

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

CẢNH BÁO NGUY CƠ SẠT LỞ ĐẤT, ĐÁ TẠI ĐƯỜNG
HOÀNG SA, ĐÀ NẴNG

Mã số: T2024-06-09

Chủ nhiệm đề tài : ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh
Đơn vị : Khoa Kỹ thuật Xây dựng
Chương trình đào tạo : Công nghệ Kỹ thuật Giao thông

Đà Nẵng, tháng 05/2026

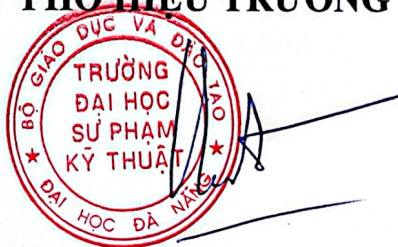
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

CẢNH BÁO NGUY CƠ SẠT LỞ ĐẤT, ĐÁ TẠI ĐƯỜNG
HOÀNG SA, ĐÀ NẴNG

Mã số: T2024-06-09

Xác nhận của cơ quan chủ trì
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



PGS.TS. Võ Trung Hùng

Chủ nhiệm đề tài

ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh

DANH SÁCH THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU

STT	Họ và tên	Đơn vị công tác và lĩnh vực chuyên môn
1.	ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh	Khoa Kỹ thuật Xây dựng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng Chuyên ngành: Xây dựng Cầu đường
2.	ThS. Ngô Thị Mỹ	Khoa Kỹ thuật Xây dựng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng Chuyên ngành: Xây dựng Cầu đường

MỤC LỤC

MỤC LỤC	i
DANH MỤC BẢNG BIỂU	iv
DANH MỤC HÌNH VẼ.....	v
THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU.....	vii
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NGUY CƠ TRƯỢT LỞ.....	3
1.1. KHÁI NIỆM VỀ BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NGUY CƠ TRƯỢT LỞ.....	3
1.1.1 Khái niệm về trượt lở đất (Landslide)	3
1.1.2. Khái niệm về bản đồ phân vùng nguy cơ (Landslide Susceptibility Mapping).....	3
1.2. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU THUỘC LĨNH VỰC CỦA ĐỀ TÀI TRONG NƯỚC VÀ TRÊN THẾ GIỚI.....	3
1.2.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực của đề tài trên thế giới....	3
1.2.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực của đề tài ở trong nước....	5
1.3. XÂY DỰNG BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NGUY CƠ SẠT LỞ SỬ DỤNG ARCGIS 10.8.....	6
1.3.1. Tổng quan về ArcGIS 10.8.....	6
1.3.2. Cấu trúc hệ thống phần mềm ArcGIS Desktop	6
1.3.3. Ưu điểm của ArcGIS 10.8 trong phân tích rủi ro thiên tai.....	7
1.3.4. Giới thiệu hệ sinh thái ArcGIS hiện đại	7
1.3.5. Trình tự xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ bằng Arcgis	7
1.4. KẾT LUẬN	13
CHƯƠNG 2: KHẢO SÁT HIỆN TRẠNG TUYẾN ĐƯỜNG HOÀNG SA, BÁN ĐẢO SƠN TRÀ, THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG.....	14
2.1. VỊ TRÍ VÀ ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN KHU VỰC KHẢO SÁT	14
2.1.1. Vị trí khu vực khảo sát	14
2.2.2. Đặc điểm địa hình, địa mạo	14
2.2. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN	15
2.3. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH KHU VỰC KHẢO SÁT	15
2.3.1. Lớp D - Đất đá nhân sinh bao gồm nền đường bê tông nhựa, tường bê tông	15
2.3.2. Lớp kQ - Đất thổ nhưỡng thành phần là sét ít dẻo lẫn rễ cây mùn thực vật	15

2.3.3. Lớp 1A - Khối, tảng granite lẫn cát, cát sét nguồn gốc lũ tích.....	15
2.3.4. Lớp 1B - Sét ít dẻo (CL), bụi ít dẻo (ML), cát sét (SC), dăm sạn lẫn cát sét (GC), màu nâu vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng - cứng, lẫn dăm sạn, khối tảng kích thước 0.2m đến 1.0m, nhiều khối tảng >1.0m. (nguồn gốc sườn tàn tích).16	16
2.3.5. Lớp 1C - Sét ít dẻo (CL), bụi ít dẻo (ML), cát sét (SC), dăm sạn lẫn cát sét (GC)	17
2.3.6. Lớp 2A - Đá granite, màu xám vàng, xám trắng, phong hóa vừa, nứt nẻ rất mạnh (RQD 25-50%).....	18
2.3.7. Lớp 2B - Đá granite, màu xám xanh, xám trắng, phong hóa nhẹ, nứt nẻ trung bình (chất lượng lõi đá-Rock Quality Designation (RQD) 55-75%).....	18
2.3.8. Lớp 2C - Đá granite, màu xám xanh, xám trắng, phong hóa nhẹ, nứt nẻ vừa - yếu (RQD 75-95%)	19
2.4. HIỆN TRẠNG TRƯỢT LỞ, KHẢO SÁT NGUYÊN NHÂN TRƯỢT LỞ ...	19
2.4.1. Hiện trạng các điểm hư hỏng, sạt trượt	19
2.4.2. Khảo sát nguyên nhân trượt lở trong phạm vi nghiên cứu	27
2.5. KẾT LUẬN	54
CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NGUY CƠ TRƯỢT LỞ ĐẤT, ĐÁ CHO TUYẾN ĐƯỜNG HOÀNG SA, THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG.....	56
3.1. GIỚI THIỆU	56
3.2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ CƠ SỞ DỮ LIỆU	57
3.2.1 Khu vực nghiên cứu.....	57
3.2.2. Chuẩn bị cơ sở dữ liệu	58
3.2.3. Bản đồ hiện trạng sạt lở	58
3.3. CÁC YẾU TỐ GÂY RA SẠT LỞ ĐẤT	59
3.3.1. Lượng mưa	60
3.3.2. Khoảng cách đến tuyến đường	60
3.3.3. Hiện trạng sử dụng đất.....	60
3.3.4. Khoảng cách đến dòng chảy.....	60
3.3.5. Độ dốc và hướng dốc.....	60
3.3.6. Mật độ sạt lở	61
3.3.7. Địa chất.....	61
3.3.8. Mức độ chia cắt theo phương đứng	61
3.4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	63

3.4.1. Phương pháp FR	63
3.4.2. Phương pháp AHP	64
3.4.3. Phương pháp MAHP	68
3.4.4. Phương pháp MFR	69
3.5. KẾT QUẢ.....	75
3.5.1. Phương pháp FR và Phương pháp AHP	75
3.5.2. Phương pháp MFR và phương pháp MAHP	76
3.5.3. Kiểm chứng mô hình	76
3.6. THẢO LUẬN	79
3.6.1. Phân tích ngưỡng phân vùng theo các mô hình.....	79
3.6.2. Sự khác biệt về khả năng phân tách ranh giới	79
3.6.3. Ý nghĩa thực tiễn của các ngưỡng "Cao" và "Rất cao"	79
3.6.4. Đánh giá hiệu suất dự báo của các mô hình	80
3.6.5. Phân tích các yếu tố chi phối chính đến sạt lở.....	80
3.6.6. Vai trò của các yếu tố kích hoạt	80
3.6.7. Phân bố không gian của các vùng nguy cơ	80
3.7. KẾT LUẬN	81
CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	82
4.1. KẾT LUẬN	82
4.2. KIẾN NGHỊ	82
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	84

Thuyết minh đề tài KHCN

Hợp đồng triển khai đề tài

Đơn đề nghị gia hạn thời gian thực hiện đề tài KHCN cấp trường

Báo cáo tình hình thực hiện đề tài KHCN cấp trường

Đơn đề nghị xem xét về việc nghiệm thu đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường

Phiếu xử lý hồ sơ về xác định đủ điều kiện nghiệm thu đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường

Bảng Mục lục minh chứng sản phẩm

Bộ minh chứng sản phẩm

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1. Bảng thống kê các vị trí khảo sát dọc tuyến	52
Bảng 3.1. Phân lớp thông tin và trọng số của chúng theo phương pháp AHP và FR ...	65
Bảng 3.2. Ma trận so sánh theo cặp (A) của các yếu tố theo phương pháp AHP	67
Bảng 3.3. Ma trận chuẩn hóa, trọng số của các yếu tố ảnh hưởng theo phương pháp AHP	67
Bảng 3.4. Vector nhất quán (λ_i) theo phương pháp AHP.....	68
Bảng 3.5. Phân lớp và trọng số của phân lớp theo phương pháp MAHP và MFR	72
Bảng 3.6. Trọng số của các yếu tố theo phương pháp MAHP	73

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 2.1. Vị trí khu vực khảo sát	14
Hình 2.2. Các khối tảng đặc trưng của lớp 1A phân bố ở các lòng suối khu vực nghiên cứu	16
Hình 2.3. Thành phần vật chất của lớp 1B tại các vách lộ nghiên cứu	17
Hình 2.4. Đặc điểm thành phần của lớp 1C tại các vách lộ (kết cấu đá gốc còn được giữ nguyên vẹn, đất chứa nhiều khoáng vật feldpat)	18
Hình 2.5. Các vách lộ phân bố đá lớp 2A khu vực nghiên cứu.....	18
Hình 2.6. Vách lộ chân taluy dương phân bố đá thuộc lớp 2B khu vực nghiên cứu	19
Hình 2.7. Hiện trạng trượt lở tại các đoạn nghiên cứu	27
Hình 2.8. Vị trí khối xói sụt có tọa độ $X=555698.196$ $Y=1780785.875$ tại đoạn 1.....	28
Hình 2.9. Hình ảnh vị trí khối sụt S1 và cấu trúc địa chất khối sụt.....	28
Hình 2.10. Cấu trúc địa chất công trình khối sụt S2	29
Hình 2.11. Xói sụt ở vị trí S3 đoạn 2.....	30
Hình 2.12. Cấu trúc địa chất khối sụt S4.....	31
Hình 2.13. Hiện trạng tại vị trí S5	31
Hình 2.14. Cấu trúc mặt cắt khối sụt S6.....	32
Hình 2.15. Cấu trúc mặt cắt khối xói sụt S7.....	33
Hình 2.16. Hiện trạng vị trí S8	33
Hình 2.17. Cấu trúc khối sụt S9	34
Hình 2.18. Cấu trúc địa chất khối sụt S10.....	35
Hình 2.19. Cấu trúc địa chất khối trượt S11.....	36
Hình 2.20. Cấu trúc địa chất khối sụt S16.....	39
Hình 2.21. Cấu trúc địa chất khối sụt S17.....	40
Hình 2.22. Hiện trạng khảo sát vị trí S19.....	41
Hình 2.23. Khối xói sụt S20 đoạn 12	42
Hình 2.24. Vị trí nguy cơ đá lăn, lũ bùn đá S22.....	43
Hình 2.25. Khối sụt S24	44
Hình 2.26. Cấu trúc địa chất khối sụt và thành phần đất đá vách sụt s25	46
Hình 2.27. Cấu trúc địa chất khối xói sụt S26.....	46
Hình 2.28. Cấu trúc địa chất khối xói sụt S27.....	47

Hình 2.29. Cấu trúc khối sạt S28.....	48
Hình 2.30. Cấu tạo mái dốc đá điểm S29	49
Hình 2.31. Cấu trúc khối sạt S27.....	50
Hình 2.32. Hình ảnh khối sạt S31.....	50
Hình 2.33. Cấu trúc địa chất khối sạt S32	51
Hình 2.34. Cấu trúc khu vực S34	52
Hình 3.1. Các dạng trượt lở điển hình dọc tuyến đường	59
Hình 3.2. Mô hình số độ cao (DEM) của khu vực nghiên cứu dọc tuyến đường Hoàng Sa và các điểm sạt lở.	62
Hình 3.3. Bản đồ lưu lượng mưa	62
Hình 3.4. Bản đồ khoảng cách đến tuyến đường giao thông.	62
Hình 3.5. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất.....	62
Hình 3.6. Bản đồ khoảng cách đến dòng chảy	62
Hình 3.7. Bản đồ độ dốc	62
Hình 3.8. Bản đồ hướng dốc.....	63
Hình 3.9. Bản đồ mật độ điểm sạt lở	63
Hình 3.10. Bản đồ địa chất	63
Hình 3.11. Bản đồ mức độ chia cắt địa hình theo phương đứng.....	63
Hình 3.12. Bản đồ thành phần sau chuẩn hóa theo phương pháp MFR.....	71
Hình 3.13. Bản đồ trọng số MFR_k của các yếu tố theo phương pháp MFR.....	74
Hình 3.14 Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở theo phương pháp FR.....	75
Hình 3.15. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở theo phương pháp AHP	75
Hình 3.16. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở theo phương pháp MFR	76
Hình 3.17. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở theo phương pháp MAHP	76
Hình 3.18. Đường cong ROC của bản đồ nguy cơ sạt lở dọc tuyến đường Hoàng Sa phương pháp FR, AHP	77
Hình 3.19. Đường cong ROC của bản đồ nguy cơ sạt lở dọc tuyến đường Hoàng Sa phương pháp MFR và MAHP	78

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU**1. Thông tin chung**

- Mã số : T2024-06-09
- Tên đề tài : Cảnh báo nguy cơ sạt lở đất, đá tại đường Hoàng Sa, Đà Nẵng.
- Chủ nhiệm : ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh
- Cơ quan chủ trì : Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật
- Thời gian thực hiện : 18 tháng (01/2025 – 06/2026)

2. Mục tiêu

- Xây dựng các bản đồ chuyên đề của các yếu tố tự nhiên ảnh hưởng đến nguy cơ sạt lở đất đá cho tuyến đường Hoàng Sa, Đà Nẵng.
- Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất đá bằng phương pháp phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP), phân tích thứ bậc hiệu chỉnh (Modified Analytic Hierarchy Process - MAHP), tỷ số tần suất (Frequency Ratio - FR) và tỷ số tần suất hiệu chỉnh (Modified Frequency Ratio - MFR) cho tuyến đường Hoàng Sa, Đà Nẵng.

3. Tính mới và sáng tạo

- Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất đá cho tuyến đường Hoàng Sa từ Km0+950 đến Km7+450, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng, do vậy đề tài có tính ứng dụng cao.

4. Tóm tắt kết quả nghiên cứu

Nghiên cứu này trình bày phương pháp xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở đất (Landslide Susceptibility Mapping – LSM) trên nền tảng Hệ thống Thông tin Địa lý (GIS) dọc tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng, Việt Nam, thông qua việc áp dụng các phương pháp Tỷ số tần suất (Frequency Ratio – FR), Tỷ số tần suất cải tiến (Modified Frequency Ratio – MFR), Phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process – AHP) và Phân tích thứ bậc cải tiến (Modified Analytic Hierarchy Process – MAHP) nhằm xác định và phân vùng các khu vực có nguy cơ sạt lở. Chín yếu tố ảnh hưởng đến sạt lở đất bao gồm địa chất, lượng mưa, độ dốc, hướng dốc, hiện trạng sử dụng đất, khoảng cách đến đường giao thông, khoảng cách đến đường tự thủy, mật độ sạt lở và độ chia cắt địa hình theo phương đứng đã được xây dựng thành các lớp dữ liệu chuyên đề và tích hợp trong quá trình mô hình hóa trên môi trường GIS. Dữ liệu kiểm kê sạt lở gồm 37 vụ sạt lở xảy ra trong giai đoạn 2020 - 2025 được tổng hợp từ số liệu do đơn vị quản lý địa phương cung cấp. Hiệu quả dự báo của các mô hình được

đánh giá bằng phương pháp phân tích đường cong ROC (Receiver Operating Characteristic). Kết quả cho thấy các mô hình dựa trên phương pháp FR và MFR có độ chính xác dự báo cao hơn so với các mô hình AHP và MAHP. Trong đó, mô hình MFR đạt giá trị diện tích dưới đường cong (AUC) cao nhất là 0,85, tiếp theo là FR với 0,78, MAHP với 0,73 và AHP với 0,62. Bản đồ nguy cơ sạt lở được xây dựng từ mô hình MFR đã phân chia khu vực nghiên cứu thành năm cấp độ nguy cơ gồm: rất thấp (1,32–2,00), thấp (2,01–2,56), trung bình (2,57–3,14), cao (3,15–3,67) và rất cao (3,68–4,93). Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học hữu ích cho công tác đánh giá nguy cơ sạt lở, quản lý ổn định mái dốc, đồng thời hỗ trợ quy hoạch, thiết kế, xây dựng và bảo trì công trình trong tương lai đối với các bên liên quan như nhà quy hoạch, kỹ sư, nhà thiết kế và cộng đồng địa phương tại khu vực nghiên cứu.

5. Tên sản phẩm

Các sản phẩm khoa học đáp ứng theo yêu cầu theo đăng ký trong thuyết minh

- [1]. Huỳnh Võ Duyên Anh, Đỗ Tuấn Nghĩa, Nguyễn Châu Lân, “Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất, đá cho tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng bằng phương pháp tỷ số tần suất và phân tích thứ bậc.” Tạp chí Địa kỹ thuật, Số 1 năm 2026

6. Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng

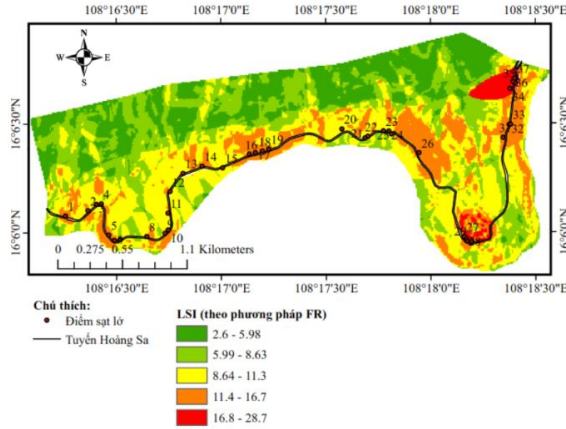
Đối với tổ chức chủ trì và các cơ sở ứng dụng kết quả nghiên cứu:

- Các kết quả nghiên cứu của đề tài là tài liệu khoa học có giá trị phục vụ cho công tác nghiên cứu, đào tạo trong lĩnh vực xây dựng, ...
- Đề tài góp phần nâng cao năng lực nghiên cứu của các cán bộ, là tài liệu tham khảo bổ ích cho giảng viên và sinh viên.

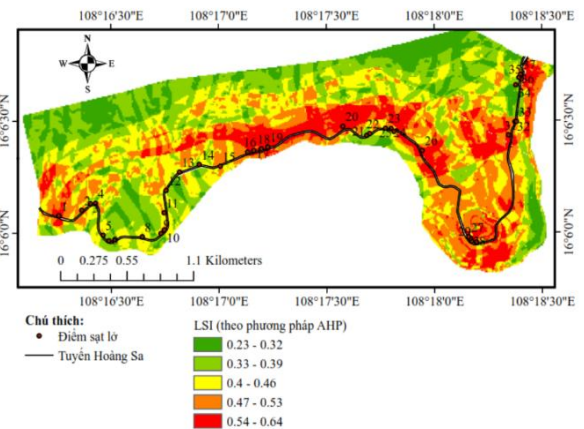
Đối với kinh tế - xã hội và môi trường

- Kết quả này có thể cung cấp thông tin hữu ích cho các bên liên quan như nhà quy hoạch, nhà thiết kế và cộng đồng địa phương trong công tác xây dựng và bảo trì tuyến Hoàng Sa tại khu vực nghiên cứu trong tương lai.

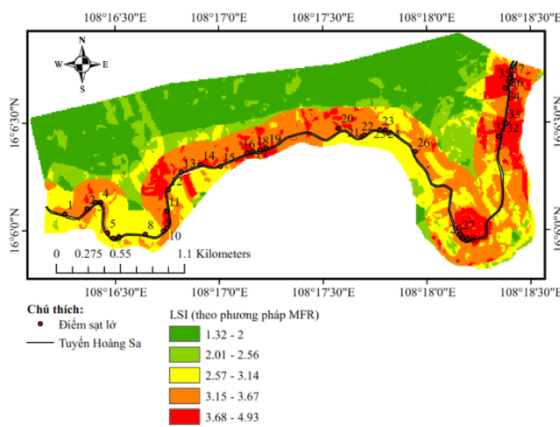
7. Hình ảnh, sơ đồ minh họa chính



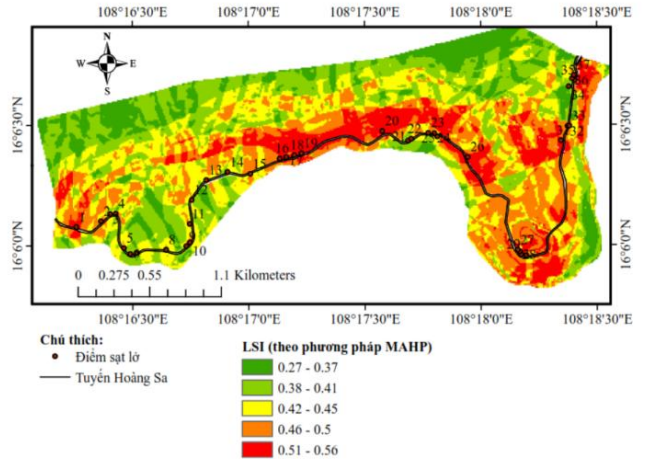
Hình 1. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở (LSM) theo phương pháp tỷ số tần suất (FR)



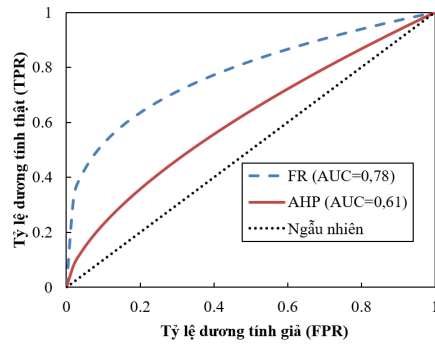
Hình 2. LSM theo phương pháp Phân tích thứ bậc (AHP)



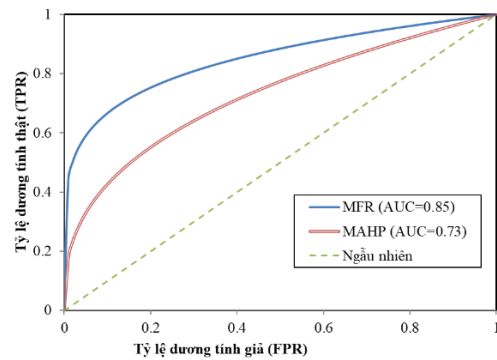
Hình 3. LSM theo phương pháp Tỷ số Tần suất hiệu chỉnh (MFR)



Hình 4. LSM theo phương pháp Phân tích thứ bậc hiệu chỉnh (MAHP)



Hình 5. Đường cong ROC (Receiver Operating Characteristic) của LSM theo phương pháp FR và AHP



Hình 6. Đường cong ROC của LSM theo phương pháp MFR và MAHP

Ngày 30 tháng 07 năm 2026

TM. Hội đồng Khoa

Chủ nhiệm đề tài

Chủ tịch



TS. Phan Tiến Vinh



ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh

XÁC NHẬN CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



PGS. TS. Võ Trung Hùng

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

Project title: Landslide Susceptibility Mapping along Hoang Sa Road, Son Tra Peninsula, Da Nang City, Vietnam

Code: T2024-06-09

Coordinator: Huỳnh Võ Duyên Anh

Sponsor: University of Technology and Education, The University of Danang

Duration: from 01/2025 to 06/2026.

2. Objective:

- Develop thematic maps of natural factors influencing landslide and rockfall susceptibility along Hoang Sa Road, Da Nang.
- Develop landslide and rockfall susceptibility maps for Hoang Sa Road, Da Nang, using the Analytic Hierarchy Process (AHP), Modified Analytic Hierarchy Process (MAHP), Frequency Ratio (FR), and Modified Frequency Ratio (MFR) methods.

3. Creativeness and innovativeness:

The developed landslide and rockfall susceptibility maps for the Hoang Sa Road section from Km0+950 to Km7+450 on the Son Tra Peninsula, Da Nang City, provide a highly applicable basis for hazard assessment and slope management in the study area.

4. Research results:

This study presents a Geographic Information System (GIS)-based approach for Landslide Susceptibility Mapping (LSM) along Hoang Sa Road, Son Tra Peninsula, Da Nang City, Vietnam, through the application of the Frequency Ratio (FR), Modified Frequency Ratio (MFR), Analytic Hierarchy Process (AHP), and Modified Analytic Hierarchy Process (MAHP) methods to identify and classify landslide-prone areas. Nine landslide conditioning factors, including geology, rainfall, slope, aspect, land use, distance to roads, distance to streams, landslide density, and vertical relief, were developed as thematic layers and integrated into the GIS-based modeling process. The landslide inventory dataset consisted of 37 landslide events recorded during the period from 2020 to 2025, based on data provided by the local management authority. The predictive performance of the models was evaluated using Receiver Operating Characteristic (ROC) curve analysis. The results indicate that the FR- and MFR-based models achieved higher predictive accuracy than the AHP- and MAHP-based models. Among them, the MFR model achieved the highest Area Under the Curve (AUC) value of 0.85, followed by the FR model (0.78), the MAHP model (0.73), and the AHP model (0.62). The landslide susceptibility map generated from the MFR model classified the study area into five susceptibility levels: very low (1.32–2.00), low (2.01–2.56), moderate (2.57–3.14), high (3.15–3.67), and very high (3.68–4.93). The findings

provide a useful scientific basis for landslide hazard assessment, slope stability management, and support future planning, design, construction, and maintenance activities for stakeholders, including planners, engineers, designers, and local communities within the study area.

5. Products:

Scientific outputs fulfilling the registered objectives in the project proposal

[1] Huynh Vo Duyen Anh, Do Tuan Nghia, Nguyen Chau Lan, “Landslide and Rockfall Susceptibility Zoning along Hoang Sa Road, Son Tra Peninsula, Da Nang City Using the Frequency Ratio and Analytic Hierarchy Process Methods,” *Geotechnical Journal*, No. 1, 2026.

6. Effects, transfer alternatives of research results and applicability:

For the host institution and organizations applying the research outcomes:

- ✓ The research results of the project provide valuable scientific references for research and educational activities in the field of construction and related disciplines.
- ✓ The project contributes to enhancing the research capacity of academic staff and serves as a useful reference source for lecturers and students.

For socio-economic and environmental aspects:

- ✓ The findings may provide useful information for stakeholders, including planners, designers, and local communities, in supporting future construction and maintenance activities along Hoang Sa Road within the study area.

MỞ ĐẦU

1. LÝ DO CHỌN ĐỀ TÀI

Trượt lở đất là hiện tượng khối đất, đá dịch chuyển xuống sườn dốc dưới tác động của trọng lực khi trạng thái cân bằng của mái dốc bị phá vỡ. Quá trình này chịu ảnh hưởng đồng thời của nhiều yếu tố, bao gồm các điều kiện tự nhiên như mưa lớn, địa hình, địa chất, cũng như các hoạt động của con người như xây dựng, khai thác và làm thay đổi hiện trạng bề mặt. Việt Nam là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng nghiêm trọng của biến đổi khí hậu và các hiện tượng thời tiết cực đoan. Các tuyến đường ở khu vực miền núi và ven sườn dốc thường xuyên phải đối mặt với nguy cơ sạt lở đất. Hiện tượng này gây ra thiệt hại nghiêm trọng về kinh tế và môi trường, đồng thời đe dọa trực tiếp đến tính mạng của người tham gia giao thông. Đường Hoàng Sa được xây dựng trong giai đoạn từ năm 2008 - 2010 trên bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng có vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy phát triển du lịch và kinh tế của thành phố Đà Nẵng thông qua kết nối khu vực ven biển với bán đảo Sơn Trà. Tuyến đường này tạo điều kiện thuận lợi cho việc thu hút đầu tư vào các lĩnh vực dịch vụ, du lịch, lưu trú và thương mại, qua đó góp phần mở rộng không gian kinh tế của thành phố. Tuy nhiên, trong quá trình khai thác vào các đợt mưa lớn kéo dài hiện tượng sạt lở đất dọc tuyến diễn ra ngày càng thường xuyên và phức tạp. Tại một số đoạn tuyến, nền và mặt đường bị đứt gãy, hư hỏng nghiêm trọng, những sự cố này không chỉ gây gián đoạn giao thông mà còn làm gia tăng nguy cơ tai nạn, ảnh hưởng tiêu cực đến hoạt động du lịch và sự phát triển kinh tế của khu vực. Do đó, việc nghiên cứu lập bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở cho tuyến đường Hoàng Sa là hết sức cần thiết, nó giúp xác định những khu vực có khả năng xảy ra sạt lở dưới các điều kiện địa chất và môi trường nhất định, bản đồ nguy cơ này được xây dựng dựa trên giả thuyết rằng các sự kiện sạt lở mới có xu hướng xảy ra tại những nơi có điều kiện tương tự như các điểm đã xảy ra sạt lở trong quá khứ.

Phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) và tỷ số tần suất (FR) là hai phương pháp phổ biến trong xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở. Tuy nhiên, nhược điểm phương pháp FR không thể áp dụng trực tiếp cho các biến liên tục nên khi áp dụng phương pháp này cần phải phân lớp thành các khoảng giá trị rời rạc trước khi phân tích. Quá trình phân lớp này tồn tại nhiều hạn chế: mang tính chủ quan khi chọn số lớp và ranh giới giữa các lớp nên làm giảm độ tin cậy của mô hình. Do đó, Li et al 2017 [1] đã đề xuất phương pháp tỷ số tần suất cải tiến (Modified Frequency Ratio, MFR) để nâng cao độ chính xác, đặc biệt đối với các yếu tố có liên tục. Phương pháp MFR giúp giảm sự chủ quan trong phân loại thủ công các yếu tố so với phương pháp FR. Phương pháp MFR có cấu trúc tính toán phức tạp hơn so với phương pháp FR, nhưng nhờ khả năng tự động hóa và tích hợp các bước xử lý, phương pháp này giúp giảm đáng kể khối lượng thao tác thủ công và nâng cao hiệu quả đánh giá mức độ nhạy cảm trượt lở [1]. Phương pháp AHP ứng dụng rộng rãi trong lập bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở vì ưu điểm đơn giản và dễ áp dụng, tuy nhiên theo Nefeslioglu et al. (2013) [2] nhược điểm lớn nhất của phương pháp AHP là sự phụ thuộc đáng kể vào ý kiến chuyên gia, vốn có thể dẫn đến mức độ chủ quan

cao và làm tăng khả năng sai lệch kết quả. Để khắc phục các hạn chế của phương pháp AHP, Nefeslioglu et al. (2013) [2] đã đề xuất phương pháp phân tích thứ bậc cải tiến - Modified Analytic Hierarchy Process (MAHP). Phương pháp này khác với AHP thông thường ở một số điểm chính như sau: ma trận so sánh cặp được xây dựng bằng cách dùng giá trị tầm quan trọng (importance value, I) thu được từ các phân bố thống kê của trượt lở đã nhận dạng theo từng lớp thông tin. Trong nghiên cứu này ứng dụng bốn phương pháp AHP, MAHP, FR và MFR để xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở cho tuyến Hoàng Sa thuộc bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng. Các yếu tố tác động đến sạt lở được xem xét, bao gồm: địa chất, lưu lượng mưa, khoảng cách đến đường tự thủy, khoảng cách đến đường giao thông, độ dốc, hướng dốc, hiện trạng sử dụng đất, mật độ điểm sạt lở, mức độ chia cắt địa hình theo phương đứng. Bản đồ nguy cơ sạt lở được kiểm chứng bằng dữ liệu sạt lở thực tế nhằm đánh giá độ chính xác của các mô hình.

Vì vậy, nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất đá cho tuyến đường Hoàng Sa có ý nghĩa khoa học và cấp thiết. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp các thông tin hữu ích giúp đề xuất các giải pháp gia cố phù hợp, hỗ trợ đơn vị quản lý trong công tác vận hành, khai thác đảm bảo an toàn cho tuyến đường.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU VỀ BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NGUY CƠ TRƯỢT LỞ

1.1. KHÁI NIỆM VỀ BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NGUY CƠ TRƯỢT LỞ

1.1.1 Khái niệm về trượt lở đất (Landslide)

Trượt lở đất, đá được định nghĩa là sự di chuyển xuống dốc của khối đất và đá dưới tác động của trọng lực khi trạng thái cân bằng của sườn dốc bị phá vỡ bởi các yếu tố tự nhiên và nhân sinh [3].

1.1.2. Khái niệm về bản đồ phân vùng nguy cơ (Landslide Susceptibility Mapping)

Định nghĩa: Là bản đồ xác định và phân vùng các khu vực có nguy cơ xảy ra trượt lở mái dốc thông qua việc phân tích các yếu tố môi trường như độ dốc, loại đất, địa chất thủy văn, và lớp phủ bề mặt,....

Mục đích việc xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở: Dự báo những nơi có khả năng xảy ra trượt lở trong tương lai, phân hạng các khu vực theo mức độ mất ổn định tương đối (thấp, trung bình, cao), hỗ trợ cho công tác quy hoạch sử dụng đất và quản lý rủi ro thiên tai.

Đặc điểm của bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở: Việc lập bản đồ nguy cơ sạt lở là một quá trình, trong đó, công tác phân loại và thống kê sự xuất hiện của sạt lở đất theo không gian, trong quá khứ và hiện tại được thực hiện. Tuy nhiên, yếu tố tần suất hoặc dự đoán thời gian xuất hiện sạt lở (hazard) thường không được kể đến.

1.2. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU THUỘC LĨNH VỰC CỦA ĐỀ TÀI TRONG NƯỚC VÀ TRÊN THẾ GIỚI

1.2.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực của đề tài trên thế giới

Sạt lở đất là một trong những loại tai biến địa chất nguy hiểm nhất hiện nay, gây thiệt hại nghiêm trọng về người, cơ sở hạ tầng và môi trường tại nhiều quốc gia trên thế giới. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, mưa cực đoan gia tăng, quá trình đô thị hóa và phá rừng diễn ra mạnh mẽ, nguy cơ sạt lở ngày càng có xu hướng gia tăng cả về tần suất và mức độ. Do đó, nghiên cứu xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất (Landslide Susceptibility Mapping – LSM) đã trở thành một hướng nghiên cứu quan trọng trong lĩnh vực địa kỹ thuật, địa mạo, viễn thám và quản lý rủi ro thiên tai.

Trong giai đoạn đầu, các nghiên cứu chủ yếu sử dụng các phương pháp truyền thống dựa trên kinh nghiệm chuyên gia và phân tích định tính như phương pháp chồng lớp bản đồ (Overlay Analysis), phân tích địa mạo và đánh giá hiện trường. Tuy nhiên, các phương pháp này phụ thuộc nhiều vào yếu tố chủ quan và khó áp dụng cho phạm vi rộng. Sau đó, các phương pháp thống kê và định lượng được phát triển nhằm nâng cao tính khách quan và độ chính xác của mô hình, tiêu biểu như Frequency Ratio (FR), Weight of Evidence (WoE), Logistic Regression (LR), Certainty Factor (CF) và Analytical Hierarchy Process (AHP). Phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) và tỷ số tần suất (FR) là hai phương pháp phổ biến trong xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở. Tuy nhiên, nhược điểm phương pháp FR không thể áp dụng trực tiếp cho các biến liên tục nên khi áp dụng phương pháp này cần phải phân lớp thành các khoảng giá

trị rời rạc trước khi phân tích. Quá trình phân lớp này tồn tại nhiều hạn chế: mang tính chủ quan khi chọn số lớp và ranh giới giữa các lớp nên làm giảm độ tin cậy của mô hình. Do đó, Li et al 2017 [1] đã đề xuất phương pháp tỷ số tần suất cải tiến (Modified Frequency Ratio, MFR) để nâng cao độ chính xác, đặc biệt đối với các yếu tố có liên tục. Phương pháp MFR giúp giảm sự chủ quan trong phân loại thủ công các yếu tố so với phương pháp FR. Phương pháp MFR có cấu trúc tính toán phức tạp hơn so với phương pháp FR, nhưng nhờ khả năng tự động hóa và tích hợp các bước xử lý, phương pháp này giúp giảm đáng kể khối lượng thao tác thủ công và nâng cao hiệu quả đánh giá mức độ nhạy cảm trượt lở [1]. Phương pháp AHP ứng dụng rộng rãi trong lập bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở vì ưu điểm đơn giản và dễ áp dụng, tuy nhiên theo Nefeslioglu et al. (2013) [2] nhược điểm lớn nhất của phương pháp AHP là sự phụ thuộc đáng kể vào ý kiến chuyên gia, vốn có thể dẫn đến mức độ chủ quan cao và làm tăng khả năng sai lệch kết quả. Để khắc phục các hạn chế của phương pháp AHP, Nefeslioglu et al. (2013) [2] đã đề xuất phương pháp phân tích thứ bậc cải tiến - Modified Analytic Hierarchy Process (MAHP). Các phương pháp này cho phép đánh giá mối quan hệ giữa hiện tượng sạt lở với các yếu tố gây sạt lở như độ dốc, địa chất, lượng mưa, khoảng cách đến sông suối, đường giao thông và hiện trạng sử dụng đất.

Những năm gần đây, cùng với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ GIS, viễn thám và dữ liệu không gian, các mô hình học máy (Machine Learning – ML) đã được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở. Theo nghiên cứu tổng quan của Ado et al. (2022) [4], các thuật toán học máy phổ biến nhất trong lĩnh vực này bao gồm Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF), Artificial Neural Network (ANN), Decision Tree (DT), Logistic Regression (LR) và Naïve Bayes (NB). Trong đó, SVM và RF được xem là hai mô hình được sử dụng phổ biến nhất nhờ khả năng xử lý dữ liệu phi tuyến, giảm hiện tượng quá khớp (Reducing Overfitting) và cho độ chính xác dự báo cao. Các nghiên cứu quốc tế cho thấy mô hình học máy thường cho kết quả tốt hơn so với các phương pháp thống kê truyền thống. Đặc biệt, sự kết hợp giữa dữ liệu DEM độ phân giải cao, ảnh viễn thám, dữ liệu lịch sử sạt lở và nền tảng GIS đã giúp cải thiện đáng kể độ chính xác của bản đồ nguy cơ sạt lở.

Bên cạnh việc phát triển thuật toán, nhiều nghiên cứu tập trung vào việc lựa chọn các yếu tố gây sạt lở (Landslide Conditioning Factors – LCFs). Theo tổng quan của Ado et al. (2022) [4], gần 60 yếu tố gây sạt lở đã được sử dụng trong các nghiên cứu khác nhau. Các yếu tố phổ biến nhất gồm: Độ dốc (Slope); Hướng dốc (Aspect); Độ cao địa hình (Elevation); Độ cong địa hình (Curvature); Chỉ số ẩm địa hình (TWI); Lượng mưa; Khoảng cách đến sông suối; Khoảng cách đến đường giao thông; Địa chất, đứt gãy; Hiện trạng sử dụng đất và lớp phủ thực vật (NDVI). Ngoài ra, nhiều nghiên cứu quốc tế cũng chú trọng đến kỹ thuật lựa chọn đặc trưng (Feature Selection) nhằm loại bỏ các yếu tố không quan trọng, giảm dư thừa dữ liệu và nâng cao độ chính xác mô hình. Các phương pháp như PCA, Relief-F, Information Gain, GeoDetector, Recursive Feature Elimination (RFE), Correlation-based Feature Selection (CFS) và Variance Inflation Factor (VIF) được áp dụng rộng rãi trong tối ưu hóa mô hình học máy.

Về dữ liệu nghiên cứu, các nguồn dữ liệu phổ biến hiện nay bao gồm dữ liệu lịch sử sạt lở, khảo sát thực địa, ảnh vệ tinh, ảnh hàng không và dữ liệu DEM. Nhiều nghiên

cứ đã ứng dụng dữ liệu từ Landsat, Sentinel, SRTM, ASTER và LiDAR để xây dựng các lớp thông tin địa hình và lớp phủ bề mặt phục vụ phân tích nguy cơ sạt lở.

Theo thống kê của Ado et al. (2022) [4], Trung Quốc là quốc gia có số lượng nghiên cứu lớn nhất về bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở, tiếp theo là Thổ Nhĩ Kỳ, Iran, Ấn Độ và Hàn Quốc. Điều này phản ánh mức độ quan tâm lớn của các quốc gia thường xuyên chịu tác động của sạt lở đất đối với công tác dự báo và quản lý thiên tai.

Nhìn chung, xu hướng nghiên cứu hiện nay trên thế giới tập trung vào việc tích hợp GIS, viễn thám và trí tuệ nhân tạo nhằm nâng cao độ chính xác và khả năng tự động hóa của bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở. Tuy nhiên, mặc dù xu hướng nghiên cứu hiện nay đang phát triển mạnh theo hướng ứng dụng trí tuệ nhân tạo và học sâu, các phương pháp truyền thống như AHP, MAHP, FR và MFR vẫn được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu phân vùng nguy cơ sạt lở do có nhiều ưu điểm phù hợp với điều kiện nghiên cứu thực tế. Các phương pháp này có quy trình tính toán rõ ràng, dễ triển khai trong môi trường GIS, yêu cầu khối lượng dữ liệu không quá lớn và cho phép đánh giá trực tiếp mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố gây sạt lở. Bên cạnh đó, các mô hình truyền thống có tính minh bạch cao, kết quả dễ giải thích và phù hợp đối với các khu vực còn hạn chế về dữ liệu quan trắc hoặc nguồn lực tính toán. Đặc biệt, phương pháp MAHP và MFR còn giúp giảm tính chủ quan của phương pháp AHP và FR truyền thống thông qua việc kết hợp giữa đánh giá chuyên gia và phân tích thống kê, từ đó nâng cao độ tin cậy của kết quả phân vùng nguy cơ sạt lở.

1.2.2. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực của đề tài ở trong nước

Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu về xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở đất đã được thực hiện tại các khu vực miền núi và các tuyến giao thông trọng điểm, nơi thường xuyên xảy ra hiện tượng mất ổn định mái dốc như trượt lở dọc theo các tuyến quốc lộ như quốc lộ số 1, 2, 3, 6 và đường Hồ Chí Minh [5], [6]. Các nghiên cứu này sử dụng đa dạng phương pháp tiếp cận, từ mô hình vật lý, phương pháp phân tích thứ bậc, phương pháp thống kê đến các thuật toán học máy hiện đại.

Xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở đất sử dụng các mô hình vật lý, một số tác giả Việt Nam đã xuất bản nhiều bài báo về sạt trượt tại A Lưới (Huế) [7], Cao Thắng (Quảng Ninh) [8]. Nhiều khu vực tại Việt Nam đã được khảo sát để phát triển bản đồ nguy cơ bằng phương pháp thống kê tại Hòa Bình [9], tại A Lưới (Huế) [7], tại vùng thượng nguồn sông Lô [10]. Các nghiên cứu sử dụng phương pháp AHP truyền thống được đề xuất bởi Saaty [11] như: Sử dụng công nghệ GIS để tạo bản đồ nhạy sạt lở cho các tỉnh biên giới Tây Bắc Việt Nam [12], phát triển bản đồ lãnh thổ Tây Bắc bằng công nghệ GIS [13]. Đặc biệt, dựa trên nghiên cứu của Nguyen et al. [14], phương pháp MAHP dựa trên nền tảng GIS có thể được ứng dụng rộng rãi trong việc xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở cho các cao tốc tại Việt Nam. Các nghiên cứu xây dựng bản đồ nguy cơ sử dụng phương pháp học máy như nghiên cứu tại quốc lộ 32 [15], khu vực Mù Căng Chải [16] và Lục Yên (Yên Bái) [17], tại Lào Cai sử dụng phương pháp học máy kết hợp thuật toán tối ưu [18]. Các nghiên cứu này đã đóng góp lớn cho sự phát triển lý thuyết và thực hành về xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở đất tại Việt Nam.

1.3. XÂY DỰNG BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NGUY CƠ SẠT LỎ SỬ DỤNG ARCGIS 10.8

1.3.1. Tổng quan về ArcGIS 10.8

ArcGIS 10.8 là phiên bản nâng cấp của bộ phần mềm GIS (Geographic Information System) do Environmental Systems Research Institute (ESRI) phát triển. Phần mềm này cung cấp hệ thống toàn diện cho việc thu thập, quản lý, phân tích, chia sẻ và trực quan hóa dữ liệu không gian. Nhờ khả năng tích hợp mạnh mẽ giữa bản đồ, cơ sở dữ liệu và công cụ phân tích, ArcGIS trở thành nền tảng hàng đầu được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như:

- Quy hoạch đô thị và nông thôn;
- Quản lý tài nguyên thiên nhiên và môi trường;
- Giao thông vận tải, xây dựng hạ tầng kỹ thuật;
- Phân tích rủi ro thiên tai và ứng phó biến đổi khí hậu.

ArcGIS 10.8 có thể làm việc với dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau như DEM (Digital Elevation Model), ảnh vệ tinh, bản đồ địa hình, bản đồ địa chất, mạng lưới sông suối, và dữ liệu khảo sát thực địa. Nhờ đó, người dùng có thể kết hợp các lớp thông tin để phân tích hiện tượng tự nhiên và xã hội một cách đa chiều.

1.3.2. Cấu trúc hệ thống phần mềm ArcGIS Desktop

Bộ ArcGIS Desktop 10.8 bao gồm nhiều ứng dụng tích hợp, trong đó các thành phần chính là:

- **ArcMap:** Là ứng dụng trung tâm của ArcGIS, nơi người dùng có thể hiển thị, biên tập, và phân tích bản đồ. Giao diện ArcMap được thiết kế trực quan, hỗ trợ nhiều định dạng dữ liệu (vector, raster, geodatabase), và cho phép thực hiện hàng trăm công cụ phân tích không gian.
- **ArcCatalog:** Là môi trường quản lý dữ liệu địa lý tương tự “File Explorer”, giúp người dùng tạo, sao chép, đổi tên, hoặc xem thuộc tính của dữ liệu GIS. ArcCatalog cũng là nơi người dùng thiết lập **Metadata (siêu dữ liệu)** cho các lớp bản đồ.
- **ArcToolbox:** Chứa toàn bộ **công cụ xử lý và phân tích không gian** trong ArcGIS. Các nhóm công cụ phổ biến gồm:
 - *Data Management Tools* – Quản lý và chuyển đổi dữ liệu;
 - *Analysis Tools* – Phân tích lớp dữ liệu vector và raster;
 - *Spatial Analyst Tools* – Phân tích không gian địa hình, độ dốc, độ cong;
 - *Conversion Tools* – Chuyển đổi giữa các định dạng dữ liệu.
- **ArcScene và ArcGlobe:** Là hai ứng dụng chuyên dụng để mô phỏng dữ liệu **3D**. ArcScene phù hợp với khu vực nhỏ (quy mô địa phương), trong khi ArcGlobe thích hợp cho các mô hình toàn cầu hoặc khu vực lớn.

1.3.3. Ưu điểm của ArcGIS 10.8 trong phân tích rủi ro thiên tai

ArcGIS 10.8 mang lại nhiều lợi thế trong việc nghiên cứu và đánh giá rủi ro thiên tai, bao gồm:

- Khả năng xử lý dữ liệu địa hình chính xác: ArcGIS có thể đọc và phân tích các mô hình độ cao số (DEM) với độ phân giải từ 30 m đến 5 m, giúp xác định chính xác khu vực có nguy cơ sạt lở hoặc ngập lụt.
- Tích hợp nhiều lớp dữ liệu: Cho phép chồng lớp (overlay) để xem mối quan hệ giữa các yếu tố như địa chất, độ dốc, sử dụng đất và lượng mưa.
- Công cụ phân loại và đánh giá nguy cơ: Thông qua các mô hình Weighted Overlay, Raster Calculator, hoặc AHP, ArcGIS giúp xác định các khu vực rủi ro cao.
- Biểu diễn trực quan: Kết quả phân tích có thể xuất ra bản đồ rủi ro có màu sắc, ký hiệu, và thang độ, giúp nhà quản lý dễ dàng nhận diện vùng cần ưu tiên.

1.3.4. Giới thiệu hệ sinh thái ArcGIS hiện đại

Bên cạnh ArcGIS Desktop, phiên bản 10.8 còn hỗ trợ liên kết với ArcGIS Online, ArcGIS Pro, và ArcGIS Enterprise, tạo nên một hệ sinh thái đồng bộ:

- *ArcGIS Online*: Cho phép lưu trữ, chia sẻ, và xuất bản bản đồ trực tuyến.
- *ArcGIS Pro*: Phiên bản hiện đại, hỗ trợ 64-bit và giao diện thân thiện hơn ArcMap, giúp xử lý dữ liệu nhanh và trực quan hơn.
- *ArcGIS Enterprise*: Cung cấp khả năng quản lý dữ liệu trên máy chủ, phù hợp với cơ quan nhà nước hoặc doanh nghiệp lớn.

1.3.5. Trình tự xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ bằng Arcgis

1.3.5.1. Chuẩn bị dữ liệu

Thu thập các dữ liệu cần thiết phục vụ xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở, bao gồm mô hình số địa hình (DEM), bản đồ địa chất, hiện trạng sử dụng đất, lượng mưa, mạng lưới sông suối, mạng lưới giao thông, ranh giới khu vực nghiên cứu và dữ liệu kiểm kê sạt lở. Tất cả dữ liệu phải được chuyển về cùng hệ tọa độ (ví dụ VN-2000 hoặc WGS84 UTM), cùng phạm vi nghiên cứu và cùng kích thước ô lưới (Cell Size) để đảm bảo tính thống nhất trong quá trình xử lý.

Đối với dữ liệu vector, sử dụng công cụ Project để chuyển đổi hệ tọa độ khi cần thiết. Các lớp dữ liệu được cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu bằng công cụ Clip (đối với vector) hoặc Extract by Mask (đối với raster).

1.3.5.2. Thiết lập môi trường làm việc

Khởi động phần mềm ArcMap 10.8 và tạo một dự án mới. Kết nối thư mục chứa dữ liệu thông qua cửa sổ **Catalog**. Trước khi thực hiện các phép phân tích không gian, cần kích hoạt tiện ích **Spatial Analyst** tại **Customize → Extensions**.

Tiếp theo, thiết lập các thông số môi trường xử lý trong **Geoprocessing → Environments**, bao gồm:

- Cell Size: thống nhất theo DEM (ví dụ 10 m).
- Processing Extent: ranh giới khu vực nghiên cứu.
- Snap Raster: DEM.
- Mask: ranh giới khu vực nghiên cứu.

Việc thiết lập này giúp các lớp raster có cùng kích thước ô lưới và vị trí ô lưới, tránh sai lệch khi chồng lớp.

1.3.5.3. Lựa chọn và thành lập các lớp nhân tố

Việc lựa chọn các nhân tố ảnh hưởng là bước quan trọng, quyết định trực tiếp đến độ chính xác của mô hình phân vùng nguy cơ sạt lở. Các nhân tố được lựa chọn cần phản ánh đầy đủ các điều kiện tự nhiên và tác động của con người có khả năng gây mất ổn định mái dốc. Đồng thời, cần đảm bảo dữ liệu có độ tin cậy cao, phạm vi bao phủ toàn bộ khu vực nghiên cứu và có cùng độ phân giải không gian.

