

DỰ BÁO TRƯỢT LỞ ĐẤT ĐÁ TRÊN SƯỜN ĐỐC

NGUYỄN ĐỨC LÝ¹, NGUYỄN THANH²

¹Sở Khoa học và Công nghệ Quảng Bình, 17A, Quang Trung, TP. Đồng Hới;

²11A, Phan Bội Châu, TP. Huế.

Tóm tắt: Hiện nay, trên thế giới có nhiều phương pháp được sử dụng để đánh giá và dự báo quá trình trượt lở đất đá trên sườn dốc, mái dốc. Bài báo này đề cập đến một số phương pháp đánh giá và dự báo trượt lở đất đá phổ biến, trong đó có phương pháp mới được chúng tôi đề xuất.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trước hết, chúng ta cần thống nhất rằng: quá trình dịch chuyển trọng lực đất đá (DCTLĐĐ) trên sườn dốc, mái dốc là quá trình dịch chuyển một chiều các khối đất đá cấu tạo sườn dốc xuống phía dưới chân sườn do tác động của trọng lực, khi mà trạng thái cân bằng ứng suất trọng lực do tác động của các nguyên nhân tự nhiên và nhân tạo bị phá vỡ và biến đổi tính chất cơ-lý, nhất là suy giảm lực kháng cắt của đất đá đến mức hệ số ổn định trượt của sườn dốc, mái dốc nhỏ hơn 1,0.

Trượt đất đá là quá trình DCTLĐĐ trên sườn dốc, mái dốc, khi cả khối đất đá (đá, đất đá, đất hoặc mảnh vụn) cấu tạo sườn dốc dịch chuyển một chiều theo một hoặc vài mặt trượt xuống phía dưới chân sườn dốc, mái dốc. Trong quá trình trượt, toàn bộ khối đất đá nằm trong phạm vi lăng thể trượt đều bị dịch chuyển đồng thời theo phương thức (cơ chế) xoay, tịnh tiến hoặc kết hợp xoay - tịnh tiến như một đơn vị thống nhất, không có hoặc có nhưng không đáng kể các biến dạng bên trong khối trượt. Mặt trượt có thể là dạng cung tròn hình trụ (đối với đất có cấu trúc tương đối đồng nhất) hoặc mặt trượt phẳng, bậc thang - phẳng, dạng lượn sóng... và có thể là mặt đá gốc, mặt đứt gãy, khe nứt, mặt phân lớp, đới yếu, bề mặt bên dưới của đá bị phong hoá mạnh (đối với đất đá không đồng nhất) hoặc là tổng hợp của các loại mặt trượt này.

Để giảm thiểu những tác hại vô cùng to lớn do trượt lở đất đá trên sườn dốc gây ra, việc đánh giá, dự báo trượt lở đất đá trên sườn dốc có một ý nghĩa quan trọng.

Hiện nay, có nhiều phương pháp đánh giá, dự báo trượt lở đất đá trên sườn dốc có thể được áp dụng.

II. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ, DỰ BÁO PHỔ BIẾN

1. Phương pháp đánh giá trực quan định tính

Phương pháp đánh giá trực quan định tính độ ổn định của sườn dốc được thực hiện dựa trên cơ sở kết quả khảo sát, nghiên cứu, đánh giá điều kiện, đặc điểm địa chất công trình của sườn dốc vùng nghiên cứu, đặc biệt là các dấu hiệu nhận biết về hiện tượng và quá trình trượt lở được nhiều tác giả trong và ngoài nước đề cập.

Khi đánh giá độ ổn định trượt, cần xét tới tất cả sự đa dạng của nguyên nhân hình thành và những điều kiện hỗ trợ cho nó. Đánh giá địa chất công trình độ ổn định phải là sự đánh giá tổng hợp (định tính và cuối cùng nhất thiết phải định lượng). Việc đánh giá phải dựa trên tài liệu nghiên

cứ: 1) Hình thái, cấu tạo khối trượt, địa tầng, tính chất cơ lý của đất đá cấu tạo khối trượt và các quá trình, hiện tượng địa chất kèm theo; 2) Động lực phát triển của hiện tượng trượt, và 3) Tương quan của các lực (làm dịch chuyển và giữ lại) quyết định sự cân bằng các khối đất đá cấu tạo khối trượt.

Khi nghiên cứu, đánh giá hình thái và kiến trúc khối trượt, cần phải xem xét một số dấu hiệu sau:

Trong trượt hiện đại (đang dịch chuyển, dịch chuyển mạnh) thường có nhiều dấu vết mới của sự dịch chuyển: địa hình mặt đất có nhiều hình dạng tương phản gò đống, thềm dốc, thảm cỏ bị xé nát, khe nứt hở thấy khắp nơi, cây nghiêng ngả đôi khi lật nhào, quan sát thấy nhiều vết lộ nước. Khi phân tích cấu trúc trượt, có thể phát hiện được các mặt và đới yếu định hướng bất lợi của đất đá và nhiều dấu hiệu khác biểu thị mức độ hoạt động của quá trình trượt, sự mất ổn định rõ ràng của khối trượt. Khi đánh giá địa chất công trình mức độ đe dọa của các khối trượt này, cần chú ý đến diện tích do trượt xâm chiếm, kích thước của nó (thể tích), tức là quy mô của hiện tượng.

Ở những khối trượt đã kết thúc (đã ổn định), tác động của nguyên nhân gây ra dịch chuyển đã được loại trừ hoặc giảm mạnh. Trên địa hình mặt đất, những hình dạng tương phản không biểu hiện rõ. Địa hình trở nên ít nhấp nhô hơn, gò đống mềm mại hơn. Toàn bộ bề mặt đều có cỏ mọc, thậm chí cả thực vật thân bụi, thân gỗ. Dấu vết khe nứt không còn rõ ràng hoặc bị lấp nhét. Các mạch nước đại bộ phận bị khô. Sự phát triển dịch chuyển ngừng hẳn. Điển hình là trọng tâm của các khối trượt đó thường chiếm vị trí tương đối thấp nhất trong địa hình của sườn dốc. Đặc điểm này cùng với những dấu hiệu địa chất khác là bằng chứng cho sự ổn định hoàn toàn của khối trượt.

