

VỀ MÔ HÌNH LƯỚI SỬ DỤNG TRONG CÁC PHẦN MỀM TÍCH HỢP ĐỊA CHẤT MỎ ÁP DỤNG CHO KHOÁNG SÀNG DẠNG VỈA

TRẦN TIẾN HUỆ

Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ-IMSAT

Email: tienhuetran@yahoo.com

1. Tổng quan

Phần mềm tích hợp địa chất-mỏ dành cho các khoáng sàng dạng vỉa là Hệ thống Thông tin Địa lý (Geographic Information System - GIS) được áp dụng rộng rãi trong ngành mỏ các nước. Phần mềm luôn bao gồm nhiều modul công việc từ trắc địa, địa chất đến khai thác mỏ. Khoáng sàng dạng vỉa như khoáng sàng than có các đặc điểm như vách/trụ vỉa, đứt gãy, mất vỉa, chập/tách vỉa,... Các đặc điểm này được tính đến trong phần mềm tích hợp địa chất-mỏ dành cho khoáng sàng loại vỉa bởi áp dụng công cụ mô hình lưới (grid model) trong phần mềm. Mô hình lưới được sử dụng để mô hình hoá thân vỉa, các đặc tính phân bố của vỉa (chiều dày, các chỉ tiêu chất lượng,...), ước tính tài nguyên/trữ lượng, tính toán khối lượng công tác mỏ, lập kế hoạch khai thác hầm lò/ lộ thiên, tối ưu hoá khai trường lộ thiên,... Bài báo giới thiệu về mô hình lưới bao gồm các khái niệm, các phương pháp nội/ngoại suy dữ liệu (như khoảng cách nghịch đảo, địa thống kê, kriging,...), cũng như trình bày một số ứng dụng như đồ hoạ trực quan, vẽ đường đồng mức,... sử dụng phần mềm Minex với dữ liệu địa chất của khoáng sàng than đồng bằng sông Hồng.

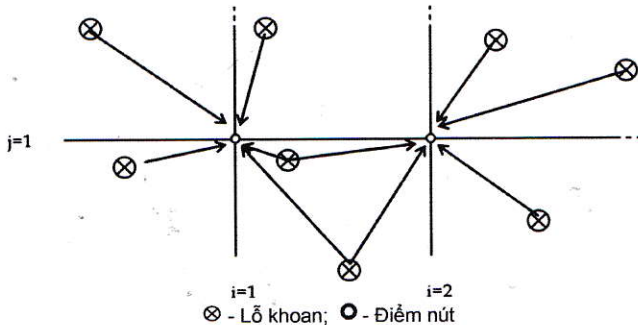
Mỗi mỏ than hầm lò hoặc lộ thiên từ giai đoạn khảo sát, thăm dò, lập dự án (thiết kế) đến giai đoạn sản xuất sở hữu rất nhiều thông tin trắc địa, địa chất và công nghệ mỏ. Các thông tin này được các kỹ sư trắc địa, địa chất và khai thác mỏ sử dụng, trao đổi nhằm đáp ứng yêu cầu công việc của mỗi bộ phận. Nếu trước kia các số liệu này được xử lý thủ công (lưu trên giấy) thì nay đã được số hoá, thực hiện trên máy tính với sự trợ giúp của phần mềm tự động hoá thiết kế (CAD) chẳng hạn trên nền Autocad,... Mặc dù vậy, hiệu quả tin học hoá của các công tác kỹ thuật này vẫn hết sức hạn

chế [1] do các phần mềm này chỉ là những modul chương trình hoặc không chuyên dùng cho các công tác địa chất-mỏ, nhỏ lẻ nên thiếu tính đồng bộ, không được cài đặt các thuật toán phục vụ các bài toán ngành mỏ (mô hình hoá, tính toán khối lượng, lập kế hoạch, vận tải, tối ưu hoá khai trường, quản lý chất lượng sản phẩm,...). Trong khi đó, ngành mỏ các nước đã áp dụng rộng rãi rất nhiều phần mềm tích hợp địa chất mỏ trong đó có các phần mềm chuyên cho khoáng sàng dạng vỉa như Vulcan, Minescape, Minex, CAE Strat 3D,... [2] với đầy đủ các modul công việc đồng bộ cho các công tác trắc địa, địa chất và khai thác mỏ. Trong rất nhiều các tính năng của các phần mềm loại này xin giới thiệu về mô hình lưới (Grid model) - Công cụ lập mô hình hiệu quả, phù hợp nhất với các khoáng sàng dạng vỉa.

