

PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ TRONG MÔ HÌNH DỰ BÁO LÚN THEO THỜI GIAN BỀ MẶT BÃI THẢI MỎ LỘ THIÊN

ThS. NGUYỄN QUỐC LONG, ThS. BÙI KHẮC LUYÊN
Trường Đại học Mở-Địa chất

Đi kèm với hoạt động khai thác than từ các mỏ lộ thiên là việc hình thành các bãi thải đất đá. Dưới tác động của trọng lực và các yếu tố khác như mưa, gió... bãi thải bị biến động, lún dần cho tới khi đạt tới trạng thái ổn định sau một khoảng thời gian. Quá trình này cần phải được kiểm soát bởi các bãi thải đất đá được coi là mối nguy cơ tiềm ẩn tới các vấn đề môi trường như sụt lún, trượt lở, xói mòn... dẫn đến những tác động tiêu cực tới khu vực xung quanh nơi có nhiều công trình dân dụng như nhà dân, trường học, văn phòng mỏ. Đã có nhiều tai biến xảy ra tại bãi thải của các công ty khai thác khoáng sản thuộc Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam như trượt lở đất đá tại bãi thải Phấn Mễ thuộc tỉnh Thái Nguyên năm 2013 làm 5 người chết, 10 ngôi nhà dân bị vùi lấp, gây thiệt hại nhiều về kinh tế [3]. Hàng nghìn mét khối đất đá trượt lở tại bãi thải số 1 của mỏ quặng Nà Lũng, thuộc Công ty cổ phần Khoáng sản Luyện kim Cao Bằng làm ít nhất hai người bị đất đá vùi lấp [2]. Đã có nhiều biện pháp nhằm kiểm soát và đảm bảo độ ổn định của các bãi thải, chúng khác nhau về cách tiếp cận nhưng có một điểm chung là dựa trên những thông tin tức thời và chính xác về biến động của bãi thải. Mô hình dự báo lún bề mặt theo thời gian có thể dùng như một kênh cung cấp các thông tin này, nó được xây dựng dựa trên số liệu quan trắc theo chu kỳ tại từng điểm trên bề mặt nên có thể khái quát được tính chất và quy luật dịch chuyển của bãi thải.

1. Mô hình dự báo lún theo thời gian và phương pháp xác định các tham số của mô hình

Ngay sau khi đổ thải, quá trình sụt lún đã bắt đầu xảy ra, tốc độ sụt lún nhanh nhất là khi vừa đổ thải và giảm dần theo thời gian cho tới khi đất đá trở lại thế cân bằng và hoàn toàn ổn định. Như vậy, quá trình từ lúc bắt đầu dịch chuyển cho đến khi kết thúc cần có một khoảng thời gian. Giáo sư S.

Knothe đã đề xuất công thức xác định mối quan hệ giữa tham số thời gian và đại lượng dịch chuyển đứng dưới dạng phương trình vi phân sau [7]:

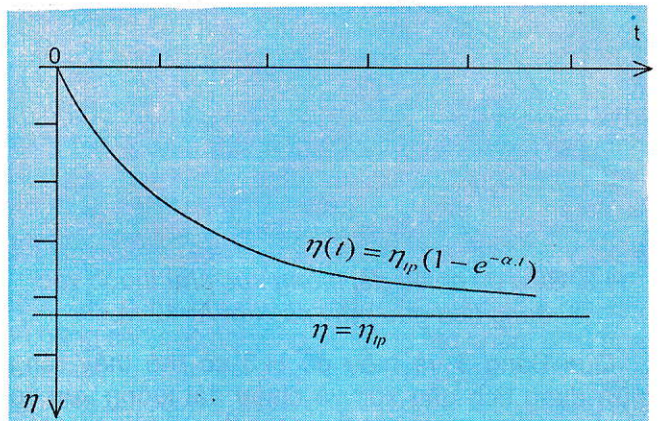
$$\frac{d\eta}{dt} = \alpha [\eta_{tp}(t) - \eta(t)] \quad (1)$$

Trong đó: α - Hệ số thời gian; $\eta_{tp}(t)$ - Đại lượng dịch chuyển đứng toàn phần sau thời gian t ; $\eta(t)$ - Đại lượng dịch chuyển đứng tại thời điểm t .

