ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/374387392

Defining optimal digital elevation model (DEM) resolution for landslide susceptibility assessment in Laocai city, Laocai province

Conference Paper · September 2023

CITATIONS
0

READS
60

6 authors, including:

Binh Duong
Hanoi University of Mining and Geology
29 PUBLICATIONS **68** CITATIONS
SEE PROFILE

Igor Fomenko
Российский Государственный Геолого-разведочный Университ...
303 PUBLICATIONS **519** CITATIONS
SEE PROFILE

K.T. Нгуен
Vietnam Academy of Science and Technology
35 PUBLICATIONS **16** CITATIONS
SEE PROFILE

Dang Hong Vu
Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources
22 PUBLICATIONS **60** CITATIONS
SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Binh Duong on 03 October 2023.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VIETGEO 2023

THỪA THIÊN HUẾ, NGÀY 28 & 29 THÁNG 9 NĂM 2023

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
VIETGEO 2023

BAN TỔ CHỨC:

PGS.TS Võ Thanh Tùng	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Đồng Trưởng ban
PGS.TS Tạ Đức Thịnh	Hội Địa chất công trình và Môi trường Việt Nam	Đồng Trưởng ban
GS.TS Trần Thanh Hải	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Phó Trưởng ban
PGS.TS Nguyễn Xuân Thảo	Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam	Phó Trưởng ban
PGS.TS Nguyễn Văn Lâm	Hội Địa chất thuỷ văn Việt Nam	Phó Trưởng ban
TS Phan Tuấn Anh	Trường Đại học khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
PGS.TS Lê Văn Thăng	Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM	Ủy viên
PGS.TS Lê Hoài Đức	Trường Đại học Giao thông vận tải	Ủy viên
PGS.TS Đỗ Quang Thiên	Trường Đại học khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
PGS.TS Bùi Trường Sơn	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Trường Thọ	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
ThS Nguyễn Thanh Bình	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Nguyễn Thị Thanh Huyền	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên

BAN KHOA HỌC:

PGS.TS Bùi Trường Sơn	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Trưởng ban
PGS.TS Trần Thanh Nhàn	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Phó Trưởng ban
GS.TS Đỗ Minh Đức	Trường Đai học Khoa học tự nhiên - ĐHQGHN	Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Nụ	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
PGS.TS Đậu Văn Ngọ	Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM	Ủy viên
PGS.TS Phạm Quý Nhân	Hội Địa chất thuỷ văn Việt Nam	Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Đức Mạnh	Trường Đại học Giao thông vận tải	Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Quang Tuấn	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Nguyễn Bách Thảo	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
TS Nguyễn Tiến Hùng	Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam	Ủy viên
TS Lê Quang Duyến	Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam	Ủy viên
TS Nguyễn Văn Phóng	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
TS Nguyễn Thành Dương	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
TS Phạm Đức Thọ	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
TS Bùi Trọng Vinh	Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM	Ủy viên
TS Đào Hồng Hải	Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP HCM	Ủy viên
TS Nguyễn Công Định	Trường Đại học Giao thông vận tải	Ủy viên
TS Nguyễn Thị Thanh Nhàn	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Trần Thị Phương An	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Trần Hữu Tuyên	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Nguyễn Thị Thủy	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Hoàng Ngô Tự Do	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Bùi Thị Thu	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Đỗ Thị Việt Hương	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên

BAN THƯ KÝ:

TS Nguyễn Thành Dương	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Trưởng ban
PGS.TS Trần Thanh Nhàn	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Phó Trưởng ban
TS Nguyễn Thị Thủy	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
ThS Phạm Thị Ngọc Hà	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
ThS Nguyễn Văn Hùng	Trường Đại học Mỏ - Địa chất	Ủy viên
TS Nguyễn Thị Thanh Nhàn	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên
TS Trần Thị Phương An	Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế	Ủy viên

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VIETGEO 2023

THỪA THIÊN HUẾ, VIỆT NAM
NGÀY 28 & 29 THÁNG 9 NĂM 2023

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG - VIETGEO 2023

Ban biên tập:

TẠ ĐỨC THỊNH
BÙI TRƯỜNG SƠN
NGUYỄN VĂN LÂM
NGUYỄN THÀNH DƯƠNG
TRẦN THANH NHÀN
NGUYỄN VĂN HÙNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

VIETGEO 2023

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG - VIETGEO 2023

THỪA THIÊN HUẾ, VIỆT NAM
NGÀY 28 & 29 THÁNG 9 NĂM 2023

ĐƠN VỊ TỔ CHỨC

Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Hội Địa chất công trình và Môi trường Việt Nam
Hội Địa chất thuỷ văn Việt Nam
Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Giao thông Vận tải
Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP Hồ Chí Minh

ĐƠN VỊ ĐỒNG HÀNH

Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Trường Đại học Bách khoa - ĐHQG TP Hồ Chí Minh
Công ty TNHH XNK Phú Thành Phát
Công ty TNHH Nam Miền Trung
Công ty Cổ phần Khoa học Công nghệ Bách khoa TP Hồ Chí Minh
Trung tâm Nghiên cứu Địa kỹ thuật
Công ty TNHH Premium Silica Huế
Công ty Cổ phần tư vấn địa chất CT Đà Nẵng
Công ty CP Đầu tư phát triển GMC

MỤC LỤC

Chủ đề I. ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ ĐỊA CHẤT THỦY VĂN

- NGUỒN HÌNH THÀNH TRỮ LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT VÙNG ĐỒNG BẰNG TỈNH HÀ TĨNH
  Dương Thị Thanh Thủy, Hoàng Thăng Long ***6***
- NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA VỎ TRỐNG HAI ĐƯỜNG HẦM VÀ KẾT CẤU NGẦM CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG LÂN CẬN TRONG ĐÔ THỊ
  Đỗ Ngọc Thái, Nguyễn Thế Mộc Chân ***12***
- PHÂN TÍCH CHỌN THÔNG SỐ THÍ NGHIỆM BA TRỤC ĐỘNG PHÙ HỢP CHO CÔNG TRÌNH ĐIỆN GIÓ Ở VIỆT NAM
  Nguyễn Văn Phóng, Đỗ Hồng Thắng ***21***
- NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ THẤM NƯỚC NGẦM TRONG CÁC LỚP ĐẤT ĐÁ TỚI SỰ ỔN ĐỊNH CỦA HỐ MÓNG TẦNG HẦM NHÀ CAO TẦNG TẠI VIỆT NAM
  Nguyễn Chí Thành ***31***
- NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ, NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC VÀ MỘT SỐ YẾU TỐ CHÍNH ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ LÀM VIỆC CỦA TƯỜNG CHẮN ĐẤT CỐT LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT
  Phạm Văn Hùng, Vũ Minh Ngạn, Phạm Minh Tuấn, Mai Văn Toàn ***41***
- PHÂN NHÓM SUY THOÁI NGUỒN NƯỚC MẠCH LỘ KARST VÙNG NÚI CAO, KHAN HIẾM NƯỚC KHU VỰC MIỀN NÚI BẮC BỘ
  Đào Đức Bằng, Nguyễn Văn Trãi, Nguyễn Minh Việt, Nguyễn Văn Lâm, Trần Vũ Long, Kiều Thị Vân Anh, Vũ Thu Hiền, Dương Thị Thanh Thủy, Đỗ Anh Đức, Bùi Mạnh Bằng, Nguyễn Văn Thắng ***50***
- ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ĂN MÒN CỦA NƯỚC NGẦM ĐỐI VỚI CÁC KẾT CẤU BÊ TÔNG MÓNG CÔNG TRÌNH KHU VỰC ĐỒNG BẰNG VEN BIỂN PHÍA BẮC TỈNH QUẢNG TRỊ
  Hoàng Ngô Tự Do, Trần Thị Ngọc Quỳnh, Nguyễn Thị Thanh Nhàn, Hoàng Hoa Thám, Lê Thanh Phong ***57***
- NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH PHƯƠNG ÁN THOÁT NƯỚC MỎ THAN TRÀNG BẠCH, ĐÔNG TRIỀU, QUẢNG NINH PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG
  Trần Quang Tuấn ***67***
- MỘT SỐ VẤN ĐỀ LIÊN QUAN ĐẾN VIỆC LỰA CHỌN TUYẾN KHI THIẾT KẾ ĐƯỜNG Ô TÔ XÂY DỰNG MỚI QUA VÙNG ĐỒI NÚI THEO HƯỚNG TIẾP CẬN MỚI
  Nguyễn Đức Đảm, Nguyễn Đức Mạnh, Phạm Thái Bình ***77***
- XÁC ĐỊNH TỐC ĐỘ NGẤM TRONG ĐỚI KHÔNG BÃO HÒA CỦA CÁC THÀNH TẠO BỞ RỜI PHỤC VỤ NGHIÊN CỨU MỘT SỐ THÔNG SỐ DỊCH CHUYỂN KIM LOẠI NẶNG VÀO TẦNG CHỨA NƯỚC
  Trần Quang Tuấn, Đào Đức Bằng, Trần Vũ Long, Nguyễn Văn Lâm, Kiều Thị Vân Anh, Vũ Thu Hiền, Dương Thị Thanh Thủy, Nguyễn Bách Thảo, Nguyễn Thanh Minh. ***86***
- VỀ CÔNG TÁC ĐÁNH GIÁ CHỈ TIÊU CHẤT LƯỢNG KHỐI ĐÁ RQD BẰNG MÁY GHI HÌNH LỖ KHOAN KHẢO SÁT
  Đào Viết Đoàn ***96***