2. Khái niệm về mô hình lưới

Trong các thông tin địa chất về khoáng sàng, dữ liệu lỗ khoan là đáng tin cậy và quyết định nhất để lập mô hình vỉa. Dữ liệu lỗ khoan giống như các điểm đóm trên hình chiếu bằng. Vấn đề là phải biết cấu trúc thay đổi như thế nào giữa các điểm mẫu này. Tại các điểm mẫu, các thông số như chiều dày vỉa và lớp đất đá đã được biết, sẽ được sử dụng để ước tính giá trị các thông số này tại các điểm không có sẵn mẫu. Quá trình này có thể được đặt tên là việc mở rộng dữ liệu. Dữ liệu có thể được mở rộng thông qua các bề mặt hai chiều hoặc không gian ba chiều. Trong quá trình mở rộng, lưới hình vuông hoặc chữ nhật, khung dây (wireframes) được áp dụng lên một diện tích. Lưới tam giác (triangulation) là một loại lưới nhân tạo khác, được áp dụng trên thực địa. Sau đó, các phương pháp mở rộng như khoảng cách nghịch đảo, địa thống kê được áp dụng.

Trên hình chiếu bằng, các dữ liệu lỗ khoan được phân bố không đều. Lưới là một mạng phân bố đều được hình thành bởi các tam giác, hình vuông hoặc hình chữ nhật. Các điểm mẫu phân bố không đều chuyển thành dạng phân bố đều nếu các điểm nút được gán các giá trị tham số như chiều dày và phẩm cấp tại các điểm nút. Nói cách khác, các giá trị như chiều dày và phẩm cấp được ước tính tại các điểm nút, tạo ra kết quả là cấu trúc dữ liệu đều (hình H.1). Rất nhiều điểm nút được tạo ra bằng cách chồng một khung dây lên trên bề mặt.



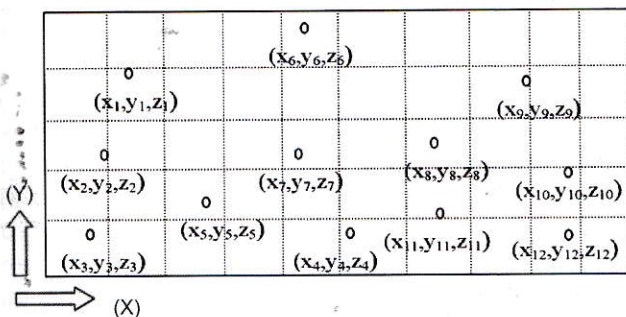
H.1. Gán giá trị cho các điểm nút

Các giá trị mẫu được phân bố không đều (các lỗ khoan) được mở rộng/phân bố cho diện tích bằng một số cách tiếp cận:

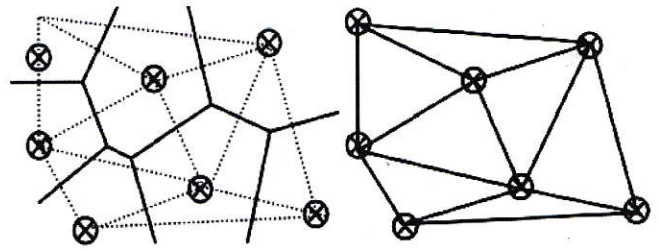
- Các phương pháp cổ điển (tam giác, đa giác);
- Phương pháp khoảng cách nghịch đảo;
- Phương pháp địa thống kê.

