

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG BẢN ĐỒ PHÂN BỐ HỆ SỐ ỔN ĐỊNH TRƯỢT LỞ ĐẤT KHU VỰC ĐÀ LẠT

NGUYỄN VĂN LONG*, HÀ NGỌC ANH,
HOÀNG HẢI YẾN, NGUYỄN VIỆT TIẾN

*Research on developing the map of landslide's stability coefficient in
Dalat city*

*Abstract: The paper deals with the method of mapping landslide's stability
coefficient in Dalat city based on data of topography, of engineering
geology conditions and of physico-mechanical properties of soils.*

1. GIỚI THIỆU

Phương pháp phân tích ổn định sườn dốc hiện tại có thể được chia thành 5 nhóm: (a) Phương pháp phân tích cân bằng giới hạn; (b) Phương pháp phân tích giới hạn; (c) Phương pháp mô phỏng số; (d) Phương pháp sử dụng trí tuệ nhân tạo; (e) Phương pháp tổng hợp vector [1]. Mỗi phương pháp đều có những ưu điểm và nhược điểm của riêng nó tùy thuộc vào các điều kiện áp dụng. Phương pháp phân tích cân bằng giới hạn có ưu điểm bởi sự đơn giản và mất ít thời gian. Nhược điểm của phương pháp này là độ chính xác chưa cao so với các phương pháp khác và không thể áp dụng cho các trường hợp phức tạp. Ở tỷ lệ nghiên cứu cho vùng, để thu thập hết được các thông tin sử dụng trong tính toán bằng phương pháp khác đòi hỏi rất nhiều thời gian và chi phí. Do đó phương pháp phân tích cân bằng giới hạn này thường được sử dụng nhiều nhất trong nghiên cứu phân vùng trượt lở đối với khu vực.

Đối với sườn dốc vô hạn, mô hình tính toán

ổn định được Hammond đưa ra vào năm 1992 với việc tính cân bằng giữa các thành phần gây mất ổn định là trọng lực và thành phần giữ ổn định là lực ma sát và lực gắn kết trên một bề mặt trượt song song với mặt đất, bỏ qua các tác động khác. Áp lực lỗ rỗng do độ ẩm của đất làm giảm ứng suất pháp hữu hiệu, thông qua góc ma sát có liên quan đến sức kháng cắt. Áp lực nước lỗ rỗng được tính toán giả định một trạng thái ổn định thủy văn theo độ sâu của đất bão hòa đủ để duy trì một lượng thoát nước ngang tỉ lệ với lưu vực cụ thể.

Dựa trên các phương pháp phân tích ổn định sườn dốc vô hạn, tính toán hệ số ổn định rất phức tạp bởi vì sự biến động của lượng nước mưa thấm vào trong đất [2]. Do đó, B.G. Chea (2014) đã đưa ra công thức cải tiến dựa trên việc nhận biết về chiều sâu bão hòa thay đổi theo cường độ và thời gian mưa. Để tính toán hệ số ổn định cho vùng cần đưa vào các thông số thu được từ dữ liệu số địa hình chạy trên môi trường GIS, các thông số địa kỹ thuật thu được từ hiện trường và trong phòng thí nghiệm.

Trong khuôn khổ của bài báo này trình bày về phương pháp tính toán hệ số ổn định theo

* Viện Địa chất - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
ĐT: 0972611758
Email: nguyenvanlong3011@gmail.com

phương pháp của B.G. Chea và chỉ chọn hai giá trị của tỷ số giữa chiều sâu bão hòa và chiều dày lớp đất để tính toán cho khu vực thành phố Đà Lạt. Từ kết quả tính toán, bản đồ phân bố hệ số ổn định sườn dốc được thành lập và phân chia mức độ ổn định trượt khác nhau dựa trên giá trị hệ số ổn định.

