



## 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

- 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 Tuấn..... 740*
- NGHIÊN CỨU VÀ ÁP DỤNG NHỮNG HỆ DUNG DỊCH KHOAN TIỀN TIẾN CỦA VIETSOVPETRO  
*Hoàng Hồng Linh, 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 Khoản, Nguyễn Văn Thịnh..... 764*
- NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU QUẢ KHOAN THĂM 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 Linh, 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 ĐỂ 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 Duyệt, Lê Văn Nam, Tăng Văn Đồng..... 806*

## THÀNH TỰU TRONG DỰ BÁO THÔNG SỐ ĐỊA CƠ HỌC CỦA GIẾNG KHOAN BẰNG KỸ THUẬT MÁY HỌC

Nguyễn Khắc Long<sup>1,\*</sup>, Trương Văn Từ<sup>1</sup>, Nguyễn Thế Vinh<sup>1</sup>, Lê Đức Vinh<sup>1</sup>, Đào Hiệp<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mở - Địa chất

<sup>2</sup>Trường Cao đẳng Công Thương Miền Trung

\*Tác giả chịu trách nhiệm: nguyengkhaclong@humg.edu.vn

### Tóm tắt

Trong lĩnh vực khoan - khai thác, việc xác định giá trị các thông số địa cơ học không những giúp đánh giá độ ổn định thành giếng khoan mà còn giúp lựa chọn đối tượng cũng như thiết kế quá trình nứt vỡ thủy lực nhằm nâng cao hiệu quả khai thác. Các thông số địa cơ học chủ yếu được quan tâm bao gồm: Hệ số Poisson, Module Young, Độ bền nén UCS. Thông thường, giá trị của các thông số địa cơ này được xác định thông qua các thí nghiệm mẫu lõi hoặc số liệu từ đường cong đo địa vật lý giếng khoan. Tuy nhiên, các phương pháp này thường gặp phải phức tạp về tính sẵn có của mẫu, của dữ liệu, ngoài ra chiếm nhiều thời gian và cũng gây tốn kém.

Bằng cách sử dụng kỹ thuật máy học, dựa trên các thông số khoan dễ dàng được thu thập theo thời gian thực trong quá trình khoan hoặc các dữ liệu đo địa vật lý giếng khoan, giá trị các thông số địa cơ có được đơn giản, nhanh chóng và tiết kiệm hơn. Nội dung bài báo tập trung phân tích, đánh giá những công trình khoa học đã được nghiên cứu về việc ứng dụng kỹ thuật máy học để dự báo các thông số địa cơ trong lĩnh vực khoan - khai thác đã được thực hiện.

**Từ khóa:** hệ số Poisson; module Young; độ bền nén UCS; máy học; thông số khoan.

### 1. Giới thiệu

Ngày nay, sự phát triển của khoa học dữ liệu đã tạo ra các thuật toán thông minh và hiệu quả hơn nhằm minh giải và nhận dạng các mẫu dữ liệu, đồng thời giúp xây dựng các mô hình thuật toán tốt hơn. Những mô hình này được biết đến như là Trí tuệ nhân tạo và Máy học, được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau nhằm sử dụng tốt hơn nguồn dữ liệu đầu vào. Trong lĩnh vực kỹ thuật dầu khí, kỹ thuật máy học được coi là công cụ hữu ích lớn được áp dụng trong các giai đoạn từ thượng nguồn, trung nguồn cho tới hạ nguồn.

Việc dự báo các thông số địa cơ học có vai trò quan trọng trong quá trình đánh giá độ ổn định thành giếng khoan cũng như thiết kế quy trình nứt vỡ thủy lực. Với sự gia tăng nguồn dữ liệu đầu vào và sự phát triển nhanh chóng của mô hình trí tuệ nhân tạo, đã có nhiều nghiên cứu sử dụng kỹ thuật máy học trong dự báo các thông số địa cơ. Các thông số khoan được ghi nhận liên tục theo ngày bởi nhà thầu khoan. Ngoài ra dữ liệu đo địa vật lý giếng khoan cũng được thu thập từ các giếng khoan. Việc sử dụng riêng lẻ hoặc kết hợp hai nguồn dữ liệu này có thể giúp dự báo giá trị các thông số địa cơ. Các mô hình dựa trên kỹ thuật máy học có thể mang lại lợi thế đáng kể so với mô hình số hoặc các mô hình phân tích truyền thống như tính linh hoạt trong việc lựa chọn thông số đầu vào, độ chính xác dự báo tốt hơn và khả năng xác định mô hình ẩn. Tuy nhiên, hiện nay chưa có nhiều đánh giá về ứng dụng của kỹ thuật máy học trong xác định các thông số địa cơ học.

Một số nghiên cứu đã công bố về ứng dụng kỹ thuật máy học trong xác định các thông số địa cơ học sẽ được phân tích, đánh giá trong nội dung bài báo cáo này. Mặc dù có một số nghiên cứu dự báo thông số địa cơ đã được xuất bản nhưng những công trình này chưa sử dụng thông số khoan như là thông số đầu vào trong dự báo các thông số địa cơ học của giếng khoan. Ví dụ, Torabi-Kaveh và cộng sự (Torabi-Kaveh và nnk. 2015) dự báo độ bền nén và module Young bằng mô hình mạng trí tuệ nhân tạo sử dụng thông số đầu vào là tốc độ truyền sóng dọc, mật độ và độ rỗng; Roy và Singh (Guha Roy và Singh 2020) sử dụng độ bền kéo, độ bền cắt và vận tốc sóng dọc trong dự báo module Young và hệ số Poisson.



