



LIÊN DOANH VIETSOVPETRO

**TUYỂN TẬP BÁO CÁO**  
**HỘI NGHỊ KHOA HỌC – CÔNG NGHỆ**  
**CHÀO MỪNG SỰ KIỆN**  
**KHAI THÁC TẤN DẦU THỨ 250 TRIỆU**

**TẬP I**

**250**

TRIỆU TẤN DẦU



*Giữ lửa cho Tương lai.*

**VỮNG TÀU 2024**

TUYÊN TẬP BÁO CÁO  
HỘI NGHỊ KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ

**CHÀO MỪNG SỰ KIỆN  
LIÊN DOANH VIETSOVPETRO  
KHAI THÁC TẤN DẦU THỨ 250 TRIỆU**

LIÊN DOANH VIETSOVPETRO

# TUYỂN TẬP

HỘI NGHỊ KHOA HỌC – CÔNG NGHỆ  
CHÀO MỪNG SỰ KIỆN KHAI THÁC TẤN DẦU THỨ 250 TRIỆU

TẬP MỘT

VŨNG TÀU – 2024

**CHỈ ĐẠO THỰC HIỆN:**

**Ban Tổng giám đốc Liên doanh Vietsovpetro**

**BIÊN TẬP:**

- Viện Nghiên cứu khoa học và thiết kế Dầu khí biển;
- Hội Dầu khí Vũng Tàu

## LITHOLOGY CLASSIFICATION FROM WELL LOGGING DATA USING MACHINE LEARNING

Duong Hong Vu, Hung Tien Nguyen, Vinh The Nguyen  
Faculty of Petroleum and Energy, Hanoi University of Mining and Geology

### ABSTRACT

*Lithological classification from well logging data is an important step in researching and restoring the historical development of geological processes as well as searching and exploring for useful minerals. With traditional methods, manual interpretation of logging data is time-consuming and the accuracy is based on the experience of the interpreter; however human error can significantly contribute to the uncertainty of the interpretation. With the rapid development of machine learning technology and artificial intelligence, there have been many studies applying them to solve identification and classification problems, bringing very positive results, using artificial intelligence techniques to solve these tasks will give faster and more objective results. In this study, we apply various artificial intelligence techniques (c-mean fuzzy, KNN, artificial neural network ANN) to predict lithology from well logging data of 3 wells. The accuracy of lithology predictions produced by using machine learning techniques is significantly higher than that of conventional interpretation techniques. Therefore, it may be concluded that funding and implementing this new research direction would be worthwhile.*

**Keywords:** Well logging, lithology classification, Machine learning

### 1. Introduction

Information about basement structures is often provided by the results of processing and analyzing geophysical data [1]-[6]. Geological information interpreted from geophysical data often must be compared with well log data, so analyzing well log data to provide useful information is an important task [7]. However, this work often takes a lot of time and in many cases is subjective and lacks quantification. To overcome these challenges, currently computing tools such as machine learning and artificial intelligence (AI) are being used more and more in data processing fields. Specifically, the application of these tools for analyzing well log data has been published by the works of Bosch et al. [8]; Dekkers et al. [9], in the East Sea region there are also works by Karmakar et al. [10]; Tse et al. [11]. The results achieved by these authors show the effectiveness of applying these machine learning techniques. In this study, authors apply machine learning and AI algorithms for lithology classification using geophysical well log data.

### 2. Data Analysis

In this study, we use well log data of 3 wells from international ocean drilling programs (<http://web.iodp.tamu.edu/>), which includes: wave velocity ( $V_p$ ), gamma ray, density, magnetic susceptibility, and proportions of sand, silt and clay components (figure 2,3,4).

In figures 1 and 2, it can be observed that there is a fairly clear boundary at about 200m that divides the physical parameters into upper and lower parts, corresponding to the P-wave velocity changing from low to high. Conversely, the magnetic susceptibility changes from high to low.