2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU

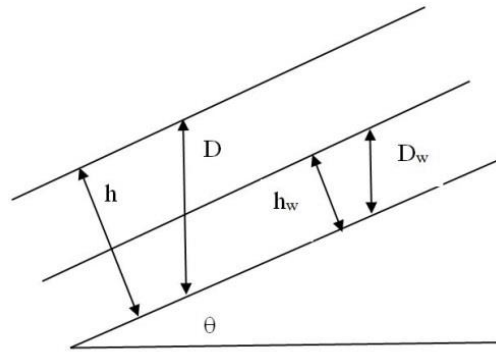
Thành phố Đà Lạt là trung tâm hành chính - kinh tế - xã hội quan trọng của tỉnh Lâm Đồng. Thành phố Đà Lạt có diện tích khoảng 394,64 km², gồm 12 phường và 4 xã, mật độ dân số 1.029 người/km². Độ cao khoảng 1.500 mét so với mực nước biển. Tọa độ địa lý 11°48'36" đến 12°01'07" vĩ độ bắc và 108°19'23" đến 108°36'27" kinh độ đông. Địa hình khu vực thành phố Đà Lạt được phân thành hai dạng rõ rệt: địa hình núi và địa hình bình nguyên trên núi. Địa hình núi phân bố xung quanh vùng cao nguyên trung tâm thành phố.

Trong khu vực nghiên cứu, các loại đất sườn tàn tích là sản phẩm của quá trình phong hóa các đá trên các loại đá granit (hệ tầng Định Quán, hệ tầng Ankoret - Cà Ná), ryolit dacit (hệ tầng Đơn Dương) bazan (hệ tầng Xuân Lộc), sét kết, bột kết (hệ tầng La Ngà). [3]

3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN VÀ THÀNH LẬP BẢN ĐỒ

3.1. Phương pháp tính toán hệ số ổn định

Mái dốc vô hạn là mô hình đơn giản để tính độ ổn định có thể áp dụng chạy trên chương trình ArcGIS ở tỷ lệ vùng. Công thức tính toán hệ số ổn định dựa trên các chỉ tiêu cơ học của đất là lực dính kết và góc ma sát trong thu được từ kết quả thí nghiệm các loại đất đá khác nhau. Mô hình này dựa trên nhiều giả định tuy nhiên các giả định này tiệm cận với cả giá trị thực tế và do đó có thể phát triển trong phân tích rủi ro khi so sánh với mô hình đánh giá trọng số cho cả mái dốc và loại đất. Mô hình tính toán với mái dốc dài vô hạn thể hiện trong hình 1.



Hình 1. Giản đồ tính toán hệ số ổn định

Công thức tính hệ số ổn định được Hammond và nnk đề xuất vào năm 1992 như sau:

$$FS = \frac{c_s + c_r + \cos^2 \theta [\rho_t g (D - D_w) + (\rho_t g - \rho_w g) D_w] \tan \varphi}{D \rho_t g \sin \theta \cos \theta} \quad (1)$$

Trong đó:

FS: hệ số ổn định

c_r : lực dính của rễ cây (N/m²); c_s : lực dính của đất (N/m²); φ : là góc ma sát trong của đất;

θ : là góc dốc; g : gia tốc trọng trường (9,81m/s²);

ρ_t : khối lượng thể tích của đất (kg/m³); ρ_w : khối lượng thể tích của nước (kg/m³)

D : chiều dày của lớp đất theo phương thẳng đứng (m);

D_w : chiều dày của lớp đất ngậm nước theo phương thẳng đứng (m);

h : là bề dày của lớp đất theo phương vuông góc với sườn dốc (m)

h_w : bề dày của lớp đất ngậm nước theo phương vuông góc với sườn dốc.

