

# Đánh giá ổn định mái dốc dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn và các mô hình nở ron nhân tạo

Lê Trọng Nghĩa<sup>1,2\*</sup>, Mai Chấn Huy<sup>1,2</sup>, Nguyễn Hoàng Thanh Hậu<sup>1,2</sup>, Trần Chương Anh<sup>1,2</sup>, Trương Văn Ninh<sup>1,2</sup>, Phan Trung Kiên<sup>1,2</sup>, Nguyễn Minh Trung<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Khoa Kỹ thuật Xây Dựng, Trường Đại học Bách Khoa (HCMUT), 268 Lý Thường Kiệt, phường 14, quận 10, TP.HCM

<sup>2</sup> Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, phường Linh Trung, quận Thủ Đức, TP.HCM

## TỪ KHOẢ

Ổn định mái dốc  
Mạng lưới Nơ ron nhân tạo (ANN)  
Phương pháp phần tử hữu hạn (FEM)  
Hệ số an toàn

## KEYWORDS

Slope stability  
Artificial Neural Network (ANN)  
Finite Element Method (FEM)  
Safety factor

## TÓM TẮT

Nghiên cứu được áp dụng cho khu vực tỉnh Lâm Đồng – khu vực thường xuyên xảy ra các hiện tượng trượt lở đất nghiêm trọng. Mục tiêu chính của nghiên cứu là phân tích và đánh giá mức độ ảnh hưởng của các thông số địa chất và đặc trưng hình học mái dốc đến hệ số an toàn mái dốc. Mô hình phân tích được xây dựng bằng phương pháp phần tử hữu hạn PLAXIS 2D, với 500 trường hợp mô phỏng được thực hiện dựa trên bốn thông số đầu vào: chiều cao mái dốc (H), góc nghiêng mái dốc ( $\beta$ ), lực dính (c) và góc ma sát trong ( $\varphi$ ). Sau khi thu thập dữ liệu từ các mô phỏng, thuật toán Artificial Neural Networks – ANN được áp dụng để đánh giá và xác định mức độ ảnh hưởng của từng thông số đến hệ số an toàn. Kết quả cho thấy chiều cao mái dốc là yếu tố có tầm ảnh hưởng lớn nhất và góc nghiêng mái dốc ảnh hưởng không đáng kể đến độ ổn định của mái dốc trong khu vực nghiên cứu. Bài báo cung cấp cái nhìn tổng thể về ổn định mái dốc, đồng thời góp phần định hướng các giải pháp phòng chống trượt lở đất tại khu vực tỉnh Lâm Đồng.

## ABSTRACT

This study is conducted in Lam Dong Province, a region frequently affected by severe landslides. The primary objective is to investigate the influence of geological parameters and slope geometry on the slope stability factor. A numerical model is developed using PLAXIS 2D, a finite element method-based geotechnical analysis software. A total of 500 cases are generated, incorporating four key input parameters: slope height (H), slope angle ( $\beta$ ), soil cohesion (c) and internal friction angle ( $\varphi$ ). The resulting dataset is subsequently analyzed using an Artificial Neural Network (ANN) algorithm to quantify the relative influence of each parameter on the slope safety factor. The findings reveal that slope height exerts the greatest influence on slope stability, whereas the slope angle demonstrates an insignificant effect within the study area. This paper offers a comprehensive perspective on slope stability and serves as a basis for proposing appropriate landslide mitigation strategies Lam Dong Province.

## 1. Giới thiệu

Ổn định mái dốc là một lĩnh vực nghiên cứu trong địa kỹ thuật, nhằm phân tích khả năng một mái dốc duy trì trạng thái cân bằng dưới tác động của trọng lượng bản thân và các ngoại lực tác dụng (mưa, động đất, tải trọng bề mặt, các biến đổi địa tầng nội sinh, hoạt động con người trong quá trình khai thác xây dựng,...), mà không xảy ra hiện tượng trượt, sạt lở hoặc biến dạng mất ổn định. Việc phân tích ổn định mái dốc nhằm xác định nguy cơ trượt lở thông qua việc đánh giá các mặt trượt tiềm năng và tính toán hệ số an toàn.