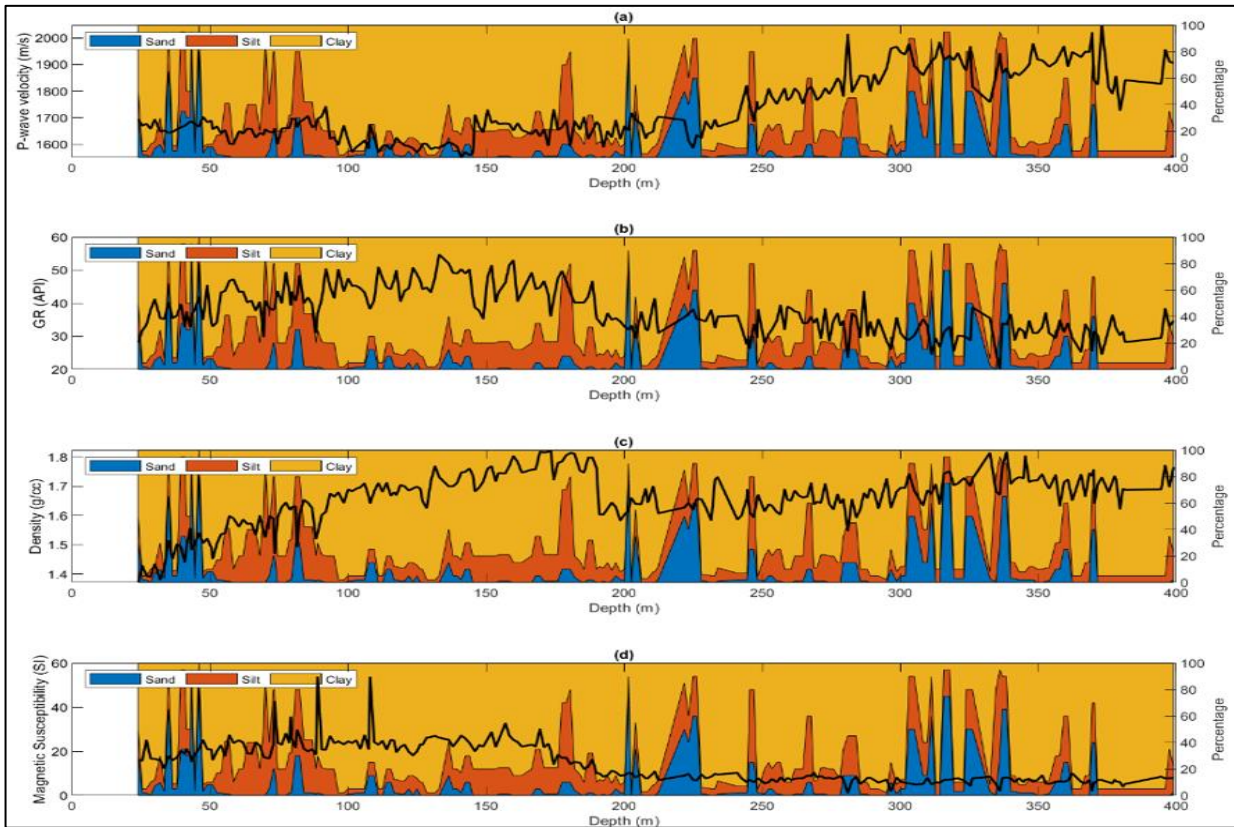


Figure 1. Physical parameters and proportions of sand, silt and clay data of well A.