Các phương pháp này thường được sử dụng để gán các giá trị nút bằng cách sử dụng các dữ liệu lỗ khoan. Các nút được căn chỉnh thông qua các lưới hình tam giác hoặc hình chữ nhật (hình H.2, H.3). Tính toán tọa độ của các nút lưới là một quá trình toán học đơn giản. Giả thiết số lượng các nút theo hướng x là n và theo hướng y là m. Tổng số nút trên lưới là $m \times n$. Nếu mỗi điểm được biểu diễn bằng $p(i, j; i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$, thì $p(i, j)$ là hàm số của các tọa độ x_i và y_j :

$$p(i, j) = f(x_i, y_j). \quad (1)$$



H.2. Lưới được xếp chồng lên các lỗ khoan phân bố không đều



H.3. Tạo ra các đa giác và tam giác

Trong đó, x_i là tọa độ đông của cột thứ i và y_j là tọa độ Bắc của hàng thứ j . Khi đó x_i và y_j có thể được tính bằng:

$$x_i = s_x + i \cdot \Delta x; \quad (2)$$

$$y_j = s_y + j \cdot \Delta y. \quad (3)$$

Trong đó, Δx và Δy là khoảng cách giữa các đường x và đường y và s_x và s_y là các tọa độ gốc cho phía Đông và phía Bắc một cách tương ứng. Sau khi tính toán tọa độ x và y của tất cả các nút, bước tiếp theo là tính toán tọa độ thứ ba có thể là chiều dày vỉa, phẩm cấp, mức cao hoặc bất kỳ tham số nào khác. Tham số/tọa độ thứ ba đến từ các điểm mẫu xung quanh bằng cách mở rộng các tham số lỗ khoan đến các điểm nút này. Để thực hiện mục đích này, có một số phương pháp như bình phương khoảng cách nghịch đảo, địa thống kê.

3. Các phương pháp gán giá trị

Bước tiếp theo của việc tạo lưới là giai đoạn gán giá trị. Các nút trong mặt phẳng 2 chiều (2D) và các khối trong không gian 3 chiều (3D) được gán các giá trị tham số. Cấu trúc này là cơ sở cho các mô hình 2D và 3D. Mô hình hóa thân quặng 2D và 3D có thể được thực hiện bằng một số phương pháp khác nhau. Nội các mặt cắt được thực hiện qua thân quặng và mô hình hóa khối là các phương pháp chủ yếu được sử dụng. Các mô hình không chỉ cho hình dạng của thân quặng mà còn cho tính toán khối tích và trữ lượng. Việc tạo lưới tam giác hoặc lưới hình chữ nhật đều yêu cầu phương pháp gán giá trị. Các phương pháp toán học thường được sử dụng là: khoảng cách nghịch đảo; địa thống kê.

3.1. Phương pháp khoảng cách nghịch đảo

Phương pháp khoảng cách nghịch đảo thực chất là phương pháp trung bình trọng số. Tuy nhiên, trọng số được tính ngược lại. Khoảng cách của điểm lấy mẫu (lỗ khoan) đến điểm gán giá trị (nút) càng xa, đóng góp của điểm lấy mẫu vào kết quả trung bình càng ít. Nói cách khác, điểm mẫu gần hơn có nghĩa là ảnh hưởng nhiều hơn đến giá trị được gán. Ý tưởng cơ bản là cung cấp hiệu ứng của lỗ khoan lên điểm mà ở đó phép gán sẽ được thực hiện, có liên quan nghịch đảo với khoảng cách giữa chúng. Điều này được thực hiện bằng cách lấy trung bình trọng số của các giá trị tham số

theo khoảng cách như hình dưới đây:

$$z(i, j) = \frac{\sum_{k=1}^K \frac{z_k}{(\Delta_{(i,j)}^k)^\alpha}}{\sum_{k=1}^K \frac{1}{(\Delta_{(i,j)}^k)^\alpha}} \quad (4)$$

Trong đó: $z(i, j)$ - Giá trị được gán (chẳng hạn phẩm cấp, chiều dày) tại điểm nút trên hàng thứ i và cột thứ j ; z_k - Giá trị tham số được thực hiện bởi lỗ khoan thứ k (mẫu); $\Delta_{(i,j)}^k$ - Khoảng cách giữa lỗ khoan thứ k và nút (i, j) ; α - Bậc của quá trình khoảng cách nghịch đảo (thông thường $\alpha=2$ và phương pháp được gọi là bình phương khoảng cách nghịch đảo).