Ở Việt Nam, tình trạng trượt, sạt lở do mất trạng thái cân bằng ổn định mái dốc xảy ra thường xuyên, nhất là các tuyến đường đèo đoạn qua đồi núi nơi có độ dốc lớn như Quốc lộ 20, 27, 27C, 28... Không chỉ ở các khu vực đồi núi, sạt lở cũng xảy ra ở các sông, suối (sông Đồng Nai huyện Cát Tiên, sông Đa Nhim huyện Đơn Dương, sông

Đa Dâng huyện Lâm Hà,...). Ở các đô thị, hiện tượng sạt lở đất cũng đã được ghi nhận, điển hình như tại thị trấn D'ran, thành phố Đà Lạt, huyện Bảo Lộc,... (Hình 1). Theo thống kê trên địa bàn tỉnh Lâm Đồng vào năm 2023 có 17 điểm sạt lở và có một số điểm sạt lở đất làm 5 người chết, một số người khác bị thương và thiệt hại nhiều tài sản, nhà cửa người dân [1, 2, 3].

Theo Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Lâm Đồng đã khảo sát trên toàn tỉnh có hơn 500 điểm nguy cơ sạt lở đất, ngập úng, lũ quét. Theo thống kê, tại thành phố Đà Lạt có 50 vụ sạt lở đất cục bộ trong đó có 2 khu vực sạt lở nghiêm trọng, thành phố Bảo Lộc có 118 khu vực, trong đó có 2 khu vực xảy ra sạt lở nghiêm trọng (Hình 2).

Do đó việc nghiên cứu, phân tích nguy cơ mất trạng thái cân bằng của ổn định mái dốc là công tác thiết yếu để phòng chống các hiện tượng trượt, sạt lở đất. Nhiều bài báo, nghiên cứu đã viết về nội dung trên như Bùi Trọng Vinh, Nguyễn Sang Hà, Nguyễn Huỳnh Thông với

\*Liên hệ tác giả: letrongnghia@hcmut.edu.vn

Nhận ngày 26/05/2025, sửa xong ngày 11/06/2025, chấp nhận đăng ngày 12/06/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.03.2025.1013>

đề tài “Đánh giá ổn định sườn dốc khu vực trượt lở phường B’Lao, thành phố Bảo Lộc, tỉnh Lâm Đồng và đề xuất các giải pháp phòng chống” hay Dang Quang Thanh và cộng sự với đề tài “GIS based frequency ratio method for landslide susceptibility mapping at Da Lat City, Lam Dong province, Vietnam”,...[4, 5] Tuy nhiên, hiện nay các số liệu điều tra, đánh giá về đặc điểm địa chất, cơ lý đất đá và hệ số an toàn của các mái dốc chưa được thực hiện nhiều, dẫn đến thiếu cơ sở khoa học để dự báo, cảnh báo và đề xuất các giải pháp phòng chống sạt lở hiệu quả. Trong bối cảnh đó việc nghiên cứu đề tài “Đánh giá ổn định mái dốc dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn và các mô hình nơ ron nhân tạo” là hết sức cần thiết và mang tính cấp thiết về cả mặt khoa học lẫn thực tiễn.