- NUMERICAL INVESTIGATION OF LOAD TRANSFER OF DEEP CEMENT MIXING COLUMNS .....
  Pham Minh Tuan, Vo Thanh Long, Nguyen Huy Hoang ***104***
- ĐÁNH GIÁ ỔN ĐỊNH LÚN CỦA TUYẾN ĐÊ CHẮN SÓNG PHÍA NAM TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG VÀ VẬN HÀNH CÔNG TRÌNH TẠI LUỒNG TÀU SÔNG HẬU, TỈNH TRÀ VINH
  Đoàn Khắc Phú, Nguyễn Hữu Sơn ***112***
- NGHIÊN CỨU CÔNG THỨC THỰC NGHIỆM MỚI ƯỚC LƯỢNG SỨC CHỊU TẢI DỌC TRỤC CHO CỌC KHOAN NHỒI DỰA TRÊN DỮ LIỆU THÍ NGHIỆM O-CELL VÀ CHỈ SỐ SPT
  Huỳnh Văn Hiệp, Phạm Hoàng Lâm, Từ Hồng Nhung, Huỳnh Hồng ***122***
- NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH GẦN ĐÚNG ĐỂ DỰ BÁO LÚN CỦA NỀN ĐẤT XUNG QUANH CHO HỐ ĐÀO SÂU
  Lê Giang Sơn, Nguyễn Ngọc Lượng, Phạm Ngọc Tân, Đặng Bảo Lợi, Võ Thanh Toàn, Lê Thanh Phong, Nguyễn Thành Sơn ***135***
- TIÊU CHÍ LỰA CHỌN CÔNG NGHỆ KHAI THÁC CÁC NGUỒN NƯỚC Ở VÙNG NÚI CAO, KHAN HIẾM NƯỚC KHU VỰC TỈNH HÀ GIANG
  Triệu Đức Huy, Phạm Bá Quyền, Hoàng Đại Phúc ***145***
- DETERMINATION OF POTENTIAL AREAS FOR FRESHWATER STORAGE OF THE UPPER-MIDDLE PLEISTOCENE AQUIFER IN MEKONG DELTA
  Pham Ba Quyen, Trieu Duc Huy, Hoang Dai Phuc, Phan Thang Long ***152***
- XÁC ĐỊNH LƯỢNG CUNG CẤP CỦA NƯỚC MƯA CHO NƯỚC DƯỚI ĐẤT TRONG BAZAN VÙNG BUÔN MÊ THUỘT VÀ QUAN HỆ GIỮA LƯỢNG CUNG CẤP VỚI LƯỢNG MƯA VÀ BỐC HƠI
  Đặng Đình Phúc, Đặng Hữu Nghị, Bùi Thị Vân Anh ***158***
- PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH VÀ ẢNH HƯỞNG LÊN CÔNG TRÌNH LÂN CẬN KHI THI CÔNG HỐ ĐÀO SÂU Ở THÀNH PHỐ TUY HÒA, TỈNH PHÚ YÊN
  Nguyễn Văn Hải, Ngô Trung Hiên, Nguyễn Thanh Hải ***168***
- NGHIÊN CỨU ĐẶC TRƯNG THẤM NƯỚC CỦA CỌC ĐẤT GIA CỐ XI MĂNG TRONG PHÒNG THÍ NGHIỆM TẠI DỰ ÁN LẠCH HUYỆN, HẢI PHÒNG
  Nguyễn Thị Nụ ***177***
- NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM MỘT SỐ MỎ ĐẤT PHONG HÓA Ở KHU VỰC QUẢNG BÌNH- QUẢNG TRỊ PHỤC VỤ LÀM ĐẤT ĐẮP XÂY DỰNG TUYẾN ĐƯỜNG CAO TỐC VẠN NINH - CAM LỘ
  Nguyễn Thành Dương, Nguyễn Thế Hùng ***183***
- ẢNH HƯỞNG CỦA ĐIỀU KIỆN THỦY HÓA ĐẾN HỆ SỐ THỦY HÓA VÀ ĐỘ BỀN NÉN MỘT TRỤC NỞ HÔNG CỦA XỈ HẠT LÒ CAO (GBFS) FORMOSA HÀ TĨNH
  Trần Thị Ngọc Quỳnh, Trần Thanh Nhàn, Dương Trung Quốc, Trần Xuân Thạch, Trần Thị Phương An, Nguyễn Thị Thanh Nhàn ***191***
- NGHIÊN CỨU, ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ THI CÔNG KHOAN CỌC NHỒI FULL CASING
  Trương Văn Từ, Lê Văn Nam, Đặng Trung Thực ***200***
- NGHIÊN CỨU PHÂN CHIA CẤU TRÚC NỀN CÔNG TRÌNH VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP NỀN MÓNG ĐỐI VỚI CÔNG TRÌNH NHÀ CAO TẦNG KHU VỰC THÀNH PHỐ TUY HÒA, TỈNH PHÚ YÊN
  Nguyễn Ngọc Quan, Trịnh Văn Thao, Nguyễn Thanh Danh ***206***
- ESTABLISH THE TIME-DEPENDENT LINEAR REGRESSION FOR CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH WHEN MARINE SAND AS FINE AGGREGATE IN MID-CENTRAL VIETNAM
  Do Quang Thien, Nguyen Thi Thanh Nhan, Tran Thanh Nhan, Tran Thi Ngoc Quynh, La Duong Hai, Nguyen Thi Hong Nu, Do Quang Khanh ***215***

- GIẢI PHÁP TỐI ƯU XỬ LÝ NỀN ĐƯỜNG ĐẤT YẾU ĐOẠN KM 6+500 ĐẾN KM 8+00 ĐƯỜNG NỐI VÕ CHÍ CÔNG ĐI KHU CÔNG NGHIỆP ĐÔNG QUẾ SƠN VÀ QUỐC LỘ H
  Nguyễn Thanh Hải, Nguyễn Thị Ngọc Yến, Trần Khắc Vĩ ***224***
- HIỆN TRẠNG, THÁCH THỨC VÀ ĐỀ XUẤT KHUNG ĐÁNH GIÁ AN NINH NGUỒN NƯỚC LƯU VỰC SÔNG THAO
  Nguyễn Tiến Vinh, Phạm Quý Nhân ***233***
- VẤN ĐỀ XÁC ĐỊNH SỨC CHỐNG CẮT CỦA ĐẤT LOẠI SÉT LẪN DĂM SẠN TRONG THIẾT KẾ NỀN ĐƯỜNG ĐÀO
  Cao Trọng Công, Nguyễn Đức Mạnh, Nguyễn Châu Lân ***240***
- MỘT SỐ YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI SỰ LÀM VIỆC CỦA TRỤ VẬT LIỆU HẠT RỜI TRONG CẢI TẠO NỀN ĐẤT YẾU
  Nguyễn Hải Hà, Nguyễn Đức Mạnh, Nguyễn Thái Linh, Đặng Hồng Lam, Vũ Bách Tuấn ***249***
- CẤU TRÚC ĐỊA CHẤT THỦY VĂN TẠI VÙNG CỬA SÔNG HẬU, KHU VỰC TÂY NAM BỘ, VIỆT NAM
  Trần Vũ Long, Nguyễn Hữu Mạnh, Hoàng Đại Phúc, Vũ Thu Hiền ***257***