Nghiên cứu động lực phát triển trượt tức là các quy luật biến đổi tốc độ dịch chuyển trượt và các quá trình địa chất khác gây ra nó là việc làm có hiệu quả trong khi đánh giá độ ổn định trượt. Nhằm mục đích ấy, trên các vùng trượt người ta chôn hệ thống cọc cố định và tiến hành quan trắc vị trí, độ cao và bình độ, cũng như toàn bộ sự biến đổi địa hình và lớp phủ thực vật ở trên đó - sự xuất hiện các gò, đống, thềm, khe nứt và sự mở rộng của nó, các biểu hiện nước, trạng thái công trình, v.v.. Từ kết quả quan trắc nói trên, có thể rút ra những hiểu biết nhất định về khuynh hướng và mức độ hoạt động của quá trình: tăng tiến, tiệm tiến, tắt dần, gần ổn định tạm thời, đã kết thúc, v.v.. Những quan trắc lâu dài cho phép suy đoán về tốc độ, mức độ đồng đều và quy mô dịch chuyển tuyệt đối, tương đối của toàn bộ khối trượt hay một số bộ phận của nó.

2. Phương pháp đánh giá đồng dạng địa chất công trình

Phương pháp đánh giá đồng dạng địa chất công trình với các tác giả tiêu biểu như: I.V. Popov, M.V. Churinov, F.P. Savarensky, V.D. Lomtadze, Phạm Văn Ty, Nguyễn Thanh, ... được xác lập nhằm dự báo trượt lở đất đá trên sườn dốc được thực hiện thông qua sự so sánh sườn dốc có mặt cắt và đặc điểm địa chất công trình, tính chất cơ-lý đất đá cấu tạo sườn dốc tương tự như sườn dốc khác đã được xác định, đánh giá được độ ổn định trượt.

Căn cứ vào tính chất cơ-lý đất đá cấu tạo sườn dốc, đặc điểm địa chất, địa chất thủy văn, mức độ chia cắt ngang và phân cắt sâu, bản đồ về độ dốc sườn dốc và một số quy luật phân bố các điểm trượt lở đất đá trên sườn dốc vùng đã được nghiên cứu, chúng ta có thể lập được sơ đồ dự báo biến dạng trượt của khu vực cần dự báo trên cơ sở đánh giá đồng dạng địa chất công trình để áp dụng cho các khu vực tương đương nhau về điều kiện địa chất công trình và tính chất cơ lý đất đá cấu tạo tầng phủ sườn dốc..

3. Phương pháp phân tích lịch sử tự nhiên

Phương pháp phân tích lịch sử tự nhiên của vùng nghiên cứu được áp dụng khá phổ biến khi nghiên cứu hiện tượng DCTLĐĐ đặc biệt là trượt. Bằng việc thống kê các số liệu về lịch sử hiện tượng trượt trong vùng, về quy mô các khối trượt, tần suất xuất hiện, tốc độ phát triển, kiểu trượt..., sẽ đưa ra được một bức tranh tổng quan về hiện tượng trượt trong vùng nghiên cứu. Các tác giả tiêu biểu của nhóm phương pháp này có I.V. Popov, F.P. Savarensky, V.D. Lomtadze, N.V. Kolomensky, ...

4. Phương pháp mô hình hoá

Việc áp dụng các phương pháp định lượng - mô hình hoá và kiểm toán là sự tiếp tục rất logic việc đánh giá có tính chất mô tả độ ổn định của sườn dốc.

Các phương pháp lập mô hình (xây đắp mô hình trong máng thí nghiệm, trên bàn thí nghiệm chuyên môn bằng vật liệu tương đương, mô hình quang học, thí nghiệm mô hình trên máy tính, v.v..) cho phép dựng lại sườn dốc và nêu tuân thủ đúng những quy tắc nhất định thì còn cho phép nghiên cứu sự phân bố ứng suất và sự phát triển biến dạng trong phạm vi của sườn dốc dưới tác dụng của các lực nào đó, hoặc do sự biến đổi điều kiện tồn tại của nó. Bằng cách đó, sẽ làm sáng tỏ được bản chất vật lý của các quá trình và làm cho vấn đề luận chứng, đánh giá độ ổn định của sườn dốc trở thành hiện thực. Các phương pháp lập mô hình được áp dụng rất phổ biến để đánh giá độ ổn định của sườn dốc hơn là để đánh giá độ ổn định của các khối trượt. Các tác giả tiêu biểu của nhóm phương pháp này là G.K. Bondarik, V.V. Kiunsel, Trần Mạnh Liễu, ...

5. Phương pháp chuyên gia

Phương pháp chuyên gia là phương pháp dự báo được ứng dụng tương đối rộng rãi trong các ngành khoa học. Nội dung chủ yếu của phương pháp bao gồm: xác định mục tiêu, nhiệm vụ xin ý kiến chuyên gia; lựa chọn phương pháp thu nhận và xử lý thông tin; trung cầu ý kiến chuyên gia; xử lý và phân tích kết quả lấy ý kiến chuyên gia; tổng hợp báo cáo.