Lực dính kết ở đây gồm 2 thành phần là lực dính kết của đất và lực dính kết của rễ cây. Đóng vai trò chủ yếu là lực dính kết của đất, hơn nữa lực dính của rễ cây biến đổi nhiều trong thực tế nên lực dính kết hiệu dụng được sử dụng trong công thức:

$$c = \frac{c_r + c_s}{h \rho_t g} \quad (2)$$

Khối lượng thể tích của đất thay đổi cùng với độ ẩm đồng thời chiều sâu của đới bão

hòa cũng thay đổi khi nước mưa thấm vào trong đất, do đó:

$$\gamma = \frac{P_w}{P_t} \text{ và } H_t = \frac{D_{wf}(t)}{D} \text{ (là các hàm của thời}$$

gian) (3) và (4)

Thay (2), (3) và (4) vào (1) rồi biến đổi toán học sẽ thu được:

$$FS = \frac{c + \cos\theta(1-H(t))\tan\varphi}{\sin\theta} \text{ (5)}$$

3.2. Xây dựng bản đồ phân bố hệ số ổn định sườn dốc

Thu thập và xử lý dữ liệu

Dữ liệu phục vụ cho việc thành lập bản đồ phân bố hệ số ổn định trượt lở khu vực Đà Lạt bao gồm:

- Dữ liệu địa hình thành phố Đà Lạt, tỉ lệ (1: 25.000);

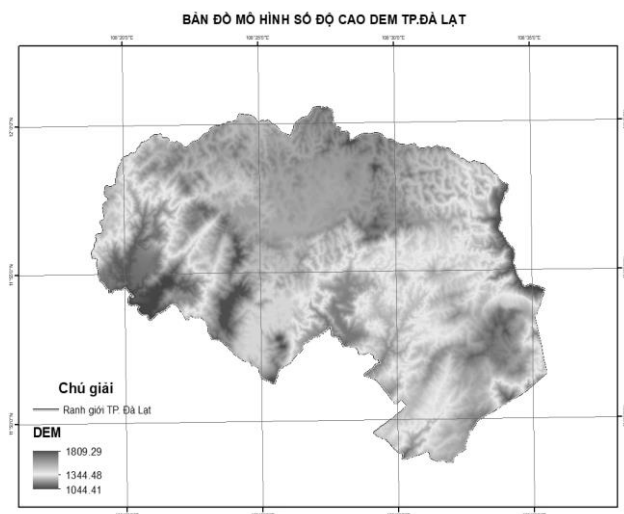
- Dữ liệu mô hình số độ cao DEM được xây dựng từ dữ liệu địa hình tỉ lệ (1: 25.000);

- Bản đồ địa chất công trình khu vực tỉ lệ 1:50.000;

- Kết quả thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của 25 mẫu đất sườn tàn tích và số liệu thu thập;

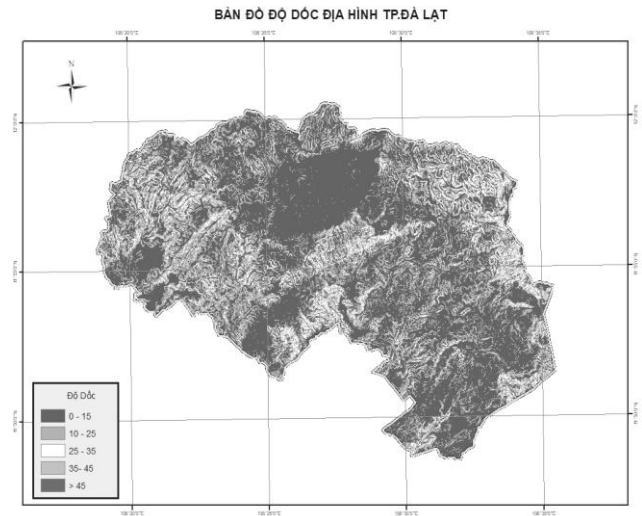
Thành lập sơ đồ phân bố hệ số ổn định trượt lở khu vực Đà Lạt

- *Bản đồ mô hình số độ cao DEM:* Mô hình số hóa độ cao DEM được xây dựng từ bản đồ địa hình 1:25.000 theo phương pháp do Tarbonton (1997) đề xuất.



Hình 2. Mô hình số độ cao thành phố Đà Lạt

- *Bản đồ độ dốc địa hình thành phố Đà Lạt:* được xây dựng từ mô hình DEM.