Chủ đề II. KỸ THUẬT XÂY DỰNG VÀ VẬT LIỆU MỚI

- PHƯƠNG PHÁP THI CÔNG ĐƯỜNG HẦM TÀU ĐIỆN NGẦM TRONG ĐÔ THỊ BẰNG MÁY ĐÀO HẦM CƠ GIỚI
  Đỗ Ngọc Thái ***266***
- PHÂN TÍCH ỨNG SUẤT BIẾN DẠNG CỦA ĐẤT ĐÁ XUNG QUANH HAI ĐƯỜNG HẦM KHI CÓ SỰ THAY ĐỔI ĐIỀU KIỆN BỀ MẶT ĐẤT
  Trần Tuấn Minh, Đặng Trung Thành, Nguyễn Duyên Phong, Đỗ Quang Tuấn ***277***
- NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA PUZOLAN TỰ NHIÊN ĐẾN CHẤT LƯỢNG HỖN HỢP ĐẤT GIA CỐ DÙNG TRONG CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG
  Bùi Trường Sơn, Vũ Bá Thao, Nguyễn Huy Vượng, Phạm Minh Tân ***286***
- TỔNG QUAN VỀ SỬ DỤNG CỌC BÊ TÔNG CỐT THÉP ĐƯỜNG KÍNH NHỎ ĐỂ GIA CƯỜNG NỀN MÓNG CÔNG TRÌNH LỊCH SỬ - VĂN HÓA
  Nguyễn Văn Mạnh, Bùi Văn Đức ***294***
- NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA THAM SỐ HÌNH HỌC ĐẾN BIỂU HIỆN CỦA KẾT CẤU CHỐNG ĐƯỜNG HẦM HÌNH MÓNG NGỰA
  Nguyễn Tài Tiến, Đỗ Ngọc Anh ***305***
- NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT DÂY MỀM TRONG TÍNH TOÁN KẾT CẤU LƯỚI THÉP SỬ DỤNG TRONG KHAI THÁC HẦM LÒ TẠI CÁC MỎ THAN QUẢNG NINH
  Nguyễn Phi Hùng, Vũ Minh Ngạn ***315***
- NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG TỚI HỆ SỐ THỪA TIẾT DIỆN KHI THI CÔNG CÁC ĐƯỜNG LÒ BẰNG PHƯƠNG PHÁP KHOAN NỔ MÌN TRONG CÁC MỎ THAN HẦM LÒ VÙNG QUẢNG NINH
  Đặng Văn Kiên, Đỗ Ngọc Anh, Trương Văn Hà ***322***
- NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN BƯỚC CHỐNG VÌ THÉP CHO ĐƯỜNG LÒ MỨC -50 ÷ -00 NẰM DƯỚI BÃI THẢI ĐIỀU KIỆN MỎ THAN MÔNG DƯƠNG
  Nguyễn Hữu Sà, Đào Viết Đoàn, Đặng Văn Kiên ***332***
- NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ CỦA KẾT CẤU CHỐNG GIỮ KHO CHỨA KHÍ NGẦM LPG CỦA HSVC TẠI CÁI MÉP, VŨNG TÀU BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ
  Vũ Tiến Dũng, Đặng Văn Kiên, Joséphine DONNARD ***341***

- NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG SỐ ĐÁNH GIÁ ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA KHỐI ĐẮP TĂNG CƯỜNG LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT TRÊN NỀN ĐẤT YẾU GIA CỐ BẰNG CỌC: MỘT ỨNG DỤNG CHO NỀN ĐƯỜNG ĐẦU CẦU
  Phạm Văn Hùng ***350***
- NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG THAM SỐ KẾT CẤU CHỐNG ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ VÙNG THAN QUẢNG NINH
  Nguyễn Hữu Sà, Đặng Văn Kiên, Đào Viết Đoàn, Ngô Đức Quyền..... ***358***
- NGHIÊN CỨU SẢN XUẤT GẠCH KHÔNG NUNG SỬ DỤNG CÁC CHẤT THẢI TRO BAY VÀ TRO XỈ CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN
  Nguyễn Ngọc Huy, Nguyễn Hữu Sơn, Huỳnh Kỳ Phương Hạ..... ***369***
- NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG CÁT NHÂN TẠO VÀ HỖN HỢP PHỤ GIA KHOÁNG ZEOLITE - XỈ LÒ CAO CHẾ TẠO BÊ TÔNG TỰ ĐẦM CƯỜNG ĐỘ CAO
  Thái Quang Minh, Lê Văn Trí, Nguyễn Hải Đăng, Nguyễn Thị Tuyết Mai..... ***378***
- NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI VẬN TỐC SÓNG TRONG BÊ TÔNG HẠT MỊN BẰNG PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM XUNG SIÊU ÂM (UPV)
  Phạm Thị Nhàn, Khổng Trung Đức..... ***389***
- PREDICTION OF COMPRESSIVE STRENGTH SFRC BASED ON THE ANN MODEL
  Nguyen Duyen Phong, Dang Van Kien..... ***394***
- STUDY, ANALYSIS RESULTS FROM BORED PILES TESTS AND EXPERIENCE HOW TO COVERT THE STRAIN TO LOAD AS WELL AS TO VALIDATE DESIGN PREDICTION
  Phan Thanh Tien, Nguyen Tan Son..... ***404***
- BƯỚC ĐẦU NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH CƠ HỌC CỦA BÊ TÔNG CỐT SỢI THÉP
  Bùi Văn Bình, Nguyễn Khánh Ly, Phạm Thị Ngọc Hà, ... ***412***
- ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG TRO ĐÁY TỪ NHÀ MÁY ĐỐT RÁC XUÂN SƠN LÀM VẬT LIỆU ĐẮP NỀN ĐƯỜNG Ô TÔ
  Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Châu Lân, Phí Hồng Thịnh ***418***
- NGHIÊN CỨU ĐỘ HÚT NƯỚC CỦA VỮA KHI SỬ DỤNG XỈ ĐÁY LÒ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN
  Nguyễn Văn Hùng..... ***425***
- TRƯỜNG ÁP LỰC NƯỚC LỖ RỖNG VÀ ỨNG SUẤT XUNG QUANH HẦM ĐẶT SÂU TRONG MÔI TRƯỜNG ĐÁ BẤT ĐẲNG HƯỚNG BÃO HÒA CÓ ĐỘ THẤM NHỎ
  Trần Nam Hưng, Trần Nguyên Dương, Phạm Đức Thọ, Vũ Anh Tuấn ***435***

Chủ đề III. TAI BIẾN ĐỊA CHẤT VÀ CÔNG NGHỆ QUAN TRẮC - CẢNH BÁO SỚM

- SỰ CỐ HƯ HẠI KẾT CẤU CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG TRÊN TALUY ÂM: MỘT TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU TẠI THỊ TRẤN MƯỜNG CHÀ, TỈNH ĐIỆN BIÊN
  Bùi Văn Đức, Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Quang Tuấn, Phan Viết Sơn..... ***444***
- PHỦ XANH MÁI DỐC - BIỆN PHÁP PHÒNG CHỐNG XÓI MÒN MANG TÍNH BỀN VỮNG
  Nguyễn Văn Thành, Doãn Thị Trâm, Lê Văn Nam, Nguyễn Trí Thắng ***453***
- A REVIEW OF EARLY WARNING FOR DEBRIS FLOW IN JAPAN AND RECOMMENDATIONS FOR VIETNAM
  Nguyen Trung Kien, Nguyen Thanh Duong, Nguyen Quoc Thanh, Pham Thi Ngoc Ha,
  Vy Thi Hong Lien, Phan Tu Huong, Nguyen Tan Son..... ***461***
- PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THAM SỐ HÌNH HỌC VÀ ĐỊA KỸ THUẬT ĐẾN HIỆN TƯỢNG LÚN MẶT ĐẤT KHI THI CÔNG ĐƯỜNG HẦM BẰNG KHIÊN ĐÀO (TBM)
  Nguyễn Văn Hiến..... ***470***

- PREDICTION OF COLLAPSES WHEN TUNNELING THROUGH FAULTS
  Quang Phich Nguyen, Quang Minh Nguyen, Trong Tam Nguyen, Dong Xuan Tu 479
- VAI TRÒ CÁC NHÂN TỐ NHÂN SINH ĐỐI VỚI CÁC TAI BIẾN ĐỊA CHẤT Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG
  Đào Hồng Hải, Nguyễn Việt Kỳ, Bùi Trọng Vinh, Nguyễn Hữu Sơn, Trần Lê Thế Diễn.....486
- DEFINING OPTIMAL DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM) RESOLUTION FOR LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ASSESSMENT IN LAOCAI CITY, LAOCAI PROVINCE
  Binh Van Duong, Igor Konstantinovich Fomenko, Kien Trung Nguyen, Ha Ngoc Thi Pham, Dang Hong Vu, Olga Nikolaevna Sirotkina.....496
- HIỆN TRẠNG VÀ XU THẾ PHÁT TRIỂN HIỆN TƯỢNG NỨT, TRƯỢT LỞ ĐẤT ĐÁ KHU VỰC PHÚ GIA, HUYỆN PHÚ LỘC, TỈNH THỪA THIÊN HUẾ
  Trần Hữu Tuyên, Nguyễn Thị Thủy, Hoàng Ngô Tự Do, Hoàng Hoa Thám 504
- ẢNH HƯỞNG CỦA CƯỜNG ĐỘ MƯA ĐẾN SỰ ỔN ĐỊNH CỦA MÁI DỐC - LẤY VÍ DỤ Ở QUẢNG BÌNH, VIỆT NAM
  Bùi Văn Bình, Bùi Trường Sơn, Nguyễn Thị Nụ, Nguyễn Thành Dương, Phạm Thị Việt Nga.....514
- NGHIÊN CỨU TỔNG QUAN MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP NÂNG CAO KHẢ NĂNG KHÁNG HÓA LỎNG CỦA NỀN ĐẤT
  Đặng Quang Huy, Bùi Anh Thắng, Ngọ Thị Hương Trang, Nguyễn Trọng Dũng, Ngô Xuân Nam.....524
- NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC SỰ CỐ THẤM HẠ LƯU ĐẬP ĐẤT CÔNG TRÌNH HỒ CHỨA NƯỚC ĐAN KIA, LẠC DƯƠNG, LÂM ĐỒNG
  Nguyễn Thị Nụ, Bùi Trường Sơn, Lê Thanh Tùng.....532
- NGUY CƠ LŨ BÙN ĐÁ KHU VỰC QUẢNG BÌNH
  Bùi Văn Bình, Bùi Trường Sơn, Nguyễn Thị Nụ, Nguyễn Thành Dương, Nguyễn Văn Hùng.....540
- ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG RUNG CHẤN DO NỔ MÌN ĐẾN HIỆN TƯỢNG SỤT ĐẤT KHU VỰC XÃ PHONG XUÂN, HUYỆN PHONG ĐIỀN, TỈNH THỪA THIÊN HUẾ
  Trần Hữu Tuyên, Nguyễn Thị Thủy, Hoàng Ngô Tự Do, Hoàng Hoa Thám 549
- ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ XUẤT HIỆN SÓNG THẦN DO KHỐI TRƯỢT TIỀM NĂNG TẠI KHU VỰC HỒ CHỨA NƯỚC VẠN HỘI, TỈNH BÌNH ĐỊNH
  Phạm Văn Tiền, Lê Hồng Lượng, Trần Thanh Nhàn, Trần Trung Hiếu, Đinh Thị Quỳnh, Nguyễn Khắc Hoàng Giang, Đào Minh Đức, Nguyễn Thành Dương, Đỗ Minh Ngọc, Phạm Huy Dũng.....556
- NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM MỘT SỐ KHỐI TRƯỢT QUY MÔ LỚN Ở TỈNH BÌNH ĐỊNH
  Đinh Thị Quỳnh, Đỗ Minh Đức, Đào Minh Đức, Phạm Văn Tiền, Nguyễn Hữu Hà, Nguyễn Kim Long.....565
- MỘT VÀI ĐẶC ĐIỂM TRƯỢT NÔNG BỜ DỐC NỀN ĐƯỜNG ĐÀO TRÊN ĐƯỜNG Ô TÔ VÙNG NÚI BẮC BỘ
  Nguyễn Việt Tiệp, Nguyễn Đức Mạnh, Mai Sỹ Hùng 574