Khoảng cách giữa lỗ khoan và các điểm nút có thể được tính toán một cách đơn giản bằng:

$$\Delta_{(i,j)}^k = \sqrt{[\delta x(i, j) - D_x^n]^2 + [\delta y(i, j) - D_y^n]^2} \quad (5)$$

Trong đó: $\delta x(i, j)$ - Tọa độ x của nút (i, j) ; $\delta y(i, j)$ - Tọa độ y của nút (i, j) ; D_x^n - Tọa độ x của lỗ khoan thứ n ; D_y^n - Tọa độ y của lỗ khoan thứ n .

Phương pháp này chấp nhận rằng cấu trúc địa chất có tính chất tuyến tính. Trong trường hợp chiều dày hoặc phẩm cấp thay đổi đột ngột, phương pháp khoảng cách nghịch đảo có thể thất bại trong việc xác định một kết quả tốt. Mặt khác, ứng dụng của phương pháp nghịch đảo không chỉ giới hạn ở tính toán 2D mà còn cũng có thể được sử dụng trong tính toán 3D.

3.2. Phương pháp địa thống kê

Khái niệm cơ bản về địa thống kê là sự biến đổi theo vùng của các tham số. Không chỉ sử dụng cách thức xác định và mô tả mà phương pháp xác suất và thống kê cũng được sử dụng trong các phép tính trong địa thống kê. Nếu một cấu trúc của một thân quặng bên trong một vùng giới hạn có thể giải thích được về mặt toán học, thì có thể nêu rõ hành vi đó bằng các phương trình và sử dụng chúng để ước tính. Khi sự biến đổi không thể được xây dựng bởi các mô hình toán học thì điều đó có nghĩa là các giá trị mẫu cho thấy hành vi ngẫu nhiên và các phương pháp thống kê xác suất có thể được áp dụng ở đó. Địa thống kê không chỉ xem xét khoảng cách giữa các điểm mẫu và các điểm gán giá trị mà cả vị trí và hướng của chúng với nhau. Ngoài ra, trong quá trình ước tính, không chỉ chênh lệch giữa các điểm mẫu và các điểm gán giá trị được tính đến mà còn xem xét các phương sai của các mẫu bên trong được tính đến. Điều này có nghĩa, địa thống kê không chỉ liên quan đến khoảng cách giữa các điểm mẫu và các điểm nút mà còn liên quan đến sự biến đổi giữa chúng với khoảng cách và hướng. Hai giai đoạn chính của quá trình thống kê là mô hình variogram (hàm cấu

trúc) và phương pháp Krige (kriging).

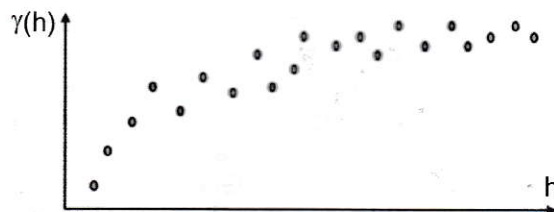
3.2.1. Mô hình variogram

Công cụ chính của địa thống kê là mô hình variogram. Variogram có thể được định nghĩa là biểu đồ biểu thị mối quan hệ giữa khoảng cách và phương sai tham số theo một hướng nhất định. Trong giai đoạn ước tính, nội suy kriging, địa thống kê sử dụng đồng phương sai giữa các điểm mẫu và điểm/diện tích/thể tích mà ở đó việc gán giá trị được thực hiện, và các đồng phương sai giữa các điểm mẫu ảnh hưởng đến điểm đó để mở rộng một giá trị. Ban đầu, một mô hình variogram biểu hiện mối quan hệ giữa khoảng cách và phương sai được xác định. Phương sai là:

$$\gamma(h) = \frac{\sum_{n=1}^N (z - z')^2}{2 \cdot n} \quad (6)$$

Trong đó: $\gamma(h)$ - Phương sai của các cặp mẫu nằm cách nhau khoảng cách h (độ trễ); z - Giá trị tại mẫu z ; z' - Giá trị tại mẫu, có khoảng cách h tính từ z ; n - Tổng số cặp nằm cách nhau khoảng cách h .