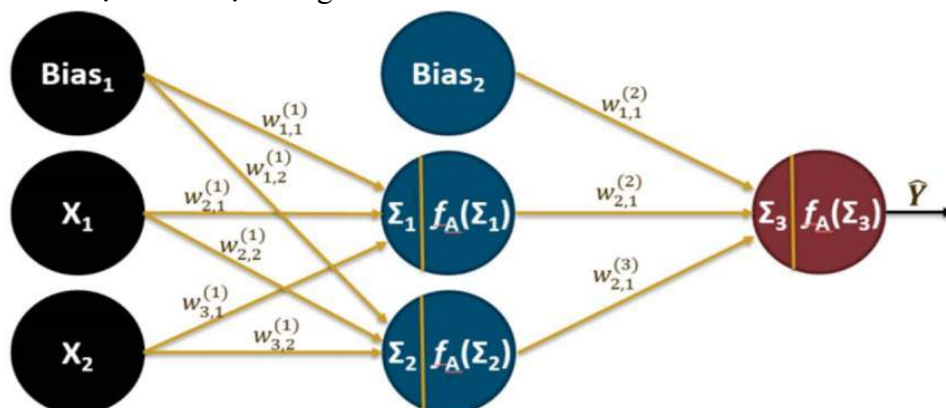
Mục tiêu của bài báo không phải bao gồm tất cả các nghiên cứu về ứng dụng kỹ thuật máy học trong dự báo các thông số địa cơ, mà chỉ đi đánh giá một cách có hệ thống các nghiên cứu trong cùng lĩnh vực, tìm ra những điểm tương đồng của chúng và thảo luận về các hướng nghiên cứu tiếp theo có thể được thực hiện. Các nghiên cứu sử dụng các thuật toán phi máy học (như logic mờ, hệ chuyên gia, v.v...) sẽ không được đánh giá. Ngoài ra, chỉ có những nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật máy học có kết quả tốt mới được đánh giá do giới hạn trình bày của bài báo.

## 2. Kỹ thuật máy học

Kỹ thuật máy học được định nghĩa là một tập hợp con và một ứng dụng của trí tuệ nhân tạo (Syed và nnk. 2022). Trí tuệ nhân tạo là loại trí thông minh trong đó máy móc trải qua các quá trình lập đi lập lại kết hợp với nhận dạng mô hình mẫu để đạt được khả năng học tập thích ứng một cách tự động nếu cần. Kỹ thuật máy học thực hiện điều này bằng cách sử dụng các thuật toán phân tích lượng lớn dữ liệu để tìm các mô hình mẫu và đưa ra dự đoán. Khi có nhiều dữ liệu hơn, thuật toán có thể tự học và tối ưu hóa khả năng dự đoán của nó, làm cho nó hiệu quả hơn so với các phương pháp phân tích thông thường. Thông thường, các thuật toán dựa trên tập dữ liệu huấn luyện đầu vào, tập dữ liệu hiển thị những gì các mô hình mẫu đang tìm kiếm.

Kỹ thuật máy học được chia thành ba loại khác nhau: học có giám sát, học không giám sát, và học tăng cường (Lee, Shin, và Realff 2018). Học có giám sát lấy dữ liệu được dán nhãn và dự đoán mối quan hệ giữa chúng trong khi học không giám sát sử dụng các dữ liệu không được gán nhãn và tìm mô hình phân bố giữa chúng. Học tăng cường sử dụng dữ liệu để tối ưu hóa đặc tính hoặc kết quả dự đoán cho một mục tiêu định sẵn với khả năng tự tối ưu hóa khi nhiều dữ liệu được thu thập.

Trong số các kỹ thuật máy học, phương pháp được sử dụng phổ biến là mạng trí tuệ nhân tạo (ANN). Mạng ANN sử dụng các lớp ẩn bên cạnh các lớp đầu vào và lớp đầu ra, tất cả các lớp này có các nơon thần kinh khác nhau. Lớp ẩn khai thác thông tin từ các nơon thần kinh đầu vào và sử dụng trọng số áp dụng cho hàm kích hoạt. Hàm kích hoạt sau đó được nhân với một trọng số khác, hàm tổng thu được lại trở thành giá trị đầu vào cho lớp đầu ra (Bowie 2018). Mạng nơon thần kinh được minh họa trong Hình 1.



Hình 1. Mạng nơon thần kinh một lớp ẩn (Bowie 2018).