Trong phương pháp chuyên gia, điển hình có phương pháp chuyên gia của Delphi. Phương pháp này thực hiện trung cầu ý kiến chuyên gia bằng bản khai có lặp lại đến khi các ý kiến tương đối hội tụ, trong đó đảm bảo không có sự trao đổi giữa các chuyên gia và cung cấp đầy đủ thông tin ngược lại cho các chuyên gia về kết quả trung cầu ý kiến sau mỗi vòng, nhưng vẫn đảm bảo ẩn danh các ý kiến, của những lập luận và nhận xét. Các kết quả đánh giá mới của các chuyên gia lại được tiếp tục xử lý rồi chuyển sang giai đoạn tiếp theo. Thực tế áp dụng phương pháp này cho thấy chỉ sau 3-4 lần trung cầu ý kiến thì các ý kiến của các chuyên gia sẽ ổn định và hội tụ, khi đó quá trình trung cầu ý kiến sẽ chấm dứt và tiến hành xử lý thông tin, tổng hợp báo cáo.

6. Mô hình lập bản đồ chỉ số ổn định của sườn dốc, mái dốc SINMAP

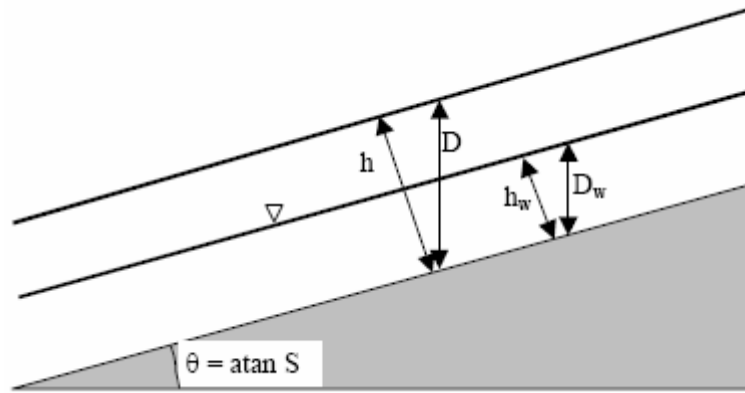
Bản chất của mô hình SINMAP (Stability Index Mapping) được xây dựng dựa trên hệ số ổn định sườn dốc, mái dốc (Hammond, 1992; Montgomery & Dietrich, 1994) với các tham số đã được số hóa được tích hợp toàn diện vào chương trình phần mềm GIS (ArcView, ArcGis) tính toán xử lý dữ liệu thiết lập tự động và hình thành bản đồ chỉ số ổn định sườn dốc, mái dốc.

Mô hình SINMAP được Trường Đại học Utah (Mỹ) phát triển, kết hợp với Công ty Tư vấn Terratech Consulting Ltd. (Mỹ) và tổ chức Forest Renewal British Columbia (Canada). Hệ số ổn định sườn dốc, mái dốc được xác định bằng tỷ số giữa các lực giữ ổn định và các lực gây trượt theo công thức (1) và được mô tả ở Hình 1.

Hệ số an toàn mô hình ổn định (tỷ số giữa lực giữ ổn định và lực gây mất ổn định) được cho bởi công thức (Hammond, 1992, phụ thuộc vào độ ẩm và khối lượng thể tích đất):

$$FS = \frac{C_r + C_s + \cos^2 \theta [\rho \cdot g \cdot (D - D_w) + g \cdot (\rho - \rho_w) D_w] \cdot \text{tg} \varphi}{D \cdot \rho \cdot g \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta} \quad (1)$$

trong đó: FS là hệ số ổn định sườn dốc, mái dốc; C_r - lực dính kết của đờn rễ cây [N/m^2]; C_s - lực dính kết của đất [N/m^2]; θ - góc nghiêng của sườn dốc, mái dốc [$^\circ$]; ρ_s - khối lượng thể tích của đất [kg/m^3]; ρ_w - khối lượng riêng của nước [kg/m^3]; g - gia tốc trọng trường [$9,81 m/s^2$]; D - bề dày lớp đất theo phương thẳng đứng [m]; D_w - bề dày thẳng đứng của lớp đất dưới mực nước dưới đất [m]; φ - góc ma sát trong của đất [$^\circ$]; S là độ dốc sườn dốc, với $S = \text{tg} \varphi$.



Hình 1. Sơ đồ mô hình ổn định mái dốc

Phần lớn các thông số trong phương trình nói trên có giá trị thay đổi theo thời gian và không gian, nghĩa là giá trị của chúng có tính chất bất định; điều đó có nghĩa rằng thay vì sử dụng một giá trị không đổi của một thông số, người ta thường sử dụng một khoảng giá trị (cận trên và cận dưới) để đại diện đặc trưng cho thông số đó.

Vì vậy các tác giả của mô hình SINMAP đã biến đổi phương trình lý thuyết (1) có tính đến tính bất định của các yếu tố và được trình bày theo công thức (2):

$$SI = FS = \frac{C + \cos \theta \left[1 - \min \left(\frac{R}{T} \frac{a}{\sin \theta}, 1 \right) r \right] \cdot \text{tg} \varphi}{\sin \theta} \quad (2)$$

trong đó: $C = (C_r + C_s) / (h \cdot \rho_s \cdot g)$; $r = \rho_w / \rho$ là tỷ số giữa khối lượng riêng của nước và khối lượng thể tích của đất; R - lượng bổ cập nước dưới đất hiệu dụng tính trên một đơn vị diện tích bề mặt; a - diện tích thu gom nước đơn vị, tính trên một đơn vị chiều dài đường bình độ địa hình; T - hệ số truyền dẫn nước của đất; $T = K \cdot h$, K - hệ số truyền dẫn thủy lực tra theo bảng, $h = D \cdot \cos \theta$ - bề dày thực của vỏ phong hóa, D - chiều dày biểu kiến vỏ phong hóa (theo phương thẳng đứng); R - lượng bổ cập nước dưới đất hiệu dụng tính trên một đơn vị diện tích bề mặt; $R = (I - ET) \cdot K_{sr}$, với K_{sr} - hệ số dòng chảy mặt được tra theo bảng, I - cường độ mưa, ET - cường độ bốc hơi.