Với $t=0$, $\eta=0$, phương trình (1) có thể viết dưới dạng [6]:

$$\eta(t) = \eta_{tp}(1 - e^{-\alpha t}) \quad (2)$$

Phương trình trên cho phép tính toán dự báo đại lượng dịch chuyển đứng mặt đất tại một thời điểm t nhất định. Hệ số thời gian α phụ thuộc vào hệ số nén tương đối của nền bãi thải. Quá trình dịch chuyển đứng của điểm trên bề mặt theo thời gian được thể hiện trên H.1 [5].



H.1. Quá trình dịch chuyển đứng theo thời gian

Để xác định giá trị của độ lún toàn phần η_{tp} thì cần thiết phải quan trắc lún nhiều chu kỳ tới khi kết thúc quá trình lún. Tuy nhiên nếu số chu kỳ quan trắc lớn hơn 2 thì η_{tp} có thể được xác định từ công thức (2). Phương pháp đề xuất để xác định trị gần

đúng của η_{tp} và α là áp dụng nguyên lý số bình phương nhỏ nhất $[VV]=\min$.

Khai triển Taylor công thức (2) và chỉ giữ lại các số hạng bậc 1 ta có [4]:

$$\eta_{ti} = (\eta_{ti})_0 + \left(\frac{\delta\eta_{ti}}{\delta\eta_{tp}}\right)_0 d\eta_{tp} + \left(\frac{\delta\eta_{ti}}{\delta\alpha}\right)_0 d\alpha \quad (3)$$

Trong đó: $d\eta_{tp} = \eta_{tp} - (\eta_{tp})_0$; $d\alpha = \alpha - \alpha_0$; $(\eta_{ti})_0 = (\eta_{tp})_0(1 - e^{-\alpha_0 t_i})$. Với α_0 là trị gần đúng của α ; $(\eta_{tp})_0$ là trị gần đúng của η_{tp} .

Nếu chúng ta ký hiệu $\left(\frac{\delta\eta_{ti}}{\delta\eta_{tp}}\right)_0 = (1 - e^{-\alpha_0 t_i}) = a_i$ và

$\left(\frac{\delta\eta_{ti}}{\delta\alpha}\right)_0 = (\eta_{tp})_0 \cdot t_i \cdot e^{-\alpha_0 t_i} = b_i$ thì phương trình số hiệu

chỉnh ở chu kỳ thứ i có thể được viết dưới dạng:

$$v_i = a_i d\eta_{tp} + b_i d\alpha + l_i \quad (4)$$

Trong đó: $v_i = \eta_{ti}^p - \eta_{ti}$ với η_{ti}^p là giá trị dự báo

theo mô hình; $l_i = (\eta_{ti})_0 - \eta_{ti}$.

Ở dạng ma trận, hệ phương trình (4) được viết dưới dạng sau:

$$V = A \cdot X + L \quad (5)$$

Trong đó:

$$V = (V_1 \quad V_2 \quad \dots \quad V_n)^T; \quad (6)$$

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ \dots & \dots \\ a_n & b_n \end{bmatrix}; \quad (7)$$

$$X = (d\eta_{tp} \quad d\alpha)^T; \quad (8)$$

$$L = (l_1 \quad l_2 \quad \dots \quad l_n)^T. \quad (9)$$

Từ phương trình số hiệu chỉnh (5), ta lập hệ phương trình chuẩn có dạng:

$$(A^T A) \cdot X + A^T L = 0 \quad (10)$$

Từ (10) ta giải nghiệm là véc tơ số hiệu chỉnh của ẩn số cần xác định.