**Hình 1.** Sạt lở mái dốc tại hẻm 36 Hoàng Hoa Thám, TP. Đà Lạt ngày 29/6/2023 [1,2].

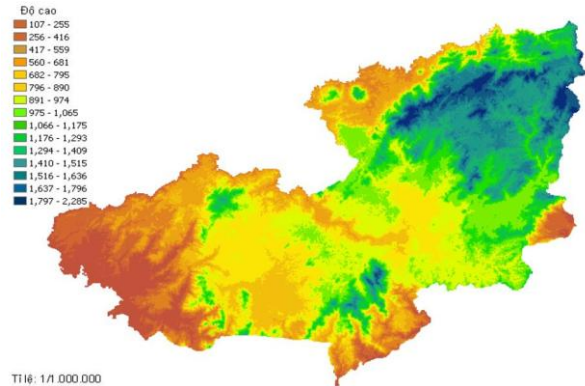


**Hình 2.** Sạt lở đất vùi một phần căn nhà ở xã vùng sâu Đạ K’Nàng (H.Đam Rông, Lâm Đồng.) [1, 2]

Nghiên cứu này giúp làm rõ các yếu tố cơ lý – đặc trưng hình học của mái dốc ảnh hưởng đến hệ số an toàn ổn định. Góp phần hỗ trợ cơ quan quản lý, quy hoạch sử dụng đất, thiết kế công trình giao thông, dân sinh tại các khu vực có nguy cơ sạt lở cao. Đồng thời kết quả nghiên cứu còn là cơ sở quan trọng để đề xuất các giải pháp kỹ thuật phòng chống sạt lở phù hợp với điều kiện tự nhiên của Lâm Đồng, từ đó góp phần bảo vệ đời sống người dân, đảm bảo an toàn cho các công trình hạ tầng, phát triển kinh tế - xã hội bền vững và thích ứng hiệu quả với biến đổi khí hậu.

## 2. Đặc điểm địa hình

Tỉnh Lâm Đồng nằm trọn trong khu vực cao nguyên Nam Tây Nguyên, với địa hình đặc trưng bởi đồi núi cao, xen kẽ thung lũng hẹp, phân tầng rõ rệt về độ cao và hình thái địa mạo. Hình 3 cho thấy độ cao thay đổi lớn từ mức 100 m ở phía Tây Nam lên đến mức 2000 m ở phía Đông Bắc. Vùng núi cao ở phía Bắc, núi thấp ở phía Tây Bắc và Đông, chuyển tiếp giữa cao nguyên xuống bán bình nguyên ở phía Nam, Tây Nam.



**Hình 3.** Địa hình chung tỉnh Lâm Đồng [4, 5].

Tỉnh Lâm Đồng có diện tích đất tự nhiên khoảng 977.219 ha, với các nhóm đất chủ yếu là đất đỏ bazan, đất phù sa,... Địa hình của tỉnh có nhiều khu vực độ dốc cao, kết cấu đất yếu nên tiềm ẩn nhiều nguy cơ xảy ra sạt lở. Địa hình được phân 3 bậc cao độ nền địa hình khá rõ ràng từ Bắc xuống Nam. Tỉnh Lâm Đồng có độ cao nền địa hình trung bình so với mặt biển khoảng từ 800 – 1000 m, có độ dốc nền tương đối lớn:

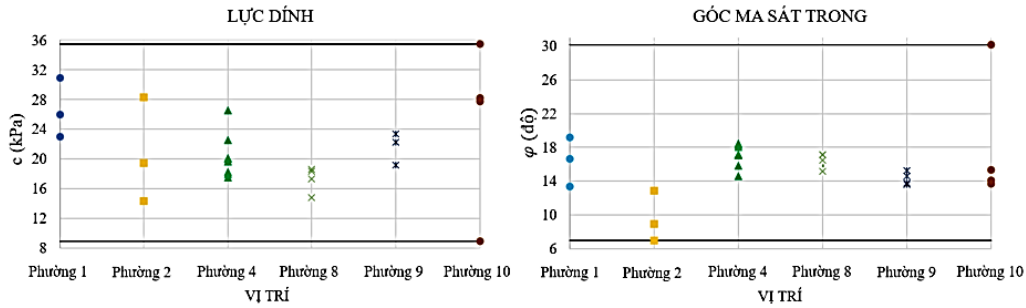
- + “Độ dốc cấp I (độ dốc < 3 %) chiếm 0,53 %.
- + Độ dốc cấp II + III (độ dốc 3 – 10 %) chiếm 38,51 %.
- + Độ dốc cấp IV (độ dốc 10 – 25 %) chiếm 36,67 %.
- + Độ dốc trên cấp V (độ dốc trên 25 %) chiếm 24,28 %.” [4]

Nhìn chung, địa hình tỉnh Lâm Đồng rất đa dạng, phức tạp, có nhiều lớp thổ nhưỡng yếu và bị phân cắt mạnh, đi kèm với các hoạt động nhân sinh ngày càng mở rộng,... khiến địa hình Lâm Đồng trở thành một trong những yếu tố chính làm tăng nguy cơ mất ổn định mái dốc, đặc biệt tại các khu vực có độ dốc lớn hơn 25 độ.