Chủ đề IV. TÀI NGUYÊN - MÔI TRƯỜNG VÀ CHUYỂN ĐỔI SỐ

- TÍNH TOÁN LƯỢNG MƯA THIẾT KẾ ỨNG VỚI CÁC KỊCH BẢN BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU PHỤC VỤ ĐÁNH GIÁ, DỰ BÁO TIÊU THOÁT LŨ CHO KHU VỰC RẠCH BẦU HẠ, TP. TUY HÒA, TỈNH PHÚ YÊN
  Vũ Thu Hiền, Dương Thị Thanh Thủy, Kiều Thị Vân Anh, Trần Vũ Long, Đào Đức Bằng.....584

- MỘT SỐ MÔ HÌNH TRÍ TUỆ NHÂN TẠO DỰ BÁO DIỆN TÍCH GƯƠNG HẦM SAU KHI NỔ MÌN TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG
  Nguyễn Chí Thành, Nguyễn Văn Chính ***591***
- ĐẶC ĐIỂM CÁC LỚP ĐẤT KHU VỰC THƯỢNG LƯU ĐẬP THỦY ĐIỆN CẨM THỦY , HUYỆN CẨM THỦY, TỈNH THANH HÓA VÀ MỘT SỐ VẤN ĐỀ MÔI TRƯỜNG LIÊN QUAN
  Đỗ Văn Bình, Trần Thị Kim Hà, Đỗ Thị Hải, Đỗ Cao Cường ***601***
- HIỆN TRẠNG MÔI TRƯỜNG NƯỚC VÀ PHÚ DƯỠNG TRONG NƯỚC BIỂN VỊNH HẠ LONG, TIỀM NĂNG CHO MÔ HÌNH KINH TẾ TUẦN HOÀN TRONG NUÔI TRỒNG THỦY SẢN TẠI KHU VỰC
  Phạm Khánh Huy, Hoàng Thị Bích Thuỷ, Đỗ Cao Cường, Nguyễn Quang Minh ***610***
- ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG VÀ DIỄN BIẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC THẢI SINH HOẠT TRÊN ĐỊA BÀN QUẬN HOÀNG MAI
  Nguyễn Mai Hoa ***618***
- ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG QUẢN LÝ CHẤT THẢI RẮN SINH HOẠT TỈNH BÌNH ĐỊNH VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP QUẢN LÝ PHÙ HỢP
  Trần Thị Thanh Thủy ***625***
- ĐẶC ĐIỂM CÁC NGUỒN THẢI, MÔI TRƯỜNG NƯỚC SÔNG VÀ KHẢ NĂNG TIẾP NHẬN NƯỚC THẢI CỦA MỘT SỐ SÔNG CHÍNH THUỘC LƯU VỰC SÔNG KÔN - HÀ THANH
  Vũ Mạnh Hải, Đậu Minh Huy, Phạm Trung Hiếu, Đặng Văn Quyền, Nguyễn Quốc Ân, Huỳnh Thị Thu Thủy, Lê Chấn Trung, Tô Nguyễn Hồng Nhung ***634***
- PHÂN CHIA CÁC KIỂU VỎ PHONG HÓA Ở KHU VỰC NAM ĐÔNG, THỪA THIÊN HUẾ
  Nguyễn Thị Thủy, Lê Duy Đạt, Nguyễn Thị Hồng Nụ ***644***
- PHÂN TÍCH TƯƠNG QUAN GIỮA XÂM NHẬP MẶN VÀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC Ở HAI LƯU VỰC SÔNG BẾN HẢI VÀ THẠCH HÃN, TỈNH QUẢNG TRỊ
  Bùi Thị Thu, Đỗ Thị Việt Hương, Lê Hữu Tâm ***652***
- ỨNG DỤNG ARCGIS ONLINE VÀ VR 60 TRONG TRỰC QUAN HÓA BẢN ĐỒ CÂU CHUYỆN PHỤC VỤ QUẢNG BÁ ĐIỂM DU LỊCH MÂY TRE ĐAN BAO LA, TỈNH THỪA THIÊN HUẾ
  Đỗ Thị Việt Hương, Nghiêm Tú Minh Hằng, Bùi Thị Thu, Tsutsui Kazunobu ***661***
- ỨNG DỤNG CÁC PHẦN MỀM MỚI ĐỂ XÂY DỰNG CƠ SỞ DỮ LIỆU ĐẤT ĐAI TRONG NGÀNH TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG - THỰC NGHIỆM TẠI HUYỆN MIỀN NÚI TỈNH THÁI NGUYÊN
  Trần Hồng Hạnh, Trần Vân Anh, Trần Trung Anh, Vũ Minh Ngạn, Lê Thanh Nghị, Ngô Văn Dũng, Đặng Ngọc Hoàng Uyên ***670***
- NEAR-SURFACE ION-ADSORBED RARE EARTH ELEMENTS (REE) IN THE NORTHWESTERN VIETNAM: A BRIEF INTRODUCTION ON POTENTIAL, EXPLORATION AND LOCAL PRODUCTION
  B. K. Son, P. H. Giao, D. H. Hien, P. Q. Ngoc and N. H. Minh ***679***
- ÁP DỤNG PHÂN TÍCH THỐNG KÊ ĐA BIẾN TRONG PHÂN VÙNG VÀ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC DƯỚI ĐẤT: NGHIÊN CỨU TRƯỜNG HỢP Ở HUYỆN HẢI LĂNG, TỈNH QUẢNG TRỊ
  Nguyễn Văn Hợp, Nguyễn Đăng Giáng Châu, Trương Quý Tùng, Trương Trung Kiên, Nguyễn Trọng Hữu, Mai Thị Thanh Tuyền, Nguyễn Trường Khoa, Bùi Văn Xuân ***686***
- NGHIÊN CỨU KẾT HỢP CÔNG NGHỆ VIỄN THÁM VÀ GIS PHÂN TÍCH BIẾN ĐỘNG THỰC PHỦ VÀ SỬ DỤNG ĐẤT KHU VỰC THỰC NGHIỆM THUỘC TỈNH CÀ MAU
  Trần Hồng Hạnh, Phạm Thị Thanh Hòa ***698***

- NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM VÀ SỰ PHÂN BỐ KHÔNG GIAN NƯỚC NGẦM MẠCH LỘ PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN CÁC GIẢI PHÁP QUẢN LÝ BỀN VỮNG KHU VỰC TỈNH GIA LAI
  Nhữ Việt Hà ***705***