$$X = -(A^T A)^{-1} A^T L \quad (11)$$

Các tham số của mô hình là η_{tp} và α được tính theo công thức sau:

$$\begin{cases} \eta_{tp} = (\eta_{tp})_0 + d\eta_{tp} \\ \alpha = \alpha_0 + d\alpha \end{cases} \quad (12)$$

Sau khi xác định được các tham số của mô hình, thay các tham số này vào phương trình (2) để dự báo độ lún của các điểm ở chu kỳ tiếp theo, sau đó so sánh giá trị dự báo được với kết quả quan trắc thực địa. Độ phù hợp của mô hình dự báo lún của điểm theo thời gian được đánh giá thông qua độ lệch trung phương (RMS) giữa kết quả dự báo và kết quả quan trắc:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\eta_{ti} - \eta_{ti}^p)^2} \quad (13)$$

Trong đó: η_{ti}^p , η_{ti} - Lần lượt là giá trị độ lún dự báo bởi mô hình và giá trị độ lún thực tế của điểm xét tại thời điểm t_i .

2. Xác định các tham số mô hình lún bề mặt bãi thải Nam Đèo Nai và đánh giá độ chính xác của mô hình

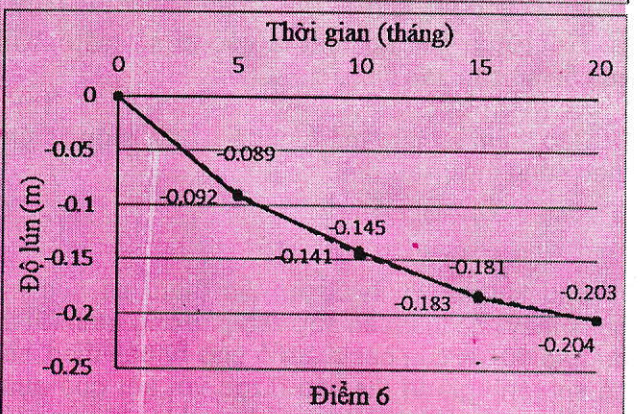
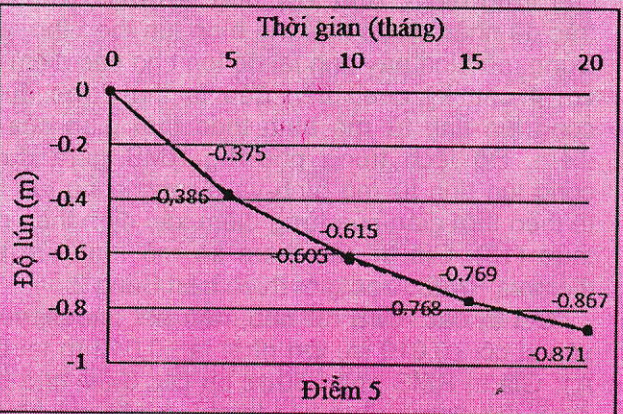
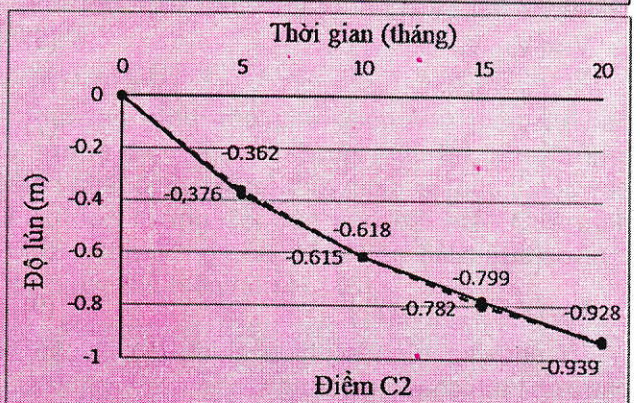
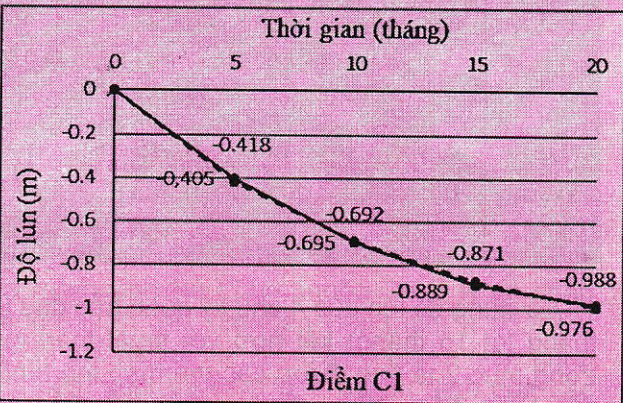
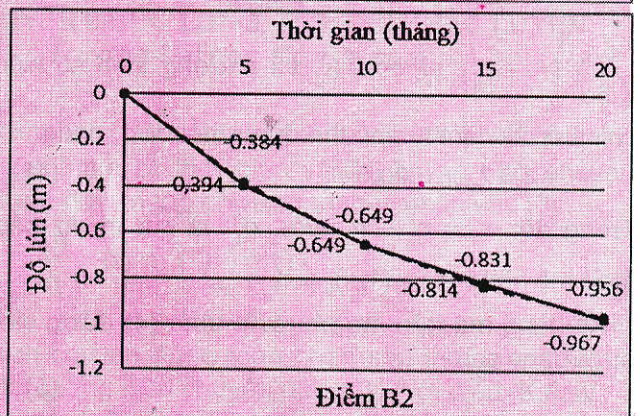
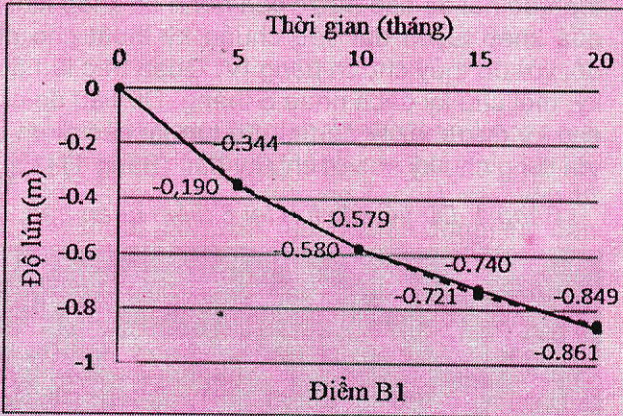
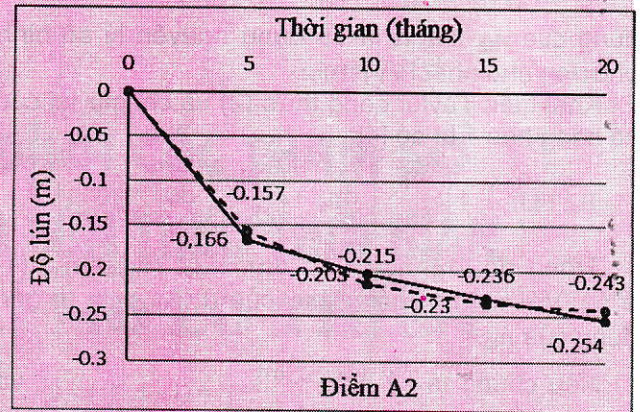
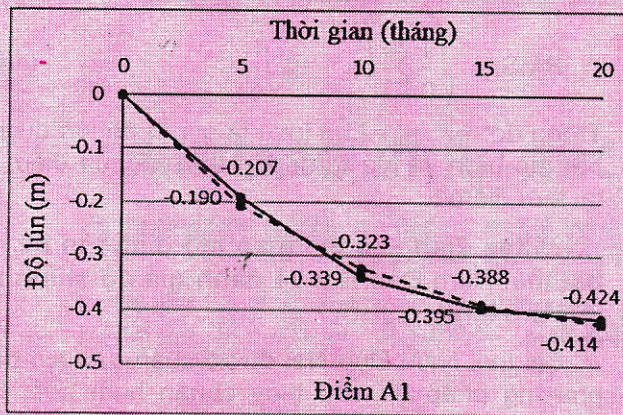
Bãi thải Nam Đèo Nai được quan trắc lún bằng phương pháp đo cao thủy chuẩn hình học. Quy trình đo nối độ cao được tiến hành đo khép kín. Kết quả khép tuyến đạt tiêu chuẩn kỹ thuật cho phép đối với đo thủy chuẩn hạng IV. Quan trắc lún 5 chu kỳ, mỗi chu kỳ cách nhau 5 tháng. Dữ liệu đo của 5 chu kỳ được xử lý để tính độ lún tại các điểm ứng với từng chu kỳ so với chu kỳ đầu (Bảng 1) [1].

