



**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**

**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 thủy văn Việt Nam  
Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam  
Trường Đại học Mở - 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 Mở - 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

## LỜI NÓI ĐẦU

Nói tiếp thành công của Hội nghị khoa học VietGeo các năm trước, Hội nghị khoa học toàn quốc VietGeo 2023 “Địa chất công trình - Địa kỹ thuật và Môi trường phục vụ phát triển bền vững” được tổ chức tại Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế (lần thứ 2) trong các ngày 28 và 29 tháng 9 năm 2023. Hội nghị do Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế và Hội Địa chất công trình và Môi trường Việt Nam đồng chủ trì, các đơn vị phối hợp tổ chức là Hội Địa chất thủy văn Việt Nam, Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông Vận tải.

Ban Tổ chức Hội nghị đã nhận được 125 bài báo của các nhà khoa học trong cả nước gửi đến tham gia Hội nghị. Theo kết quả đánh giá của các phản biện, Ban Khoa học đã xem xét, lựa chọn 93 bài báo có chất lượng tốt để đăng trong Kỷ yếu Hội nghị do Nhà Xuất bản Khoa học và Kỹ thuật xuất bản. Các bài báo khoa học trình bày những kết quả nghiên cứu mới theo các chủ đề của Hội nghị, bao gồm:

- Địa chất công trình - Địa kỹ thuật và Địa chất thủy văn;
- Kỹ thuật xây dựng và vật liệu mới;
- Tai biến địa chất và công nghệ quan trắc - cảnh báo sớm;
- Tài nguyên - Môi trường và chuyển đổi số;
- Công nghệ khoan - khai thác.

Hội nghị khoa học toàn quốc VietGeo 2023 lần này không chỉ là diễn đàn để các nhà khoa học chia sẻ, thảo luận những kết quả nghiên cứu mới về các chủ đề nêu trên mà còn là dịp để các tổ chức, cá nhân gặp gỡ, trao đổi, ký kết hợp tác nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động khoa học và công nghệ trong các lĩnh vực chuyên môn.

Trong quá trình chuẩn bị tổ chức Hội nghị, Ban Tổ chức đã nhận được sự hỗ trợ cả về tinh thần và vật chất của: Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế, Hội Địa chất công trình và Môi trường Việt Nam, Hội Địa chất thủy văn Việt Nam, Hội Công nghệ Khoan - Khai thác Việt Nam, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông Vận tải, Công ty TNHH XNK Phú Thành Phát, Công ty TNHH Nam Miền Trung, Trung tâm Nghiên cứu Địa kỹ thuật, Công ty Cổ phần Khoa học Công nghệ Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh, 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 ... Ban Tổ chức Hội nghị xin gửi tới các tổ chức, cá nhân lời cảm ơn chân thành về sự ủng hộ, giúp đỡ quý báu đó. Ban Tổ chức Hội nghị cũng xin chân thành cảm ơn các nhà khoa học đã viết bài tham gia Hội nghị, cảm ơn các tình nguyện viên và đặc biệt cảm ơn các thành viên Ban Khoa học, Ban Thư ký, những người đã làm việc rất nhiệt tình với trách nhiệm cao, đảm bảo cho sự thành công của Hội nghị.

Ban Tổ chức Hội nghị VietGeo 2023 xin chân thành cảm ơn Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật đã giúp đỡ xuất bản cuốn Kỷ yếu Hội nghị. Do thời gian tuyển chọn, biên tập và in ấn hạn chế nên cuốn Kỷ yếu chắc chắn không tránh khỏi thiếu sót, chúng tôi mong được bạn đọc lượng thứ.

**BAN TỔ CHỨC HỘI NGHỊ**

## **LỜI CẢM ƠN CỦA HIỆU TRƯỞNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC - ĐẠI HỌC HUẾ**

*Nhằm tăng cường trao đổi kinh nghiệm và các kết quả nghiên cứu khoa học với những nhà khoa học trên toàn quốc, Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế phối hợp với Hội Địa chất công trình và Môi trường Việt Nam đồng tổ chức Hội nghị Khoa học toàn quốc “Địa chất công trình - Địa kỹ thuật và Môi trường phục vụ phát triển bền vững - VietGeo 2023” vào ngày 28 và 29/9/2023 tại Trường Đại học Khoa học - Đại học Huế.*

*Trên cương vị Hiệu trưởng của Trường Đại học Khoa học, thay mặt Ban Giám hiệu Nhà trường, chúng tôi hoan nghênh và cảm ơn các đơn vị đồng tổ chức Hội nghị, đội ngũ các nhà nghiên cứu, nhà khoa học, các nhà lãnh đạo và các chuyên gia, những người sẽ tham gia và tạo nên sự thành công cho Hội nghị này. Với những đóng góp quý báu của quý vị, tôi kỳ vọng và tin rằng Hội nghị Khoa học lần này sẽ hiện thực hóa các mục tiêu mà Ban Tổ chức đã đề ra.*

*Tôi cũng trân trọng gửi lời cảm ơn đến các thành viên Ban Tổ chức Hội nghị, các cơ quan hữu quan, các nhà khoa học đã làm việc rất nhiệt tình và tâm huyết để tổ chức Hội nghị thành công trọn vẹn.*

*Xin trân trọng cảm ơn!*

**HIỆU TRƯỞNG**

**PGS.TS VÕ THANH TÙNG**

# 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 Thăng* .....21
- NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐỘ THẨM NƯỚC NGẦM TRONG CÁC LỚP ĐẤT ĐÁ TỚI SỰ  
ỔN ĐỊNH CỦA HỒ 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 THOẢI NGUỒN NƯỚC MẠCH LỘ KARST VÙNG NÚI CAO, KHAN HIỀM  
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 ẪN MÒN CỦA NƯỚC NGẦM ĐỐI VỚI CÁC KẾT CẤU BÊ TÔNG MÓNG  
CÔNG TRÌNH KHU VỰC ĐỒNG BẰNG VEN BIÊN PHÍA BẮC TỈNH QUẢNG TRỊ  
*Hoàng Ngô Tự Do, Trần Thị Ngọc Quỳnh, Nguyễn Thị Thanh Nhân, 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 Đám, Nguyễn Đức Mạnh, Phạm Thái Bình* .....77
- XÁC ĐỊNH TỐC ĐỘ NGÂM TRONG ĐỐI KHÔNG BẢO HÒA CỦA CÁC THÀNH TẠO BỎ 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 KHÔI ĐÁ RQD BẰNG MÁY GHI HÌNH LỖ  
KHOAN KHẢO SÁT  
*Đào Việt Đoàn* .....96