Dựa vào hệ số ổn định sườn dốc, mái dốc tính được, tiến hành phân vùng trạng thái ổn định sườn dốc, mái dốc thành 5 cấp độ ổn định (Bảng 1).

Bảng 1. Phân loại chỉ số ổn định sườn dốc

Hệ số ổn định SI	Phân loại
$SI > 1,5$	Rất ổn định
$1,5 > SI > 1,25$	Khá ổn định
$1,25 > SI > 1,0$	Tương đối ổn định
$1,0 > SI > 0,5$	Không ổn định
$0,5 > SI > 0$	Không ổn định cao (Rất không ổn định)

SINMAP chỉ áp dụng cho các loại hình trượt nông xảy ra trong tầng phủ. Mô hình được thiết kế tính toán trong điều kiện tự nhiên hiện có, chưa xét tới tác động nhân tạo của con người và những yếu tố tự nhiên kích phát như động đất, xói lở...

7. Phương pháp của VSEINGEO

Những người đại diện của phương pháp này là V.V. Kiunsel và A.I. Seko. Theo họ, vai trò (trọng lượng) của yếu tố j trong tổ hợp các yếu tố hình thành và phát triển tại biên địa chất A và V_j được tính như sau [2]:

$$V_j = I_j \times P_j \quad (3)$$

trong đó: I_j là hệ số thông tin xác định theo entropy của yếu tố j ;

P_j - xác suất chuẩn phát sinh tại biến liên quan với yếu tố j .

Khoảng dao động của mỗi yếu tố hình thành và phát triển tại biến được chia nhỏ thành S khoảng (1, 2, 3, ..., I, ..., S). Theo khái niệm xác suất hình học, nếu vùng nghiên cứu được hình thành các ô đơn vị thì xác suất xuất hiện tại biến A trong phạm vi khoảng giá trị I của yếu tố j (P_{ji}) là tỷ số giữa số ô đơn vị (NA_{ji}) của khoảng I yếu tố j có xuất hiện tại biến A trên tổng số ô đơn vị (có tại biến A và không có tại biến A) của khoảng giá trị (N_{ji}):

$$P_{ji} = P(A/N_{ji}) = NA_{ji}/N_{ji}$$

Xác suất chuyển đổi tương ứng là :

$$(P_{ji}) = P_{ji} / \sum_{i=1}^s P_{ji}$$

Xác suất chuẩn phát sinh tại biến A liên quan đến yếu tố j là:

$$P_j = \sum_{i=1}^s P_{ji} / S$$

Entropy của yếu tố j trong lý thuyết thông tin được xác định như sau:

$$H_j = \sum_{i=1}^s (P_{ji}) \cdot \log(P_{ji})$$

Entropy lớn nhất của yếu tố j là $H_{\max} = \log S$.

Hệ số thông tin I_j của yếu tố j được xác định như sau:

$$I_j = (H_{\max} - H_j)/H_{\max}.$$

Theo phương pháp đánh giá vai trò (trọng lượng) của các yếu tố hình thành và phát triển tai biến địa chất như đã trình bày ở trên thì khả năng xuất hiện tai biến địa chất A tại bất kỳ một ô đơn vị nào đó và sự tham gia của m yếu tố được dự báo là xác suất tổng phát sinh tai biến đó:

$$W_A = 1 - \prod_{k=1}^m (1 - P_{j_i}) \quad (4)$$

Theo phương pháp này, ở Liên bang Nga đã xây dựng các bản đồ dự báo trượt và lũ bùn đá cho rất nhiều vùng với độ tin cậy cao.

8. Phương pháp MPU

Đại diện của phương pháp này là Bondraris G.K. và Pendin V.V. Hai tác giả trên đã đề xuất phương pháp đánh giá mức độ phức tạp của điều kiện địa chất công trình phục vụ quy hoạch xây dựng.

Trần Mạnh Liễu [7] đã vận dụng phương pháp trên để đánh giá định lượng vai trò của các yếu tố và dự báo tai biến địa chất [2]. Bản chất của phương pháp có thể mô tả như sau:

Đặc điểm phát triển của một tai biến địa chất A nào đó, mà trong phương pháp này là cường độ phát triển của tai biến đó (y) phụ thuộc vào đặc điểm của các yếu tố hình thành và phát triển tai biến a_1, a_2, \dots, a_n . r_{ji} là hệ số tương quan giữa yếu tố a_j , r_{yi} là hệ số tương quan giữa cường độ phát triển của tai biến với yếu tố a_i , ma trận các hệ số tương quan được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2. Ma trận các hệ số tương quan cặp đôi

	y	a_1	a_2	a_3	...	a_{n-1}	a_n
y	1	r_{y1}	r_{y2}	r_{y3}		r_{yn-1}	r_{yn}
a_1		1	r_{12}	r_{13}		r_{1n-1}	r_{1n}
a_2			1	r_{23}		r_{2n-1}	r_{2n}
a_3				1		r_{3n-1}	r_{3n}
...							
a_{n-1}						1	r_{n-1n}
a_n							1

Hệ số tương quan nhiều chiều R giữa các yếu tố y và a_1, a_2, \dots, a_n được xác định như sau:

$$R^2 = \sum_{i=1}^n \beta_i r_{yi} \quad (5)$$

Hệ số tương quan nhiều chiều cho phép xem xét các tham số phát triển tai biến tham gia dự báo có hợp lý hay không. Thực tế hệ số tương quan nhiều chiều $R > 0,75$ thì các tham số lựa chọn là

đủ, nếu hệ số tương quan nhiều chiều nhỏ hơn thì chắc chắn trong việc xác định các tham số phát triển tại biến còn thiếu một số các tham số quan trọng nào đó.