Hình 3. Bản đồ độ dốc địa hình thành phố Đà Lạt

Độ dốc địa hình: Thành phố Đà Lạt có địa hình cao nguyên với độ dốc lớn (70,25% diện tích đất có độ dốc lớn hơn 20°). Địa hình thành phố Đà Lạt khá phức tạp bao gồm cả địa hình núi, đồi và đồng bằng thung lũng sông. Đặc điểm phân bố độ dốc sườn: Ở khu vực núi Dran, Tà Nung, độ dốc sườn thay đổi từ 35° đến >45°, một số nơi có các vách dốc đứng.

Độ dốc sườn ở bậc 25°-35° tập trung dọc theo dải sườn núi có độ cao tương đối >500-1000m; phân bố tập trung chủ yếu dọc theo dãy núi ở Đan Kia, và đoạn đèo Dran, Tà Nung, Khe Sanh.

Độ dốc sườn ở bậc 15°-25° tập trung dọc theo dải đồi phân bố chủ yếu ở xung quanh hồ Xuân Hương và nhiều hơn là dải đồi ở phía nam Thành phố thuộc các phường 1,2,3,4,5.

Độ dốc sườn <15° tập trung chủ yếu phân bố ở trung tâm thành phố tạo nên đồng bằng thung lũng sông hẹp (sông Cam Ly). Ở đây, độ dốc nhỏ, không có khả năng gây trượt lở.

- *Bản đồ địa chất công trình:* Trên cơ sở phân vùng địa chất công trình kết hợp với tài liệu khảo sát thực địa, lấy mẫu phân tích chỉ tiêu

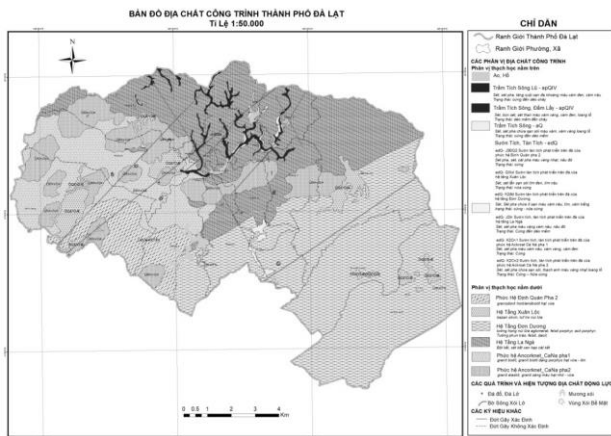
ơ lý đất trong phòng và xử lý thống kê các số liệu thí nghiệm mẫu thu thập được, các loại đất sườn tàn tích có mặt trong khu vực đã được chỉnh lý ranh giới, thêm các thuộc tính là các

chỉ tiêu cơ lý sử dụng trong tính toán hệ số ổn định sườn dốc.

Chỉ tiêu cơ lý của các loại đất sườn tàn tích được trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Bảng chỉ tiêu cơ lý các loại đất sườn tàn tích khu vực Đà Lạt

