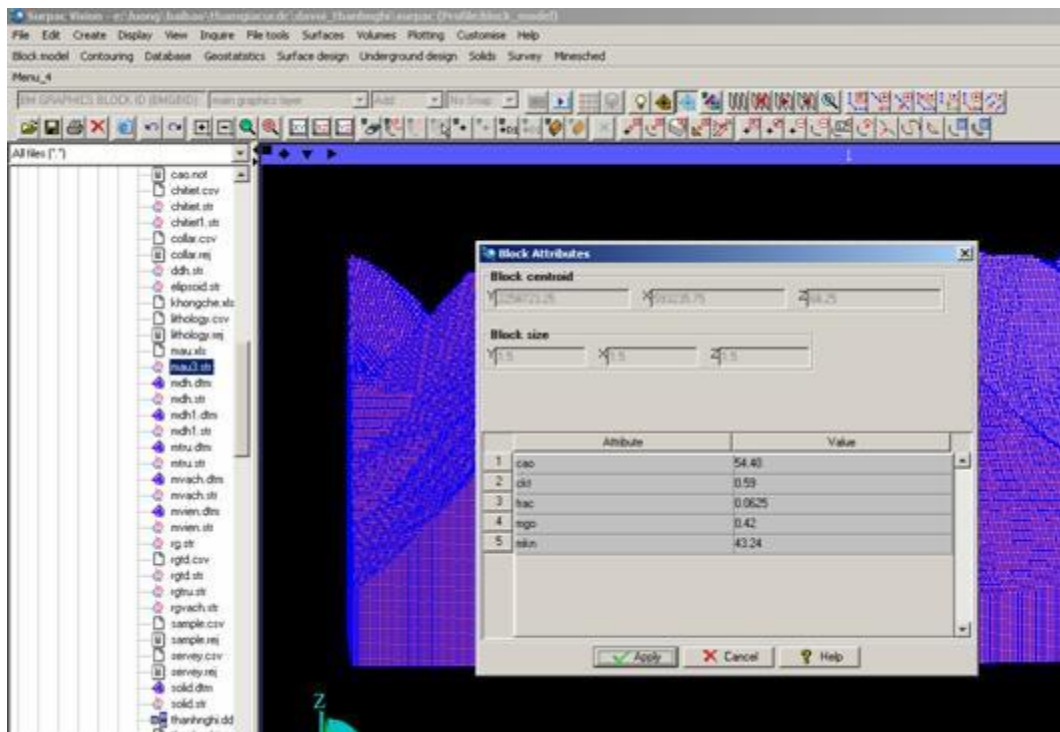


Hình 24. Kết quả mô hình hoá Variogram theo các phương của CaO có hiệu ứng tự sinh rất nhỏ, trần là 1.2, bán kính đới ảnh hưởng cho cấp tin cậy 122 là 196 m.



Hình 25. Kết quả khảo sát bán kính đới ảnh hưởng đối với CaO là hình cầu.

Hình 26. Hình cầu nội suy hàm lượng CaO.



Hình 27. Kết quả xây dựng mô hình, nội suy và ngoại suy hàm lượng cho ta thân đá vôi tương đồng với thân đá vôi thực tế, hàm lượng sau nội suy của một khối.

Đối với hàm lượng MgO , chúng tôi tiến hành khảo sát các $\gamma(h)$ và kết quả là thành phần này có tính dị hướng với trục của ellipsoid theo tỷ lệ cũng là 1:1.

Kết quả nội suy hàm lượng cho từng khối hay phụ khối có thể xem theo Hình 26. Từ kết quả này, ta có thể biết được các khối có hàm lượng CaO , MgO trong khối đó và từ đó đưa ra bài toán phối liệu cho từng khối, từng vị trí không gian vực mỏ.