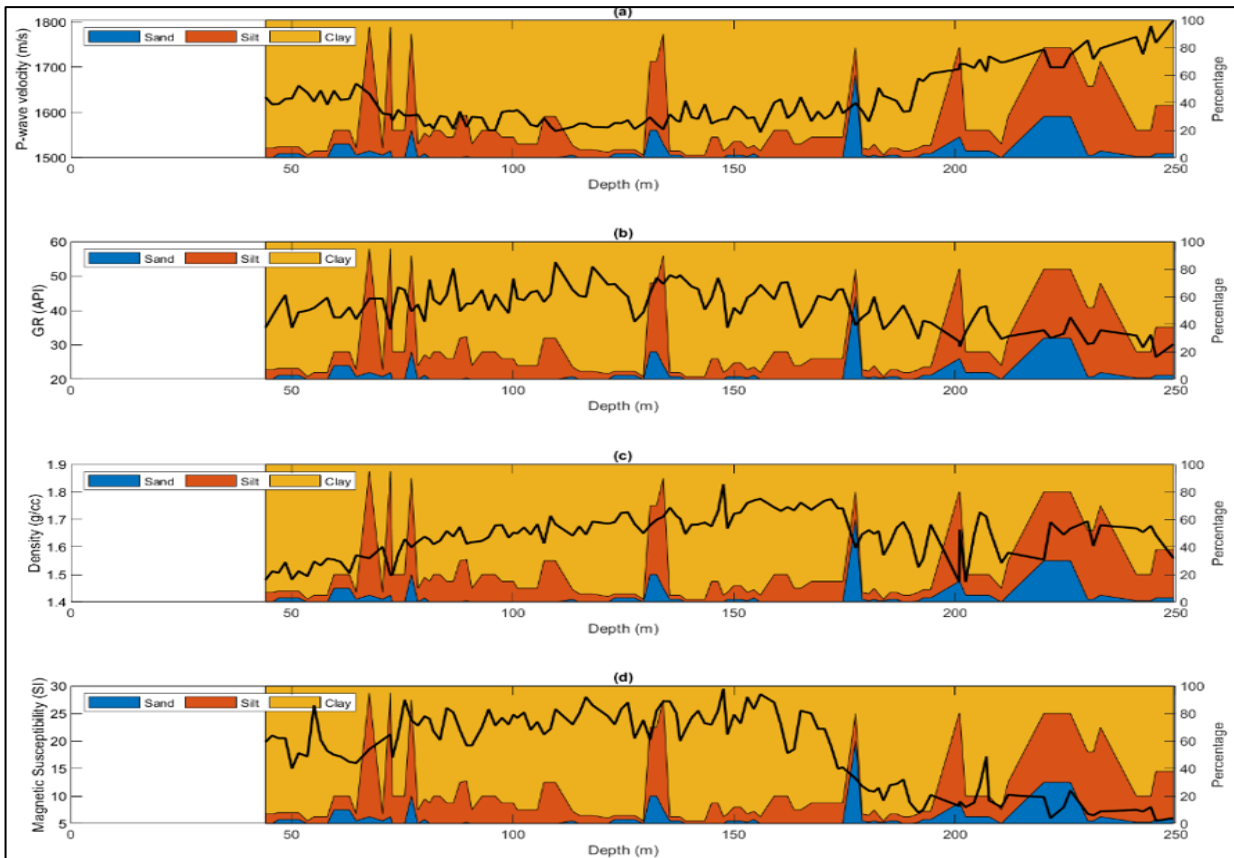
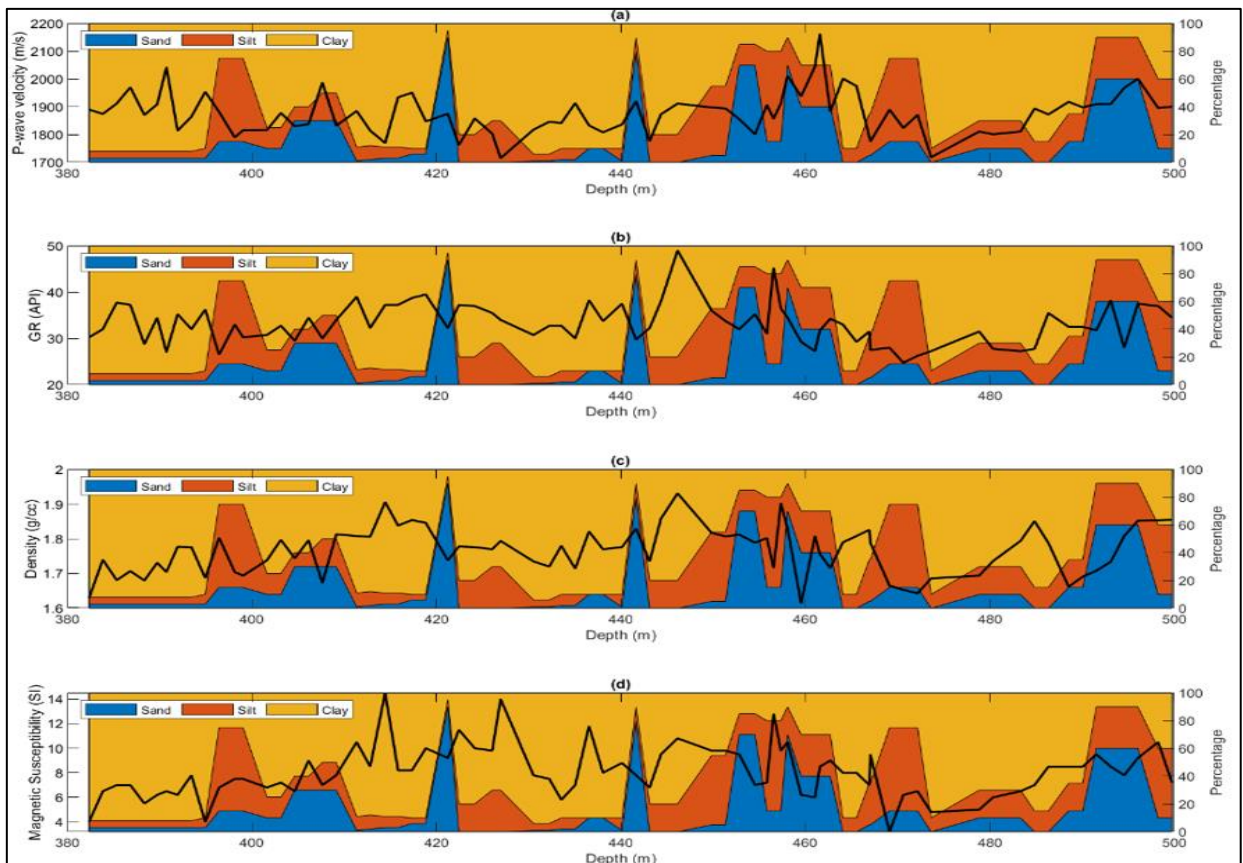