Không có quy định cố định về số lượng nhân tố sử dụng trong mô hình phân vùng nguy cơ sạt lở. Số lượng nhân tố phụ thuộc vào:

- Điều kiện tự nhiên của khu vực nghiên cứu.
- Mục tiêu nghiên cứu.
- Nguồn và chất lượng dữ liệu thu thập được.
- Phương pháp đánh giá (FR, MFR, AHP, M-AHP, Machine Learning,...).

Trong thực tế, các nghiên cứu thường sử dụng từ **7 đến 15 nhân tố**. Việc lựa chọn quá ít nhân tố có thể không phản ánh đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến sạt lở, trong khi sử dụng quá nhiều nhân tố có thể làm tăng mức độ tương quan giữa các biến (đa cộng tuyến), gia tăng thời gian xử lý và làm giảm khả năng diễn giải của mô hình.

Các nhân tố nên được lựa chọn dựa trên các tiêu chí sau:

- Có cơ sở khoa học chứng minh mối liên hệ với hiện tượng sạt lở.
- Có dữ liệu đầy đủ, đồng nhất và đáng tin cậy.
- Có khả năng biểu diễn dưới dạng lớp dữ liệu GIS.
- Hạn chế sự trùng lặp thông tin giữa các nhân tố.

Trong trường hợp số lượng nhân tố lớn, nên kiểm tra mối tương quan giữa các biến bằng các chỉ tiêu thống kê như **Variance Inflation Factor (VIF)** hoặc **Tolerance** để loại bỏ các nhân tố có mức độ tương quan cao, tránh ảnh hưởng đến kết quả phân tích

Sau khi xác định các nhân tố cần sử dụng, tiến hành xây dựng các lớp dữ liệu trong ArcGIS 10.8. Đối với các nhân tố địa hình được thành lập từ mô hình số địa hình (DEM), sử dụng các công cụ của **Spatial Analyst** như sau:

- **Surface** → **Slope**: Thành lập bản đồ độ dốc.
- **Surface** → **Aspect**: Thành lập bản đồ hướng dốc.
- **Surface** → **Curvature**: Thành lập bản đồ độ cong địa hình.

Đối với các nhân tố khoảng cách, sử dụng:

- **Distance** → **Euclidean Distance**: Tính khoảng cách đến đường giao thông.
- **Distance** → **Euclidean Distance**: Tính khoảng cách đến sông suối.

Các lớp dữ liệu địa chất, hiện trạng sử dụng đất, lượng mưa và các yếu tố khác được chuyển về định dạng raster bằng công cụ **Feature to Raster** hoặc **Polygon to Raster** khi dữ liệu ban đầu ở dạng vector.

Sau khi hoàn thành, tất cả các lớp nhân tố cần được kiểm tra lại về hệ tọa độ, kích thước ô lưới (Cell Size), phạm vi dữ liệu (Extent) và định dạng raster để bảo đảm tính đồng nhất trước khi thực hiện bước phân loại và chuẩn hóa dữ liệu.

1.3.5.4. Phân loại và chuẩn hóa dữ liệu

Tất cả các lớp raster được phân loại bằng công cụ **Reclassify**. Việc phân loại có thể dựa trên tiêu chuẩn kỹ thuật, tài liệu tham khảo hoặc đặc điểm thực tế của khu vực nghiên cứu.

1.3.5.5. Xác định trọng số các nhân tố

Tùy theo phương pháp nghiên cứu, trọng số của từng nhân tố được xác định bằng phương pháp Frequency Ratio (FR), Modified Frequency Ratio (MFR), Analytic Hierarchy Process (AHP) hoặc Modified AHP (M-AHP).

Đối với phương pháp AHP, cần xây dựng ma trận so sánh cặp giữa các nhân tố, tính vector trọng số và kiểm tra tỷ số nhất quán (Consistency Ratio – CR). Đối với phương pháp FR hoặc MFR, trọng số được xác định dựa trên mối quan hệ giữa phân bố sạt lở và từng lớp nhân tố.

Sau khi tính toán, mỗi lớp raster sẽ được gán trọng số tương ứng để phục vụ bước chồng lớp.

1.3.5.6. Chồng lớp xây dựng bản đồ chỉ số nguy cơ

Sau khi chuẩn hóa dữ liệu và xác định trọng số, tiến hành tích hợp các lớp nhân tố bằng công cụ **Weighted Overlay** hoặc **Raster Calculator**.

Trong trường hợp sử dụng **Raster Calculator**, chỉ số nguy cơ sạt lở (Landslide Susceptibility Index – LSI) được xác định theo công thức tổng quát:

$$LSI = \sum X_i \cdot W_i$$

Trong đó:

- W_i : trọng số của nhân tố thứ i .
- X_i : giá trị chuẩn hóa của nhân tố thứ i .

1.3.5.7. Phân vùng nguy cơ sạt lở

Sau khi tính toán chỉ số nguy cơ sạt lở (Landslide Susceptibility Index – LSI), tiến hành phân loại bản đồ chỉ số thành các cấp nguy cơ bằng công cụ **Spatial Analyst** → **Reclassify** hoặc **Layer Properties** → **Symbology** → **Classified** trong ArcGIS 10.8.

Đầu tiên, mở lớp raster LSI, chọn **Layer Properties** → **Symbology**, tại mục **Show** chọn **Classified**, sau đó thiết lập **Classes** = 5 để chia bản đồ thành năm cấp nguy cơ. Nhấn **Classify** để lựa chọn phương pháp phân lớp phù hợp.

ArcGIS 10.8 cung cấp nhiều phương pháp phân lớp, trong đó phổ biến gồm:

- **Natural Breaks (Jenks):** Phân chia dữ liệu dựa trên sự phân bố tự nhiên của các giá trị, tối thiểu hóa sự khác biệt trong từng lớp và tối đa hóa sự khác biệt giữa các lớp. Đây là phương pháp được sử dụng phổ biến nhất trong nghiên cứu phân vùng nguy cơ sạt lở vì phản ánh tốt đặc điểm phân bố của dữ liệu.
- **Equal Interval:** Chia toàn bộ khoảng giá trị thành các khoảng có độ rộng bằng nhau. Phương pháp này đơn giản nhưng có thể không phản ánh đúng sự phân bố của dữ liệu nếu dữ liệu phân bố không đều.
- **Quantile:** Chia dữ liệu sao cho mỗi lớp có số lượng ô lưới (pixel) gần bằng nhau. Phương pháp này phù hợp khi cần so sánh diện tích giữa các cấp nhưng có thể làm giảm ý nghĩa của sự khác biệt về giá trị.
- **Standard Deviation:** Phân lớp dựa trên độ lệch chuẩn so với giá trị trung bình, thường được sử dụng để phân tích mức độ biến động của dữ liệu.
- **Defined Interval:** Người sử dụng tự quy định khoảng giá trị cho từng lớp theo yêu cầu nghiên cứu.

Trong nghiên cứu này, phương pháp **Natural Breaks (Jenks)** được lựa chọn vì phù hợp với đặc điểm phân bố không đồng đều của chỉ số nguy cơ sạt lở và được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu GIS về tai biến địa chất.

Sau khi lựa chọn phương pháp phân lớp, bản đồ được chia thành năm cấp nguy cơ như sau:

Cấp	Mức nguy cơ	Ký hiệu
I	Rất thấp	Very Low
II	Thấp	Low
III	Trung bình	Moderate
IV	Cao	High
V	Rất cao	Very High

Để trực quan hóa kết quả, lựa chọn **Color Ramp** với dải màu từ xanh đến đỏ, trong đó:

- Xanh đậm: Nguy cơ rất thấp.
- Xanh nhạt: Nguy cơ thấp.
- Vàng: Nguy cơ trung bình.
- Cam: Nguy cơ cao.
- Đỏ: Nguy cơ rất cao.

Sau khi hoàn tất việc phân lớp và thiết lập màu sắc, lưu kết quả dưới dạng raster hoặc layer để phục vụ công tác biên tập bản đồ và các bước đánh giá tiếp theo.

Kết quả của bước này là bản đồ chỉ số nguy cơ sạt lở dưới dạng raster.

1.3.5.8. Đánh giá kết quả bằng đường cong ROC và chỉ số AUC

Sau khi xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở, cần đánh giá độ tin cậy của mô hình bằng đường cong **ROC (Receiver Operating Characteristic)** và chỉ số **AUC (Area Under the ROC Curve)**. Đây là phương pháp đánh giá được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu dự báo sạt lở nhằm xác định khả năng phân biệt giữa khu vực xảy ra và không xảy ra sạt lở.

❖ Chuẩn bị dữ liệu kiểm định

Sử dụng tập dữ liệu kiểm kê sạt lở độc lập (Validation Landslide Inventory) chưa được sử dụng trong quá trình xây dựng mô hình. Dữ liệu kiểm định thường bao gồm các điểm hoặc đa giác thể hiện vị trí xảy ra sạt lở thực tế.

Đồng thời, chuẩn bị bản đồ chỉ số nguy cơ sạt lở (LSI) ở dạng raster là kết quả thu được từ Bước 6.

❖ Trích xuất giá trị LSI

Sử dụng công cụ: **ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Extraction → Extract Values to Points** để trích xuất giá trị chỉ số LSI tại từng điểm sạt lở.

Thiết lập các tham số:

- **Input point features:** Lớp điểm kiểm kê sạt lở.
- **Input raster:** Bản đồ LSI.
- **Output point features:** Lớp điểm sau khi bổ sung giá trị LSI.

Sau khi thực hiện, bảng thuộc tính của lớp điểm sẽ có thêm trường **RASTERVALU**, thể hiện giá trị chỉ số nguy cơ tại từng vị trí sạt lở.

Để xây dựng đường cong ROC, cần bổ sung thêm các điểm không xảy ra sạt lở (Non-landslide points). Các điểm này được lựa chọn ngẫu nhiên trong khu vực nghiên cứu nhưng không nằm trong vùng sạt lở và cũng được trích xuất giá trị LSI theo quy trình tương tự.

❖ Chuẩn bị dữ liệu tính ROC

Sau khi hoàn thành việc trích xuất giá trị chỉ số nguy cơ sạt lở (LSI) tại các điểm kiểm định, bảng thuộc tính được xuất sang định dạng CSV (Comma-Separated Values) thông qua chức năng **Table → Export** trong ArcGIS. Tập dữ liệu này được sử dụng làm đầu vào cho quá trình xây dựng đường cong ROC và tính toán chỉ số AUC bằng các phần mềm thống kê hoặc các ngôn ngữ lập trình chuyên dụng.

Bảng dữ liệu xuất ra cần bao gồm tối thiểu hai trường thông tin. Trường thứ nhất là LSI, lưu giá trị chỉ số nguy cơ sạt lở được trích xuất từ bản đồ kết quả tại từng điểm kiểm định. Trường thứ hai là Class, dùng để biểu thị trạng thái của mẫu kiểm định, trong đó giá trị 1 đại diện cho các vị trí đã xảy ra sạt lở và giá trị 0 đại diện cho các vị trí không

xảy ra sạt lở. Hai trường dữ liệu này là cơ sở để xác định khả năng phân loại của mô hình, phục vụ việc tính toán các chỉ số đánh giá như True Positive Rate (TPR), False Positive Rate (FPR), xây dựng đường cong ROC và xác định giá trị AUC (Area Under the Curve).

❖ Xây dựng đường cong ROC

Dữ liệu sau khi xuất có thể được xử lý bằng các phần mềm thống kê như **R**, **Python**, **SPSS**, **MedCalc** hoặc **IBM SPSS Statistics** để xây dựng đường cong ROC.

Quy trình thực hiện gồm:

1. Sắp xếp dữ liệu theo giá trị LSI từ lớn đến nhỏ.
2. Thiết lập nhiều giá trị ngưỡng (Threshold) trên dải giá trị LSI.
3. Tại mỗi ngưỡng, xác định:
 - **True Positive (TP)**: Điểm sạt lở được dự báo đúng.
 - **False Positive (FP)**: Điểm không sạt lở nhưng dự báo là sạt lở.
 - **True Negative (TN)**: Điểm không sạt lở được dự báo đúng.
 - **False Negative (FN)**: Điểm sạt lở nhưng dự báo không xảy ra sạt lở.
4. Tính các chỉ số:
 - **True Positive Rate (TPR)** hay **Sensitivity**:

$$TPR = TP / (TP + FN)$$
 - **False Positive Rate (FPR)**:

$$FPR = FP / (FP + TN)$$
5. Vẽ đồ thị ROC với:
 - Trục hoành (X): False Positive Rate (FPR).
 - Trục tung (Y): True Positive Rate (TPR).

Đường cong ROC càng nằm gần góc trên bên trái của đồ thị thì khả năng dự báo của mô hình càng cao.

❖ Tính chỉ số AUC

Chỉ số **AUC (Area Under the Curve)** là diện tích nằm dưới đường cong ROC và được sử dụng để đánh giá khả năng dự báo của mô hình.

Giá trị AUC nằm trong khoảng từ **0,5 đến 1,0**, trong đó:

Giá trị AUC	Mức đánh giá
0,50–0,60	Rất kém
0,60–0,70	Kém
0,70–0,80	Khá
0,80–0,90	Tốt
0,90–1,00	Rất tốt

Mô hình có giá trị AUC càng lớn thì khả năng phân biệt giữa khu vực xảy ra và không xảy ra sạt lở càng cao. Trong các nghiên cứu về phân vùng nguy cơ sạt lở, mô hình thường được xem là có độ tin cậy tốt khi $AUC \geq 0,80$.

❖ Nhận xét kết quả

Sau khi tính toán, so sánh giá trị AUC của các mô hình (FR, MFR, AHP và M-AHP). Mô hình có giá trị AUC lớn nhất được xem là mô hình có khả năng dự báo tốt nhất và phù hợp để xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở cho khu vực nghiên cứu.

Kết quả đánh giá bằng ROC và AUC là cơ sở khoa học để kiểm chứng độ chính xác của mô hình trước khi sử dụng trong quy hoạch, thiết kế công trình và quản lý rủi ro thiên tai.

1.4. KẾT LUẬN

Hiện nay, các phương pháp truyền thống như AHP, MAHP, FR và MFR vẫn được sử dụng rộng rãi trong nghiên cứu phân vùng nguy cơ sạt lở do có nhiều ưu điểm phù hợp với điều kiện nghiên cứu thực tế. Các phương pháp này có quy trình tính toán rõ ràng, dễ triển khai trong môi trường GIS, yêu cầu khối lượng dữ liệu không quá lớn và cho phép đánh giá trực tiếp mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố gây sạt lở. Bên cạnh đó, các mô hình truyền thống có tính minh bạch cao, kết quả dễ giải thích và phù hợp đối với các khu vực còn hạn chế về dữ liệu quan trắc hoặc nguồn lực tính toán. Đặc biệt, phương pháp MAHP và MFR còn giúp giảm tính chủ quan của phương pháp AHP và FR truyền thống thông qua việc kết hợp giữa đánh giá chuyên gia và phân tích thống kê, từ đó nâng cao độ tin cậy của kết quả phân vùng nguy cơ sạt lở.

CHƯƠNG 2: KHẢO SÁT HIỆN TRẠNG TUYẾN ĐƯỜNG HOÀNG SA, BÁN ĐẢO SƠN TRÀ, THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

2.1. VỊ TRÍ VÀ ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN KHU VỰC KHẢO SÁT

2.1.1. Vị trí khu vực khảo sát

Bán đảo Sơn Trà được giới hạn bởi các tọa độ địa lý Kinh độ Đông từ 108012'45" đến 108020'40"; vĩ Bắc 16005'50" đến 16009'06" và nằm theo hướng Đông- Tây. Vị trí tuyến khảo sát là tuyến đường Hoàng Sa từ km0+950 đến km7+450. Tuyến đường Hoàng Sa đi men theo chân sườn đồi núi mặt phía Nam bán đảo Sơn Trà. Tuyến thuộc kiểu đường đào với taluy dương cắt vào chân các sườn dốc và ta luy âm thuộc kiểu địa hình từ nhiên và một phần hình thành từ quá trình san lấp.

Khu vực có địa hình hiểm trở, độ dốc dọc và độ dốc ngang lớn nên khi mưa lớn xảy ra đã có hiện tượng sụt trượt đất đá gây ảnh hưởng nhiều đến việc đi lại của nhân dân và khách du lịch trong vùng. Nhiều đoạn đắp cao phải dùng biện pháp công trình phòng hộ kè và tường chắn, nhiều đoạn tuyến có mái ta luy dương, ta luy âm khá cao cho nên cần phải làm các công trình thoát nước như rãnh đỉnh cho từng đoạn để giảm bớt lượng nước mưa đổ xuống mái ta luy dễ gây ra sụt trượt làm mất ổn định ta luy nền đường.



Hình 2.1. Vị trí khu vực khảo sát

2.2.2. Đặc điểm địa hình, địa mạo

Khu vực khảo sát có địa hình phức tạp nhiều núi cao. Độ dốc địa hình lớn trung bình $> 25^\circ$. Địa hình bị chia cắt bởi các khe núi, suối. Do địa hình cao, dốc, nên các sản phẩm bị phong hóa từ đá gốc dễ bị bào mòn. Kiểu địa hình khu vực thuộc kiểu xâm thực bóc mòn.

Đoạn tuyến đường Hoàng Sa đi men theo sườn núi dốc, bên phải mái taluy dương có độ chênh cao khá lớn và bên trái là ta luy âm.

Địa hình khu vực theo kiểu hõm núi, là nơi tụ thủy và có khả năng tích tụ nước mặt lớn khi có mưa.

Taluy dương và âm đều có độ dốc lớn, lớp phủ bề mặt là loại đất cát pha lẫn dăm sạn rời rạc, xốp, lực dính kết và góc ma sát trong có xu hướng bị giảm mạnh khi độ ẩm tăng lên.

2.2. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT THỦY VĂN

Qua tài liệu đo vẽ địa chất cho thấy rằng khu vực nghiên cứu rất nghèo nước dưới đất. Nước tồn tại trong các hệ thống khe nứt của đá. Hầu hết các điểm sụt lún không quan sát thấy các điểm xuất lộ nước ngầm tại thời điểm khảo sát. Tại thời điểm khảo sát nước chỉ xuất hiện ở các khe suối với lưu lượng nhỏ, các điểm xuất lộ nước ngầm được quan sát trên các vách đá tại đoạn 17 với lưu lượng <1,0 lit/phút, một số mạch lộ là điểm thấm rỉ không đo được lưu lượng. Điều này có thể thấy rằng, vai trò của địa chất thủy văn đến các quá trình tai biến địa chất ở khu vực khá hạn chế. Trong khi đó, yếu tố thủy văn là dòng chảy mặt tại các vị trí, khe trũng địa hình tụ thủy hay tại các lưu vực suối có vai trò quan trọng đến hiện tượng trượt lở tại khu vực.

2.3. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH KHU VỰC KHẢO SÁT

Dựa vào tài liệu đo vẽ địa chất công trình (35 vị trí được khoan khảo sát dọc tuyến), tài liệu khoan khảo sát, tài liệu đo địa vật lý phương pháp đo sâu điện, địa tầng tại các khu vực khảo sát được chia thành 8 lớp đất, đá có thành phần, tính chất địa chất công trình khác biệt. Đặc điểm chi tiết của các lớp đất đá được mô tả từ trên xuống dưới như sau:

2.3.1. Lớp D - Đất đá nhân sinh bao gồm nền đường bê tông nhựa, tường bê tông

Lớp này phân bố trên diện tích đường giao thông tuyến đường Hoàng Sa, và các hệ thống tường chắn, tường kè, kè áp mái trên các taluy dương và một phần taluy âm khu vực nghiên cứu. Do đây là lớp vật liệu nhân tạo và là lớp vật liệu bảo vệ sự ổn định của các sườn dốc có tính chất ổn định và được thiết theo tiêu chuẩn nên không tiến hành khảo sát lấy mẫu thí nghiệm.

2.3.2. Lớp kQ - Đất thổ nhưỡng thành phần là sét ít dẻo lẫn rễ cây mùn thực vật

Lớp kQ phân bố phổ biến trên các đoạn tuyến khảo sát, lớp này bao phủ hầu hết toàn bộ diện tích các khu vực khảo sát. Hiện trạng chủ yếu phân bố ở các khu vực diện tích rừng nguyên sinh chưa bị san gạt khi thi công mái dốc taluy dương tuyến đường Hoàng Sa. Ở trên các mái dốc taluy dọc theo tuyến đường Hoàng Sa, lớp này đã được bóc bỏ, san gạt để tạo mái taluy. Chiều dày lớp này khoảng 0,2m đến 0,3m. Thành phần chủ yếu là sét ít dẻo, bụi ít dẻo, cát sét lẫn rễ cây, mùn thực vật được phân hủy từ lá cây, cành và thân cây bị mục. Do lớp này có mức độ gắn kết kém, xốp rỗng, dễ bị rửa xói tại những vị trí có mức độ che phủ của thảm thực vật thưa thớt. Bởi vì chiều dày nhỏ, ít có ý nghĩa trong xây dựng, nên lớp này thường bị san gạt khi thi công công trình. Công tác khoan khảo sát không tiến hành lấy mẫu trong lớp này.

2.3.3. Lớp 1A - Khối, tảng granite lẫn cát, cát sét nguồn gốc lũ tích

Lớp 1A phân bố chủ yếu dọc theo các hệ thống suối, phần trũng thấp thu nước tại một số vị trí trong khu vực nghiên cứu. Diện tích phân bố của lớp 1A rất hẹp. Trong quá trình đo vẽ địa chất công trình, lớp 1A bắt gặp tại lòng suối mái taluy dương vị trí S5 tại

đoạn 1, lòng suối vị trí công thoát nước taluy âm tại vị trí S12 đoạn 6, lòng suối tại vị trí công thoát nước taluy dương vị trí S17 đoạn 7, lòng suối vị trí thoát nước taluy dương vị trí S14 đoạn 8, lòng suối vị trí thoát nước taluy âm S15 đoạn 9, lòng dẫn nước vị trí thoát nước taluy dương vị trí S18 đoạn 10, lòng suối vị trí thoát nước taluy dương vị trí S19 đoạn 11, lòng suối vị trí thoát nước taluy âm vị trí S23 đoạn 13, lòng suối vị trí thoát nước taluy dương cạnh vị trí S24 đoạn 14, và phần trên đỉnh thượng nguồn tại lòng suối vị trí S34 đoạn 18. Thành phần chủ yếu của lớp 1A là các khối tảng granite cứng chắc, kích thước từ 0,2m đến 1,0m, nhiều khối tảng có kích thước rất lớn đôi khi lớn hơn 2.0m. nằm xen kẽ với các khối tảng là cát, cát sét xốp đến chặt vừa. Nguồn gốc thành tạo của lớp này liên quan đến hoạt động của dòng nước mặt vào mùa mưa lũ. Do khu vực có độ cao và độ dốc địa hình lớn, vì vậy dòng nước lũ trong quá trình di chuyển cộng với quá trình sạt lở ở các vách bờ suối tạo ra nguồn vật liệu và được vận chuyển và tích tụ lại ở các khu vực có độ dốc địa hình thoải hơn. Kết quả hình thành nên các khối tảng kích thước lớn xen lẫn cát, cát sét dọc theo phần lòng suối tại khu vực nghiên cứu. Tại các vị trí này, có nguy cơ xảy ra lũ bùn đá, đá lăn khi cường độ mưa lớn, kéo dài.



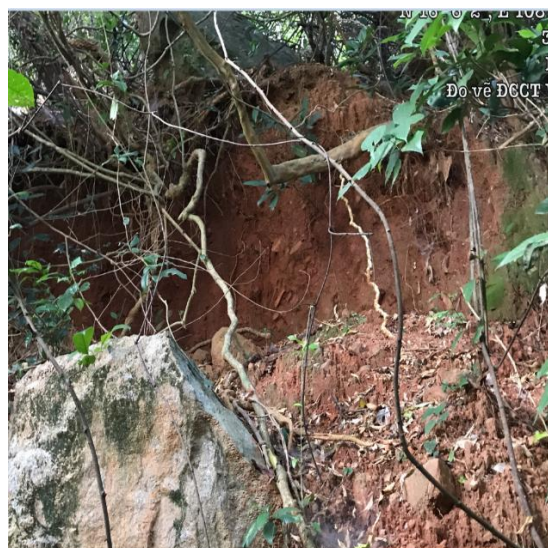
Hình 2.2. Các khối tảng đặc trưng của lớp 1A phân bố ở các lòng suối khu vực nghiên cứu

2.3.4. Lớp 1B - Sét ít dẻo (CL), bụi ít dẻo (ML), cát sét (SC), dăm sạn lẫn cát sét (GC), màu nâu vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng - cứng, lẫn dăm sạn, khối tảng kích thước 0.2m đến 1.0m, nhiều khối tảng >1.0m. (nguồn gốc sườn tàn tích)

Lớp 1B nằm dưới lớp đất thổ nhưỡng, đôi chỗ lộ ra trên bề mặt, phân bố gần như bao phủ toàn bộ diện tích các khu vực khảo sát ngoại trừ tại các vị trí lòng suối, và phần chân của mái taluy tuyến đường Hoàng Sa. Chiều dày của lớp tại các vị trí vết lộ, khoan khảo sát biến đổi khá mạnh từ 1,0m đến 7,0m, trung bình khoảng 4,4m. Thành phần chủ yếu của lớp là sét ít dẻo (CL), bụi ít dẻo (ML), cát sét (SC), dăm sạn lẫn cát sét (GC), màu nâu vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng - cứng, lẫn dăm sạn, khối tảng kích thước 0,2m đến 1,0m, nhiều khối tảng >1,0m. Lớp này có nguồn gốc sườn tàn tích. Theo tài liệu thí nghiệm trương nở, tan rã thì lớp này cho thấy tính chất trương nở kém, tuy nhiên tốc độ tan rã của mẫu rất mạnh. Giá trị xuyên tiêu chuẩn từ công tác khoan khảo sát dao động từ 15 đến 53 búa tùy thuộc vào mức độ xen kẽ các mảnh dăm sạn. Theo quan sát tại các điểm xảy ra sụt lở, phần lớn sụt lở xảy ra tại phần đỉnh của các mái dốc nơi có sự phân bố của các lớp này có chiều dày lớn hơn 1.5m. Các vách đỉnh sụt tại các vị trí sụt lở thường dốc đứng.



(a) – Thành phần lớp 1B tại vách đỉnh trượt S1 đoạn 1



(b) – Thành phần của lớp 1B tại vách lộ mái taluy đoạn 2

Hình 2.3. Thành phần vật chất của lớp 1B tại các vách lộ nghiên cứu

2.3.5. Lớp 1C - Sét ít dẻo (CL), bụi ít dẻo (ML), cát sét (SC), dăm sạn lẫn cát sét (GC)

Lớp này có màu xám vàng, xám trắng, xám nâu, trạng thái cứng, lẫn dăm sạn, khối tảng phong hóa sót, đôi chỗ xen kẹp đới phong hóa mạnh, chứa nhiều khoáng vật feldspar màu trắng đục, đất vẫn giữ được kết cấu của đá gốc - granite (nguồn gốc tàn tích). Lớp 1C thường nằm dưới lớp 1B trên các sườn dốc tự nhiên và lộ ra trên bề mặt ở phần chân của các taluy dương. Lớp này phân bố hầu hết trên toàn bộ khu vực khảo sát, ngoại trừ các vị trí dưới chân taluy xuất lộ đá (vị trí S11, chân mái taluy đoạn 16, 18 và chân taluy vị trí S34). Theo tài liệu khoan khảo sát, các vách lộ, chiều dày lớp biến đổi khá mạnh dao động từ 1,9m đến >15m. Thành phần chủ yếu của lớp là sét ít dẻo (CL), bụi ít dẻo (ML), cát sét (SC), dăm sạn lẫn cát sét (GC), màu xám vàng, xám trắng, xám nâu, trạng thái cứng, lẫn dăm sạn, khối tảng phong hóa sót, đôi chỗ xen kẹp đới phong hóa mạnh. Trong đất chứa nhiều khoáng vật feldspar màu trắng đục, đất vẫn giữ được kết cấu của đá gốc - granite. Lớp có nguồn gốc tàn tích là sản phẩm phong hóa hoàn toàn - đôi chỗ phong hóa mạnh từ đá granite. Dựa vào quan sát tại các điểm lộ trên vách taluy dương đường giao thông (đoạn 1, 3, 14, 15, 18 tại các vị trí sụt lở) cho thấy rằng lớp này trở lên mềm bở, xốp khi lộ ra trên bề mặt. Tuy nhiên, khi gạt bỏ phần bên ngoài thì đất trở lên cứng. Tại các điểm sụt vị trí S7, S16, S24, S25, S26, S27, S28, S30, S31 thấy xuất hiện các rãnh xói trong lớp này. Kết quả thí nghiệm tính chất trương nở, tan rã cho thấy rằng lớp đất có tính trương nở và tan rã trung bình đến kém.



(a)– Thành phần lớp 1C vách lộ chân taluy điểm S1 đoạn 1

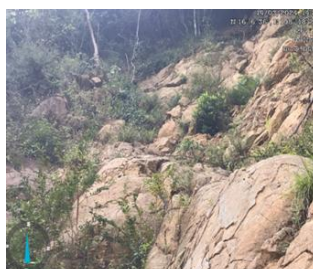


(b)– Thành phần lớp 1C vách lộ chân taluy điểm S6 đoạn 3

Hình 2.4. Đặc điểm thành phần của lớp 1C tại các vách lộ (kết cấu đá gốc còn được giữ nguyên vẹn, đất chứa nhiều khoáng vật feldpat)

2.3.6. Lớp 2A - Đá granite, màu xám vàng, xám trắng, phong hóa vừa, nứt nẻ rất mạnh (RQD 25-50%)

Lớp 2A bị phủ bởi lớp 1B, 1C theo tài liệu khoan khảo sát địa chất công trình gặp tại các hố khoan LK18, LK19 (đoạn 10), LK21 (đoạn 15), LK22, LK24 (đoạn 15), LK30 (đoạn 18). Theo tài liệu đo vẽ địa chất công trình lớp 2A xuất lộ tại một số vị trí chân của mái taluy dương và vách đỉnh, bề mặt và chân khối sụt lở tại các vị trí sụt lở S4, S6, S10, S11, S16, S17, S25, S28, S30, S32, S34. Thành phần chủ yếu của lớp là đá granite, màu xám vàng, xám trắng, phong hóa vừa, nứt nẻ rất mạnh, đôi chỗ nứt nẻ nhẹ. Đá có hiện tượng phong hóa bóc vỏ cầu vồng với các khe nứt giảm tải phân cắt khối đá. Bề mặt các khe nứt bị phong hóa hoàn toàn và bị lấp nhét bởi các vật chất sét bụi. Cường độ kháng nén của mẫu đá ở trạng thái khô gió dao động từ 337,5 kG/cm² đến 369,9 kG/cm², trung bình là 351,9 kG/cm². Cường độ kháng nén của mẫu đá ở trạng thái bão hòa dao động từ 365,5 kG/cm² đến 314,0 kG/cm², trung bình là 287,03 kG/cm². Hệ số hóa mềm khoảng 0,815.



Hình 2.5. Các vách lộ phân bố đá lớp 2A khu vực nghiên cứu

2.3.7. Lớp 2B - Đá granite, màu xám xanh, xám trắng, phong hóa nhẹ, nứt nẻ trung bình (chất lượng lõi đá-Rock Quality Designation (RQD) 55-75%)

Lớp 2B phần lớn bị che phủ bởi lớp 1C và 2A, một phần lộ ra tại chân các mái taluy do quá trình cắt xén khi thi công tuyến đường. Theo tài liệu đo vẽ địa chất công trình, lớp 2B xuất lộ tại chân mái taluy tại các vị trí đoạn 3, đoạn 5 vị trí S11, đoạn 16, 17 và 18. Thành phần chủ yếu của lớp là đá granite màu xám xanh, xám trắng, phong hóa nhẹ, nứt nẻ trung bình, đôi khi nứt nẻ mạnh. Giá trị RQD từ 55-75%. Cường độ kháng nén của mẫu đá ở trạng thái khô gió dao động từ 640,5 kG/cm² đến 1019,7

kG/cm², trung bình là 841,8 kG/cm². Cường độ kháng nén của mẫu đá ở trạng thái bão hòa dao động từ 570,1 kG/cm² đến 934,1 kG/cm², trung bình là 755,2 kG/cm². Hệ số hóa mềm khoảng 0,896.



Hình 2.6. Vách lộ chân taluy dương phân bố đá thuộc lớp 2B khu vực nghiên cứu

2.3.8. Lớp 2C - Đá granite, màu xám xanh, xám trắng, phong hóa nhẹ, nứt nẻ vừa - yếu (RQD 75-95%)

Lớp 2C bị phủ hoàn toàn bởi các lớp 1C, 2A, 2B. Chiều dày rất lớn chưa xác định. Giá trị RQD từ 75-95%. Cường độ kháng nén của mẫu đá ở trạng thái khô gió trên 1000 kG/cm². Cường độ kháng nén của mẫu đá ở trạng thái bão hòa khoảng 971,1 kG/cm². Hệ số hóa mềm lớn hơn 0,9 và tiến dần tới 1. Lớp đá rất ổn định.

2.4. HIỆN TRẠNG TRƯỢT LỞ, KHẢO SÁT NGUYÊN NHÂN TRƯỢT LỞ

2.4.1. Hiện trạng các điểm hư hỏng, sạt trượt

Các đợt mưa lớn tháng 10 năm 2022 đã gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến tuyến Hoàng Sa, trên bán đảo Sơn Trà, nhiều điểm xuất hiện sụt trượt taluy dương và cả taluy âm, đá lăn đá rơi, một số đoạn tuyến bị đứt gãy nền mặt đường gây hư hỏng nặng cho tuyến đường làm cản trở giao thông, mất an toàn cho các phương tiện tham gia giao thông.

Khảo sát hiện trạng các điểm hư hỏng được đo vẽ chi tiết tại 37 điểm chia làm 18 đoạn khảo sát tại thời điểm khảo sát vào tháng 3 năm 2024, sau khi đã khắc phục các ảnh hưởng do sạt lở và đá đổ, đá lở trên tuyến khảo sát, các đặc điểm của một số các điểm sạt trượt được ghi nhận như sau:



Đoạn 1 Sụt lở vị trí S1 (Taluy dương)



Đoạn 2 Sụt lở, đá lăn vị trí S2 (Taluy dương)



Đoạn 2 Xói sụt tại vị trí S3 (Đá lăn taluy)



Đoạn 2 Xói sụt tại vị trí S3



Đoạn 2 Sụt lở tại vị trí S4 (taluy dương)



Đoạn 2 Đá lăn tại vị trí S5 (Đá lăn taluy dương, đã có tường)



Đoạn 3 Sụt lở tại vị trí S6 (taluy dương)





Đoạn 3 Sụt lở tại vị trí S6 (taluy dương)



Đoạn 3 Xói sụt tại vị trí S7 (taluy dương, bụng đường cong nằm)



Đoạn 4 sụt chân công phía thượng lưu, hư hỏng rãnh thoát nước dọc tại vị trí S8



Đoạn 5 Sụt lở tại vị trí S9 (taluy dương)



Đoạn 5 Sụt lở tại vị trí S10 (taluy dương)



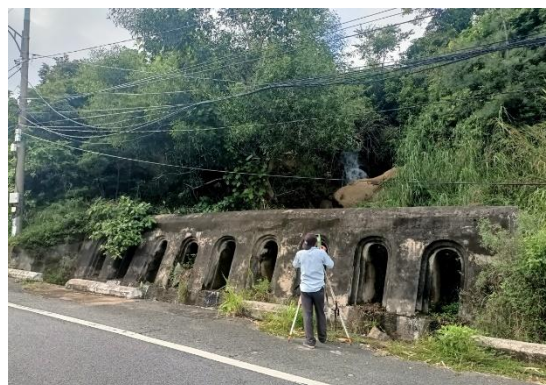
Đoạn 5 Sụt lở tại vị trí S11 (taluy dương)



Đoạn 6 Sụt lở nền mặt đường và taluy âm tại vị trí S12



Đoạn 7 Đá lăn taluy dương tại vị trí S13 (Đá lăn taluy dương)



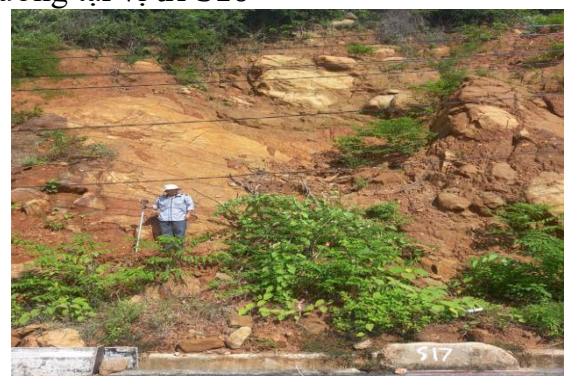
Đoạn 8 Đá lăn tại vị trí S14 (Đá lăn taluy dương, đã có tường chắn hiện trạng)



Đoạn 9 Sụt lở nền mặt đường và taluy âm tại vị trí S15



Đoạn 10 Sụt lở taluy dương tại vị trí S16



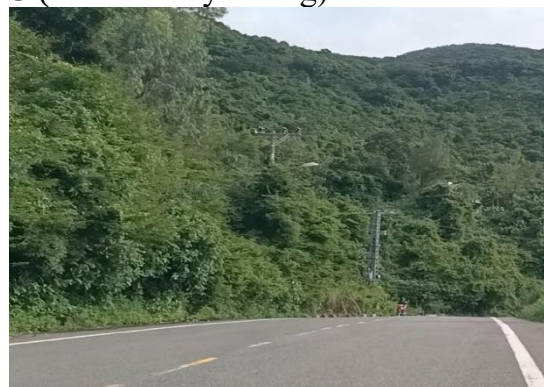
Đoạn 10 Sụt lở tại vị trí S17 (taluy dương)



Đoạn 10 Lũ bùn đá tại vị trí S18 (taluy dương)



Đoạn 11 Lũ bùn đá tại vị trí S19 (Đá lăn taluy dương)



Đoạn 11 Sụt lở tại vị trí S20 (taluy dương)



Đoạn 12 Sụt lở tại vị trí S21 (taluy dương)



Đoạn 12 Lũ bùn đá tại vị trí S22 (Đá lăn taluy dương)



Đoạn 12 Hư hỏng bề mặt mái taluy âm tại vị trí S23



Đoạn 13 Sụt lở, đá lăn tại vị trí S24 (taluy dương)



Sụt lở, đá lăn tại vị trí S25 (taluy dương)

Sụt lở tại vị trí S26 (taluy dương)

Đoạn 14



Đoạn 14 Xói sụt, đá lăn tại vị trí S27



Đoạn 16 Sụt lở vị trí S28 (taluy dương)



Đoạn 17 Sụt lở, đá lăn, hư hỏng tường chắn vị trí S29 (taluy dương)



Đoạn 18 Xói sụt vị trí S30 (Đá lăn taluy dương)



Đoạn 18 Xói sụt vị trí S30 (Đá lăn taluy dương)



Đoạn 18 Sụt lở vị trí S31 (taluy dương)



Đoạn 18 Xói sụt vị trí S31 (Đá lăn taluy dương)



Đoạn 18 Sụt lở, đá lăn, hư hỏng tường chắn vị trí S32 (taluy đường)



Đoạn 18 Xói sụt vị trí S34 (Đá lăn taluy đường), hư hỏng tường chắn

Hình 2.7. Hiện trạng trượt lở tại các đoạn nghiên cứu

2.4.2. Khảo sát nguyên nhân trượt lở trong phạm vi nghiên cứu

2.4.2.1. Tại đoạn 1

Tại đoạn 1 kết quả khảo sát đo vẽ địa chất công trình thực địa cho thấy trong đoạn 1 xuất hiện 2 vị trí xói sụt quy mô nhỏ.

❖ **Vị trí 1 có tọa độ tâm khối sụt tại $X=555698.196$, $Y=1780785.875$:**

Khối sụt có vách đỉnh sụt cao khoảng 2.0m, chiều cao của khối sụt khoảng 4m, chiều rộng khối sụt 6.0m. Quy mô khối sụt thuộc loại nhỏ. Khối sụt xảy ra tại vách taluy đường mòn. Thành phần đất đá của khối sụt là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ trạng thái nửa cứng, dẻo cứng lẫn các dăm tảng là sản phẩm phong hóa sót từ đá granite (lớp 1B). Chân khối sụt là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, trạng thái cứng thành phần của đất có chứa nhiều khoáng vật feldspar và chứa nhiều dăm tảng phong hóa sót, đất còn giữ được kết cấu của đá gốc (lớp 1C). Vách đỉnh trượt dốc đứng, đôi chỗ bị khoét sâu kiểu hàm ếch, có chứa các rãnh xói. Đỉnh khối trượt được che phủ bởi lớp phủ thực vật cây bụi.

Nguyên nhân sụt lở là do tác dụng của dòng chảy do mưa đổ trực tiếp vào vị trí 1 gây bào xói và sụt lở phần đỉnh của mái dốc. Mặt khác, do lớp đất 1A trên đỉnh của mái dốc có chiều dày lớn khoảng 3,5-4m, độ dốc của vách taluy khoảng 40°, do đó dưới tác dụng của dòng chảy mặt, độ dốc sườn lớn cộng với đất có tính trương nở tan rã nên gây ra hiện tượng xói sụt.



Hình 2.8. Vị trí khối xói sụt có tọa độ $X=555698.196$ $Y=1780785.875$ tại đoạn 1.

❖ Vị trí khối sụt S1:

Khối sụt S1 xảy ra trên phần đỉnh của mái dốc. Chiều rộng của khối sụt khoảng 12,5m, chiều cao khối sụt khoảng 5,5m, vách đỉnh sụt cao khoảng 4,0m dốc đứng. Quy mô khối sụt thuộc loại quy mô nhỏ. Khối sụt xảy ra hoàn toàn trong lớp đất 1B có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều dăm tảng nhỏ kích thước 0,2-0,5m. Phần chân khối sụt (chân mái taluy) là lớp 1C có thành phần là sét ít dẻo, sét cát màu xám vàng nhạt, chứa nhiều khoáng vật feldspar, đất còn bảo tồn được kiến trúc, cấu tạo của đá gốc, trạng thái cứng, chứa nhiều khối tảng phong hóa còn sót lại. Độ dốc của mái dốc khoảng 40 - 42°. Đỉnh khối sụt được che phủ bởi rừng cây thân gỗ với cây bụi, mức độ che phủ trung bình. Vách taluy dương mái dốc được che phủ bởi cây bụi, mức độ che phủ kém. Vị trí S1 được xếp loại sụt lở.

Nguyên nhân xảy ra sụt lở tại vị trí S1 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sụt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B phía trên khối sụt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sụt.



Hình 2.9. Hình ảnh vị trí khối sụt S1 và cấu trúc địa chất khối sụt

2.4.2.2. Tại đoạn 2

Kết quả khảo sát đo vẽ địa chất ở đoạn 2 cho thấy một số vị trí sụt lở, đá lăn như sau:

❖ Vị trí S2

Khối sụt có chiều rộng khoảng 12 m, chiều cao khối sụt khoảng 10m, vách đỉnh sụt cao khoảng 6m, vách đỉnh sụt dốc đứng. Dựa vào quy mô có thể phân khối sụt thuộc nhóm quy mô nhỏ. Khối sụt xảy ra ở phần đỉnh của mái dốc với chiều cao mái dốc tính từ mặt tường chắn khoảng 15m. Góc dốc mái dốc khoảng 40-45°. Phần đỉnh của mái dốc là sườn dốc tự nhiên được phủ bởi cây thân gỗ và cây bụi, mức độ che phủ trung bình. Phần đỉnh của mái dốc chứa nhiều khối tảng nằm rải rác trên bề mặt địa hình, kích thước khối tảng trung bình từ 1-2m, nhiều khối tảng lớn hơn 2m.

Khối sụt xảy ra hoàn toàn trong lớp đất 1B có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều đám tảng nhỏ kích thước 0,2-0,5m, cá biệt có các khối tảng lên tới >2.0m. Chiều dày lớp 1B theo vách lộ có khoảng 5,5m. Lớp đất này có tính tan rã mạnh.

Phần chân mái dốc là sét bụi sản phẩm phong hóa từ đá grannit thành phần là sét bụi nặng lẫn chứa nhiều feldspat màu xám vàng, phốt trắng, trạng thái cứng, còn giữ được kết cấu của đá gốc, lẫn nhiều khối tảng phong hóa sót, kích thước khối tảng >1,0m.

Tại chân điểm sụt lở đã được bóc bỏ, tuy nhiên hiện tại vẫn có nhiều khối tảng nằm ngay trên bề mặt tường chắn có nguy cơ rơi xuống đường vào mùa mưa.

Nguyên nhân xảy ra sụt lở tại vị trí S2 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sụt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B phía trên khối sụt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sụt.



(a)- Cấu trúc khối sụt S2



(b)- Các khối tảng lăn trên đỉnh khối sụt S2

Hình 2.10. Cấu trúc địa chất công trình khối sụt S2

❖ Vị trí S3

Vị trí bậc thang bê tông trên taluy đường đoạn 2. Vị trí nằm ngay chân taluy đường giao thông. Địa hình vị trí khảo sát là vị trí thu nước từ trên đỉnh của sườn dốc chảy xuống. Tại thời điểm khảo sát có dòng chảy thấm rỉ lưu lượng khoảng 0,3 lit/phút. Hiện trạng vị trí tại thời điểm khảo sát cho thấy phần chân taluy đã bị xói mạnh tạo thành một hố với chiều rộng khoảng 1,2m và chiều sâu khoảng 1,0m làm rỗng chân lan can bậc thang và gây phá hủy một phần bậc thang. Vách lộ chỗ bị xói có thành phần là sét ít dẻo, sét cát, màu xám nâu, xám vàng, lẫn nhiều dăm sạn, tảng nhỏ, trạng thái cứng. Đất còn giữ được kết cấu của đá gốc, lẫn nhiều khoáng vật feldspar, thuộc lớp đất 1C.

Hiện trạng cho thấy vị trí bị xói sạt nhỏ. Nguyên nhân là do dòng chảy mặt vào mùa mưa, với tốc độ dòng chảy lớn gây bào xói và sạt lở chân mái dốc.



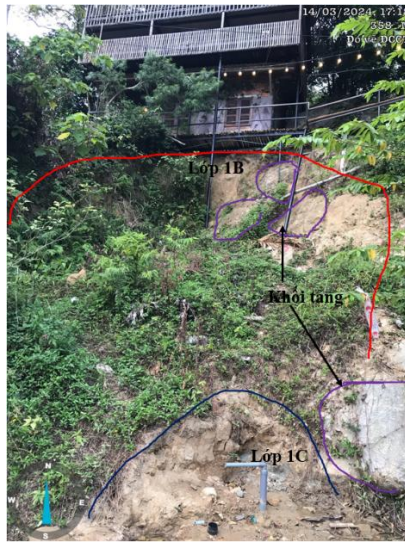
Hình 2.11. Xói sạt ở vị trí S3 đoạn 2.

❖ Vị trí S4

Khối sụt có chiều rộng khoảng 15m, chiều cao khoảng 10m, vách đỉnh sụt cao khoảng 3,5m. vách đỉnh sụt dốc đứng, trên vách dốc đỉnh sụt lộ ra nhiều khối tảng granite kích thước từ 1.0m đến 2.0m. Quy mô khối sụt xếp loại nhỏ. Khối sụt là taluy dương của mái dốc nhân tạo có độ cao mái dốc khoảng 10m, độ dốc khoảng 35°.

Phần vách đỉnh sụt lộ ra lớp sét ít dẻo, cát sét lẫn màu xám, xám vàng, chứa nhiều dăm sạn, khối tảng kích thước lên tới 2,0m thuộc lớp 1B. Lớp này có nguồn gốc sườn tích, thành phần hỗn tạp không đồng nhất. Phía trên đỉnh khối sụt là nhà cấp 4, trên bề mặt địa hình đỉnh khối sụt chứa nhiều khối tảng lớn kích thước > 2,0m. Phần chân khối sụt là sản phẩm phong hóa từ đá granit thành phần là sét bụi nặng lẫn chứa nhiều feldspar màu xám vàng, phốt trắng, trạng thái cứng, còn giữ được kết cấu của đá gốc, lẫn nhiều khối tảng phong hóa sứt.

Nguyên nhân xảy ra sụt lở tại vị trí S4 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sụt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B phía trên khối sụt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sụt.



(a)- Khối sụt S4



(b) – trên đỉnh của khối sụt chứa nhiều khối tảng lớn

Hình 2.12. Cấu trúc địa chất khối sụt S4❖ **Vị trí S5**

Điểm S5 vị trí cống thoát nước, đã có kết cấu bê tông chắn giữ đá. Lòng suối và hai bên vách suối là những khối tảng kích thước rất lớn 1m đến > 2m. Do độ dốc của lòng suối lớn, vào mùa mưa có thể mang theo nhiều các vật liệu bùn sét, đá tảng gây ra lũ bùn đá.

Hiện trạng khảo sát suối có dòng chảy nhỏ khoảng 5 lit/phút. Một số khối tảng lấp nhét phía sau kết cấu tường chắn giữ, các khối tảng nhỏ kích thước 0,3-0,4m lọt qua khe tường chắn ra ngoài.

**Hình 2.13. Hiện trạng tại vị trí S5****2.4.2.3. Tại đoạn 3**❖ **Vị trí S6**

Khối sụt có chiều rộng khoảng 24,0m, chiều cao khối sụt khoảng 9m, vách đỉnh sụt cao khoảng 1,5-2,5m, vách đỉnh sụt dốc đứng. Dựa vào quy mô có thể phân khối sụt thuộc nhóm quy mô nhỏ. Khối sụt xảy ra ở phần đỉnh của mái dốc với chiều cao mái dốc khoảng 11m. Góc dốc mái dốc khoảng 40-45°. Phần đỉnh của mái dốc là sườn dốc tự nhiên được phủ bởi cây thân gỗ và cây bụi, mức độ che phủ trung bình. Phần đỉnh của mái dốc chứa nhiều khối tảng nằm rải rác trên bề mặt địa hình, kích thước khối tảng trung bình từ 1-2m, nhiều khối tảng lớn hơn 2,0m.

Khối sụt xảy ra trong lớp đất 1B có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều dăm tảng kích thước 0,2-0,5m, cá biệt có các khối tảng lên tới >2,0m. Chiều dày lớp 1B theo vách lộ có khoảng 3,5m. Lớp đất này có tính tan rã mạnh, có nguồn gốc sườn tích.

Phần chân mái dốc là sét bụi sản phẩm phong hóa từ đá grannit thành phần là sét bụi nặng lẫn chứa nhiều feldspar màu xám vàng, phốt trắng, trạng thái cứng, còn giữ được kết cấu của đá gốc, lẫn nhiều khối tảng phong hóa sôt, kích thước khối tảng >1,5m.

Nguyên nhân xảy ra sụt lở tại vị trí S6 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sụt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B phía trên khối sụt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sụt.