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

- GIẢI PHÁP TỐI ƯU XỬ LÝ NỀN ĐƯỜNG ĐẤT YẾU ĐOẠN KM 6+500 ĐẾN KM 8+00 ĐƯỜNG NÓI 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 Tiên Vinh, Phạm Quý Nhân .....*233
- VẤN ĐỀ XÁC ĐỊNH SỨC CHỐNG CẮT CỦA ĐẤT LOẠI SÉT LẦN DẦM SẠM TRONG THIẾT KẾ NỀN ĐƯỜNG ĐÀO  
*Cao Trọng Công, Nguyễn Đức Mạnh, Nguyễn Châu Lâm .....*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 DỪNG 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 ĐỀ 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 MÍN 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 NẪM DƯỚI BÃI THẢI ĐIỀU KIỆN MỎ THAN MÔNG DƯƠNG  
*Nguyễn Hữu Sà, Đào Việt Đoàn, Đặng Văn Kiên.....*332
- NGHIÊN CỨU ỨNG XỬ CỦA KẾT CẤU CHỐNG GIỮ KHO CHỨA KHÍ NGẦM LPG CỦA HSVC TẠI CÁI MÉP, VÙNG 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 ĐẬP TĂNG CƯỜNG LƯỚI ĐỊA KỸ THUẬT TRÊN NỀN ĐẤT YẾU GIA CỐ BẰNG CỌC: MỘT ỨNG DỤNG CHO NỀN ĐƯỜNG ĐẦU CẦU <i>Phạm Văn Hùng</i> .....	350
▪ NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG THAM SỐ KẾT CẤU CHỖNG ĐẾN ỨNG XỬ CƠ HỌC CỦA ĐƯỜNG LÒ PHÍA DƯỚI BÃI THẢI BỀ MẶT MỎ VÙNG THAN QUẢNG NINH <i>Nguyễn Hữu Sà, Đặng Văn Kiên, Đào Việt Đoàn, Ngô Đức Quyền</i> .....	358
▪ NGHIÊN CỨU SẢN XUẤT GẠCH KHÔNG NUNG SỬ DỤNG CÁC CHẤT THẢI TRO BAY VÀ TRO XỈ CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN <i>Nguyễn Ngọc Huy, Nguyễn Hữu Sơn, Huỳnh Kỳ Phương Hạ</i> .....	369
▪ NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG CÁT NHÂN TẠO VÀ HỖN HỢP PHỤ GIA KHOÁNG ZEOLITE - XỈ LÒ CAO CHẾ TẠO BÊ TÔNG TỰ ĐẮM CƯỜNG ĐỘ CAO <i>Thái Quang Minh, Lê Văn Trí, Nguyễn Hải Đăng, Nguyễn Thị Tuyết Mai</i> .....	378
▪ NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI VẬN TỐC SÓNG TRONG BÊ TÔNG HẠT MỊN BẰNG PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM XUNG SIÊU ÂM (UPV) <i>Phạm Thị Nhân, Khổng Trung Đức</i> .....	389
▪ PREDICTION OF COMPRESSIVE STRENGTH SFRC BASED ON THE ANN MODEL <i>Nguyen Duyen Phong, Dang Van Kien</i> .....	394
▪ STUDY, ANALYSIS RESULTS FROM BORED PILES TESTS AND EXPERIENCE HOW TO CONVERT THE STRAIN TO LOAD AS WELL AS TO VALIDATE DESIGN PREDICTION <i>Phan Thanh Tien, Nguyen Tan Son</i> .....	404
▪ BƯỚC ĐẦU NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH CƠ HỌC CỦA BÊ TÔNG CỐT SỢI THÉP <i>Bùi Văn Bình, Nguyễn Khánh Ly, Phạm Thị Ngọc Hà,</i> .....	412
▪ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG TRO ĐÁY TỪ NHÀ MÁY ĐÓT RÁC XUÂN SƠN LÀM VẬT LIỆU ĐẬP NỀN ĐƯỜNG Ô TÔ <i>Nguyễn Anh Tuấn, Nguyễn Châu Lâm, Phí Hồng Thịnh</i> .....	418
▪ NGHIÊN CỨU ĐỘ HÚT NƯỚC CỦA VỮA KHI SỬ DỤNG XỈ ĐÁY LÒ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN <i>Nguyễn Văn Hùng</i> .....	425
▪ TRƯỜNG ÁP LỰC NƯỚC LỖ RỔNG VÀ ỨNG SUẤT XUNG QUANH HẦM ĐẶT SÂU TRONG MÔI TRƯỜNG ĐÁ BẤT ĐẲNG HƯỚNG BẢO HÒA CÓ ĐỘ THẨM NHỎ <i>Trần Nam Hưng, Trần Nguyên Dương, Phạm Đức Thọ, Vũ Anh Tuấn</i> .....	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 <i>Bùi Văn Đức, Nguyễn Văn Mạnh, Nguyễn Quang Tuấn, Phan Việt Sơn</i> .....	444
▪ PHỦ XANH MÁI DỐC - BIỆN PHÁP PHÒNG CHỐNG XÓI MÒN MANG TÍNH BỀN VỮNG <i>Nguyễn Văn Thành, Doãn Thị Trâm, Lê Văn Nam, Nguyễn Trí Thắng</i> .....	453
▪ A REVIEW OF EARLY WARNING FOR DEBRIS FLOW IN JAPAN AND RECOMMENDATIONS FOR VIETNAM <i>Nguyen Trung Kien, Nguyen Thanh Duong, Nguyen Quoc Thanh, Pham Thi Ngoc Ha, Vy Thi Hong Lien, Phan Tu Huong, Nguyen Tan Son</i> .....	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) <i>Nguyễn Văn Hiến</i> .....	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  
*Bình 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 NÚT, TRƯỢT LỎ 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 LÔNG CỦA NỀN ĐẤT  
*Đặng Quang Huy, Bùi Anh Thắng, Ngô Thị Hương Trang, Nguyễn Trọng Dũng, Ngô Xuân Nam*.....524
- NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC SỰ CỐ THÂM HẠ LƯU ĐẬP ĐẤT CÔNG TRÌNH HỒ CHỨA NƯỚC ĐẠN KIA, LẠC DƯƠNG, LÂM ĐỒNG  
*Nguyễn Thị Nụ, Bùi Trường Sơn, Lê Thanh Tùng*.....532
- NGUYÊN NHÂN 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 KHÓI TRƯỢT TIỀM NĂNG TẠI KHU VỰC HỒ CHỨA NƯỚC VẠN HỘI, TỈNH BÌNH ĐỊNH  
*Phạm Văn Tiền, Lê Hồng Lượng, Trần Thanh Nhân, 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 KHÓI 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 ĐỐC 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 BÀU 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 ĐIỆN 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 Thủy, 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 HẦN, 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 Văn 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 THĂM 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 CHÒNG KHOAN PHÙ HỢP ĐỀ THI CÔNG CÁC GIẾNG DẦU KHÍ TẠI KHU VỰC VỊNH BẮC BỘ  
*Nguyễn Trần Tuấn*..... 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” NHẪM TỐI ƯU HÓA KHẢ NĂNG LÀM MÁT DUNG DỊCH KHI KHOAN CÁC GIẾNG DẦU KHÍ Ở BỀ CỬU LONG  
*Nguyễn Trần Tuấn*..... 756
- NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP XỬ LÝ LẮNG ĐỘNG ASPHALTEN TẠI MỎ BRS, ALGERIA  
*Đỗ Duy Khoán, Nguyễn Văn Thịnh*..... 764
- NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU QUẢ KHOAN THẨM DÒ Ở KHU VỰC CẨM PHẢ, QUẢNG NINH  
*Nguyễn Trần Tuấn, Nguyễn Xuân Thảo, Lê Văn Nam, Nguyễn Văn Thành, Doãn Thị Trâm*..... 773
- NGHIÊN CỨU VÀ ÁP DỤNG NHỮNG GIẢI PHÁP PHÙ HỢP NHẪM 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 SÓ 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 ĐỀ THI CÔNG CÁC GIẾNG CÓ ĐIỀU KIỆN ĐỊA CHẤT PHỨC TẠP TẠI MỎ BẠCH HỒ  
*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 Duyên, Lê Văn Nam, Tăng Văn Đông*..... 806