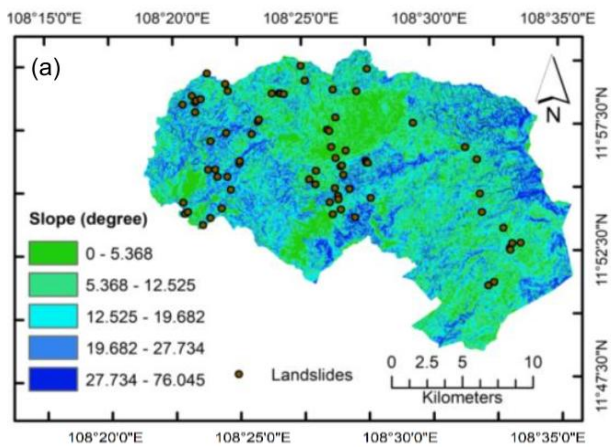
## 3. Dữ liệu nghiên cứu

Từ hồ sơ báo cáo địa chất của 11 dự án có 69 hố khoan với độ sâu hố khoan dao động từ 9 đến 41.5 m tại các phường 1, 2, 4, 8, 9, 10 thuộc thành phố Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng. Nhóm nghiên cứu đã thống kê số liệu chi tiêu cơ lý lực dính và góc ma sát trong theo lớp đất như Hình 4.

Thông qua đồ thị (Hình 4) thấy được chỉ tiêu lực dính biến động từ 8.92 kPa đến 35.5 kPa và chỉ tiêu góc ma sát trong thay đổi từ 7° đến 30.18°. Bên cạnh đó, tính chất địa tầng của khu vực cao nguyên của Lâm Đồng có địa hình đa dạng, nhiều đồi núi, và có độ dốc thay đổi phức tạp (Hình 5).



Hình 4. Chỉ tiêu cơ lý lực dính và góc ma sát trong.



Hình 5. Bản đồ phân bố độ dốc và các điểm sạt lở trên địa bàn thành phố Đà Lạt [6].

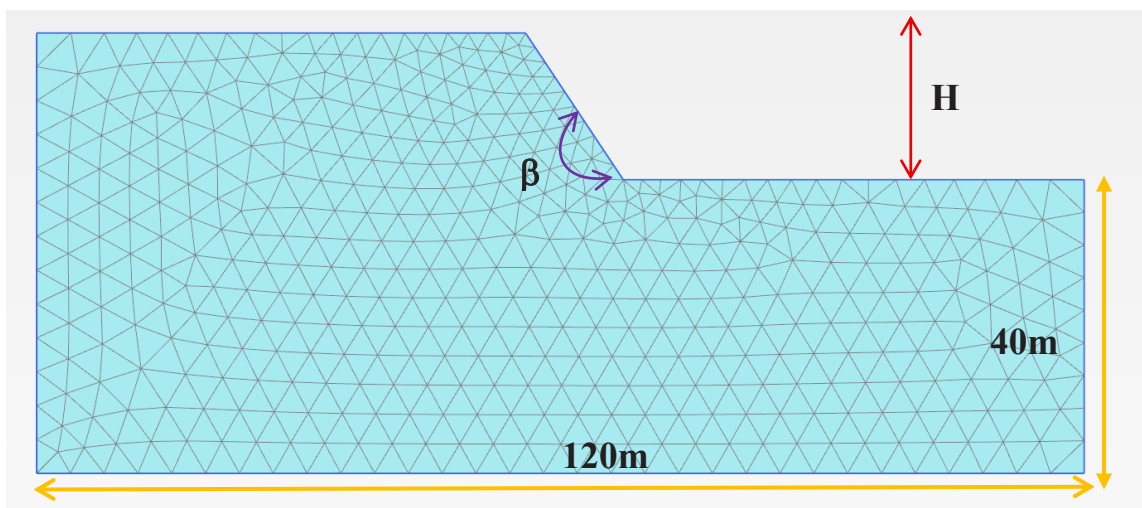
Theo như bản đồ minh họa sự phân bố độ dốc (Hình 5), các điểm sạt lở thường xuyên xảy ra ở những vùng có độ dốc lớn dao động trong khoảng 27.734° đến 76.045°. Từ những dữ liệu trên, nhóm nghiên cứu đã tiến hành phân tích hệ số an toàn ổn định mái dốc với bộ thông số: chiều cao mái dốc gồm 4 giá trị 5, 10, 15 và 20 m; góc nghiêng mái dốc gồm 5 giá trị 35, 40, 45, 50 và 55 độ; lực dính gồm 5 giá trị 15, 20, 25,

30, 35 kPa; góc ma sát trong gồm 5 giá trị 10, 15, 20, 25 và 30 độ. Từ các thông số trên, nhóm nghiên cứu đã thực hiện 500 trường hợp nhằm phân tích sự duy trì trạng thái cân bằng của ổn định mái dốc.