Figure 2. Physical parameters and proportions of sand, silt and clay data of well B.



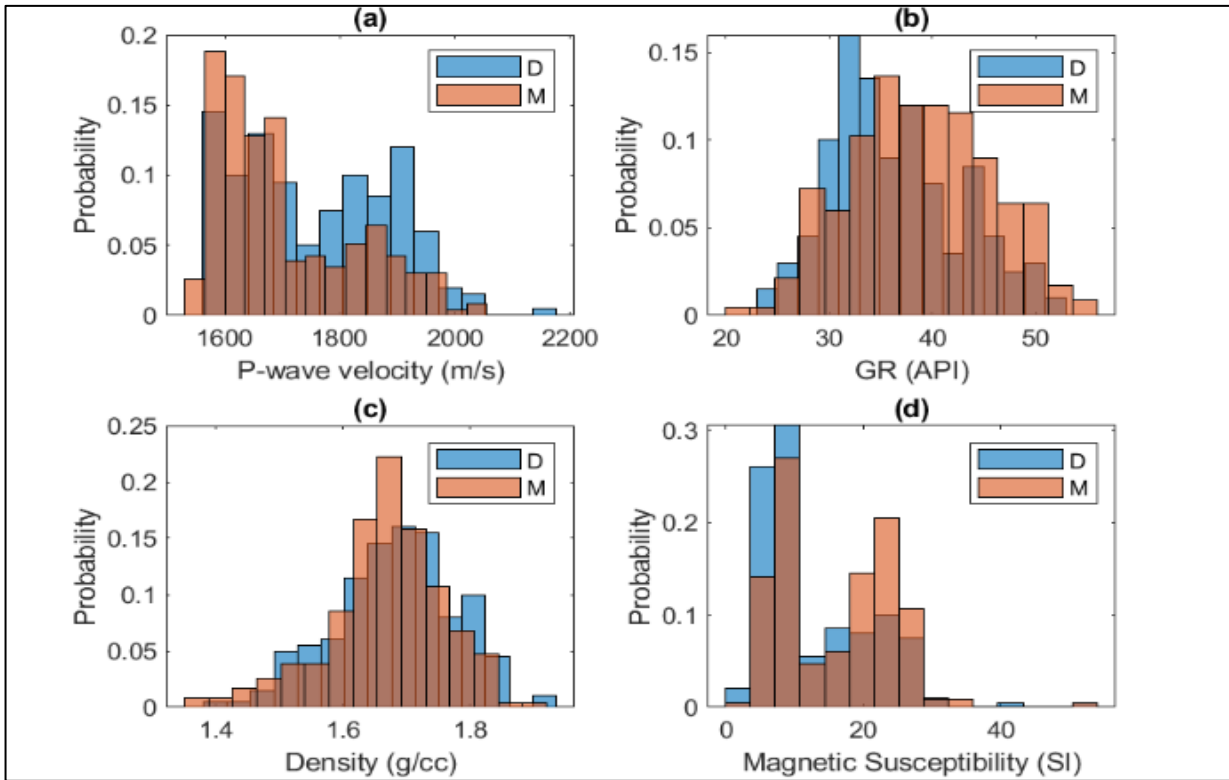
**Figure 3.** Physical parameters and proportions of sand, silt and clay data of well C

