

XÂY DỰNG THUẬT TOÁN TÍNH ĐỘ LÚN BỀ MẶT ĐỊA HÌNH DO ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH KHAI THÁC HÀM LÒ THEO PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO KEINHORST

NGUYỄN QUỐC LONG, VƯƠNG TRỌNG KHA
 Trường Đại học Mỏ - Địa chất

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu phương pháp dự báo dịch chuyển biến dạng Keinhorst, đây là phương pháp đơn giản, dễ tính toán. Tuy nhiên việc tính toán bằng phương pháp ước lượng trên lưới đồ giải đến nay không còn phù hợp. Vì vậy các tác giả đề xuất thuật toán cho phép tự động hóa xác định tỷ lệ diện tích ảnh hưởng theo phương pháp này và trên cơ sở đó xây dựng module chương trình tính toán dự báo. Kết quả thực nghiệm cho phép khẳng định thuật toán đề xuất là chính xác. Thuật toán này có thể được áp dụng cho các phương pháp dự báo khác như Sauer, Bals, Beyer, Sann.

1. Mở đầu

Những nỗ lực đầu tiên đề xuất các phương pháp dự báo dịch chuyển biến dạng được nảy sinh từ đo đạc thực nghiệm trắc địa mỏ. Nó được tiến hành từ những năm đầu của đầu thế kỷ trước (Kohne – 1907). Tuy nhiên phương pháp đầu tiên mà có thể được gọi là lý thuyết dự báo là do H.Keinhorst đề xuất năm 1928, nó thuộc nhóm mô tả hình học. Những giả thiết và phương pháp quy nạp khoa học của ông đã được các nhà nghiên cứu về sau áp dụng và hoàn thiện. Bản chất của phương pháp Keinhorst là xác định các vùng ảnh hưởng gây ra lún tại một điểm cần xét trên bề mặt đất do quá trình khai thác hầm lò. Với giả thiết vùng trống khai thác có diện tích bằng một đơn vị khi khai thác đạt tới trạng thái hoàn toàn tại điểm khảo sát. Keinhorst tiến hành phân chia đơn vị diện tích này theo tỷ lệ ảnh hưởng tới độ lún bằng phương pháp đồ giải nên có độ chính xác không cao, mất nhiều thời gian và công sức. Do vậy cần nghiên cứu thuật toán tính độ lún và xây dựng module dự báo dịch chuyển biến dạng để góp phần hoàn thiện phương pháp dự báo Keinhorst.

2. Phương pháp Keinhorst

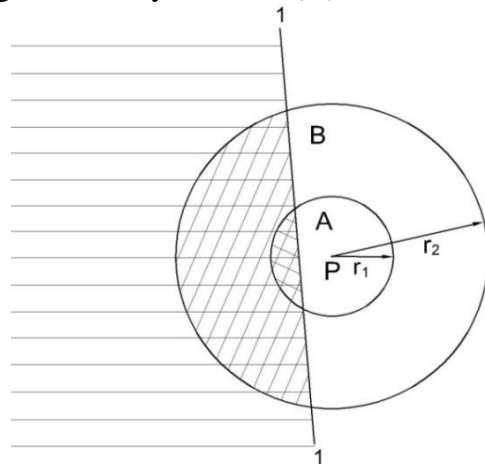
Toàn bộ vùng khai thác gây ảnh hưởng tới độ lún hoàn toàn của điểm P trên mặt đất được Keinhorst chia thành 2 phân vùng (phân vùng A và B) có hình dạng là hình tròn đồng tâm có bán kính tương ứng là r_1 và r_2 (hình 1). Giả thiết khi khai thác trong phân vùng A làm điểm P bị lún

manh hơn 2 lần so với khai thác trong phân vùng B. Khai thác ở ngoài vòng tròn lớn không gây ảnh hưởng lún tới điểm P. Dựa vào kết quả quan trắc, Keinhorst đã xác định được độ lún cực đại của điểm P thông qua biểu thức:

$$\eta_{\max} = a \cdot g \quad (1)$$

trong đó:

- a- hệ số khai thác, phụ thuộc vào phương pháp chèn lấp khoảng trống khai thác;
- g – chiều dày khâu vỉa (m).