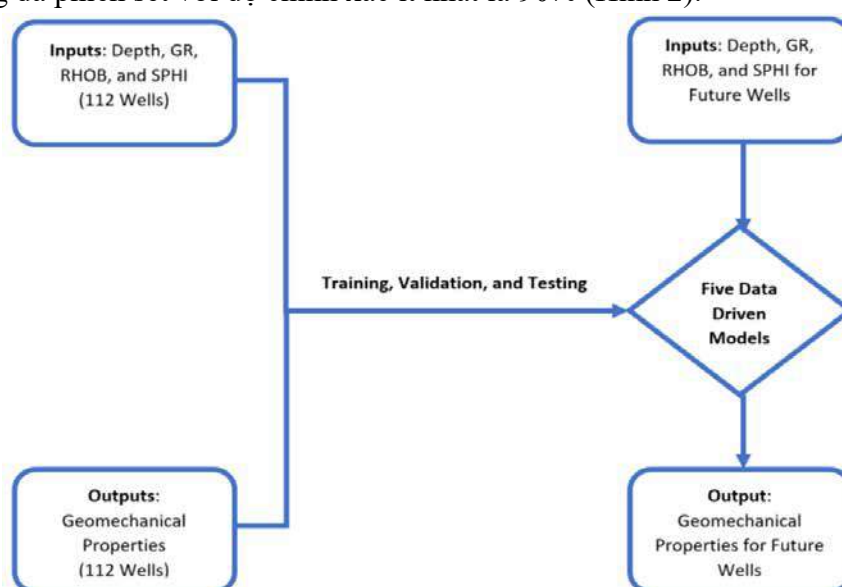
Để dự báo các thông số địa cơ học của giếng khoan, mạng ANN thiết lập mối quan hệ hợp lý giữa các thông số kỹ thuật đầu vào (như thông số khoan, thông số đo địa vật lý giếng khoan) và các thông số địa cơ học đầu ra mong muốn (hệ số Poisson, module Young, độ bền nén UCS) dựa trên quá trình học và huấn luyện từ dữ liệu đầu vào.

## 3. Dự báo thông số địa cơ bằng kỹ thuật máy học

Trong lĩnh vực khoan - khai thác, các thông số địa cơ học chủ yếu cơ bản như hệ số Poisson, module Young, độ bền nén UCS không những giúp đánh giá độ ổn định thành giếng khoan mà còn giúp lựa chọn đối tượng cũng như thiết kế quá trình nứt vỡ thủy lực nhằm nâng cao hiệu quả khai thác.

Thông thường, giá trị của các thông số địa cơ được xác định thông qua các thí nghiệm trong phòng. Tuy nhiên, các thí nghiệm thường rất tốn kém và đòi hỏi nhiều thời gian do phải chuẩn bị nhiều mẫu và dụng cụ thí nghiệm cần thiết, trong khi đó một số trường hợp việc thu thập mẫu từ thành hệ không phải lúc nào cũng được thực hiện. So với kết quả thu được từ phòng thí nghiệm và mô phỏng tính toán toàn diện, kỹ thuật máy học sử dụng các phương pháp học tập qua các tập dữ liệu lớn để xác định các mối quan hệ chưa biết giữa các thông số đầu vào và đầu ra. Đã có một số công trình nghiên cứu về việc ứng dụng kỹ thuật máy học trong xác định các thông số địa cơ học của giếng khoan được thực hiện.

Năm 2017, Parapuram và đồng nghiệp (Parapuram, Mokhtari, và Hmida 2017) sử dụng mạng ANN để thiết lập mối quan hệ giữa kết quả minh giải địa vật lý giếng khoan và các thông số địa cơ (module Young, hệ số Poisson, module khối, module cắt và ứng suất ngang tối thiểu) của 112 giếng trong thành hệ phiến sét Bakken Thượng ở North Dakota. Bằng mô hình ANN, thông số địa cơ được dự báo từ đường cong gamma và đường cong mật độ thu được từ quá trình đo địa vật lý giếng khoan. Sau đó, 5 mô hình điều khiển bằng dữ liệu (Data-driven model) khác nhau được phát triển trên cơ sở mô hình ANN để dự đoán 5 thông số địa cơ này của các giếng khác trong tầng đá phiến sét với độ chính xác ít nhất là 90% (Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ khối dự đoán thông số địa cơ của giếng khoan mới dựa trên mô hình ANN (Parapuram, Mokhtari và Hmida 2017).

Năm 2020, nghiên cứu của Nnamdi .J. Ajah và cộng sự (Ajah và nnk. 2020) đã dự đoán các thông số địa cơ dựa trên tài liệu địa chấn và địa vật lý giếng khoan tại mỏ AJAH ngoài khơi Niger Delta bằng sử dụng mạng ANN. Hệ số tương quan khi dự đoán theo mô hình ANN cho các thông số địa cơ (hệ số Poisson, module đàn hồi ngang, module Young c, module đàn hồi nén thể tích) đều có giá trị trên 0.65. Kết quả cũng cho thấy giá trị modul đàn hồi ngang, modul đàn hồi dọc, modul đàn hồi nén thể tích được dự báo từ tài liệu địa chấn lớn hơn giá trị từ tài liệu địa vật lý giếng khoan, trong khi đó hệ số poisson có giá trị gần như nhau.

Những nghiên cứu trên cho thấy, việc ứng dụng công cụ trí tuệ nhân tạo giúp xác định các thông số địa cơ của thành hệ nhanh chóng hơn, dữ liệu yêu cầu sẵn có hơn và chi phí thấp hơn so với phương pháp thí nghiệm trong phòng và phương pháp minh giải địa vật lý giếng khoan. Điều đó, góp phần nâng cao hiệu quả đánh giá ổn định thành hệ và lựa chọn, tối ưu thiết kế nứt vỡ thủy lực.