#### 4. Phương pháp nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis 2D được sử dụng để mô phỏng ổn định mái dốc trong điều kiện đất nền cụ thể. Mô hình số được thiết lập với giả định vật liệu đồng nhất, phi tuyến, theo mô hình Mohr – Coulomb và các tham số cơ lý của đất được chọn từ dữ liệu thực nghiệm và tài liệu tham khảo đáng tin cậy. Hình học mái dốc và điều kiện biên thể hiện qua hình 6 được mô phỏng nhằm phản ánh đúng cơ chế phá hoại tiềm tàng.

Mô hình Mohr - Coulomb là mô hình gần đúng về mối quan hệ của đất. Đây là mô hình đất cơ bản và phổ biến nhất với ứng xử đàn hồi - dẻo lý tưởng của đất nền dựa trên cơ sở định luật Hooke kết hợp với tiêu chuẩn phá hoại của Mohr – Coulomb. Nguyên lý chủ yếu mô hình Mohr - Coulomb là biến dạng và tốc độ biến dạng của đất nền sẽ bao gồm hai thành phần: biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo. Định luật Hooke được sử dụng để thể hiện mối quan hệ giữa gia tăng ứng suất và biến dạng. Mô hình Mohr - Coulomb chủ yếu thể hiện qua thông số về độ cứng (theo định luật Hooke) và thông số sức chống cắt (theo tiêu chuẩn phá hoại Mohr-Coulomb) bao gồm E, c', phi'.

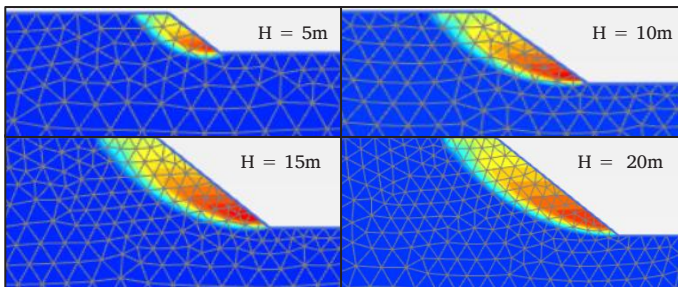


Hình 6. Mô hình mái dốc tiêu biểu.

**Bảng 1.** Giá trị của 4 thông số đầu vào

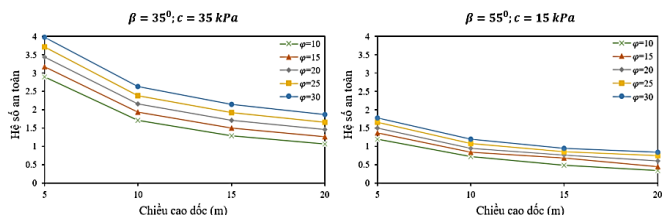
H (m)	5	15	10	20	
$\beta$ (độ)	35	40	45	50	55
c (kPa)	15	20	25	30	35
$\varphi$ (độ)	10	15	20	25	30

Sau khi hoàn tất mô phỏng, các kết quả đầu ra là hệ số an toàn (Factor of Safety – FS), biến dạng và mặt trượt được tổng hợp làm tập dữ liệu huấn luyện cho mạng nơ ron nhân tạo (ANN). Mô hình ANN được xây dựng kiến trúc với nhiều lớp nhằm học và dự đoán mối quan hệ phi tuyến giữa các đặc trưng đầu vào (chiều cao mái dốc, góc nghiêng mái dốc, lực dính, góc ma sát trong) theo các giá trị tại bảng 1 và kết quả ổn định. Kết quả đầu ra của ANN được kiểm tra lại bằng cách so sánh với mô phỏng Plaxis 2D để đánh giá độ chính xác và khả năng ứng dụng thực tiễn. Phương pháp này cho phép rút ngắn thời gian phân tích, hỗ trợ thiết kế sơ bộ hiệu quả trong bối cảnh thiếu dữ liệu quan trắc tại hiện trường.