Hình 1. Các phân vùng ảnh hưởng [7]

Dựa vào mô hình trên cho phép tính được độ lún của một điểm theo công thức sau:

$$\eta_p = a \cdot g \cdot \left(\frac{2 S_A^\eta}{3 S_A} + \frac{1 S_B^\eta}{3 S_B} \right) \quad (2)$$

trong đó:

- S_A, S_B - diện tích vùng A và B;
- S_A^η, S_B^η - diện tích đã khai thác trong vùng ảnh hưởng A và B.

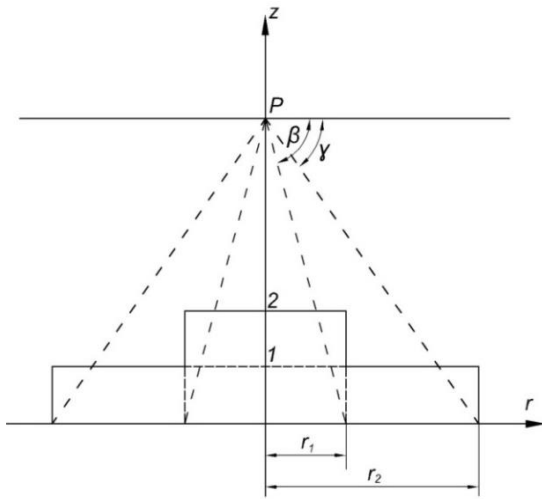
Từ các giá trị độ lún của điểm P ta tính được các đại lượng biến dạng như độ nghiêng i và độ cong k [1]. Giả thuyết Keinhorst không đề cập tới chuyển dịch ngang và biến dạng ngang của mặt đất.

Trong lý thuyết Keinhorst xuất hiện 3 tham số là a , r_1 , r_2 ; được xác định như sau:

Tham số a được xác định theo kết quả quan trắc lún cực đại η_{\max} khi khai thác đạt tới trạng thái hoàn toàn (đáy bồn dịch chuyển phẳng) [1].

$$a = \frac{\eta_{\max}}{g}, \quad (3)$$

Tham số r_1 được xác định theo góc dịch chuyển β ; r_2 xác định theo góc biên γ . Khi độ sâu khai thác H khác nhau thì trước hết phải tính giá trị trung bình các góc γ và β (hình 2).



Hình 2. Các góc ảnh hưởng γ và β

$$r_1 = \frac{H}{\text{tg}\beta}; \quad r_2 = \frac{H}{\text{tg}\gamma}, \quad (4)$$

trong đó:

H - độ sâu khai thác (m);

γ có giá trị khoảng 53° ; β có giá trị khoảng 70° [7].

Khi tính được các giá trị bán kính ảnh hưởng r_1 , r_2 , tiến hành tạo đồ giải trên giấy can kỹ thuật với tỷ lệ như bản đồ thiết kế khai thác và sử dụng nó để tính ước lượng các tỷ lệ diện tích ảnh hưởng $\frac{S_A^\eta}{S_A}$ và $\frac{S_B^\eta}{S_B}$. Việc ước lượng tỷ lệ này bằng đồ giải có độ chính xác không cao, mất nhiều thời gian và công sức nếu số lượng điểm cần dự báo lớn. Vì vậy việc xây dựng thuật toán tính tỷ lệ diện tích ảnh hưởng $\frac{S_A^\eta}{S_A}$ và $\frac{S_B^\eta}{S_B}$ có ý nghĩa quan

trọng trong việc tự động hóa công tác dự báo lún theo phương pháp Keinhorst.

3. Xây dựng thuật toán xác định tỷ lệ diện tích ảnh hưởng trong tính độ lún

3.1 Xấp xỉ vùng ảnh hưởng bằng 1 đa giác

Ranh giới phân vùng ảnh hưởng là đường tròn tâm $P(X_p, Y_p)$ bán kính R được xấp xỉ bằng một đa giác đều n cạnh (n càng tăng thì diện tích đa giác càng sát với diện tích hình tròn). Tọa độ các đỉnh của đa giác được tính theo công thức:

$$X_i = X_p + r \cdot \cos\varphi_i; \quad Y_i = Y_p + r \cdot \sin\varphi_i, \quad (5)$$

Ranh giới phân vùng ảnh hưởng A là đường tròn tâm $P(X_p, Y_p)$ bán kính r_1 được xấp xỉ bằng đa giác abcdefg. Ranh giới vùng ảnh hưởng B được xấp xỉ bằng đa giác a'b'c'd'e'f'g' (hình 3). Tọa độ các đỉnh của hai đa giác này được tính theo công thức (5).