### 3.1. Dự báo hệ số Poisson

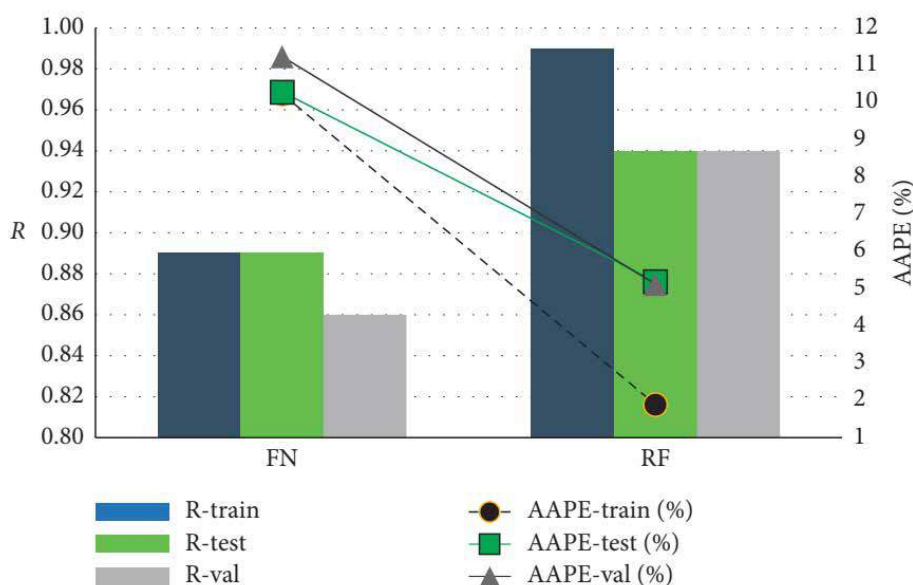
Thông thường, hệ số Poisson được xác định theo các kết quả thí nghiệm hoặc số liệu từ đường cong đo sóng âm, các phương pháp này thường gặp phải phức tạp về tính sẵn có của dữ

liệu, của mẫu ngoài ra giá thành cao và tốn kém. Một số nghiên cứu đã được thực hiện về ứng dụng các kỹ thuật máy học khác nhau như mạng trí tuệ nhân tạo (ANN), Logic mờ (FL) và Mạng chức năng (FN) để dự báo hệ số Poisson sử dụng thông số đầu vào là dữ liệu địa chấn, đường cong đo địa vật lý giếng khoan như Vận tốc sóng dọc ( $V_p$ ), Vận tốc sóng ngang ( $V_s$ ), mật độ khối ( $\rho$ ), đường cong gamma (Bảng 1).

Bảng 1. Nghiên cứu dự báo hệ số Poisson theo dữ liệu địa chấn, địa vật lý giếng khoan

Thông số đầu vào	Số lượng dữ liệu đầu vào	Thành hệ nghiên cứu	Hệ số tương quan $R^2$	Kỹ thuật máy học	Nguồn
$V_p, V_s, \rho$	77	-	0.828	ANN, FL, FN	Abdulraheem và nnk. 2009
$V_p, V_s$	550	Đá vôi	0.97	ANN	Tariq và nnk. 2017
$V_p, V_s, \rho$	610	Cacbonat	0.97	ANN	S. M. Elkatatny và nnk. 2017
$V_p, V_s$	75	Cacbonat	-	ANN, FL	Abdulazeed Abdulraheem 2019
$V_p, V_s, \rho$	692	Cát kết	0.93	ANN	Gowida và nnk. 2019
$V_p, V_s, \rho$ , đường cong gammay, độ rỗng	580	Cacbonat	0.97	FN	Tariq và nnk. 2018

Ngoài các công trình dự báo hệ số Poisson dựa trên số liệu đo địa vật lý giếng khoan, Osama Siddig và cộng sự (O. Siddig và nnk. 2021) đã sử dụng thông số khoan để dự báo hệ số Poisson của thành hệ. Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu đầu vào để xác định hệ số Poisson là các thông số khoan, như: tải trọng đáy, vận tốc cơ học, mô men xoắn, áp suất qua cần và lưu lượng bơm dung dịch khoan. Các thông số này dễ dàng được thu thập theo thời gian thực trong quá trình khoan mà không phải bổ sung thêm bất kỳ chi phí nào. Hai thuật toán máy học được sử dụng là mạng ANN và hệ thống thích ứng suy luận mờ neuro-fuzzy (ANFIS-Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System). Quá trình huấn luyện dựa trên 2905 điểm dữ liệu từ một giếng, trong khi 2912 điểm dữ liệu từ giếng khác được sử dụng để kiểm chứng mô hình. Thành phần thạch học của cả hai giếng đều chứa đá vôi, cát kết và sét kết. Việc tối ưu hóa các thông số điều chỉnh khác nhau trong thuật toán đã được thực hiện để đảm bảo đạt được dự đoán tốt nhất. Cả hai thuật toán đều cho giá trị hệ số tương quan giữa thông số Poisson thực tế và dự đoán theo mô hình trên 0,97 và giá trị sai số lân cận 2%.



Hình 3. So sánh dự báo hệ số Poisson theo thuật toán RF và FN (Ahmed.Elkatatny, và Alsaihati 2021).

Ashraf Ahmed và đồng nghiệp (Ahmed, Elkatatny, và Alsaihati 2021) ứng dụng công cụ trí tuệ nhân tạo dự báo hệ số Poisson trong quá trình khoan. Nhóm tác giả sử dụng kỹ thuật mạng chức năng (Functional Networks -FN) và rừng ngẫu nhiên (Random Forest - RF) cho một giếng khoan qua các thành hệ sét, cát và cacbonat với 1775 điểm đo. Ngoài ra, một tập dữ liệu ở giếng khoan khác được sử dụng để hệ chỉnh mô hình. Kết quả cho thấy cả thuật toán RF và FN đều có hệ số tương quan cao lần lượt là 0.86 và 0.94, trong đó kỹ thuật RF có sai số chỉ 5,12% nhỏ hơn 11,23% của FN khi dự báo hệ số Poisson với tập dữ liệu hiệu chỉnh (Hình 3).