Chủ đề V. CÔNG NGHỆ KHOAN - KHAI THÁC

- FEATURES OF SOLUTIONS TO CONTROL AND PREVENT SCALE DEPOSITION IN THE WELLS OF VIETSOVPETRO OIL FIELDS
  Le Dang Tam, Tong Canh Son, Phan Tran Hai Long, Phan Duc Tuan, Nguyen Thuc Khang, Pham Ba Hien ***716***
- ỨNG DỤNG HỌC MÁY TRONG DỰ BÁO ĐƯỜNG CONG SONIC CHO GIẾNG X
  Lương Hải Linh, Đồng Nhật Thiên, Huỳnh T. Thảo Vi, Thiệu Kiều Anh, Bùi Tử An ***723***
- THÀNH TỰU TRONG DỰ BÁO THÔNG SỐ ĐỊA CƠ HỌC CỦA GIẾNG KHOAN BẰNG KỸ THUẬT MÁY HỌC
  Nguyễn Khắc Long, Trương Văn Từ, Nguyễn Thế Vinh, Lê Đức Vinh, Đào Hiệp ***731***
- NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN CHOÒNG KHOAN PHÙ HỢP ĐỂ THI CÔNG CÁC GIẾNG DẦU KHÍ TẠI KHU VỰC VỊNH BẮC BỘ
  Nguyễn Trần Tuân ***740***
- NGHIÊN CỨU VÀ ÁP DỤNG NHỮNG HỆ DUNG DỊCH KHOAN TIÊN TIẾN CỦA VIETSOVPETRO
  Hoàng Hồng Lĩnh, Bùi Văn Thơm, Mai Duy Khánh, Phạm Đình Lơ, Nguyễn Xuân Thảo ***747***
- NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THIẾT BỊ "MUD COOLER" NHẰM TỐI ƯU HÓA KHẢ NĂNG LÀM MÁT DUNG DỊCH KHI KHOAN CÁC GIẾNG DẦU KHÍ Ở BỂ CỬU LONG
  Nguyễn Trần Tuân ***756***
- NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP XỬ LÝ LẮNG ĐỌNG ASPHALTEN TẠI MỎ BRS, ALGERIA
  Đỗ Duy Khoản, Nguyễn Văn Thịnh ***764***
- NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU QUẢ KHOAN THĂM DÒ Ở KHU VỰC CẨM PHẢ, QUẢNG NINH
  Nguyễn Trần Tuân, Nguyễn Xuân Thảo, Lê Văn Nam, Nguyễn Văn Thành, Doãn Thị Trâm ***773***
- NGHIÊN CỨU VÀ ÁP DỤNG NHỮNG GIẢI PHÁP PHÙ HỢP NHẰM NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG VÀ HIỆU QUẢ THI CÔNG DUNG DỊCH CHO HỆ KGAC PLUS M
  Hoàng Hồng Lĩnh, Bùi Văn Thơm, Mai Duy Khánh, Phạm Đình Lơ ***780***
- CÔNG TÁC XI MĂNG GIẾNG KHOAN DẦU KHÍ: TỔNG QUAN VỀ KỸ THUẬT VÀ CÁC SỰ SỐ LIÊN QUAN
  Hoàng Trọng Quang, Trần Nguyễn Thiện Tâm, Lê Nguyễn Hải Nam, Kiều Phúc, Đỗ Quang Khánh ***790***
- NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN HỆ DUNG DỊCH KHOAN ĐỂ THI CÔNG CÁC GIẾNG CÓ ĐIỀU KIỆN ĐỊA CHẤT PHỨC TẠP TẠI MỎ BẠCH HỔ
  Trương Văn Từ, Nguyễn Khắc Long ***798***
- NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN KỸ THUẬT PHÁT TRIỂN VÙNG CẬN BIÊN MỎ ĐẠI HÙNG
  Lê Quang Duyến, Lê Văn Nam, Tăng Văn Đồng ***806***

DEFINING OPTIMAL DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM) RESOLUTION FOR LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ASSESSMENT IN LAOCAI CITY, LAOCAI PROVINCE

Binh Van Duong[1*], Igor Konstantinovich Fomenko[2], Kien Trung Nguyen[3], Ha Ngoc Thi Pham[1], Dang Hong Vu[4], Olga Nikolaevna Sirotkina[5]

[1]*Hanoi University of Mining and Geology*

[2]*Ordzhonikidze Russian State Geological Prospecting University*

[3]*Institute of Geological Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology*

[4]*Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources*

[5]*Lomonosov Moscow State University*

**Corresponding author: duongvanbinh@humg.edu.vn*

Abstract

The sustainable development of mountainous regions in northern Vietnam has been significantly affected by natural disasters, especially landslides. Consequently, studies of landslide susceptibility zonation are essential for planning residential areas and implementing prevention strategies. Digital elevation model (DEM) data is crucial for establishing maps of landslide causative factors. Therefore, the DEM resolution may impact the efficacy of prediction models and the accuracy of landslide susceptibility maps. This study examined the effect of DEM resolutions (12.5 m, 30m, 50m, 70m, and 90m) on the accuracy of landslide susceptibility maps in Laocai city, Laocai province. The eight causative factor maps, including elevation, slope, slope aspect, distance to drainage, distance to roads, lithology, distance to faults, and rainfall, were produced. Afterward, the relationship between past landslides and causative factors was analyzed using an integration of the fractal method and certainty method (FCF). As a result, five landslide susceptibility zonation maps were produced, and the study area was divided into five susceptibility zones: very low, low, moderate, high, and very high. ROC analyses revealed that all five models have very good prediction performance (AUC > 80%), with the model using a 70-m DEM resolution providing the best performance. According to the results of this study, there is a relationship between the resolution of the DEM map and the average size of landslides in the study area. In addition, the study results indicated the significance of the landslide inventory map for assessing landslide susceptibility in any region.

Keywords: *landslide susceptibility; DEM resolution; ROC analysis; fractal method; certainty factor method; Laocai.*

1. Introduction

Because of the detrimental effects on communities and the economy, the landslide process in Vietnam has attracted the attention of researchers (Kien et al., 2021; Kieu & Ngo, 2022; Luu et al., 2023). Lao Cai province is a landslide hotspot in the northern mountainous region, characterized by a high frequency of landslides of varying sizes that are mostly rainfall-induced. Numerous studies have been performed in this region using various approaches, data sets, and digital elevation models, all of which have yielded promising outcomes (Thanh et al., 2022; Tien Bui et al., 2017). The DEM map is regarded as an essential input for mapping landslide susceptibility (Kakavas & Nikolakopoulos, 2021). In susceptibility studies, prediction models frequently employ DEM-derived factor maps, such as elevation, slope, slope aspect, and curvature. Therefore, the reliability of the established prediction maps depends on the quality of the DEM map, which includes its source and resolution.

This study investigated the impact of DEM resolution on the effectiveness of landslide susceptibility assessment in Laocai city, Lao Cai province, Vietnam. Five DEM resolution values (12.5 m, 30 m, 50 m, 70 m, and 90 m) and eight landslide causative factors were selected to

build fractal-certainty factor models (FCF12.5, FCF30, FCF50, FCF70, and FCF90) based on GIS. This study provided critical results, including 1) analyzing the relationship between past landslide occurrences and landslide causative factors, 2) establishing landslide susceptibility maps corresponding to the five models, and 3) comparing the performance of the models to determine which DEM resolution is best suited for landslide susceptibility evaluation in the study area.

2. Study area

Located in the Northwestern mountainous region of Vietnam, Laocai province is most susceptible to landslides because of its mountainous terrain, complicated geology, and tropical monsoon climate with high annual average precipitation. Laocai City (Figure 1) is known as the socio-economic center of Laocai province. It is located between 103° 53′ 45″ and 104° 03′ 45″ E longitudes and 22° 18′ 38″ and 22° 31′ 34″ N latitudes. Laocai City is 286 kilometers from Hanoi through the Noibai-Laocai highway. The study area covers an area of 243 km^2 and has an elevation ranging from 37 m to more than 2358 m. Geologically, the stratigraphic units in the study area comprise sedimentary, metamorphic, and igneous rocks of various ages. Heavy rainfall concentrated during the summer period, combined with complex topographical features, a thick weathering crust, and human activity, have all contributed to the landslide occurrences in the study area.

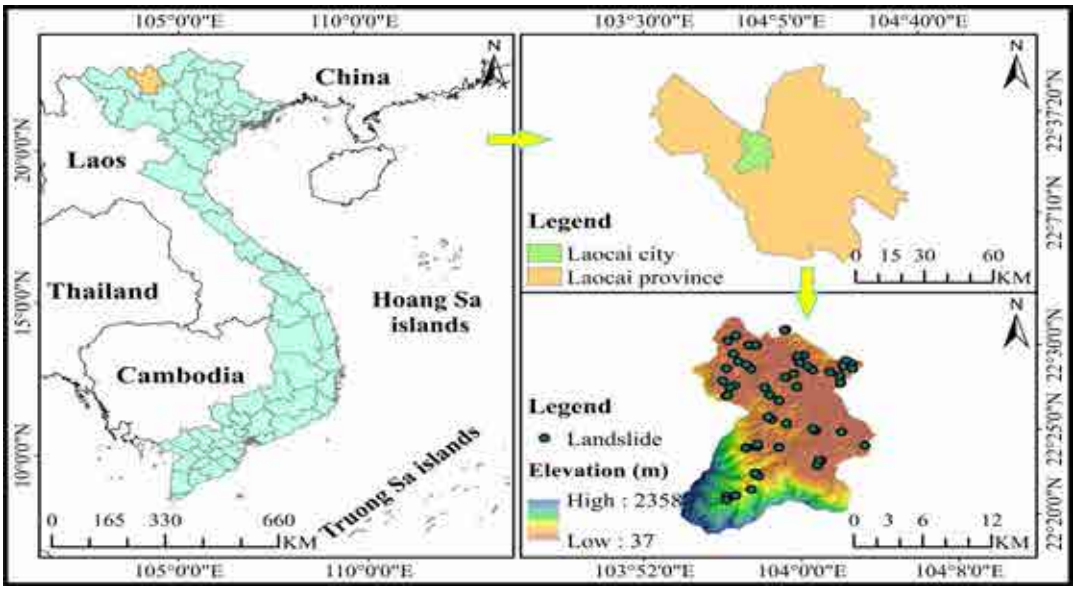

Figure 1. Location of study area.