Tính toán tỷ trọng của yếu tố a_i được tính theo công thức sau:

$$g_i = \frac{|\beta_i r_{yi}|}{\sum_{i=1}^n |\beta_i r_{yi}|} \quad (6)$$

Khi đó thì $\sum_{i=1}^n g_i = 1$. Tổng tỷ trọng của các yếu tố bằng 1, trong đó $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ là nghiệm của hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} r_{1y} = \beta_1 + \beta_2 r_{21} + \dots + \beta_n r_{n1} \\ r_{2y} = \beta_1 r_{12} + \beta_2 + \dots + \beta_n r_{n2} \\ \dots\dots\dots \\ r_{ny} = \beta_1 r_{1n} + \beta_2 r_{2n} + \dots + \beta_n \end{cases} \quad (7)$$

Với $\beta_i = \frac{\Delta_i}{\Delta}$, định thức Δ được xác định như sau:

$$\Delta = \begin{bmatrix} 1 & r_{21} & r_{31} & \dots & m_1 \\ r_{12} & 1 & r_{32} & \dots & m_2 \\ r_{13} & r_{23} & 1 & \dots & m_3 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1n} & r_{2n} & r_{3n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Định thức Δ_i được xác định từ ma trận trên bằng cách thay thế các cột tương ứng i bằng hệ số tự do của phương trình trên.

Trong phương pháp này khả năng phát triển tại biến tại bất kỳ một điểm nào đó của lãnh thổ được dự báo theo chỉ tiêu tích hợp các yếu tố hình thành và phát triển tại biến I_Σ .

$$I_\Sigma = \sum_{i=1}^n g_i R_i^H \quad (8)$$

trong đó g_i là tỷ trọng của yếu tố a_i ; R_i^H - tham số định lượng của yếu tố a_i đã được chuẩn hóa lại.

Chỉ tiêu tích hợp các yếu tố phát triển tại biến được tính toán cho tất cả các ô đơn vị trên lưới ô mạng tính toán, sau đó xây dựng mô hình trường biến đổi của nó dưới dạng các đường đẳng giá

trị chỉ tiêu tích hợp I_{Σ} . Đó là cơ sở để tiến hành phân vùng các khu vực có khả năng phát triển tại biển.

9. Phương pháp ma trận định lượng

Theo phương pháp này, cường độ tác động tương hỗ K của các yếu tố ảnh hưởng thuộc các quyền khác nhau ở bộ phận khu vực nghiên cứu đối với quá trình DCTLĐĐ trên sườn dốc được đánh giá theo biểu thức dưới đây:

$$K = \frac{M}{M_{\max}} 100\% \quad (9) \quad M = \sum_{i=1}^n I_i A_{ji} = I_1 A_{j1} + I_2 A_{j2} + I_3 A_{j3} + \dots + I_n A_{jn} \quad (10)$$

$$M_{\max} = \sum_{i=1}^n I_i A_{j\max} \quad (11)$$

trong đó: n là tổng số yếu tố tác động (nguyên nhân, điều kiện) đưa vào đánh giá; i - yếu tố thứ i; I_i - hệ số tầm quan trọng của yếu tố thứ i; A_j - hệ số cấp độ tác động; A_{ji} - hệ số cấp độ tác động của yếu tố thứ i; M - tổng đại số tác động tương hỗ của các yếu tố (i) đưa vào đánh giá ở cấp độ tác động A_j hiện tại của quá trình TLĐĐ; M_{\max} - tổng đại số tác động tương hỗ lớn nhất của các yếu tố (i) đưa vào đánh giá ở cấp độ tác động lớn nhất $A_{j\max}$ của quá trình TLĐĐ; K - cường độ tác động tổng hợp tương hỗ của tất cả các yếu tố (i) đưa vào đánh giá (%).

Phương pháp ma trận định lượng đánh giá cường độ tác động tương hỗ các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình TLĐĐ được tiến hành theo các trình tự sau:

Trước hết, cần xác định danh mục các yếu tố ảnh hưởng quan trọng cần đưa vào ma trận đánh giá; phân tích, đánh giá và lựa chọn hệ số tầm quan trọng I_i của từng yếu tố (i); xác định cấp độ tác động A_j của từng yếu tố (i), tức là A_{ji} trên cơ sở số liệu về hiện trạng địa hệ tự nhiên - kỹ thuật vùng nghiên cứu và thang bậc cường độ tác động tổng hợp của các yếu tố ảnh hưởng đã được xây dựng.

Bước tiếp theo là lựa chọn hệ số tầm quan trọng I_i của nguyên nhân, điều kiện đưa vào ma trận. Ví dụ có thể chọn thang điểm: $I_i = 1$ cho yếu tố rất ít quan trọng; $I_i = 3$ đối với yếu tố ít quan trọng; $I_i = 5$ với yếu tố quan trọng vừa; $I_i = 7$ đối với yếu tố quan trọng; $I_i = 9$ đối với yếu tố rất quan trọng.

Thứ ba, là lựa chọn cấp độ tác động A_j của các nguyên nhân, điều kiện i (A_{ji}). Cấp độ tác động A_j của từng yếu tố i hoàn toàn tùy thuộc vào cường độ tác động thực tế của yếu tố đó đối với quá trình TLĐĐ và cũng có thể theo thang cấp độ tác động sau: $A_{ji} = 1$ áp dụng cho cấp độ tác động rất yếu; $A_{ji} = 3$ đối với cấp độ tác động yếu; $A_{ji} = 5$ cho cấp độ tác động trung bình; $A_{ji} = 7$ với cấp độ tác động mạnh; $A_{ji} = 9$ khi cấp độ tác động rất mạnh. Trong cùng một số nguyên nhân, điều kiện, nếu có nhiều cấp độ tác động khác nhau thì phải xác định cấp độ tác động trung bình của nguyên nhân hay điều kiện đó.

Thứ tư là xây dựng thang điểm cường độ tác động tương hỗ của tất cả các yếu tố (i) đưa vào đánh giá (%) và có thể theo thang điểm theo Bảng 3.