**KỶ YẾU HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC  
VIETGEO 2023**

---

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

**CHỦ ĐỀ II**

**KỸ THUẬT XÂY DỰNG VÀ VẬT LIỆU MỚI**

## PREDICTION OF COMPRESSIVE STRENGTH SFRC BASED ON THE ANN MODEL

Nguyen Duyen Phong\*, Dang Van Kien

Hanoi University of Mining and Geology

\* Corresponding author: nguyenduyenphong@hmg.edu.vn

### Abstract

Concrete strength is an important parameter for the design of concrete structures, depending on the composition of the materials. To ensure the sustainability of the building, the compressive strength of concrete must meet the required standards. The use of the optimal input aggregate composition will reduce the cost of input materials and increase the compressive strength for concrete, helping the structure to increase its bearing capacity. In this study, the method of predicting steel fiber reinforced concrete (SFRC) strength at 28 days of age is used by the artificial neural network model (ANN). Based on replacing a part of cement with a fly ash additive, Silica fume, in addition to adding some steel fibers to increase the durability of concrete. With the experimental method in the room to compare the results of compressive strength of concrete and compressive strength of concrete predicted by artificial neural network model. The appropriate number of neurons in the hidden layer was determined by feature testing of the fit of the weights, and the threshold of the synapse was perfected by testing the features during training.

**Keywords:** prediction of compressive strength; SFRC; strength of concrete; artificial neural network model; ANN.

### 1. Introduction

Concrete has the characteristics of durability, impermeability, fire resistance, wear resistance, and high compressive strength. It can be molded into any shape and size. Therefore, it is the most used building material in the modern world. Its basic components are water, cement, crushed stone (or gravel - coarse aggregate), and sand (fine aggregate). In addition to sustainable environmental protection, some additives such as fly ash and blast furnace slag have been widely applied. Some may also add other materials such as waste plastic, waste glass, rice husk, etc. While ensuring a sustainable environment, saving mineral resources, and improving the quality of concrete (Paul S.C., et al., 2018; Batayneh M., et al., 2007; Mansour A.O., et al., 2015). Besides, it is possible to add mineral additives and chemical additives to improve the workability of concrete or change the curing time and state. The purpose of saving materials and improving the quality of concrete. Several mathematical models have been studied to predict concrete strength (Kheder G.F., et al., 2003; Verma M., et al., 2016; Zain F.M., and Abd S.M., 2008).

In recent years, there have been a lot of studies applying ANN in determining the compressive strength of concrete (Wu N.J., 2021; Duan, J., et al., 2020; Sobhani J., et al., 2010). ANN is like a black box with no theoretical relationship between concrete strength, the proportion of material components required to establish an ANN model. The requirement of the model is enough data for training and testing. With the powerful capabilities of the ANN model, one can enter values representing the proportions of concrete components such as cement, sand, crushed stone, water, and other admixtures. The ANN model quickly predicts the compressive strength of concrete. The strength of concrete is influenced by many factors (Ji-Zong W., et al., 1999) if we consider concrete strength prediction as a mapping from 28-day strength influence factors then a mapping model can be generated using multiple feed-forward neural network classes instead of the regression equation. To design a concrete mix, it is necessary to make several test mixes, but considering this method is time-consuming, wastes raw materials, and requires highly skilled workers. Furthermore, it may not be possible to achieve an optimal design



between finite test mixtures (Naseri H., et al., 2020). Whereas artificial intelligence (AI) is the potential to predict such a problem and specifically using artificial neurons. Information is provided to the network through input, the hidden layer processes the information by applying weights, offsets, and output layers to the calculation results (Hunt B., et al., 2001). Each layer will have some processing units called neurons. The inputs are weighted to determine how much of an effect it has on the output, the more weighted input signals will affect the neurons at a higher level. A function is then activated and applied to the weighted inputs to produce an output signal by transforming the input. The input can be a single node or it can be multiple nodes to describe different parameters. The hidden layer consists of several node neurons that sum the weights of the input data, author (Yeh I.C., 1998) used an automatic knowledge acquisition system based on a neural network to design the concrete. Besides, recently in the country, there have been several authors studying this issue such as (Phong N.D., et al., 2021a,b; Phong N.D., et al., 2022; Tieng T.V., Trong L.I., 2021; Bang L.H., et al., 2021) and initially obtained some reliable results. In this study, the authors used an ANN model to predict the compressive strength of concrete when changing the composition of concrete. Thereby conducting actual tests to compare with predicted results.