Hình 2.14. Cấu trúc mặt cắt khối sụt S6

❖ Vị trí S7

Khối sụt có chiều rộng khoảng 5,4m, chiều cao khối sụt khoảng 10 m, vách đỉnh sụt cao khoảng 2,5m – 3,5m, vách đỉnh sụt dốc đứng. Dựa vào quy mô có thể phân khối sụt thuộc nhóm quy mô nhỏ. Khối sụt xảy ra ở phần đỉnh của mái dốc với chiều cao mái dốc khoảng 14m. Góc dốc mái dốc khoảng 40-45°. Phần đỉnh của mái dốc là sườn dốc tự nhiên được phủ bởi cây thân gỗ và cây bụi, mức độ che phủ trung bình. Phần đỉnh của mái dốc chứa nhiều khối tảng nằm rải rác trên bề mặt địa hình, kích thước khối tảng trung bình từ 1-2m, nhiều khối tảng lớn hơn 2,0m.

Khối sụt xảy ra trong lớp đất 1B có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều dăm tảng kích thước 0,2-0,5m. Chiều dày lớp 1B theo vách lộ có khoảng 5,0m. Lớp đất này có tính tan rã mạnh, có nguồn gốc sườn tích.

Phần chân mái dốc là sét bụi sản phẩm phong hóa từ đá grannit thành phần là sét bụi nặng lẫn chứa nhiều feldspar màu xám vàng, phốt trắng, trạng thái cứng, còn giữ được kết cấu của đá gốc, lẫn nhiều khối tảng phong hóa sôt, kích thước khối tảng 0,2-0,5m. Phần mái dốc chứa nhiều rãnh xói.

Nguyên nhân xảy ra sụt lở tại vị trí S7 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sụt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B phía trên khối sụt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sụt.



Hình 2.15. Cấu trúc mặt cắt khối xói sụt S7

2.4.2.4. Tại đoạn 4

Vị trí S8 cống thoát nước tại chân mái dốc cổng chùa linh ứng hiện trạng tại thời điểm khảo sát cống thoát nước đã được cải tạo kiên cố. Theo như hình ảnh ghi nhận năm 2020 cho thấy, có hiện tượng xói làm hỏng phần nền dưới móng của cống và gây sụt gây thành cống. Nguyên nhân là do mưa lớn, tốc độ dòng chảy lớn, phần xung quanh cống chưa được bê tông hóa hoàn toàn. Vì vậy, dòng chảy gây bào xói phần đất dưới nền cống gây hỏng nền dẫn tới hư hỏng cống.

Hiện trạng tại thời điểm khảo sát phần taluy giữa tường rào của chùa xuống dưới đường Hoàng sa phủ đầy cây bụi. Thành phần chủ yếu là sét bụi lẫn rất nhiều dăm tảng kích thước từ 0,2-0,5m, nhiều chỗ là phần đất san gạt khi xây dựng đường nội bộ và tường rào của chùa. Phần đường trong chùa phía trên đỉnh taluy có nhiều vết nứt dọc đường dài khoảng 4m.



- Vị trí cống đã được sửa chữa, hiện trạng không quan sát thấy dấu hiệu sụt lở



Phần đường trên taluy dương có các khe nứt, tuy nhiên không quan sát thấy dấu hiệu sụt lở phía dưới chân taluy

Hình 2.16. Hiện trạng vị trí S8

2.4.2.5. Tại đoạn 5

Tại đoạn 5 qua công tác khảo sát, đo vẽ địa chất công trình thực địa có 3 vị trí sụt quy mô nhỏ đến trung bình.

❖ Vị trí S9

Khối sụt có chiều rộng khoảng 12 m, chiều cao khối sụt khoảng 8,5 m, vách đỉnh sụt cao khoảng 0,5-1,2m, vách đỉnh sụt dốc đứng. Dựa vào quy mô có thể phân khối sụt thuộc nhóm quy mô nhỏ. Khối sụt xảy ra ở phần đỉnh của mái dốc với chiều cao mái dốc khoảng 10m. Góc dốc mái dốc khoảng 42-45°. Bề mặt mái dốc đã được bóc bỏ lớp phủ thi công tuyến đường làm lộ ra phần đất, đá bị phong hóa hoàn toàn trạng thái cứng xen lẫn với nhưng khối phong hóa sứt. Phần đỉnh của mái dốc là sườn dốc tự nhiên được phủ bởi cây thân gỗ và cây bụi, mức độ che phủ trung bình. Phần đỉnh của mái dốc chứa khối tảng nằm rải rác trên bề mặt địa hình, kích thước khối tảng trung bình từ 0,5-1,0m, một số khối tảng lên tới 1,5m.

Khối sụt xảy ra trong lớp đất 1B có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều dăm tảng kích thước 0,2-0,5m. Chiều dày lớp 1B theo vách lộ có khoảng 1,5-2,0m. Lớp đất này có tính tan rã mạnh, có nguồn gốc sườn tích.

Phần chân mái dốc là sét bụi sản phẩm phong hóa từ đá grannit thành phần là sét bụi nặng lẫn chứa nhiều feldpat màu xám vàng, phốt trắng, trạng thái cứng, còn giữ được kết cấu của đá gốc, lẫn nhiều khối tảng phong hóa sứt, kích thước khối tảng 0,5-1,0m. Tại thời điểm khảo sát, khối sụt đã bị che phủ bởi cây bụi.

Nguyên nhân xảy ra sụt lở tại vị trí S9 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sụt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B phía trên khối sụt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sụt.



Hình 2.17. Cấu trúc khối sụt S9

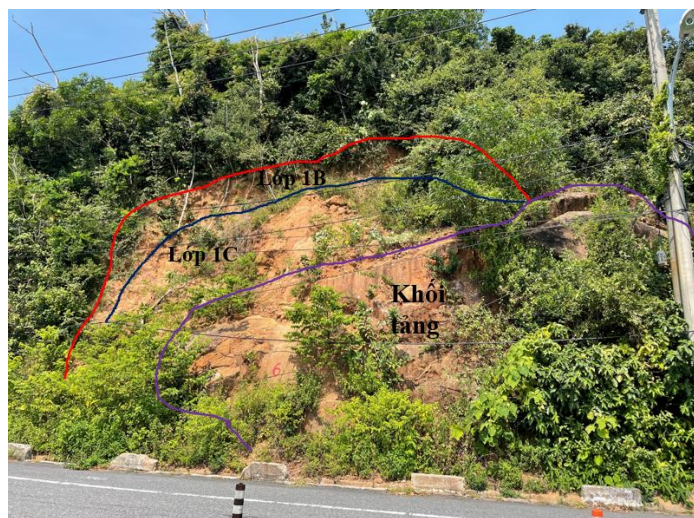
❖ Vị trí S10

Khối sụt có chiều rộng khoảng 15 m, chiều cao khoảng 13m, vách đỉnh sụt sạt cao khoảng 2-3m, vách đỉnh sụt dốc đứng.... Dựa vào quy mô có thể phân khối sụt thuộc nhóm quy mô nhỏ. Khối sụt xảy ra ở phần đỉnh của mái dốc với chiều cao mái dốc khoảng 15m. Góc dốc mái dốc khoảng 42-45°. Bề mặt mái dốc đã được bóc bỏ lớp phủ thi công tuyến đường làm lộ ra phần đất, đá bị phong hóa hoàn toàn trạng thái cứng xen lẫn với nhưng khối phong hóa sọt. Phần đỉnh của mái dốc là sườn dốc tự nhiên được phủ bởi cây thân gỗ và cây bụi, mức độ che phủ trung bình. Phần đỉnh của mái dốc chứa khối tảng nằm rải rác trên bề mặt địa hình, kích thước khối tảng trung bình từ 0,5-1,5m, một số khối tảng lên hơn 2m.

Khối sụt xảy ra trong lớp đất 1B có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều dăm tảng kích thước 0,2-0,5m. Chiều dày lớp 1B theo vách lộ có khoảng 2,0m. Lớp đất này có tính tan rã mạnh, có nguồn gốc sườn tích.

Phần dưới vách đỉnh sụt khối đất lộn xộn lẫn nhiều dăm tảng. Vách trái khối sụt lộ ra lớp đất 1C có thành phần sét ít dẻo màu xám vàng, lẫn nhiều fenspat, khối tảng phong hóa sọt màu xám vàng. Dưới chân khối sụt lộ ra phần đá gốc granit thành màu xám trắng bị phong hóa vừa, nứt nẻ nhẹ. Đôi chỗ trên sườn dốc lộ ra nhiều khối tảng phong hóa sọt.

Nguyên nhân xảy ra sụt lở tại vị trí S10 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sụt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B phía trên khối sụt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sụt.



Hình 2.18. Cấu trúc địa chất khối sụt S10

❖ Vị trí S11

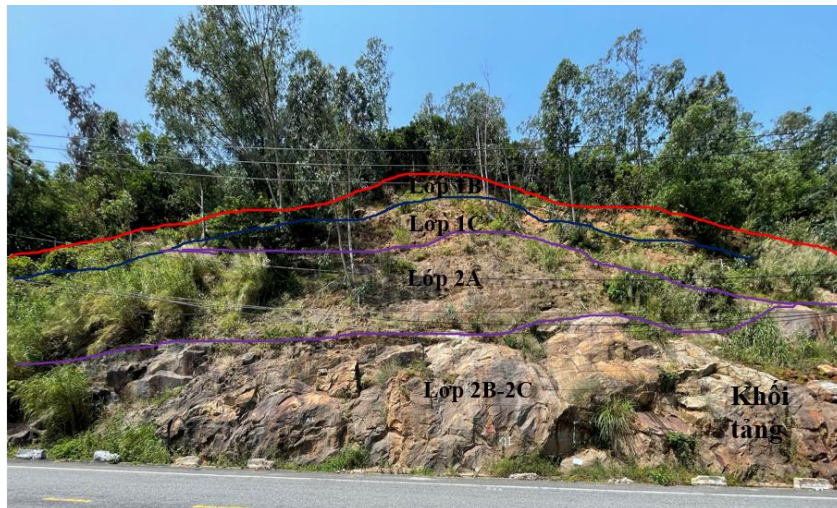
Khối sụt có chiều rộng khoảng 35 m, chiều cao khoảng 13m, vách đỉnh sụt sạt cao khoảng 2.5-3m, vách đỉnh sụt dốc đứng.... Dựa vào quy mô có thể phân khối sụt thuộc nhóm quy mô nhỏ đến trung bình. Khối sụt xảy ra ở phần đỉnh của mái dốc với chiều

cao mái dốc khoảng 15m. Góc dốc mái dốc khoảng 36-40°. Bề mặt mái dốc đã được bóc bỏ lớp phủ thi công tuyến đường làm lộ ra phần đá granite phong hóa nhẹ - nguyên khối ít nứt nẻ. Phần đỉnh của mái dốc là sườn dốc tự nhiên được phủ bởi cây thân gỗ và cây bụi, mức độ che phủ trung bình. Phần đỉnh của mái dốc chứa khối tảng nằm rải rác trên bề mặt địa hình, kích thước khối tảng trung bình từ 0,2-1,0m, một số khối tảng lên hơn 2m.

Khối sụt xảy ra trong lớp đất 1B và một phần trong lớp 1C có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều dăm tảng kích thước 0,2-0,5m. Chiều dày lớp 1B theo vách lộ có khoảng 1,5m. Lớp đất này có tính tan rã mạnh, có nguồn gốc sườn tích.

Phần dưới vách đỉnh sụt khối đất lộn xộn lẫn nhiều dăm tảng. Đôi chỗ lộ ra một phần lớp đất 1C thành phần sét ít dẻo, sét cát, màu xám vàng, lẫn nhiều feldspar, mica, đất còn giữ được kết cấu đá gốc, trạng thái cứng. Tồn tại xen kẽ với lớp 1C là các khối tảng phong hóa sót. Phần chân mái dốc lộ ra khối đá granite phong hóa vừa đến nhẹ, nứt nẻ trung bình đến ít nứt nẻ. Trong khối đá có chứa nhiều khe nứt giảm tải không có quy luật. Trên bề mặt, lộ nhiều khối tảng về lâu dài có nguy cơ gây đá đổ.

Nguyên nhân xảy ra sụt lở tại vị trí S11 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sụt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B, 1C phía trên khối sụt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sụt.



Hình 2.19. Cấu trúc địa chất khối trượt S11

2.4.2.6. Tại đoạn 6

Tại đoạn 6, dựa theo tài liệu thu thập sau mùa mưa tháng 10/2022, mưa lớn do cống thoát nước kém nên có hiện tượng vị trí S12 bị ngập cục bộ, nước chảy tràn trên mặt đường xuống phần mái taluy âm. Gây sạt lở một phần đường ngay trên vị trí cống thoát nước mái taluy âm. Tại thời điểm đo vẽ địa chất công trình, vị trí sạt đã được khắc phục và không có dấu hiệu bị nứt vỡ mặt đường. Dựa vào đo vẽ tổng thể khu vực đoạn 6 cho thấy rằng, phần taluy dương là lưu vực thu nước lớn.

Ở mái taluy âm, một phần diện tích đã được san lấp tạo mặt bằng xây dựng. Vật liệu san lấp là sét ít dẻo lẫn dăm sạn, khối tảng. Lòng suối ta luy âm lộ ra nhiều khối tảng kích thước 0,5 đến 2,0m. Tại mái dốc taluy âm chủ yếu là đất san lấp phủ lên bề mặt sườn dốc tự nhiên được hình thành do quá trình san gạt khi thi công tuyến đường. Do thành phần đất san lấp, cũng như phần đất mái dốc tự nhiên có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo lẫn nhiều dăm tảng, thành phần chứa nhiều khoáng vật feldspar, mica chưa bị phong hóa thành sét nên rất dễ bị xói khi tốc độ dòng chảy lớn.

Nguyên nhân đánh giá ban đầu hiện tượng xói sụt phần đường mái taluy âm là do mưa lớn, khả năng thoát nước của cống không đảm bảo dẫn đến ngập úng cục bộ, nước chảy tràn lên mặt đường gây xói rửa phần đất san lấp dẫn đến hiện tượng sạt một phần đường. Phần mái taluy âm hầu như chưa có vật liệu ốp mái bảo vệ, nên rất dễ bị rửa xói khi có dòng chảy mặt.

2.4.2.7. Tại đoạn 7

Tại đoạn 7 vị trí S13, dựa theo tài liệu thu thập sau mùa mưa tháng 10/2020, mưa lớn gây ra hiện tượng đá lăn ngay tại chân đường mòn. Vị trí xảy ra đá lăn nằm bên cạnh suối có lưu vực thu nước lớn. Chiều cao mái taluy xảy ra hiện tượng đá lăn khoảng 1.5m và trong đoạn này không có tương chắn bảo vệ. Dựa vào công tác đo vẽ tại thời điểm khảo sát 3/2024, hiện trạng khu vực tương đối ổn định. Phạm vi đo bao trùm con suối lớn, lòng suối lộ nhiều các khối tảng kích thước lớn từ 0,5 lên đến 2,0m. Phần taluy dương ngay dưới chân đường mòn cạnh suối được cấu tạo bởi các khối tảng xe kẽ với với sét bụi, sét ít dẻo lấp nhét trong các lỗ hổng. Chúng là sản phẩm lũ tích được sắp xếp không ổn định. Hai bên vách của suối và sườn đồi hai bên tồn tại nhiều khối tảng kích thước rất lớn nằm lộ ra trên bề mặt địa hình.

Nguyên nhân gây đá lăn vào tháng 10/2022 tại vị trí chân đường mòn là do mưa lớn kéo dài, nước mưa chảy tràn lên bề mặt từ sườn dốc xuống phía suối, do đoạn này nằm ở cuối tường chắn, nên nước mưa và nước mặt thoát ra và chảy trực tiếp vào khối đất đá. Mặt khác khối đất đá có nguồn gốc lũ tích, sắp xếp lộn xộn kém chặt. Vì vậy, dưới tác động của động năng dòng chảy mặt kết hợp với hiện tượng xói rửa đất trong các lỗ hổng nên gây ra hiện tượng đá lăn.

2.4.2.8. Tại đoạn 8

Công tác đo vẽ ở đoạn 8 vị trí S14 có hiện tượng sụt xảy ra tại vị trí S14 xung quanh vị trí cống thoát nước ở taluy dương. Khối sụt bao trùm miệng cống. Chiều cao khối sạt khoảng 6,0m, chiều rộng khoảng 25m. Qui mô khối sạt nhỏ. Vách sạt có thành phần là sét ít dẻo, xám nâu, xám vàng, lẫn dăm sạn trạng thái cứng, nguồn gốc sườn tích, lũ tích. Phần dưới cống thoát nước bị lấp nhét bởi nhiều khối tảng kích thước lớn có những khối lên đến 3m. Suối có độ dốc lớn, lòng suối tồn tại nhiều khối tảng nằm xếp chồng lên nhau. Ngoài ra, trong phạm vi đoạn tuyến nghiên cứu còn phát hiện khối sạt quy mô nhỏ, với vách sạt cao 3,0m rộng 3,5m nằm ngay bên phải của cống thoát nước. Vách dốc đứng lộ ra sét ít dẻo, màu nâu đỏ, chứa nhiều dăm sạn, trạng thái cứng.

Nguyên nhân gây sạt tại đoạn 8 được xác định là xói sụt. Do vị trí sụt ngay vị trí cửa cống và bên phải cống. Vào mùa mưa lũ, đất đá bị suy giảm độ bền do bão hòa

nước, mặt khác dưới tác dụng của dòng suối chảy với tốc độ lớn sẽ gây bào xói chân mái dốc dẫn đến hiện tượng sụt.

2.4.2.9. Tại đoạn 9

Tại đoạn 9, dựa theo tài liệu thu thập sau mùa mưa tháng 10/2020, mưa lớn do cống thoát nước kém nên nước chảy tràn một phần lên mặt đường từ phía taluy dương, nước chảy tràn trên mặt đường xuống phần cửa cống và mái của taluy âm. Gây sạt lở một phần đường ngay trên vị trí cống thoát nước mái taluy âm. Tại thời điểm đo vẽ địa chất công trình, vị trí sạt đã được khắc phục bởi rọ đá hai bên miệng cống và không có dấu hiệu bị nứt vỡ mặt đường. Dựa vào đo vẽ tổng thể khu vực đoạn 7 cho thấy rằng, phần taluy dương là lưu vực thu nước lớn.

Phần mái taluy âm ở đây được cấu tạo một phần từ đất san gạt trong quá trình thi công đường, lớp này phủ lên trên phần đất đá của sườn dốc tự nhiên. Do thành phần của đất san lấp chủ yếu là sét ít dẻo, sét cát, lẫn nhiều khối tảng. Phần lòng suối ở taluy âm xuất hiện nhiều khối tảng kích thước từ 0,5 đến 1,5m. Các khối tảng phần lớn được san gạt xuống mái taluy âm mà không được làm chặt. Nên rất dễ bị xói rửa khi tốc độ dòng chảy mặt lớn.

Nguyên nhân đánh giá ban đầu hiện tượng xói sụt phần đường mái taluy âm là do mưa lớn, khả năng thoát nước của cống không đảm bảo dẫn đến nước chảy tràn lên mặt đường gây xói rửa phần đất san lấp dẫn đến hiện tượng sạt một phần đường. Phần mái taluy âm hầu như chưa có vật liệu ốp mái bảo vệ, nên rất dễ bị rửa xói khi có dòng chảy mặt.

2.4.2.10. Tại đoạn 10

Dựa theo tài liệu đo vẽ địa chất công trình, đoạn 10 có 3 vị trí sụt quy mô nhỏ đến trung bình. Cả 3 vị trí sụt đều xảy ra trên mái taluy dương. Phần trên đỉnh khối sụt được che phủ các cây thân gỗ và cây bụi. Các vị trí sụt đều là những điểm tụ thủy, mặt khác do phía trên mái dốc là sườn dốc cao với diện thu nước lớn. Vì vậy, khi mưa lớn thì nước sẽ chảy, ngấm theo sườn dốc xuống và chảy ra ở phần đỉnh mái dốc, gây ra hiện tượng sụt đất. Phần đỉnh sườn dốc chứa nhiều khối tảng nằm rải rác, kích thước khối tảng từ 1-2m.

❖ Vị trí 16

Khối sụt có chiều rộng khoảng 55-60 m, chiều cao khoảng 25-30m, vách đỉnh sụt sụt cao khoảng 3-4m, vách đỉnh sụt dốc đứng.... Dựa vào quy mô có thể phân khối sụt thuộc nhóm quy mô lớn. Khối sụt xảy ra trên mái dốc với chiều cao mái dốc khoảng 25-30m. Góc dốc mái dốc khoảng 40-45°. Bề mặt mái dốc đã được bóc bỏ một phần lớp phủ khi thi công. Phần đỉnh sụt có đường gom nước, tuy nhiên đường gom nước kích thước nhỏ, đã bị hư hỏng, làm cho nước mặt đổ thẳng vào khối sạt.

Khối sụt xảy ra trong lớp đất 1B, 1C có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều dăm tảng kích thước 0.2-1.0m, nhiều khối tảng kích thước lớn hơn 2.0m lộ ra ngay trên vách đỉnh sụt. Chiều dày lớp 1B theo vách lộ có khoảng 2.0m. Lớp đất này có tính tan rã mạnh, có nguồn gốc sườn tích.

Phần thân khối sứt đã được dọn dẹp một phần, trên bề mặt khối sứt chứa nhiều khối tảng kích thước 0,5-0,7m. Xuất hiện nhiều hệ rãnh xói lớn trên bề mặt khối sứt. Phần lớn các rãnh rói khoét sâu vào phần lớp đất 1C có thành phần sét ít dẻo, sét cát, màu xám vàng, xám trắng, nâu đỏ, lẫn nhiều fenspat, còn giữ được kết cấu đá gốc, trạng thái cứng, trong lớp còn chứa nhiều khối tảng phong hóa sét kích thước từ 0,5 tới >1m. Phần lớp 1C lộ ra trên bề mặt dưới tác động của các yếu tố môi trường làm cho đất trở nên rời rạc, tính gắn kết kém và dễ bị rửa trôi.

Phần dưới chân taluy chứa nhiều khối tảng kích thước 0,5-1m, đôi chỗ lộ ra khối đá granite bị phong hóa trung bình, ít nứt nẻ.

Nguyên nhân xảy ra xói sứt tại vị trí S16 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sứt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B, 1C phía trên khối sứt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sứt.



Hình 2.20. Cấu trúc địa chất khối sứt S16

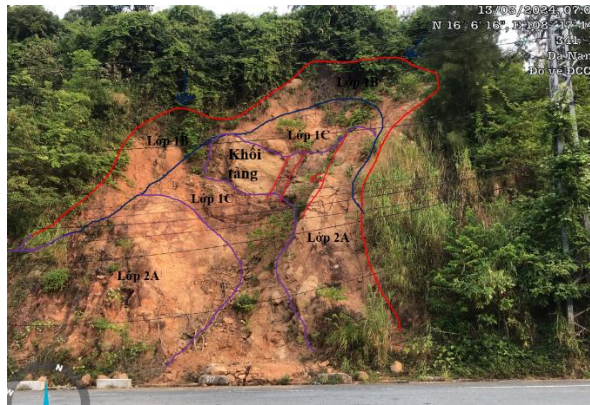
❖ Vị trí 17

Khối sứt có chiều rộng khoảng 20-25 m, chiều cao khoảng 25m, vách đỉnh sứt sứt cao khoảng 3,5m, vách đỉnh sứt dốc đứng.... Dựa vào quy mô có thể phân khối sứt thuộc nhóm quy mô nhỏ. Khối sứt xảy ra trên mái dốc với chiều cao mái dốc khoảng 25 -30m. Góc dốc mái dốc khoảng 40-45°. Bề mặt mái dốc đã được bóc bỏ một phần lớp phủ khi thi công. Phần đỉnh sứt có đường gom nước, tuy nhiên đường gom nước kích thước nhỏ, đã bị hư hỏng, làm cho nước mặt đổ thẳng vào khối sứt.

Khối sứt xảy ra trong lớp đất 1B, 1C có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều dăm tảng kích thước 0,2-1,0m. Phần sườn dốc đỉnh khối sứt chứa nhiều tảng lẫn kích thước 1-2m, nhiều tảng lẫn kích thước >2,0m. Sườn dốc phía trên đỉnh khối sứt được che phủ bởi cây bụi và cây thân gỗ, mức độ che phủ trong bình. Chiều dày lớp 1B theo vách lộ có khoảng 1,50m. Lớp đất này có tính tan rã mạnh, có nguồn gốc sườn tích.

Phần thân khối sạt xuống dưới chân mái dốc đã bị rửa trôi hoàn toàn lớp vỏ phong hóa, làm lộ ra phần đá granite bị phong hóa vừa đôi chỗ phong hóa mạnh màu xám vàng, xám trắng đục, đá có hiện tượng phong hóa bóc vỏ cầu, nứt nẻ trung bình đến mạnh. Vách trái khối sạt khối đá bị phân cắt bởi hệ thống gồm 3 khe nứt chạy song song nhau có thể nằm $238/68^\circ$, tạo nên vách phải dốc đứng. Một phần khối đá trên bề mặt khối sạt bị phong hóa hoàn toàn thành lớp 1C có thành phần sét ít dẻo, cát sét, màu xám vàng, xám trắng, chứa nhiều feldspar, giữ được kết cấu đá gốc, trạng thái cứng. Phần này phủ lên một phần bề mặt lớp đá phong hóa vừa (2A). Dưới chân taluy xung quanh khối sạt, phần lớn lớp đất phủ đã được bóc bỏ làm lộ ra lớp 1C xen kẽ với các khối đá phong hóa mạnh lộ ra trên bề mặt.

Nguyên nhân xảy ra xói sụt tại vị trí S17 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sạt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B, 1C phía trên khối sạt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sụt.



Hình 2.21. Cấu trúc địa chất khối sụt S17

Tại khối sạt vị trí S17 gặp đứt gãy và hệ thống khe nứt cắm về tây nam với thể nằm $238/68^\circ$ và phễu trượt tụt vào cánh nằm của đứt gãy. Thành phần vật chất ở trên mặt đứt gãy là lớp 1C là đập vỡ, vỏ nhàu rất mạnh kèm theo hiện tượng rửa trôi bề mặt mạnh.

❖ Vị trí 18

Vị trí S18, theo tài liệu khảo sát tháng 10/2020 chỉ ra hiện tượng sụt lở, đá lăn xảy ra tại vị trí cống thoát nước của khe suối nhỏ. Tại thời điểm đo vẽ địa chất công trình 3/2024 dòng suối có lưu lượng dòng chảy nhỏ khoảng 3 lít/ phút. Khu vực cửa cống thoát nước của suối bị lấp nhét bởi các khối tảng kích thước từ 0,2->1,0m. Vách lòng suối lộ ra đá gốc grannit phong hóa nhẹ, nứt nẻ mạnh. Phần lòng suối phía trên tập trung nhiều khối tảng kích thước lớn từ 1-2m, có những khối tảng rất lớn.

Để đảm bảo an toàn khi mùa mưa lũ đến, cần phải nạo vét khai thông cống thoát nước. Mặt khác để tránh hiện tượng đá lăn, dòng lũ bùn đá nên cần có hệ thống chắn giữ để giữ lại các khối tảng.

2.4.2.11. Tại đoạn 11

Theo tài liệu đo vẽ đoạn 11, phát hiện hiện tượng đá lăn, lũ bùn đá xảy ra trên theo dòng suối. Các khối tảng được dòng chảy vận chuyển và lấp nhét hoàn toàn khu vực công thoát nước. Để đảm bảo phòng chống đá lăn, hiện trạng khu vực S19 đã được đắp kè tạm bằng các bao cát. Đây là khu vực có diện thu nước lớn. Tại thời điểm khảo sát, suối ít nước với lưu lượng khoảng 15 lit/phút. Dọc theo lòng suối, các khối tảng kích thước lớn từ 0,5-1m, nhiều khối tảng >2,0m xếp chồng lên nhau. Hai bên vách bờ suối lộ ra nhiều khối tảng kích thước lớn. Trên bề mặt địa hình lưu vực thung lũng, chủ yếu là sét ít dẻo, xám vàng, xám nâu, lẫn dăm sạn trạng thái cứng. Trên bề mặt lộ ra nhiều khối tảng kích thước lớn. Độ dốc địa hình của lưu vực khoảng 20°. Do đây là khu vực trũng thấp, khả năng tự thủy lớn, nên vào mùa mưa, với cường độ mưa lớn và kéo dài có nguy cơ tái diễn lũ bùn đá.

Để đảm bảo an toàn khi mùa mưa lũ đến, cần phải nạo vét khai thông công thoát nước. Mặt khác để tránh hiện tượng đá lăn, dòng lũ bùn đá nên cần có hệ thống chắn giữ để giữ lại các khối tảng.



(a)- khối tảng lòng suối



(b) – vị trí công thoát nước



(c)- khối tảng trên sườn dốc bờ suối

Hình 2.22. Hiện trạng khảo sát vị trí S19

2.4.2.12. Tại đoạn 12

Theo tài liệu đo vẽ địa chất công trình tại đoạn 12 cho thấy địa hình khu vực khá ổn định. Phần mái taluy có độ cao khoảng 7-10m, độ dốc taluy lớn khoảng 45°. Do khi thi công tuyến đường, phần mái taluy dương đã được cắt xén một phần, phía chân taluy lộ ra lớp 1c có thành phần là sét ít dẻo, sét cát màu xám vàng, xám, nâu đỏ, chứa nhiều fenspat, và còn giữ được kết cấu đá gốc. Trong lớp này chứa nhiều khối tảng phong hóa sót đôi khi lộ ra tại chân mái taluy. Do đó, lớp 1c ở phần chân taluy thành phần rất phức tạp. Phần sườn dốc tự nhiên phía trên mái dốc có địa hình tương đối thoải độ dốc địa hình khoảng 15°. Tuy nhiên diện phân bố sườn dốc rất lớn. Vì vậy, vào mùa mưa nước mặt sẽ chảy theo bề mặt địa hình và đổ xuống phần mái dốc. Tại thời điểm khảo sát phát hiện một số khối sứt quy mô nhỏ tại điểm S20. Tại thời điểm khảo sát, khối sứt S20 đã được che phủ bởi cây bụi.

Khối sứt rộng 4,0m, xảy ra trên đỉnh mái dốc với chiều cao khối sứt từ 3,4-4,0m. Vách đỉnh sứt cao 1,5m, vách sứt dốc đứng bị hõm hàm ếch nhẹ. Trên vách đỉnh sứt phân bố lớp 1B và 1C có thành phần sét pha, xám nâu, xám vàng, lẫn dăm sạn, khối tảng

trạng thái cứng (1B), phần phía dưới là sét ít dẻo, cát sét chứa fenspat, giữ được kết cấu đá gốc màu xám vàng, trạng thái cứng. Trong lớp này chứa những khối tảng phong hóa sót nằm lộ ra trong phạm vi khối sạt và mái dốc xung quanh. Khối sạt chủ yếu xảy ra ở phần đỉnh mái dốc trong lớp 1B.

Nguyên nhân là do mưa với lượng mưa lớn và kéo dài làm cho đất phần đỉnh mái dốc dưới chân sườn dốc bị bão hòa nước, mặt khác do dòng chảy mặt từ sườn dốc đổ xuống gây ra xói sạt.



Hình 2.23. Khối xói sạt S20 đoạn 12

2.4.2.13. Tại đoạn 13

Dựa vào tài liệu đo vẽ địa chất công trình, tại đoạn 13 có hai phần địa hình chính. Một là phần mái dốc chạy có chiều cao mái dốc khoảng 10-15m và phần suối trũng thấp phía taluy dương và phần địa hình suối phần taluy âm. Tài liệu đo vẽ cho thấy rằng khu vực phần mái dốc và sườn dốc taluy dương chủ yếu phân bố 2 lớp đất đá bao gồm lớp 1B có thành phần sét ít dẻo phân bố trên bề mặt với chiều dày từ 1-2m. Lớp này chứa nhiều khối tảng kích thước 0,5-1,0m là sản phẩm sườn tích. Chuyển tiếp xuống phía dưới là lớp 1C thành phần chủ yếu là sét ít dẻo, bụi ít dẻo, sét cát, màu xám, xám vàng, xám trắng, chứa fenspat, vẫn giữ được kết cấu đá gốc, trạng thái cứng. Trong lớp này có chứa các khối tảng phong hóa sót có kích thước lớn. Phần lưu vực suối phần taluy dương cho thấy lòng suối lộ ra nhiều khối tảng lẫn sét, sản phẩm của lũ tích. Kích thước khối tảng >1,0m, nhiều tảng lên tới hơn 2,0m. địa hình lưu vực lòng suối khá thoải, bề mặt địa hình nhiều khối tảng. Phần taluy âm dọc theo lòng suối có nhiều khối tảng kích thước lớn. Mái taluy âm được cấu tạo từ đất san gạt trong quá trình làm đường. Chúng bao phủ lên lớp sườn tàn tích. Theo tài liệu đo vẽ cho thấy khu vực xảy ra một số vấn đề địa chất sau.

❖ Vị trí S21

Vị trí khối sạt S21, khối rộng 15m, cao 10m. Hiện trạng khối trượt đã bị che phủ hoàn toàn bởi cây bụi. Vách đỉnh sạt cao 3m, thành phần là sét bụi, xám vàng, xám nâu lẫn nhiều dăm tảng, trạng thái cứng (1B). Phần bên dưới vách sạt là sét bụi, màu xám nâu, xám vàng, chứa nhiều fenspat, vẫn giữ được kết cấu đá gốc, trạng thái cứng. Trên

khối sạt có chứa rãnh xói tại tâm vị trí sụt. Nguyên nhân là do mưa gây bão hòa lớp sườn tàn tích làm sạt lở phần đỉnh mái dốc.

❖ Vị trí S22

Vị trí S22 nằm ngay vách phải bờ suối. Khu vực hai vách bờ suối tương đối thoải, vách bờ suối phân bố các sản phẩm sườn tích, lũ tích với thành phần là các khối tảng kích thước từ 0,2 đến >1,0m được sắp xếp chồng lên nhau, xen kẽ là phần sét, bụi. Do đây là lưu vực thu nước lớn, phần đất đá được sắp xếp lộn xộn, không chặt. Vì vậy, vào mùa mưa lũ, khi hệ thống công thoát nước không đảm bảo, cùng với lượng nước chảy tràn trên bề mặt địa hình sẽ gây ra hiện tượng xói và lũ bùn đá. Hiện trạng khu vực tại thời điểm khảo sát tương đối ổn định.



Hình 2.24. Vị trí nguy cơ đá lăn, lũ bùn đá S22

❖ Vị trí S23

Vị trí S23 nằm phía taluy âm của đoạn nghiên cứu. Tại thời điểm khảo sát phần cửa công thoát nước đã được gia cố bằng bê tông. Khu vực taluy âm cấu tạo bởi phần đất đá san lấp khi thi công tuyến đường phủ lên trên phần đất đá nguồn gốc sườn tàn tích. Phần mái taluy âm được cấu tạo bởi dăm sạn lẫn sét, trạng thái chặt. Hiện trạng đã bị che phủ bởi cây bụi. Phần lòng suối taluy âm lộ ra các khối tảng kích thước lớn. Tại thời điểm khảo sát mái taluy ổn định, không phát hiện các vết nứt. Do phần taluy âm nằm bên dưới điểm S22, nên có nguy cơ bị lũ bùn đá do dòng chảy mang từ thượng nguồn xuống. Dòng lũ bùn đá, đá lăn có thể gây hư hỏng mái taluy âm do phần mái taluy chưa có hệ thống ốp mái bảo vệ chống xói.

2.4.2.14. Tại đoạn 14

Đoạn 14 có địa hình dốc, khu vực đoạn nghiên cứu các lưu vực thu nước lớn đổ xuống dưới chân mái dốc. Theo tài liệu đo vẽ địa chất công trình, trên phạm vi đoạn 14 bị bao phủ bởi lớp sườn tàn tích (1B) với chiều dày khoảng từ 1,5-2,0m với thành phần là sét ít dẻo, màu xám vàng, nâu đỏ trạng thái cứng, lẫn nhiều dăm sạn, khối tảng kích thước từ 0,2->1,0m, nhiều khối tảng lên tới 2,0m. Phía dưới là lớp 1C có thành phần sét

ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, xám trắng, chứa nhiều feldspar, vẫn giữ được kết cấu đá gốc trạng thái cứng. Trong lớp này chứa nhiều khối tảng phong hóa sót kích thước lớn. Lớp này lộ ra ở phần chân mái taluy và bắt gặp trong các lỗ khoan khảo sát. Phạm vi nghiên cứu có điểm sụt lở S24.

Khối sụt có chiều rộng khoảng 30 m, chiều cao khoảng 22m, vách đỉnh sụt cao khoảng 2-3m, vách đỉnh sụt dốc đứng, kiểu hàm ếch nhẹ. Dựa vào quy mô có thể phân khối sụt thuộc nhóm quy mô nhỏ đến vừa. Khối sụt xảy ra trên mái dốc với chiều cao mái dốc khoảng 25 -30m. Góc dốc mái dốc khoảng 40-45°. Bề mặt mái dốc đã được bóc bỏ một phần lớp phủ khi thi công. Phần chân mái dốc được gia cố bằng tường chắn bê tông trọng lực. Phần đỉnh sụt có đường gom nước, tuy nhiên đường gom nước kích thước nhỏ, không đảm bảo việc thoát nước khi có mưa lớn. Mương được lấp nhét bởi sét, dăm tảng.

Khối sụt xảy ra trong lớp đất 1B, 1C có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều dăm tảng kích thước 0,2-2,0m. Phần sườn dốc đỉnh khối sụt chứa nhiều tảng lăn kích thước 1-2m, nhiều tảng lăn kích thước >2,0m. Sườn dốc phía trên đỉnh khối sụt được che phủ bởi cây bụi và cây thân gỗ, mức độ che phủ trong bình. Chiều dày lớp 1B theo vách lộ có khoảng 1,50-2,0m. Lớp đất này có tính tan rã mạnh, có nguồn gốc sườn tích.

Phần thân khối sụt lộ ra lớp 1C có thành phần sét ít dẻo, sét cát, bụi ít dẻo, màu xám vàng, xám trắng, chứa feldspar, vẫn giữ được kết cấu đá gốc, trạng thái cứng. Trong lớp chứa nhiều khối tảng phong hóa sót, kích thước 0,5->1,0m. Bề mặt khối sụt chứa nhiều khối tảng kích thước lớn 0,2-1,5m. Phần vách hai bên khối sụt dốc đứng, phân bố lớp 1C có nguy cơ gây mất ổn định. Phần vách hai bên gần đỉnh trượt có những khối tảng rất lớn > 2,0m. Phần đỉnh của mái dốc có các đường tụ thủy đổ trực tiếp và bên vách khối sụt

Nguyên nhân xảy ra xói sụt tại vị trí S24 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sụt. Mặt khác do độ dốc của mái dốc lớn, phần đất 1B, 1C phía trên khối sụt dễ tan rã khi gặp nước. Nên khi lượng mưa lớn và thời gian mưa kéo dài làm cho đất ở phần trên đỉnh mái dốc bị bão hòa nước dẫn đến cường độ của đất suy giảm mạnh gây ra hiện tượng sụt.



Khối sụt



Thân khối sụt và vách đỉnh sụt



Đỉnh khối sụt

Hình 2.25. Khối sụt S24

2.4.2.15. Tại đoạn 15

Đoạn 15 có độ dốc địa hình lớn, bao gồm phần mái dốc taluy dương được hình thành do quá trình cắt cơ tạo taluy và phần sườn dốc tự nhiên phía trên đỉnh mái dốc. Phần mái taluy có độ cao khoảng 18-20m, độ dốc mái khoảng 50-60°. Phần sườn dốc phía trên có độ dốc địa hình khoảng 30-40°. Đặc điểm địa chất công trình trên phạm vi khảo sát gồm có 2 lớp đất chính. Lớp 1B nằm trên cùng và bao phủ gần như toàn bộ diện tích khu vực đoạn 15. Thành phần chủ yếu là sét ít dẻo, bụi ít dẻo, màu xám vàng, nâu đỏ lẫn nhiều dăm, tảng kích thước từ 0,2->1,0m, nguồn gốc sườn tàn tích. Trên bề mặt lớp này phân bố nhiều khối tảng với kích thước >1,0m. Chiều dày lớp này được quan sát ở vách đỉnh các khối sụt cũng như phần đỉnh của mái dốc, với chiều dày khoảng 1,0-2,0m. Nằm bên dưới lớp 1B là lớp 1C có thành phần là sét ít dẻo, sét cát, màu xám vàng, xám trắng, nâu đỏ, chứa nhiều feldspat, còn giữ được kết cấu đá gốc, trạng thái cứng. Trong lớp có nhiều khối tảng phong hóa sót kích thước 0,5->1,0m, nhiều khối tảng lớn. Chiều dày lớp có thể được quan sát tại vách sụt, vách lộ đỉnh mái dốc và trong các hố khoan khảo sát, với chiều dày từ 1,9m đến 6,5m. Ngoài ra, dưới chân mái dốc đôi khi lộ ra một phần lớp 2A là đá phong hóa vừa, ít nứt nẻ. Đá granite màu xám vàng, xám trắng đục. Phạm vi đoạn 15 có 3 vị trí sụt lở quy mô nhỏ đến vừa.

❖ Vị trí S25

Khối sụt có chiều rộng khoảng 20-22m, chiều cao khoảng 18m, vách đỉnh sụt sụt cao khoảng 4,0m, vách đỉnh sụt dốc đứng. Dựa vào quy mô có thể phân khối sụt thuộc nhóm quy mô nhỏ. Khối sụt xảy ra trên mái dốc với chiều cao mái dốc cao khoảng 20m. Góc dốc mái dốc khoảng 60-65°. Bề mặt mái dốc đã được bóc bỏ một phần lớp phủ khi thi công. Phần đỉnh sụt có đường gom nước, tuy nhiên đường gom nước kích thước nhỏ, đã bị hư hỏng, làm cho nước mặt đổ thẳng vào khối sụt.

Khối sụt xảy ra trong lớp đất 1B, 1C có thành phần là sét ít dẻo, bụi ít dẻo màu xám vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng đến cứng, đất có chứa nhiều dăm tảng kích thước 0,2-1,5m. Phần sườn dốc đỉnh khối sụt chứa nhiều tảng lẫn kích thước 1-2m, nhiều tảng lẫn kích thước >2,0m. Sườn dốc phía trên đỉnh khối sụt được che phủ bởi cây bụi và cây thân gỗ, mức độ che phủ trong bình. Chiều dày lớp 1B theo vách lộ có khoảng 0,50m. Lớp đất này có tính tan rã mạnh, có nguồn gốc sườn tích. Lớp 1C trên vách đỉnh sụt và thân khối sụt chứa nhiều khối tảng phong hóa sót màu xám vàng nằm xen kẽ nhau. Các khe nứt xung quanh khối tảng bị phong hóa hoàn toàn và dễ bị rửa xói làm mất tính ổn định và gây hiện tượng sụt và đá lở.

Phần thân khối sụt phân bố lớp 1C xen kẽ các khối tảng phong hóa sót kích thước >1.0m. Tại chân khối sụt đôi chỗ lộ ra các khối tảng đá gốc bị phong hóa vừa đến mạnh.

Nguyên nhân xảy ra xói sụt tại vị trí S25 là do mưa lớn kéo dài, nước chảy vào vị trí khối sụt gây rửa xói bề mặt cũng như rửa xói các vật chất lấp nhét ở khe nứt khối tảng sót dẫn đến hiện tượng sụt và đá lở.



Hình 2.26. Cấu trúc địa chất khối sạt và thành phần đất đá vách sạt s25

❖ Vị trí S26

Khối sạt có chiều rộng khoảng 10m và chiều cao khoảng 10m. Khối sạt xảy ra dọc theo mương xói, phần trên đỉnh khối sạt là lớp sườn tích, thành phần sét bụi xám vàng, lẫn dăm tảng kích thước từ 0,5 đến >2,0m, trạng thái cứng, dày 1,5-2,0m (1B). Bên dưới là lớp (1C) sét bụi, lẫn nhiều fenspat, giữ được kết cấu đá gốc màu xám vàng, cứng, xen lẫn các khối tảng granit bị phong hóa mạnh, màu xám vàng, xám trắng, nứt nẻ mạnh. Dọc theo khối sạt là rãnh xói lớn xuất phát từ đỉnh mái dốc.

Do mái vách đỉnh khối sạt dốc đứng, trên bề mặt thân khối sạt có nhiều rãnh xói lớn khoét sâu bề mặt mái dốc. Nên khối được phân loại kiểu xói sạt.

Nguyên nhân là do phần đỉnh khối sạt là điểm tụ thủy, phía trên mái dốc là sườn dốc có lưu vực lớn, khi lượng mưa lớn và kéo dài làm cho nước trên đỉnh sườn dốc chảy xuống phạm vi mái dốc gây bão hòa đất đá, vào xói lớp vỏ phong hóa gây ra hiện tượng xói sạt.



Hình 2.27. Cấu trúc địa chất khối xói sạt S26

❖ Vị trí S27

Khối sạt S27 có chiều rộng khoảng 3-3,5m, chiều cao khoảng 8-10m, vách đỉnh sạt cao 2-2,5m, dốc đứng. Phần đỉnh khối sạt là một điểm tụ thủy thu nước đổ trực tiếp vào đỉnh khối sạt. Khối sạt có quy mô nhỏ. Theo tài liệu đo vẽ địa chất công trình và tài

liệu khoan khảo sát vách đỉnh khối sạt phân bố lớp đất 1B có thành phần là sét ít dẻo, màu xám vàng, nâu đỏ, lẫn các mảnh dăm tảng từ 0,2-1,0m, lớp 1B dày từ 0,5-1,0m. Trên bề mặt sườn dốc bên trên đỉnh mái dốc chứa nhiều khối tảng trung bình từ 0,5-1,0m, nhiều khối tảng có kích thước lớn hơn 3,0m. Phần thân khối sạt và vách sạt lộ ra lớp đất 1C có thành phần sét ít dẻo, bụi ít dẻo, cát sét màu xám vàng, xám nâu, phốt trắng, chứa felspat và còn giữ nguyên kết cấu đá gốc, trạng thái cứng. Trong lớp này lẫn nhiều khối tảng phong hóa sót kích thước từ 0,5-1,0m, chiều dày của lớp này theo tài liệu khoan dao động từ 1,9m dưới chân sườn dốc và 6,5m ở phần thân khối sạt. Dọc theo bề mặt khối sạt là một mương xói lớn khoét sâu vào lớp 1C lên tới 1m. Khối sạt kèm theo đá lở, với chiều rộng khối sạt khoảng 3m, chiều cao 12m. Khối sạt kèm theo đá tảng kích thước 3m. Bản thân khối sạt là một mương xói lớn. Nguyên nhân do nước mưa tập trung chảy vào mương xói, gây bào xói đỉnh mái dốc gây sạt lở.



Hình 2.28. Cấu trúc địa chất khối xói sạt S27

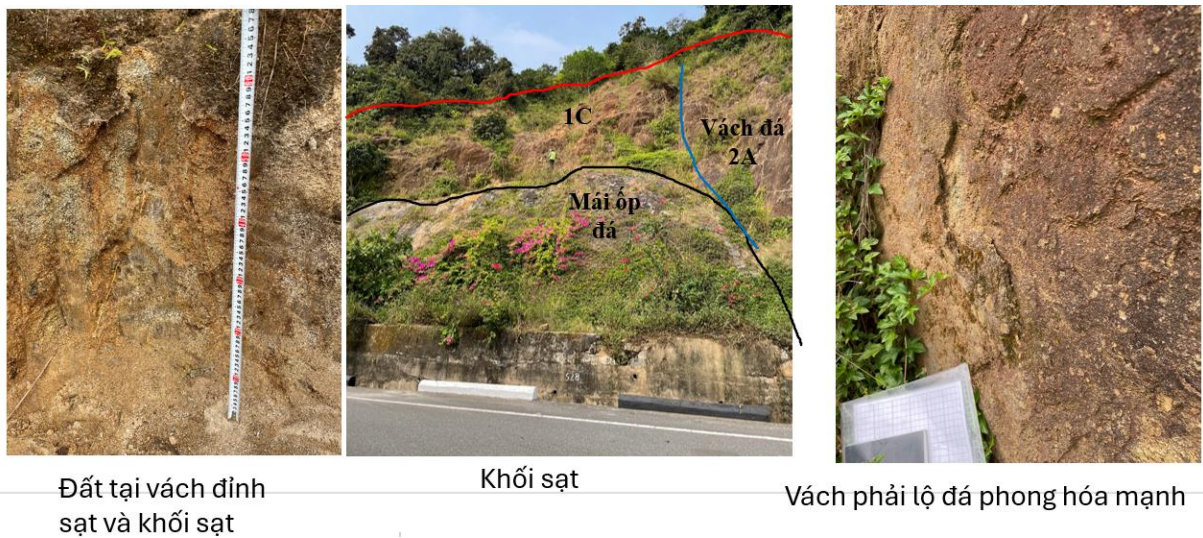
2.4.2.16. Tại đoạn 16

Theo tài liệu đo vẽ địa chất đoạn 16, khu vực có địa hình dốc rất dốc. Phần sườn dốc tự nhiên bên trên mái dốc có độ dốc địa hình khoảng 30-35° với phần đường rãnh thu nước có lưu vực lớn. Phần mái taluy dương đo đã được cắt xén trong quá trình thi công đường giao thông tạo ra mái dốc khoảng 70-75°, chiều cao mái dốc lên tới 25m. Tài liệu đo vẽ chỉ ra rằng, phần trên đỉnh mái dốc, phân bố lớp 1B sét ít dẻo, sét cát màu xám vàng, lẫn nhiều dăm sạn, khối tảng trạng thái cứng với chiều dày có thể lên tới 3,5m. Phần dưới chân taluy lộ ra khối đá granite màu xám nâu, xám trắng bị phong hóa vừa đến mạnh, nứt nẻ mạnh đến rất mạnh. Phần lớn các khe nứt là khe nứt ngẫu nhiên do quá trình phong hóa, và giảm tải liên quan đến cắt cơ mái dốc. Các khe nứt này chia cắt khối đá tạo thành các khối nứt. Dưới tác dụng của điều kiện khí hậu, tác động của dòng chảy mặt khi mưa lớn có thể gây ra hiện tượng đá đổ, đá lở. Tại đoạn 18 có vị trí xảy ra sạt lở S28. Tại vị trí này ngoài phần tường chắn bê tông trọng lực ở dưới chân mái dốc, thì một phần mái dốc đã được ốp mái bằng đá xây. Một vài vị trí tường bê tông trọng lực đã bị nứt vỡ do đá đổ, đá lăn.