Bảng 3. Bảng đánh giá 5 cấp hoạt động trượt lở đất đá trên sườn dốc

TT	Cường độ hoạt động	Đánh giá cường độ trượt lở
1	$K \leq 20\%$	Cường độ trượt lở rất yếu

2	$20 < K \leq 40 \%$	Cường độ trượt lở yếu
3	$40 < K \leq 60 \%$	Cường độ trượt lở trung bình
4	$60 < K \leq 80 \%$	Cường độ trượt lở mạnh
5	$K > 80 \%$	Cường độ trượt lở rất mạnh

10. Phương pháp quy trình phân tích hệ thống cấp bậc của Thomas Saaty

Phương pháp quy trình phân tích hệ thống cấp bậc AHP (Analytic hierarchy process) được ứng dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực kinh tế, xã hội và khoa học tự nhiên. Phương pháp AHP đặc biệt phù hợp với các vấn đề liên quan đến việc so sánh hàng loạt các yếu tố mà chúng khó định lượng. Nội dung cơ bản của phương pháp là xây dựng hệ thống các yếu tố hình thành và phát triển tai biến, so sánh cặp đôi tầm quan trọng của các yếu tố dựa trên tiêu chuẩn so sánh của Thomas Saaty trong một ma trận tương ứng (Bảng 4), sau đó tính toán tỷ trọng tương đối của mỗi yếu tố trong hàng loạt các yếu tố đặt ra theo công thức tính toán tương ứng.

Tính logic và hệ thống cho một thang bậc phân cấp đã được nhà toán học người Mỹ T.L. Saaty (Đại học Tổng hợp Pittsburgh) đề cập trong công trình của mình [6]. Một số tác giả trên thế giới cũng như ở Việt Nam đã sử dụng phương pháp này để tính toán trọng số. Tuy vậy, ngoài việc ông phân chia cường độ tác động (j) thành 5 cấp độ, thì ngay từ ban đầu khi đưa ra thang tỷ lệ so sánh tầm quan trọng của các yếu tố tác động, Saaty cũng đã dùng phương pháp chuyên gia để so sánh hơn theo 5 cấp độ (1, 3, 5, 7, 9) và so sánh kém theo 5 cấp độ (1, 1/3, 1/5, 1/7, 1/9) trên một ma trận vuông cấp n (n là số yếu tố so sánh), với đường chéo chính có giá trị bằng 1. Ma trận này chỉ ra rằng, nếu chỉ số quan trọng của yếu tố A so với B là n thì ngược lại tỉ số quan trọng của B so với A là 1/n.

Bảng 4. Ma trận so sánh cặp đôi tầm quan trọng giữa các yếu tố tác động

	a_1	a_2	a_3	a_{n-1}	a_n
a_1	1	a_{12}	a_{13}		$a_{1\ n-1}$	$a_{1\ n}$
a_2	a_{21}	1	a_{23}		$a_{2\ n-1}$	$a_{2\ n}$
a_3	a_{31}	a_{32}	1		$a_{3\ n-1}$	$a_{3\ n}$
....						
a_{n-1}	$a_{n-1\ 1}$	$a_{n-1\ 2}$	$a_{n-1\ 3}$		1	$a_{n-1\ n}$
a_n	$a_{n\ 1}$	$a_{n\ 2}$	$a_{n\ 3}$		$a_{n\ n-1}$	1

Phương pháp AHP được tiến hành theo các trình tự sau:

- 1/ Cần xác định danh mục các yếu tố ảnh hưởng (a_i) quan trọng cần đưa vào ma trận đánh giá;
- 2/ Thực hiện phân tích, đánh giá, xác định tầm quan trọng của từng yếu tố và so sánh cặp đôi yếu tố (a_{ij}) (Bảng 4);
- 3/ Xác định giá trị trung bình nhân của từng hàng (m_i);
- 4/ Xác định trọng số (tỷ trọng tương đối) của các yếu tố (d_i);
- 5/ Thiết lập thang điểm số mức độ, cường độ tác động của các yếu tố (Bảng 5);

6/ Tính toán chỉ số tích hợp của các yếu tố tác động (S);

7/ Thiết lập thang bậc đánh giá tổng hợp chỉ số tích hợp của các yếu tố tác động (Bảng 3);

8/ Đánh giá quá trình DCTLĐĐ theo giá trị chỉ số tích hợp của các yếu tố tác động và thang bậc đánh giá tổng hợp chỉ số tích hợp đã được xác định.

Ghi chú: a_i (a_1, a_2, \dots, a_n) là các yếu tố tác động; a_{ij} là kết quả so sánh cặp đôi tầm quan trọng giữa yếu tố a_i và a_j , tức là $a_{ij} = a_i/a_j$.

Trọng số (tỷ trọng tương đối) của các yếu tố (d_i) được tính theo công thức sau:

$$d_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (12)$$

trong đó: d_i là trọng số (tỷ trọng tương đối) của yếu tố tác động a_i ; m_i - giá trị trung bình nhân của hàng thứ i .

$$m_1 = \sqrt[n]{1 * a_{12} * a_{13} * \dots * a_{1n-1} * a_{1n}}$$

$$m_2 = \sqrt[n]{a_{21} * 1 * a_{23} * \dots * a_{2n-1} * a_{2n}}$$

.....

$$m_n = \sqrt[n]{a_{n1} * a_{n2} * a_{n3} * \dots * a_{nn-1} * 1}$$

Theo phương pháp quy trình phân tích hệ thống cấp bậc AHP của Thomas Saaty, khả năng phát sinh, phát triển tại biển TLĐĐ tại bất kỳ một điểm nào trong vùng nghiên cứu được dự báo theo chỉ số tích hợp của các yếu tố tác động và được tính theo công thức:

$$S = \sum_{i=1}^n d_i * X_i \quad (13)$$

trong đó: S là chỉ số tích hợp của các yếu tố tác động; X_i - điểm số thể hiện mức độ, cường độ tác động của yếu tố a_i được xác định theo Bảng 5.