## 2. Artificial Neural Network

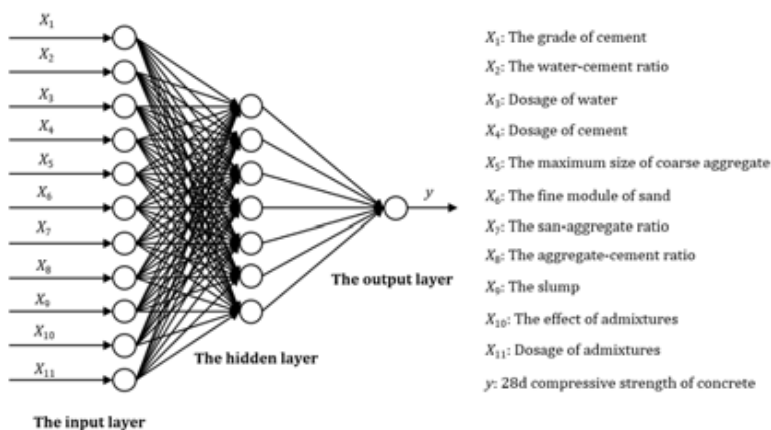


Figure 1. Typical structure of ANN (Ni H.G. and Wang J.Z., 2000).



Figure 2. Experimental material.

The concept of an artificial neural network is the structure of an information processing system (Ghafari E., et al., 2015). The neurons of the input layer receive information from the external environment and transmit them to the neurons of the hidden layer without having to do any calculations (Siddique R., et al., 2011). The layers between the input and output layers are called hidden layers and can contain a large number of hidden layer processing units (Gupta S., 2013). Finally, the neurons of the output layer make predictions of the network to the outside world (Bondar D., 2014). Function (Kostić S., and Vasović D., 2014) an ANN is a form of AI that attempts to mimic, in a simple way, the human cognitive ability to solve technical problems

that have defied technical solutions. common calculation (Flood I., 2008). The typical structure of an ANN consists of several processing elements (PEs), or nodes, usually arranged in layers: an input layer, an output layer, and one or more hidden layers such as Figure 1. The structure of the ANN model network is similar to the statistical model that synthesizes the input neurons of the model and gives the corresponding output results (Shahin M.A., et al., 2002). Therefore, this study aims to investigate the feasibility of predicting the 28-day compressive strength of concrete based on the ANN model.

**3. Design of Distribution Components and Research Methods**

*Materials used for research.* Materials used in the study (Figure 2): (1) The Adhesion agent (AA) consists of Portland cement PC40 “But Son” following TCVN 2682:2009 and ASTM 188; Class F fly ash of Vung Ang thermal power plant meets the requirements of TCVN 10302:2014, ASTM C618-03; Vina Pacific Silicafume SF-90 complies with TCVN 8827:2011. (2) Large aggregate using basalt is selected from Sunway-Hoa Binh quarry following TCVN 7570:2006 and ASTM C33. (3) Small aggregates using Viet Tri yellow sand were analyzed and found to be following TCVN 7570:2006 and ASTM C33. (4) Super-plasticizer SP5000F “SilkRoad” has a density of 1.12 g/m<sup>3</sup> at a temperature of 25±5 °C. This is a high range, 3rd generation water-reducing additive with a composition based on Polycarboxylate radicals following TCVN 8826:2011. (5) Clean water is used to make water for mixing concrete mix and for curing test samples, meeting TCVN 4506:2012 and BS EN 1097 standards.

*Design of concrete mix composition.* The concrete mix composition is calculated and designed according to the absolute volume method according to ACI 211.4R-08 and combined with experimental adjustment (Appendix 1).



Figure 3. Controls concrete mixer by Controls.



Figure 4. Controls concrete vibrating by Controls.



Figure 5. Advantest 9 Control system by Controls.

*Conduct experiments.* The experiment was carried out at the Construction Laboratory, Hanoi University of Mining and Geology. Mixing is done through a mixer Figure 3 and cast in a 150×150×150 mm cube supported by a concrete vibrator Figure 4 by Controls and maintained domestically.

Compression tests were performed when the concrete was at 28 days old for a strength grade of 30 MPa after casting. To evaluate the compressive properties of the cube sample SFRC 150×150×150 mm, tested to standards (ACI 211.1-91, 1991). The test is performed as shown in Figure 5, the load was applied at a rate of 0.5 MPa/s using a Controls Advantest 9 compressor unit (<https://www.controls-group.com>, 2015), a compressor with a capacity of 3000 kN.

#### 4. Compressive Strength

The 28-day compressive strength is related to 9 factors. It is the volumetric mass of Water, Cement, Sand, Large aggregate, Fly ash, Silica fume, Steel fiber, Super-plasticizer, and ratio Water/Adhesion agent (W/AA) mixed in 1.0 m<sup>3</sup> concrete. Therefore, the compressive strength of concrete can be determined according to a mathematical function of 9 variables:

$$y = f(x) \quad (1)$$

with

$$x = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_9]^T \quad (2)$$

where  $x_1$  to  $x_9$  are the scaling factors just mentioned while  $y$  is the compressive strength of concrete. For the input and output of the ANN, all data must be normalized to the range 0 to 1. The linear transformation is applied. The range from  $x_1$  to  $x_9$  is listed in Table 1 and the input data is normalized to train and test the ANN as Appendix 2.

$$\xi_i = \frac{x_i - x_{i,\min}}{x_{i,\max} - x_{i,\min}} \quad (3)$$

$$\eta = \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}} \quad (4)$$

Table 1. Range of input and output data in raw data

	Input									Output
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$y$
Max.	378.0	113.4	18.9	854.5	1017.5	3.02	166.4	15.0	0.5	75.0
Min.	245.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0

*Research ANN neural network model.* In this study, a back-propagation neural network is used and simulated by Matlab R2020a. The training function used is Levenberg-Marquardt backpropagation (TRAINLM) (McCulloch W.S. and Pitts W., 1943). The activation or transfer function used in training the computed ANN model specifies Equation 2 as a tangent tansig or hyperbolic tangent. The values obtained in this function range from +1 to -1.

$$\tan sig = \tanh = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (5)$$

The mean square error (*MSE*) was used as the criterion to stop the training process. The neural network model training was stopped at the lowest possible *MSE* of the test. An ANN is an AI technique that can be applied to tasks with large databases of a problem and learning models. They are capable of pattern recognition and machine learning methods. ANN deal with problems like the brain, related to the ability to think, learn, remember, reason, and solve. It was first developed by (McCulloch W.S. and Pitts W., 1943). Figure 6 shows a diagram of an artificial neuron in which a biological neuron has been artificially modeled. Suppose there is  $n$  input ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) to a neuron  $j$ . Connection weight  $n$  input number with  $j$  neurons are represented by ( $W$ ) = ( $W_{1j}, W_{2j}, \dots, W_{nj}$ ). The output of the sum junction can sometimes be zero, and to prevent such

a situation a fixed value deviation  $b_j$  is added. Hence the input to pass to the function  $f$  is identified as  $u_j = \sum_{k=1}^n l_k W_{kj} + b_j$ . The output of  $j$  neuron is  $y$  can be obtained by the expression:

$$y = f(u_j) = f\left(\sum_{k=1}^n l_k W_{kj} + b_j\right). \tag{6}$$

In ANN the output of a neuron largely depends on its transmission function. Different types of transfer functions are in use such as hard limit, linear, log-sigmoid tan-sigmoid, and others.