Qua công tác đo vẽ địa chất công trình cho thấy rằng, vị trí S28 là một khe thu nước lớn, trên bề mặt khối sạt lộ ra các khối tảng đá gốc bị bào xói bề mặt bởi dòng chảy. Các khối tảng granite bị phong hóa vừa, nứt nẻ mạnh đến trung bình. Đá biểu hiện

kiểu phong hóa bóc vỏ cầu. Phần thân khối sạt đôi khi phân bố lớp sườn tàn tích có thành phần bụi ít dẻo, sét cát lẫn nhiều dăm sạn, khối tảng nằm xen kẽ với các khối đá phong hóa vừa đến mạnh. Trên đỉnh khối sạt và phần vách đỉnh xung quanh khối sạt lộ ra lớp 1B xen lẫn 1C có thành phần sét ít dẻo, xám vàng, nâu đỏ lẫn dăm sạn, tuy nhiên chiều dày nhỏ khoảng 1,0-2,0m. Phần vách ở chân khối sạt lộ ra vách khối đá granite bị phong hóa vừa màu xám vàng, xám trắng phớt nâu, bị phong hóa bóc vỏ cầu, nứt nẻ trung bình thuộc lớp 2A. Khối đá tồn tại một số khe nứt ngẫu nhiên có thể nằm $260/75^\circ$ và $93/18^\circ$ gây chia cắt khối đá thành các tảng lớn. Có nguy rất lớn gây hiện tượng đá đổ.

Do đặc điểm của khối sạt có thể xếp vào xói sạt kết hợp với đá lở, đá lăn. Nguyên nhân là do dòng chảy từ khe rãnh thu nước đổ vào khối sạt làm bào xói bề mặt địa hình và gây sạt lở, kết hợp với hiện tượng lở đá.



Hình 2.29. Cấu trúc khối sạt S28

2.4.2.17. Tại đoạn 17

Theo tài liệu đo vẽ địa chất công trình đoạn 17 là mái dốc đá granite có độ dốc địa hình lớn. Phần mái dốc đá có chiều cao lên tới gần 60m, độ dốc của mái dốc khoảng $70-80^\circ$. Khối đá có mức độ phong hóa vừa đến nhẹ, mức độ nứt nẻ trung bình thuộc lớp 2B, 2C. Trên bề mặt mái dốc có xuất hiện một vài mạch lộ thoát ra từ các vị trí khe nứt. Tại tâm khối S29 là một khe nứt lớn kéo dài từ chân lên đến đỉnh mái dốc thể nằm $315/85^\circ$, tại đây xuất hiện mạch lộ với lưu lượng khoảng 0,5-2,0 lit/phút. Các khe nứt trên bề mặt mái dốc có xu hướng phong hóa bóc vỏ cầu, có đường phương song song với tuyến giao thông $82/81^\circ$. Hệ thống khe nứt này kết hợp với các khe nứt ngẫu nhiên do phong hóa, do tác dụng của việc cắt xén mái dốc tạo ra các khối tảng có nguy cơ gây đá đổ. Bề mặt mái dốc đôi khi tạo ra các vách đá dốc đứng, các khối nứt trên đỉnh vách đá có nguy cơ gây lở đá.



Hình 2.30. Cấu tạo mái dốc đá điểm S29

Tại vị trí 29, mật độ khe nứt cao và phân bố đồng đều trên toàn bộ điểm khảo sát, số lượng nhiều khiến cho đá bị cắt xẻ mạnh, đập vỡ nhiều. Mức độ nứt nẻ giảm dần về hai cánh của điểm khảo sát. Với đặc trưng về mật độ khe nứt này cho thấy và phân bố có quy luật cho thấy vị trí này là đới biến dạng dồn trong pha kiến tạo trước đó, đôi chỗ cũng quan sát được các khe nứt ngoại sinh nằm ngang do phong hóa bóc cầu đặc trưng trong đá granit và có thể cả do hiện tượng thoát tải trọng lực.

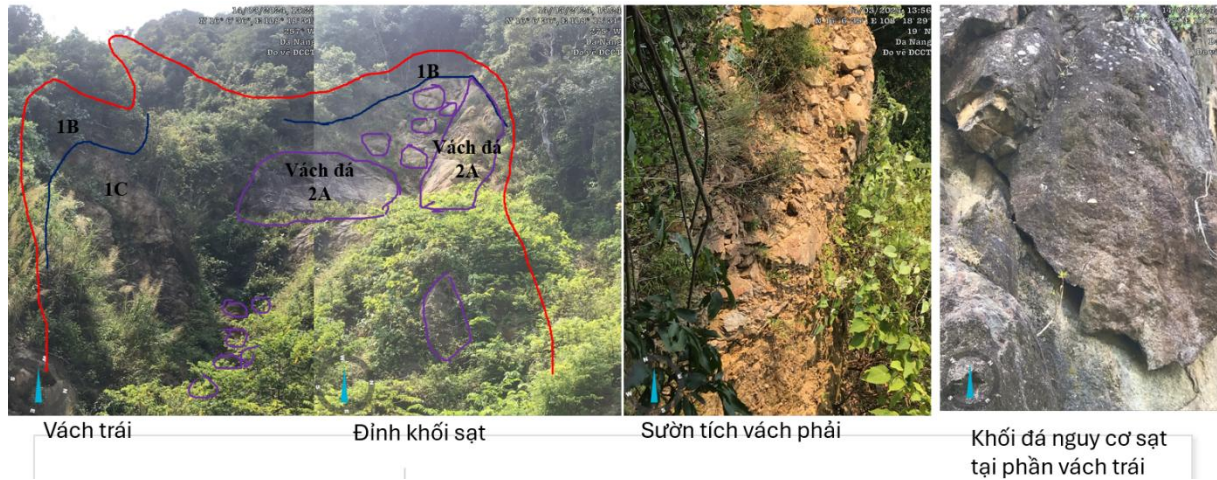
2.4.2.18. Tại đoạn 18

Đoạn 18 có địa hình phức tạp, với độ dốc và độ cao địa hình lớn. Trong đoạn này ghi nhận nhiều loại hình tai biến địa chất bao gồm sụt lở, lũ bùn đá. Điều kiện địa chất của đoạn 18 bao gồm lớp 1B phân bố trên đỉnh mái dốc và các sườn đồi núi với diện phân bố lớn. Chiều dày khoảng từ 1,0-3,0m. Lớp 1C nằm ngay phía dưới chiều dày thay đổi từ 1,0-7,0m. Nhiều vị trí vách lộ ra các lớp 2A và 2B trên bề mặt địa hình. Tại đoạn tuyến khảo sát có 4 vị trí sụt lở, lũ bùn đá. Các vị trí này đều liên quan đến các rãnh thu nước lớn của khu vực. Tại thời điểm khảo sát không ghi nhận được mạch nước ngầm cũng như nước chảy trong các rãnh thu nước. Tuy nhiên, đây là các vị trí đường trung của địa hình, với chiều cao và chiều rộng của sườn dốc rất lớn. Vì vậy, khi có mưa, nước mưa sẽ tập trung về các rãnh thu nước tạo ra động năng dòng chảy lớn, gây bào xói, xói lở và lũ bùn đá.

❖ Vị trí S30

Vị trí S30 khu vực hố khoan HK28-HK27: khối sạt nằm trong lưu vực thu nước rộng khoảng 60m cao 40m, có quy mô lớn. Tại chân khối sạt chứa nhiều tầng lẫn trên bề mặt, bên dưới là sét bụi, màu xám vàng, xám nâu, nguồn gốc sườn tích, trạng thái rất chặt. Hai bên vách trái và vách phải của khối sạt dốc đứng được cấu tạo bởi đá granit phong hóa vừa, đôi chỗ phong hóa mạnh, nứt nẻ trung bình đến mạnh. Phần đỉnh khối sạt là sườn tích có thành phần hỗn tạp gồm khối tảng kích thước 0,5->1,0m xen kẽ sét bụi, xám vàng, nâu đỏ trạng thái cứng. Chính giữa khối sạt là một mương xói thu nước lớn, bắt nguồn từ phần trên đỉnh của sườn dốc. Bề mặt địa hình khối sạt tại thời điểm khảo sát lộ ra các bề mặt đá gốc. Phần vách trái của khối sạt lộ ra lớp 1C có chiều dày từ 3-5m, lẫn nhiều khối tảng. Cách taluy trái dốc đứng.

Nguyên nhân xảy ra hiện tượng sạt là do mưa lớn kéo dài, làm cho tốc độ dòng chảy của mương xói lớn gây bào xói và sụt lở phần đất, khối tảng xuống dưới chân sườn dốc.



Hình 2.31. Cấu trúc khối sạt S27

❖ Vị trí S31

Vị trí S31 (hồ khoan 29-31): Phạm vi khối sạt rộng 3m, cao 25m chứa mương xói. Khối sạt có quy mô nhỏ. Lòng mương xói lộ ra đăm tảng lẫn sét bụi, màu xám vàng, giữ được kết cấu của đá gốc, trạng thái cứng (2C). Đỉnh khối sạt đôi chỗ lộ đá grannit xám nâu, bị phong hóa mạnh đến vừa, đá bị biến đổi màu sắc. Vách trái, vách phải của khối sạt là đăm tảng lẫn sét bụi, xám vàng, xám nâu, giữ được kết cấu đá gốc, rất cứng (2C). Vách đỉnh khối sạt lộ vách đá cao 2m. Nguyên nhân do khối sạt nằm trong điểm tụ thủy, dòng chảy tạo thành gáy sạt lở tạo thành mương xói.



Hình 2.32. Hình ảnh khối sạt S31

❖ Vị trí S32

Vị trí S32 (Hố khoan 32-33): Khối sạt rộng 25m, cao 20m. khối sạt có quy mô nhỏ đến trung bình. Xảy ra trong tầng phủ và đá gốc. Vách đỉnh sạt dốc đứng cao khoảng 2.5m. Phần trên vách đỉnh sạt cho thấy, trên cùng là lớp 1B sản phẩm sườn tích thành

phần là sét ít dẻo, màu xám vàng, nâu đỏ lẫn nhiều dăm tảng kích thước 0,2-1,0m, chiều dày lớp khoảng 1,5m. Chuyển tiếp xuống phía dưới là lớp 2C có thành phần sét ít dẻo, cát sét, màu xám vàng, giữ được kết cấu đá gốc, trạng thái cứng, chiều dày lớp 2,0-2,5m. Trong lớp này chứa nhiều khối tảng phong hóa sét bị đập vỡ mạnh kích thước 0,5->1,0m. Phần dưới chân khối sét lộ ra lớp đá granite bị phong hóa vừa nứt nẻ trung bình đôi chỗ nứt nẻ mạnh. Khối đá bị phong hóa bóc vỏ cầu bề mặt khá trơn nhẵn.

Hai bên vách và đỉnh sét là sét bụi, lẫn dăm tảng kích thước 0,5-1,0m, chiều cao vách sét khoảng 2-2,5m. Về mặt khối sét đôi chỗ lộ ra các khối đá grannit bị phong hóa vừa - mạnh, nứt nẻ vừa (2A). Đá bị phong hóa bóc vỏ cầu. Phần dưới chân khối sét phân bố đá grannit phong hóa vừa, nứt nẻ vừa, màu xám nâu, xám trắng. Phần tường chắn trọng lực dưới chân khối trượt đã bị phá hủy. Đỉnh khối sét là điểm tụ thủy, khi mưa lớn kéo dài, nước chảy trực tiếp vào đỉnh khối sét. Phần đỉnh khối sét trên sườn đồi có nhiều khối tảng kích thước lớn lộ trên bề mặt địa hình.

Nguyên nhân gây ra sạt là do mưa lớn, cộng với độ dốc sườn dốc cũng như lưu vực thu nước lớn. Làm cho nước chảy xuống phần đỉnh mái dốc gây bão hòa đất đá và làm sụt đất đá.



Vách đỉnh sét

Hình 2.33. Cấu trúc địa chất khối sét S32

❖ Vị trí S34

Vị trí S34 là vị trí dòng chảy tạm thời với lưu vực thu nước lớn, lưu vực thu nước bắt nguồn từ đỉnh núi với độ cao, độ dốc địa hình lớn. Tại thời điểm khảo sát không thấy có nước chảy. Phần mái dốc và phần đỉnh của mái dốc lộ khối đá granite bị phong hóa nhẹ đến vừa nứt nẻ mạnh (2A-2B). Lớp 2A nằm lộ ra trên phần đỉnh của sườn dốc, đôi chỗ còn xen kẹp lớp 1C còn sót lại tuy nhiên chiều dày và phạm vi phân bố của lớp 1C trên phía đỉnh của taluy mỏng không đáng kể. Phần dưới lòng suối lộ ra nhiều khối tảng có kích thước trung bình từ 0,5 đến >1,5m, cá biệt có những khối tảng lớn hơn 2,0m nằm giữa lòng suối. Hai bên vách suối là lớp tàn sườn tích có thành phần là sét ít dẻo màu xám vàng, lẫn dăm sạn, khối tảng kích thước từ 0,5->1,0m. Trên bề mặt địa hình phía trên sườn dốc lộ ra nhiều khối tảng kích thước lớn.

Do độ dốc dọc của suối lớn, cộng với lưu vực thu nước lớn nên vào mùa mưa lũ lưu lượng nước chảy rất lớn. Gây nguy cơ tiếp tục xảy ra lũ bùn đá, đá lăn.



Hình 2.34. Cấu trúc khu vực S34

Tại vị trí này, các khe nứt không tập trung theo xu thế nhất định và giao cắt nhau gây nên hiện tượng đá đập vỡ nứt nẻ mạnh. Các hệ thống khe nứt cắm về các hướng khác nhau, góc dốc từ thoải đến dốc đứng, thể nằm đa dạng. Đặc trưng thấy rõ là khe nứt có 2 nguồn gốc chính là do ngoại và nội sinh. Khe nứt ngoại sinh do thời tiết và phong hóa, thể nằm của chúng không có quy luật và bề mặt ngoằn ngoèo. Khe nứt nội sinh do các hoạt động kiến tạo và phá hủy các đá, các khe nứt loại này có thể nằm theo quy luật, thường song song với nhau. Bề nằm khe nứt có thể kín hoặc hở (khe nứt tách), và thường bị xâm nhiễm lấp nhét bởi các sản phẩm thứ sinh do hoạt động bề mặt như sét, vật chất hữu cơ hay oxit sắt).

Bảng 2.1. Bảng thống kê các vị trí khảo sát dọc tuyến

Vị trí	Các đoạn	Dạng hư hỏng	Quy mô đất sụt	Chiều dài (m)	Chiều rộng (m)	Diện tích (m ²)
						S=DxR
1	Đoạn 1	Sụt lở (Taluy dương)	Nhỏ	92.22	76.74	7076.96
2	Đoạn 2	Sụt lở, đá lăn (Taluy dương, đã có tường chắn hiện trạng)	Nhỏ	327.67	82.66	27085.20
3	Đoạn 4	Sụt lở (taluy dương)	Vừa			
4	Đoạn 5	Xói sụt (Đá lăn taluy dương, đã có tường chắn hiện trạng)	Vừa	171.75	72.65	12477.64
5	Đoạn 6	Sụt lở (taluy dương)	Nhỏ			
6	Đoạn 9	Sụt lở (taluy dương)	Nhỏ	248.55	82.07	20398.50
7	Đoạn 10	Sụt lở (taluy dương)	Vừa			
8	Đoạn 11	Sụt lở (taluy dương)	Vừa			

Vị trí	Các đoạn	Dạng hư hỏng	Quy mô đất sụt	Chiều dài (m)	Chiều rộng (m)	Diện tích (m ²)
						S=DxR
9	Đoạn 12	Sụt lở nền mặt đường và taluy âm	Vừa	118.55	59.26	7025.27
10	Đoạn 13	Xói sụt taluy dương (Đá lăn taluy dương)	Vừa	145.58	84.69	12329.17
11	Đoạn 14	Xói sụt (Đá lăn taluy dương, đã có tường chắn hiện trạng)	Nhỏ	147.68	89.59	13230.65
12	Đoạn 17	Sụt lở (taluy dương)	Vừa	169.66	78.85	13377.69
13	Đoạn 18	Xói sụt (Đá lăn taluy dương)	Vừa			
14	Đoạn 19	Xói sụt (Đá lăn taluy dương)	Vừa	130.81	89.55	11714.04
15	Đoạn 20	Sụt lở (taluy dương)	Nhỏ	97.65	70.95	6928.27
16	Đoạn 21	Sụt lở (taluy dương)	Nhỏ	168.61	91.02	15346.88
17	Đoạn 22	Xói sụt (Đá lăn taluy dương)	Vừa			
18	Đoạn 24	Sụt lở, đá lăn (taluy dương)	Vừa	114.68	67.11	7696.17
19	Đoạn 25	Sụt lở, đá lăn (taluy dương)	Nhỏ	230.75	78.08	18016.96
20	Đoạn 26	Sụt lở (taluy dương)	Nhỏ			
21	Đoạn 27	Xói sụt, đá lăn, hư hỏng tường chắn (taluy dương)	Vừa			
22	Đoạn 28	Sụt lở (taluy dương)	Nhỏ	110.83	68.23	7561.93
23	Đoạn 29	Sụt lở, đá lăn, hư hỏng tường chắn (taluy dương)	Nhỏ	98.92	72.2	7142.02
24	Đoạn 30	Xói sụt (Đá lăn taluy dương)	Vừa	315.69	130.26	41121.78
25	Đoạn 31	Sụt lở (taluy dương)	Nhỏ			
26	Đoạn 32	Sụt lở, đá lăn, hư hỏng tường chắn (taluy dương)	Vừa			
27	Đoạn 34	Xói sụt (Đá lăn taluy dương), hư hỏng tường chắn	Vừa			
28	Đoạn 7	Trượt đất (taluy dương, bụng đường cong nằm)	Lớn	117	72.65	8500.05

Vị trí	Các đoạn	Dạng hư hỏng	Quy mô đất sụt	Chiều dài (m)	Chiều rộng (m)	Diện tích (m ²)
						S=DxR
29	Đoạn 16	Sụt lở (taluy dương) đá lẫn	Lớn	160	78.85	12616.00
30	Đoạn 3	Xói sụt (Đá lẫn taluy dương)	Vừa	65	82.66	5372.90
31	Đoạn 8	Sụt chân cống phía thượng lưu, hư hỏng rãnh thoát nước dọc	Nhỏ	109.83	60.56	6651.30
32	Đoạn 15	Sụt lở nền mặt đường và taluy âm	Nhỏ	142.52	60.78	8662.37
33	Đoạn 23	Hư hỏng bề mặt mái taluy âm	Nhỏ	89.75	50.68	4548.53

2.5. KẾT LUẬN

Theo kết quả khảo sát thực địa tại các vị trí đã xảy ra hiện tượng trượt lở và kết quả thí nghiệm hiện trường, trong phòng cho thấy:

1. Các yếu tố ảnh hưởng đến trượt lở

- ❖ Thành phần đất đá: vỏ phong hóa ở đây chủ yếu có thành phần là cát hạt thô, cát pha lẫn cục hòn, đôi chỗ lẫn tảng. Chiều dày vỏ phong hóa tương đối mỏng biến đổi từ 0,5m đến 1,5m. Có khả năng thấm nước rất tốt. Từ điểm KS01 đến KS27 chủ yếu là hiện tượng trượt phẳng với mặt trượt nông. Nguyên nhân chủ yếu là do khai đào mái dốc với độ dốc lớn đây là yếu tố chính thúc đẩy trượt lở tại khu vực này. Từ điểm KS28 đến KS35 do hầu hết các mái dốc có độ dốc lớn, lớp vỏ phong hóa mỏng nên hầu hết đã bị trượt lở lộ ra đá gốc, khu vực này có khả năng nguy cơ xảy ra đá lở, đá đổ.
- ❖ Thảm thực vật: khu vực này có hệ thống thảm thực vật tương đối phong phú do đây là khu rừng nguyên sinh, cây bụi phát triển, cây tạp có chiều cao thấp nên thuận lợi cho quá trình phát triển của các cây bụi.

2. Các yếu tố ảnh hưởng đến lũ quét - lũ bùn đá

- ❖ Tại khu vực công trình có tồn tại một số nhánh suối có nguy cơ lũ quét - lũ bùn đá tại các điểm khảo sát KS03, KS04, KS12, KS13, KS14, KS15, KS18, KS19, KS24. Đặc biệt cụm các điểm KS03-KS04 có diện tích tập trung nước khoảng 10ha, cụm các điểm nguy cơ KS13-KS15 có diện tích tập trung nước lên đến hơn 57 ha, độ dốc lớn. Nếu lượng mưa đạt 795 mm/ngày như trận mưa ngày 17/10/2022 thì lưu lượng dòng chảy qua vị trí KS13, KS14 lên tới 5,27 m³/giây.
- ❖ Khu vực khảo sát hầu hết có thảm thực vật phát triển, lớp vỏ phong hóa 2 bên bờ suối tuy có phân lớp mỏng nhưng là phong hóa từ đá granit nên độ dính kết rất kém, khi có sự lưu thông dòng chảy rất dễ gây ra hiện tượng sạt lở 2 bên

bờ suối, kết hợp với lượng mùn rác mà cây khô 2 bên bờ chết đi, có thể tạo nên các đập chắn tự nhiên. Khi đó sẽ có lượng nước lớn được tích lũy khi dòng chảy có đủ lực để phá vỡ những đập chắn tự nhiên thì sẽ tạo nên các dòng lũ quét – lũ bùn đá chảy xuống phía dưới. Đặc biệt là tại các điểm KS04, KS14, KS24 dòng suối đổ trực tiếp vật liệu xuống đường. Vì vậy rất nguy hiểm cho các phương tiện lưu thông trên đường khi mùa mưa lũ đến.

- ❖ Mặc khác tại đây theo khảo sát các suối có độ dốc rất cao, cao độ chênh từ 200 đến 500 nên động năng của nước, kết hợp với vật liệu của dòng suối là các cục hòn tảng đá kích cỡ từ 0,2-0,5m có chỗ có tảng to đến 2,0-3,0m rất nguy hiểm khi xảy ra hiện tượng lũ quét - lũ bùn đá.

3. Dựa trên công tác đo vẽ địa chất công trình, tổng hợp tài liệu từ công tác khoan khảo sát đã tiến hành phân chia địa tầng phạm vi khảo sát thành 6 lớp đất đá chính ảnh hưởng đến các tai biến địa chất trong khu vực nghiên cứu gồm các lớp 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C.

- Lớp 1A: Khối, tảng granite lẫn cát, cát sét nguồn gốc lũ tích.
- Lớp 1B: Sét ít dẻo (CL), bụi ít dẻo (ML), cát sét (SC), dăm sạn lẫn cát sét (GC), màu nâu vàng, nâu đỏ, trạng thái nửa cứng - cứng, lẫn dăm sạn, khối tảng kích thước 0,2m đến 1,0m, nhiều khối tảng >1,0m (nguồn gốc sườn tàn tích).
- Lớp 1C: Sét ít dẻo (CL), bụi ít dẻo (ML), cát sét (SC), dăm sạn lẫn cát sét (GC), màu xám vàng, xám trắng, xám nâu, trạng thái cứng, lẫn dăm sạn, khối tảng phong hóa sọt, đôi chỗ xen kẹp đới phong hóa mạnh. Trong đất chứa nhiều khoáng vật feldspat màu trắng đục, đất vẫn giữ được kết cấu của đá gốc - granite (nguồn gốc tàn tích)
- Lớp 2A: Đá granite, màu xám vàng, xám trắng, phong hóa vừa, nứt nẻ rất mạnh (RQD 25-50%)
- Lớp 2B: Đá granite, màu xám xanh, xám trắng, phong hóa nhẹ, nứt nẻ trung bình (RQD 55-75%)
- Lớp 2C: Đá granite, màu xám xanh, xám trắng, phong hóa nhẹ, nứt nẻ vừa - yếu (RQD 75-95%)
- Công tác đo vẽ đã tiến hành lấy 10 mẫu đất trong các lớp vỏ phong hóa để nghiên cứu khả năng trương nở, tan rã của đất. Kết quả thí nghiệm cho thấy lớp 1B có tính tan rã hoàn toàn. Lớp 1C có tính tan lớn nhưng tốc độ tan rã rất chậm. Đất của cả lớp 1B và 1C có tính trương nở kém.

CHƯƠNG 3: XÂY DỰNG BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NGUY CƠ TRƯỢT LỞ ĐẤT, ĐÁ CHO TUYẾN ĐƯỜNG HOÀNG SA, THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG

Nghiên cứu xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở đất (LSM) trên Hệ thống Thông tin Địa lý (GIS) bằng cách áp dụng các phương pháp Tỷ số tần suất (FR) và Phân tích thứ bậc (AHP) nhằm xác định và phân vùng các khu vực có nguy cơ mất ổn định dọc tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng. Các lớp dữ liệu chuyên đề của các yếu tố gây sạt lở đã được xây dựng phục vụ mô hình hóa trong môi trường GIS, bao gồm: địa chất, lưu lượng mưa, khoảng cách đến đường tự thủy, khoảng cách đến đường giao thông, độ dốc, hướng dốc, hiện trạng sử dụng đất, mật độ sạt lở, độ chia cắt địa hình theo phương đứng. Dữ liệu các điểm sạt lở dọc tuyến đường đã được thu thập dựa trên số liệu do đơn vị quản lý cung cấp từ năm 2020 đến 2025, giai đoạn này ghi nhận 37 vụ sạt lở dọc tuyến. Kết quả đánh giá mô hình bằng đường cong ROC cho thấy phương pháp FR có độ chính xác dự báo cao hơn so với phương pháp AHP, với giá trị AUC lần lượt là 0,78 và 0,62. Bản đồ nguy cơ sạt lở được xây dựng từ phương pháp FR đã phân chia khu vực nghiên cứu thành năm cấp độ: rất thấp (2,6-5,98), thấp (5,99-8,63), trung bình (8,64-11,3), cao (11,4-16,7) và rất cao (16,8-28,7).

Mô hình MFR đạt độ chính xác dự báo cao hơn, với diện tích dưới đường cong (Area Under the Curve - AUC) là 0,85, so với giá trị 0,73 của mô hình MAHP. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở được xây dựng từ mô hình MFR được phân thành năm cấp độ nguy cơ: rất thấp (1,32-2,00), thấp (2,01-2,56), trung bình (2,57-3,14), cao (3,15-3,67) và rất cao (3,68-4,93). Các khu vực có mức độ nguy cơ cao và rất cao chủ yếu tập trung trên các sườn dốc lớn và những vùng có điều kiện địa chất phức tạp kết hợp với lượng mưa lớn.

Kết quả này có thể cung cấp thông tin hữu ích cho các bên liên quan như nhà quy hoạch, quản lý, nhà thiết kế và cộng đồng địa phương trong công tác xây dựng và bảo trì trong tương lai tại khu vực nghiên cứu.

3.1. GIỚI THIỆU

Sạt lở đất được hiểu là sự dịch chuyển của khối đất đá trên sườn dốc theo phương trọng lực, xảy ra khi trạng thái cân bằng của sườn dốc bị phá vỡ do tác động của các yếu tố tự nhiên và hoạt động của con người [3]. Ở Việt Nam, sạt lở đất là loại hình thiên tai phổ biến, thường xảy ra trong phạm vi hẹp và thời gian ngắn, nhưng gây ra những thiệt hại lớn về kinh tế và đe dọa tính mạng của con người [19]. Để sớm có biện pháp chủ động phòng ngừa và hạn chế rủi ro do hiện tượng sạt lở đất gây ra, việc xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ sạt lở đóng vai trò rất quan trọng, nó giúp xác định những khu vực có khả năng xảy ra sạt lở dưới các điều kiện địa chất và môi trường nhất định, bản đồ nguy cơ này được xây dựng dựa trên giả thuyết rằng các sự kiện sạt lở mới có xu hướng xảy ra tại những nơi có điều kiện tương tự như các điểm đã xảy ra sạt lở trong quá khứ [20]

Hiện nay, việc xây dựng bản đồ nguy cơ có ba nhóm phương pháp chính: (i) Phương pháp định tính, (ii) phương pháp quyết định, (iii) phương pháp thống kê. Các phương pháp định tính chủ yếu dựa vào kinh nghiệm chuyên gia để đánh giá mức độ

ảnh hưởng của từng yếu tố gây sạt lở, nhưng điều này dễ dẫn đến sự chủ quan trong kết quả. Tuy nhiên, ưu điểm của phương pháp này là dễ thực hiện, linh hoạt và có thể tích hợp nhiều nguồn thông tin khác nhau nên ngày nay vẫn được sử dụng phổ biến. Các phương pháp theo hướng này là phân tích thứ bậc (AHP) [11] và tổ hợp tuyến tính có trọng số [21]. Nhóm phương pháp quyết định dựa trên các phép tính và phân tích điều kiện ổn định của mái dốc, đây là phương pháp định lượng có độ chính xác cao, tuy nhiên chỉ phù hợp với phạm vi nghiên cứu nhỏ do yêu cầu dữ liệu đầu vào chi tiết và công tác khảo sát chuyên sâu. Trong nhóm các phương pháp thống kê thì phương pháp tỷ số tần suất (FR) được sử dụng rộng rãi nhất. Phương pháp này tính toán trọng số cho từng lớp của các yếu tố gây sạt lở dựa trên mối quan hệ thống kê giữa phân bố sạt lở và điều kiện môi trường. FR có ưu điểm dễ áp dụng, dễ hiểu và cho phép đánh giá trực tiếp mức độ ảnh hưởng của từng lớp của yếu tố thông qua giá trị tỷ số tần suất [2]

Tuyến đường Hoàng Sa, thành phố Đà Nẵng là tuyến đường chạy dọc sườn phía Nam của bán đảo Sơn Trà, là trục giao thông quan trọng phục vụ phát triển du lịch, bảo tồn cảnh quan sinh thái của bán đảo Sơn Trà. Tuyến đường đi qua khu vực địa hình có sườn dốc lớn và nền địa chất phong hóa mạnh, nên thường xảy ra trượt lở đất đặc biệt trong các đợt mưa lớn kéo dài như các trận mưa lớn tháng 10 năm 2022 đã gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến các tuyến đường Hoàng Sa, xuất hiện nhiều điểm sụt trượt taluy dương và cả taluy âm, đá lăn đá rơi, một số đoạn tuyến bị đứt gãy nền mặt đường gây hư hỏng nặng cho tuyến đường làm cản trở giao thông, mất an toàn cho các phương tiện tham gia giao thông. Do vậy, việc xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở dọc tuyến đường Hoàng Sa là cần thiết nhằm hỗ trợ chính quyền thành phố Đà Nẵng trong triển khai các phương án giảm thiểu rủi ro về khả năng xảy ra trượt lở, qua đó hỗ trợ quy hoạch và phát triển sử dụng đất an toàn, đồng thời giảm thiểu các tác động tiêu cực của thiên tai này.

Trong nghiên cứu này ứng dụng bốn phương pháp AHP, MAHP, FR và MFR để xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở cho tuyến Hoàng Sa thuộc bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng. Chín yếu tố tác động đến sạt lở được xem xét, bao gồm: địa chất, lưu lượng mưa, khoảng cách đến đường tự thủy, khoảng cách đến đường giao thông, độ dốc, hướng dốc, hiện trạng sử dụng đất, mật độ điểm sạt lở, mức độ chia cắt địa hình theo phương đứng. Bản đồ nguy cơ sạt lở được kiểm chứng bằng dữ liệu sạt lở thực tế nhằm đánh giá độ chính xác của các mô hình.

3.2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ CƠ SỞ DỮ LIỆU

3.2.1 Khu vực nghiên cứu

Bán đảo Sơn Trà được giới hạn trong khoảng tọa độ địa lý từ $108^{\circ}12'45''$ đến $108^{\circ}20'40''$ kinh độ Đông và từ $16^{\circ}05'50''$ đến $16^{\circ}09'06''$ vĩ độ Bắc, với hướng kéo dài chủ yếu theo trục Đông - Tây. Đoạn tuyến Hoàng Sa nằm trong phạm vi nghiên cứu có lý trình từ Km 0 + 950 đến Km 7 + 450. Tuyến đường Hoàng Sa đi men theo chân sườn đồi núi mặt phía Nam bán đảo Sơn Trà. Tuyến thuộc kiểu đường đào với taluy dương chủ yếu cắt vào chân các sườn dốc và ta luy âm thuộc kiểu địa hình tự nhiên và một phần hình thành từ quá trình đắp nền đường. Nhiều đoạn tuyến có mái ta luy dương và ta luy âm cao dễ gây ra sụt trượt làm mất ổn định ta luy nền đường. Khu vực có địa hình

hiểm trở, độ dốc dọc và độ dốc ngang lớn nên khi mưa lớn xảy ra đã có hiện tượng sụt trượt đất đá gây ảnh hưởng đến an toàn của nhân dân và khách du lịch trong vùng

Khí hậu Đà Nẵng được chia thành hai mùa rõ rệt, bao gồm mùa mưa từ tháng 8 đến tháng 12 và mùa khô từ tháng 1 đến tháng 7. Trong giai đoạn từ năm 2020 - 2025, lượng mưa trung bình năm dao động từ 1400 mm đến 3307 mm, trong đó phần lớn lượng mưa tập trung từ tháng 9 đến tháng 10 (tổng hợp từ dữ liệu khí tượng trực tuyến <https://domuavrain.vn/landing>). Tuyến đường được xây dựng qua vùng núi có địa hình dốc, địa chất phong hóa mạnh, lượng mưa hàng năm lớn và kết hợp với các mái dốc taluy âm và dương lớn đã tăng nguy cơ sạt lở đối với tuyến đường này. Trong các mùa mưa năm 2020 và 2025 đã có 37 vụ sạt lở dọc tuyến, khiến tuyến đường không đảm bảo an toàn cho người và phương tiện giao thông, gây thiệt hại nặng nề về kinh tế [23]. Hiện nay, do ảnh hưởng ngày càng tăng của biến đổi khí hậu, mưa lớn xảy ra bất thường nên nguy cơ sạt lở dọc theo tuyến đường có xu hướng tăng lên.

3.2.2. Chuẩn bị cơ sở dữ liệu

Trong nghiên cứu này, các bản đồ chủ đề được xây dựng cho chín nhân tố: địa chất, lưu lượng mưa, khoảng cách đến tuyến, độ dốc, hướng dốc, hiện trạng sử dụng đất, mật độ điểm sạt lở, độ chia cắt theo chiều đứng, khoảng cách đến đường dòng chảy. Mô hình số độ cao (Digital Elevation Model – DEM) của khu vực nghiên cứu xây dựng trong phần mềm ArcGIS, được trích từ dữ liệu quốc gia với tỷ lệ 1:10000 và đường đồng mức với chênh cao giữa hai đường đồng mức liên tiếp 10 m.

Trên cơ sở mô hình DEM trong môi trường ArcGIS, các nhân tố không gian bao gồm khoảng cách đến tuyến, khoảng cách đến đường dòng chảy, độ dốc, hướng dốc, mức độ chia cắt địa hình theo phương đứng được xây dựng. Bản đồ địa chất được tổng hợp từ tài liệu khoan khảo sát phục vụ thiết kế dự án kiên cố hóa tuyến đường Hoàng Sa, kết hợp với bản đồ địa chất quốc gia tỷ lệ 1:50000.

Dữ liệu lượng mưa được thu thập từ các trạm khí tượng Chùa Linh Ứng nằm trên bán đảo Sơn Trà thông qua website cung cấp dữ liệu khí tượng. Mật độ các điểm sạt lở được xây dựng trên cơ sở số liệu điều tra, khảo sát sạt lở do cơ quan quản lý tuyến đường cung cấp phục vụ dự án kiên cố hóa tuyến đường Hoàng Sa.

Các bản đồ nhân tố sau đó được xây dựng đồng bộ trong cùng một môi trường GIS và chuyển đổi sang định dạng raster với kích thước ô lưới chuẩn 10×10 m, đảm bảo sự thống nhất về độ phân giải không gian. Đối với mỗi nhân tố nghiên cứu, các ô raster trên từng bản đồ được gán giá trị trọng số tương ứng. Bản đồ nguy cơ sạt lở đất cuối cùng được xây dựng thông qua việc tích hợp và chồng xếp các lớp thông tin có trọng số, trong đó giá trị nguy cơ tại mỗi vị trí được xác định từ tổng hợp trọng số của các ô raster tương ứng trong không gian.

3.2.3. Bản đồ hiện trạng sạt lở

Bản đồ hiện trạng sạt lở, thể hiện vị trí các điểm sạt lở được xem là cơ sở cho việc lập bản đồ nguy cơ sạt lở. Các dữ liệu về loại hình sạt lở, các yếu tố kích hoạt và các vị trí sạt lở đang hoạt động được thu thập trong quá trình khảo sát tuyến phục vụ dự án Kiên cố hóa đường Hoàng Sa - khu vực bán đảo Sơn Trà [23]. Toàn bộ nguồn dữ liệu được

tổng hợp để xây dựng bản đồ hiện trạng sạt lở của khu vực nghiên cứu. Kết quả khảo sát sạt lở trong phạm vi nghiên cứu cho đã ghi nhận nhiều dạng sạt lở như xói sạt, sụt lở mái taluy, đá lăn phân bố trên khắp đoạn tuyến nghiên cứu với quy mô chủ yếu từ nhỏ đến trung bình, cục bộ có vị trí quy mô lớn tại như vị trí điểm sạt lở 30 (Hình 3.1). Hiện tượng sạt lở này tập trung chủ yếu tại mái taluy dương, khu vực cửa cống thoát nước, lòng suối, rãnh tụ thủy và các sườn dốc có độ cao, độ dốc lớn. Hình 3.2 thể hiện 37 điểm sạt lở đã xảy ra dọc theo tuyến đường và được biểu diễn bằng các điểm màu đỏ trên bản đồ.



Hình 3.1. Các dạng trượt lở điển hình dọc tuyến đường

a) Lũ bùn đá taluy dương tại vị trí 18; b) sạt lở taluy dương tại vị trí 21; c) Sụt lở nền mặt đường và taluy âm tại vị trí 15; d) xói sạt taluy dương tại vị trí 30

3.3. CÁC YẾU TỐ GÂY RA SẠT LỞ ĐẤT

Có rất nhiều yếu tố liên quan đến hiện tượng trượt lở đất và cần được xem xét khi phân tích nguy cơ sạt lở đất. Theo Soeters và Westen (1996) [22], không nhất thiết phải sử dụng tất cả các yếu tố. Việc lựa chọn cần dựa trên mức độ ảnh hưởng tiềm năng của các yếu tố đó đối với trượt lở trong khu vực nghiên cứu. Mục tiêu là đạt được kết quả tối ưu trong đánh giá nguy cơ trượt lở nhưng với số lượng yếu tố tối thiểu. Trong nghiên cứu này, chín yếu tố được lựa chọn làm tham số đầu vào cho mô hình đánh giá nguy cơ sạt lở, bao gồm: địa chất, lưu lượng mưa, khoảng cách đến dòng chảy, khoảng cách đến đường giao thông, độ dốc, hướng dốc, hiện trạng sử dụng đất, mật độ điểm trượt, mức độ chia cắt địa hình theo phương đứng.

3.3.1. Lượng mưa

Dữ liệu lượng mưa được thu thập từ trạm khí tượng Chùa Linh Ứng trên bán đảo Sơn Trà. Bộ dữ liệu được tổng hợp cho giai đoạn 2020 - 2025, trong giai đoạn này, lượng mưa lớn nhất ghi nhận được là 360,4 mm/ngày. Bản đồ lưu lượng mưa dọc tuyến được thể hiện trong Hình 3.3

3.3.2. Khoảng cách đến tuyến đường

Công tác xây dựng đường giao thông thường làm thay đổi trạng thái cân bằng tự nhiên của địa hình và cấu trúc đất đá. Những tác động này có thể làm suy giảm độ ổn định của sườn dốc, từ đó làm gia tăng nguy cơ xảy ra các hiện tượng sạt lở, đặc biệt tại các khu vực nằm gần tuyến đường. Do đó, khoảng cách đến đường giao thông được xem là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình hình thành và phát triển trượt lở. Trong nghiên cứu này, yếu tố khoảng cách tới đường được chia thành ba phân lớp: 0 - 200 m, 200 - 500 m và 500 - 900 m (Hình 3.4).

3.3.3. Hiện trạng sử dụng đất

Sử dụng đất phản ánh hiện trạng thảm thực vật và mức độ can thiệp của con người trong khu vực nghiên cứu. Các hoạt động nhân sinh như trồng rừng, khai thác rừng và xây dựng có ảnh hưởng đáng kể đến ổn định mái dốc. Bản đồ sử dụng đất được phân thành ba nhóm chính: đất xây dựng, rừng tự nhiên, cây bụi (Hình 3.5).

3.3.4. Khoảng cách đến dòng chảy

Mạng lưới dòng chảy có ảnh hưởng đáng kể đến điều kiện ổn định của sườn dốc thông qua các quá trình xói mòn, rửa trôi và bão hòa đất. Các khu vực gần dòng chảy thường chịu tác động mạnh của dòng nước, làm suy giảm lực kháng cắt của vật liệu và gia tăng nguy cơ xảy ra trượt lở. Do đó, khoảng cách đến dòng chảy được xem là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình hình thành và phát triển trượt lở. Trong nghiên cứu này, yếu tố khoảng cách đến dòng chảy được phân thành năm cấp: 0 - 50 m, 50 - 100 m, 100 - 200 m, 200 - 300 m và 300 - 500 m (Hình 3.6), nhằm phân tích ảnh hưởng của khoảng cách đến mạng lưới dòng chảy đối với quá trình hình thành và phát triển trượt lở trong khu vực nghiên cứu.

3.3.5. Độ dốc và hướng dốc

Bản đồ độ dốc được trích xuất từ mô hình DEM bằng các công cụ phân tích không gian trong môi trường GIS. Bản đồ độ dốc được chia thành năm phân lớp: 0 - 15°, 15 - 25°, 25 - 35°, 35 - 45° và 45 - 70° (Hình 3.7)

Hướng dốc thể hiện phương vị của sườn dốc và chi phối điều kiện phơi sáng của bề mặt địa hình đối với bức xạ mặt trời. Sự khác biệt về hướng phơi sáng ảnh hưởng đến quá trình phong hóa đá gốc, mức độ suy yếu cấu trúc địa chất, cũng như các đặc trưng của lớp phủ đất. Đối với đất, hướng dốc tác động đến chế độ ẩm và sự phân bố thảm thực vật, từ đó ảnh hưởng đến điều kiện ổn định của sườn dốc và nguy cơ phát sinh trượt lở. Trong nghiên cứu này, bản đồ hướng dốc được phân thành chín nhóm theo phương vị, bao gồm: Bắc (0° - $22,5^{\circ}$ và $337,5^{\circ}$ - 360°), Đông Bắc ($22,5^{\circ}$ - $67,5^{\circ}$), Đông ($67,5^{\circ}$ -

112,5⁰), Đông Nam (112,5⁰ - 157,5⁰), Nam (157,5⁰ - 202,5⁰), Tây Nam (202,5⁰ - 247,5⁰), Tây (247,5⁰ - 292,5⁰) và Tây Bắc (292,5⁰ - 337,5⁰) thể hiện trong Hình 3.8

3.3.6. Mật độ sạt lở

Mật độ sạt lở được định nghĩa là số lượng sạt lở trên mỗi kilômét vuông. Trong nghiên cứu này, yếu tố này được phân thành chín nhóm: < 1; 1- 2; 2 - 3; 3 - 4; 4 -5; 5 - 6; 6 - 7; 7 - 8; 8 - 10 điểm/km² (Hình 3.9).

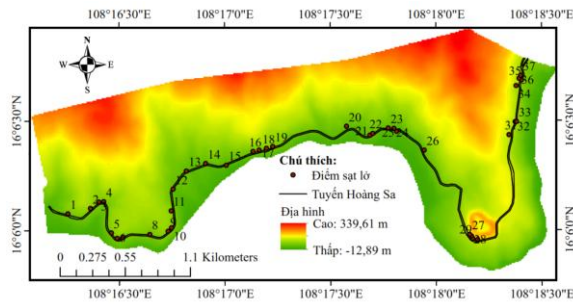
3.3.7. Địa chất

Đặc điểm địa chất là một trong những yếu tố quan trọng nhất chi phối mức độ ổn định của mái dốc. Trong bản đồ địa chất, việc phân chia các thành tạo địa chất, xác định tuổi tương đối, thành phần thạch học và đặc điểm cấu trúc - kiến tạo chủ yếu dựa theo bản đồ địa chất khu vực. Các đặc điểm về mức độ phong hóa, chiều dày lớp phủ, đặc trưng cơ lý đất đá và điều kiện phân bố thực tế được kiểm chứng, bổ sung thông qua tài liệu khoan khảo sát địa chất. Các thành tạo trong vùng nghiên cứu từ già đến trẻ bao gồm: Hệ tầng Bok Ttek, phức hệ Bok Kol, Phức hệ Hải Vân và trầm tích Đệ Tứ (Hình 3.10)

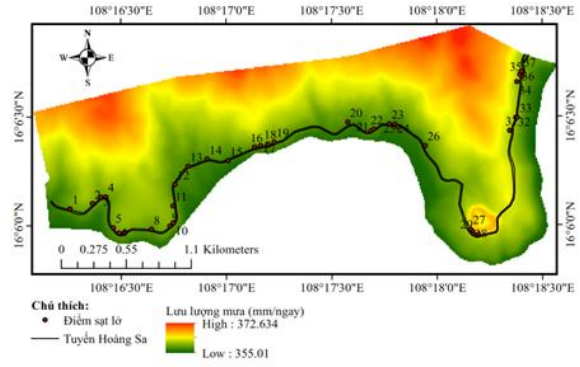
Hệ tầng Bok Ttek (O-S) gồm các đá phiến thạch anh - biotit và thạch anh - mica, có cấu tạo phân phiến rõ rệt, kiến trúc hạt mịn đến trung bình. Do chịu tác động biến chất và biến dạng kiến tạo, đá phát triển mặt phân phiến mạnh, dễ tách theo phương cấu trúc và phong hóa thành đất sét pha cát trong điều kiện nhiệt đới ẩm, làm giảm độ ổn định sườn dốc. Phức hệ Bok Kol gồm các đá magma xâm nhập mafic, chủ yếu là gabro, có cấu tạo khối và kiến trúc hạt trung đến thô. Đá có độ bền cao khi còn tươi, tuy nhiên dễ bị phong hóa mạnh, tạo lớp đất phong hóa giàu sắt, ảnh hưởng đến điều kiện ổn định nền và mái dốc. Phức hệ Hải Vân được chia thành hai pha bao gồm pha xâm nhập chính và pha xâm nhập muộn. Pha xâm nhập chính (Pha 1) phân bố rộng nhất, gồm chủ yếu granit biotit, granit hai mica và ít granodiorit, có kiến trúc hạt từ vừa đến lớn, cấu tạo khối hoặc có kiến trúc porphy. Pha xâm nhập muộn (Pha 2) phát triển dưới dạng các mạch xuyên cắt qua đá của pha xâm nhập chính, gồm granit aplit và pegmatit, có kiến trúc hạt mịn đến rất thô, thành phần chủ yếu là thạch anh và feldspat. Trầm tích Đệ Tứ (Q) là thành tạo trẻ nhất trong khu vực, gồm các trầm tích sông, sông - biển, biển, lũ tích và sườn tích, có tuổi từ Pleistocen đến Holocen. Thành phần thạch học chủ yếu gồm cát, cuội, sỏi, cát pha, sét pha và ít vỏ sò hén. Các trầm tích này phân bố dọc bờ biển và chân sườn núi, với bề dày trung bình từ 1 - 3 m.

3.3.8. Mức độ chia cắt theo phương đứng

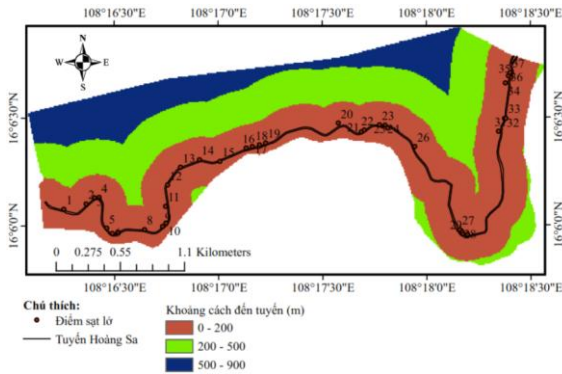
Mức độ chia cắt theo phương đứng trong khu vực nghiên cứu biến thiên từ 0 đến 10 m/km² và được phân loại theo phương pháp phân lớp tự nhiên [24] thành năm khoảng: 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60, 60 - 80 và 80 - 100 m/km² (Hình 3.11).



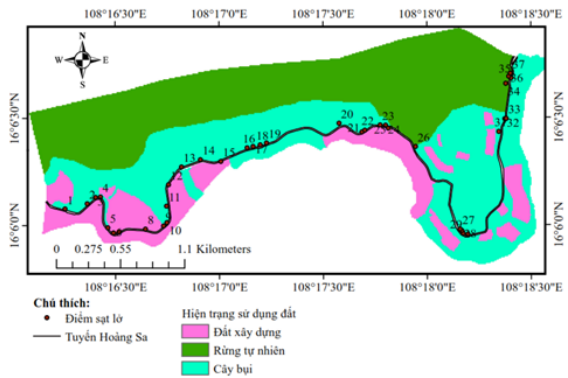
Hình 3.2. Mô hình số độ cao (DEM) của khu vực nghiên cứu dọc tuyến đường Hoàng Sa và các điểm sạt lở.



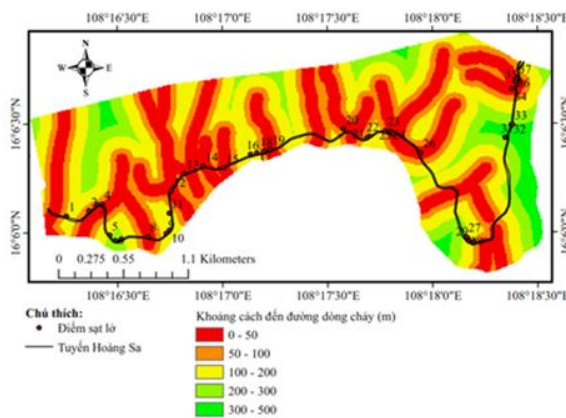
Hình 3.3. Bản đồ lưu lượng mưa



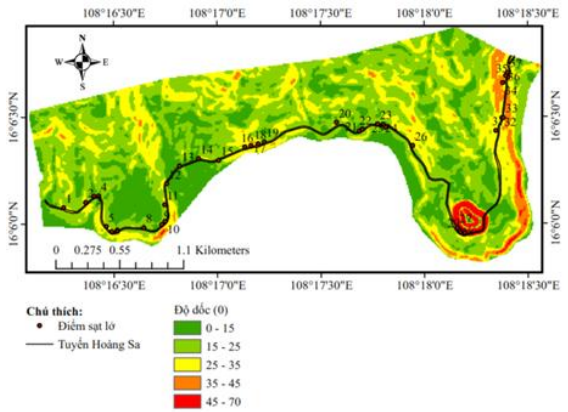
Hình 3.4. Bản đồ khoảng cách đến tuyến đường giao thông.