In this area, the lithology is divided into two groups D and M, the distribution of physical parameters is presented in Figure 4. Basically the distribution of physical parameters of these two groups is the same. While P-wave velocity and magnetic susceptibility show biclustering, for both lithological groups, density and gamma ray do not show this.

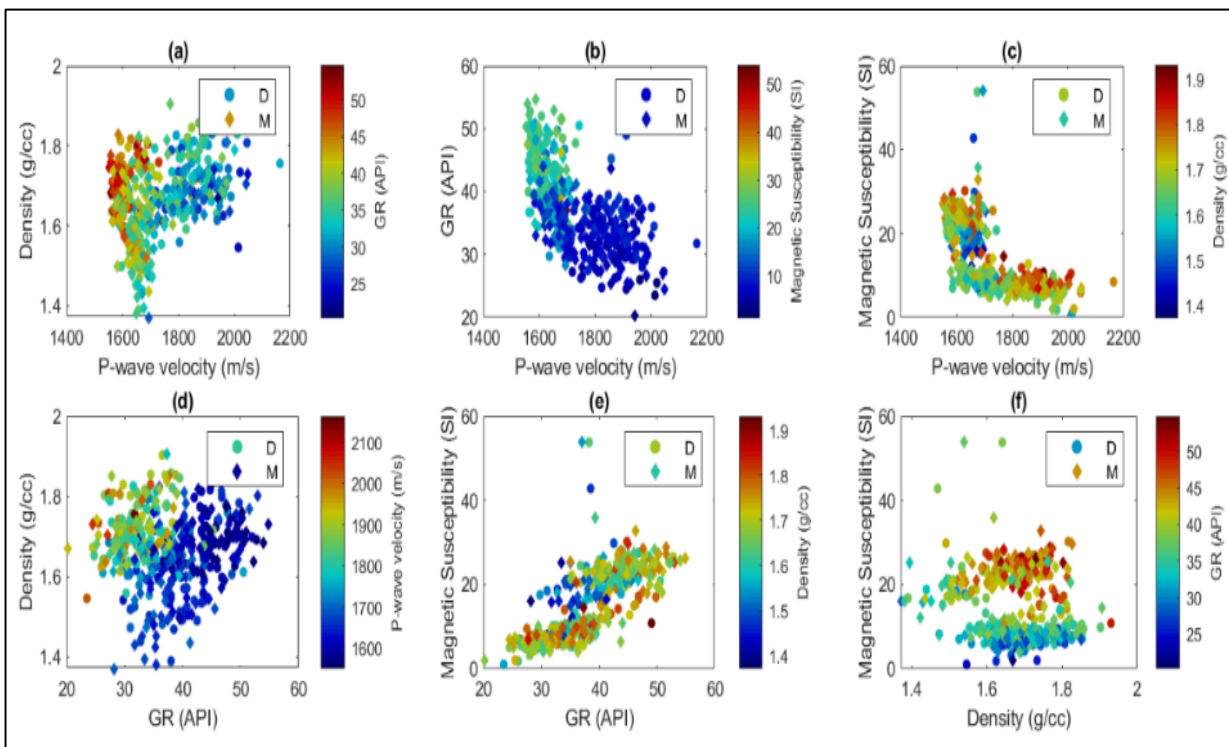
In general, the parameters represent two groups according to the values of the physical parameters, but the division of the two lithological groups according to these parameters is unclear. This issue is also shown quite clearly in Figure 5, when the parameters of P-wave velocity and electrical permeability are involved, the points of the samples are divided into two quite clear clusters (Figures 5a, 5b and 5c). Especially when magnetic susceptibility appears, the samples are clearly separated into two clusters (Figure 4d and Figures 5c, 5f).