### 3.2. Dự báo module Young

Tới nay, có một số công trình nghiên cứu về dự đoán giá trị module Young đàn hồi tĩnh ( $E_{st}$ ) sử dụng đa dạng các kỹ thuật máy học như mạng ANN, FL, (FN) và Máy vec-tơ hỗ trợ (SVM) với thông số đầu vào là  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $\rho$  và thời gian truyền sóng được thực hiện (Bảng 2)

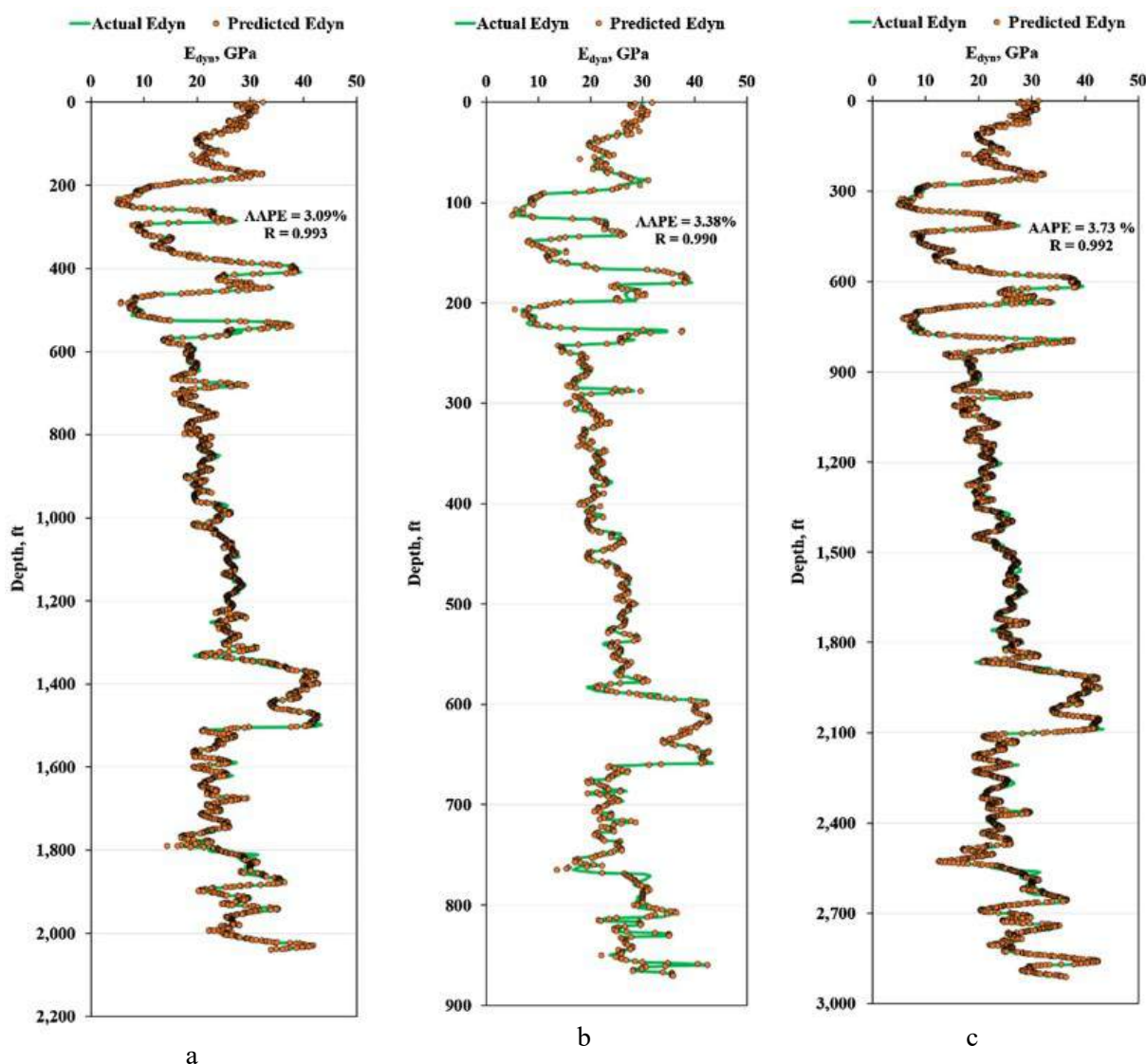
Bảng 1. Nghiên cứu dự báo module Young đàn hồi tĩnh theo dữ liệu địa chấn, địa vật lý giếng khoan

Nguồn	Thông số đầu vào	Số lượng dữ liệu đầu vào	Thành hệ nghiên cứu	Kỹ thuật máy học
A. Abdulraheem và nnk. 2009	Thời gian truyền sóng, $\rho$	77	-	ANN, FL, FN
Mahmoud và nnk. 2019	$\rho, V_p, V_s$	592	Cát kết	ANN
Mahmoud, Elkatatny, và Al Shehri 2020	$\rho, V_p, V_s$	592	Cát kết	ANN, FL, FN, SVM
Mahmoud và nnk. 2020	$\rho, V_p, V_s$	592	Cát kết	FN