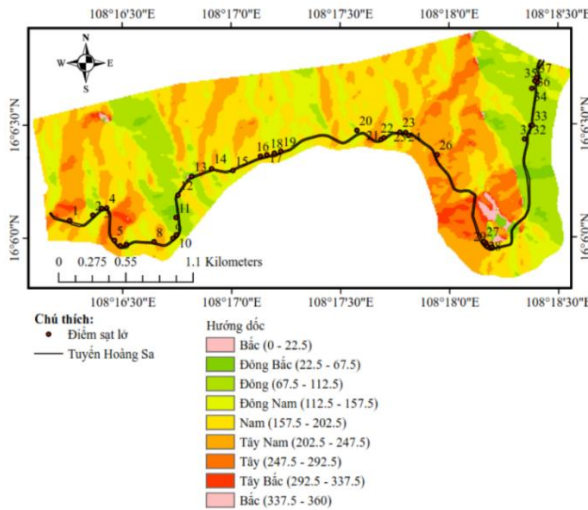
Hình 3.5. Bản đồ hiện trạng sử dụng đất.



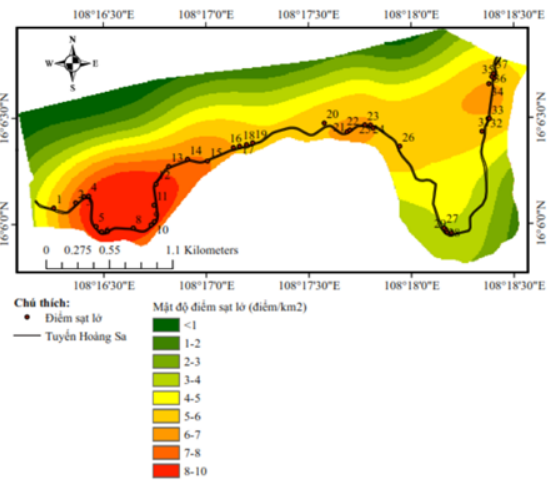
Hình 3.6. Bản đồ khoảng cách đến dòng chảy



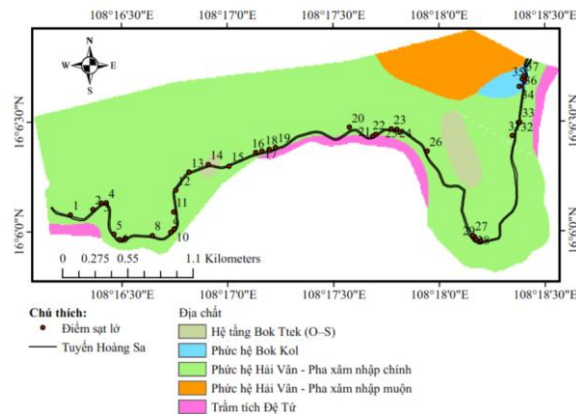
Hình 3.7. Bản đồ độ dốc



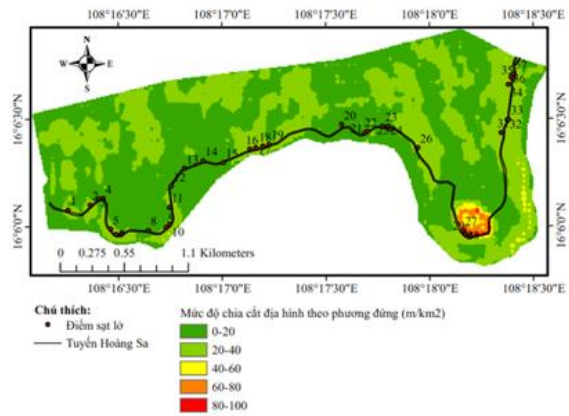
Hình 3.8. Bản đồ hướng dốc



Hình 3.9. Bản đồ mật độ điểm sạt lở



Hình 3.10. Bản đồ địa chất



Hình 3.11. Bản đồ mức độ chia cắt địa hình theo phương đứng

3.4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bốn phương pháp gồm FR, AHP, MFR và MAHP được sử dụng để xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở cho tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng, Việt Nam.

3.4.1. Phương pháp FR

Phương pháp FR là một kỹ thuật thống kê phổ biến được sử dụng trong đánh giá nguy cơ trượt lở đất. Phương pháp này dựa trên giả định rằng sự xuất hiện của trượt lở trong quá khứ phản ánh xu hướng xảy ra trượt lở trong tương lai. Do đó, mối liên hệ giữa phân bố không gian của các điểm trượt lở và các yếu tố gây trượt có thể được sử dụng để định lượng mức độ nhạy cảm của từng loại điều kiện. Trong phương pháp FR, mỗi yếu tố gây trượt (ví dụ: độ dốc, hướng dốc, địa chất, khoảng cách đến dòng chảy, hiện trạng sử dụng đất...) được phân chia thành các phân lớp. Tỷ số tần suất cho từng phân lớp được xác định bằng cách so sánh mật độ các điểm trượt lở xuất hiện trong lớp đó với mật độ trượt lở trung bình trên toàn khu vực nghiên cứu. Giá trị FR_i thu được phản ánh mức độ đóng góp của từng phân lớp của mỗi yếu tố vào khả năng phát sinh trượt lở; giá trị FR_i càng lớn cho thấy ảnh hưởng của phân lớp đó đối với hiện tượng

trượt lở càng mạnh, $FR_i = 1 \rightarrow$ phân lớp i có mức độ nguy cơ bình thường, $FR_i > 1 \rightarrow$ phân lớp i có khả năng xảy ra trượt lở cao, $FR_i < 1 \rightarrow$ phân lớp i mức độ nguy cơ thấp [25].

Công thức xác định FR_i [25]:

$$FR_i = \frac{\frac{NLS}{\sum_{i=1}^n NLS}}{\frac{NC}{\sum_{i=1}^n NC}} \quad (3-1)$$

Trong đó:

- n là số phân lớp của một yếu tố;
- NLS là diện tích sạt lở trong một phân lớp;
- $\sum_{i=1}^n NLS$ là tổng số diện tích sạt lở trong toàn vùng;
- NC là diện tích của phân lớp tương ứng;
- $\sum_{i=1}^n NC$ là tổng diện tích trong toàn bộ khu vực nghiên cứu.

Chỉ số nguy cơ sạt lở (LSI) được xác định bằng:

$$LSI = FR_1 + FR_2 + \dots + FR_m \quad (3-2)$$

Trong đó $FR_1, FR_2, \dots, FR_m$ là các bản đồ dạng raster tương ứng với từng yếu tố.

Bảng 3.1 thể hiện giá trị FR_i của các phân lớp theo phương pháp FR

3.4.2. Phương pháp AHP

Phương pháp AHP được Saaty [11] giới thiệu năm 1977, là một phương pháp ra quyết định đa tiêu chí có tính hệ thống và linh hoạt, cho phép phân tích các vấn đề phức tạp thông qua cấu trúc phân cấp rõ ràng. AHP dựa trên ba nguyên lý nền tảng: (i) phân rã vấn đề thành các mức thứ bậc; (ii) thực hiện so sánh cặp giữa các tiêu chí; và (iii) tổng hợp trọng số để xác định mức độ quan trọng tương đối của các yếu tố. Bằng cách này, AHP có khả năng chuyển đổi các đánh giá định tính thành các giá trị định lượng, nhờ đó nâng cao tính minh bạch, tính nhất quán và cơ sở lý luận trong quá trình ra quyết định [21].

Trong nghiên cứu này, trọng số các yếu tố được xác định dựa vào ma trận so sánh cặp, trọng số của từng phân lớp được xác định dựa trên tỉ số giữa số lượng điểm trượt lở xuất hiện trong phân lớp và tổng số điểm trượt lở.

Công thức tính chỉ số LSI trong phương pháp AHP được biểu diễn như sau:

$$LSI = \sum X_i W_{ij} \quad (3-3)$$

Trong đó:

- LSI là chỉ số nguy cơ trượt lở;
- W_{ij} là trọng số của phân lớp j trong yếu tố i ;
- X_i là trọng số của yếu tố i .

Bảng 3.1 thể hiện trọng số của các phân lớp trong từng yếu tố ảnh hưởng (W_{ij}) theo phương pháp AHP. Bảng 3.2 thể hiện ma trận so sánh theo cặp (A) của các yếu tố ảnh hưởng đến trượt lở. Trọng số (X_i) của các yếu tố theo phương pháp AHP được trình bày trong Bảng 3.3. Vec tơ nhất quán của các yếu tố được thể hiện trong Bảng 3.4. Bảng 3.5 thể hiện bậc của ma trận (n), chỉ số nhất quán (CI), chỉ số ngẫu nhiên (RI), tỷ lệ nhất quán (CR) của các yếu tố theo phương pháp AHP.

Bảng 3.1. Phân lớp thông tin và trọng số của chúng theo phương pháp AHP và FR

Yếu tố	Phân lớp	Số điểm sạt lở (điểm)	Trọng số của phân lớp (W_{ij})	Diện tích sạt lở (m^2)	Diện tích phân lớp (m^2)	FR_i
Địa chất	Hệ tầng Bok Ttek	1	0,027	750	157000	2,003
	Trầm tích Đệ Tứ	1	0,027	325	216900	0,628
	Phức hệ Hải Vân - Pha xâm nhập muộn	0	0.000	0	437700	0.000
	Phức hệ Bok Kol	4	0.108	2050	72400	11,872
	Phức hệ Hải Vân - Pha xâm nhập chính	31	0.838	8675	4063400	0.895
	Tổng	37	1,000	11800	4947400	15,398
Lưu lượng mưa (mm/ngày)	355-374.6	37	1	11800	4947400	1.000
	Tổng	37	1	11800	4947400	1.000
Khoảng cách đến tuyến (m)	0 - 200	37	1	11800	2442700	2.025
	200 - 500	0	0	0	1639100	0
	500 - 900	0	0	0	865600	0
	Tổng	37	1	11800	4947400	2.025
Độ dốc (°)	0-15	6	0,162	950	1149200	0.347
	15-25	13	0,351	3400	2347000	0.607
	25-35	11	0,297	5325	1207600	1.849
	35-45	3	0,081	1400	171700	3.419
	45-70	4	0,108	725	71900	4.228
	Tổng	37	1	11800	4947400	10.449
Hướng dốc (°)	Bắc (0-22.5)	0	0	0	15300	0.000
	Đông Bắc (22.5– 67.5)	0	0	0	92900	0.000
	Đông (67.5– 112.5)	8	0,216	4200	867200	2,031

	Đông Nam (112.5–157.5)	13	0,351	2300	909800	1.060
	Nam (157.5–202.5)	9	0,243	3600	1513300	0,997
	Tây Nam (202.5–247.5)	6	0,162	1200	1086300	0,463
	Tây (247.5–292.5)	1	0,027	500	375700	0,558
	Tây Bắc (292.5–337.5)	0	0	0	67600	0,000
	Bắc (337.5-360)	0	0	0	19300	0,000
	Tổng	37	1	11800	4947400	5,109
Hiện trạng sử dụng đất	Rừng tự nhiên	1	0,027	2325	2161200	0.451
	Cây bụi	28	0,757	8675	1936200	1,879
	Đất xây dựng	8	0,216	800	850000	0,395
	Tổng	37	1	11800	4947400	2,724
Mật độ sạt lở (điểm sạt lở/km2)	< 1	0	0,000	0	225600	0,000
	1 - 2	0	0,000	0	396000	0,000
	2-3	0	0,000	0	522400	0,000
	3-4	4	0,108	750	782200	0,402
	4-5	0	0,000	0	868600	0,000
	5-6	19	0,514	6325	1175700	2,256
	6-7	5	0,135	1525	349400	1,830
	7-8	8	0,216	1100	222900	2,069
	8-10	1	0,027	2100	404600	2,176
	Tổng	37	1.000	11800	4947400	8.733
Độ chia cắt địa hình theo phương đứng (m/km²)	0-20	13	0,351	3075	2862100	0,450
	20-40	20	0,541	7975	1990500	1,680
	40-60	0	0,000	75	52100	0,604
	60-80	4	0,108	525	38500	5,717
	80-100	0	0,000	150	4200	14,974
	Tổng	37	1	11800	4947400	23,425
Khoảng cách đến đường dòng chảy (m)	0-50	16	0,432	5475	1451700	1,581
	50-100	4	0,108	1000	1176500	0,356
	100-200	11	0,297	3600	1514000	0,997
	200-300	5	0,135	750	595600	0,528
	300-500	1	0,027	975	209600	1,950
	Tổng	37	1,000	11800	4947400	5,413

Bảng 3.2. Ma trận so sánh theo cặp (A) của các yếu tố theo phương pháp AHP

Yếu tố	Độ dốc	Địa chất	Lưu lượng mưa	Chia cắt địa hình theo phương đứng	Khoảng cách đến tụ thủy	Mật độ sạt lở	Khoảng cách đến đường	Hiện trạng sử dụng đất	Hướng dốc
Độ dốc	1	3	4	4	5	5	6	7	8
Địa chất	0,333	1	2	3	4	4	5	6	7
Lưu lượng mưa	0,25	0,5	1	2	3	3	4	5	6
Chia cắt địa hình theo phương đứng	0,25	0,333	0,5	1	2	3	3	4	5
Khoảng cách đến tụ thủy	0,2	0,25	0,333	0,5	1	2	2	3	4
Mật độ sạt lở	0,2	0,25	0,333	0,333	0,5	1	2	3	4
Khoảng cách đến đường	0,167	0,2	0,25	0,333	0,5	0,5	1	2	3
Hiện trạng sử dụng đất	0,143	0,167	0,2	0,25	0,333	0,333	0,5	1	2
Hướng dốc	0,143	0,143	0,167	0,2	0,25	0,25	0,333	0,5	1
Tổng cộng	2,686	5,843	8,783	11,616	16,583	19,083	23,833	31,5	40

Bảng 3.3. Ma trận chuẩn hóa, trọng số của các yếu tố ảnh hưởng theo phương pháp AHP

Yếu tố	Độ dốc	Địa chất	Lưu lượng mưa	Chia cắt địa hình theo phương đứng	Khoảng cách đến tụ thủy	Mật độ sạt lở	Khoảng cách đến đường	Hiện trạng sử dụng đất	Hướng dốc	Trọng số X_i
Độ dốc	0,372	0,513	0,455	0,344	0,302	0,262	0,252	0,222	0,200	0,325
Địa chất	0,124	0,171	0,228	0,258	0,241	0,210	0,210	0,190	0,175	0,201
Lưu lượng mưa	0,093	0,086	0,114	0,172	0,181	0,157	0,168	0,159	0,150	0,142
Chia cắt địa hình theo phương đứng	0,093	0,057	0,057	0,086	0,121	0,157	0,126	0,127	0,125	0,105
Khoảng cách đến tụ thủy	0,074	0,043	0,038	0,043	0,060	0,105	0,084	0,095	0,100	0,071
Mật độ sạt lở	0,074	0,043	0,038	0,029	0,030	0,052	0,084	0,095	0,100	0,061
Khoảng cách đến đường	0,062	0,034	0,028	0,029	0,030	0,026	0,042	0,063	0,075	0,043
Hiện trạng sử dụng đất	0,053	0,029	0,023	0,022	0,020	0,017	0,021	0,032	0,050	0,030
Hướng dốc	0,053	0,024	0,019	0,017	0,015	0,013	0,014	0,016	0,025	0,022

Bảng 3.4. Vector nhất quán (λ_i) theo phương pháp AHP

Số thứ tự	Yếu tố	X_i	$A.X_i$	Vector nhất quán, λ_i	λ_{tb}
1	Độ dốc	0,325	3,220	9,914	9,94
2	Địa chất	0,201	1,985	9,885	
3	Lưu lượng mưa	0,142	1,383	9,731	
4	Chia cắt địa hình theo phương đứng	0,105	1,007	9,553	
5	Khoảng cách đến tụ thủy	0,071	0,671	9,397	
6	Mật độ sạt lở	0,061	0,557	9,188	
7	Khoảng cách đến đường	0,043	0,399	9,205	
8	Hiện trạng sử dụng đất	0,030	0,274	9,250	
9	Hướng dốc	0,022	0,204	9,326	

Bảng 3.5. Bậc của ma trận (n), Chỉ số nhất quán (CI), chỉ số ngẫu nhiên (RI), tỷ lệ nhất quán (CR) theo phương pháp AHP

Bậc của ma trận (n)	λ_{tb}	CI	RI	CR
9	9,494	0,055	1,4	0,039

- Chỉ số nhất quán (Consistency Index – CI) [11]:

$$CI = \frac{\lambda_{tb} - n}{n - 1} \quad (3-4)$$

- Tính tỷ số nhất quán (Consistency Ratio – CR) [11]

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3-5)$$

- RI là chỉ số ngẫu nhiên (Random Index) phụ thuộc vào số lượng yếu tố so sánh, xác định theo [11]

3.4.3. Phương pháp MAHP

Mặc dù phương pháp AHP đã được ứng dụng rộng rãi trong lập bản đồ nhạy cảm trượt lở, nhưng nó vẫn tồn tại nhiều hạn chế. Theo Nefeslioglu et al. (2013) [2] chỉ ra, một trong những vấn đề lớn nhất là sự phụ thuộc đáng kể vào ý kiến chuyên gia, vốn có thể dẫn đến mức độ chủ quan cao và làm tăng khả năng sai lệch kết quả. Độ tin cậy của mô hình AHP phụ thuộc mạnh vào chất lượng dữ liệu đầu vào, điều này là thách thức lớn ở những khu vực có điều kiện khảo sát khó khăn hoặc thiếu dữ liệu, như vùng núi, vùng sâu. Ngoài ra, AHP mặc định rằng các trọng số của yếu tố là cố định theo thời gian, từ đó không phản ánh được bản chất động của các yếu tố kích hoạt trượt lở. Việc bỏ qua biến động không gian và thời gian của điều kiện địa chất, khí hậu và tác động con người có thể làm suy giảm độ chính xác của kết quả đánh giá nhạy cảm trượt lở. Những hạn chế này đặt ra yêu cầu cần điều chỉnh hoặc cải tiến AHP nhằm giảm thiểu tính chủ quan của phương pháp.

Để khắc phục các hạn chế của phương pháp AHP, Nefeslioglu et al. (2013) [2] đã đề xuất phương pháp phân tích thứ bậc cải tiến - Modified Analytic Hierarchy Process (MAHP). Về bản chất, phương pháp này khác với AHP ở một số điểm chính như sau: (i) ma trận so sánh cặp không còn dựa trực tiếp trên ý kiến chuyên gia; (ii) ý kiến chuyên gia chỉ được sử dụng để thiết lập giá trị điểm tối đa của từng yếu tố nhằm xây dựng ma trận điểm số; (iii) các giá trị điểm của từng yếu tố được chuẩn hóa theo điểm tối đa của yếu tố đó; và (iv) ma trận so sánh cặp được xây dựng bằng cách dùng giá trị tầm quan trọng (importance value, I) thu được từ các phân bố thống kê của trượt lở đã nhận dạng theo từng lớp thông tin.

Trong phương pháp MAHP, tầm quan trọng của từng yếu tố được xác định dựa trên dạng phân bố của các điểm trượt lở tương ứng với các lớp thông tin của yếu tố đó. Các đường cong phân bố được xây dựng từ số lần xuất hiện trượt lở trong từng lớp của mỗi yếu tố. Độ lệch chuẩn của các phân bố này được sử dụng làm chỉ số đánh giá mức độ quan trọng (I) của yếu tố.

Công thức tính chỉ số LSI trong phương pháp MAHP như sau:

$$LSI = \sum X_i W_{ij} = \sum \left(\frac{I_i}{(I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n)} W_{ij} \right) \quad (3-6)$$

Trong đó:

- LSI là chỉ số nhạy cảm trượt lở;
- W_{ij} là trọng số của lớp j trong yếu tố i;
- X_i là trọng số của yếu tố i;
- I_i là mức độ quan trọng của yếu tố i.

Bảng 3.6 thể hiện Phân lớp và trọng số của phân lớp theo phương pháp MAHP, bảng 3.7 thể hiện Trọng số của các yếu tố theo phương pháp MAHP

3.4.4. Phương pháp MFR

Phương pháp FR được sử dụng phổ biến trong lập bản đồ nguy cơ trượt lở đất, cho phép đánh giá mức độ đóng góp của từng phân lớp của yếu tố gây sạt lở. Tuy nhiên, phương pháp FR chỉ phù hợp với các yếu tố có liên quan đến được phân loại rời rạc (categorical variables), tức là các yếu tố có ranh giới phân lớp rõ ràng, chẳng hạn như loại đất, lớp phủ bề mặt hoặc hiện trạng sử dụng đất. Đối với các yếu tố này, việc thống kê tần suất xảy ra trượt lở trong từng phân lớp là hợp lý và phản ánh tương đối chính xác mối quan hệ giữa yếu tố gây trượt và hiện tượng trượt lở đất. Nhược điểm của phương pháp FR là không thể áp dụng trực tiếp cho các yếu tố liên tục (continuous variables) [20]. Các yếu tố như độ dốc, địa hình, lưu lượng mưa, khoảng cách đến đường giao thông, khoảng cách đến đường tự thủy, ... có giá trị biến thiên liên tục, do đó không thể sử dụng trực tiếp trong tính toán FR. Vì vậy, các yếu tố này bắt buộc phải được phân lớp (classification) thành các khoảng giá trị rời rạc trước khi phân tích. Tuy nhiên, quá trình phân lớp tồn tại nhiều hạn chế, bao gồm: (i) việc lựa chọn số lượng phân lớp và ranh giới lớp thường mang tính chủ quan, phụ thuộc vào kinh nghiệm của người phân

tích; (ii) các phương pháp phân lớp khác nhau như phân lớp khoảng đều (equal interval), phân lớp theo điểm gãy tự nhiên (natural breaks – Jenks) và phân lớp theo phân vị (quantile) có thể tạo ra kết quả khác biệt đáng kể, làm giảm tính nhất quán của mô hình; (iii) phân lớp không hợp lý có thể làm sai lệch phân bố tần suất trượt lở trong từng lớp, từ đó ảnh hưởng đến độ chính xác của phương pháp FR; (iv) sự thay đổi trong phương pháp hoặc tiêu chí phân lớp có thể dẫn đến sự khác biệt đáng kể về kết quả đánh giá nhạy cảm trượt lở, làm giảm độ tin cậy của mô hình [1]

Do những hạn chế trên, phương pháp FR truyền thống được cải tiến thành Modified Frequency Ratio (MFR) để nâng cao độ chính xác, đặc biệt đối với các yếu tố có liên tục. Phương pháp MFR có thể giảm sự chủ quan trong phân loại thủ công các yếu tố so với phương pháp FR. Mặc dù phương pháp MFR có cấu trúc tính toán phức tạp hơn so với phương pháp FR, nhưng nhờ khả năng tự động hóa và tích hợp các bước xử lý, phương pháp này giúp giảm đáng kể khối lượng thao tác thủ công và nâng cao hiệu quả đánh giá mức độ nhạy cảm trượt lở [1]

Trong nghiên cứu này, phương pháp FR được áp dụng đối với các yếu tố gây sạt lở đã được phân loại sẵn thành các nhóm rời rạc là địa chất và hiện trạng sử dụng đất. Phương pháp MFR được sử dụng đối với các yếu tố liên tục còn lại. Các bước hiện các của phương pháp MFR:

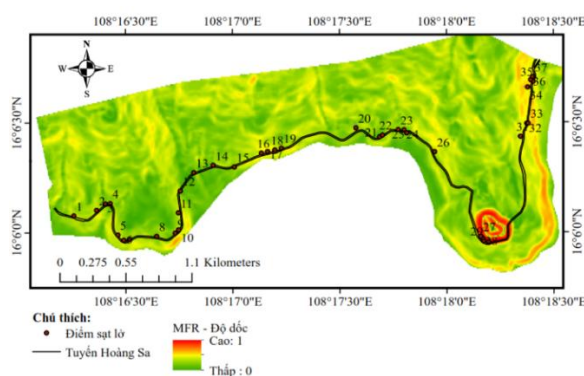
i. Chuẩn hóa (Normalization): Các giá trị liên tục của các yếu tố gây trượt được chuyển đổi về khoảng [0-1]. Mục đích của việc chuẩn hóa để loại bỏ sự khác biệt về đơn vị đo giữa các yếu tố, quá trình này giúp đảm bảo tính nhất quán của dữ liệu đầu vào, đồng thời làm giảm ảnh hưởng của sự chênh lệch thang giá trị đến hiệu suất mô hình, nâng cao độ ổn định và độ chính xác của kết quả dự báo.

Công thức chuẩn hóa được sử dụng như sau:

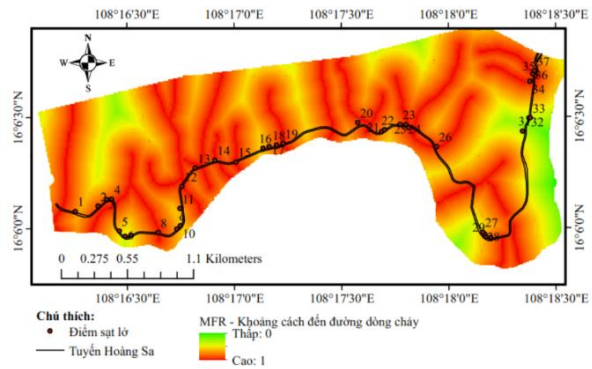
$$I_k = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3-7)$$

Trong đó:

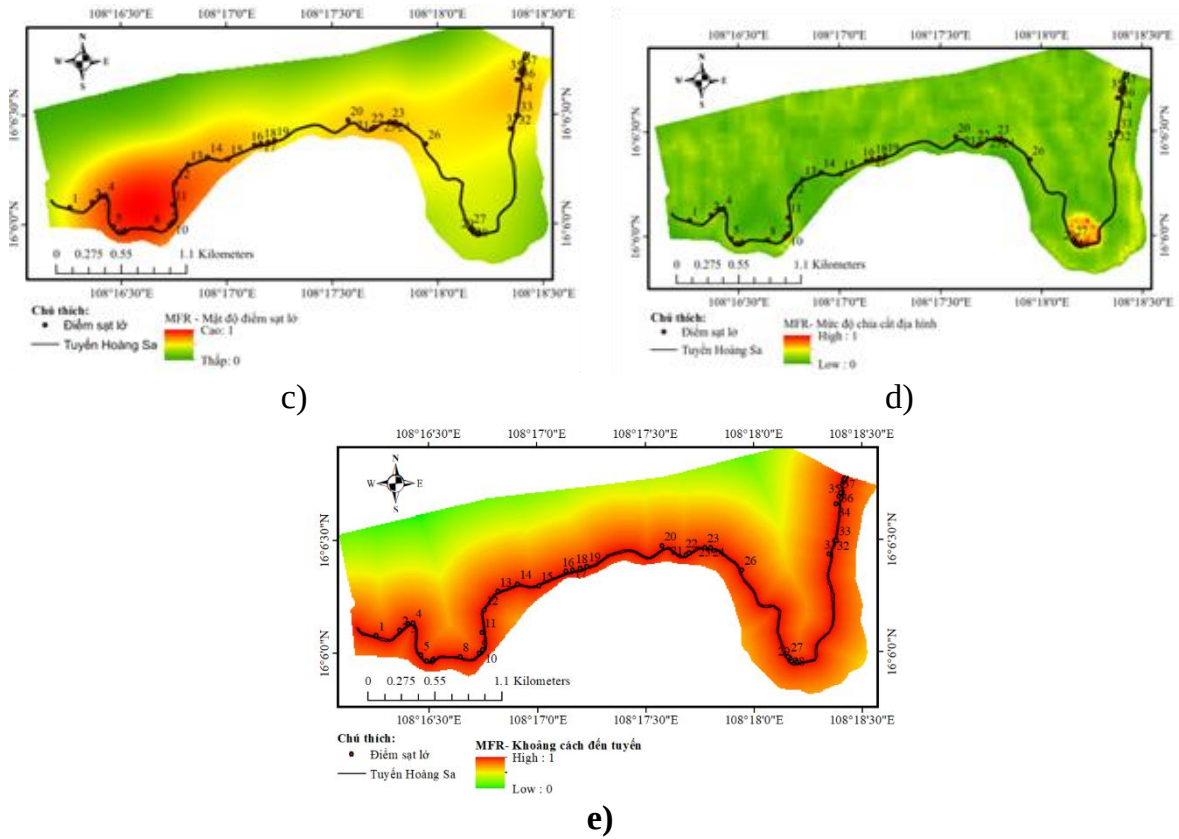
I_k là giá trị sau chuẩn hóa; X là giá trị ban đầu; $X_{\min}$ và $X_{\max}$ lần lượt là giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của yếu tố.



a)



b)



Hình 3.12. Bản đồ thành phần sau chuẩn hóa theo phương pháp MFR

- a) Bản đồ địa hình; b) Khoảng cách đến dòng chảy; c) Mật độ điểm sạt lở; d) Mức độ chia cắt địa hình; e) Khoảng cách đến tuyến

ii. Thiết lập độ chính xác (Precision setting) và xác định vùng lân cận (bin width) của giá trị I_k

Sau khi chuẩn hóa, các giá trị của các yếu tố được làm tròn theo một mức độ chính xác nhất định (precision) nhằm tạo ra các giá trị của yếu tố giống nhau I_k . Trong nghiên cứu này chọn độ chính xác là 3, nghĩa là các giá trị I_k được giữ ba chữ số sau dấu thập phân để thuận lợi cho việc thống kê tần suất.

Xác định vùng lân cận (bin width) của giá trị I_k : Đối với mỗi giá trị của yếu tố giống nhau I_k , một vùng lân cận được xác định dựa trên tham số bin width là 0,05. Tập hợp các ô raster có giá trị nằm trong khoảng $[I_k - 0,025, I_k + 0,025]$ được kí hiệu là F_k . Việc sử dụng vùng lân cận giúp xem xét ảnh hưởng của các giá trị xung quanh của yếu tố thay vì chỉ một giá trị đơn lẻ.

iii. Thống kê tần suất (Frequency statistics):

Đối với mỗi vùng F_k tiến hành xác định:

- AF_k : diện tích thuộc vùng F_k ;
- AL_k : diện tích trượt lở nằm trong vùng F_k

Sau đó xác định:

$$PF_k = \frac{AF_k}{A} \quad (3-8)$$

$$PL_k = \frac{AL_k}{L} \quad (3-9)$$

Trong đó:

- A là tổng diện tích khu vực nghiên cứu;
- L là tổng số diện tích trượt lở.

Tỷ số tần suất được xác định theo công thức:

$$MFR_k = \frac{PL_k}{PF_k} \quad (3-10)$$

Giá trị $MFR_k > 1$ cho thấy khả năng xảy ra trượt lở cao, trong khi $MFR_k < 1$ cho thấy khả năng xảy ra trượt lở thấp.

Chỉ số nguy cơ sạt lở (LSI) được tính bằng:

$$LSI = \sum MFR_k \quad (3-11)$$

Trong đó $MFR_1, MFR_2, \dots, MFR_k$ là các bản đồ MFR dạng raster tương ứng với từng yếu tố.

Bảng 3.5. Phân lớp và trọng số của phân lớp theo phương pháp MAHP và MFR

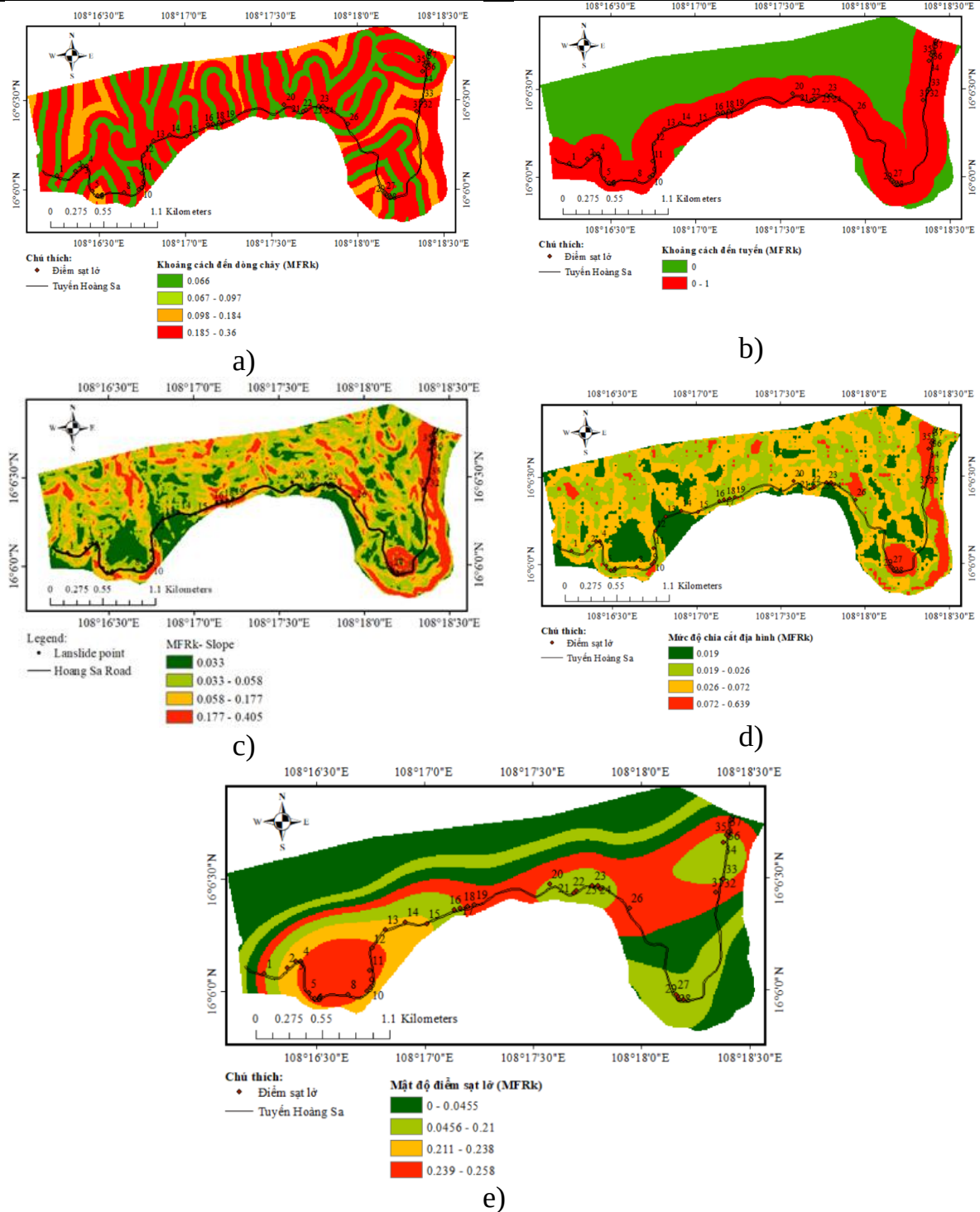
Yếu tố	Phân lớp	Số điểm sạt lở (điểm)	Wij	Diện tích sạt lở (m ²)	Diện tích phân lớp (m ²)	FR _i	MFR _k
Địa chất	Hệ tầng Bok Ttek	1	0,027	750	157000	2,003	0,130
	Trầm tích Đệ Tứ	1	0,027	325	216900	0,628	0,041
	Phức hệ Hải Vân - Pha xâm nhập muộn	0	0,000	0	437700	0,000	0,000
	Phức hệ Bok Kol	4	0,108	2050	72400	11,872	0,771
	Phức hệ Hải Vân - Pha xâm nhập chính	31	0,838	8675	4063400	0,895	0,058
	Tổng	37	1,000	11800	4947400	15,398	1,000
Lưu lượng mưa (mm/ngày)	355-374,6	37	1	11800	4947400	1,000	1,000
	Tổng	37	1	11800	4947400	1,000	
Khoảng cách đến tuyến (m)	0 - 200	37	1	11800	2442700	2,025	Hình 3.13 b
	200 - 500	0	0	0	1639100	0	
	500-900	0	0	0	865600	0	
	Tổng	37	1	11800	4947400	2,025	
Độ dốc (°)	0-15	6	0,162	950	1149200	0,347	Hình 3.13 c
	15-25	13	0,351	3400	2347000	0,607	
	25-35	11	0,297	5325	1207600	1,849	
	35-45	3	0,081	1400	171700	3,419	
	45-69	4	0,108	725	71900	4,228	

	Tổng	37	1	11800	4947400	10,449	
Hướng dốc ($^{\circ}$)	Bắc (0-22,5)	0	0	0	15300	0,000	0,000
	Đông Bắc (22,5-67,5)	0	0	0	92900	0,000	0,000
	Đông (67,5-112,5)	8	0,216	4200	867200	2,031	0,397
	Đông Nam (112,5-157,5)	13	0,351	2300	909800	1,060	0,207
	Nam (157,5-202,5)	9	0,243	3600	1513300	0,997	0,195
	Tây Nam (202,5-247,5)	6	0,162	1200	1086300	0,463	0,091
	Tây (247,5-292,5)	1	0,027	500	375700	0,558	0,109
	Tây Bắc (292,5-337,5)	0	0	0	67600	0,000	0,000
	Bắc (337,5-360)	0	0	0	19300	0,000	0,000
	Tổng	37	1	11800	4947400	5,109	1,000
Hiện trạng sử dụng đất	Rừng tự nhiên	1	0,027	2325	2161200	0,451	0,166
	Cây bụi	28	0,757	8675	1936200	1,879	0,690
	Đất xây dựng	8	0,216	800	850000	0,395	0,145
	Tổng	37	1	11800	4947400	2,724	1,000
Mật độ sạt lở (điểm sạt lở/km ²)	< 1	0	0,000	0	225600	0,000	
	1 - 2	0	0,000	0	396000	0,000	
	2-3	0	0,000	0	522400	0,000	
	3-4	4	0,108	750	782200	0,402	
	4-5	0	0,000	0	868600	0,000	
	5-6	19	0,514	6325	1175700	2,256	
	6-7	5	0,135	1525	349400	1,830	
	7-8	8	0,216	1100	222900	2,069	
	8-10	1	0,027	2100	404600	2,176	
	Tổng	37	1,000	11800	4947400	8,733	
Độ chia cắt địa hình theo phương đứng (m/km ²)	0-20	13	0,351	3075	2862100	0,450	
	20-40	20	0,541	7975	1990500	1,680	
	40-60	0	0,000	75	52100	0,604	
	60-80	4	0,108	525	38500	5,717	
	80-100	0	0,000	150	4200	14,974	
	Tổng	37	1	11800	4947400	23,425	
Khoảng cách đến đường tự thủy (m)	<50	16	0,432	5475	1451700	1,581	
	50-100	4	0,108	1000	1176500	0,356	
	100-200	11	0,297	3600	1514000	0,997	
	200-300	5	0,135	750	595600	0,528	
	300-500	1	0,027	975	209600	1,950	
	Tổng	37	1,000	11800	4947400	5,413	

Bảng 3.6. Trọng số của các yếu tố theo phương pháp MAHP

Yếu tố	Độ lệch chuẩn (σ)	1/ σ	Tầm quan trọng, I	Trọng số, Xi
Địa chất	0,359	3	2	0,051
Lưu lượng mưa (mm/ngày)	0	-	8	0,205

Khoảng cách đến tuyến (m)	0,577	2	1	0,026
Độ dốc ($^{\circ}$)	0,119	8	7	0,179
Hướng dốc ($^{\circ}$)	0,135	7	6	0,154
Hiện trạng sử dụng đất	0,379	3	2	0,051
Mật độ sạt lở (điểm sạt lở/km 2)	0,170	6	5	0,128
Độ chia cắt địa hình theo phương đứng (m/km 2)	0,238	4	3	0,077
Khoảng cách đến đường tự thủy (m)	0,163	6	5	0,128
Tổng			39	1,000



Hình 3.13. Bản đồ trọng số MFR_k của các yếu tố theo phương pháp MFR

- a) Khoảng cách dòng chảy ; b) Khoảng cách đến tuyến; c) Hướng dốc; d) Mức độ chia cắt địa hình theo phương đứng; e) Mật độ điểm sạt lở

3.5. KẾT QUẢ

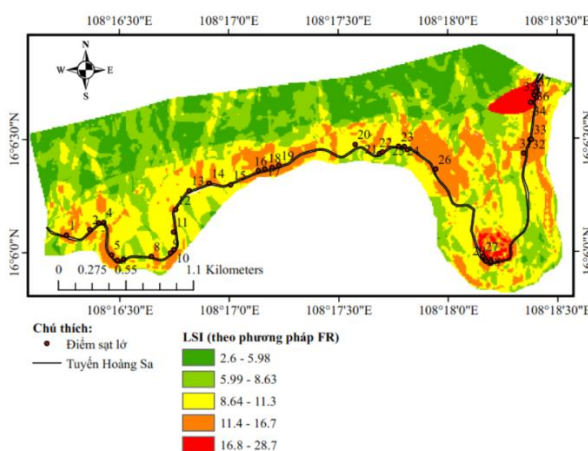
3.5.1. Phương pháp FR và Phương pháp AHP

Hình 3.14 thể hiện bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở (Landslide susceptibility mapping - LSM) được xây dựng theo phương pháp FR. Dựa trên các giá trị LSI, mức độ nhạy cảm trượt lở được phân thành 5 cấp, bao gồm rất thấp, thấp, trung bình, cao và rất cao. Giá trị LSI của phương pháp FR dao động trong khoảng từ 2,6 đến 28,7. Kết quả cho thấy phần lớn khu vực nghiên cứu nằm trong các vùng có mức độ nhạy cảm thấp và trung bình, trong khi các vùng có mức độ nhạy cảm cao và rất cao phân bố cục bộ.

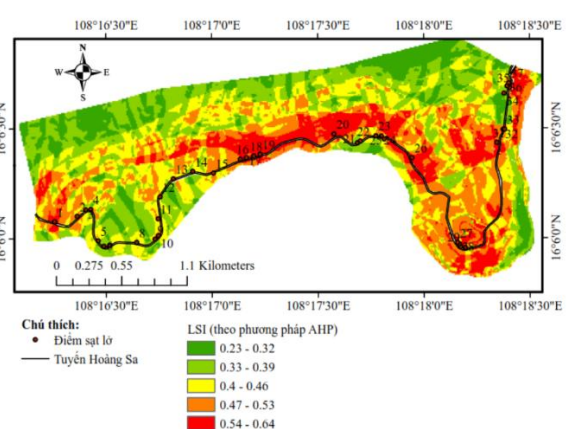
Có thể nhận thấy các khu vực có mức độ nhạy cảm trượt lở cao và rất cao chủ yếu tập trung dọc theo tuyến đường, đặc biệt tại các đoạn địa hình dốc và khu vực có sự thay đổi địa hình rõ rệt. Các vùng này có sự tương ứng tốt với phân bố của các điểm trượt lở thực tế. Ngược lại, các khu vực có mức độ nhạy cảm thấp và rất thấp phân bố rộng hơn ở các vùng địa hình thoải, ít bị chia cắt.

Bản đồ phân vùng nhạy cảm trượt lở theo phương pháp AHP được thể hiện trong Hình 3.15. Tương tự, mức độ nhạy cảm trượt lở cũng được phân thành 5 cấp từ rất thấp đến rất cao. Giá trị LSI của phương pháp AHP dao động trong khoảng từ 0,23 đến 0,53. Kết quả cho thấy phần lớn khu vực nghiên cứu nằm trong các vùng có mức độ nhạy cảm thấp và trung bình.

Các vùng có mức độ nhạy cảm cao và rất cao phân bố chủ yếu dọc theo tuyến đường và tại các khu vực địa hình dốc. Các điểm trượt lở thực tế phần lớn nằm trong các vùng có mức độ nhạy cảm từ trung bình đến cao, cho thấy mức độ phù hợp nhất định giữa kết quả mô hình và hiện trạng. Tuy nhiên, phạm vi phân bố của các vùng nhạy cảm cao có xu hướng mở rộng hơn, cho thấy khả năng phân biệt giữa các cấp độ nhạy cảm chưa thực sự rõ ràng.



Hình 3.14 Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở theo phương pháp FR



Hình 3.15. Bản đồ phân vùng nhạy cảm trượt lở theo phương pháp AHP

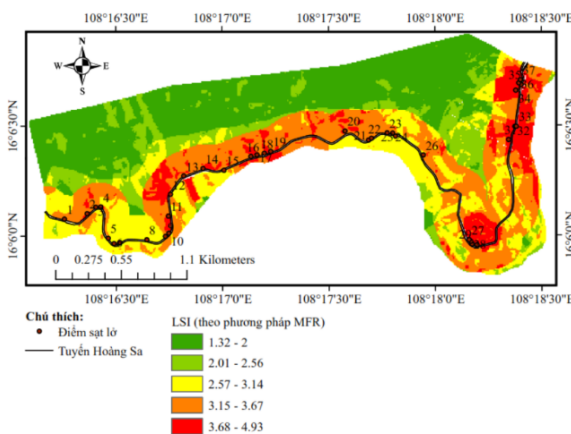
3.5.2. Phương pháp MFR và phương pháp MAHP

Hình 3.16, 3.17 thể hiện bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở (Landslide susceptibility mapping - LSM) được xây dựng theo phương pháp MFR và MAHP. Phương pháp MFR cho thấy các vùng có mức độ nhạy cảm trượt lở cao và rất cao phân bố tương đối tập trung, chủ yếu dọc theo tuyến đường và tại các khu vực có địa hình dốc, bị chia cắt mạnh. Với khoảng giá trị LSI dao động từ **1,32 đến 4,93**, phương pháp này thể hiện biên độ biến thiên lớn, giúp phân hóa rõ rệt giữa các cấp độ nhạy cảm.

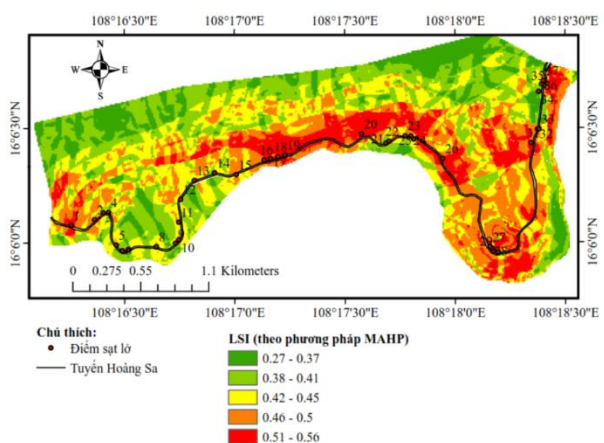
Nhờ sự chênh lệch đáng kể giữa các giá trị LSI, ranh giới giữa các vùng nguy cơ được thể hiện tương đối rõ ràng, cho phép nhận diện hiệu quả các khu vực có nguy cơ trượt lở cao. Các điểm trượt lở thực tế có xu hướng tập trung trong các vùng có mức độ nhạy cảm cao và rất cao, cho thấy khả năng dự báo tốt của phương pháp. Điều này khẳng định MFR có ưu thế trong việc khoanh vùng các khu vực nguy cơ trọng điểm với độ chính xác cao.

Phương pháp MAHP cho thấy các vùng có mức độ nhạy cảm trượt lở cao và rất cao có xu hướng phân bố rộng hơn và lan sang các khu vực lân cận, không chỉ giới hạn tại các vị trí trọng điểm. Giá trị LSI của phương pháp này dao động trong khoảng hẹp hơn, từ **0,27 đến 0,56**, phản ánh quá trình chuẩn hóa và tích hợp trọng số giữa các yếu tố.

Do khoảng giá trị LSI tương đối nhỏ, sự chênh lệch giữa các cấp độ nhạy cảm không lớn, dẫn đến ranh giới giữa các vùng nguy cơ trở nên kém rõ ràng, hay còn gọi là hiện tượng “làm mờ”. Cụ thể, các khu vực có giá trị LSI gần nhau có thể được phân vào các cấp độ khác nhau mặc dù mức độ nguy cơ thực tế không khác biệt đáng kể. Điều này làm cho các vùng có mức độ nhạy cảm trung bình có xu hướng mở rộng hoặc chồng lấn sang các vùng nguy cơ cao, từ đó làm giảm khả năng phân biệt chính xác giữa các cấp độ nhạy cảm.



Hình 3.16. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở theo phương pháp MFR



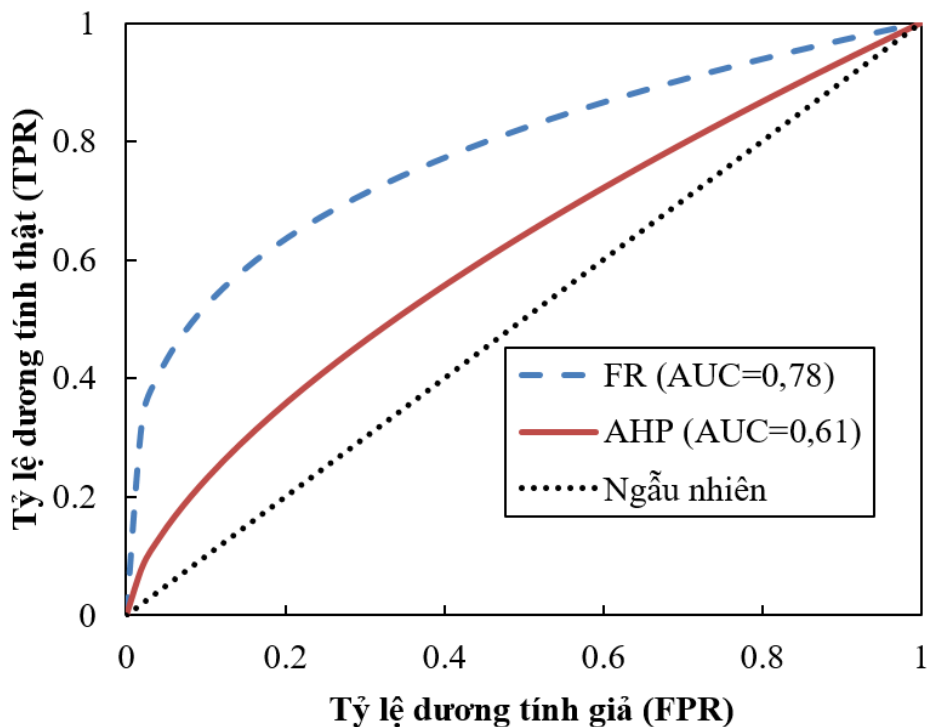
Hình 3.17. Bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở theo phương pháp MAHP

3.5.3. Kiểm chứng mô hình

Bước kiểm chứng mô hình đóng vai trò quan trọng trong xây dựng bản đồ nguy cơ trượt lở, nhằm đánh giá mức độ chính xác của các phương pháp được áp dụng. Trong nghiên cứu này, phương pháp đường cong ROC (Receiver Operating Characteristic) [26] được sử dụng để đo lường độ chính xác của mô hình. Khi đó, độ chính xác của các

mô hình được xác định bằng mức độ phù hợp giữa kết quả mô hình và phân bố sạt lở thực tế. Phương pháp ROC được sử dụng rộng rãi để kiểm chứng mô hình do tính đơn giản và hiệu quả của nó [27]. Trong biểu đồ ROC, tỷ lệ dương tính thật (TPR) được xác định bằng tỷ số giữa số điểm được phân loại đúng thuộc lớp trượt lở và tổng số điểm trượt lở thực tế, được biểu diễn trên trục tung. Tỷ lệ dương tính giả (FPR) là tỷ số giữa số điểm bị phân loại sai thuộc lớp không trượt lở và tổng số điểm không trượt lở, được biểu diễn trên trục hoành. Cả hai chỉ số TPR và FPR đều có giá trị trong khoảng từ 0 đến 1. TPR phản ánh khả năng dự báo chính xác của mô hình, trong khi FPR thể hiện mức độ sai lệch trong phân loại. Đường cong ROC càng tiệm cận góc trên bên trái của hệ trục tọa độ ($TPR = 1$; $FPR = 0$) thì khả năng phân biệt của mô hình càng tốt. Diện tích dưới đường cong (AUC) được sử dụng để đánh giá tổng quát khả năng dự báo của mô hình, với giá trị nằm trong khoảng từ 0 đến 1; trong đó, AUC càng lớn thì mô hình càng chính xác, và $AUC = 1$ tương ứng với mô hình có hiệu suất tối ưu.