3. Materials and methods

3.1. Methods

The certainty factor (CF) method, proposed by Shortliffe and Buchanan (1975), assesses landslide susceptibility by examining the relationship between various parameters and past landslides using a probability function. Using the certainty factor (CF) method in this study, CF values assigned for landslide factor classes are determined based on equation (1):

$$CF = \begin{cases} \dfrac{PP_a - PP_s}{PP_a(1 - PP_s)} & if\ PP_a \geq PP_s \\ \dfrac{PP_a - PP_s}{PP_s(1 - PP_a)} & if\ PP_s \geq PP_a \end{cases} \quad (1)$$

where *PPa* is the conditional probability of triggering a landslide in a landslide factor class (e.g., a 0-7 degree layer of slope factor), as determined by the ratio of the landslide area to the area of the landslide factor class. *PPs* is the prior probability of the total number of landslide events in

the study area, as defined by the ratio of the total landslide area to the study area. In this study, using the following linear regression model, the CF values of the landslide factor classes, ranging from -1 to 1, are normalized to the class weights (NCF), which vary between 0 and 1 (Fan et al., 2017):

$$NCF = \frac{CF_i + 1}{1 - (-1)} / \sum_{i=1}^{n} \frac{CF_i + 1}{1 - (-1)} \quad (2)$$

The fractal method, first developed by Mandelbrot (1967), has been used effectively in studies of landslide susceptibility in recent years. The method may be characterized as a power law described by equation (3):

$$p(r) = \frac{C}{r^D}, or \ln(p(r)) = -Dln(r) + lnC \quad (3)$$

where r is the feature measured scale, p is the measured value under the corresponding scale r, D is the fractal dimension, and C is a constant (Hu et al., 2020). The calculated D value is used to determine the factor weight (W) by the equation (4):

$$W_i = \frac{D_i}{\sum_{i=1}^{n} D_i} \quad (4)$$

Finally, the landslide susceptibility index (LSI) is calculated using the equation (5):

$$LSI = \sum_{i=1}^{n} NCF_i \times W_i \quad (5)$$

3.2. Materials

The landslide inventory map in this study was produced using aerial photography and field survey results. A total of 60 landslides were investigated in the study area, with the smallest landslide area being 602,78 m^2 and the largest landslide area being 21050 m^2. The statistics indicate that large landslides cover 70,69% of landslide areas. According to statistical analysis, five landslides were identified in an area of less than 1000 m^2, 32 in an area of 1000 - 5000 m^2, 16 in an area of 5000 - 10000 m^2, and seven in an area of more than 10000 m^2. Five landslides span 3706,45 m^2 (1,2%), 32 landslides cover 82722,04 m^2 (26,9%), 16 landslides cover 122954,29 m^2 (39,9%), and seven landslides cover 98402.18 m^2 (32%).

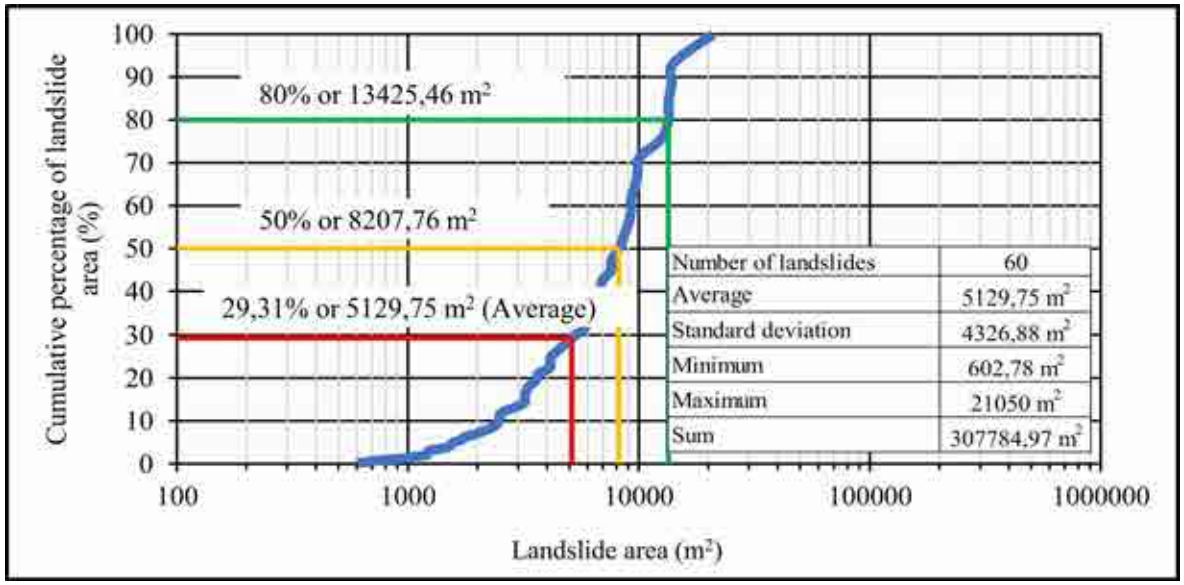

Figure 2. Statistics on landslide area in the Laocai city.

Eight landslide factors were selected in this study for mapping landslide susceptibility,

including elevation, slope, slope aspect, distance to drainage, distance to roads, lithology, distance to faults, and rainfall. Initially, a 12.5-meter resolution ALOS PALSAR digital elevation model was downloaded from EarthData (https://asf.alaska.edu). Afterward, it was resampled to DEMs with 30-, 50-, 70-, and 90-meter resolutions using the ArcGIS 10.5 tool. For each DEM resolution, landslide factor maps were prepared, including elevation, slope, slope aspect, and distance to drainage.

Each landslide factor was classified into subclasses to assess the relationship between these factors and landslide distribution. As indicated in Table 1, elevation and slope were subdivided into six subclasses (Jenks Natural Breaks classification method), while the slope aspect was divided into nine classes. Maps of distance to roads, distance to drainage, and distance to faults were produced using the Euclidean Distance tool in ArcGIS and then subdivided into six classes based on field survey data. The lithology map (scale 1:50.000) is the outcome of the national science and technology project under grant number ĐTĐL.CN-81/21 and classified into five subclasses. In this study, monthly rainfall data from meteorological stations in Lao Cai province was collected. Afterward, the rainfall map was prepared using the Ordinary Kriging method and divided into six classes (Jenks Natural Breaks classification method). Factor weight values calculated by the fractal method are shown in Table 2.

Table 1. Analysis of the relationship between landslide causative factors and landslide distribution using CF method

Factor	Class	12.5 m	30m	50m	70m	90m
		NCF	NCF	NCF	NCF	NCF
Elevation, m	< 200	0,389	0,392	0,429	0,364	0,427
	200-500	0,177	0,183	0,154	0,141	0,090
	500-800	0,257	0,243	0,258	0,272	0,312
	800-1200	0,178	0,182	0,159	0,223	0,171
	1200-1600	0	0	0	0	0
	> 1600	0	0	0	0	0
Slope, deg.	0-7	0,209	0,205	0,241	0,251	0,243
	7-15	0,280	0,307	0,367	0,306	0,512
	15-22	0,234	0,229	0,216	0,287	0,147
	22-29	0,159	0,167	0,158	0,118	0,098
	29-38	0,094	0,072	0,018	0,038	0
	> 38	0,024	0,019	0	0	0
Slope aspect	Flat	0,079	0	0	0	0
	North	0,070	0,070	0,071	0,094	0,048
	Northeast	0,058	0,06	0,055	0,058	0,042
	East	0,102	0,110	0,113	0,133	0,158
	Southeast	0,184	0,209	0,195	0,178	0,204
	South	0,181	0,199	0,193	0,175	0,113
	Southwest	0,139	0,139	0,140	0,161	0,170
	West	0,129	0,143	0,152	0,123	0,163
	Northwest	0,058	0,071	0,082	0,077	0,101
Distance to drainage, m	0-100	0,244	0,240	0,243	0,288	0,214
	100-200	0,183	0,196	0,176	0,115	0,215
	200-300	0,104	0,091	0,098	0,105	0,049
	300-400	0,165	0,177	0,192	0,208	0,213
	400-500	0,224	0,213	0,186	0,242	0,214
	> 500	0,079	0,082	0,104	0,041	0,095
Distance to road, m	0-100	0,350	0,368	0,351	0,448	0,340