Bảng 5. Thang điểm đánh giá bằng điểm số mức độ, cường độ tác động của các yếu tố

STT	Mức độ, cường độ ảnh hưởng X_i của các yếu tố tác động a_i	Điểm số
1	Không thuận lợi	1
2	Ít thuận lợi	3
3	Thuận lợi	5
4	Tương đối thuận lợi	7
5	Rất thuận lợi	9

III. ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ VÀ DỰ BÁO NHANH ĐỘ ỔN ĐỊNH TRƯỢT LỞ SƯỜN DỐC

1. Đánh giá nhanh độ ổn định sườn dốc theo phương pháp lập ma trận hệ số ổn định sườn dốc theo chiều dày tầng phủ đất loại sét và góc dốc mặt trượt

Sử dụng công thức xác định hệ số ổn định trượt sườn dốc:

$$\eta_i = \frac{\gamma_{wi} h_i \cos \beta_i \operatorname{tg} \varphi_i + c_i}{\gamma_{wi} h_i \sin \beta_i} \quad (14)$$

Kết hợp chương trình Microsoft Excel để lập ma trận hệ số ổn định sườn dốc theo 2 biến số: chiều dày tầng phủ h_i và góc dốc mặt trượt β_i (cho h_i biến thiên có thể từ 1 m đến 50 m và β_i biến thiên có thể từ $10-15^\circ$ đến $50-60^\circ$) ở điều kiện tự nhiên và điều kiện đất loại sét bão hòa nước trên cơ sở các số liệu về khối lượng thể tích, góc nội ma sát và lực dính kết tương ứng với 2 trạng thái nói trên đã được xác định (γ_{tn} , γ_{bh} , C_{tn} , C_{bh} , φ_{tn} , φ_{bh}).

Thông qua ma trận hệ số ổn định, dễ dàng xác định nhanh được hệ số ổn định trượt của sườn dốc (η_{tn} ở trạng thái tự nhiên và η_{bh} ở trạng thái bão hòa nước).

2. Đánh giá nhanh độ ổn định sườn dốc theo phương pháp xác lập mối quan hệ biến thiên giữa chiều dày tầng phủ và góc dốc mặt trượt ở trạng thái cân bằng giới hạn

Bản chất của phương pháp là nghiên cứu quan hệ giới hạn giữa chiều dày tầng phủ h_i và góc dốc mặt trượt β_i ; về thực chất là giải phương trình tìm mối tương quan giữa chiều dày tầng phủ h_i và góc dốc mặt trượt β_i ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$ đối với đất loại sét bão hòa nước và ở điều kiện tự nhiên trên cơ sở các số liệu về γ_{tn} , γ_{bh} , C_{tn} , C_{bh} , φ_{tn} , φ_{bh} đã được xác định.

Trong điều kiện đất đá bị bão hòa nước:

$$\begin{aligned} \frac{\gamma_{bh} \cdot h_i \cdot \cos \beta_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_{bh} + C_{bh}}{\gamma_{bh} \cdot h_i \cdot \sin \beta_i} &= 1 \\ \gamma_{bh} \cdot h_i \cdot (\sin \beta_i - \cos \beta_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_{bh}) &= C_{bh} \\ h_{ibh} &= \frac{C_{bh} \cdot \cos \varphi_{bh}}{\gamma_{bh} \cdot \sin(\beta_i - \varphi_{bh})} \end{aligned} \quad (15)$$

Tương tự, ở điều kiện tự nhiên:

$$h_{itm} = \frac{C_m \cdot \cos \varphi_m}{\gamma_m \cdot \sin(\beta_i - \varphi_m)} \quad (16)$$

Phương trình (15) và (16) thể hiện mối tương quan giới hạn giữa h_i và β_i . Giá trị h_i hoặc β_i dưới mức giới hạn tương ứng thì sườn dốc ổn định và lớn hơn sẽ mất ổn định, xảy ra trượt lở; cụ thể: căn cứ giá trị giới hạn h_i và β_i sẽ xác định được độ ổn định trượt trên cơ sở giá trị thực của h_i và β_i , theo nguyên tắc: cùng một giá trị của đại lượng này (h_i hoặc β_i), nếu giá trị thực của đại lượng kia (β_i hoặc h_i) lớn hơn giá trị giới hạn thì hệ số ổn định sườn dốc sẽ nhỏ hơn 1,0 và trượt lở đất đá sẽ xảy ra và ngược lại.

Sử dụng chương trình Microsoft Excel, chương trình phần mềm Origin 6.0, công thức (15) và (16), sẽ lập được đồ thị biến thiên chiều dày tầng phủ h_i theo góc dốc mặt trượt β_i ở điều kiện cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$.