*Developing predictive models.* The ANN-based predictive model for the strength of concrete is defined as ANN with Cement, Sand, Large aggregate, Silica fume, Fly ash, water, Superplasticizer, Steel fiber, Water, Ratio Water/Adhesion agent as input parameter and compressive strength of concrete at 28 days old as an output parameter (Figure 7). To build the ANN model, in this study 70% for training, 15% for validation, and 15% for testing. The statistical parameters of the maximum, minimum, mean, and standard deviation of the input and output variables are shown in Table 2. In this study, the data sample was scaled in the range from 0 to 1. The performance of the ANN model is reported as a statistical parameter, namely the linear correlation coefficient (*CHEAP*), mean absolute percentage error (*MAPE*), and mean square error (*MSE*). The optimal architecture of the ANN model is twelve neurons in a hidden layer with a tan-sigmoid transfer function and linear function as the output layer. Algorithm Levenberg-Marquardt used to generalize the training data better.

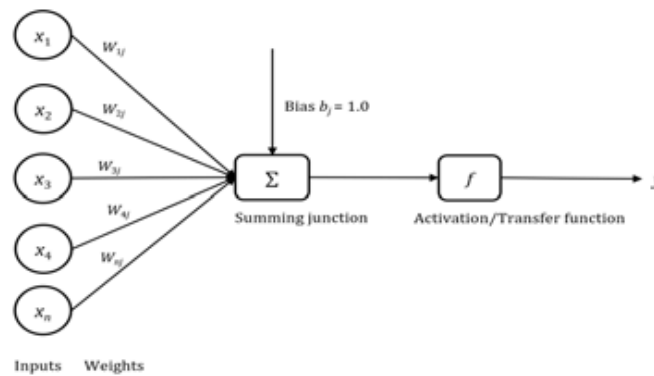


Figure 6. Input and output relationship for predicting compressive strength of concrete and structure of ANN model.

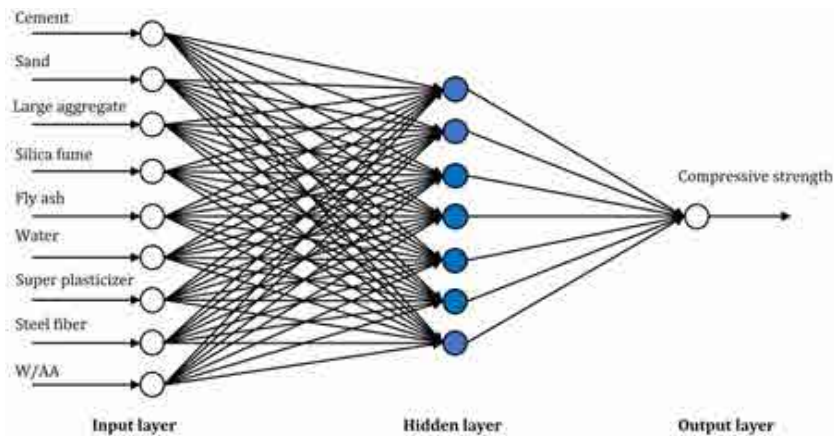


Figure 7. Applied ANN model in this study.

Therefore, of the 96 datasets in this study, 68 datasets collected from randomization are used in the training phase to build the ANN model, 14 datasets for validation, and 14 remaining datasets. used in testing the network to estimate the performance of the model. The network was trained until it understood the relationship between input and output variables.

### 5. Results and Discussion

After training different models, the final model is selected based on the highest value of  $R$  to check confirmation. The ANN model was analyzed and tested to check the accuracy model.

*ANN Models.* Follow Table 2 model “fc7tansig” has an  $MSE$  of  $1.74585e^{-4}$  smallest of all models. It reflects Pearson. Value  $R$  to be 0.99849 is closest to 1.0 out of all samples.

Table 2. MSE of Each Model

Derived Models							
Models	Hidden Nodes	$R$	$MSE$	Models	Hidden Nodes	$R$	$MSE$
fc1tansig	1	0.9328	7.47E-03	fc7tansig	7	0.9985	1.75E-04
fc2tansig	2	0.9788	2.42E-03	fc8tansig	8	0.998	2.36E-04
fc3tansig	3	0.9848	1.75E-03	fc9tansig	9	0.9815	3.08E-03
fc4tansig	4	0.9949	6.62E-04	fc10tansig	10	0.9978	2.50E-04
fc5tansig	5	0.9968	3.96E-04	fc11tansig	11	0.9978	2.48E-04
fc6tansig	6	0.9803	2.35E-03	fc12tansig	12	0.9947	6.38E-04

*Performance.* In this study, the ANN model is performed with 9 inputs corresponding to 9 artificial neurons with a hidden layer of 15 neurons. In this study, the training process stopped at epoch 41 with the mean square error of 0.00011774. Show that in Figure 8 after the 41st era the error in validation increases as it is modeled on the derived model.

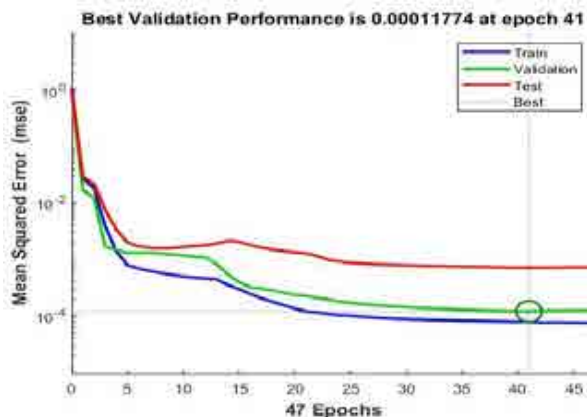


Figure 8. Best validation performance in model fc7tansig.