Năm 2019, Gong và cộng sự (Gong và nnk. 2019) ứng dụng mạng nơron nhân tạo (ANN-Artificial Neural Network) để xác định module Young đàn hồi, đây là một trong những thông số quan trọng trong quá trình xác định kích thước khe nứt. Dữ liệu đầu vào từ mô phỏng sét Fuling và mô phỏng sét Utica thuộc bồn trũng Appalachian gồm các thông tin về đặc tính vết nứt, thông số địa cơ (module Young) và thành phần thạch học lần lượt được xác định thông qua phân tích ảnh SEM, minh giải số liệu đo địa vật lý giếng khoan và phân tích mẫu lõi. Các kỹ thuật k-means, phân cấp (hierarchical) và phân vùng (PAM-partition around medoids) được sử dụng để phân nhóm dữ liệu này vào ba nhóm tương thạch học khác nhau. Sau đó, mô hình mạng ANN được dùng để xác định module Young cho mỗi nhóm tương. Ngoài ra, kết quả cũng cho thấy nhóm 'b' có đặc tính giòn cao, độ dị hướng thấp là đối tượng phù hợp nhất cho quá trình thực hiện công tác nứt vỡ thủy lực.

Năm 2021, Salaheldin Elkatatny (S. Elkatatny 2021) đề cập đến việc sử dụng mạng ANN để dự báo Module Young động của thành hệ từ các thông số chế độ khoan. Module Young động là một thông số quan trọng để xác định Module Young tĩnh, đây là một thông số quan trọng, ảnh hưởng đến quá trình thiết kế nứt vỡ thủy lực và đánh giá độ ổn định thành hệ. Thông thường, giá trị Module Young động được xác định khi biết các dữ liệu vận tốc sóng dọc, sóng ngang và mật độ khối, những dữ liệu này không phải lúc nào cũng sẵn có. Trong nghiên cứu này, phương trình xác định Module Young động theo thời gian thực được xây dựng bằng cách áp dụng mô hình ANN dựa trên các thông số khoan như tải trọng đáy, vận tốc cơ học, mô men xoắn, áp suất qua cần, tốc độ vòng quay và lưu lượng bơm dung dịch khoan. Mô hình ANN này được huấn luyện trên tập 2054 dữ liệu từ các vị trí khác nhau trong giếng A, sau đó được kiểm tra và hiệu chỉnh lần lượt với tập 871 và 2912 điểm dữ liệu từ giếng B và giếng C. Kết quả cho thấy giá trị Module Young động xác định theo mô hình ANN với sai số 3,09% trong quá trình huấn luyện, 3,38% khi kiểm tra và 3,73% khi hiệu chỉnh (Hình 4).





Hình 4. Tương quan giá trị Module Young động thực tế và Module Young động thực tế với  
(a) 2054 tập dữ liệu của Giếng A; (b) 871 tập dữ liệu của Giếng B và (c) 2912 tập dữ liệu của Giếng C  
(S. Elkatatny 2021).

Trong một nghiên cứu khác vào năm 2021, Siddig và cộng sự (O. M. Siddig và nnk. 2021) cũng sử dụng công cụ trí tuệ nhân tạo để xác định module đàn hồi dọc (Module Young) của thành hệ dựa vào các thông số khoan như mô men xoắn, tải trọng đáy và tốc độ cơ học khoan. Ba thuật toán máy học được sử dụng để xác định mối liên hệ giữa thông số khoan với module đàn hồi dọc: Rừng ngẫu nhiên, hệ thống thích ứng suy luận mờ ANFIS và mạng chức năng (functional network). Hai tập dữ liệu với trên 3900 điểm dữ liệu gồm nhiều loại đá khác nhau được sử dụng để xây dựng, kiểm tra và thực hiện mục đích hiệu chỉnh mô hình. Thuật toán rừng ngẫu nhiên và hệ thống ANFIS cho hệ số tương quan dao động trong khoảng 0,92 đến 0,99 với cả tập dữ liệu kiểm tra và tập hiệu chỉnh, trong khi thuật toán mạng chức năng cho giá trị hệ số tương quan 0.83.

### 3.3. Dự báo độ bền nén UCS

Năm 2017, Adel Asad (Asadi 2017) ứng dụng mạng ANN để dự đoán độ bền nén UCS (Uniaxial Compressive Strength) của thành hệ sử dụng kết quả đo địa vật lý giếng khoan và thông số khoan. Thông số đầu vào được sử dụng trong nghiên cứu này là độ rỗng, mật độ, thời gian truyền sóng lần lượt thu được từ đường cong đo độ rỗng, đo mật độ, đo sóng âm và thông số vận tốc cơ học khoan dễ dàng thu được trong quá trình khoan mà không cần các phép đo bổ trợ.



Kết quả nghiên cứu cho thấy giá trị UCS được dự báo bởi mô hình mạng ANN lan truyền ngược ba lớp rất gần với giá trị thu được từ các phép thí nghiệm truyền thống với sai số 0.0002663%.