It is easy to recognize that the relationship between physical parameters is not linear, the data pattern shows a cluster form (Figure 5). Subtracting a relationship between gamma ray and magnetic susceptibility (Figure 5e) and density versus magnetic susceptibility (Figure 5f) shows a linear relationship. The correlation between the proportions of sand, silt and clay with the physical parameters (Figure 6) shows more clearly the non-linear, cluster relationship.

It can be seen from figure 6 that group D is related to low clay and high silt percentage and conversely, high clay and low silt percentage are related to group M. Linear correlation between physical parameters and clay and silt composition is very low.

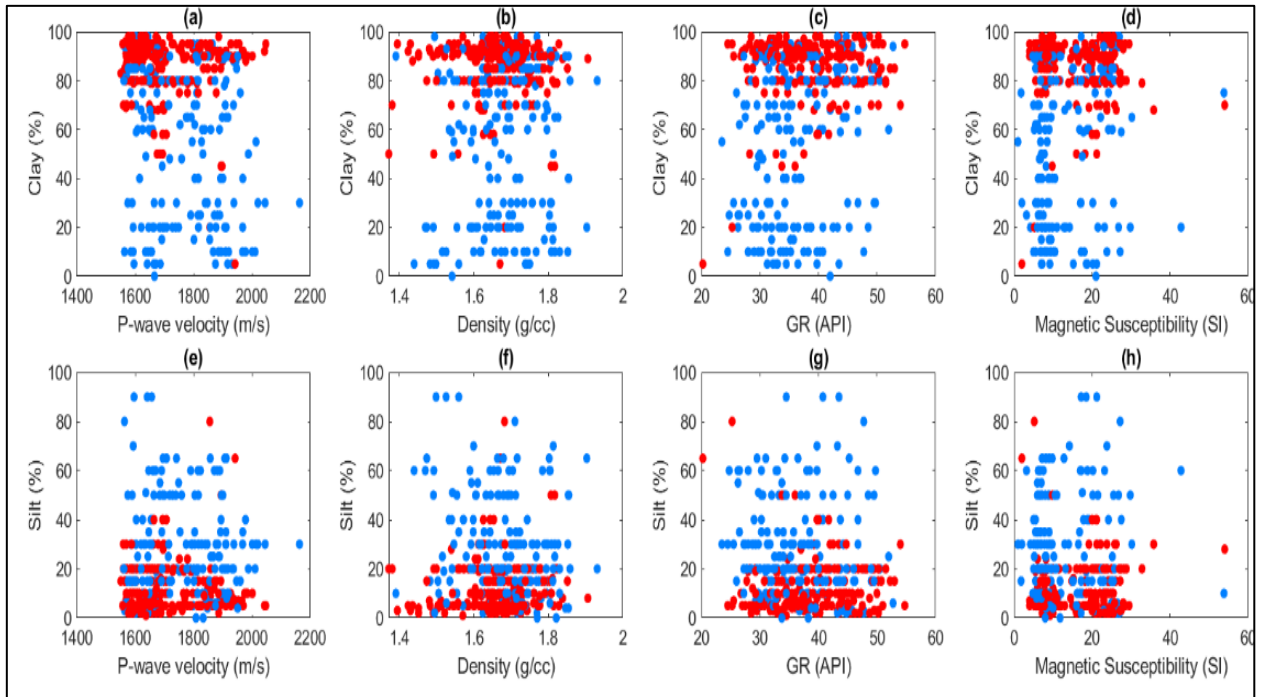


**Figure 4.** Distribution of the parameters P-wave velocity (a), gamma ray (b), density (c) and magnetic susceptibility (d) The parameters are expressed according to two lithology groups D and M.