Chỉ Tiêu Cơ Lý		Ký hiệu				
		edQ(K _{2đq})	edQ(K _{2ac})	edQ(K _{2đđ})	edQ(J _{2ln})	edQ(Q _{2xl})
Thành phần hạt	Sạn sỏi (2-19mm) (%)		7,07	9,21	2,24	1,51
	Cát (0.02 – 2.0mm) (%)	37,75	32,66	30	36,79	35,46
	Bụi (0.002-0.02mm) (%)	27,16	31,99	30,65	32,93	30,88
	Sét (< 0.002mm) (%)	35,13	32,69	31,29	30,85	33,51
Độ ẩm	Độ ẩm tự nhiên W (%)	19,60	41,84	30,32	25	28,69
Khối lượng thể tích γ_w (g/cm ³)		1,68	1,75	1,85	1,8	1,82
Khối lượng thể tích bão hòa γ_w (g/cm ³)		2,0	1,8	1,92	1,9	1,95
Khối lượng thể tích khô γ_c (g/cm ³)		1,41	1,23	1,42	1,45	1,41
Khối lượng riêng γ_s (g/cm ³)		2,75	2,76	2,75	2,75	2,75
Hệ số rỗng e		0,97	1,25	0,95	0,91	0,95
Độ rỗng n (%)		48,71	55,3	48,25	47,52	48,59
Độ bão hoà G (%)		56,53	93,05	88,05	75,23	83,06
Giới hạn chảy W _{ch} (%)		39,73	54,99	50,44	43,14	47,66
Giới hạn dẻo W _d (%)		21,26	33,79	29,47	23,62	26,41
Chỉ số dẻo IP (%)		21,26	21,2	20,97	19,52	21,25
Độ sệt B		-0,09	0,41	0,02	0,11	0,12
Nén một trục: a ₁₋₂ (cm ² /kG)		0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
Góc ma sát trong ϕ (độ)		17°49'	19°18'	20°05'	20°15'	21°43'
Lực dính kết C		0,283	0,33	0,36	0,33	0,27



Hình 4. Bản đồ địa chất công trình thành phố Đà Lạt

- Xây dựng Bản đồ hệ số ổn định trượt lở khu vực thành phố Đà Lạt

Từ các dữ liệu đầu vào bao gồm: Bản đồ độ dốc, bản đồ địa chất công trình trong đó có các giá trị chỉ tiêu cơ lý các loại đất sườn tàn tích thực hiện tính toán theo công thức (5) trong môi trường ArcGIS thu được hệ số ổn định sườn dốc trên từ ô lưới (raster) có diện tích 25m².

Các thông số đem vào tính toán bao gồm:

- + Khối lượng thể tích γ (kg/cm³).
- + Góc ma sát trong của đất φ (độ).
- + Lực dính kết C (kg/cm²).

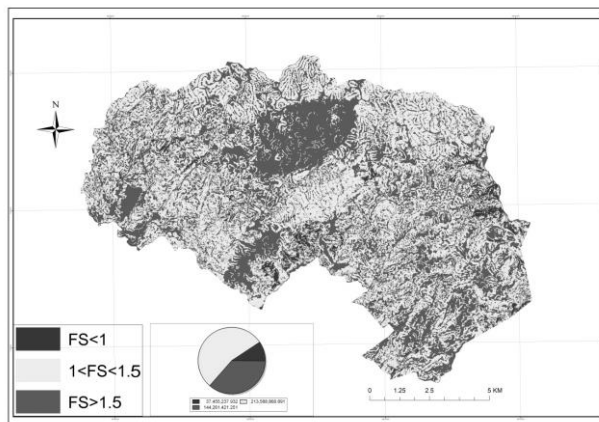
+ $\cos\theta$, $\sin\theta$ là các thông số xác định được từ bản đồ độ dốc.

+ $H(t)$: chiều sâu lớp đất bão hòa là một hàm của thời gian, phụ thuộc vào cường độ và thời gian mưa, độ che phủ và hệ số thấm của đất. Trong thực tế thông số này rất khó để xác định, cần có những khảo sát đánh giá chi tiết cho từng loại đất. Trong nghiên cứu này, chiều sâu bão hòa được giả định ở 2 giá trị $H(t)=0,5$ và $H(t)=1$ để đưa vào tính toán.

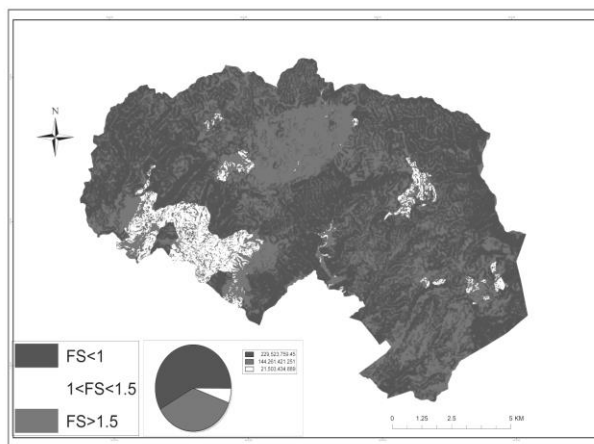
Bản đồ hệ số ổn định sườn FS được phân chia thành các khu vực không ổn định, khu vực ổn định trung bình và khu vực ổn định dựa trên phân chia hệ số ổn định mái dốc theo các cấp như sau:

- + Không ổn định $FS < 1$
- + Trung bình: $1 < FS < 1,5$

+ Ổn định: $FS > 1.5$



Hình 5. Bản đồ phân bố hệ số ổn định sườn với $H(t) = 0,5$



Hình 6. Bản đồ phân bố hệ số ổn định sườn với $H(t) = 1$

Theo kết quả tính toán trên bản đồ phân bố hệ số ổn định sườn với $H(t) = 0,5$:

- Khu vực có hệ số ổn định sườn dốc $FS < 1$ có diện tích 37,5 km².
- Khu vực có hệ số ổn định sườn dốc $1 < FS < 1,5$ có diện tích 213,6 km².
- Khu vực có hệ số ổn định sườn dốc $FS > 1,5$ có diện tích 114,3 km².

Theo kết quả tính toán trên bản đồ phân bố hệ số ổn định sườn với $H(t) = 1$:

- Khu vực có hệ số ổn định sườn dốc $FS < 1$ có diện tích 229,5 km².

- Khu vực có hệ số ổn định sườn dốc $1 < FS < 1,5$ có diện tích $114,3 \text{ km}^2$.

- Khu vực có hệ số ổn định sườn dốc $FS > 1,5$ có diện tích $21,5 \text{ km}^2$.

4. KẾT LUẬN

Tính toán hệ số ổn định của mái dốc theo phương pháp cân bằng giới hạn áp dụng cho mái dốc vô hạn đã được áp dụng nhiều trên thế giới. Tuy nhiên, việc áp dụng phương pháp này đòi hỏi các số liệu khảo sát chi tiết và khá phức tạp trong một số trường hợp. Việc cải tiến công thức dựa trên việc đánh giá sự biến đổi của lớp đất bão hòa thông qua tỷ số ρ_w/ρ_s và chiều sâu bão hòa $H(t)$ đã đem lại kết quả tốt đối với trượt đất nông.

Sử dụng kết hợp các phương pháp điều tra thực địa, thí nghiệm trong phòng, phương pháp phân tích và phương pháp GIS, việc tính toán hệ số ổn định FS và thành lập bản đồ phân bố hệ số ổn định FS đã đem lại cơ sở định lượng cho việc đánh giá nguy cơ trượt đất trên khu vực thành phố Đà Lạt. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này mới chỉ giả định ở điều kiện là bão hòa đến một nửa chiều dày và bão hòa hoàn toàn lớp đất. Để

nâng cao độ chính xác của bản đồ vẫn cần những khảo sát chi tiết về đặc điểm cấu trúc nền cũng như tính chất thủy lực của các loại đất sườn tàn tích khu vực Đà Lạt.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo được hoàn thành với sự giúp đỡ của Đề tài DDL.01/20-21. Các tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ nhiệt tình của các cơ quan, Sở, Ban, Ngành, nhân dân ở khu vực nghiên cứu và Viện Địa chất - Viện HLKHCN VN trong quá trình nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Sami Ullah và nnk, 2020. *A brief review of the slope stability analysis methods*. Geological Behavior (GBR) 4(2) 73-77.

[2] B.-G. Chae và nnk, 2014. A method for predicting the factor of safety of an infinite slope based on the depth ratio of the wetting front induced by rainfall infiltration

[3] Hoàng Vượng và nnk, 1997. *Báo cáo điều tra địa chất đô thị thành phố Đà Lạt*. Trung tâm Thông tin Lưu trữ Địa chất.

Người phản biện: PGS, TSKH TRẦN MẠNH LIÊU