**Hình 7.** Cơ chế phá hoại của mặt trượt mái dốc theo chiều cao dốc.

Hình 7 minh họa cơ chế phá hoại của mái dốc với các chiều cao khác nhau ( $H = 5\text{ m}, 10\text{ m}, 15\text{ m}$  và  $20\text{ m}$ ) được mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D. Kết quả cho thấy khi chiều cao mái dốc tăng, vùng phá hoại có xu hướng mở rộng và ăn sâu vào bên trong khối đất nền. Ở chiều cao thấp ( $H = 5\text{ m}$ ), phá hoại chủ yếu xảy ra gần mặt dốc, biểu hiện bởi vùng biến dạng nhỏ và nông. Tuy nhiên, khi chiều cao tăng lên  $10\text{ m}, 15\text{ m}$  và đặc biệt là  $20\text{ m}$ , vùng biến dạng lan rộng với biến dạng cung trượt rõ rệt, cho thấy cơ chế phá hoại chuyển từ trượt nông sang trượt sâu và toàn khối. Màu sắc trong hình biểu thị mức độ biến dạng với vùng đỏ thể hiện khu vực mất ổn định nhất. Kết quả này phù hợp với lý thuyết ổn định mái dốc, trong đó chiều cao mái dốc tăng sẽ làm tăng lực trượt, dẫn đến giảm hệ số an toàn và nguy cơ trượt sụt lở cao hơn.

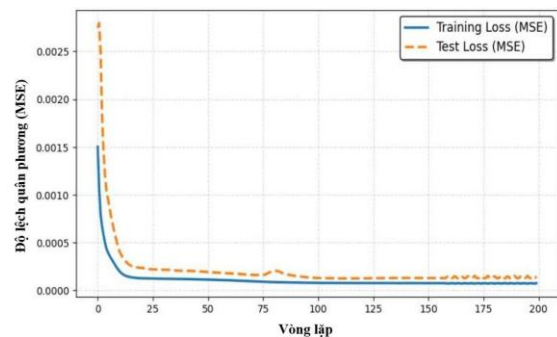


**Hình 8.** Biểu đồ tiêu biểu hệ số an toàn theo các thông số

Hình 8 là hai biểu đồ tiêu biểu thể hiện hệ số an toàn (FS) của

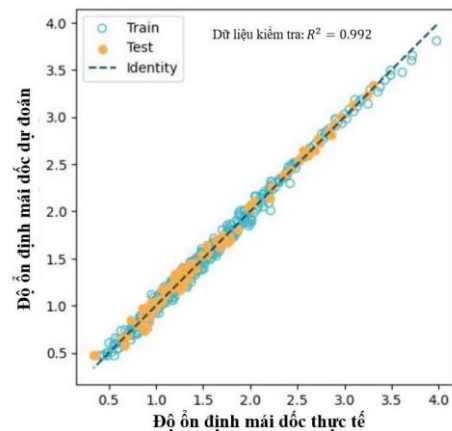
mái dốc theo chiều cao ( $H$ ) với các thông số góc ma sát trong ( $\varphi$ ), độ nghiêng mái dốc ( $\beta$ ) và lực dính ( $c$ ) khác nhau. Cả hai đồ thị đều cho thấy xu hướng giảm hệ số an toàn khi chiều cao mái dốc tăng, phản ánh nguy cơ mất ổn định ngày càng cao khi mái dốc cao hơn. Với trường hợp  $\beta = 35^\circ; c = 35\text{ kPa}$  cho thấy mái dốc có khả năng chống cắt tốt nhất, nhưng hệ số an toàn giảm đáng kể khi chiều cao tăng từ  $10$  đến  $20\text{ m}$ . Trong khi đó, ở trường hợp  $\beta = 55^\circ; c = 15\text{ kPa}$  hệ số an toàn ban đầu đã thấp hơn rõ rệt và nhanh chóng giảm về gần mức mất ổn định ( $FS \approx 1$ ) và ở  $H = 15\text{ m}$  và  $20\text{ m}$  cho thấy mái dốc có nguy cơ sụt lở cao nhất khi hệ số an toàn thấp hơn  $1$ . Kết quả này giúp định hướng lựa chọn giải pháp ổn định mái dốc hiệu quả hơn thông qua cải tạo tính chất đất hoặc thay đổi đặc trưng hình học mái dốc.