Factor	Class	12.5 m	30m	50m	70m	90m
		NCF	NCF	NCF	NCF	NCF
	100-200	0,232	0,244	0,194	0,171	0,194
	200-300	0,131	0,138	0,116	0,054	0,133
	300-400	0,129	0,111	0,151	0,101	0,333
	400-500	0,158	0,139	0,188	0,225	0
	> 500	0	0	0	0	0
Lithology	PR_2sq	0	0	0	0	0
	PR_3sp	0	0	0	0	0
	$\varepsilon_1cđ$	0,385	0,385	0,376	0,398	0,405
	PR_1sc	0,403	0,417	0,426	0,346	0,431
	γ/PZ_1ps	0,212	0,199	0,198	0,256	0,165
Distance to faults, m	0-500	0,176	0,187	0,211	0,171	0,215
	500-1000	0,159	0,158	0,161	0,156	0,182
	1000-1500	0,244	0,262	0,303	0,252	0,300
	1500-2000	0,114	0,082	0	0,112	0
	2000-2500	0,250	0,249	0,270	0,231	0,253
	> 2500	0,057	0,061	0,054	0,078	0,051
Rainfall, mm	220-240	0,158	0,155	0,170	0,211	0,225
	240-270	0,110	0,109	0,106	0,058	0,127
	270-300	0,276	0,274	0,300	0,229	0,279
	300-330	0,312	0,310	0,303	0,319	0,247
	330-360	0,144	0,153	0,121	0,183	0,122
	360-403	0	0	0	0	0

Table 2. Factor weight values calculated by the fractal method

Factor	12.5 m	30m	50m	70m	90m
	W	W	W	W	W
Elevation	0,118	0,119	0,117	0,123	0,118
Slope	0,127	0,124	0,118	0,131	0,103
Aspect	0,128	0,126	0,132	0,136	0,126
Distance to drainage	0,130	0,133	0,132	0,124	0,142
Distance to roads	0,115	0,115	0,117	0,109	0,129
Lithology	0,130	0,130	0,129	0,130	0,129
Distance to faults	0,128	0,128	0,124	0,126	0,123
Rainfall	0,124	0,126	0,131	0,122	0,131

4. Study results and discussion

The relationship between the contributing factors and all 60 past landslides was analyzed using the CF method. The class weight values were calculated using equations (1) and (2). Using equation (4), factor weight values were determined based on fractal analysis. Afterward, the LSI values were calculated using equation (5) to establish LSZ maps. Finally, the accuracy of LSZ maps was evaluated using the ROC method (Swets, 1988) and R-index (Baeza & Corominas, 2001). Five landslide susceptibility zonation (LSZ) maps were produced, and the study area was subdivided into five landslide susceptibility zones (Jenks Natural Breaks classification): very low (VL), low (L), moderate (M), high (H), and very high (VH). When identifying the spatial distribution of susceptibility zones, all five LSZ maps generated by the five models show similar characteristics. High and very high susceptibility zones are predominantly concentrated in low-elevation areas with slopes less than 29 degrees and are dominated by road and drainage

networks. Additionally, the spatial distribution of these zones is correlated with the fault system in the study area. Figure 3 and Figure 4 show the percentage of each landslide susceptibility zone as determined by the five models. As shown in Figure 4, the FCF12.5 model predicted the largest area of the very low susceptibility zone. There is a tendency for the percentage of the moderate and high susceptibility zones to increase as the DEM resolution decreases. However, the predicted territory of the very high landslide susceptibility zone decreased from 33.47% to 28,12%, corresponding to the decrease in the DEM resolution.

ROC curves representing the performance of five models with a minimal acceptable AUC value of 0,5 (50%) were produced using landslide data (Figure 5). As shown in Figure 5, all five models have very good performance in predicting landslides (AUC > 80%). The analysis of the ROC curves indicated that all models successfully established the relationship between the landslide causative factors and the past landslide distribution in the study area. Generally, the AUC values of the ROC curves for the FCF12.5, FCF30, FCF50, and FCF90 models are almost similar. Meanwhile, the AUC value of 87,28% demonstrated that FCF70 is the most effective model for producing landslide susceptibility maps in the study area. The R-index analysis (Figure 4) also revealed that the DEM70 model best represented the ascending trend of the R-index value and, as a result, provided the best prediction performance in this study.

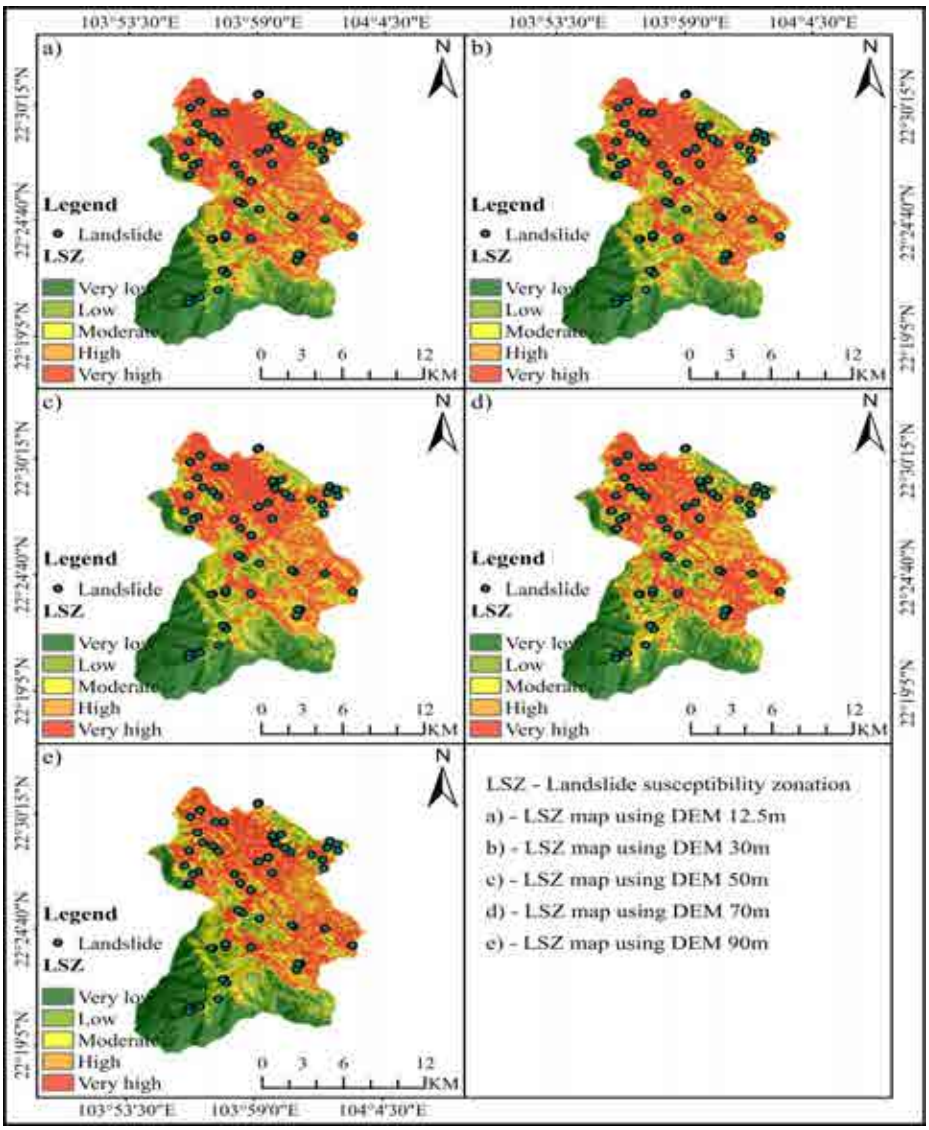

Figure 3. Landslide susceptibility zonation maps using different DEM resolutions.

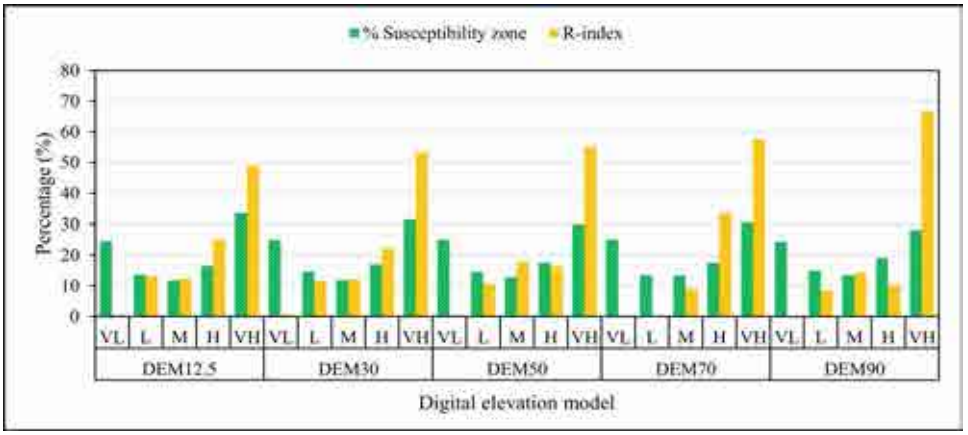

Figure 4. Landslide susceptibility area distribution and R-index for each DEM resolution.