5. Kết quả tính tài nguyên, trữ lượng đá vôi

Từ kết quả nội suy hàm lượng, phần mềm SURPAC tự động loại ra các khối và phụ khối không đạt chỉ tiêu về hàm lượng CaO , MgO , v.v... Những khối đạt yêu cầu chỉ tiêu công nghiệp được cộng lại và cho ra kết quả tính toán theo độ cao (z) và theo bậc hàm lượng (CaO , MgO , v.v...). Kết quả tính trữ lượng ở dạng thể tích (m^3), trọng lượng (tấn) và hàm lượng trung bình các thành phần có ích. Trữ lượng tính được sai lệch so với trữ lượng tính bằng phương pháp truyền thống (phương pháp mặt cắt song song thẳng đứng) là gần 11%, trong đó trữ lượng tính bằng phần mềm thường cho trữ lượng lớn hơn, là do trong phần mềm tính trữ lượng luôn tính với phương án tối ưu hoá.

KẾT LUẬN

Mô hình hoá thân đá vôi bằng phương pháp cụ thể là một phương pháp hiệu quả trong thăm dò đá vôi làm nguyên liệu xi măng. Với sự trợ giúp của máy tính, ngoài việc biết được trữ lượng của mỏ một cách chính xác, còn biết được hàm lượng cho từng lô nhỏ, mà điều đó rất cần cho các bài toán phối liệu.

Trữ lượng tính toán bằng phương pháp mô hình hoá so với các phương pháp khác là tương đương nhau, trong khi đó phương pháp mô hình hoá nhận thức thân đá vôi ở không gian 3 chiều.

Sử dụng phương pháp cụ thể để mô hình hoá thân đá vôi phục vụ tính tài nguyên khoáng sản là phương pháp đem lại hiệu quả cao, có thể áp dụng cho các thân đá vôi tương tự và các loại hình khoáng sản khác.

VĂN LIỆU

- 1. Đặng Trần Bảng, Nguyễn Văn Bình, Phùng Văn Vui, 1987.** Tính trữ lượng khoáng sản rắn. *Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.*
- 2. Đặng Xuân Phong, Nguyễn Phương, 2006.** Bài giảng Phương pháp tìm kiếm và dự báo tài nguyên khoáng sản. *Đại học M-ĐC, Hà Nội.*
- 3. Đỗ Cảnh Dương, 2007.** Bài giảng Khoáng chất công nghiệp. *Đại học M-ĐC, Hà Nội.*
- 4. Đồng Văn Nhì, Nguyễn Phương, Nguyễn Văn Lâm, Trương Xuân Luận, Phan Viết Nhân, 2003.** Phương pháp thăm dò mỏ. *Đại học M-ĐC, Hà Nội.*
- 5. Đồng Văn Nhì, Lương Quang Khang, Nguyễn Phương, Nguyễn Văn Lâm, 2006.** Bài giảng Phương pháp xử lý thông tin địa chất để nghiên cứu điều tra địa chất. *Đại học M-ĐC, Hà Nội.*
- 6. Nguyễn Phương, Nguyễn Văn Lâm, 2007.** Bài giảng Mô hình hoá các tính chất của khoáng sản và phương pháp thăm dò. *Đại học M-ĐC, Hà Nội.*
- 7. Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nam, 2008.** Báo cáo Thăm dò đá vôi làm nguyên liệu xi măng tại khu vực Thanh Nghị, huyện Thanh Liêm, Hà Nam. *Lưu trữ Sở TN&MT Hà Nam.*
- 8. Stone J.G., Dunn P.G., 1998.** Ore reserve estimates in the real world.
- 9. SURPAC Minex Group, 2004.** Hướng dẫn sử dụng phần mềm SURPAC. *Vision Gemcomsoftware, Australia.*
- 10. Trương Xuân Luận, Nguyễn Tiến Dũng, 2006.** Địa thống kê và tin học ứng dụng. *Đại học M-ĐC, Hà Nội.*
- 11. Trương Xuân Luận, 2007.** Bài giảng Toán địa chất. *Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.*