Trường khai thác được giới hạn bởi một đa giác lồi, trên (hình 3) lấy ví dụ là đa giác ABCD, danh sách điểm của các đa giác trên được sắp xếp theo chiều kim đồng hồ. Thuật toán sắp xếp như sau:

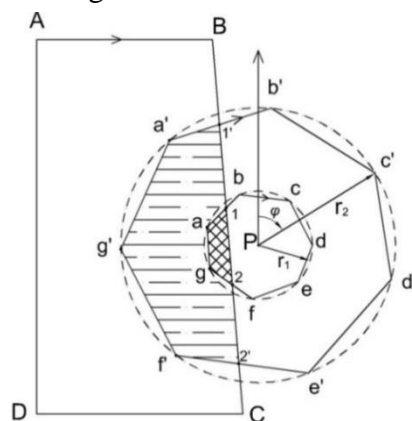
Tính tọa độ điểm trọng tâm của đa giác có n đỉnh, tọa độ các đỉnh là (X_i, Y_i) :

$$X_o = \frac{\sum X_i}{n}; \quad Y_o = \frac{\sum Y_i}{n}, \quad (6)$$

Tính góc phương vị của đường thẳng nối từ tâm O tới các đỉnh của đa giác:

$$\alpha_{oi} = \arctg \frac{Y_i - Y_o}{X_i - X_o}, \quad (7)$$

Sắp xếp các góc phương vị từ bé đến lớn sẽ có tập hợp các đỉnh của đa giác được xếp theo chiều kim đồng hồ.



Hình 3. Xấp xỉ đường tròn thành đa giác đều

3.2. Xác định điểm giao của 2 đa giác

Mỗi đa giác đều được tạo nên từ nhiều đoạn thẳng, đa giác thứ nhất được tạo nên bởi các đoạn thẳng i_{i+1} , đa giác thứ hai được tạo nên bởi các đoạn thẳng j_{j+1} . Bản chất của việc xác định điểm giao của 2 đa giác chính là xác định điểm giao của 2 đoạn thẳng i_{i+1} và j_{j+1} .

Tọa độ giao điểm của 2 cạnh i_{i+1} và j_{j+1} được tính theo công thức (8) [2]:

$$X_g = X_i + \frac{(Y_{j+1}-Y_i)-(X_{j+1}-X_i).tg\alpha_{i_{i+1}}}{tg\alpha_{i_{i+1}}-tg\alpha_{j_{j+1}}}, \quad (8)$$

$$Y_g = Y_i + (X_g - X_{j+1}).tg\alpha_{i_{i+1}},$$

trong đó $\alpha_{i_{i+1}}$ và $\alpha_{j_{j+1}}$ được tính theo công thức (7).

Trên (hình 3) tọa độ điểm 1 là giao điểm của 2 đường thẳng ab và BC được tính theo công thức:

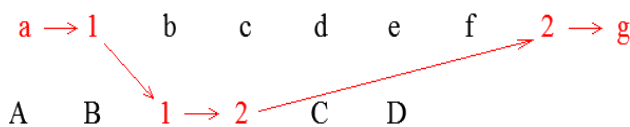
$$X_1 = X_a + \frac{(Y_c-Y_a)-(X_c-X_a).tg\alpha_{ab}}{tg\alpha_{ab}-tg\alpha_{BC}}, \quad (9)$$

$$Y_1 = Y_a + (X_1 - X_c).tg\alpha_{ab}$$

3.3. Xác định vùng giao của 2 đa giác

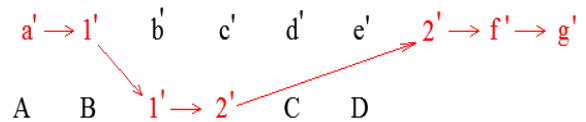
Sau khi tính được tọa độ điểm 1 và 2, chèn hai điểm này vào 2 đa giác cũ theo chiều kim đồng hồ ta được 2 đa giác mới là AB12CD và a1bcdef2g.