Bảng 1. Dữ liệu đo lún tại 8 điểm quan trắc

Độ lún (m)				
0 tháng	5 tháng	10 tháng	15 tháng	20 tháng
0,000	-0,190	-0,339	-0,395	-0,414
0,000	-0,166	-0,203	-0,230	-0,254
0,000	-0,355	-0,580	-0,721	-0,861
0,000	-0,394	-0,649	-0,814	-0,967
0,000	-0,405	-0,695	-0,889	-0,976
0,000	-0,376	-0,615	-0,782	-0,939
0,000	-0,386	-0,605	-0,768	-0,871
0,000	-0,092	-0,141	-0,183	-0,204

Sử dụng độ lún của 4 chu kỳ quan trắc đầu (từ 0 tháng tới 15 tháng) kết hợp với thuật toán mô tả trong mục 2 ta tính được các tham số mô hình (2) của từng điểm. Như vậy ứng với mỗi điểm quan trắc đã nhận được một mô hình lún theo thời gian. Dùng mô hình này tính lại độ lún cho các điểm ứng với 4 chu kỳ quan trắc đầu ta thu được đường cong lún tính từ mô hình theo thời gian của các điểm. Độ lệch trung phương RMS giữa đường cong lún tính từ mô hình và đường cong lún thực tế theo thời gian của từng điểm xác định theo công thức (13). Giá trị các tham số mô hình lún từng điểm và RMS được giới thiệu trên Bảng 2.

Giá trị các RMS rất nhỏ, hầu hết các điểm đều xấp xỉ cỡ $\pm 0,010$ m, lớn nhất là $\pm 0,012$ m tại điểm A1. Giá trị RMS nhận được tại các điểm cho phép đánh giá chung rằng các tham số của mô hình đã được xác định chính xác, bảo đảm độ phù hợp cao giữa giá trị lún ước lượng và giá trị lún quan trắc tại từng điểm.



—○— Đường cong lún thực tế - -○- - Đường cong lún từ mô hình

H.2. Biểu đồ so sánh đường cong độ lún theo thời gian

Bảng 2. Kết quả tính các tham số và độ chính xác của mô hình

Tên điểm	η_{tb}	α	RMS, m
A1	-0.46984429	0,11642250	$\pm 0,012$
A2	-0.24828204	0.20008431	$\pm 0,008$
B1	-1,08468885	0,07639220	$\pm 0,011$
B2	-1,23436561	0,07455167	$\pm 0,010$
C1	-1,21054199	0,08476532	$\pm 0,011$
C2	-1,23805579	0,06915622	$\pm 0,011$
5	-1,04097354	0,08944225	$\pm 0,007$
6	-0,24164273	0,09192339	$\pm 0,002$

Tiếp theo tiến hành kiểm định độ phù hợp giữa độ lún tính từ các mô hình với độ lún của từng điểm ở chu kỳ 5 (tháng thứ 20, số liệu này không sử dụng để xây dựng mô hình), kết quả được thể hiện trên Bảng 3.