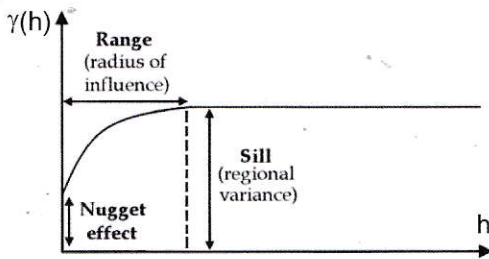
Đối với mỗi khoảng cách h khác nhau, phương sai $\gamma(h)$ được tính toán (hình H.4). Tương ứng với phân phối của các cặp h - $\gamma(h)$, một mô hình toán học được thử nghiệm để làm phù hợp. Xu hướng chung là sử dụng một trong các mô hình variogram được xác định trước chẳng hạn, hình cầu, số mũ, Gaussian, tuyến tính,...



H.4. Các giá trị phương sai khác nhau được đánh dấu cho các cặp mẫu ở khoảng cách h (lag)

Để thực hiện mục đích này, các cặp mẫu được tìm thấy cho một hướng lượng giác nhất định θ° và các khoảng cách trễ $h, 2h, 3h, \dots, nh$. Do có khả năng không tìm thấy các cặp có điều kiện về hướng và khoảng cách một cách tuyệt đối, dung sai khoảng cách $\pm \Delta h$ và dung sai hướng (góc) $\pm \Delta \theta^\circ$ được xem xét. Các thông số, chẳng hạn như chiều dày và phẩm cấp được thực hiện bởi các điểm mẫu, được sử dụng trong công thức và giá trị phương sai được tính toán. Sau khi đánh dấu phương sai trên biểu đồ " h - γ ", phương sai thực nghiệm sẽ được vẽ. Sau đó, variogram là đồ thị giải thích quan hệ phương sai so với khoảng cách. Các điểm variogram thực nghiệm chỉ ra một xu hướng và cần diễn giải để quyết định mô hình nào

phù hợp nhất. Các điểm rời rạc có thể được xác định về mặt toán học ở dạng phương trình, còn được gọi là mô hình variogram. Mô hình variogram tương tự như mô hình hồi quy (hình H.5).



H.5. Mô hình variogram được làm phù hợp cho các điểm rời rạc cho thấy quan hệ phương sai khoảng cách; quan hệ “ h - $\gamma(h)$ ”

Trong đồ thị c_0 được gọi là hiệu ứng tự sinh (nugget effect), c - Ngưỡng - phương sai theo vùng (sill - regional variance) và a là miền - bán kính ảnh hưởng (range - radius of influence). Nugget là giá trị chênh lệch ở khoảng cách bằng không. Thông thường, nugget phải bằng 0 do các vấn đề lấy mẫu, dung sai trong ghép cặp và sự không nhất quán về cấu trúc, nugget vượt quá số không. Đồ thị tốt nhất và phương trình toán học (mô hình) của đồ thị cho cặp “ h - $\gamma(h)$ ” được quyết định bằng cách giải thích trực quan về một số mô hình được xác định trước như mô hình hình cầu, mô hình mũ, mô hình De-Wisjjan, mô hình tuyến tính. Các mô hình được phân loại là các mô hình có ngưỡng và không có ngưỡng. Ngưỡng được định nghĩa là nền tảng khi phương sai trở nên song song với trục h . Khoảng cách khi đồ thị đạt đến mức ngưỡng được gọi là miền. Miền cũng có thể được coi là bán kính ảnh hưởng. Các mô hình được đưa ra dưới đây.

Mô hình hình cầu:

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \cdot \left(\frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{a^3} \right) + c_0 & h \leq a \\ c + c_0 & h > a \end{cases} \quad (7)$$

Mô hình tuyến tính:

$$\gamma(h) = (a \cdot h) \quad (8)$$

Mô hình số mũ:

$$\gamma(h) = c \cdot (1 - e^{-h/a}) \quad (9)$$

Trong đó: c - Giá trị ngưỡng (sill) (giá trị không đổi khi các phương sai trở nên song song với trục h); c_0 - Hiệu ứng tự sinh (nugget) (phương sai khi khoảng cách bằng không); a - Miền (khoảng cách mà phương sai đạt đến giá trị ngưỡng)

Một khái niệm khác trong địa thống kê là hướng và sự thay đổi của các variogram theo các hướng. Nếu các mô hình variogram được phát triển theo các hướng khác nhau có thể được chấp nhận là

đồng nhất với nhau có sai số, thì thân quặng được gọi là đẳng hướng và ngược lại là dị hướng. Mô hình variogram tương tự có thể được sử dụng trong quá trình ước lượng kriging cho tất cả các hướng nếu sự tồn tại của đẳng hướng được quyết định.