**5. Phân tích kết quả mạng lưới nơ ron**



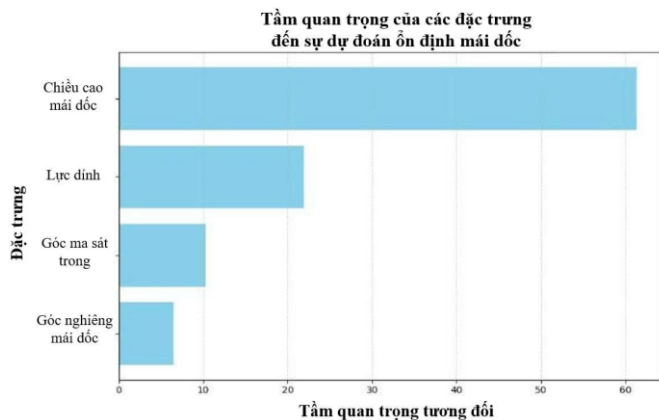
**Hình 9.** Đánh giá hiệu suất của mô hình thông qua MSE.

Hiệu suất của mô hình mạng nơ ron nhân tạo (ANN) được đánh giá thông qua sai số bình phương trung bình (Mean Squared Error – MSE) giữa giá trị dự đoán và thực tế trên cả tập huấn luyện và tập kiểm tra (Hình 9). Kết quả cho thấy, MSE trên tập huấn luyện ban đầu khoảng  $0.0015$  và giảm đều đặn xuống khoảng  $0.0002$  chỉ sau  $14$  vòng lặp (Epochs). Tập kiểm tra bắt đầu với MSE cao hơn ( $\sim 0.0028$ ) nhưng cũng giảm nhanh và ổn định quanh mức  $0.0002 - 0.0003$  sau khoảng  $50$  vòng lặp. Diễn biến này chứng tỏ mô hình học tốt, không có dấu hiệu overfitting và có khả năng tổng quát cao.



**Hình 10.** So sánh kết quả thực tế và dự đoán từ mô hình ANN.

Kết quả huấn luyện và kiểm tra của mô hình mạng nơ ron nhân tạo (ANN) cho thấy hiệu suất dự đoán ổn định mái dốc rất cao. Biểu đồ hồi quy giữa giá trị thực và giá trị dự đoán (Hình 10) cho thấy các điểm dữ liệu huấn luyện và kiểm tra đều phân bố gần như trùng khớp với đường đồng nhất (Identity line). Hệ số xác định  $R^2 = 0,992$  cho tập kiểm tra phản ánh khả năng khái quát hoá vượt trội của mô hình. Điều này cho thấy mô hình ANN đã học được mối quan hệ phi tuyến giữa các đầu vào và mức độ ổn định mái dốc một cách hiệu quả.



Hình 11. Dự đoán ảnh hưởng của 4 thông số đầu vào đến sự ổn định mái dốc từ mô hình ANN (%).

Hình 11 trình bày mức độ ảnh hưởng tương đối của các biến đầu vào đối với kết quả dự đoán từ mô hình ANN. Trong đó, chiều cao mái dốc (Slope Height) là yếu tố chi phối mạnh nhất, chiếm hơn 60 % tổng ảnh hưởng. Kết quả này phản ánh đúng bản chất cơ học đất khi chiều cao lớn đồng nghĩa với tải trọng tăng, làm giảm ổn định của mái dốc.

Hai yếu tố tiếp theo là lực dính kết (Cohesion) và góc ma sát trong (Internal Friction Angle) lần lượt ảnh hưởng đến sự ổn định mái dốc khoảng 22 % và 10 %, cho thấy vai trò rõ rệt trong khả năng kháng trượt của đất. Cuối cùng là góc nghiêng của mái dốc (Slope Angle) chỉ chiếm chưa tới 10 %, cho thấy ảnh hưởng thấp trong phạm vi dữ liệu huấn luyện hoặc có thể ảnh hưởng gián tiếp thông qua các yếu tố khác.