Bảng 3. Độ lệch giữa giá trị ước tính và giá trị thực tế

Tên điểm	Thời gian, tháng	Giá trị đo, m	Giá trị dự báo, m	Độ lệch, m
A1	20	-0,414	-0,424	0,010
A2	20	-0,254	-0,243	-0,011
B1	20	-0,861	-0,849	-0,012
B2	20	-0,967	-0,956	-0,011
C1	20	-0,976	-0,988	0,012
C2	20	-0,939	-0,928	-0,011
5	20	-0,871	-0,867	-0,004
6	20	-0,204	-0,203	-0,001

Từ kết quả ở Bảng 3 ta thấy độ lệch nhỏ nhất giữa mô hình và thực tế là -0.012 m tại điểm B1, tương đương 1,4 %, Độ lệch lớn nhất nhất 0.012 m tại điểm C1, tương đương -1,2 %. Với độ lệch nhỏ như vậy cho phép đánh giá rằng các mô hình lún đã xác định ở trên bảo đảm độ phù hợp cao. Mức độ phù hợp được minh họa trực quan trên H.2.

3. Kết luận

Bài báo đề cập tới vấn đề tính các tham số trong mô hình dự báo lún theo thời gian dựa trên hàm dự báo dạng mũ theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất, trên cơ sở đó sử dụng các tham số tính được thay vào mô hình để dự báo lún cho các điểm trong các thời điểm tương lai.

Kết quả kiểm chứng thực nghiệm cho thấy mô hình hàm số mũ được đưa ra là phù hợp với quy luật và giá trị lún bề mặt bãi thải mỏ lộ thiên, thể hiện thông qua độ lệch trung phương (RMS) giữa đường cong độ lún tính từ mô hình và đường cong lún quan trắc rất nhỏ, với RMS lớn nhất là $\pm 0,012$

m tương ứng với đường cong lún của điểm A1. Các tham số của hàm có thể được tính toán dễ dàng trên cơ sở nguyên lý số bình phương nhỏ nhất kết hợp với công cụ lập trình máy tính.

Các giá trị lún dự báo dựa trên các tham số tính được cho kết quả phù hợp với giá trị lún thực tế với độ lệch nhỏ nhất là -0,012 m tại điểm B1, tương đương 1,4 %, và độ lệch lớn nhất nhất 0,012 m tại điểm C1, tương đương -1,2 % giá trị lún thực tế của điểm. Các kết quả trên cho thấy tham số tính được có độ tin cậy cao, phương pháp dùng để tính tham số là chính xác và chặt chẽ. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Bá Dũng (2014), Nghiên cứu thuật toán và xây dựng phần mềm dự báo dịch chuyển đất đá, ĐH Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, Hà Nội.
2. <http://www.vietnamplus.vn>.
3. <http://www.vnexpress.net>.
4. Nguyen Quoc Long, Bui Khac Luyen. "The use of the exponential function to predict surface subsidence due to underground mining", an ISRM specialized conference 2015. 2015.
5. Nguyễn Quang Phúc. Quan trắc và phân tích biến dạng công trình, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội. 2007.
6. Ryszard Hejmanowski. Prognozowanie deformacji górotworu i powierzchni terenu na bazie uogólnionej teorii Knothego dla złóż surowców stałych, ciekłych i gazowych, IGSMiE PAN. 2001.
7. Knothe S. Prognozowanie wpływów eksploatacji górnictwa. Wyd.Ślask., Poland. 2004.

Người biên tập: Nguyễn Bình

SUMMARY

This paper presents the subsidence forecasting model over time as exponential function and the way to define the parameters of this model based on observed subsidence data. The parameters of the forecasting model is determined from levelling data at the Nam Đèo Nai waste dump. Using these models to predict the subsidence of points for the next stages, the results show that the deviations between the subsidence calculated from the models and the actual subsidence are very small, indicating that the parameters have been determined accurately and the forecasting models have high relevance with observed data.