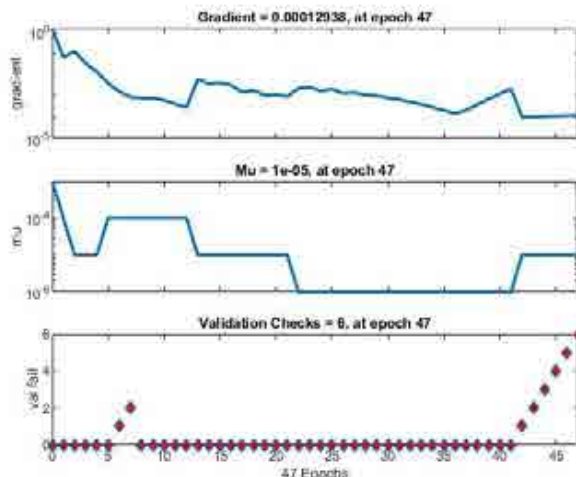


Figure 9. The training state for the model fc7tansig.



Figure 9 shows that starting from epoch 0, validation checks were performed after each epoch. As it had an increasing MSE for 6 consecutive epochs, the training was terminated, and the program chose the epoch where it had the lowest MSE.

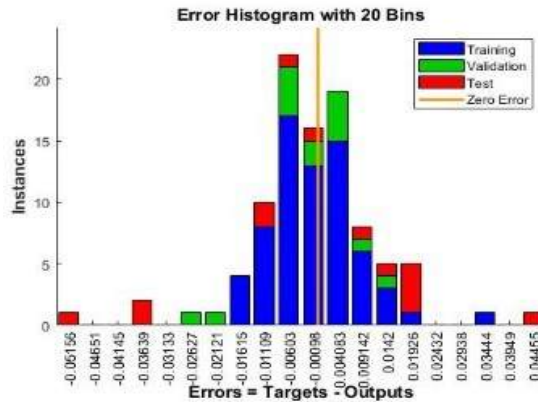


Figure 10. Seven neurons in the hidden layer around the zero error.

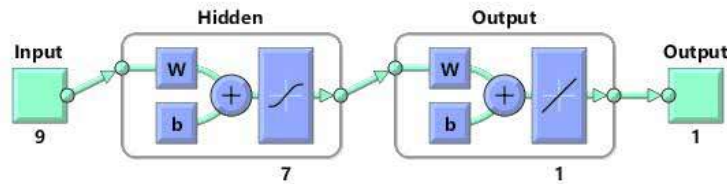


Figure 11. Model fc7tansig.

Figure 10 shows the last adopted network implemented to predict the compressive strength of concrete, here the error plot for 7 hidden layer neurons shows the least deviation around error 0. This shows hidden layer 7 neurons are selected.

*Final Model.* The final model fc7tansig (Figure 11) has 9 input parameters, a hidden layer with 7 hidden nodes, tan-sigmoid is the activation function, and a target parameter of compressive strength of concrete at 28 days of age.

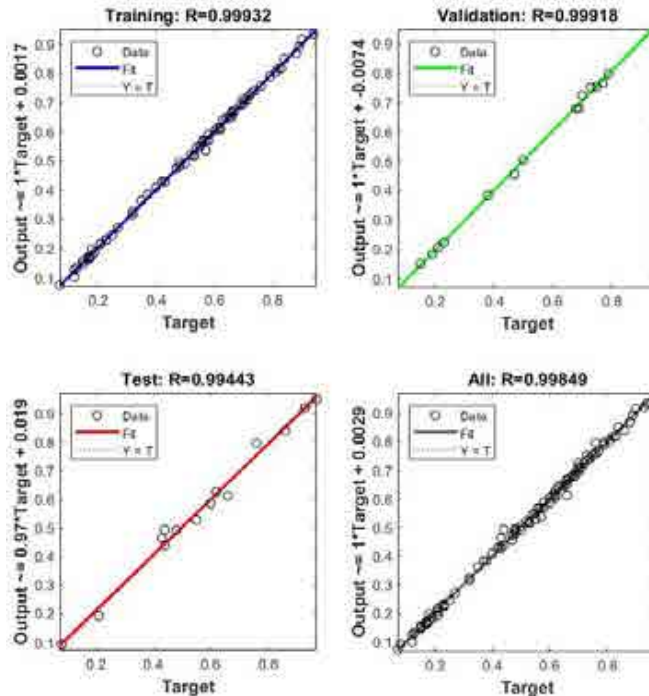


Figure 12. Pearson R of Model fc7tansig.



*Regression.* Overall value  $R$  for the training data set is larger than the value for the test, that is, the neural network makes a better prediction for the training dataset than the test dataset. The combination of transfer functions including tan-sigmoid and linear function gives a good result. Figure 12 shows the relationship between the output goals and the predicted values obtained through the training and testing process. The model shows a very good correlation for both the training data ( $R = 0.99932$ ), personal ( $R = 0.99918$ ) and test data ( $R = 0.99443$ ) and the overall correlation of  $R = 0.99849$ .

*Simulation Test.* The test data used in the simulation is 15% of the total data. According to the simulation done in the ANN model, the highest error rate is 2,505% and the lowest is 0,004%. Overall, it has an accuracy of 99,44%, a very high accuracy in the field of predicting compressive strength in concrete. The ANN model has considerable accuracy in predicting the strength of concrete. This is very useful in the concrete industry.

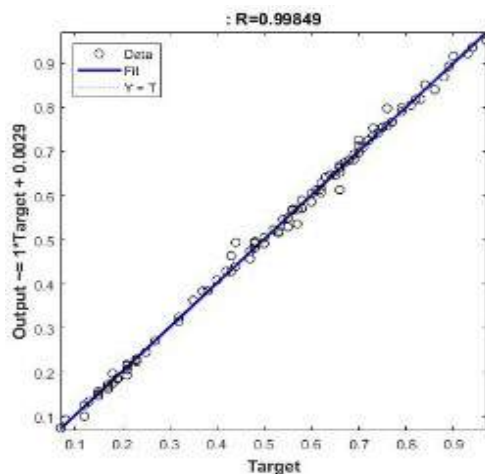


Figure 13. The relationship between the tested and predicted compressive strength at 28 days.