**Figure 5.** Correlation between parameters of wave velocity, gamma ray, density and magnetic susceptibility according to two lithology groups D (diamond) and M (circle). In each figure the color range is represented according to the values of the parameters



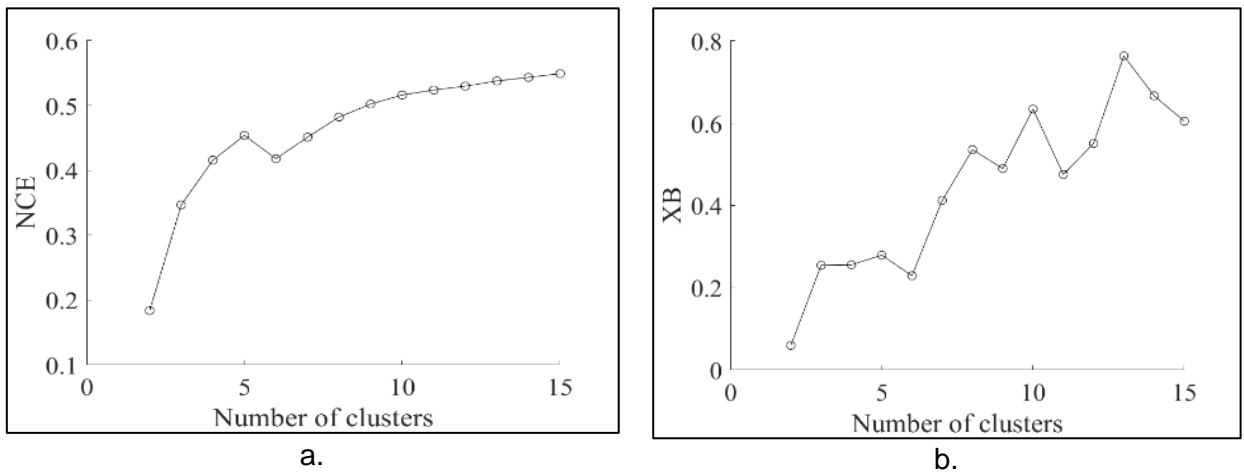


**Figure 6.** Correlation between parameters of P-wave velocity, gamma ray, density, magnetic susceptibility with the proportions of clay and silt according to two lithological groups D (light blue) and M (red)