Dùng vòng lặp để duyệt hai đa giác trên, khi duyệt đến điểm tên là 1 ở đa giác a1bcdef2g mà tìm thấy ở đa giác AB12CD cũng có điểm tên là 1 thì quay sang duyệt đa giác AB12CD cho đến khi gặp điểm giống nhau tên là 2 ở đa giác a1bcdef2g thì kết thúc (hình 4). Như vậy ta được 1 đa giác mới a12g là phần giao nhau của 2 đa giác AB12CD và a1bcdef2g



Hình 4. Sơ đồ lập xác định vùng giao của 2 đa giác a1bcdef2g và AB12CD

Bằng phương pháp lập tương tự như trên ta có đa giác a'1'2'f'g' là phần giao của hai đa giác a'b'c'd'e'f'g' và đa giác ABCD (hình 5).



Hình 5. Sơ đồ lập xác định vùng giao của 2 đa giác a'b'c'd'e'f'g' và ABCD

3.4. Xác định tỷ lệ diện tích ảnh hưởng

Diện tích vùng ảnh hưởng S_A và S_B được tính theo công thức:

$$S_A = \pi \cdot r_1^2; S_B = \pi \cdot (r_2^2 - r_1^2), \quad (10)$$

Từ công thức tổng quát tính diện tích của đa giác lồi [6], ta có công thức tính diện tích đã khai thác trong vùng ảnh hưởng A:

$$S_A^n = S_{(a12g)} = \frac{1}{2} (x_a \cdot y_1 + x_1 \cdot y_2 + x_2 \cdot y_g + x_g \cdot y_a - x_1 \cdot y_a - x_2 \cdot y_1 - x_g \cdot y_2 - x_a \cdot y_g), \quad (11)$$

Diện tích đã khai thác trong vùng ảnh hưởng B là:

$$S_B^n = S_{(a'1'2'f'g')} - S_A^n, \quad (12)$$

trong đó:

$$S_{(a'1'2'f'g')} = \frac{1}{2} (x_{a'} \cdot y_{1'} + x_{1'} \cdot y_{2'} + x_{2'} \cdot y_{f'} + x_{f'} \cdot y_{g'} + x_{g'} \cdot y_a - x_{1'} \cdot y_{a'} - x_{2'} \cdot y_{1'} - x_{f'} \cdot y_{2'} - x_{g'} \cdot y_{f'} - x_{a'} \cdot y_{g'}) \quad (13)$$

Từ các biểu thức (10, 11, 12) tính được tỷ lệ diện tích ảnh hưởng $\frac{S_A^n}{S_A}$ và $\frac{S_B^n}{S_B}$. Thay các giá trị này vào (2) ta tính được độ lún của điểm P bất kỳ trên bề mặt.

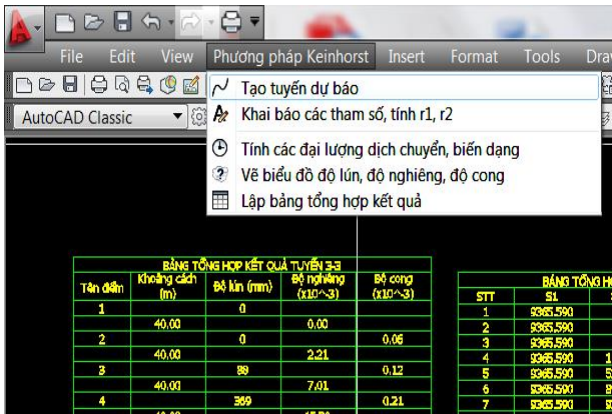
4. Xây dựng module dự báo theo phương pháp Keinhorst

4.1. Ngôn ngữ viết module

Module dự báo được xây dựng bằng ngôn ngữ Visual C++, là một ngôn ngữ lập trình phổ biến, ObjectARX là một thư viện lớp C++, nó được sử dụng để phát triển các module dựa trên nền AutoCAD [5] do vậy sẽ tận dụng được các tính năng đồ họa rất mạnh của Autocad, đảm bảo được yêu cầu lưu trữ và chỉnh sửa kết quả trên môi trường đồ họa chuẩn quốc tế.