## 6. Kết luận

Dựa trên các biểu đồ so sánh kết quả mô phỏng, ta có thể nhận thấy rằng sử dụng mô hình mái dốc trong PLAXIS 2D phản ánh rõ được ảnh hưởng của bốn thông số đầu vào đến sự ổn định của mái dốc. Kết quả mô phỏng từ PLAXIS 2D kết hợp với đánh giá bằng ANN cho thấy

vẫn tồn tại một mức độ sai lệch nhất định so với số liệu thực tế. Nguyên nhân chủ yếu là do sự khác biệt giữa các thông số đầu vào trong mô hình, bao gồm chiều cao mái dốc (H), góc nghiêng mái dốc ( $\beta$ ), lực dính (c) và góc ma sát trong ( $\varphi$ ). Trong đó chiều cao của mái dốc (H) là thông số có tỉ lệ ảnh hưởng lớn nhất đến độ ổn định tổng thể. Kết quả của nghiên cứu này có thể góp phần định hướng cho các kỹ sư trong việc lựa chọn và thiết kế các giải pháp phòng chống trượt lở đất và ổn định mái dốc cho địa hình đồi núi phức tạp tại khu vực tỉnh Lâm Đồng.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM trong khuôn khổ đề tài mã số SVKSTN-2024-KTXD-36. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

## Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Nghĩa, (29/08/2024), “Cần giải pháp toàn diện để giảm thiểu tình trạng sạt lở đất.” <https://baolamdong.vn/toa-soan-ban-doc/202408/can-giai-phap-toan-dien-de-giam-thieu-tinh-trang-sat-lo-dat-9c02d80/>
- [2]. Ủy ban nhân dân tỉnh Lâm Đồng, “Thực trạng sạt trượt, ngập lụt trên địa bàn tỉnh Lâm Đồng”, trong *Hội thảo: Đánh giá thực trạng, nguyên nhân và đề xuất giải pháp phòng chống sạt trượt, ngập lụt cục bộ trên địa bàn tỉnh Lâm Đồng, Hội trường Khách sạn Sài Gòn Đà Lạt, 22/09/2023*, Nơi xuất bản: Ủy ban nhân dân tỉnh Lâm Đồng, 2023, 21
- [3]. Hải Vân, (29/08/2024), “Hơn 400 vị trí có nguy cơ sạt lở tại Lâm Đồng.” <https://thiennhienmoitruong.vn/hon-400-vi-tri-co-nguy-co-sat-lo-tai-lam-dong.html>
- [4]. Phòng Quản Lý Xây Dựng – Sở Xây Dựng Tỉnh Lâm Đồng, Tài Liệu Tham Khảo Tổng Hợp Nội Dung Hiện Trạng Liên Quan Đến Hội Thảo: Hội Thảo Đánh Giá Thực Trạng, Nguyên Nhân và Giải Pháp Phòng Chống Sạt Trượt, Ngập Úng Cục Bộ Trên Địa Bàn Tỉnh
- [5]. Nhiều tác giả, “Đánh giá thực trạng, nguyên nhân và đề xuất giải pháp phòng chống sạt trượt, ngập lụt cục bộ”, *Kỷ yếu hội thảo*, 2023
- [6]. Duy Hữu Nguyễn, Indra Prakash, Abolfazl Jaadari, Nguyen Viet Tien, “GIS based frequency ratio method for landslide susceptibility mapping at Da Lat City, Lam Dong province, Vietnam” *“Vietnam Journal of Earth Sciences”*, 42(1), 55-66 (2020). Doi: 10.15625/0866-7187/42/1/14758
- [7]. Le Ngoc Thanh, Dung Nguyen Quang, Sieu Nguyen, “Thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất Thành phố Đà Lạt bằng phương pháp phân tích thứ bậc và hệ thống tin địa lý”, *HCMCOUJS-Kỹ thuật và Công nghệ*, 16(1), 142-155 (2021) <https://www.researchgate.net/publication/354658279>