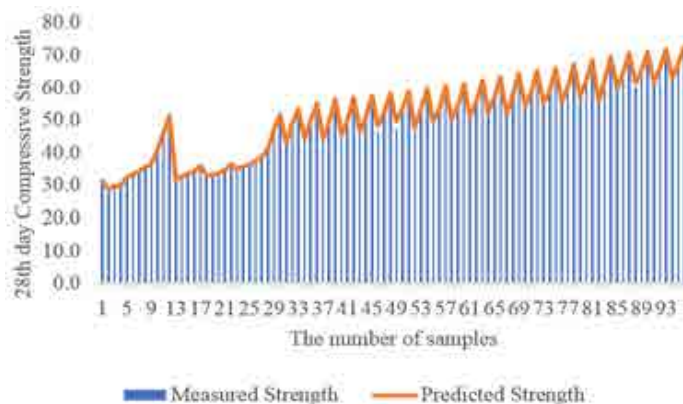


Figure 14. Comparison between measured and predicted compressive strength of concrete at 28 days.

*Parametric Study.* The results of the ANN artificial neural network test after training and validation show that the 28th day predicted compressive strength of concrete is very close to the strength measured in the laboratory. This is an indication that the network has learned the relationship between input and output values during training. The comparison between measured and predicted compressive strength at day 28 is shown in Figure 13 and Figure 14.

Figure 15 shows that the regression graph of the predicted concrete compressive strength ( $Y$ ) compared with the experimental compressive strength ( $T$ ) of the test data of the ANN model best fits  $R^2 = 0.9972$ , showing a good fit. with equal lines (defined as the locus of all points at  $Y$  equal to  $T$ ). From Figure 15 it can be observed that almost all data points are within the 99% confidence interval.

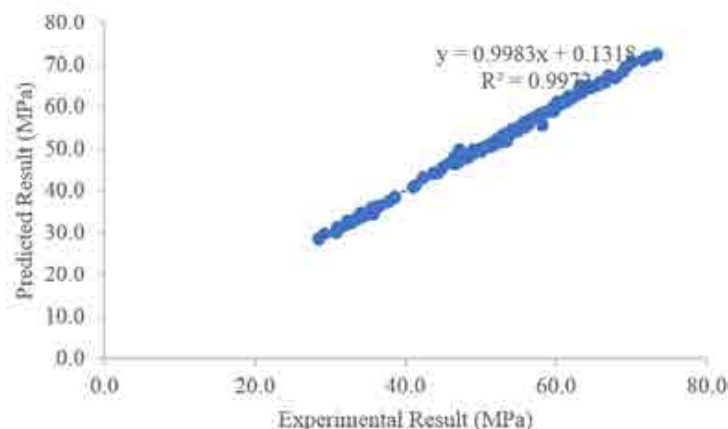


Figure 15. Regression plot of predicted vs experimental compressive strength of ANN model.

## 6. Conclusions

The study of algorithms to predict concrete strength is of high importance. Since the service life of construction works, in general, depends on the compressive strength of concrete, it is necessary to carefully study the factors affecting concrete. There may be some features that can be ignored, and they can affect the compressive strength of the concrete. Artificial intelligence algorithms in general and ANN artificial neural networks in particular, now and in the future, will overcome these limitations. From the study, the following conclusions and comments are drawn: In the study, it was shown that the ANN artificial neural network model is quite effective in predicting the compressive strength of concrete at 28 days of age. The measured compressive strength and the predicted compressive strength are very close to a correlation of 0.99849; A simple feed-forward backpropagation technique has been used to model problems involving nonlinear variables; By using the ANN model, the processing time and the number of test mixes can be reduced for the design of steel fiber reinforced concrete, thus an economical design process can be applied without any material loss. The ANN model proposed in this study has high applicability and reliability in assessing the influence of steel fibers on the compressive strength of reinforced concrete.

## Acknowledgment

The authors would like to thank the Construction Laboratory, Department of Underground and Mine Construction, Faculty of Construction, Hanoi University of Mining and Geology for facilitating the research.

## References

- ACI 211.1-91, 2002. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.
- ACI 211.4r-08, 2008. Guide for Selecting Proportions for HighStrength Concrete Using Portland Cement and Other Cementitious Materials.
- Batayneh, M., Marie I., and Asi I., 2007. Use of selected waste materials in concrete mixes. *Waste Manag.* 27(12), pp. 1870-1876.
- Bondar D., 2014. Use of a Neural Network to Predict Strength and Optimum Compositions of Natural Alumina-Silica-Based Geopolymers. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 26(3), pp. 499-503.
- Duan J., et al., 2020. A novel artificial intelligence technique to predict compressive strength of recycled aggregate concrete using ICA-XGBoost model. *Engineering with Computers*.
- Flood I., 2008. Towards the next generation of artificial neural networks for civil engineering. *Advanced Engineering Informatics*, 22(1), pp. 4-14.