3.2.2. Phương pháp Krige

Để mở rộng dữ liệu mẫu và sử dụng nó để dự đoán các giá trị chưa biết, phương pháp Krige được áp dụng. Phương pháp Krige là một phương pháp mở rộng và ước lượng, trong đó các tham số được gán giá trị cho các điểm bằng các điểm lấy mẫu xung quanh. Mục tiêu là tính trọng số a_n cho mỗi điểm lấy mẫu. Mục đích của việc phát triển mô hình variogram là để xác định phương sai như là hàm số của khoảng cách và xác định phương trình toán học sẽ được sử dụng để tính toán các số hạng ma trận đồng phương sai. Các thuật ngữ này sẽ được sử dụng trong giai đoạn thực hiện phương pháp Krige. Phương pháp Krige, được phát triển bởi Krige (1966), là một phương pháp ước lượng liên quan đến các đồng phương sai giữa điểm gán - các điểm mẫu và cũng như bên trong các điểm mẫu với nhau. Dạng phương trình và ma trận sau khi lấy đạo hàm, một cách tương ứng:

$$z^*(i, j) = \sum_{k=1}^n w_k z(x_k); \quad \sum_{k=1}^n w_k = 1. \quad (10)$$

Trong đó: $z^*(i, j)$ - Giá trị được gán cho điểm nút (i, j) liên quan đến các điểm mẫu xung quanh (lỗ khoan); $z(x_k)$ - Giá trị tham số của điểm mẫu x_k ; w_k - Trọng số của điểm mẫu k .

Biểu diễn đơn giản của các ma trận ở dưới đây:

$$[\sigma_{xx}], [w_x] = [\sigma_{vx}]. \quad (11)$$

Trong đó: $[\sigma_{xx}]$ - Ma trận bao gồm phương sai giữa các điểm mẫu với nhau; $[\sigma_{vx}]$ - Ma trận bao gồm chênh lệch giữa điểm gán giá trị và các điểm mẫu; $[w_x]$ - Ma trận trọng số.

Ma trận trọng số được tính toán và các trọng số được sử dụng để ước tính thông số không xác định tại điểm gán giá trị. Các giá trị phương sai σ trong các ma trận được tính bằng cách đặt số lượng khoảng cách giữa các điểm mẫu (Δ_{xx}) với nhau và các điểm mẫu - các điểm gán giá trị (Δ_{vx}) vào số hạng h trong mô hình variogram.

Địa thống kê có phạm vi ứng dụng rộng rãi trong việc lập mô hình địa chất. Vấn đề chính của phương pháp này là đánh giá trực quan và diễn giải variogram thực nghiệm trong quá trình phát triển mô hình. Sự phát triển này có thể gây tranh cãi và có tính tương đối. Số lượng mẫu phải là số lượng chấp nhận được; có thể là mười hai và chủ yếu là hơn ba mươi. Một trong những ưu điểm của địa thống kê là khả năng ước lượng lỗi:

$$e^2 = (Z^* - Z)^2 \quad (12)$$

Trong đó, e^2 - Sai số ước tính (phương sai); Z^* -

Giá trị ước tính; Z - Giá trị thực tế (Sinclair và Blackwell, 2004).

4. Các ví dụ minh họa, sử dụng phần mềm Geovia Minex

4.1. Tạo các đường đồng mức

Bản đồ đường đồng mức thường dựa trên các lưới tam giác hoặc lưới hình chữ nhật, được chồng lên khu vực mỏ để đại diện cho địa hình trong phần mềm máy tính. Các điểm nút trên lưới được chỉ định một số giá trị như độ cao địa hình, chiều dày và phẩm cấp ở vách hoặc trụ vỉa,... nghĩa là ước tính giá trị các tham số tại các điểm nút bằng cách sử dụng các giá trị mẫu thu được của các lỗ khoan. Trong các hình H.7, H.8 sử dụng dữ liệu của trụ vỉa 3 - Báo cáo địa chất kết quả khảo sát, tìm kiếm, thăm dò than Đồng bằng sông Hồng, 2004 (vùng Bình Minh).