Hình 3.18 thể hiện các đường cong ROC của hai phương pháp FR, AHP trong bài toán lập bản đồ nguy cơ sạt lở cho tuyến đường Hoàng Sa. Kết quả phân tích đường cong ROC cho thấy sự khác biệt về mức độ chính xác của mô hình giữa hai phương pháp. Cụ thể, phương pháp FR đạt giá trị $AUC = 0,78$ tương ứng với mức độ chính xác khá, cho thấy khả năng phân biệt tương đối tốt giữa các khu vực có và không có nguy cơ trượt lở. Trong khi đó, phương pháp AHP chỉ đạt $AUC = 0,61$, phản ánh hiệu suất dự báo thấp và khả năng phân loại hạn chế, tiệm cận mức ngẫu nhiên. Sự chênh lệch này chứng tỏ phương pháp FR có độ tin cậy cao hơn và phù hợp hơn trong bài toán đánh giá nguy cơ trượt lở trong khu vực nghiên cứu. Ngược lại, phương pháp AHP cần được hiệu chỉnh hoặc kết hợp với các phương pháp khác nhằm nâng cao độ chính xác và khả năng ứng dụng thực tiễn.



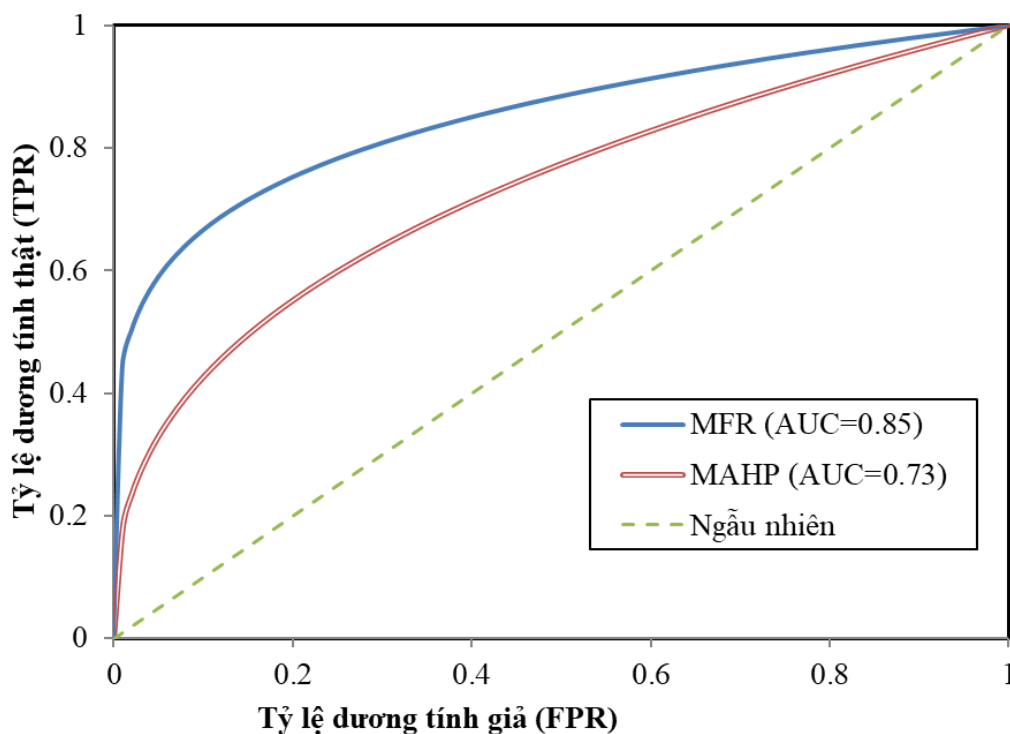
Hình 3.18. Đường cong ROC của bản đồ nguy cơ sạt lở dọc tuyến đường Hoàng Sa phương pháp FR, AHP

Hình 3.19 thể hiện đường cong ROC so sánh hiệu quả dự báo của hai phương pháp MFR và MAHP trong bài toán lập bản đồ nguy cơ sạt lở. Kết quả cho thấy cả hai phương pháp đều có khả năng phân loại tốt hơn so với mô hình ngẫu nhiên, tuy nhiên mức độ chính xác có sự khác biệt rõ rệt.

Cụ thể, phương pháp MFR đạt giá trị $AUC = 0,85$, tương ứng với mức độ chính xác cao, cho thấy khả năng phân biệt tốt giữa các khu vực có và không có nguy cơ trượt lở. Đường cong ROC của MFR nằm xa đường chéo và tiến gần góc trên bên trái của biểu đồ, phản ánh hiệu suất dự báo vượt trội của mô hình. Ngược lại, phương pháp MAHP đạt giá trị $AUC = 0,73$, tương ứng với mức độ chính xác khá, tuy vẫn đảm bảo khả năng phân loại nhưng thấp hơn đáng kể so với MFR.

Sự chênh lệch giá trị AUC giữa hai phương pháp cho thấy MFR có hiệu quả dự báo tốt hơn MAHP trong khu vực nghiên cứu. Điều này phù hợp với kết quả phân tích bản đồ LSI, khi phương pháp MFR thể hiện khả năng phân hóa không gian rõ ràng hơn và xác định chính xác hơn các khu vực nguy cơ cao. Trong khi đó, phương pháp MAHP có xu hướng tổng quát hóa, dẫn đến hiện tượng “làm mờ” ranh giới giữa các cấp độ nhạy cảm, làm giảm độ chính xác trong phân loại.

Như vậy, có thể khẳng định rằng phương pháp MFR là phương pháp có độ tin cậy cao hơn và phù hợp hơn trong việc xây dựng bản đồ nguy cơ sạt lở cho khu vực nghiên cứu. Trong khi đó, phương pháp MAHP cần được cải tiến hoặc kết hợp với các phương pháp khác nhằm nâng cao hiệu quả dự báo.



Hình 3.19. Đường cong ROC của bản đồ nguy cơ sạt lở dọc tuyến đường Hoàng Sa phương pháp MFR và MAHP

3.6. THẢO LUẬN

3.6.1. Phân tích ngưỡng phân vùng theo các mô hình

Mỗi phương pháp tiếp cận đưa ra các dải giá trị LSI khác nhau, phản ánh đặc thù của quy trình tính toán trọng số:

- Mô hình MFR (Tối ưu nhất): Các ngưỡng được xác định là: Rất thấp (1,32–2,00); Thấp (2,01–2,56); Trung bình (2,57–3,14); Cao (3,15–3,67) và Rất cao (3,68–4,93). Khoảng biến thiên LSI của MFR khá rộng (từ 1,32 đến 4,93), giúp tạo ra sự phân hóa không gian rõ rệt giữa các cấp độ nguy cơ.
- Mô hình FR: Có dải giá trị rộng nhất, từ 2,6 đến 28,7. Các ngưỡng phân vùng lần lượt là: Rất thấp (2,6–5,98); Thấp (5,99–8,63); Trung bình (8,64–11,3); Cao (11,4–16,7) và Rất cao (16,8–28,7).
- Mô hình AHP và MAHP: Cả hai đều có dải giá trị hẹp hơn do quá trình chuẩn hóa trọng số chuyên gia. AHP dao động từ 0,23 đến 0,64, trong khi MAHP dao động từ 0,27 đến 0,56.

3.6.2. Sự khác biệt về khả năng phân tách ranh giới

Phân tích cho thấy sự chênh lệch giữa các ngưỡng có ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác của bản đồ:

- Hiện tượng "làm mờ" ranh giới: Ở mô hình MAHP, do khoảng giá trị LSI tương đối nhỏ (chỉ từ 0,27 đến 0,56), sự chênh lệch giữa các ngưỡng cấp độ không lớn. Điều này dẫn đến ranh giới giữa các vùng nguy cơ trở nên kém rõ ràng, khiến các vùng nguy cơ "Trung bình" dễ bị chồng lấn hoặc mở rộng sang vùng nguy cơ "Cao", làm giảm khả năng phân biệt chính xác.
- Sự rõ ràng của mô hình MFR: Ngược lại, mô hình MFR với biên độ biến thiên lớn đã khắc phục được nhược điểm này. Việc thiết lập ngưỡng dựa trên dữ liệu thống kê thực tế giúp nhận diện hiệu quả các khu vực nguy cơ trọng điểm, nơi các điểm sạt lở thực tế tập trung dày đặc nhất.

3.6.3. Ý nghĩa thực tiễn của các ngưỡng "Cao" và "Rất cao"

Việc xác định chính xác các ngưỡng ở mức "Cao" và "Rất cao" có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong công tác quản lý rủi ro:

- Tương quan thực tế: Các vùng nằm trên ngưỡng nguy cơ "Cao" và "Rất cao" (ví dụ: $LSI > 3,15$ đối với MFR) tập trung chủ yếu dọc theo mái taluy dương của tuyến đường Hoàng Sa và các khu vực có độ dốc lớn ($> 25^\circ$).
- Ưu tiên nguồn lực: Kết quả phân vùng dựa trên các ngưỡng này cung cấp cơ sở để các cơ quan quản lý ưu tiên gia cố, nạo vét hệ thống thoát nước và xây dựng tường chắn giữ đá tại những vị trí xung yếu nhất.
- Kiểm chứng: Độ tin cậy của các ngưỡng phân vùng này đã được khẳng định qua đường cong ROC, trong đó ngưỡng của mô hình MFR cho thấy sự phù hợp cao nhất với 37 vị trí sạt lở thực tế đã ghi nhận trong giai đoạn 2020 - 2025.

3.6.4. Đánh giá hiệu suất dự báo của các mô hình

Kết quả kiểm chứng bằng đường cong ROC và giá trị diện tích dưới đường cong (AUC) khẳng định sự vượt trội của các phương pháp thống kê so với các phương pháp dựa trên ý kiến chuyên gia. Mô hình MFR đạt giá trị AUC cao nhất (0,85), tiếp theo là FR (0,78), trong khi các phương pháp MAHP (0,73) và AHP (0,61) có độ chính xác thấp hơn. Sự chênh lệch này cho thấy việc sử dụng dữ liệu thống kê từ 37 điểm sạt lở thực tế trong giai đoạn 2020 - 2025 giúp mô hình phản ánh khách quan hơn các điều kiện địa chất, địa hình đặc thù tại bán đảo Sơn Trà so với việc chỉ dựa vào đánh giá định tính của chuyên gia. Đặc biệt, phương pháp MFR và MAHP đã khắc phục đáng kể tính chủ quan bằng cách tích hợp phân tích thống kê để xác định trọng số, giúp ranh giới giữa các vùng nguy cơ trở nên rõ ràng và tin cậy hơn.

3.6.5. Phân tích các yếu tố chi phối chính đến sạt lở

Kết quả nghiên cứu xác định **địa chất và địa hình** là hai nhóm yếu tố đóng vai trò chi phối cơ chế phát sinh sạt lở tại khu vực.

- Về địa hình: Các khu vực có độ dốc lớn ($> 25^\circ$) và mức độ chia cắt địa hình mạnh là những nơi tập trung nhiều điểm sạt lở nhất. Quá trình khai đào mái taluy dương để xây dựng tuyến đường đã làm thay đổi trạng thái cân bằng tự nhiên, tạo ra các mái dốc dốc đứng, dễ bị mất ổn định khi có tác động từ dòng chảy.
- Về địa chất: Các khu vực thuộc phức hệ Hải Vân với đặc điểm đá granite bị phong hóa mạnh, nứt nẻ và các trầm tích Đệ Tứ có cấu trúc bờ rời là những vùng nhạy cảm nhất. Đặc biệt, lớp đất 1B (nguồn gốc sườn tàn tích) được xác định là lớp có tính tan rã hoàn toàn khi gặp nước, đóng vai trò là yếu tố nội tại chính gây ra các khối trượt nông dọc theo tuyến đường.

3.6.6. Vai trò của các yếu tố kích hoạt

Lượng mưa và khoảng cách đến dòng chảy được xác định là các tác nhân kích hoạt trực tiếp hiện tượng sạt lở. Dữ liệu cho thấy sạt lở thường xảy ra tập trung vào các tháng có cường độ mưa lớn (tháng 9 và tháng 10). Nước mưa ngấm vào các khe nứt của đá phong hóa và làm bão hòa lớp vỏ thổ nhưỡng, làm giảm lực kháng cắt của đất đá và gia tăng áp lực nước lỗ rỗng, dẫn đến sự đổ sập của các khối đất đá tại phần đỉnh mái dốc. Ngoài ra, các vị trí nằm trong **bán kính 0 - 50m gần dòng chảy** hoặc các điểm tụ thủy có nguy cơ rất cao do tác động của dòng lũ bùn đá và đá lăn.

3.6.7. Phân bố không gian của các vùng nguy cơ

Bản đồ nguy cơ sạt lở từ mô hình tối ưu (MFR) chỉ ra rằng các vùng nguy cơ "Cao" và "Rất cao" không phân bố đều mà tập trung chủ yếu dọc theo taluy dương của đường Hoàng Sa và các khu vực có diện tích thu nước lớn. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với thực tế khảo sát, nơi 37 vị trí hư hỏng tập trung tại các đoạn đường đào có mái taluy cao và các khe suối có động năng dòng chảy lớn. Việc xác định chính xác các phân vùng này cung cấp cơ sở khoa học quan trọng để cơ quan quản lý ưu tiên nguồn lực gia cố và xây dựng các hệ thống thoát nước, tường chắn giữ đá tại các vị trí xung yếu nhằm đảm bảo an toàn giao thông.

3.7. KẾT LUẬN

Xây dựng và đánh giá bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất (LSM) dọc tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng bằng cách tích hợp công nghệ Hệ thống Thông tin Địa lý (GIS) với các mô hình thống kê và phân tích đa tiêu chí. Dựa trên kết quả thực hiện, có thể rút ra các kết luận chính sau:

1. Nghiên cứu đã áp dụng đồng thời bốn phương pháp: Tỷ số tần suất (FR), Tỷ số tần suất hiệu chỉnh (MFR), Phân tích thứ bậc (AHP) và Phân tích thứ bậc hiệu chỉnh (MAHP). Cơ sở dữ liệu đầu vào bao gồm 37 vị trí sạt lở thực tế giai đoạn 2020-2025 và 9 yếu tố ảnh hưởng chính: địa chất, lượng mưa, độ dốc, hướng dốc, hiện trạng sử dụng đất, khoảng cách đến đường giao thông, khoảng cách đến dòng chảy, mật độ sạt lở và độ chia cắt địa hình theo phương đứng.
2. Kết quả kiểm chứng bằng phương pháp đường cong ROC cho thấy các mô hình dựa trên thống kê (FR, MFR) có độ chính xác dự báo cao hơn so với các mô hình dựa trên ý kiến chuyên gia (AHP, MAHP). Trong đó, mô hình MFR đạt hiệu suất cao nhất với giá trị diện tích dưới đường cong (AUC) là 0,85, tiếp theo là FR (0,78), MAHP (0,73) và thấp nhất là AHP (0,61). Điều này khẳng định phương pháp MFR có khả năng phân hóa không gian rõ ràng và tin cậy nhất trong việc xác định các khu vực nguy cơ cao tại khu vực nghiên cứu.
3. Các yếu tố địa chất và địa hình đóng vai trò chủ đạo trong việc phát sinh trượt lở. Đặc biệt, các khu vực có độ dốc lớn ($>25^{\circ}$), địa hình bị chia cắt mạnh và nền đá thuộc phức hệ Hải Vân bị phong hóa, nứt nẻ mạnh là những nơi có nguy cơ mất ổn định cao nhất. Các yếu tố thủy văn như lượng mưa và khoảng cách đến dòng chảy đóng vai trò là tác nhân kích hoạt trực tiếp hiện tượng sạt lở.
4. Bản đồ xây dựng từ mô hình tối ưu (MFR) đã phân chia khu vực thành năm cấp độ nguy cơ từ rất thấp đến rất cao. Các vùng nguy cơ cao và rất cao tập trung chủ yếu dọc theo tuyến đường và tại các đoạn địa hình dốc, hoàn toàn phù hợp với hiện trạng sạt lở thực tế đã ghi nhận.
5. Kết quả của chương là cơ sở khoa học quan trọng, cung cấp thông tin hữu ích hỗ trợ các cơ quan quản lý, nhà quy hoạch và kỹ sư trong việc đánh giá nguy cơ, quản lý ổn định mái dốc và lập kế hoạch bảo trì, ứng phó thiên tai nhằm đảm bảo an toàn cho tuyến đường Hoàng Sa trong tương lai.

CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. KẾT LUẬN

Dựa trên các kết quả nghiên cứu đạt được, một số kết luận chính được rút ra như sau:

1. Về cơ sở lý luận và phương pháp luận

- Nghiên cứu đã xác định các phương pháp truyền thống như AHP, MAHP, FR và MFR vẫn là những công cụ hiệu quả và phổ biến nhất hiện nay nhờ quy trình tính toán rõ ràng, tính minh bạch cao và dễ triển khai trong môi trường GIS.
- Việc ứng dụng các phương pháp cải tiến như MAHP và MFR đã giúp khắc phục đáng kể nhược điểm về tính chủ quan của phương pháp AHP và FR truyền thống, từ đó nâng cao độ tin cậy cho kết quả phân vùng nguy cơ.

2. Về hiện trạng và đặc điểm khu vực nghiên cứu

- Kết quả khảo sát thực địa đã ghi nhận 37 vị trí sạt lở thực tế (xói sạt, sạt lở mái dốc, đá lăn) tập trung chủ yếu tại mái taluy dương và các khu vực tụ thủy.
- Địa tầng khu vực được phân chia thành 6 lớp đất đá chính (từ 1A đến 2C). Trong đó, lớp vỏ phong hóa mỏng (0,5 - 1,5m) và thành phần đất đá bờ rời, dễ tan rã khi gặp nước (đặc biệt là lớp 1B) là những yếu tố nội tại gây mất ổn định.
- Độ dốc lớn ($>25^\circ$) do quá trình khai đào mái dốc và diện tích thu nước tại các khe suối lớn (có nơi lên đến 57 ha) là những tác nhân chính thúc đẩy hiện tượng trượt lở và nguy cơ lũ bùn đá kèm theo các khối tảng kích thước lớn.

3. Về kết quả xây dựng bản đồ nguy cơ

- Đề tài đã xây dựng thành công bản đồ phân vùng nguy cơ (LSM) dựa trên 9 yếu tố ảnh hưởng tích hợp trong môi trường ArcGIS 10.8.
- Kết quả kiểm chứng bằng đường cong ROC khẳng định mô hình MFR đạt hiệu quả cao nhất với giá trị $AUC = 0,85$, cho thấy khả năng dự báo vượt trội và phân hóa không gian rõ rệt hơn hẳn các mô hình còn lại.
- Bản đồ nguy cơ sạt lở từ mô hình tối ưu đã xác định các vùng nguy cơ "Cao" và "Rất cao" tập trung sát tuyến đường Hoàng Sa, hoàn toàn phù hợp với dữ liệu sạt lở thực tế đã ghi nhận.

4. Ý nghĩa thực tiễn

- Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học quan trọng hỗ trợ các cơ quan quản lý trong việc đánh giá nguy cơ, quản lý ổn định mái dốc và lập kế hoạch bảo trì, ứng phó thiên tai nhằm đảm bảo an toàn cho tuyến đường du lịch trọng điểm của thành phố.

4.2. KIẾN NGHỊ

1. Ứng dụng công nghệ mới: Trong các nghiên cứu tiếp theo, cần xem xét tích hợp các thuật toán Học máy (Machine Learning) như SVM, Random Forest và Học

sâu (Deep Learning) như CNN, RNN để nâng cao độ chính xác dự báo trong các điều kiện biến đổi khí hậu phức tạp.

2. Tối ưu hóa tham số: Cần áp dụng các thuật toán tối ưu hóa (metaheuristic) như GA, PSO để tự động hóa việc chọn lọc các yếu tố gây sạt lở quan trọng nhất, giảm thiểu sai số mô hình.
3. Nâng cấp bản đồ: Trong tương lai, bản đồ nguy cơ sạt lở cần được phát triển thành bản đồ tai biến và bản đồ rủi ro nhằm đánh giá đầy đủ hơn các tác động của sạt lở đất đối với tự nhiên và kinh tế – xã hội. Bên cạnh việc xác định các khu vực có khả năng xảy ra sạt lở, các bản đồ này cần tích hợp thêm thông tin về tần suất, quy mô và xác suất xảy ra tai biến, đồng thời xem xét các yếu tố dễ bị tổn thương như mật độ dân cư, hệ thống hạ tầng và giá trị kinh tế của công trình. Việc xây dựng các kịch bản thiệt hại cụ thể sẽ góp phần hỗ trợ hiệu quả cho công tác quy hoạch, cảnh báo, sơ tán dân cư và quản lý rủi ro thiên tai một cách chủ động và bền vững hơn.
4. Giải pháp công trình: Cần ưu tiên gia cố, nạo vét hệ thống thoát nước và xây dựng tường chắn giữ đá tại các vị trí đã được cảnh báo nguy cơ "Rất cao" để phòng chống lũ bùn đá và đá lăn vào mùa mưa lũ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L. Li, H. Lan, C. Guo, Y. Zhang, Q. Li, and Y. Wu, “A modified frequency ratio method for landslide susceptibility assessment,” *Landslides*, vol. 14, pp. 727–741, 2017, doi: 10.1007/s10346-016-0771-x.
- [2] H. A. Nefeslioglu, E. A. Sezer, C. Gokceoglu, and Z. Ayas, “A modified analytical hierarchy process (M-AHP) approach for decision support systems in natural hazard assessments,” *Comput. Geosci.*, vol. 59, pp. 1–8, 2013, doi: 10.1016/j.cageo.2013.05.010.
- [3] D. J. Varnes, *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*. Paris, France: UNESCO, 1984, pp. 1–63.
- [4] R. Gono, M. Ado, K. Amitab, and A. K. Maji, “Landslide susceptibility mapping using machine learning: A literature survey,” 2022.
- [5] B. H. T., “Landslide classification along Ho Chi Minh Route between Dakrong–Thach My section and an appropriate proposal for countermeasures,” in *Proc. Conf. Environ. Sci. Technol.*, Hanoi, Vietnam, 2009.
- [6] D. D. M., “Rainfall-triggered large landslides on 15 December 2005 in Van Canh District, Binh Dinh Province, Vietnam,” *Landslides*, vol. 10, pp. 219–230, 2013.
- [7] L. Thanh and F. De Smedt, “Slope stability analysis using a physically based model: A case study from A Luoi District in Thua Thien-Hue Province, Vietnam,” *Landslides*, vol. 11, pp. 897–907.
- [8] D. H. Loi, L. H. Quang, K. Sassa, K. Takara, K. Dang, and N. K. Thanh, “The 28 July 2015 rapid landslide at Ha Long City, Quang Ninh, Vietnam,” *Landslides*, 2017, pp. 1–9.
- [9] D. T. Bui, O. Lofman, I. Revhaug, and O. Dick, “Landslide susceptibility analysis in Hoa Binh Province, Vietnam using statistical index and logistic regression,” *Nat. Hazards*, vol. 59, pp. 1413–1444, 2011.
- [10] L. Q. Hung, N. T. H. Van, D. M. Duc, P. Van Son, N. H. Khanh, and L. T. Binh, “Landslide susceptibility mapping by combining the analytical hierarchy process and weighted linear combination methods: A case study in the Upper Lo River Catchment, Vietnam,” *Landslides*, 2015, pp. 1–17.
- [11] T. L. Saaty, “A scaling method for priorities in hierarchical structures,” *J. Math. Psychol.*, vol. 15, no. 3, pp. 234–281, 1977, doi: 10.1016/0022-2496(77)90033-5.
- [12] Dan N. T., Tuan T. A., Saro L., “Relationship between landslide and rupture at North-western area in Vietnam by landslide susceptibility mapping on GIS-based”, In: *Proceedings of the 5th national geology conference*, Hanoi, 2006
- [13] My N. Q., Bao D. V., Ha T. T., “Landslide zonation mapping at North-western area in Vietnam based on GIS”, *Land survey journal*, vol 4(8), pp.1-10, 2007.

- [14] Nguyen T.K., Fomenko I.K., Pendin V.V., Nguyen Q.T., "Application of the analytic hierarchy process method to evaluate regional landslide hazard (for example, the Northwestern region of Lao Cai, Vietnam)", *Geoinformatika*, vol.2, pp. 53-66, 2017.
- [15] N. D. Hoang and D. T. Bui, "A novel relevance vector machine classifier with cuckoo search optimization for spatial prediction of landslides," *J. Comput. Civ. Eng.*, 2016, doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000557.
- [16] B. T. Pham, D. T. Bui, H. V. Pham, I. P. H. Q. Le, and M. Dholakia, "Landslide hazard assessment using random subspace fuzzy rules based classifier ensemble and probability analysis of rainfall data: A case study in Mu Cang Chai District, Yen Bai Province, Vietnam," *J. Indian Soc. Remote Sens.*, 2016.
- [17] B. T. Pham, D. T. Bui, M. Dholakia, I. Prakash, H. V. Pham, and K. Mehmood, "A novel ensemble classifier of rotation forest and naïve Bayes for landslide susceptibility assessment at Luc Yen District, Yen Bai Province, Vietnam using GIS," *Geomatics Nat. Hazards Risk*, pp. 1–23, 2016.
- [18] D. T. Bui, T. A. Tuan, N. V. L. Nguyen-Duc, N. Q. Thanh, and B. D. Nguyen, "Spatial prediction of rainfall-induced landslides for the Lao Cai area, Vietnam using a novel hybrid intelligent approach of least squares support vector machines inference model and artificial bee colony optimization," *Landslides*, 2016, doi: 10.1007/s10346-016-0711-9.
- [19] D. V. Long, V. N. D. Phuoc, and N. C. Cong, "The influence of rainfall distribution on landslide susceptibility mapping using the frequency ratio statistical method," *J. Water Resour. Environ. Eng.*, vol. 70, pp. 40–47, 2020.
- [20] N. V. Luat, T. N. Do, L. C. Nguyen, and N. T. Kien, "Assessing landslide susceptibility along the Ha Long–Van Don Expressway in Quang Ninh Province, Vietnam: A comprehensive approach integrating GIS and various methods," *Geomech. Eng.*, vol. 37, pp. 135–147, 2024.
- [21] S. Saha, V. G. K. Villuri, A. Bhardwaj, and A. Kumar, "A multi-criteria decision analysis (MCDA) approach for landslide susceptibility mapping of a part of Darjeeling District in North-East Himalaya, India," *Appl. Sci.*, vol. 13, pp. 5062–5084, 2023, doi: 10.3390/app13085062.
- [22] C. J. Soeters and R. Van Westen, "Slope instability recognition, analysis and zonation," in *Landslide Investigation and Mitigation*, Special Report 247, Washington, DC, USA: Transportation Research Board, National Research Council, 1996.
- [23] Management Board of Agricultural and Rural Development Investment and Construction Projects of Da Nang City and Joint Stock Company for Construction Investment Consultancy and Technology Development, Survey Report of the Hoang Sa Road Reinforcement Project, Son Tra Peninsula, Da Nang City, Vietnam, Technical Report, 2024.
- [24] G. F. Jenks, "The data model concept in statistical mapping," *Int. Yearb. Cartogr.*, pp. 186–190, 1967.

- [25] B. Pradhan, "Landslide susceptibility mapping of a catchment area using frequency ratio, fuzzy logic and multivariate logistic regression approaches," *J. Indian Soc. Remote Sens.*, vol. 38, pp. 301–320, 2010, doi: 10.1007/s12524-010-0020-z.
- [26] S. Beguería, "Validation and evaluation of predictive models in hazard assessment and risk management," *Nat. Hazards*, vol. 37, pp. 315–329, 2006.
- [27] T. Fawcett, "An introduction to ROC analysis," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 27, pp. 861–874, 2006, doi: 10.1016/j.patrec.2005.10.010.

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

THUYẾT MINH
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

CẢNH BÁO NGUY CƠ SẠT LỞ ĐẤT ĐÁ TẠI ĐƯỜNG
HOÀNG SA, ĐÀ NẴNG

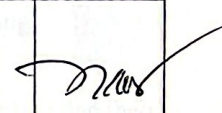
Mã số: T2024-06-09

Chủ nhiệm đề tài: ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh
Đơn vị: Khoa Kỹ thuật Xây dựng
Chương trình đào tạo: CNKT Giao thông

Đà Nẵng, 1/2025

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

THUYẾT MINH ĐỀ TÀI
KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

1. TÊN ĐỀ TÀI Cảnh báo nguy cơ sạt lở đất đá tại đường Hoàng Sa, Đà Nẵng		2. MÃ SỐ T2024-06-09		
3. LĨNH VỰC NGHIÊN CỨU Tự nhiên ☐ Kỹ thuật ☒ Môi trường ☐ Kinh tế; XH-NV ☐ Nông Lâm ☐ ATLĐ ☐ Giáo dục ☐ Y Dược ☐ Sở hữu trí tuệ ☐		4. LOẠI HÌNH NGHIÊN CỨU Cơ bản ☒ Ứng dụng ☐ Triển khai ☐		
5. THỜI GIAN THỰC HIỆN: Từ tháng 01 năm 2025 đến tháng 12 năm 2025				
6. CƠ QUAN CHỦ TRÌ ĐỀ TÀI Tên cơ quan: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Điện thoại: 0236.3822571 E-mail: dhspkt@ute.udn.vn Địa chỉ: 48 Cao Thắng, Quận Hải Châu, Thành phố Đà Nẵng Họ và tên thủ trưởng cơ quan chủ trì: PGS.TS. Nguyễn Lê Hùng				
7. CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI Họ và tên: Huỳnh Võ Duyên Anh Học vị: Thạc sĩ Chức danh khoa học: Năm sinh: 1988 Địa chỉ cơ quan: 48 Cao Thắng, Địa chỉ nhà riêng: 46 Phước Tường 8, Hòa Phát, Quận Hải Châu, Thành phố Đà Nẵng Cẩm Lệ, Đà Nẵng Điện thoại cơ quan: 0236.3519690 Điện thoại nhà riêng: Di động: 0905202012 Fax: E-mail: hvdanh@ute.udn.vn				
8. NHỮNG THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI				
TT	Họ và tên	Đơn vị công tác và lĩnh vực chuyên môn	Nội dung nghiên cứu cụ thể được giao	Chữ ký
1.	Ngô Thị My	Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng. Chuyên ngành: Kỹ thuật Xây dựng Công trình Giao thông	-Nghiên cứu tài liệu và viết tổng quan - Thu thập dữ liệu, phân tích dữ liệu đầu vào - Thư ký khoa học	
9. ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH				
Tên đơn vị trong và ngoài nước		Nội dung phối hợp nghiên cứu	Họ và tên người đại diện đơn vị	

Không		
10. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU THUỘC LĨNH VỰC CỦA ĐỀ TÀI Ở TRONG VÀ NGOÀI NƯỚC 10.1. Ngoài nước Sạt lở đất thường diễn ra do quá trình dịch chuyển đi xuống của các vật liệu trên mái dốc như đá, bùn hoặc đất do trọng lượng bản thân của chúng. Cụm từ Sạt Lở Đất đề cập tới các loại sạt như trượt, rơi, đổ, v.v., hoặc tổng hợp giữa chúng (còn gọi là sạt lở phức hợp). Sạt lở đất được xét tới như một trong những thảm họa tự nhiên nguy hiểm nhất thế giới làm thiệt hại về tính mạng, tài sản của con người. Rất nhiều quỹ từ chính phủ và các tổ chức nghiên cứu trên thế giới đã được đầu tư cho công tác đánh giá thảm họa sạt lở và sự phân bố của chúng. Với địa hình vùng núi, rất nhiều yếu tố có thể thúc đẩy sự xuất hiện của sạt lở đất như mật độ mưa, động đất, sự thay đổi của nước ngầm, bão lũ, và xói mòn đất, v.v.,. Ngoài ra, các hoạt động của con người cũng đóng vai trò đáng kể trong việc gây ra sạt lở đất như các hoạt động thi công xây dựng, mở rộng đô thị, phá rừng, và sự thay đổi mục đích sử dụng đất. Mặt khác, nguy cơ sạt lở được xác định là khả năng xảy ra sạt lở trong 1 khu vực dựa vào mối liên hệ giữa các yếu tố thúc đẩy và sự phân bố theo không gian của sạt lở. Việc lập bản đồ nguy cơ sạt lở là một quá trình, trong đó, công tác phân loại và thống kê sự xuất hiện của sạt lở đất theo không gian, trong quá khứ, hiện tại, cũng như khả năng xảy ra trong tương lai được thực hiện. Tuy nhiên, yếu tố tần suất hoặc dự đoán thời gian xuất hiện sạt lở sẽ không được kể đến. Do đó, công tác lập bản đồ nguy cơ sạt lở đóng một vai trò then chốt trong việc lên kế hoạch sử dụng đất đai hiệu quả và việc lựa chọn giải pháp gia cố phù hợp Độ tin cậy của bản đồ dự báo nguy cơ trượt đất phụ thuộc vào số lượng và chất lượng dữ liệu, quy mô công trình, mô hình hóa và phương pháp phân tích (Pourghasemi và cộng sự, 2013, Yu và cộng sự, 2015). Nhìn chung, việc tạo ra các bản đồ này kết hợp một số phương pháp định tính và định lượng. Sử dụng phương pháp thống kê trượt lở đất để xác định các khu vực có các thuộc tính địa chất và địa mạo tương tự dễ bị phá hủy là loại phương pháp định tính phổ biến nhất. Để tăng tính khách quan, một số phương pháp định tính đã được chuyển đổi thành phương pháp bán định lượng thông qua việc thêm trọng số và thứ hạng (Ayalew và cộng sự, 2005). Ứng dụng của quy trình phân cấp phân tích (AHP) và phương pháp tuyến tính có trọng số sự kết hợp là những ví dụ về cách tiếp cận này (Saaty 1977, Ayalew và cộng sự 2005). Tuy nhiên, các phương pháp này một phần mang tính chủ quan và phụ thuộc nhiều vào ý kiến của chuyên gia, điều này làm mất đi tính khách quan trong quá trình đánh giá. Để khắc phục vấn đề này, phương pháp Modified AHP (M-AHP) loại bỏ tính chủ quan của ý kiến chuyên gia trong các biến chấm điểm (Nefeslioglu và cộng sự 2013). Do đó, phương pháp này có thể được coi là phương pháp khách quan và định lượng. Mặt khác, phương pháp tỷ lệ tần suất (FR) cũng là một phương pháp định lượng rất phổ biến. Về nguyên tắc, phương pháp này định lượng khả năng xảy ra lở đất thông qua các giá trị trọng số, được ước tính cho từng loại yếu tố gây ra riêng lẻ. Phương pháp FR đơn giản và dễ hiểu về các quy trình đầu vào, tính toán và đầu ra. Gần đây, phương pháp FR đã được Li và cộng sự sửa đổi. (2017), liên quan đến việc tăng cường ba bước, bao gồm chuẩn hóa, thiết lập độ chính xác và các quy trình thống kê tần suất. Phương pháp M-FR đã được xác thực thông qua Lưu vực Anning ở Tứ Xuyên và Lưu vực Caiyuan ở Phúc Kiến, Trung Quốc, nơi đã ghi nhận các thảm họa địa chất nghiêm trọng. 10.2. Trong nước Tại Việt Nam, hầu hết số vụ trượt lở diễn ra trên các mái dốc nền đường đào, đặc biệt dọc theo các tuyến quốc lộ như quốc lộ số 1, 2, 3, 6 và đường Hồ Chí Minh. Trong những năm gần đây, số lượng lớn những vụ trượt lở đã xảy ra trên những tuyến đường mới được xây dựng, như là cao tốc Hà Nội-Lào Cai, Bắc Giang-Lạng Sơn và Hạ Long-Vân Đồn. Các vụ sạt trượt này làm cho việc thông tuyến bị trì hoãn, ảnh hưởng đến nền kinh tế và an toàn của người tham gia giao thông.		

Với việc dự đoán nguy cơ sạt lở đất sử dụng các mô hình vật lý, một số tác giả Việt Nam đã xuất bản nhiều bài báo về sạt trượt tại A Lưới (Huế), Vân Canh (Bình Định), và Cao Thắng (Quảng Ninh). Nhiều khu vực tại Việt Nam đã được khảo sát để phát triển mô hình dự báo và cũng có rất nhiều phương pháp và công nghệ dự báo đã được áp dụng như tại Hòa Bình sử dụng phương pháp thống kê, tại quốc lộ 32 sử dụng phương pháp học máy, tại Lào Cai sử dụng phương pháp học máy kết hợp thuật toán tối ưu, tại A Lưới (Huế) sử dụng phương pháp thống kê, tại vùng thượng nguồn sông Lô sử dụng phương pháp thống kê, các khu vực Mù Căng Chải và Lục Yên (Yên Bái) sử dụng phương pháp học máy, v.v. Các nghiên cứu này đã đóng góp lớn cho sự phát triển lý thuyết và thực hành về sạt lở đất tại Việt Nam. Với việc lập bản đồ nguy cơ sạt lở, hầu hết các nghiên cứu sử dụng phương pháp AHP truyền thống được đề xuất bởi Saaty. Một số công trình nghiên cứu sử dụng phương pháp này là: (1) Sử dụng công nghệ GIS để tạo bản đồ nhạy sạt lở cho các tỉnh biên giới Tây Bắc Việt Nam; (2) Đánh giá nguy cơ sạt lở thông qua cách tiếp cận trọng số; (3) Phát triển bản đồ lãnh thổ Tây Bắc bằng công nghệ GIS. Đặc biệt, dựa trên nghiên cứu của Nguyễn và nnk, phương pháp AHP hiệu chỉnh dựa trên nền tảng GIS có thể được ứng dụng rộng rãi trong việc xây dựng bản đồ dự báo nguy cơ sạt lở cho các tuyến đường ở Việt Nam

10.3. Danh mục các công trình đã công bố thuộc lĩnh vực của đề tài của chủ nhiệm và những thành viên tham gia nghiên cứu

[1]. Effect of short piles strengthened in sand leveling over soft soils using 2D physical model. Authors: Sy Hung Nguyen, Huyen Thi Phuong Tran, Duyen-Anh Huynh-Vo. The 8th International Scientific Conference on Applying New Technology in Green Buildings (ATiGB). No: ISBN 979-8-3503-4397. Year 2023 (IEEE)

[2]. Numerical Evaluation of Reinforced Slopes with Various Backfill-Reinforcement-Drainage Systems subject to Rainfall Infiltration. Authors: Yang, K-H, Thuo, J. N., Huynh, V.D.A., Nguyen, T.S. and Portelinha, F.H.M. Computers and Geotechnics. No: 96. Pages: 25-39. Year 2018.

[3]. Researching the applicability of voting-based ensemble models for predicting bridge scour depth near piers. Authors: Vo Duyen Anh Huynh, Anh-Duc Pham, Thi Thu Ha Truong. ISSN 1859-1531 - THE UNIVERSITY OF DANANG, JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, NO. 11(120).2017, VOL. 4

[4]. Effect of Sand Cushion Thickness on Improving the Stability of Geosynthetics Reinforced Slopes Subject to Rainfalls. Authors: Huỳnh Võ Duyên Anh, Joseph Ng'ang'a Thuo, Kuo-Hsin Yang. The 3rd International Conference on Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development, Geotec Hanoi 2016. No: ISBN 978-604-82-1821-8. Pages: 819-828. Year 2016.

[5]. Behavior of Geotextile- and Geogrid-Reinforced Soil Slopes with Various Backfills Subject to Rainfalls. Authors: Thuo, J.N., Huynh, V.D.A., Yang, K-H, and Portelinha, F.H.M.. The 6th Asian Regional Conference on Geosynthetics, Geosynthetics Asia. No: ISBN 978-8-17-336390-0. Pages: 399-412. Year 2016.

11. TÍNH CẤP THIẾT CỦA ĐỀ TÀI

Sạt lở đất đá là một loại thiên tai, gây ra thiệt hại nghiêm trọng về người và tài sản. Để quản lý loại nguy cơ này, cần phải thực hiện phân tích nguy cơ sạt lở đất, tại đó có thể xác định vị trí của các khu vực dễ xảy ra trượt đất trong các điều kiện khí hậu và địa chất khác nhau. Kết quả của phân tích này thường được sử dụng để lập bản đồ dự báo nguy cơ trượt đất, dựa trên giả định rằng các trận lở đất mới có nhiều khả năng xảy ra tại các địa điểm có điều kiện tương tự như các địa điểm trượt đất trước đó, tức là đặc điểm địa chất và môi trường. Bản đồ kết quả có thể được sử dụng hiệu quả cho việc lập kế hoạch xây dựng, ngăn ngừa trượt đất và giảm thiểu thiệt hại

Tuyến đường Hoàng Sa là tuyến đường ven biển dẫn lên bán đảo Sơn Trà, đây là tuyến đường chính dẫn lên các địa điểm du lịch trên Bán đảo Sơn Trà như chùa Linh Ứng, cây Đa Ngàn Năm...Đường Hoàng Sa trên bán đảo Sơn Trà có quy mô 02 làn xe cơ giới, 02 làn xe thô sơ, bề rộng mặt đường xe chạy 10,5m; Theo Báo cáo số 156/BC-CPCĐ ngày 19/4/2022 của Công ty CP cầu đường Đà Nẵng và công tác kiểm tra hiện trường, trên tuyến đường Hoàng Sa đoạn trên bán đảo Sơn Trà có 35 điểm có nguy cơ xảy ra đá lán và sạt lở đất cần xử lý. Các đợt mưa lớn tháng 10 năm 2022 đã gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến tuyến Hoàng Sa, nhiều điểm xuất hiện sụt trượt taluy

đương và cả taluy âm, đá lăn đá rơi, một số đoạn tuyến bị đứt gãy nền mặt đường gây hư hỏng nặng cho tuyến đường làm cản trở giao thông, mất an toàn cho các hương tiện tham gia giao thông. Trượt lở đất, đá tại tuyến đường Hoàng Sa gây ra làm cản trở giao thông, mất an toàn cho các hương tiện tham gia giao thông thiệt hại về người và tài sản. Để quản lý loại nguy cơ này, cần phải xây dựng bản đồ dự báo nguy cơ sạt lở đất, đá . Bản đồ dự báo này có thể được sử dụng hiệu quả cho việc lập kế hoạch xây dựng, ngăn ngừa trượt đất và giảm thiểu thiệt hại. Trong nghiên cứu này, các phương pháp FR, M-FR, AHP và M-AHP được áp dụng để phát triển các bản đồ cảnh báo nguy cơ sạt lở đất cho đường Hoàng Sa ở thành phố Đà Nẵng, Việt Nam
12. MỤC TIÊU ĐỀ TÀI Xây dựng các bản đồ chuyên đề của các yếu tố tự nhiên ảnh hưởng đến nguy cơ sạt lở đất đá cho tuyến đường Hoàng Sa, Đà Nẵng Xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ sạt lở đất đá bằng phương pháp AHP hiệu chỉnh, FR hiệu chỉnh cho tuyến đường Hoàng Sa, Đà Nẵng
13. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI NGHIÊN CỨU 13.1. Đối tượng nghiên cứu Các yếu tố tự nhiên ảnh hưởng đến quá trình sạt lở đất đá đường Hoàng Sa 13.2. Phạm vi nghiên cứu Tuyến đường Hoàng Sa từ Km0+950 đến Km7+450, Thành phố Đà Nẵng
14. CÁCH TIẾP CẬN, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU 14.1. Cách tiếp cận - Thu thập các tài liệu khảo sát Địa hình, địa chất, địa vật lý, địa chất thủy văn tại tuyến đường Hoàng Sa - Số liệu khí tượng thủy văn của Đài KTTV khu vực đường Hoàng Sa; - Khảo sát hiện lở trong quá khứ cũng như nhận định phân vùng nguy cơ sạt lở đất; 14.2. Phương pháp nghiên cứu Các phương pháp nghiên cứu gồm: Phương pháp khảo sát thực địa, thu thập tài liệu; Phương pháp phân tích, tổng hợp, đánh giá; Phương pháp sử dụng bản đồ và ảnh viễn thám; Phương pháp tham vấn chuyên gia; Phương pháp sử dụng phần mềm ArcGIS
15. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU VÀ KẾ HOẠCH NGHIÊN CỨU 15.1. Nội dung nghiên cứu Phần A. Mở đầu 1. Tính cấp thiết của đề tài 2. Mục tiêu đề tài và phương pháp nghiên cứu 3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu Phần B. Nội dung nghiên cứu Chương 1. Tổng quan về đề tài nghiên cứu Chương 2. Thu thập và điều tra cơ sở dữ liệu địa kỹ thuật và không gian địa lý cho tuyến đường Hoàng Sa, thành phố Đà Nẵng Chương 3. Cảnh báo nguy cơ sạt trượt dựa vào nền tảng GIS Phần C. Kết luận và kiến nghị

15.2. Kế hoạch nghiên cứu				
TT	Nội dung công việc	Sản phẩm	Thời gian	Người thực hiện
1.	Viết đề cương và thuyết minh đề cương	Đề cương chi tiết	01/2025	ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh
2.	Tổng hợp các phương pháp xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ sạt lở	Tổng quan về vấn đề nghiên cứu	02/2025	ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh ThS. Ngô Thị Mỹ
3.	Thu thập, phân tích dữ liệu đầu vào	Bảng tổng hợp khảo sát hiện trạng, số liệu thí nghiệm, bản đồ tự nhiên, các bản đồ phân tích, sơ đồ phân tích dữ liệu ...	03-05/2025	ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh ThS. Ngô Thị Mỹ
5.	Xây dựng bản đồ dự báo nguy cơ sạt lở đất đá	Các bản đồ đồ dự báo	06/2025 – 07/2025	ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh ThS. Ngô Thị Mỹ
6.	Viết báo	Bài báo khoa học	08/2025 – 09/2025	ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh
7.	Viết báo cáo tổng kết đề tài	Báo cáo tổng kết đề tài	10/2025 – 12/2025	ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh

16. SẢN PHẨM

16.1. Sản phẩm khoa học

- Bài báo đăng hoặc chấp nhận đăng trên tạp chí có tên trong danh mục Scopus/SCIE ☐
- Bài báo đăng trên tạp chí/kỷ yếu được tính điểm trong danh mục HĐCDGSNN ☒
- Sản phẩm khác:
 - Tài liệu hướng dẫn thí nghiệm ☐ Tài liệu hướng dẫn thực hành ☐
 - Bài thực hành/bài thí nghiệm ☐ Giáo trình ☐ Tài liệu tham khảo ☐

16.2. Sản phẩm đào tạo:

- Đào tạo Cao học ☐ Đào tạo NCS ☐
- Hướng dẫn sinh viên bảo vệ đề tài/đồ án tốt nghiệp ☐
- Hướng dẫn sinh viên nghiên cứu khoa học ☐

16.3. Sản phẩm ứng dụng

Chương trình máy tính ☐	Tiêu chuẩn ☐	Chiến lược ☐
Website ☐	Phương pháp ☐	Đề án ☐
Thiết bị máy móc ☐	Tài liệu dự báo ☐	Bản quy hoạch ☐
Dây chuyền công nghệ ☐	Luận chứng kinh tế ☐	Vật liệu ☐
Mô hình ☐	Qui phạm ☐	Mẫu ☐
Sơ đồ, bản thiết kế ☐	Bản kiến nghị ☐	Giống cây trồng ☐
Qui trình công nghệ ☐	Báo cáo phân tích ☐	Giống vật nuôi ☐

16.4. Tên sản phẩm, số lượng và yêu cầu khoa học đối với sản phẩm

Stt	Tên sản phẩm	Số lượng	Yêu cầu khoa học
1.	Bài báo khoa học đăng trên tạp chí/kỷ yếu được tính điểm trong danh mục HĐCDGSNN	01	-Tác giả chính (hoặc tác giả đầu hoặc tác giả liên hệ) của bài báo là thành viên tham gia thực hiện đề tài;

			- Đơn vị công tác của tác giả chính thuộc trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng
--	--	--	---

17. HIỆU QUẢ (giáo dục và đào tạo, kinh tế - xã hội)

Kết quả nghiên cứu của đề tài Cảnh báo nguy cơ sạt lở đất đá tại đường Hoàng Sa, Đà Nẵng, giúp cho các nhà quản lý có kế hoạch ứng phó, hạn chế hiện tượng sạt lở đất đá, đảm bảo an toàn cho tuyến đường và tiết kiệm chi phí duy tu, sửa chữa tuyến đường. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng được sử dụng như một tài liệu tham khảo trong việc giảng dạy các môn học như thiết kế nền mặt đường, Thiết kế và thi công công trình đường trên điều kiện địa chất đặc biệt.

18. PHƯƠNG THỨC CHUYỂN GIAO KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ĐỊA CHỈ ỨNG DỤNG

- Phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu: Sản phẩm của đề tài được bàn giao trực tiếp cho Khoa Kỹ thuật Xây dựng – Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng.

- Địa chỉ ứng dụng: Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, 48 Cao Thắng, Phường Thanh Bình, Quận Hải Châu, Thành phố Đà Nẵng. Ứng dụng cho chương trình đào tạo của chuyên ngành Công nghệ kỹ thuật Cầu đường và Hạ tầng đô thị, Bộ môn Cầu đường, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, đối với các học phần: Thiết kế nền mặt đường, Thiết kế và thi công công trình đường trên điều kiện địa chất đặc biệt

19. KINH PHÍ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI VÀ NGUỒN KINH PHÍ

Kinh phí thực hiện đề tài: 20.000.000 đồng (Bằng chữ: Hai mươi triệu đồng chẵn)

Trong đó:

- Từ nguồn Quỹ KHCN: 20.000.000 đồng - Từ các nguồn kinh phí khác: 0 đồng.

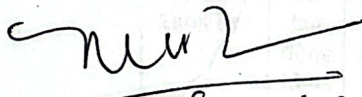
Dự trù kinh phí theo các mục chi (*phù hợp với nội dung nghiên cứu*):

Stt	Khoản chi, nội dung chi	Tổng kinh phí (ĐVT: VNĐ)	Nguồn kinh phí		Ghi chú
			Kinh phí từ Quỹ KHCN (ĐVT: VNĐ)	Các nguồn khác	
1	Chi tiền công lao động trực tiếp	18.868.000	18.868.000	0	Giao khoán
2	Chi mua vật tư, nguyên vật liệu	0	0	0	
3	Chi sửa chữa, mua sắm tài sản cố định	0	0	0	
4	Chi hội thảo khoa học, công tác phí	0	0	0	
5	Chi trả dịch vụ thuê ngoài phục vụ nghiên cứu	0	0	0	
6	Chi điều tra, khảo sát thu thập số liệu	0	0	0	
7	Văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn	132.000	132.000	0	Giao khoán
8	Chi họp hội đồng đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở	0	0	0	
9	Chi quản lý chung	1.000.000	1.000.000	0	Giao khoán
10	Chi khác	0	0	0	
	TỔNG CỘNG	20.000.000	20.000.000	0	

Ngày .20 tháng .01 năm 2025.