- Ghafari E., et al., 2015. Prediction of Fresh and Hardened State Properties of UHPC: Comparative Study of Statistical Mixture Design and an Artificial Neural Network Model. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 27(11).
- Gupta S., 2013. Concrete Mix Design Using Artificial Neural Network. *Journal on Today's Ideas-Tomorrow's Technologies*, 1(1), pp. 29-43.  
<https://www.controls-group.com>, 2015
- Hunt B., et al., 2001. *A Guide to MATLAB for Beginners and Experienced Users*. United Kingdom: in the United States of America by Cambridge University Press, New York.
- Ji-Zong W., Hong-Guang N., and Jin-Yun H., 1999. The application of automatic acquisition of knowledge to mix design of concrete. *Cement and Concrete Research*, 29, pp. 1875-1880, DOI: 10.1016/S0008-8846(99)00152-0.
- Kheder G.F., Gabban A.M.A., and Abid S.M., 2003. Mathematical model for the prediction of cement compressive strength at the ages of 7 and 28 days within 24 hours. *Materials and Structures*, 36(10), pp. 693-701.
- Kostić S., and Vasović D., 2014. Prediction model for compressive strength of basic concrete mixture using artificial neural networks. *Neural Computing and Applications*, 26(5), pp. 1005-1024, DOI: 10.1007/s00521-014-1763-1.
- Lashkarbolooki M., Shafipour Z.S., and Hezave A.Z., 2013. Trainable cascade-forward back-propagation network modeling of spearmint oil extraction in a packed bed using SC-CO<sub>2</sub>. *The Journal of Supercritical Fluids*, 73, pp. 108-115.
- Ly Hai Bang, Nguyen Thuy Anh, Mai Thi Hai Van, 2021. Compressive strength prediction of recycled aggregate concrete by artificial neural network. *Transport and Communications Science Journal*, Vol 72, Issue 3, pp. 369-383, (in Vietnam).
- Mansour A.O., et al., 2015. Lightweight Concrete Containing Recycled Plastic Aggregates. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Electromechanical Control Technology and Transportation*.
- McCulloch W.S., and Pitts W., 1943. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of mathematical biophysics*, 5, pp. 115-133.
- Naseri H., et al., 2020. Designing sustainable concrete mixture by developing a new machine learning technique. *Journal of Cleaner Production*, 258.
- Nguyen Duyen Phong, Tang Van Lam, Tran Tuan Minh, Ngo Van Thuc, Trinh Huu Tung, 2021. Study on the effect of steel fiber on the crack opening ability of high-quality concrete. *International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM)*, Volume 3, Issue 11 Nov 2021, pp: 650-654, [www.ijaem.net](http://www.ijaem.net), DOI: 10.35629/5252-0311650654.
- Nguyen Duyen Phong, Tran Tuan Minh, Ngo Van Thuc, Tang Van Lam, Nguyen Thi Son, 2021. Research on the use of steel fiber reinforced concrete to manufacture backing plates to hold the tunnels in underground mines in Quang Ninh region. Report on grassroots level topic, Code: T21-32, Hanoi University of Mining and Geology, (in Vietnam).
- Ni H.G. and Wang J.Z., 2000. Prediction of compressive strength of concrete by neural networks. *Cement and Concrete Research*, 30(8), pp. 1245-1250.
- Paul S.C., Panda B., and Garg A., 2018. A novel approach in modelling of concrete made with recycled aggregates. *Measurement*, 115, pp. 64-72.
- Phong Nguyen Duyen, Minh Tuan Tran, Thuc Ngo Van, Tang Van Lam, Tung Trinh Huu, 2022. Application of steel fiber-reinforced concrete for slab lagging at underground mines in Quang Ninh. *Journal of Science and Technology Mining - Geology*, Vol 63, Issue 3a, pp. 112-117. DOI: 10.46326/JMES.2022.63(3a).13, (in Vietnam).
- Shahin M.A., Jaksa M.B., and Maier H.R., 2002. Artificial Neural Network-Based Settlement Prediction Formula for Shallow Foundations on Granular Soils. *Australian Geomechanics Journal*, pp. 45-52.
- Siddique R., Aggarwal P., and Aggarwal Y., 2011. Prediction of compressive strength of self-compacting concrete containing bottom ash using artificial neural networks. *Advances in Engineering Software*, 42(10), pp. 780-786.
- Sobhani J., et al., 2010. Prediction of the compressive strength of no-slump concrete: A comparative study of regression, neural network and ANFIS models. *Construction and Building Materials*, 24(5), pp. 709-718.

Tran Van Tieng, Le Ich Trong, 2021. Research on application of the artificial neural network to prediction behaviour of concrete subjected to uniaxial compression. Journal of Science and Technology in Civil Engineering, Vol. 04, pp. 106-112, (in Vietnam).

Verma M., Thirumalaiselvi A., and Rajasankar J., 2016. Kernel-based models for prediction of cement compressive strength. Neural Computing and Applications, 28(S1), pp. 1083-1100, DOI: 10.1007/s00521-016-2419-0.

Wu N.J., 2021. Predicting the Compressive Strength of Concrete Using an RBF-ANN Model. Applied Sciences, 11(14), DOI: 10.3390/app11146382.

Yeh I.C., 1998. Modeling of strength of high-performance concrete using artificial neural networks. Cement and Concrete Research, 28(12), pp. 1797-1808.

Zain F.M., and Abd S. M., 2008. Multiple Regression Model for Compressive Strength Prediction of High Performance Concrete. Journal of Applied Sciences, 9(1), pp. 155-160, DOI: 10.3923/jas.2009.155.160.

**Symbols**

SFRC:	steel fiber reinforced concrete	AA:	Adhesion agent
ANN:	artificial neural network	PC40:	Cement pozzolan
AI:	artificial intelligence	TCVN:	Vietnam standards
PEs:	processing elements	ASTM:	American standard
SP5000F:	Super-plasticizer 5000F	SF-90:	Silicafume-90
ACI:	American standard	BS EN:	British standards
NS:	Nano Silica fume	C:	Cement
LA:	Large aggregate	FA:	Fly ash
W/AA:	Ratio Water/Adhesion agent	S:	Sand
ID:	Sample	SP:	Super-plasticizer
CHEAP:	linear correlation coefficient	W:	Water
MAPE:	mean absolute percentage error	SF:	Steel fiber
MSE:	mean square error		

FA0.0, FA10.0, FA20.0, FA30.0; NS0.0, NS1.0, NS2.0, NS3.0, NS4.0, NS5.0; SF0.0, SF0.5, SF1.0, SF1.5: Percentage of replacing cement with fly ash; Percentage of replacing cement with Silica fume; Percentage of steel fiber.

*Appendix 1. Composition of materials for concrete mix*

Sample	Mix code	Concrete mix materials								W/AA
		C	FA	SN	S	LA	SP	W	SF	
ID1	FA0.0-NS0.0-SF0.0	378	0	0	854.5	1017.5	3	166	0	0.4
ID2	FA10.0-NS0.0-SF0.0	340.2	37.8	0	854.5	1017.5	3	166	0	0.4
...										
ID96	FA30.0-NS5.0-SF1.5	245.7	113.4	18.9	854.5	1017.5	3	166	15	0.4

Note: C - Cement (kg/m<sup>3</sup>); FA - Fly ash (kg/m<sup>3</sup>); NS - Nano Silica fume (kg/m<sup>3</sup>); S - Sand (kg/m<sup>3</sup>); LA - Large aggregate (kg/m<sup>3</sup>); SP - Super-plasticizer (liter/m<sup>3</sup>); W - Water (liter/m<sup>3</sup>); SF - Steel fiber (kg/m<sup>3</sup>); W/AA - Ratio Water/Adhesion agent.

FA0.0, FA10.0, FA20.0, FA30.0 - Percentage of replacing cement with fly ash; NS0.0, NS1.0, NS2.0, NS3.0, NS4.0, NS5.0 - Percentage of replacing cement with Silica fume; SF0.0, SF0.5, SF1.0, SF1.5 - Percentage of steel fiber.

*Appendix 2. Normalized data for ANN training and testing*

S.N.	$\zeta_1$	$\zeta_2$	$\zeta_3$	$\zeta_4$	$\zeta_5$	$\zeta_6$	$\zeta_7$	$\zeta_8$	$\zeta_9$	$\eta$
1	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.88	0.12
2	0.71	0.33	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.88	0.07
...										
96	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.88	0.97

Due to the waste of paper, the study team shortened the appendix. If the reader wants full table data to contact the author via email.