4.2. Tính năng của module

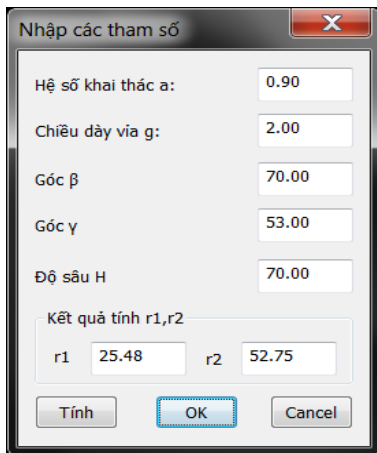
Module được tích hợp dưới dạng một pulldown menu của phần mềm Autocad (hình 4), có các chức năng chính dưới đây:



Hình 6. Menu của module

- Tính bán kính ảnh hưởng r_1, r_2 :

Module này cho phép khai báo các tham số ban đầu, tính bán kính ảnh hưởng r_1, r_2 . Các tham số a, g, r_1, r_2 được lưu vào bộ nhớ để làm tham số đầu vào xác định diện tích vùng ảnh hưởng A và B.



Hình 7. khai báo các tham số và tính bán kính ảnh hưởng

- Xây dựng tuyến dự báo:

Các đường line, polyline trên bản vẽ được chuyển thành các tuyến dự báo với mật độ điểm khảo sát trên tuyến tùy ý, đây chính là các điểm được tính toán dự báo lún. Trên (hình 8) thể hiện 2 tuyến dự báo với khoảng cách giữa 2 điểm là 20m.

- Tính các đại lượng dịch chuyển:

Từ các tuyến dự báo và giới hạn của khai trường (điểm dừng của gương lò) sẽ tính được độ lún của các điểm, độ nghiêng và độ cong của các đoạn trên toàn tuyến. Giá trị độ lún của các điểm được hiển thị ngay trên bản vẽ.

1,168	1,265	1,250	1,160	1,007	0,836	0,659
1,732	1,786	1,781	1,766	1,744	1,717	1,687

Hình 8. Độ lún các điểm trên tuyến

- Lập bảng báo cáo tổng hợp:

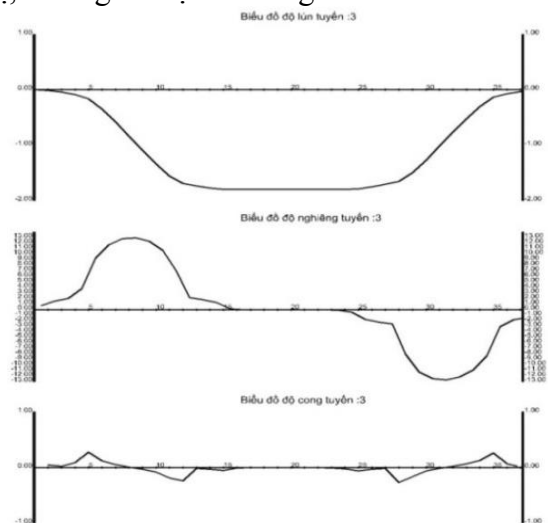
Các đại lượng dịch chuyển, biến dạng được tổng hợp trong cùng một bảng, hiển thị ngay trên bản vẽ autocad để tiện kiểm tra, so sánh, đối chiếu với các biểu đồ. Có thể xuất bảng tổng hợp kết quả của từng tuyến ra file excel để tiện in ấn và lưu trữ (bảng 1).

Bảng 1. Tổng hợp các đại lượng

BẢNG TỔNG HỢP KẾT QUẢ TUYẾN 4				
Tên điểm	Khoảng cách (m)	Độ lún (mm)	Độ nghiêng (x10^-3)	Độ cong (x10^-3)
1	20.00	0.00	0.71	
2	20.00	14.23	1.56	0.04
3	20.00	45.51	1.86	0.01
4	20.00	82.78	3.63	0.09
5	20.00	155.44	8.98	0.27
6	20.00	334.98	11.25	0.11
7	20.00	559.95	12.28	0.05
8	20.00	805.64	12.47	0.01
9	20.00	1054.96	11.84	-0.03
10	20.00	1291.74		-0.08

- Vẽ biểu đồ dịch chuyển, biến dạng:

Các biểu đồ dự báo độ lún, độ nghiêng, độ cong của tuyến được vẽ với tỷ lệ ngang giống nhau, tỷ lệ đứng tùy chọn giúp cho việc hiển thị, đánh giá được dễ dàng hơn.