Ahmed Gowida và đồng nghiệp (2021) (Gowida, Elkatatny, và Gamal 2021) dự báo giá trị độ bền UCS theo thời gian thực bằng cách sử dụng mô hình AI với các kỹ thuật mạng ANN, hệ thống thích ứng suy luận mờ neuro-fuzzy (ANFIS- Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) và SVM. Thông số đầu vào cho nghiên cứu là vận tốc cơ học khoan, lưu lượng bơm dung dịch khoan, áp suất trong cần, tốc độ vòng quay, mô men xoắn và tải trọng đáy. Đây là các thông số chế độ khoan dễ dàng được thu thập mà không cần các phép đo bổ sung khác. Một tập gồm 1771 dữ liệu từ mỏ Middle Eastern được dùng để huấn luyện và kiểm chứng mô hình. Một tập dữ liệu khác gồm 2175 điểm được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình xác định UCS. Kết quả chỉ ra rằng, mô hình ANN dự báo UCS tốt hơn so với ANFIS và SVM với hệ số tương quan là 0.99 và sai số giữa UCS dự báo so với UCS thực tế là 3,48%.

#### 4. Kết luận

Đánh giá tổng quan về những tiến bộ trong việc sử dụng kỹ thuật máy học trong dự báo các thông số địa cơ học đã được trình bày. Thông qua nguồn dữ liệu thông số khoan và thông số đo địa vật lý giếng khoan, giá trị của các thông số địa cơ được dự báo với độ chính xác cao.

Kỹ thuật máy học là một công cụ hữu ích để dự báo thông số địa cơ học của giếng khoan, bởi vì nó không đòi hỏi bất kỳ một mối quan hệ toán học nào đã có trước giữa thông số đầu vào và thông số địa cơ đầu ra yêu cầu. Đây là một lợi thế chính so với các phương pháp thí nghiệm và thống kê truyền thống. Tuy nhiên, việc ứng dụng kỹ thuật máy học trong dự báo thông số địa cơ học vẫn tồn tại vấn đề như độ chính xác của giá trị dự báo phụ thuộc nhiều vào số lượng nguồn dữ liệu đầu vào. Cần có thêm các nghiên cứu khác về sử dụng các mô hình khác trong dự báo các thông số địa cơ học của giếng khoan

#### Tài liệu tham khảo

- Abdulraheem, A., M. Ahmed, A. Vantala, và T. Parvez. 2009. 'Prediction of Rock Mechanical Parameters for Hydrocarbon Reservoirs Using Different Artificial Intelligence Techniques'. In . OnePetro. <https://doi.org/10.2118/126094-MS>.
- Abdulraheem, Abdulazeez. 2019. 'Prediction of Poisson's Ratio for Carbonate Rocks Using ANN và Fuzzy Logic Type-2 Approaches'. In . OnePetro. <https://doi.org/10.2523/IPTC-19365-MS>.
- Ahmed, Ashraf, Salaheldin Elkatatny, và Ahmed Alsaihati. 2021. 'Applications of Artificial Intelligence for Static Poisson's Ratio Prediction While Drilling'. Edited by Rodolfo E. Haber. *Computational Intelligence và Neuroscience* 2021 (May): 1-10. <https://doi.org/10.1155/2021/9956128>.
- Ajah, Nnamdi J, Adewale Dosunmu, Casmir C Z Akaolisa, và T Dagogo. 2020. 'Analysis of Elastic Geomechanical Properties Derived From Well Log và Seismic Data, Using Artificial Intelligence (ANN): A Case Study of "AJAH" Field Offshore Niger Delta' 8 (1): 19-27.
- Asadi, Adel. 2017. 'Application of Artificial Neural Networks in Prediction of Uniaxial Compressive Strength of Rocks Using Well Logs và Drilling Data'. *Procedia Engineering* 191: 279-86. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.182>.
- Bowie, Braden. 2018. 'Machine Learning Applied to Optimize Duvernay Well Performance'. In . OnePetro. <https://doi.org/10.2118/189823-MS>.
- Elkatatny, S. M., Z. Tariq, M. A. Mahmoud, Z. A. Abdulraheem Abdelwahab, M. Woldeamanuel, và I. M. Mohamed. 2017. 'An Artificial Intelligent Approach to Predict Static Poisson's Ratio'. In . OnePetro. <https://dx.doi.org/>.
- Elkatatny, Salaheldin. 2021. 'Real-Time Prediction of the Dynamic Young's Modulus from the Drilling Parameters Using the Artificial Neural Networks'. *Arabian Journal for Science và Engineering* 47 (9): 10933-42. <https://doi.org/10.1007/s13369-021-05465-2>.