TM. HỘI ĐỒNG KHOA

(ký, họ và tên)


Ngô Thanh Vinh

Ngày 26 tháng 12 năm 2024

Chủ nhiệm đề tài

(ký tên)

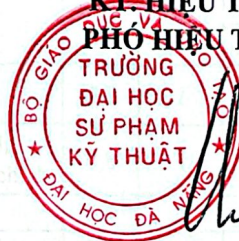

ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh

Đà Nẵng, ngày 22 tháng 01 năm 2025.

Cơ quan Chủ trì duyệt

KT. HIỆU TRƯỞNG

PHÓ HIỆU TRƯỞNG



PGS. TS. VÕ TRUNG HÙNG

GIẢI TRÌNH CHI TIẾT CÁC MỤC CHI

Mục 1a: Bản tính thù lao lao động phân theo kế hoạch nghiên cứu

Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DM_{CN}): 2.650.000 đồng

Số TT	Nội dung công việc	Chức danh khoa học	Hệ số lao động khoa học	Số người trong nhóm chức danh	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DM _{CN}) (ĐVT: VNĐ)	Số ngày công (ĐVT: ngày)	Tổng số tháng quy đổi của chức danh/nhóm chức danh (ĐVT: tháng)	Tổng thù lao thực hiện nhiệm vụ (ĐVT: VNĐ)
(1)	(2)	(2.1)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=6/22 ngày	8=3x5x7
I	Nội dung nghiên cứu							
1	Nội dung 1: Tổng hợp các phương pháp xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ sạt lở						2,00	3.710.000
1.1	Thù lao 01 thành viên chính		0,8	1	2.650.000	33	1,50	3.180.000
	Huỳnh Võ Duyên Anh	Thành viên chính	0,8	1	2.650.000	33	1,50	3.180.000
1.2	Thù lao 01 thành viên		0,4	1	2.650.000	11	0,50	530.000
	Ngô Thị Mỹ	Thành viên	0,4	1	2.650.000	11	0,50	530.000
2	Nội dung 2: Thu thập, phân tích dữ liệu đầu vào						1,50	2.650.000
2.1	Thù lao 01 thành viên chính		0,8	1	2.650.000	22	1,00	2.120.000
	Huỳnh Võ Duyên Anh	Thành viên chính	0,8	1	2.650.000	22	1,00	2.120.000
2.2	Thù lao 01 thành viên		0,4	1	2.650.000	11	0,50	530.000
	Ngô Thị Mỹ	Thành viên	0,4	1	2.650.000	11	0,50	530.000
3	Nội dung 3: Xây dựng bản đồ cảnh báo						2,50	4.240.000
3.1	Thù lao 01 thành viên chính		0,8	1	2.650.000	33	1,50	3.180.000
	Huỳnh Võ Duyên Anh	Thành viên chính	0,8	1	2.650.000	33	1,50	3.180.000
3.2	Thù lao 01 thành viên		0,4	1	2.650.000	22	1,00	1.060.000
	Ngô Thị Mỹ	Thành viên	0,4	1	2.650.000	22	1,00	1.060.000
4	Thù lao của chủ nhiệm nhiệm vụ:		1	1	2.650.000		2,40	6.360.000
	(TL _{CN} = 1,0 x DM _{CN} x 20% x T)						(=20% x 12 tháng)	
5	Thù lao của thư ký khoa học:		0,3	1	2.650.000		2,40	1.908.000
	(TL _{TK} = 0,3 x DM _{CN} x 20% x T)						(=20% x 12 tháng)	
	TỔNG CỘNG						10,80	18.868.000

Mục 1b: Bản tính thù lao lao động phân theo tên thành viên tham gia nghiên cứu

TT	Họ và tên	Chức danh	Hệ số	Số ngày (nếu có)	Tổng số tháng quy đổi của chức danh (ĐVT: tháng)	Định mức thù lao tháng của chủ nhiệm (DMCN) (ĐVT: VNĐ)	Thành tiền (ĐVT: VNĐ)	Tổng cộng (ĐVT: VNĐ)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Huỳnh Võ Duyên Anh	Chủ nhiệm	1		2,4	2.650.000	6.360.000	14.840.000
2	Huỳnh Võ Duyên Anh	Thành viên chính	0,8		4,0	2.650.000	8.480.000	
3	Ngô Thị Mỹ	Thành viên	0,4		2,0	2.650.000	2.120.000	4.028.000
4	Ngô Thị Mỹ	Thư ký khoa học	0,3		2,4	2.650.000	1.908.000	
	Tổng				10,8			18.868.000

Mục 2: Chi mua vật tư, nguyên vật liệu : không

Mục 3: Chi sửa chữa, mua sắm tài sản cố định : không

Mục 4: Chi hội thảo khoa học, công tác phí : không

Mục 5: Chi trả dịch vụ thuê ngoài phục vụ hoạt động nghiên cứu : không

Mục 6: Chi điều tra, khảo sát thu thập số liệu : không

Mục 7: Chi văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn:

TT	Nội dung chi	Đơn vị tính	Số lượng	Đơn giá	Tổng kinh phí	Nguồn kinh phí (đồng)	
						Kinh phí từ Trường	Nguồn khác
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6) = (4) x (5)	(7)	(8)
1	Chi in ấn báo cáo đề tài	Quyển	4	33.000	132.000	132.000	0
	Tổng				132.000		

Mục 8: Chi họp hội đồng đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở : không

Mục 9: Chi quản lý chung : 1.000.000 đồng

Mục 10: Chi khác : không

Chủ nhiệm đề tài
(ký, ghi họ và tên)



ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh

Đà Nẵng, ngày 22 tháng 01 năm 2021.

Cơ quan chủ trì

KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



PGS. TS. Võ Trung Hùng

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

Ngày 24 tháng 01 năm 2025

HỢP ĐỒNG TRIỂN KHAI THỰC HIỆN
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG
Số: 09/HĐ-KHCNCS-2024

- Căn cứ Bộ luật dân sự ngày 24 tháng 11 năm 2015;
- Căn cứ Luật khoa học và công nghệ ngày 18 tháng 6 năm 2013;
- Căn cứ Quyết định số 1749/QĐ-TTg ngày 08 tháng 11 năm 2017 của Thủ tướng Chính phủ về việc thành lập Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật (ĐHSPKT) thuộc Đại học Đà Nẵng;
- Căn cứ Thông tư số 03/2023/TT-BTC ngày 10 tháng 01 năm 2023 của Bộ trưởng Bộ Tài chính về việc quy định lập dự toán, quản lý sử dụng và quyết toán kinh phí ngân sách nhà nước thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ;
- Căn cứ Quyết định số 216/QĐ-ĐHSPKT ngày 09 tháng 3 năm 2018 của Hiệu trưởng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật về việc ban hành Quy định về quản lý đề tài khoa học và công nghệ cấp cơ sở (cấp Trường) do Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật quản lý;
- Căn cứ Quyết định số 42/QĐ-ĐHSPKT ngày 21 tháng 01 năm 2025 của Hiệu trưởng Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật về việc phê duyệt kinh phí và giao nhiệm vụ thực hiện đề tài khoa học và công nghệ (KH&CN) cấp Trường;

Sau khi xem xét mục tiêu, nội dung nghiên cứu và sản phẩm khoa học của đề tài KH&CN (sau đây gọi tắt là “**đề tài**”):

“Cảnh báo nguy cơ sụt lở đất đá tại đường Hoàng Sa, Đà Nẵng.”

Mã số: T2024-06-09.

Bên A: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật
Đại diện: Ông Nguyễn Lê Hùng Chức vụ: Hiệu trưởng
Địa chỉ: 48 Cao Thắng, Quận Hải Châu, Thành phố Đà Nẵng
Điện thoại: 0236.3822571 Fax: 0236.3894884
Số tài khoản: 3716.1.1055693.00000 tại Kho bạc Nhà nước Đà Nẵng

2. Bên B: Ông (Bà): Huỳnh Võ Duyên Anh là Chủ nhiệm đề tài
- **Số CCCD:** 051188002922 ngày cấp: 17/04/2021 nơi cấp: Cục cảnh sát Quản lý Hành chính về Trật tự Xã hội, Bộ Công an.
- **Số Tài khoản:** 5610573404 tại ngân hàng BIDV CN Đà Nẵng
- **Mã số thuế:** 8122146924
- **Đơn vị:** Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng.
- **Điện thoại:** 0905202012 Email: hvdanh@ute.udn.vn

Và các thành viên tham gia thực hiện đề tài theo thuyết minh được duyệt gồm:

2.1. Bên B: Ông (Bà) Ngô Thị My là Thành viên

- Số CCCD: 040183008398 ngày cấp: 17/04/2021 nơi cấp: Cục cảnh sát Quản lý Hành chính về trật tự xã hội
- Số Tài khoản: 5610259865 tại ngân hàng BIDV CN Đà Nẵng
- Mã số thuế: 0400570011
- Đơn vị: Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng
- Điện thoại: 0982551227 Email: ntmty@ute.udn.vn

Cùng thỏa thuận và thống nhất ký kết Hợp đồng thực hiện đề tài KH&CN cấp Trường (sau đây gọi tắt là Hợp đồng) với các điều khoản sau:

Điều 1. Đối tượng Hợp đồng

1. Bên A đặt hàng và Bên B nhận đặt hàng thực hiện đề tài KH&CN cấp trường (sau đây gọi là đề tài) theo các nội dung trong Thuyết minh đề tài đã được phê duyệt (sau đây gọi tắt là Thuyết minh).
2. Thuyết minh là bộ phận không tách rời của Hợp đồng.
3. Nội dung Thuyết minh có thể được điều chỉnh bằng văn bản của cơ quan có thẩm quyền trên cơ sở sự thống nhất của hai Bên.

Điều 2. Thời gian thực hiện Hợp đồng

1. Thời gian thực hiện đề tài là 12 tháng, từ tháng 01 năm 2025 đến tháng 12 năm 2025.
2. Thời gian thực hiện hợp đồng có thể được điều chỉnh theo thời gian thực hiện đề tài bằng quyết định của cơ quan có thẩm quyền.

Điều 3. Kinh phí đề tài:

1. Kinh phí thực hiện:

Tổng cộng: 20.000.000 đồng

Trong đó:

- Kinh phí từ nguồn Khoa học công nghệ: 20.000.000 đồng
- + Kinh phí khoán: 20.000.000 đồng
- + Kinh phí không giao khoán: 0 đồng
- Kinh phí từ các nguồn khác: 0 đồng

2. Tạm ứng và thanh quyết toán kinh phí

- Tạm ứng đợt 1: Ngay sau khi ký kết hợp đồng, bên A sẽ tạm ứng cho bên B tối đa 50% giá trị hợp đồng khi có yêu cầu tạm ứng của bên B.

Tạm ứng đợt 2: Bên A cấp tạm ứng tối đa 40% tổng giá trị còn lại của hợp đồng khi có đề nghị của bên B và sau khi bên B phải hoàn thành hồ sơ thanh toán tối thiểu bằng 50% mức kinh phí đã tạm ứng các đợt trước đó trên cơ sở đề tài được đánh giá hoàn thành tiến độ thực hiện đợt 1. Bên A thực hiện thanh toán cho bên B theo đúng quy định hiện hành, đồng thời thu hồi cho đến hết số tiền đã tạm ứng. Số tiền tạm ứng đợt 1 chưa được thu hồi thì sẽ được thu hồi trong lần thanh toán cuối cùng.

- Thanh toán đợt cuối: Sau khi đề tài được nghiệm thu chính thức, bên B phải hoàn thành và nộp hồ sơ thanh quyết toán kinh phí tất cả các nguồn kể từ ngày kết thúc nhiệm vụ theo quyết định phê duyệt nhiệm vụ và hợp đồng đã ký kết và trong phạm vi niên độ tài chính. Bên A thanh toán hết giá trị còn lại của hợp đồng từ nguồn do bên A quản lý theo đúng quy định hiện hành.

- Tùy theo kết quả thực hiện hợp đồng mà bên B chịu những xử lý tài chính trong quy định tại điều 6 hợp đồng này.

Điều 4. Quyền và nghĩa vụ của các bên

1. Quyền và nghĩa vụ của Bên A

- a) Cung cấp các thông tin cần thiết cho việc triển khai, thực hiện Hợp đồng;
- b) Bố trí cho Bên B số kinh phí từ Trường ĐHSPKT, ĐHĐN quy định tại Điều 3 Hợp đồng này theo tiến độ kế hoạch, tương ứng với các nội dung nghiên cứu được phê duyệt;
- c) Tổ chức phê duyệt kế hoạch đầu thầu, mua sắm máy móc, thiết bị, nguyên vật liệu và dịch vụ của đề tài bằng kinh phí do Bên A cấp (nếu có) theo quy định;
- d) Trước mỗi đợt cấp kinh phí, trên cơ sở báo cáo tình hình thực hiện đề tài của Bên B, Bên A căn cứ vào sản phẩm, khối lượng công việc đã hoàn thành theo Thuyết minh đề cấp tiếp kinh phí thực hiện Hợp đồng. Bên A có quyền thay đổi tiến độ cấp hoặc ngừng cấp kinh phí nếu Bên B không hoàn thành công việc đúng tiến độ, đúng nội dung công việc được giao;
- đ) Kiểm tra đột xuất để đánh giá tình hình Bên B thực hiện đề tài theo Thuyết minh. Trường ĐHSPKT, ĐHĐN thực hiện kiểm tra định kỳ đánh giá tình hình thực hiện đề tài theo quy định hiện hành về quản lý đề tài khoa học và công nghệ cấp Trường;
- e) Kịp thời xem xét, giải quyết theo thẩm quyền hoặc trình cấp có thẩm quyền giải quyết kiến nghị, đề xuất của Bên B về điều chỉnh nội dung chuyên môn, kinh phí và các vấn đề phát sinh khác trong quá trình thực hiện đề tài;
- g) Tổ chức đánh giá, nghiệm thu kết quả thực hiện đề tài của Bên B theo các yêu cầu, chỉ tiêu trong Thuyết minh;
- h) Có trách nhiệm cùng Bên B tiến hành thanh lý Hợp đồng theo quy định hiện hành;
- i) Phối hợp cùng Bên B xử lý tài sản được mua sắm bằng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài sử dụng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN (nếu có) theo quy định của pháp luật;

k) Tiếp nhận kết quả thực hiện đề tài, bàn giao kết quả thực hiện đề tài cho tổ chức đề xuất đặt hàng hoặc tổ chức triển khai ứng dụng sau khi được nghiệm thu;

l) Có trách nhiệm hướng dẫn việc trả thù lao cho tác giả nếu có lợi nhuận thu được từ việc ứng dụng kết quả của đề tài và thông báo cho tác giả việc bàn giao kết quả thực hiện đề tài (nếu có);

m) Ủy quyền cho Bên B tiến hành đăng ký bảo hộ quyền sở hữu trí tuệ đối với kết quả thực hiện đề tài (nếu có) theo quy định hiện hành;

n) Thực hiện các quyền và nghĩa vụ khác theo quy định của Luật KH&CN và các văn bản liên quan.

2. Quyền và nghĩa vụ của Bên B

a) Tổ chức triển khai đầy đủ các nội dung nghiên cứu của đề tài đáp ứng các yêu cầu chất lượng, tiến độ và chỉ tiêu theo Thuyết minh;

b) Cam kết thực hiện và bàn giao sản phẩm cuối cùng đáp ứng đầy đủ các tiêu chí đã được phê duyệt;

c) Được quyền tự chủ, tự quyết định việc sử dụng phần kinh phí để thực hiện đề tài theo dự toán kinh phí đề tài, được quyền ký kết hợp đồng thuê khoán chuyên môn với các thành viên tham gia thực hiện; và các hợp đồng khác gồm: mua vật tư, nguyên, nhiên, vật liệu, sửa chữa, mua sắm tài sản cố định, dịch vụ thuê ngoài phục vụ nghiên cứu, văn phòng phẩm, thông tin liên lạc, in ấn có giá trị dưới 20 triệu đồng;

d) Yêu cầu Bên A cung cấp thông tin cần thiết để triển khai thực hiện Hợp đồng;

đ) Kiến nghị, đề xuất điều chỉnh các nội dung chuyên môn, kinh phí và thời hạn thực hiện Hợp đồng khi cần thiết;

e) Yêu cầu Bên A cấp đủ kinh phí theo đúng tiến độ quy định trong Hợp đồng khi hoàn thành đầy đủ nội dung công việc theo tiến độ cam kết. Đảm bảo huy động đủ nguồn kinh phí khác theo cam kết. Sử dụng kinh phí đúng mục đích, đúng chế độ hiện hành và có hiệu quả;

g) Đối với các hợp đồng khác được quy định tại điểm c, khoản 2, Điều 4 hợp đồng này có giá trị từ 20 triệu trở lên: Chủ nhiệm đề tài xây dựng kế hoạch mua sắm để gửi Bên A phê duyệt và thực hiện mua sắm theo quy định của pháp luật;

h) Chấp hành các quy định pháp luật trong quá trình thực hiện Hợp đồng. Tạo điều kiện thuận lợi và cung cấp đầy đủ thông tin cho các cơ quan quản lý trong việc giám sát, kiểm tra, thanh tra đối với đề tài theo quy định của pháp luật;

i) Thực hiện việc tự đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở theo quy định hiện hành khi kết thúc đề tài. Sau khi đánh giá, nghiệm thu cấp cơ sở hoàn chỉnh lại hồ sơ theo kết luận của Hội đồng đánh giá cấp cơ sở, Bên B có trách nhiệm chuyển cho Bên A các hồ sơ để Bên A tiến hành việc đánh giá, nghiệm thu theo quy định;

k) Có trách nhiệm quản lý tài sản được mua sắm bằng ngân sách của Trường ĐHSPKT, ĐHQĐN hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài sử dụng ngân sách Trường

ĐHSPKT, ĐHĐN (nếu có). Chủ nhiệm đề tài có trách nhiệm bàn giao tài sản được mua sắm bằng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN hoặc được tạo ra từ kết quả nghiên cứu của đề tài cho cơ quan chủ quản đề tài để quản lý và sử dụng.

l) Có trách nhiệm cùng Bên A tiến hành thanh lý Hợp đồng theo quy định;

m) Thực hiện việc đăng ký bảo hộ quyền sở hữu trí tuệ theo ủy quyền của Bên A đối với kết quả nghiên cứu (nếu có);

n) Chủ nhiệm đề tài giao nộp kết quả thực hiện đề tài cho bộ phận lưu giữ thông tin của cơ quan chủ quản đề tài. Cơ quan chủ quản đề tài xác nhận việc giao nộp kết quả thực hiện đề tài cho chủ nhiệm đề tài.

o) Các sản phẩm khoa học công bố được tính khi có lời ghi nhận Trường ĐHSPKT, ĐHĐN, cụ thể như sau:

+ Đối với bài báo khoa học viết bằng tiếng Anh: “This research is funded by The University of Danang – University of Technology and Education under project number T2024-06-09”;

+ Đối với bài báo khoa học viết bằng tiếng Việt: “Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số T2024-06-09”;

Đối với sản phẩm khoa học có lời ghi nhận Trường ĐHSPKT, ĐHĐN và các nguồn kinh phí trong nước khác, Trường ĐHSPKT, ĐHĐN sẽ tính mức độ hoàn thành của sản phẩm đó như sau: Phần công trình được tính cho sản phẩm đề tài này được chia theo tỷ lệ đóng góp của mỗi nguồn kinh phí thực hiện. Trong trường hợp không xác định được cụ thể tỷ lệ đóng góp của mỗi nguồn kinh phí thì phần công trình được tính cho sản phẩm đề tài này sẽ bằng một (01) chia cho số nguồn kinh phí trong nước. Tổng số phần các công trình được tính phải đáp ứng yêu cầu về số lượng theo thuyết minh đề tài đã phê duyệt.

Thời gian thực hiện sản phẩm của đề tài phải được triển khai trong khoảng thời gian thực hiện đề tài.

p) Chủ nhiệm đề tài cùng với các cá nhân trực tiếp sáng tạo ra kết quả nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ được đứng tên tác giả trong đề tài và hưởng quyền tác giả bao gồm cả các lợi ích thu được (nếu có) từ việc khai thác thương mại các kết quả thực hiện đề tài theo quy định pháp luật và các thỏa thuận khác (nếu có);

q) Có trách nhiệm trực tiếp hoặc tham gia triển khai ứng dụng kết quả nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ theo yêu cầu của Bên A hoặc tổ chức, cá nhân được Bên A giao quyền sở hữu, sử dụng kết quả thực hiện đề tài;

r) Thực hiện bảo mật các kết quả thực hiện đề tài theo quy định về bảo vệ bí mật của nhà nước;

s) Thực hiện các quyền và nghĩa vụ khác theo quy định Luật KH&CN và các văn bản liên quan.

Điều 5. Chấm dứt Hợp đồng

Hợp đồng này chấm dứt trong các trường hợp sau:

1. Đề tài đã kết thúc và được nghiệm thu.
2. Bên B bị chấm dứt hợp đồng thực hiện đề tài khi có đề nghị thanh lý Hợp đồng của Hội đồng thanh lý đề tài cấp Trường.

Điều 6. Xử lý tài chính khi chấm dứt Hợp đồng

1. Đối với đề tài đã kết thúc và được nghiệm thu:

a) Đề tài đã kết thúc và đánh giá nghiệm thu từ mức “Đạt” trở lên thì Bên A thanh toán đầy đủ kinh phí cho Bên B theo quy định tại Hợp đồng này.

b) Đề tài đã kết thúc, nhưng nghiệm thu mức “không đạt” thì Bên A xem xét, quyết toán kinh phí cho Bên B trên cơ sở kết luận của Hội đồng đánh giá về nguyên nhân, trách nhiệm và những nội dung công việc mà Bên B đã thực hiện có sản phẩm thực tế được đánh giá.

Bên B có trách nhiệm hoàn trả toàn bộ số kinh phí ngân sách nhà nước đã cấp nhưng chưa sử dụng. Đối với khoản kinh phí đã sử dụng được áp dụng xử lý đối với trường hợp đề tài không hoàn thành được quy định tại Điều 16 Thông tư liên tịch số 27/2015/TTLT-BKHCN-BTC ngày 30/12/2015 của Bộ Khoa học và Công nghệ - Bộ Tài chính quy định khoản chi thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ sử dụng ngân sách Nhà nước.

2. Đối với đề tài chấm dứt khi có căn cứ khẳng định không còn nhu cầu thực hiện:

a) Trường hợp Đề tài chấm dứt khi có căn cứ khẳng định không còn nhu cầu thực hiện thì hai bên cùng nhau xác định khối lượng công việc Bên B đã thực hiện để làm căn cứ thanh toán số kinh phí Bên B đã sử dụng nhằm thực hiện đề tài và thu hồi số kinh phí còn lại đã cấp cho Bên B.

b) Trường hợp hai bên thỏa thuận ký Hợp đồng mới để thay thế và kết quả nghiên cứu của Hợp đồng cũ là một bộ phận cấu thành kết quả nghiên cứu của Hợp đồng mới thì số kinh phí đã cấp cho Hợp đồng cũ được tính vào kinh phí cấp cho Hợp đồng mới và được tiếp tục thực hiện với Hợp đồng mới.

3. Đối với Đề tài bị đình chỉ theo quyết định của cơ quan có thẩm quyền hoặc Hợp đồng bị chấm dứt do Bên B không nộp hồ sơ để đánh giá, nghiệm thu Đề tài theo quy định pháp luật thì Bên A sẽ tiến hành thủ tục thanh lý đề tài theo quy định.

4. Đối với Đề tài không hoàn thành do lỗi của Bên A dẫn đến việc chấm dứt Hợp đồng thì Bên B không phải bồi hoàn số kinh phí đã sử dụng để thực hiện Đề tài, nhưng vẫn phải thực hiện việc quyết toán kinh phí theo quy định của pháp luật.

Điều 7. Gia hạn đề tài

Trong trường hợp Chủ nhiệm chưa hoàn thành các nội dung nghiên cứu và có đề xuất xin gia hạn thời gian thực hiện, Hợp đồng tự động gia hạn thêm tối đa 6 tháng theo quy định

(đến tháng 6/2026) trên cơ sở báo cáo định kỳ tình hình thực hiện đề tài và kết luận của đơn vị chủ trì.

Điều 8. Xử lý tài sản khi chấm dứt Hợp đồng

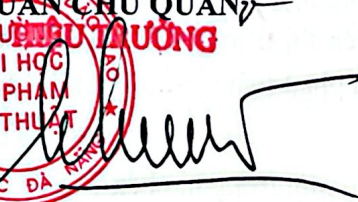
1. Khi chấm dứt Hợp đồng, việc xử lý tài sản được mua sắm hoặc được hình thành bằng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN cấp cho đề tài được thực hiện theo quy định pháp luật.
2. Các sản phẩm vật chất của Đề tài sử dụng ngân sách Trường ĐHSPKT, ĐHĐN: nguồn thu khi các sản phẩm này được tiêu thụ trên thị trường sau khi trừ các khoản chi phí cần thiết, hợp lệ, được phân chia theo quy định pháp luật.

Điều 9. Điều khoản chung

1. Trong quá trình thực hiện Hợp đồng, nếu một trong hai bên có yêu cầu sửa đổi, bổ sung nội dung hoặc có căn cứ để chấm dứt thực hiện Hợp đồng thì phải thông báo cho bên kia ít nhất là 15 ngày làm việc trước khi tiến hành sửa đổi, bổ sung hoặc chấm dứt thực hiện Hợp đồng, xác định trách nhiệm của mỗi bên và hình thức xử lý. Các sửa đổi, bổ sung (nếu có) phải lập thành văn bản có đầy đủ chữ ký của các bên và được coi là bộ phận của Hợp đồng và là căn cứ để nghiệm thu kết quả của đề tài.
2. Khi một trong hai bên gặp phải trường hợp bất khả kháng dẫn đến việc không thể hoặc chậm thực hiện nghĩa vụ đã thỏa thuận trong Hợp đồng thì có trách nhiệm thông báo cho Bên kia trong 10 ngày làm việc kể từ ngày xảy ra sự kiện bất khả kháng. Hai bên có trách nhiệm phối hợp xác định nguyên nhân và báo cáo cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền để giải quyết theo quy định của pháp luật.
3. Hai bên cam kết thực hiện đúng các quy định của Hợp đồng và có trách nhiệm hợp tác giải quyết các vướng mắc phát sinh trong quá trình thực hiện. Bên vi phạm các cam kết trong Hợp đồng phải chịu trách nhiệm theo quy định pháp luật.
4. Mọi tranh chấp phát sinh trong quá trình thực hiện Hợp đồng do các bên thương lượng hòa giải để giải quyết. Trường hợp không hòa giải được thì một trong hai bên có quyền đưa tranh chấp ra để giải quyết theo quy định của pháp luật.
5. Hợp đồng tự động thanh lý khi hai bên hoàn thành nghĩa vụ theo hợp đồng đã được ký kết. Trong trường hợp thanh lý đề tài (nếu có), bên B hoàn trả số tiền đã được Hội đồng thanh lý đề tài kết luận trong nội dung của Biên bản họp hội đồng thanh lý đề tài. Bên B thực hiện việc hoàn trả bằng hình thức chuyển khoản vào tài khoản sau đây của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật trong thời hạn 30 ngày kể từ ngày họp hội đồng thanh lý đề tài, chi tiết thông tin như sau:
 - Tên tài khoản: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật.
 - Số tài khoản: 56110001076650 tại Ngân hàng BIDV chi nhánh Đà Nẵng.

Điều 10. Hiệu lực của Hợp đồng

Hợp đồng này có hiệu lực từ ngày ký. Hợp đồng này được lập thành 06 bản (01 bản gốc và 05 bản chính) và có giá trị như nhau, Bên A giữ 02 bản, Bên B giữ 04 bản có giá trị pháp lý như nhau.

BÊN A
CƠ QUAN CHỦ QUẢN
TRƯỜNG
ĐẠI HỌC
SƯ PHẠM
KỸ THUẬT
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Nguyễn Lê Hùng

BÊN B
CHỦ NHIỆM ĐỀ TÀI

Huỳnh Võ Duyên Anh

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

ĐƠN ĐỀ NGHỊ GIA HẠN THỜI GIAN THỰC HIỆN
ĐỀ TÀI KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG MÃ T2024

Kính gửi:

- Ban Giám hiệu Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật;
- Phòng Quản lý Khoa học & Hợp tác Quốc tế;
- Ban Chủ nhiệm Khoa Kỹ thuật Xây dựng

Tôi tên là: Huỳnh Võ Duyên Anh, chủ nhiệm đề tài KH&CN cấp Trường

Đơn vị công tác: Khoa Kỹ thuật Xây dựng

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng.

Số điện thoại: 0905202012

Email: hvdanh@ute.udn.vn

1. Mã số: T2024-06-09
2. Tên đề tài: CẢNH BÁO NGUY CƠ SẠT LỎ ĐẤT ĐÁ TẠI ĐƯỜNG HOÀNG SA, ĐÀ NẴNG
3. Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật
4. Nội dung điều chỉnh:

- Gia hạn về thời gian thực hiện: ☒ Có ☐ Không

- Giải trình lý do:

Cần thêm thời gian để viết và chỉnh sửa bài báo khoa học thuộc danh mục HECDSNN

☐ Chưa hoàn thành sản phẩm của đề tài (ghi cụ thể sản phẩm)

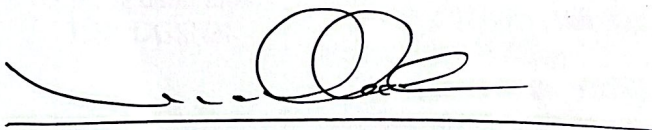
☐ Khác (ghi cụ thể):.....

- Thời gian đề nghị gia hạn: ☒ 6 tháng (đến 31/6/2026).

Đà Nẵng, ngày 8 tháng 11 năm 2025

Ý KIẾN CỦA KHOA

Chủ nhiệm đề tài



TS. Phan Tiến Vinh



Huỳnh Võ Duyên Anh

Ý KIẾN CỦA PHÒNG QLKH&HTQT
PHÓ TRƯỞNG PHÒNG



TS. Nguyễn Minh Tiến

Tổ chức chủ trì
KT. HIỆU TRƯỞNG
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



PGS. TS. Võ Trung Hùng

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM
Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

BÁO CÁO TÌNH HÌNH THỰC HIỆN ĐỀ TÀI KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ CẤP TRƯỜNG

I. Thông tin chung:

1. Mã số: T2024-06-09
2. Tên chủ nhiệm đề tài: Huỳnh Võ Duyên Anh
3. Đơn vị công tác: Khoa Kỹ thuật Xây dựng
4. Tên đề tài: CẢNH BÁO NGUY CƠ SẠT LỎ ĐẤT ĐÁ TẠI ĐƯỜNG HOÀNG SA, ĐÀ NẴNG
5. Thời gian thực hiện: từ tháng 01/2025 đến tháng 12/2025
6. Kinh phí được duyệt: 20.000.000 VNĐ

II. Tình hình thực hiện đề tài:

1. Phân loại theo sản phẩm:

STT	Nội dung tên sản phẩm theo thuyết minh đề tài	Thông tin về sản phẩm (mô tả thông tin khoa học của sản phẩm)	Số lượng	Tình hình thực hiện (đánh dấu x)		Chú thích
				Đã thực hiện	Chưa thực hiện	
1.	Sản phẩm khoa học					
1.2	01 Bài báo khoa học đăng trên tạp chí/kỷ yếu được tính điểm trong danh mục HĐCDGSNN	-“Landslide Susceptibility Mapping along Hoang Sa Road, Da Nang City, using GIS-Based Spatial Prediction Models”, ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh, tạp chí Đại học Đà Nẵng - Tình trạng xuất bản của bài báo: Bài báo đang trong quá trình phản biện. -Tác giả chính (hoặc tác giả đầu hoặc tác giả liên hệ) của bài báo là chủ nhiệm đề tài; - Đơn vị công tác của tác giả chính thuộc trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng	01	x		
2.	Sản phẩm đào tạo					
2.1						

STT	Nội dung tên sản phẩm theo thuyết minh đề tài	Thông tin về sản phẩm (mô tả thông tin khoa học của sản phẩm)	Số lượng	Tình hình thực hiện (đánh dấu x)		Chú thích
				Đã thực hiện	Chưa thực hiện	
2.2						
3.	Sản phẩm ứng dụng					
	Ví dụ: Chương trình máy tính	Ví dụ: <Tên chương trình/tên sản phẩm>				
4.	Sản phẩm khác					

2. Phân loại theo nội dung nghiên cứu:

STT	Nội dung nghiên cứu theo thuyết minh đề tài	Thời gian thực hiện	Tình hình thực hiện (đánh dấu x)		
			Đã thực hiện	Đang thực hiện	Chưa thực hiện
1.	Viết đề cương và thuyết minh đề cương	01/2025	x		
2.	Tổng hợp các phương pháp xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ sạt lở	02/2025	x		
3.	Thu thập, phân tích dữ liệu đầu vào	03-05/2025	x		
4.	Xây dựng bản đồ dự báo nguy cơ sạt lở đất đá	06/2025 – 07/2025	x		
5.	Viết báo	08/2025 – 09/2025		x	
6.	Viết báo cáo tổng kết đề tài	10/2025 – 12/2025		x	

3. Kinh phí đề tài:

3.1. Kinh phí đã tạm ứng: 0

đồng

3.2. Kinh phí đã chi: 18.868.000

đồng

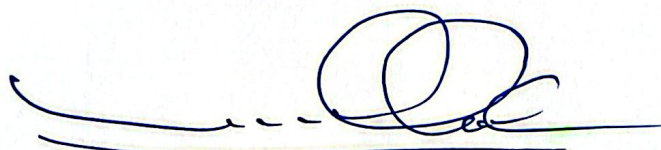
III. Kế hoạch triển khai tiếp theo:

Tiếp tục thực hiện quá trình chỉnh sửa bài báo theo ý kiến phản biện của tạp chí

IV. Kiến nghị:

Gia hạn thời gian làm đề tài đến 31/06/2025

TM. Hội đồng khoa


Phan Tiến Vũ

Đà Nẵng, ngày 8 tháng 11 năm 2025

Chủ nhiệm đề tài
(ký, họ và tên)



Huỳnh Võ Duyên Anh

CỘNG HOÀ XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

**ĐƠN ĐỀ NGHỊ XEM XÉT
VỀ VIỆC NGHIỆM THU ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CẤP TRƯỜNG**

Kính gửi:

- Ban Giám hiệu Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật,
- Phòng Quản lý Khoa học & Hợp tác Quốc tế

Tôi tên là: Huỳnh Võ Duyên Anh, chủ nhiệm đề tài KH&CN cấp Trường mã số: T2024 - 06 -09.

Đơn vị công tác: Khoa Kỹ thuật Xây dựng

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng.

Tel: 0905202012 Email: hvdanh@ute.udn.vn

Tên đề tài: Cảnh báo nguy cơ sạt lở đất, đá tại đường Hoàng Sa, Đà Nẵng

Vào tháng 03/2026 khi tôi gửi bản thảo bài báo “Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất đá cho tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng bằng phương pháp tỷ số tần suất và phân tích thứ bậc” (tác giả Huỳnh Võ Duyên Anh, Đỗ Tuấn Nghĩa, Nguyễn Châu Lâm) cho trên tạp chí Địa kỹ thuật, thì bản thảo có đầy đủ địa chỉ của tác giả liên hệ là: Khoa Kỹ thuật Xây dựng, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng (Minh chứng bản thảo bài báo đính kèm).

Tuy nhiên, vào tháng 05/2026 bài báo này được xuất bản trên tạp chí Địa kỹ thuật, thì đơn vị công tác của tác giả chính của bài báo chỉ có “Đại học Đà Nẵng” (Minh chứng bài báo xuất bản đính kèm).

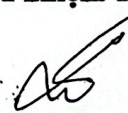
Vì trong quá trình hoàn thiện hồ sơ và hiệu đính bản thảo, do sơ suất của tác giả, thông tin đơn vị công tác của tác giả chính chưa được thể hiện đầy đủ. Đây là sai sót về thông tin hành chính của tác giả, không ảnh hưởng đến nội dung khoa học, kết quả nghiên cứu cũng như giá trị học thuật của bài báo. Tôi xin rút kinh nghiệm sâu sắc trong quá trình chuẩn bị, rà soát và hiệu đính các công bố khoa học trong thời gian tới nhằm tránh xảy ra những sai sót tương tự.

Nay tôi làm đơn này, kính đề nghị Lãnh đạo Nhà trường và Phòng Quản lý Khoa học và Hợp tác Quốc tế xem xét, tạo điều kiện và đồng ý cho tôi được nghiệm thu đề tài mã số T2024-06-09.

Trân trọng cảm ơn./.

Đà Nẵng, ngày 10 tháng 06 năm 2026

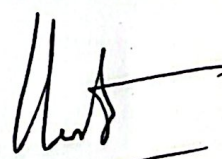
Chủ nhiệm đề tài


Huỳnh Võ Duyên Anh

**Ý KIẾN CỦA PHÒNG QLKH&HTQT
PHÓ TRƯỞNG PHÒNG**

Đã chỉ tác giả theo quy định đăng tải trên tạp chí. Lời cảm ơn có ghi rõ đơn vị của tác giả là Trường ĐHSPTK & ĐTN. Đã xem xét và đồng ý.
TS. Nguyễn Minh Tiến

Ý KIẾN CỦA BAN GIÁM HIỆU


PGS. TS. Võ Trung Hùng

Gửi bài báo nghiên cứu: Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất, đá cho tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng



Huỳnh Võ Duyên Anh <hvdanh@ute.udn.vn>

Từ: tuong.vgi@gmail.com

Cc: dotuanngiep@tlu.edu.vn; nguyenchaulan@ut.edu.vn

📧 ↶ ↷ 📅 ...

Tue 3/31/2026 6:05 AM

XÂY DỰNG BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG...
820 KB

Kính gửi Ban biên tập Tạp chí Địa kỹ thuật,

Chúng tôi xin trân trọng gửi đến Quý Tạp chí bài báo nghiên cứu với tiêu đề:

"Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất, đá cho tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng"
để Quý Tạp chí xem xét đăng tải.

Bài báo trình bày phương pháp xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất, đá cho khu vực nghiên cứu, kết quả đánh giá và thảo luận. Đây là công trình nghiên cứu của nhóm tác giả, chưa được công bố hoặc đang xem xét ở bất kỳ ấn phẩm nào khác. Chúng tôi cam kết bài báo là trung thực, không vi phạm các quy định về đạo đức nghiên cứu và bản quyền.

Kính mong Quý Tạp chí xem xét và phản hồi.
Trân trọng cảm ơn!

Huỳnh Võ Duyên Anh

Khoa Kỹ thuật Xây dựng - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng

Điện thoại: 0905202012

Email: hvdanh@ute.udn.vn

1. GIỚI THIỆU (Introduction)

Trượt lở đất, đá là hiện tượng xảy ra phổ biến trong tự nhiên, gây ra thiệt hại về người và tài sản. Việc nghiên cứu và đánh giá nguy cơ trượt lở đất, đá là một trong những nhiệm vụ quan trọng trong địa kỹ thuật. Bài báo trình bày phương pháp xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất, đá cho tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng. Phương pháp này dựa trên việc phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến nguy cơ trượt lở đất, đá, bao gồm: địa chất, địa hình, khí hậu, và các yếu tố nhân tạo. Kết quả nghiên cứu được thể hiện trên bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất, đá, giúp các nhà quản lý và kỹ sư có thể đánh giá và giảm thiểu nguy cơ xảy ra sự cố.

Cơ sở pháp lý của bài báo là các quy định về chuyên ngành, phương pháp định tính, phương pháp định lượng và phương pháp phân tích. Bài báo được thực hiện theo quy định của pháp luật về địa kỹ thuật và an toàn công trình. Các quy định pháp luật liên quan đến địa kỹ thuật và an toàn công trình được nêu rõ trong bài báo. Bài báo cũng trình bày các quy định về quyền tác giả và bản quyền. Bài báo được thực hiện theo quy định của pháp luật về địa kỹ thuật và an toàn công trình. Các quy định pháp luật liên quan đến địa kỹ thuật và an toàn công trình được nêu rõ trong bài báo. Bài báo cũng trình bày các quy định về quyền tác giả và bản quyền.

Đường Hoàng Sa nằm trên bán đảo Sơn Trà, nơi có đặc điểm địa hình phức tạp và địa chất phong phú, khiến khu vực này dễ xảy ra sự cố trượt lở đất, đá.

PHIẾU XỬ LÝ HỒ SƠ

Về xác định đủ điều kiện để nghiệm thu đề tài NCKH cấp trường

Mã số đề tài: T2024-06-09
 Chủ nhiệm đề tài: ThS. Huỳnh Võ Duyên Anh
 Tên đề tài: Cảnh báo nguy cơ sạt lở đất đá tại đường Hoàng Sa, Đà Nẵng
 Ngày nhận hồ sơ: 11.06.2026

	Sản phẩm theo thuyết minh	Yêu cầu	Thực tế	Tình trạng minh chứng
1	Sản phẩm khoa học			
1.1	Bài báo đăng/chấp nhận đăng trên tạp chí WoS/ Scopus			
1.2	Bài báo khoa học đăng trên tạp chí/kỹ yếu được tính điểm trong danh mục HĐCDGSNN			
a.	Tình trạng đăng bài	☐ Đăng	☐ Chấp nhận đăng ☐ Đăng	☐ Giấy xác nhận của Ban biên tập, có con dấu (bản photo) ☐ Giấy xác nhận của Ban biên tập dưới dạng Biểu mẫu có chữ ký điện tử, không có con dấu ☐ Xác nhận/ Phản hồi dưới dạng Thư điện tử (email) định dạng đơn giản của Ban biên tập.
b.	Vai trò của tác giả	☐ Tác giả chính (hoặc tác giả đầu hoặc tác giả liên hệ) của bài báo là thành viên tham gia thực hiện đề tài		
c.	Đơn vị công tác của tác giả	☐ Thuộc trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng	☐ Không thuộc UTE-UD	
d.	Địa chỉ tác giả	☐ Tiếng Việt: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng, 48 Cao Thắng, Đà Nẵng, Việt Nam. ☐ Tiếng Anh: The University of Danang – University of Technology and Education, 48 Cao Thang, Danang, Vietnam.	☐ Không có ☒ Thiếu cụm từ “Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật” ☐ Ghi sai ☐ Không có ☐ Thiếu ☐ Ghi sai	Minh chứng bài báo gửi đính kèm. I. Trưởng phòng Bộ trưởng phòng 12 tháng 6 năm 2026 Nguyễn Minh Tiến

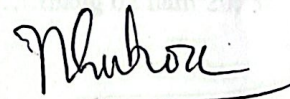
	Sản phẩm theo thuyết minh	Yêu cầu	Thực tế	Tình trạng minh chứng
3	Lời cảm ơn	☐ Tiếng Việt: "Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng trong đề tài có Mã số"	☐ Không có ☐ Thiếu ☐ Ghi sai	
		☐ Tiếng Anh: "This research is funded by University of Technology and Education – The University of Danang under project number T202.....-06....."	☐ Không có ☐ Thiếu ☐ Ghi sai	
4.	Thời gian xuất bản của bài báo	☐ Trong giai đoạn thực hiện đề tài và triển khai hợp đồng	☐ Không trong giai đoạn này.	
5	Số lượng sản phẩm, cụ thể		☐ Thiếu.....sản phẩm	

Ý KIẾN CỦA CHUYÊN VIÊN TIẾP NHẬN HỒ SƠ

Phản địa chỉ Tiếng Việt của nhà trường trong bài báo phải ghi như sau :

« Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng, 48 Cao Thắng, Đà Nẵng, Việt Nam ». Tuy nhiên trong bài báo chỉ ghi là « Đại học Đà Nẵng » và thiếu cụm từ “Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật » thì chỉ mới đáp ứng có một nửa nội dung yêu cầu (minh chứng bài báo đính kèm). Do vậy kính đề nghị lãnh đạo phòng và nhà trường có ý kiến chỉ đạo để chuyên viên xử lý hồ sơ. Trân trọng cảm ơn./.

Ngày 11 tháng 06 năm 2026



Đỗ Thị Như Hoa

Ý kiến của lãnh đạo Phòng QLKH&HTQT

Phương án giải quyết	KT. Trưởng phòng Phó trưởng phòng
☒ Đồng ý cho nghiệm thu ☐ Không đồng ý cho nghiệm thu ☐ Chuyển hồ sơ để ☐ Phó Hiệu trưởng xem xét, quyết định. ☐ Chuyển hồ sơ xử lý theo thủ tục gia hạn đề tài và ☐ không cần lập hội đồng gia hạn/ ☐ yêu cầu lập hội đồng gia hạn.	Ngày <u>12</u> tháng <u>6</u> năm 2026  Nguyễn Minh Tiến

☐ Yêu cầu CNDT có đơn đề nghị giải trình xin xem xét điều kiện nghiệm thu gửi cho ☐ Phòng QLKH&HTQT và Phó Hiệu trưởng quyết định/ ☐ Hiệu trưởng quyết định. ☐ Ý kiến khác: ...trong...Lần...Cam...bà...có...đi...mã...k...đ...t... ...v...đ...v...c...t...n...đ...y...y... ...th...	
--	--

Ý kiến của Phó Hiệu trưởng

Phương án giải quyết	Phó Hiệu trưởng
☒ Đồng ý cho nghiệm thu ☐ Không đồng ý cho nghiệm thu ☐ Yêu cầu CNDT có đơn đề nghị giải trình xin xem xét điều kiện nghiệm thu gửi cho ☐ Phòng QLKH&HTQT và Phó Hiệu trưởng quyết định/ ☐ Hiệu trưởng quyết định. ☐ Chuyển hồ sơ xử lý theo thủ tục gia hạn đề tài và ☐ không cần lập hội đồng gia hạn/ ☐ yêu cầu lập hội đồng gia hạn. ☐ Chuyển hồ sơ đề Hiệu trưởng xem xét, quyết định. ☐ Ý kiến khác:	Ngày 12 tháng 6 năm 2026  Võ Trung Hùng

Ý kiến của Hiệu trưởng

Phương án giải quyết	Hiệu trưởng
☐ Đồng ý nghiệm thu ☐ Không đồng ý nghiệm thu ☐ Ý kiến khác:	Ngày.....tháng 02 năm 2025



ISSN - 0868 - 279X
NĂM THỨ 30 SỐ 1 - 2026

Tạp chí
ĐỊA KỸ THUẬT
Geotechnical Journal

VIỆN ĐỊA KỸ THUẬT - VGI
LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM - VUSTA

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
PGS,TS ĐOÀN THẾ TƯỜNG

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

PGS,TS PHÙNG MẠNH ĐẮC
PGS,TS HOÀNG VIỆT HÙNG
PGS,TS PHẠM QUANG HƯNG
PGS,TS NGUYỄN BÁ KẾ
TS PHÙNG ĐỨC LONG
GS NGUYỄN CÔNG MẪN
PGS,TS NGUYỄN ĐỨC MẠNH
PGS,TS NGUYỄN SỸ NGỌC
PGS,TS VÕ PHÁN
PGS,TS NGUYỄN HUY PHƯƠNG
GS,TS TRẦN THỊ THANH
PGS,TS VƯƠNG VĂN THÀNH
TS LÊ THIẾT TRUNG
GS,TS ĐỖ NHƯ TRẮNG
PGS,TS TRẦN THƯƠNG BÌNH
TS NGUYỄN TRƯỜNG HUY
PGS,TS ĐẬU VĂN NGỌ
PGS,TS TẠ ĐỨC THỊNH
TS NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG

Giấy phép xuất bản số 1358/GPXB -
Ngày 8-6-1996, Bộ Văn hóa - Thông tin
Cơ quan xuất bản: Viện Địa Kỹ thuật
(Liên hiệp các Hội KH&KT Việt Nam)
152 Lê Duẩn - Đống Đa - Hà Nội
Tel: 024. 22141917.
Email: tapchidkt@yahoo.com.vn;
viendkt@vusta.vn
Website: www.vgi-vn.vn
Xuất bản 3 tháng 1 kỳ
Nộp lưu chiểu: tháng Năm 2026

Tạp chí ĐỊA KỸ THUẬT

ISSN - 0868 - 279X
NĂM THỨ 30
SỐ 1 NĂM 2026

MỤC LỤC

- ĐOÀN THẾ TƯỜNG:** Định hướng xây dựng công trình ngầm dạng tuyến ở nước ta. 3
- LÊ PHÚ QUÍ, NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG, NGUYỄN ANH DÂN:** Mô hình số hóa để dự báo độ lún của nền đất yếu được cải tạo bằng bắc thăm và gia tải trước cho bể xử lý nước thải: một nghiên cứu điển hình tại VSip Cần Thơ. 14
- HỨA THÀNH THÂN, PHẠM THỊ LAN, NGUYỄN VĂN CÔNG, TRẦN PHI DŨNG:** Dự đoán hệ số kháng của thân cọc theo thời gian cho đất cát của khu vực ven biển miền Trung Việt Nam. 26
- NGUYỄN VĂN NGÔN, NGUYỄN VĂN CÔNG:** So sánh chi phí các phương pháp tăng cường uốn của dầm BTCT sử dụng vật liệu FRP. 35
- TẠ ĐÌNH TIẾN:** Về xác định hệ số ổn định mái dốc đập đất khi mực nước trên mái rút nhanh. 42
- BÙI VĂN TRƯỜNG:** Lún nứt công trình lân cận trong quá trình thi công hệ thống cống thoát nước và giải pháp xử lý. 52
- HUỲNH VÕ DUYÊN ANH, ĐỖ TUẤN NGHĨA, NGUYỄN CHÂU LÂN:** Xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất, đá cho tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng bằng phương pháp tỷ số tần suất và phân tích thứ bậc. 64
- NGUYỄN HỒNG DƯƠNG:** Ứng dụng thiết bị đo rung VM1220E trong quan trắc chấn động bề mặt công trình. 72
- NGUYỄN NGỌC TRỰC:** Cố kết của đất trong điều kiện nhiễm mặn nước biển dâng. 78

DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF
Ass/Prof.Dr. DOAN THE TUONG

EDITORIAL BOARD

Ass/Prof.Dr. PHUNG MANH DAC
Ass/Prof.Dr. HOANG VIET HUNG
Ass/Prof.Dr. PHAM QUANG HUNG
Ass/Prof.Dr. NGUYEN BA KE
Dr. PHUNG DUC LONG
Prof. NGUYEN CONG MAN
Ass/Prof.Dr. NGUYEN DUC MANH
Ass/Prof.Dr. NGUYEN SY NGOC
Ass/Prof.Dr. VO PHAN
Ass/Prof.Dr. NGUYEN HUY PHUONG
Prof.Dr. TRAN THI THANH
Ass/Prof.Dr. VUONG VAN THANH
Dr. LE THIET TRUNG
Prof.Dr. DO NHU TRANG
Ass/Prof.Dr. TRAN THUONG BINH
Dr. NGUYEN TRUONG HUY
Ass/Prof.Dr. DAU VAN NGO
Ass/Prof.Dr. TA DUC THINH
Dr. NGUYEN TUAN PHUONG

Printing licence No 1358/GPXB
dated 8 June 1996 by the Minister of Culture
and Information
Published by the Vietnam Geotechnical
Institute (Vietnam Union of Science and
Technology Associations)
Add: 152 Le Duan, Dong Da, Hanoi
Tel: 024.22141917.
Email: tapchidkt@yahoo.com.vn;
viendkt@vusta.vn
Website: www.vgi-vn.vn
Copyright deposit: May 2026

VIETNAM GEOTECHNIAL JOURNAL

ISSN - 0868 - 279X
VOLUME 30
NUMBER 1 - 2026

CONTENTS

- DOAN THE TUONG:** Technological problems on underground linear construction in VietNam. 3
- LE PHU QUI, NGUYEN TUAN PHUONG, NGUYEN ANH DAN:** Numerical modeling for predicting settlement of soft soil improved with prefabricated vertical drains and preloading for a wastewater treatment tank: a case study at VSip Can Tho. 14
- HUA THANH THAN, PHAM THI LAN, NGUYEN VAN CONG, TRAN PHI DUNG:** Prediction of resistance factor of pile shaft with time for sandy soil of coastal area in Central VietNam. 26
- NGUYEN VAN NGON, NGUYEN VAN CONG:** Cost comparison of flexural strengthening methods for rc beams using FRP materials. 35
- TA DINH TIEN:** Determining the stability coefficient of earth dam slopes when the water level receds rapidly. 42
- BUI VAN TRUONG:** Settlement and Cracking of Adjacent Structures during Sewer System Construction: Mechanisms and Mitigation Measures. 52
- HUYNH VO DUYEN ANH, DO TUAN NGHIA, NGUYEN CHAU LAN:** Landslide susceptibility mapping along Hoang Sa road, Son Tra peninsula, Da Nang, VietNam using frequency ratio and analytic hierarchy process methods. 64
- NGUYEN HONG DUONG:** Monitoring about the vibration of the surface background by equipment VM1220E 72
- NGUYEN NGOC TRUC:** Secondary consolidation of soft soils in salt-affected conditions related to sea lever rise, case study: HaNoi soft soils 78

XÂY DỰNG BẢN ĐỒ PHÂN VÙNG NGUY CƠ TRƯỢT LỞ ĐẤT, ĐÁ CHO TUYẾN ĐƯỜNG HOÀNG SA, BÁN ĐẢO SON TRÀ, THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP TỶ SỐ TẦN SUẤT VÀ PHÂN TÍCH THỨ BẬC

HUỲNH VÕ DUYÊN ANH¹,
ĐỖ TUẤN NGHĨA²,
NGUYỄN CHÂU LÂN³

Landslide susceptibility mapping along Hoang Sa road, Son Tra peninsula, Da Nang, VietNam using frequency ratio and analytic hierarchy process methods

Abstract: This study presents a GIS-based approach for landslide susceptibility mapping (LSM) along the Hoang Sa street in the Son Tra Peninsula, Da Nang City, Vietnam, using the Frequency Ratio (FR) and Analytic Hierarchy Process (AHP) methods. Nine factors, including geology, rainfall, slope, aspect, land use, and distance to road, distance to streams, landslide density, vertical relief were integrated with a landslide inventory of 37 events (2020 - 2025). Model performance was evaluated using ROC analysis, showing that the FR model ($AUC = 0,78$) outperforms the AHP model ($AUC = 0,62$). The landslide susceptibility map derived from the FR model was classified into five categories: very low (2,6 - 5,98), low (5,99 - 8,63), moderate (8,64 - 11,3), high (11,4 - 16,7), and very high (16,8 - 28,7). The findings provide a useful basis for landslide risk assessment and slope management.