Hình 9. Các biểu đồ dự báo

5. Thực nghiệm

Sử dụng module trên để tính tỷ lệ diện tích ảnh hưởng cho vỉa than với các thông số dưới đây:

- Độ sâu khai thác: 150 (m);
- Chiều dày vỉa 2 (m);
- γ nhận giá trị 53 độ;
- β nhận giá trị 70 độ

Kết quả tính được: $r_1 = 54,60$ (m); $S_A = 9365.59$ (m²).

Giá trị S_A^n tính được bằng module dự báo và giá trị S_A^n (acad) tính thủ công trên phần mềm autocad được ghi trong bảng 1. So sánh kết quả cho thấy độ lệch giữa tỷ lệ diện tích ảnh hưởng tính bằng module dự báo và xác định bằng phần mềm autocad bằng 0. Điều đó chứng tỏ thuật toán được đề xuất là chính xác, có độ tin cậy cao.

Bảng 2. So sánh tỷ lệ diện tích ảnh hưởng

TT	S_A^n	S_A^n (acad)	$\frac{S_A^n}{S_A}$	$\frac{S_A^n}{S_A}$ (acad)	Độ lệch
1	0	0	0.000	0.000	0
2	72.239	72.241	0.007	0.007	0
3	1436.87	1436.8	0.153	0.153	0
4	3426.95	3426.99	0.365	0.365	0
5	9365.59	9365.64	1.000	1.000	0
6	9365.59	9365.64	1.000	1.000	0
7	9365.59	9365.64	1.000	1.000	0
8	8516.456	8516.466	0.909	0.909	0
9	6665.631	6665.637	0.711	0.711	0
10	4516.001	4516.008	0.482	0.482	0
11	2412.79	2412.83	0.257	0.257	0
12	672.785	672.79	0.071	0.071	0
13	0	0	0.000	0.000	0

6. Kết luận

Phương pháp dự báo dịch chuyển biến dạng Keinhorst đơn giản, dễ tính toán, đã được ứng dụng ở nhiều nước trên thế giới. Tuy nhiên việc

tính toán bằng phương pháp ước lượng trên lưới đồ giải đến nay không còn phù hợp, do vậy việc xây dựng thuật toán để giải quyết bài toán này trên máy tính là cần thiết.

Thuật toán được đề xuất ở trên đảm bảo độ chính xác, giúp tự động hóa quá trình tính toán, góp phần hoàn thiện phương pháp dự báo dịch chuyển biến dạng của Keinhorst.

Thuật toán trên có thể được dùng để xây dựng các chương trình dự báo cho các lý thuyết khác như: Ahrhardt and Sauer, Bals, Beyer, Sann [3]. Những lý thuyết này đều dựa trên nguyên lý xác định diện tích vùng ảnh hưởng, nhưng phương pháp xác định bán kính ảnh hưởng thì khác nhau.

Có thể sử dụng module này để dự báo các đại lượng dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất do khai thác hầm lò ở các vỉa than và dốc thoải nhằm nâng cao độ chính xác, giảm thời gian, công sức và mang lại hiệu quả kinh tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Quốc Long, 2010. Nghiên cứu dự báo các thông số dịch chuyển và biến dạng mặt đất do ảnh hưởng của quá trình khai thác hầm lò, luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Đình Bé, Võ Chí Mỹ, Nguyễn Xuân Thụy, 1997. Trắc địa mỏ, NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [3]. Barry N. Whittaker, David J. Reddish, 1989. Subsidence, Occurrence, Prediction and Control, Elsevier Science Publishers, The Netherlands
- [4]. Charles Mcauley, 2000. Programming AutoCAD Using ObjectARX. Cengage Learning, Africa.
- [5]. Foley, VanDam, Feiner, Hughes, 2004. Computer graphics: Principles and practice, second edition in C, United states of America.
- [6]. <http://www.mathwords.com>
- [7]. Karol Greń, Edward Popiołek, 1990. Wpływ eksploatacji górnictwa na powierzchnię i górotwór. AGH, Kraków.

(xem tiếp trang 89)

SUMMARY

Building algorithm for determining the surface subsidence due to underground mining according to prediction method of keinhorst

Nguyen Quoc Long, Vuong Trong Kha, *Hanoi University of Mining and Geology*

Mining subsidence prediction Method of Keinhorst is applied in the many coal fields in the world, principle of this method is determine the area of influence zone. The determination of the area was previously done manually on graphical integration grid usually takes much time, low accuracy. This article introduces Keinhorst forecasting method, building computer algorithm and a prediction software made on this algorithm.