- Gong, Yiwen, Mohamed Mehana, Fengyang Xiong, Feng Xu, và Ilham El-Monier. 2019. 'Towards Better Estimations of Rock Mechanical Properties Integrating Machine Learning Techniques for Application to Hydraulic Fracturing'. In *Day 1 Mon, September 30, 2019*, D011S017R005. Calgary, Alberta, Canada: SPE. <https://doi.org/10.2118/195884-MS>.
- Gowida, Ahmed, Salaheldin Elkatatny, và Hany Gamal. 2021. 'Unconfined Compressive Strength (UCS) Prediction in Real-Time While Drilling Using Artificial Intelligence Tools'. *Neural Computing và Applications* 33 (13): 8043-54. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05546-7>.
- Gowida, Ahmed, Tamer Moussa, Salaheldin Elkatatny, và Abdulwahab Ali. 2019. 'A Hybrid Artificial Intelligence Model to Predict the Elastic Behavior of Svastone Rocks'. 2019. <https://doi.org/10.3390/su11195283>.
- Guha Roy, Debanjan, và T. N. Singh. 2020. 'Predicting Deformational Properties of Indian Coal: Soft Computing và Regression Analysis Approach'. *Measurement* 149 (January): 106975. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.106975>.
- Lee, Jay H., Joohyun Shin, và Matthew J. Realff. 2018. 'Machine Learning: Overview of the Recent Progresses và Implications for the Process Systems Engineering Field'. *Computers & Chemical Engineering*, FOCAP/CPC 2017, 114 (June): 111-21. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2017.10.008>.
- Mahmoud, Ahmed Abdulhamid, Salaheldin Elkatatny, và Dhafer Al Shehri. 2020. 'Application of Machine Learning in Evaluation of the Static Young's Modulus for Svastone Formations'. *Sustainability* 12 (5): 1880. <https://doi.org/10.3390/su12051880>.
- Mahmoud, Ahmed Abdulhamid, Salaheldin Elkatatny, Abdulwahab Ali, và Tamer Moussa. 2019. 'Estimation of Static Young's Modulus for Svastone Formation Using Artificial Neural Networks'. *Energies* 12 (11): 2125. <https://doi.org/10.3390/en12112125>.
- Mahmoud, Ahmed Abdulhamid, Salaheldin Elkatatny, Ahmed Alsabaa, và Dhafer Al Shehri. 2020. 'Functional Neural Networks-Based Model for Prediction of the Static Young's Modulus for Svastone Formations'. In . OnePetro. <https://dx.doi.org/>.
- Parapuram, George K., Mehdi Mokhtari, và Jalel Ben Hmida. 2017. 'Prediction và Analysis of Geomechanical Properties of the Bakken Shale Using Artificial Intelligence và Data Mining'. In *Proceedings of the 5th Unconventional Resources Technology Conference*. Austin, Texas, USA: American Association of Petroleum Geologists. <https://doi.org/10.15530/urtec-2017-2692746>.
- Siddig, Osama, Hany Gamal, Salaheldin Elkatatny, và Abdulazeez Abdulraheem. 2021. 'Real-Time Prediction of Poisson's Ratio from Drilling Parameters Using Machine Learning Tools'. *Scientific Reports* 11 (1): 12611. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92082-6>.
- Siddig, Osama Mutrif, Saad Fahaid Al-Afnan, Salaheldin Mahmoud Elkatatny, và Abdulazeez Abdulraheem. 2021. 'Drilling Data-Based Approach to Build a Continuous Static Elastic Moduli Profile Utilizing Artificial Intelligence Techniques'. *Journal of Energy Resources Technology* 144 (2). <https://doi.org/10.1115/1.4050960>.
- Syed, Fahad I., Mohammed Alshamsi, Amirmasoud K. Dahaghi, và S. Neghabhan. 2022. 'Artificial Lift System Optimization Using Machine Learning Applications'. *Petroleum, SI: Computational Petroleum Engineering*, 8 (2): 219-26. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2020.08.003>.
- Tariq, Zeeshan, Abdulazeez Abdulraheem, Mohamed Mahmoud, và Adil Ahmed. 2018. 'A Rigorous Data-Driven Approach to Predict Poisson's Ratio of Carbonate Rocks Using a Functional Network'. *Petrophysics - The SPWLA Journal of Formation Evaluation và Reservoir Description* 59 (06): 761-77. <https://doi.org/10.30632/PJV59N6-2018a2>.
- Tariq, Zeeshan, S. M. Elkatatny, M. A. Mahmoud, A. Abdulraheem, A. Z. Abdelwahab, và M. Woldeamanuel. 2017. 'Estimation of Rock Mechanical Parameters Using Artificial Intelligence Tools'. In . OnePetro. <https://dx.doi.org/>.
- Torabi-Kaveh, M., F. Naseri, S. Saneie, và B. Sarshari. 2015. 'Application of Artificial Neural Networks và Multivariate Statistics to Predict UCS và E Using Physical Properties of Asmari Limestones'. *Arabian Journal of Geosciences* 8 (5): 2889-97. <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1331-0>.

## A review of research on geomechanical parameters of wells by machine learning

Nguyen Khac Long<sup>1\*</sup>, Truong Van Tu<sup>1</sup>, Nguyen The Vinh<sup>1</sup>, Le Duc Vinh<sup>1</sup>, Dao Hiep<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hanoi University of Mining and Geology

<sup>2</sup>Mientrung Industry and Trade College

\*Corresponding author: nguyengkhaclong@humg.edu.vn

### Abstract

In the petroleum field, the determination of the values of geomechanical parameters not only helps to evaluate the wellbore stability but also helps to select the suitable object as well as design the hydraulic fracturing process in order to improve the production efficiency. The main geomechanical parameters include: Poisson's coefficient, Young's Module, UCS compressive strength. Usually, the values of these geomechanical parameters are determined through core sample lab experiments or data analysis from well log curves. However, these methods often depend on the sample and data availability, in addition take up a lot of time and are also expensive.

By using machine learning techniques, based on drilling parameters easily collected in real time during the drilling process or well log data, geomechanical parameter values are easily obtained, faster and more economical. The content of the article focuses on analyzing and evaluating research that has been studied on the application of machine learning techniques to predict geomechanical parameters in the petroleum field.

**Keywords:** *Poisson's Ratio, Young's Modulus, Uniaxial Compressive Strength, Machine learning, Drilling parameters.*



**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 | Hotline: 0989 275 999

Email: [nxbkhkt@hn.vnn.vn](mailto:nxbkhkt@hn.vnn.vn)

Website: <https://nxbkhkt.com.vn>