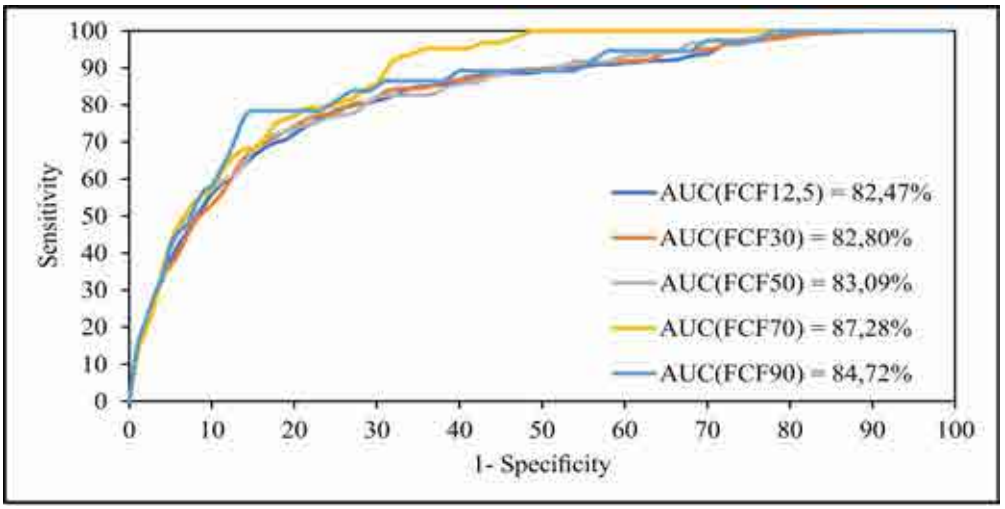

Figure 5. ROC curves illustrating the performance of landslide susceptibility models.

The analysis results indicated that the models utilizing low-resolution (coarse) DEMs can perform more accurate predictions than those using high-resolution (fine) DEMs (Meena & Gudiyangada Nachappa, 2019; Paudel et al., 2016). Therefore, it is essential to determine the optimal DEM resolution for susceptibility mapping in a given area. The relationship between the DEM cell size and the average landslide area was indicated by the results of this study, which are consistent with those of previous studies (Huang et al., 2023). The 70-m DEM cell (4900 m^2) covers more than 95% of the average landslide area within the study area. In addition, as depicted in Figure 2, the frequency of small landslides is greater than that of large landslides, but the area covered by large landslides predominates.

5. Conclusions

Landslide susceptibility maps provide crucial information for predicting the spatial distribution of future landslides in any given region. Therefore, the accuracy of these maps depends on the type, quantity, and quality of the factor maps, the evaluation method, and the quality of the landslide inventory map. The DEM map is used in all landslide susceptibility studies and has a significant effect on other factor maps as well as landslide susceptibility zoning maps. By employing the Fractal - Certainty Factor method, this study evaluated the influence of DEM resolution on the quality of landslide susceptibility maps for the Laocai city, Lao Cai province, Vietnam. The study outcomes confirmed the effectiveness of the FCF method for assessing landslide potential in the study area. Very good prediction performance (AUC > 80%) was evaluated for all five models, and it was ultimately determined that the FCF70 model was best suited for landslide susceptibility mapping in the study area. Depending on the average size of landslides in the study area, the optimal DEM resolution may be selected based on the study outcomes.

Acknowledgements

This study was supported by the Institute of Geological Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology, and the national science and technology project under grant number ĐTĐL.CN-81/21.

References

Baeza, C., & Corominas, J., 2001. Assessment of shallow landslide susceptibility by means of multivariate statistical techniques. *Earth Surface Processes and Landforms,* 26(12), 1251-1263.

Fan, W., Wei, X.-s., Cao, Y.-b., & Zheng, B., 2017. Landslide susceptibility assessment using the certainty factor and analytic hierarchy process. *Journal of Mountain Science,* 14(5), 906-925.

Hu, Q., Zhou, Y., Wang, S. X., Wang, F. T., & Wang, H. J., 2020. Fractal-based spatial distribution analysis of geological hazards and measurement of spatial association with hazard-related predisposing factors. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.,* XLII-3/W10, 125-131.

Huang, F., Teng, Z., Guo, Z., Catani, F., & Huang, J., 2023. Uncertainties of landslide susceptibility prediction: Influences of different spatial resolutions, machine learning models and proportions of training and testing dataset. *Rock Mechanics Bulletin,* 2(1), 100028.

Kakavas, M. P., & Nikolakopoulos, K. G., 2021. Digital Elevation Models of Rockfalls and Landslides: A Review and Meta-Analysis. *Geosciences,* 11(6).

Kien, N. T., Tran, T. V., Lien, V. T. H., Linh, P. L. H., & Thanh, N. Q., 2021. Landslide Susceptibility Mapping Based on the Combination of Bivariate Statistics and Modified Analytic Hierarchy Process Methods: A Case Study of Tinh Tuc Town, Nguyen Binh District, Cao Bang Province, Vietnam. *Journal of Disaster Research,* 16(4), 521-528.

Kieu, L. Q., & Ngo, G. V., 2022. Landslide susceptibility assessment for warning of dangerous areas in Tan Uyen district, Lai Chau province, Vietnam. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography,* 104(3), 183-200.

Luu, C., Ha, H., Bui, Q. D., Luong, N.-D., Khuc, D. T., Vu, H., & Nguyen, D. Q., 2023. Flash flood and landslide susceptibility analysis for a mountainous roadway in Vietnam using spatial modeling. *Quaternary Science Advances,* 11, 100083.

Mandelbrot, B., 1967. How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension. *Science,* 156(3775), 636-638.

Meena, S. R., & Gudiyangada Nachappa, T., 2019. Impact of Spatial Resolution of Digital Elevation Model on Landslide Susceptibility Mapping: A Case Study in Kullu Valley, Himalayas. *Geosciences,* 9(8).

Paudel, U., Oguchi, T., & Hayakawa, Y., 2016. Multi-Resolution Landslide Susceptibility Analysis Using a DEM and Random Forest. *International Journal of Geosciences,* 07, 726-743.

Shortliffe, E. H., & Buchanan, B. G., 1975. A model of inexact reasoning in medicine. *Mathematical Biosciences,* 23(3), 351-379.

Swets, J. A., 1988. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science,* 240(4857), 1285-1293.

Thanh, L. N., Fang, Y.-M., Chou, T.-Y., Hoang, T.-V., Nguyen, Q. D., Lee, C.-Y., . . . Lin, Y.-C., 2022. Using Landslide Statistical Index Technique for Landslide Susceptibility Mapping: Case Study: Ban Khoang Commune, Lao Cai Province, Vietnam. *Water,* 14(18).

Tien Bui, D., Tuan, T. A., Hoang, N.-D., Thanh, N. Q., Nguyen, D. B., Van Liem, N., & Pradhan, B., 2017. Spatial prediction of rainfall-induced landslides for the Lao Cai area (Vietnam) using a hybrid intelligent approach of least squares support vector machines inference model and artificial bee colony optimization. *Landslides,* 14(2), 447-458.

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VIETGEO 2023
ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

Chịu trách nhiệm xuất bản
GIÁM ĐỐC - TỔNG BIÊN TẬP
BÙI MINH CƯỜNG
Chịu trách nhiệm bản thảo
TS. NGUYỄN HUY TIẾN

Biên tập và sửa bản in: NGUYỄN THỊ LƯƠNG
Dàn trang chế bản: TRẦN HÀ ANH
Họa sĩ bìa: ĐẶNG NGUYÊN VŨ

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 Trần Hưng Đạo - Hoàn Kiếm - Hà Nội
ĐT: 024 3942 4543 ; Fax: 024 3822 0658
Email: nxbkhkt@hn.vnn.vn
Website: http://www.nxbkhkt.com.vn

CHI NHÁNH NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
28 Đồng Khởi - Quận 1 - TP Hồ Chí Minh
ĐT: 028 3822 5062

In 60 bản, khổ 20.5×29 cm, tại Công ty TNHH In và Quảng cáo Tân Thành Phát
Địa chỉ: Số 4b, ngõ 486 đường Ngô Gia Tự, ph. Đức Giang, Q. Long Biên, TP Hà Nội
Số xác nhận đăng ký xuất bản: 3109-2023/CXBIPH/03-172/KHKT
Quyết định xuất bản số: 152/QĐ-NXBKHKT, ngày 22 tháng 9 năm 2023
In xong và nộp lưu chiểu năm 2023.
Mã ISBN: 978-604-67-2752-1

KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC VIETGEO 2023

THỪA THIÊN HUẾ, NGÀY 28 & 29 THÁNG 9 NĂM 2023

ĐỊA CHẤT CÔNG TRÌNH - ĐỊA KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG PHỤC VỤ PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
Số 70 Trần Hưng Đạo, Hoàn Kiếm, Hà Nội
SĐT: 024 3822 0686 I Hotline: 0989 275 999
Email: nxbkhkt@hn.vnn.vn
Website: https://nxbkhkt.com.vn

223212H00
ISBN: 978-604-67-2752-1
9 786046 727521
Sách không bán

View publication stats