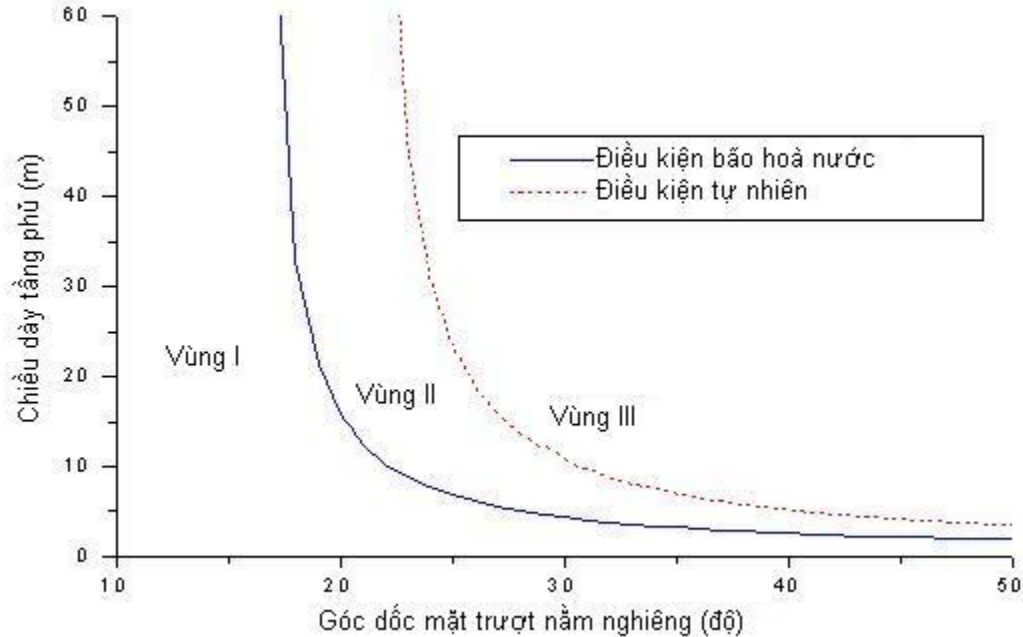
IV. ĐỀ XUẤT QUY TRÌNH XÁC LẬP VÀ PHÂN VÙNG GIỚI HẠN TRƯỢT

2. Quy trình 2

Xác lập mối quan hệ biến thiên giữa chiều dày tầng phủ h_i và góc dốc mặt trượt β_i ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$; về thực chất là giải phương trình từ công thức (14) với $\eta = 1,0$ để tìm mối quan hệ biến thiên giữa chiều dày tầng phủ h_i và góc dốc mặt trượt β_i ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$ đối với đất loại sét bão hòa nước và ở điều kiện tự nhiên trên cơ sở các số liệu về γ_{tn} , γ_{bh} , C_{tn} , C_{bh} , φ_{tn} , φ_{bh} đã được xác định, kết quả sẽ có phương trình (15) và (16) như đã trình bày ở phần trên.

Sử dụng công thức (15), công thức (16), chương trình phần mềm Microsoft Excel và chương trình phần mềm Origin 6,0, chúng ta lập được 2 đồ thị biến thiên chiều dày tầng phủ h_i theo góc dốc mặt trượt β_i ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$ trong điều kiện tự nhiên và bão hòa nước.

Thực hiện chap 2 đồ thị biến thiên chiều dày tầng phủ h_i theo góc dốc mặt trượt β_i ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$ trong điều kiện tự nhiên và bão hòa nước, chúng ta sẽ xác lập được 3 vùng giới hạn trượt: vùng ổn định trượt, vùng không ổn định trượt và vùng trượt tiềm năng (Hình 3).



Hình 3. Đồ thị phân vùng giới hạn trượt: vùng ổn định trượt (I), vùng trượt tiềm năng (II) và vùng không ổn định trượt (III) thuộc vỏ phong hoá hệ tầng Mực Bài theo phương pháp xác lập mối quan hệ biến thiên giữa chiều dày tầng phủ và góc dốc mặt trượt ở trạng thái cân bằng giới hạn $\eta = 1,0$

V. KẾT LUẬN

Để đánh giá, dự báo quá trình trượt lở đất đá trên sườn dốc, mái dốc trong nhiều phương pháp khác nhau, xét thấy có thể xem xét sử dụng kết hợp một số phương pháp đơn giản như: phương pháp đánh giá trực quan định tính, phương pháp đánh giá đồng dạng địa chất công trình, phương pháp phân tích lịch sử tự nhiên, phương pháp ma trận định lượng hoặc phương pháp quy trình phân tích hệ thống cấp bậc AHP.

Có thể thực hiện đánh giá nhanh độ ổn định sườn dốc bằng phương pháp lập ma trận hệ số ổn định sườn dốc theo chiều dày tầng phủ đất loại sét và góc dốc mặt trượt hoặc theo phương pháp xác lập mối quan hệ biến thiên giữa chiều dày tầng phủ và góc dốc mặt trượt ở trạng thái cân bằng giới hạn hoặc theo quy trình xác lập và phân vùng giới hạn trượt đã được đề xuất.

Việc đánh giá dự báo có thể đơn phương theo một phương pháp hoặc có thể kết hợp sử dụng tổ hợp các phương pháp nói trên phù hợp điều kiện cụ thể vùng nghiên cứu.

VĂN LIỆU

1. Cục Môi trường, 1995. Đánh giá tác động môi trường. *Phỏng theo bản tiếng Anh của ALAN GIFPIN, Hà Nội.*

2. Dương Mạnh Hùng, Phạm Văn Ty, 2008. Ứng dụng viễn thám và GIS lập bản đồ phân vùng nhạy cảm trượt khu vực Hạ Long - Cẩm Phả”. *Báo cáo HNKH lần thứ 18 Trường ĐH M-ĐC, Hà Nội.*

3. Lê Thạc Cán và nnk, 1997. Đánh giá tác động môi trường: Phương pháp luận và kinh nghiệm thực tiễn. *Huế.*

4. Lomtadze V.D., 1982. Địa chất công trình - địa chất động lực công trình. *Nxb Đại học và THCN, Hà Nội.*

5. Nguyễn Thanh, 2007. Tập bài giảng dành cho học viên cao học chuyên ngành địa chất. *Trường Đại học Khoa học Huế.*

6. Saaty T.L., 2000. Fundamentals of the analytic hierarchy process. *RWS Publ., Pittsburgh.*

7. Trần Mạnh Liễu, 2008. Một vài phương pháp đánh giá định tính và định lượng vai trò của các yếu tố hình thành và phát triển tai biến địa chất. *Tuyển tập BC HNKH lần thứ 18, Trường ĐH M-ĐC, Hà Nội.*