Keywords: Hoang Sa road, Landslide Susceptibility Mapping (LSM), Frequency Ratio (FR), Analytic Hierarchy Process (AHP).

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trượt lở đất, đá được định nghĩa là sự di chuyển xuống dốc của khối đất và đá dưới tác động của trọng lực khi trạng thái cân bằng của sườn dốc bị phá vỡ bởi các yếu tố tự nhiên và nhân sinh (Varnes, 1984). Ở Việt Nam, trượt lở đất là loại hình thiên tai phổ biến, thường xảy ra trong phạm vi hẹp và thời gian ngắn, nhưng gây ra những thiệt hại lớn về kinh tế và đe dọa tính mạng của con người (Long et al., 2020). Để sớm có biện pháp chủ động phòng ngừa và hạn chế rủi

ro do hiện tượng trượt lở đất gây ra, việc xây dựng bản đồ cảnh báo nguy cơ trượt lở (LSM) đóng vai trò rất quan trọng, nó giúp xác định những khu vực có khả năng xảy ra sạt lở dưới các điều kiện địa chất và môi trường nhất định, bản đồ này được xây dựng dựa trên giả thuyết rằng các sự kiện sạt lở mới có xu hướng xảy ra tại những nơi có điều kiện tương tự như các điểm đã xảy ra sạt lở trong quá khứ (Luat et al., 2024).

Các phương pháp lập LSM có thể được phân thành ba nhóm chính: phương pháp định tính, phương pháp xác định và phương pháp thống kê. Các phương pháp định tính chủ yếu dựa vào ý kiến chuyên gia để đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố, do đó có thể mang tính chủ quan; tuy nhiên, chúng vẫn được sử dụng rộng rãi nhờ

¹ Đại học Đà Nẵng

² Đại học Thủy Lợi

³ Trường Đại học Giao thông vận tải

* Email: hvdanh@ute.edu.vn

tính đơn giản, linh hoạt và khả năng tích hợp nhiều nguồn dữ liệu. Các phương pháp theo hướng này là Phân tích thứ bậc (AHP) (Saaty, 1977) và Tổ hợp tuyến tính có trọng số (Saha et al., 2023). Nhóm phương pháp xác định dựa trên phân tích ổn định sườn dốc cho độ chính xác cao, nhưng thường chỉ áp dụng ở quy mô nhỏ do yêu cầu dữ liệu đầu vào chi tiết và khối lượng khảo sát thực địa lớn. Trong nhóm phương pháp thống kê, phương pháp Tỷ số tần suất (FR) được sử dụng rộng rãi vì có khả năng định lượng mối quan hệ giữa sự xuất hiện sạt lở và các điều kiện môi trường, đồng thời cho phép đánh giá trực tiếp mức độ đóng góp của từng lớp của các yếu tố thông qua giá trị tỷ số tần suất (Long et al., 2020).

Đường Hoàng Sa nằm trên sườn phía Nam của bán đảo Sơn Trà, nơi có đặc điểm địa hình dốc và địa chất phong hóa mạnh, khiến khu vực này dễ xảy ra sạt lở, đặc biệt trong các đợt mưa lớn và kéo dài. Nghiên cứu này áp dụng các phương pháp FR và AHP để xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ trượt lở đất dựa trên chín yếu tố gây ảnh hưởng, bao gồm: địa chất (G), cường độ mưa (RF), khoảng cách đến tụ thủy (DS), khoảng cách đến đường (DR), độ dốc (S), hướng dốc (A), hiện trạng sử dụng đất (LU), mật độ sạt lở (LD) và độ

chia cắt địa hình theo phương đứng (VR), sau đó độ chính xác của mô hình được đánh giá dựa trên dữ liệu trượt lở khảo sát.

2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU VÀ CƠ SỞ DỮ LIỆU

2.1. Khu vực nghiên cứu

Đoạn tuyến đường Hoàng Sa nằm trong phạm vi nghiên cứu có lí trình từ Km 0 + 950 đến Km 7 + 450. Trong giai đoạn 2020 - 2025, lượng mưa trung bình năm của Đà Nẵng dao động từ 1400 đến 3307 mm (tổng hợp từ dữ liệu khí tượng trực tuyến <https://domuavrain.vn/landing>). Trong đó, lượng mưa cao nhất thường tập trung vào tháng 9 và tháng 10 hàng năm, do ảnh hưởng ngày càng tăng của biến đổi khí hậu, mưa lớn xảy ra bất thường nên nguy cơ trượt lở dọc theo đường Hoàng Sa có xu hướng tăng lên.

2.2. Cơ sở dữ liệu

Bản đồ hiện trạng sạt lở thể hiện vị trí các điểm sạt lở, được sử dụng làm cơ sở cho việc lập bản đồ nguy cơ sạt lở. Hình 1 thể hiện các dạng trượt lở điển hình dọc theo tuyến. Tổng cộng có 37 điểm sạt lở (Báo cáo khảo sát, dự án gia cố tuyến đường Hoàng Sa, 2024) được xác định và được biểu diễn bằng các điểm màu đỏ trên bản đồ (Hình 2(a)).



Hình 1. Các dạng trượt lở điển hình dọc theo đường Hoàng Sa

a) Lũ bùn đá taluy dương tại vị trí 18; b) sạt lở taluy dương tại vị trí 21; c) Sạt lở nền mặt đường và taluy âm tại vị trí 15; d) xói sạt taluy dương tại vị trí 30.

Mô hình số độ cao (DEM) (Hình 2(a)) được xây dựng trong ArcGIS từ dữ liệu quốc gia ở tỷ lệ 1:10.000. Các yếu tố không gian: DS, DR, S và A được trích xuất từ DEM bằng các công cụ phân tích không gian trong GIS, sau đó được phân loại thành nhiều lớp (Hình 2(c), Hình 2(e), Hình 2(f), Hình 2(g)). Dữ liệu lượng mưa được thu thập từ trạm khí tượng tại chùa Linh Ứng trong giai đoạn 2020 - 2025, với lượng mưa ngày

lớn nhất đạt 360,4 mm/ngày (Hình 2(b)). Bản đồ LD được thể hiện trong Hình 2(h). Bản đồ LU được phân thành các nhóm: đất xây dựng, rừng tự nhiên và cây bụi (Hình 2(d)). Bản đồ G được tổng hợp từ tài liệu khoan địa chất kết hợp với dữ liệu địa chất quốc gia, bao gồm bốn loại chính: Hệ tầng Bok Ttek, phức hệ Bok Kol, phức hệ Hải Vân (pha xâm nhập chính và muộn) và trầm tích Đệ tứ (Hình 2(i)). VR có giá trị dao động từ 0 đến

100 m/km² và được phân thành năm cấp (Hình 2(k)). Tất cả các bản đồ chuyên đề được chuẩn hóa và chuyển đổi sang định dạng raster với độ phân giải 10×10 m; bản đồ nguy cơ sạt lở cuối cùng được xây dựng bằng cách tích hợp các lớp trọng số trong môi trường GIS.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Phương pháp AHP

Trong nghiên cứu này, trọng số của các yếu tố (X_i) được xác định bằng ma trận so sánh cặp, trọng số của các lớp được tính toán dựa trên tỷ lệ

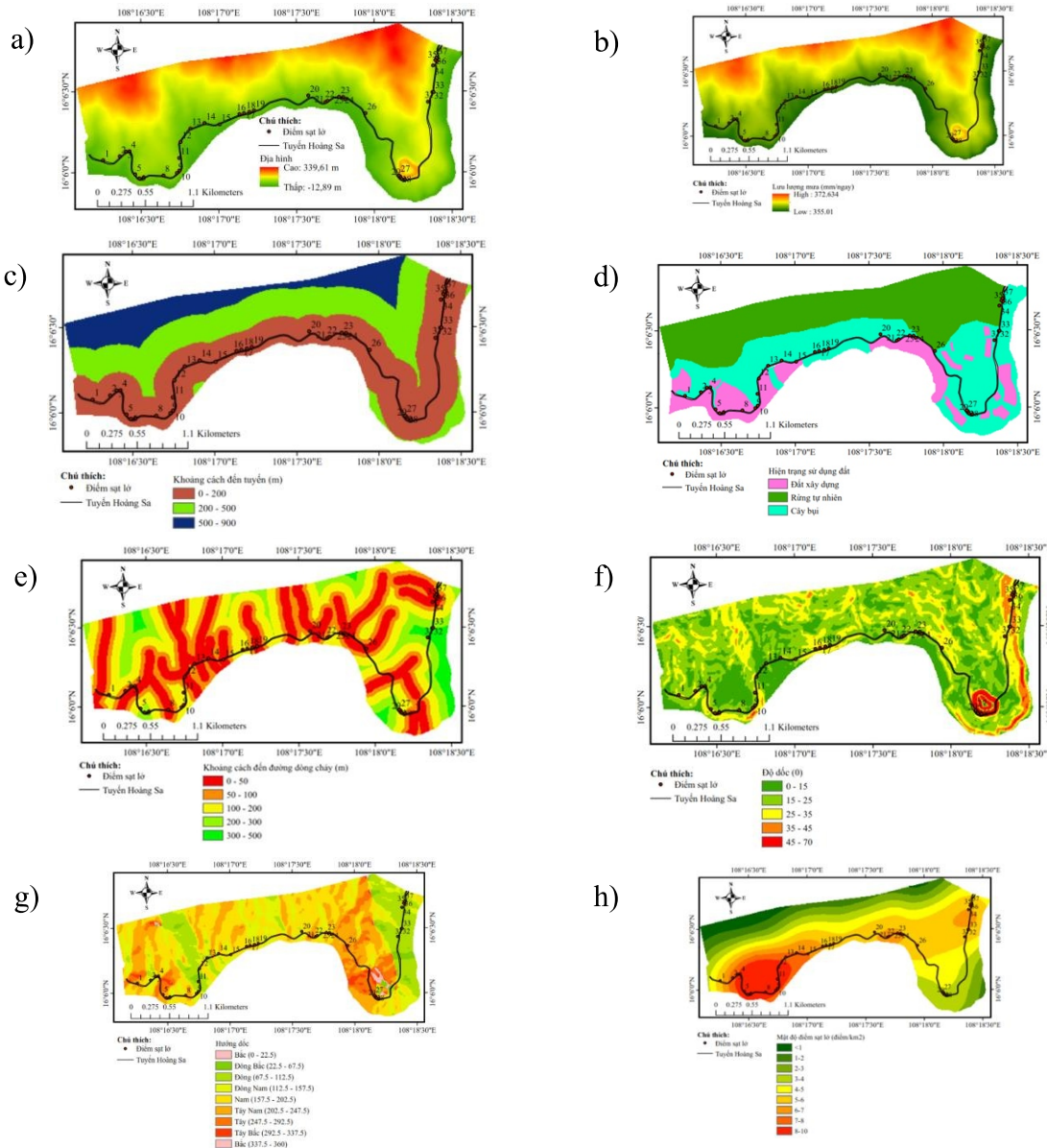
số điểm sạt lở trong mỗi lớp so với tổng số điểm sạt lở.

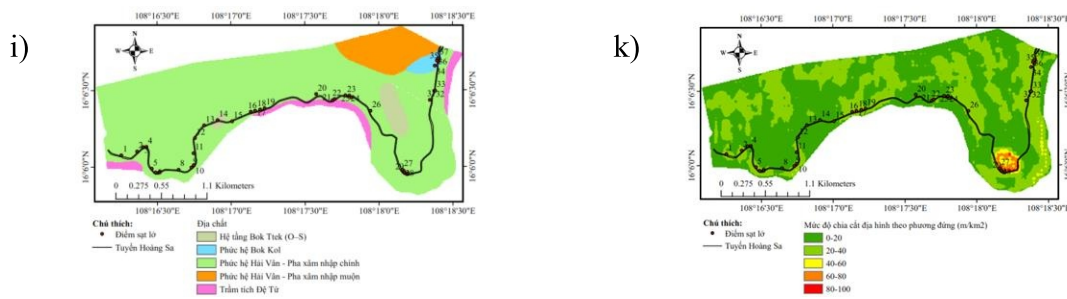
Xác định chỉ số nguy cơ sạt lở:

$$LSI = \sum X_i W_{ij} \quad (1)$$

Trong đó, LSI là chỉ số nguy cơ sạt lở đất; W_{ij} là trọng số của lớp j trong yếu tố i, và X_i là trọng số của yếu tố i.

Trọng số các lớp (W_{ij}), ma trận so sánh cặp [A], trọng số các yếu tố (X_i) và các tham số đánh giá tính nhất quán, bao gồm chỉ số nhất quán (CI), chỉ số ngẫu nhiên (RI) và tỷ số nhất quán (CR), được trình bày trong các Bảng 1 - 4.





Hình 2. Các bản đồ chuyên đề: (a) Mô hình số độ cao (DEM), (b) Cường độ mưa (RF), (c) Khoảng cách đến đường (DR), (d) Hiện trạng sử dụng đất (LU), (e) Khoảng cách đến tụ thủy (DS), (f) Độ dốc (S), (g) Hướng dốc (A), (h) Mật độ sạt lở (LD), (i) Địa chất (G), (k) Độ chia cắt địa hình theo chiều đứng (VR)

3.2. Phương pháp FR

Trong phương pháp này, mỗi yếu tố được phân thành các lớp khác nhau. Tỷ số tần suất (FR_i) của từng lớp được xác định bằng tỷ lệ giữa mật độ sạt lở trong lớp đó và mật độ sạt lở trung bình của toàn khu vực nghiên cứu.

Giá trị FR_i thể hiện mức độ đóng góp của từng lớp vào sự xuất hiện sạt lở: $FR_i = 1$ biểu thị mức độ nguy cơ trung bình, $FR_i > 1$ biểu thị mức nguy cơ cao, và $FR_i < 1$ biểu thị mức độ nguy cơ thấp (Pradhan, 2010). Giá trị FR_i được tính theo công thức sau:

$$FR_i = \frac{NLS / \sum_{i=1}^n NLS}{NC / \sum_{i=1}^n NC} \quad (2)$$

Trong đó, n là số lớp của một yếu tố; NLS và NC là diện tích sạt lở trong một lớp cụ thể và diện tích của lớp tương ứng; $\sum_{i=1}^n NLS$, $\sum_{i=1}^n NC$ là tổng diện tích sạt lở trong khu vực nghiên cứu và tổng diện tích của khu vực nghiên cứu.

LSI theo phương pháp FR được xác định:

$$LSI = FR_1 + FR_2 + \dots + FR_m \quad (3)$$

Trong đó $FR_1, FR_2, \dots, FR_m$ là các bản đồ dạng raster tương ứng của từng yếu tố.

Bảng 1 trình bày các giá trị FR_i của từng lớp theo phương pháp FR.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 3 thể hiện bản đồ nguy cơ trượt lở đất (LSM) được xây dựng bằng phương pháp FR,

trong đó mức độ nhạy cảm được phân thành năm cấp (từ rất thấp đến rất cao) với giá trị LSI dao động từ 2,6 đến 28,7. Hình 4 thể hiện LSM theo phương pháp AHP, với giá trị LSI dao động từ 0,23 đến 0,53. Phần lớn khu vực nghiên cứu nằm trong các vùng có mức độ nguy cơ thấp đến trung bình, trong khi các khu vực có mức độ nguy cơ cao tập trung cục bộ dọc theo tuyến đường và tại các khu vực địa hình dốc, thể hiện sự phù hợp tốt với các điểm sạt lở thực tế khảo sát. Tuy nhiên, phương pháp AHP có xu hướng đánh giá cao quá mức các khu vực có mức độ nhạy cảm cao, nên khả năng phân biệt giữa các cấp nguy cơ chưa rõ ràng.

Kết quả nghiên cứu cho thấy các yếu tố địa chất và địa hình là những nhân tố chi phối chính đối với sự xuất hiện sạt lở, đặc biệt tại các khu vực có độ dốc lớn ($>25^\circ$), mức độ chia cắt địa hình mạnh và nền đá phong hóa, nứt nẻ. Các yếu tố thủy văn đóng vai trò kích hoạt thông qua việc làm tăng áp lực nước lỗ rỗng và làm giảm sức kháng cắt của đất, trong khi các hoạt động của con người cũng góp phần làm gia tăng tính mất ổn định của sườn dốc. Ngược lại, hướng dốc và hiện trạng sử dụng đất không thể hiện mối quan hệ rõ ràng với sự phân bố trượt lở.

Bảng 1. Phân lớp và trọng số của chúng theo phương pháp AHP và FR

Yếu tố	Lớp	Số điểm sạt lở	W_{ij}	Diện tích trượt lở (m ²)	Diện tích lớp (m ²)	FR_i
Địa chất (G)	Hệ tầng Bok Ttek	1	0,027	750	157000	2,003
	Trầm tích Đệ Tứ	1	0,027	325	216900	0,628
	Phức hệ Hải Vân - Pha xâm nhập muộn	0	0	0	437700	0
	Phức hệ Bok Kol	4	0,108	2050	72400	11,872
	Phức hệ Hải Vân - Pha xâm nhập chính	31	0,838	8675	4063400	0,895
	Tổng	37	1	11800	4947400	15,398
Cường độ mưa (RF) (mm/day)	355 – 374,6	37	1	11800	4947400	1
	Tổng	37	1	11800	4947400	1
Distance to road (DR) (m)	0 – 200	37	1	11800	2442700	2,025
	200 – 500	0	0	0	1639100	0
	500 – 900	0	0	0	865600	0
	Tổng	37	1	11800	4947400	2,025
Slope (S) (°)	0-15	6	0,162	950	1149200	0,347
	15-25	13	0,351	3400	2347000	0,607
	25-35	11	0,297	5325	1207600	1,849
	35-45	3	0,081	1400	171700	3,419
	45-70	4	0,108	725	71900	4,228
	Tổng	37	1	11800	4947400	10,449
Hướng dốc (A) (°)	Bắc (0 – 22,5)	0	0	0	15300	0
	Đông Bắc (22,5 – 67,5)	0	0	0	92900	0
	Đông (67,5 – 112,5)	8	0,216	4200	867200	2,031
	Đông Nam (112,5 – 157,5)	13	0,351	2300	909800	1,060
	Nam (157,5 – 202,5)	9	0,243	3600	1513300	0,997
	Tây Nam (202,5 – 247,5)	6	0,162	1200	1086300	0,463
	Tây (247,5 – 292,5)	1	0,027	500	375700	0,558
	Tây Bắc (292,5 – 337,5)	0	0	0	67600	0
	Bắc (337,5 - 360)	0	0	0	19300	0
	Tổng	37	1	11800	4947400	5,109
Hiện trạng sử dụng đất (LU)	Rừng tự nhiên	1	0,027	2325	2161200	0,451
	Cây bụi	28	0,757	8675	1936200	1,879
	Đất xây dựng	8	0,216	800	850000	0,395
	Tổng	37	1	11800	4947400	2.724
Mật độ sạt lở (LD) (point/km ²)	< 1	0	0	0	225600	0
	1 – 2	0	0	0	396000	0
	2 – 3	0	0	0	522400	0
	3 – 4	4	0,108	750	782200	0,402
	4 – 5	0	0	0	868600	0
	5 – 6	19	0,514	6325	1175700	2,256
	6 – 7	5	0,135	1525	349400	1,830
	7 – 8	8	0,216	1100	222900	2,069
	8 – 10	1	0,027	2100	404600	2,176

	Tổng	37	1	11800	4947400	8.733
Mức độ chia cắt địa hình theo phương đứng (VR) (m/km ²)	0 – 20	13	0,351	3075	2862100	0,450
	20 – 40	18	0,541	7975	1990500	1,680
	40 – 60	1	0,027	75	52100	0,604
	60 – 80	4	0,108	525	38500	5,717
	80 – 100	1	0,027	150	4200	14,974
	Tổng	37	1	11800	4947400	23.425
Khoảng cách đến tụ thủy (DS) (m)	0 – 50	16	0,432	5475	1451700	1,581
	50 – 100	4	0,108	1000	1176500	0,356
	100 – 200	11	0,297	3600	1514000	0,997
	200 – 300	5	0,135	750	595600	0,528
	300 – 500	1	0,027	975	209600	1,950
	Tổng	37	1	11800	4947400	5,413

5. KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH

Kiểm định mô hình là một bước quan trọng trong lập LSM nhằm đánh giá độ chính xác của các phương pháp được áp dụng. Trong nghiên cứu này, phương pháp đường cong ROC (Beguería, 2006) được sử dụng để đánh giá độ chính xác của mô hình thông qua việc so sánh kết quả mô hình với phân bố sạt lở thực tế. Phương pháp ROC được sử dụng rộng rãi nhờ tính đơn giản và hiệu quả (Fawcett, 2006).

Hình 5 thể hiện các đường cong ROC của hai phương pháp FR và AHP. Phương pháp FR đạt độ chính xác cao hơn so với phương pháp AHP, giá trị diện tích dưới đường cong (AUC) của hai phương pháp này lần lượt là 0,78 và 0,61, điều này cho thấy phương pháp FR đáng tin cậy hơn trong việc lập bản đồ nguy cơ sạt lở đất tại khu vực nghiên cứu, phương pháp AHP cần được cải thiện thêm.

Bảng 2. Ma trận so sánh cặp [A] của các yếu tố theo phương pháp AHP

Yếu tố	S	G	RF	VR	DS	LD	DR	LU	A
S	1	3	4	4	5	5	6	7	8
G	0,333	1	2	3	4	4	5	6	7
RF	0,25	0,5	1	2	3	3	4	5	6
VR	0,25	0,333	0,5	1	2	3	3	4	5
DS	0,2	0,25	0,333	0,5	1	2	2	3	4
LD	0,2	0,25	0,333	0,333	0,5	1	2	3	4
DR	0,167	0,2	0,25	0,333	0,5	0,5	1	2	3
LU	0,143	0,167	0,2	0,25	0,333	0,333	0,5	1	2
A	0,143	0,143	0,167	0,2	0,25	0,25	0,333	0,5	1
Tổng	2,686	5,843	8,783	11,616	16,583	19,083	23,833	31,5	40

Bảng 3. Ma trận chuẩn hóa, trọng số của các yếu tố ảnh hưởng theo phương pháp AHP

Yếu tố	S	G	RF	VR	DS	LD	DR	LU	A	X_i
S	0,372	0,513	0,455	0,344	0,302	0,262	0,252	0,222	0,200	0,325
G	0,124	0,171	0,228	0,258	0,241	0,210	0,210	0,190	0,175	0,201
RF	0,093	0,086	0,114	0,172	0,181	0,157	0,168	0,159	0,150	0,142
VR	0,093	0,057	0,057	0,086	0,121	0,157	0,126	0,127	0,125	0,105
DS	0,074	0,043	0,038	0,043	0,060	0,105	0,084	0,095	0,100	0,071
LD	0,074	0,043	0,038	0,029	0,030	0,052	0,084	0,095	0,100	0,061

DR	0,062	0,034	0,028	0,029	0,030	0,026	0,042	0,063	0,075	0,043
LU	0,053	0,029	0,023	0,022	0,020	0,017	0,021	0,032	0,050	0,030
A	0,053	0,024	0,019	0,017	0,015	0,013	0,014	0,016	0,025	0,022

Bảng 4. Vector nhất quán (λ_i), Chỉ số nhất quán (CI), Chỉ số ngẫu nhiên (RI) và Hệ số nhất quán (CR) theo phương pháp AHP

Số thứ tự	Yếu tố	X_i	$[A].X_i$	Vector nhất quán, λ_i	λ_{tb}	CI	RI	CR
1	S	0.325	3.220	9.914	9.494	0,055	1,4	0,039
2	G	0.201	1.985	9.885				
3	RF	0.142	1.383	9.731				
4	VR	0.105	1.007	9.553				
5	DS	0.071	0.671	9.397				
6	LD	0.061	0.557	9.188				
7	DR	0.043	0.399	9.205				
8	LU	0.030	0.274	9.250				
9	A	0.022	0.204	9.326				

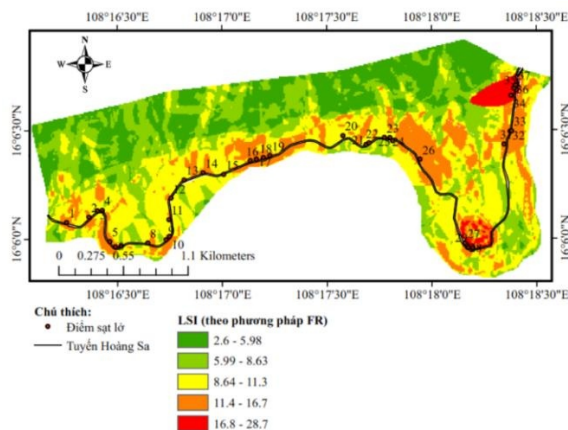
6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ sạt lở đất cho tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng, sử dụng phương pháp FR và AHP trên nền tảng GIS. Dựa trên kết quả nghiên cứu, có thể rút ra một số kết luận sau:

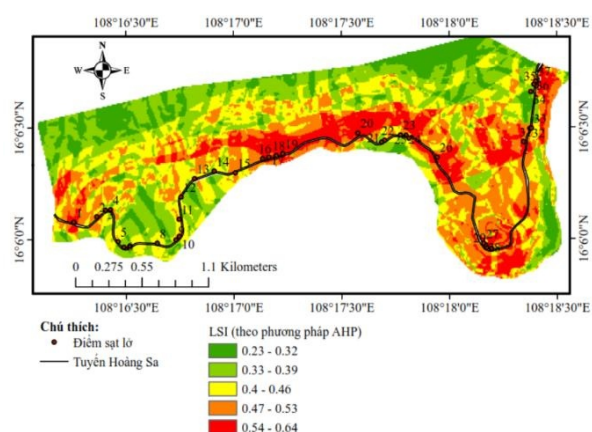
Kết quả cho thấy phần lớn khu vực nghiên cứu thuộc các vùng có mức độ nhạy cảm thấp, các khu vực gần tuyến đường và địa hình dốc thể hiện

mức độ nhạy cảm cao hơn, phù hợp với các điểm sạt lở đã được quan sát. Các yếu tố địa chất và địa hình là những nhân tố chi phối chính, các yếu tố thủy văn đóng vai trò kích hoạt.

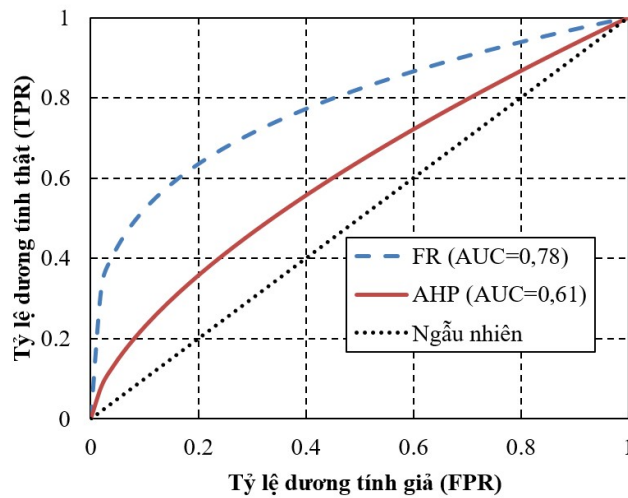
Kết quả đánh giá mô hình bằng đường cong ROC cho thấy phương pháp FR có độ chính xác cao hơn so với AHP (AUC lần lượt là 0,78 và 0,61), cho thấy FR phù hợp hơn trong việc lập bản đồ nguy cơ sạt lở đất tại khu vực nghiên cứu.



Hình 3. LSM theo phương pháp FR



Hình 4. LSM theo phương pháp AHP



Hình 5. Đường cong ROC bản đồ nguy cơ sạt lở đất tuyến đường Hoàng Sa theo phương pháp FR và AHP

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật, Đại học Đà Nẵng trong đề tài có mã số **T2024-06-09**

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Ban Quản lý Dự án Đầu tư Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Đà Nẵng & Công ty Cổ phần Tư vấn Đầu tư Xây dựng và Phát triển Công nghệ (2024). *Báo cáo khảo sát, Dự án gia cố tuyến đường Hoàng Sa, bán đảo Sơn Trà, thành phố Đà Nẵng, Việt Nam*

Beguiría, S. (2006). Validation and evaluation of predictive models in hazard assessment and risk management. *Natural Hazards*, 37, 315–329.

Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern Recognition Letters*, 27, 861–874.
<https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.10.010>.

Long, Đ. V., Phước, V. N. Đ., & Công, N. C. (2020). The influence of rainfall distribution on landslide susceptibility mapping using the frequency ratio statistical method. *Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 70, 40–47.

Luat, N. V., Do, T. N., Nguyen, L. C., & Kien, N. T. (2024). Assessing landslide susceptibility along the Halong - Vandon expressway in Quang Ninh province, Vietnam: A comprehensive approach integrating GIS and various methods. *Geomechanics and Engineering*, 37, 135–147.

Pradhan, B. (2010). Landslide susceptibility mapping of a catchment area using frequency ratio, fuzzy logic and multivariate logistic regression approaches. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 38, 301–320.
<https://doi.org/10.1007/s12524-010-0020-z>.

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234–281.
[https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5).

Saha, S., Villuri, V. G. K., Bhardwaj, A. & Kumar, A. (2023). A multi-criteria decision analysis (MCDA) approach for landslide susceptibility mapping of a part of Darjeeling district in North-East Himalaya, India. *Applied Sciences*, 13, 5062–5084.
<https://doi.org/10.3390/app13085062>.

Varnes, D. J. (1984). Landslide hazard zonation: A review of principles and practice. In *International Association of Engineering Geology, UNESCO, Paris* (pp. 1-63).



27. HỘI ĐỒNG GIÁO SƯ LIÊN NGÀNH XÂY DỰNG - KIẾN TRÚC

a) Danh mục các chuyên ngành (specializations):

27.1. Xây dựng (Construction): Kỹ thuật xây dựng (Construction Engineering); Kỹ thuật xây dựng công trình thủy (Hydraulic Engineering); Kỹ thuật xây dựng công trình giao thông (Transport Construction Engineering); Kỹ thuật xây dựng công trình ngầm (Underground Construction Engineering); Kỹ thuật xây dựng công trình biển (Coastal and Offshore Engineering); Kỹ thuật xây dựng mỏ (Mining Construction Engineering); Kỹ thuật xây dựng công trình đặc biệt (Special Construction Engineering); Vật liệu và cấu kiện xây dựng (Construction Materials and Construction Product Technology); Địa kỹ thuật (Geotechnical Engineering); Cơ khí xây dựng (Construction Mechanics).

27.2. Quản lý xây dựng (Construction Management): Quản lý xây dựng (Construction Management); Kinh tế xây dựng (Construction Economics).

27.3. Kỹ thuật hạ tầng và môi trường (Technical Infrastructure and Environmental Engineering): Kỹ thuật cơ sở hạ tầng (Technical Infrastructure Engineering); Kỹ thuật Cấp thoát nước (Water and Wastewater Engineering); Kỹ thuật tài nguyên nước (Water Resource Engineering); Cấp nhiệt, thông gió, điều hòa không khí (Heating, Ventilation, Air Conditioning); Hệ thống kỹ thuật trong công trình (Building Services Engineering); Kỹ thuật môi trường (Environmental Engineering);

27.4. Kiến trúc và Quy hoạch (Architecture and Planning): Kiến trúc (Architecture); Quy hoạch vùng và đô thị (Regional and Urban Planning); Lịch sử kiến trúc (Architectural History); Bảo tồn di sản kiến trúc - đô thị (Preservation of Architectural – Urban Heritage); Đô thị học (Urbanism); Quản lý đô thị và công trình (Urban and Construction Management); Thiết kế Đô thị (Urban Design).

b) Danh mục tạp chí được tính điểm:

TT	Tên tạp chí	Chỉ số ISSN	Loại	Cơ quan xuất bản	Điểm
1.	Các tạp chí khoa học Việt Nam và quốc tế		Tạp chí	SCI, SCIE, SSCI, A&HCI, SCOPUS (IF $\geq 2,0$)	0 – 3,0
				SCI, SCIE, SSCI, A&HCI, SCOPUS (IF $< 2,0$)	0 – 2,0
2.	Các tạp chí khoa học quốc tế khác thuộc lĩnh vực liên quan đến Xây dựng – Kiến trúc		Tạp chí	Do HĐGS liên ngành Xây dựng – Kiến trúc quyết định cụ thể từng trường hợp	0 – 1,0 online 0 – 0,75 không online
3.	Báo cáo khoa học tại hội nghị khoa học quốc tế xuất bản bằng tiếng Anh		Kỷ yếu	Đăng toàn văn trong kỷ yếu (Proceedings), có phản biện khoa học, có mã số ISBN	0 – 1,0
4.	Báo cáo khoa học tại hội nghị khoa học quốc gia		Kỷ yếu	Đăng toàn văn trong kỷ yếu (Proceedings), có phản biện khoa học, từ 2017 phải có mã số ISBN	0 – 0,5

(Kèm theo Quyết định số: 26/QĐ-HDGSNN ngày 11 tháng 7 năm 2025)

5.	Giao thông vận tải	2354-0818 e-2615-9791 0866-7012	Tạp chí	Bộ Giao thông vận tải	0 – 0,5 đến 3/2025
6.	Khoa học và công nghệ Việt Nam (seri B, tiếng Việt)	1859-4794	Tạp chí	Bộ Khoa học và Công nghệ	0 – 0,75 0 – 1,0 từ 2019 0 – 0,75 từ 2024 0 – 1,0 từ 2025
7.	Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering (VJSTE) (seri C, tiếng Anh)	2525-2461	Tạp chí	Bộ Khoa học và Công nghệ	0 – 0,75 0 – 1,25 từ 2019 0 – 1,0 từ 2024
8.	Xây dựng (Journal of Construction)	2734-9888 (0866-8762)	Tạp chí	Bộ Xây dựng	0 – 1,0
9.	Khoa học và Công nghệ - The University of Danang - Journal of Science and Technology	1859-1531	Tạp chí	Đại học Đà Nẵng	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2023 (bản tiếng Việt) 0 – 1,25 từ 2022 (bản tiếng Anh) 0 – 1,0 từ 2024 (bản tiếng Anh)
10.	Khoa học Đại học Huế: KH Trái đất và Môi trường	2588-1183 e-2615-9694	Tạp chí	Đại học Huế	0 – 0,25 từ 2020 0 – 0,5 từ 2021
11.	Khoa học Đại học Huế: Kỹ thuật và Công nghệ	2588-1175 e-2615-9732	Tạp chí	Đại học Huế	0 – 0,25 từ 2020 0 – 0,5 từ 2021
12.	Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường (VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences)	2615-9279 e-2588-1094	Tạp chí	Đại học Quốc gia Hà Nội	0 – 0,5 từ 2020 0 – 0,75 từ 2023
13.	Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ (VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology)	2615-9317 e-2588-1140 (0866-8612)	Tạp chí	Đại học Quốc gia Hà Nội	0 – 0,5 từ 2020 0 – 0,75 từ 2023
14.	Phát triển Khoa học và Công nghệ	1859-0128	Tạp chí	Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2022 0 – 1,0 từ 2024
15.	Phát triển Khoa học và Công nghệ: Khoa học Tự nhiên	2588-106X	Tạp chí	Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh	0 – 0,25 từ 2022 0 – 0,5 từ 2024
16.	Phát triển Khoa học và công nghệ: KH Trái đất và Môi trường	2588-1078	Tạp chí	Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh	0 – 0,5 từ 2020 0 – 0,75 từ 2023

(Kèm theo Quyết định số: 26/QĐ-HĐGSNN ngày 11 tháng 7 năm 2025)

17.	Phát triển Khoa học và Công nghệ: Kỹ thuật và Công nghệ	2615-9872	Tạp chí	Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh	0 – 0,5 từ 2020 0 – 0,75 từ 2023
18.	Khoa học và Công nghệ	2615-9562 (1859-2171)	Tạp chí	Đại học Thái Nguyên	0 – 0,25 từ 2020 0 – 0,5 từ 2021
	TNU Journal of Science and Technology	2734-9098-E	Tạp chí ACI		0 – 1,0 từ 2021 0 – 1,25 từ 2022 0 – 1,0 từ 2025
19.	Môi trường và Đô thị Việt Nam	1859-3674	Tạp chí	Hiệp hội Môi trường Đô thị & Khu CN Việt Nam	0 – 0,5
20.	Xây dựng và Đô thị	1859-3119	Tạp chí	Học viện Cán bộ quản lý xây dựng và đô thị, Bộ Xây dựng	0 – 0,5
21.	Khoa học và Kỹ thuật: Kỹ thuật công trình đặc biệt – J. of Science and Technique, Special issue: Special Construction Engineering	1859-0209	Tạp chí	Học viện Kỹ thuật Quân sự (Le Quy Don Technical University)	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2022 0 – 1,0 từ 2025
22.	Cấp thoát nước Việt Nam	1859-3623	Tạp chí	Hội Cấp thoát nước Việt Nam	0 – 0,5
23.	Kế toán và kiểm toán (Tên cũ: Kế toán)	p-2815-6129 e-2815-6137	Tạp chí	Hội Kế toán và Kiểm toán Việt Nam	0 – 0,5 0 – 0,25 từ 2020 0 từ 2025
24.	Kết cấu và Công nghệ Xây dựng	1859-3194	Tạp chí	Hội Kết cấu và Công nghệ Xây dựng Việt Nam	0 – 0,5
25.	Kiến trúc	0866-8617	Tạp chí	Hội Kiến trúc sư Việt Nam	0 – 0,5
26.	Quy hoạch đô thị	1859-3658	Tạp chí	Hội Quy hoạch phát triển đô thị Việt Nam	0 – 0,25 0 – 0,5 từ 2020
27.	Môi trường (Tên cũ: Bảo vệ môi trường)	2615-9597 (1859-042X)	Tạp chí	Tổng cục Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường	0 – 0,5
28.	Người Xây dựng	0866-8531	Tạp chí	Tổng Hội Xây dựng Việt Nam	0 – 0,5
29.	CTU Journal of Innovation and Sustainable Development (Can Tho University Journal of Science)	2588-1418 e-2815-6412 (2615-9422-E e-2815-5602)	Tạp chí	Trường Đại học Cần Thơ	0 – 0,5 từ 2020 0 – 0,75 từ 2021 0 – 1,25 từ 2022 0 – 1,0 từ 2025
30.	Khoa học ĐH Cần Thơ (Cũ: Khoa học, phần A- Khoa học Tự nhiên, Công nghệ, Môi trường)	1859-2333 e-2815-5599	Tạp chí	Trường Đại học Cần Thơ	0 – 0,25 từ 2020 0 – 0,5 từ 2022 0 – 0,75 từ 2023
31.	J. of Science and Technology in Civil Engineering	p-1859-2996 e-2734-9268	Tạp chí ACI	Trường Đại học Xây dựng Hà Nội	0 – 1,0 từ 2017 0 – 1,25 từ 2021 0 – 1,0 từ 2025

(Kèm theo Quyết định số: 26/QĐ-HĐGSNN ngày 11 tháng 7 năm 2025)

32.	Khoa học Công nghệ Xây dựng	p-2615-9508 e-2734-9489	Tạp chí	Trường Đại học Xây dựng Hà Nội	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2020
33.	Khoa học và Công nghệ ĐH Duy Tân- DTU Journal of Science and Technology	1859-4905	Tạp chí	Trường Đại học Duy Tân	0 – 0,25 từ 2021 0 – 0,5 từ 2022
34.	Khoa học Giao thông vận tải, bản tiếng Anh: Transport and Communications Science Journal	1859-2724 e-2615-9554	Tạp chí ACI	Trường Đại học Giao thông vận tải	0 – 0,5 từ 2020 0 – 0,75 từ 2022 (bản tiếng Việt) 0 – 0,5 từ 2022 (bản tiếng Anh) 0 – 1,0 từ 2023 (bản tiếng Anh)
35.	Science Journal of Transportation	2410-9088	Tạp chí	Trường ĐH Giao thông vận tải - ĐH Tổng hợp Kỹ thuật Giao thông đường bộ Matxcova, LB Nga – Đại học Giao thông Tây Nam Trung Quốc	0 – 0,5 từ 2020
36.	Khoa học và Công nghệ	2354-0842	Tạp chí	Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế	0 – 0,5 từ 2019
37.	Khoa học Kiến trúc và Xây dựng	1859-350X	Tạp chí	Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2024
38.	Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất	1859-1469	Tạp chí	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	0 – 0,25 từ 2020 0 – 0,5 từ 2022 0 – 0,75 từ 2024
39.	Khoa học ĐH Mở Tp Hồ Chí Minh (Cũ: Khoa học, Journal of Science)	p-2734-9322 e-2734-9594 (1859-3453)	Tạp chí	Trường Đại học Mở TP Hồ Chí Minh	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2024
40.	Ho Chi Minh City Open University Journal of Science - Engineering and Technology (Cũ: Journal of Science)	p-2734-9330 e-2734-9608 (1859-3453)	Tạp chí	Trường Đại học Mở TP Hồ Chí Minh	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2024
41.	Khoa học Tài nguyên và Môi trường - Journal of Science on Natural Resources and Environment.	0866-7608	Tạp chí	Trường Đại học Tài Nguyên và Môi trường Hà Nội	0 – 0,25 từ 2020 0 – 0,5 từ 2022
42.	Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường	1859-3941	Tạp chí	Trường Đại học Thủy lợi	0 – 0,5 từ 2019
43.	Địa kỹ thuật	0868-279X	Tạp chí	Viện Địa kỹ thuật, Liên hiệp các Hội Khoa học kỹ thuật Việt Nam	0 – 0,5
44.	Khoa học & Công nghệ của các trường Đại học Kỹ thuật	- 0868-3980 từ 12/1996 - 2354-1083 từ	Tạp chí	Trường ĐHBKHN, ĐH Đà Nẵng, Trường ĐH KTCN – ĐH Thái Nguyên, Trường	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2021

(Kèm theo Quyết định số: 26/QĐ-HĐGSNN ngày 11 tháng 7 năm 2025)

	- Engineering and Technology for Sustainable Development - Smart Systems and Devices	3/2015 - 2734-9381 từ 3/2021 2734-9373		ĐH Kinh tế – Kỹ thuật công nghiệp, Trường ĐHBK TP. HCM, Trường ĐH SPKT TP. HCM, HV CNBCVT	
45.	Vietnam Journal of Mechanics (Tên cũ: Cơ học)	0866-7136	Tạp chí ACI	Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam	0 – 0,5 0 – 1,25 từ 2020 0 – 1,0 từ 2025
46.	Vietnam Journal of Science and Technology	2525-2518 e-2815-5874 cũ 0866-708X	Tạp chí ACI Scopus	Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam	0 – 1,0 từ 2017 0 – 1,25 từ 2020 0 – 1,5 từ 2023
47.	An toàn – Sức khỏe và Môi trường lao động	1859-0896	Tạp chí	Viện KH An toàn và vệ sinh lao động, Tổng liên đoàn Lao động Việt Nam	0 – 0,25 0 – 0,5 từ 2024
48.	Bảo hộ lao động	1859-4646 0866-8515	Tạp chí	Viện KH An toàn và vệ sinh lao động, Tổng liên đoàn Lao động Việt Nam	0 – 0,25 trước 2018
49.	Khoa học và Công nghệ Xây dựng	1859-1566	Tạp chí	Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Bộ Xây dựng	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2023
50.	Kiến trúc Việt Nam	0868-3786	Tạp chí	Viện Kiến trúc Quốc gia	0 – 0,5
51.	Kinh tế Xây dựng	1859-4921	Tạp chí	Viện Kinh tế xây dựng, Bộ Xây dựng	0 – 0,5
52.	Quy hoạch Xây dựng	1859-3054	Tạp chí	Viện Quy hoạch đô thị & nông thôn, Bộ Xây dựng	0 – 0,5
53.	Vật liệu và Xây dựng (Cũ: NC&PT Vật liệu xây dựng)	1859-381X	Tạp chí	Viện Vật liệu xây dựng, Bộ Xây dựng	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2022
54.	Journal of Materials and Construction (Cũ: Journal of Building Materials Research & Development)	2734-9438	Tạp chí	Viện Vật liệu xây dựng, Bộ Xây dựng	0 – 0,5 0 – 0,75 từ 2022 0 – 1,0 từ 2024
55.	Journal of Science and Transport Technology	2734-9950	Tạp chí Scopus	Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải	0 – 1,5 từ 2024
56.	Khoa học và Công nghệ Giao thông	2734-9942	Tạp chí	Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải	0 – 0,25 từ 2024 0 – 0,5 từ 2025
57.	Khoa học và Công nghệ Biển – J. Marine Science and Technology	1859-2097 e-2815-5904	Tạp chí	Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam	0 – 0,5 từ 2024
58.	Phát triển và khoa học Công nghệ: Khoa học Xã hội và Nhân văn	2588-1043	Tạp chí	Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh	0 – 0,25 từ 2024
59.	Khoa học và Công nghệ Giao thông Vận tải	1859-4263 e-3030-4261	Tạp chí	Trường Đại học Giao thông vận tải TP Hồ Chí Minh	0 – 0,25 từ 2024 0 – 0,5 từ 2025

(Kèm theo Quyết định số: 26/QĐ-HDGSNN ngày 11 tháng 7 năm 2025)

60.	Cơ khí Việt Nam	2615-9910 e-2815-5505	Tạp chí	Tổng hội Cơ khí Việt Nam	0 – 0,25 từ 2025
61.	Công nghiệp Mỏ	3030-4172	Tạp chí	Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam	0 – 0,25 từ 2025
62.	Khoa học và Công nghệ	3030-4806	Tạp chí	Trường Đại học Xây dựng Miền Tây	0 – 0,25 từ 2025
63.	Khoa học và Công nghệ	2615-9015	Tạp chí	Trường Đại học Nguyễn Tất Thành	0 – 0,25 từ 2025
64.	Khoa học	1859-0357 e-2815-6242	Tạp chí	Trường Đại học Quy Nhơn	0 – 0,25 từ 2025
65.	Journal of Science-Advances in Computational Structures	2815-6218 e-2815-6226	Tạp chí	Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh	0 – 0,25 từ 2025
66.	Xây dựng (Journal of Construction), Tạp chí điện tử	e-3030-4482	Tạp chí	Bộ Xây dựng	0 – 0,5 từ 2025

c) Nhà Xuất bản uy tín:

d) Tác giả chính:

- Bài báo khoa học:

+ Cả first author và corresponding author đều được tính là Tác giả chính. Khi đó first author và corresponding author được nhận 1/6 điểm bài báo (1/3 số điểm bài báo: 2), số điểm còn lại chia đều cho các tác giả theo quy định.

+ Số first author không lớn hơn 1.

+ Bài báo có số corresponding authors > 1 (kể cả trường hợp first author và corresponding author là 1 hay > 1 người): chỉ first author được tính là Tác giả chính.

- Đồng chủ biên (Sách phục vụ đào tạo): chỉ được xem xét nếu không quá 2 đồng chủ biên, mỗi người đóng góp không dưới 1/3 cuốn sách.

- Đồng chủ nhiệm (Đề tài KH): không được tính.

- Đồng hướng dẫn NCS/HVCH (xếp thứ 2): không được tính.