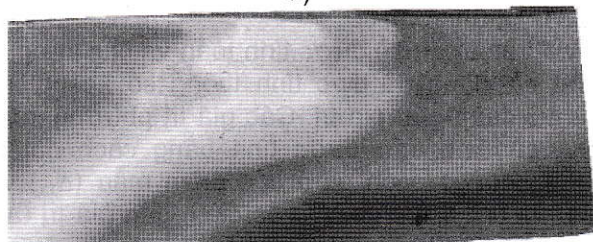
4.2. Tạo các hình ảnh đồ họa bề mặt 3D

Bề mặt có thể được tạo cho bất kỳ tham số thứ ba nào được gán cho mô hình lưới. Tọa độ thứ ba có thể là độ cao địa hình, chiều dày, phẩm cấp hoặc bất kỳ thứ gì khác. Bề mặt sẽ được đặt tên theo thông số thứ ba của nó như bề mặt địa hình, bề mặt dày, bề mặt lớp,... Hình ảnh 3D của bề mặt giúp nhà nghiên cứu hình dung những thay đổi tham số.



H.7. Các đường đồng mức trụ vỉa 3

a)



b)

H.8. Mô hình không gian bề mặt trụ vỉa 3:
a - Hình chiếu bằng; b - Hình chiếu bên

5. Kết luận

Từ những kết quả nghiên cứu trên đây, có thể rút ra một số kết luận sau:

➤ Khái niệm mô hình lưới được cài đặt trong các phần mềm tích hợp mỏ địa chất (dùng cho các khoáng sản dạng vỉa) là khái niệm mô hình hình

học mới so với thực tiễn áp dụng mô hình tam giác của các kỹ sư mỏ địa chất. Việc tìm hiểu mô hình lưới mang ý nghĩa thực tế cao đối với các kỹ sư cũng như các cơ quan quản lý tài nguyên ở Việt Nam. Đây là kinh nghiệm từ thực tế quản lý nhà nước về tài nguyên ở Nga, Trung Quốc;

➤ Mô hình lưới giúp áp dụng khái niệm mô hình khối khai thác trong thực tế, là tiền đề cho việc lập kế hoạch khai thác mỏ với sự trợ giúp của các phần mềm máy tính trong sản xuất mỏ than hầm lò cũng như lộ thiên. Một trong các bài toán không thể làm thủ công là tối ưu hóa biên giới khai trường mỏ lộ thiên trở nên dễ dàng hơn với việc áp dụng mô hình lưới trong phần mềm tích hợp mỏ địa chất. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nghị quyết số 19-NQ/ĐU về tập trung lãnh đạo đẩy mạnh ứng dụng cơ giới hóa, tự động hóa, tin học hóa vào sản xuất và quản lý nhằm nâng cao hiệu quả sản xuất kinh doanh giai đoạn 2017-2020, tầm nhìn đến năm 2030. Ban Thường vụ Đảng ủy Tập đoàn TKV. www.vinacomin.vn.
2. Imran Ahmad Dar - Earth Sciences; IntechOpen ISBN: 978-953-307-861-8. 2012.
3. Капустин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ (для горных инженеров). Недра. Санкт-Петербург. 2004 г.
4. Наговицын О.В., Лукичев С.В., Алисов А.Ю. Автоматизированное планирование открытых горных работ. Территория CREDO. № 2(49). 2013. Апатитский филиал Мурманского государственного технического университета, г. Апатиты.

Ngày nhận bài: 08/03/2019

Ngày gửi phản biện: 12/04/2019

Ngày nhận phản biện: 21/08/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/10/2019

Từ khóa: mô hình lưới; đồ họa trực quan; vẽ đường đồng mức; phần mềm Minex; dữ liệu địa chất; khoáng sản dạng vỉa; đồng bằng sông Hồng

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

SUMMARY

The article introduces grid model, some applications such as visual graphics, contour drawing,... using Minex software with geological data of coal mines of the Red River Delta.