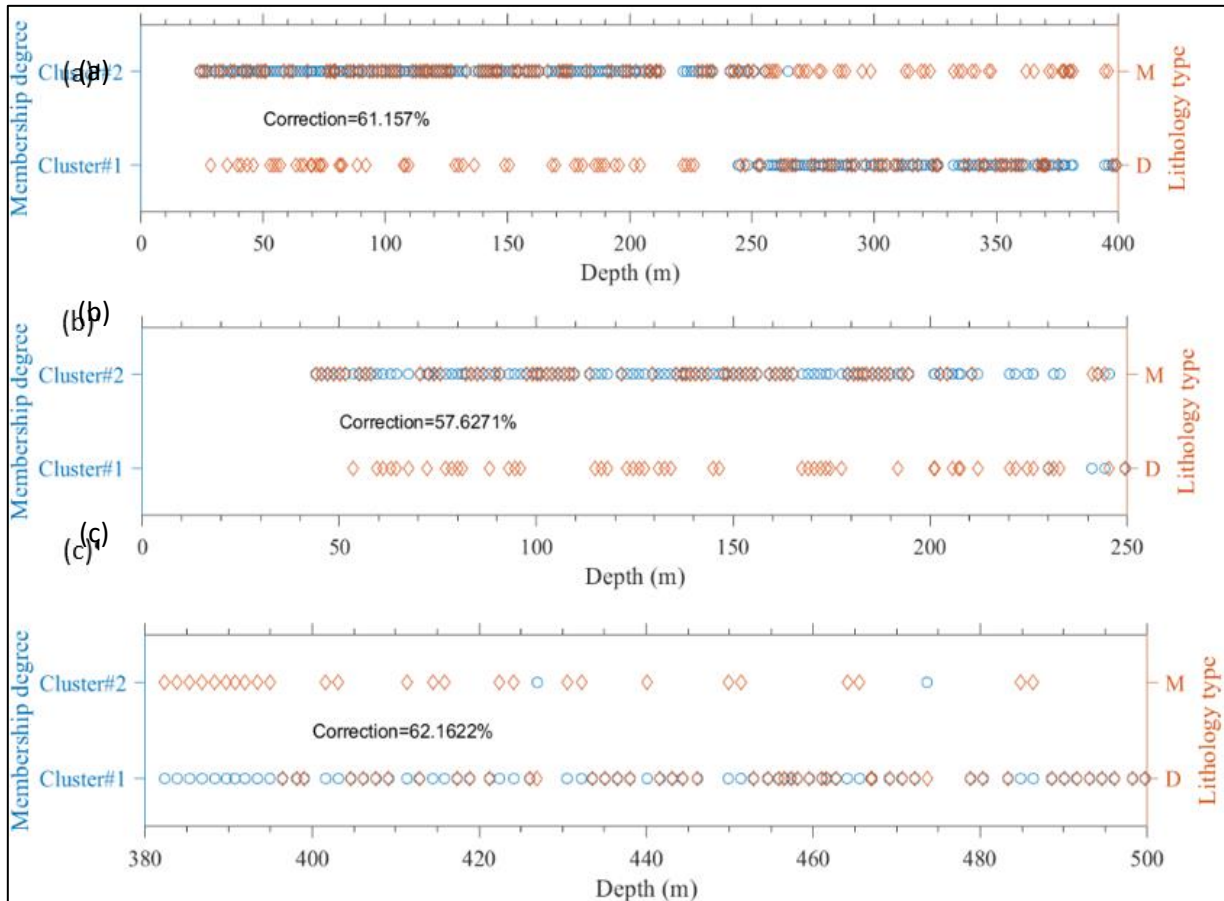
### 3. Lithology classification by machine learning

In this study, author used fuzzy c-means algorithm to classify lithology from well log data of 3 wells A, B and C. The fuzzy c-means algorithm [12] divides the elements of the input data into groups based on the similarity of the elements' properties. Unlike the K-means method in which each element belongs to only one group, in this method elements can belong to many groups with different membership coefficients.

One of the most important tasks in fuzzy cluster analysis is determining the number of clusters. Currently, the number of clusters is often determined based on a number of indicators. In this study we use two indices NCE [13] and XB [14] the smaller these two indexes are, the better the cluster analysis process is. The analysis results determined that a number of clusters equal to two is optimal for this dataset (Figure 7).



**Figure 7.** The NCE (a) and XB(b) indices used to determine the optimal number of clusters.



**Figure 8.** Comparison of results of petrographic division based on average c-fuzzy cluster analysis and core sample description in wells A(a), B(b) and C(c) with an accuracy of 61.57 %, 57.62 % and 62.16%, respectively.

It can be seen from results (figure 8) that group 1 (Cluster#1) corresponds to lithology type D, and group 2 (Cluster#2) corresponds to lithology type M. The accuracy compared to the core sample is about 60% , this rate is not too high. However, it should be noted that lithology and physical parameters have a low correlation, as analyzed above. Furthermore, core sample classification is subjective, and may have errors, as evidenced by the fact that compared to the clay ratio (Figure 7), there are still many points mixed in the two regions of the two lithology types.

## CONCLUSION

In this study we use fuzzy C-means algorithms to classify lithology from physical parameters in well log data of 3 wells. The initial results are positive, but the accuracy is not high. Author's has some suggestion:

1. To improve the accuracy and reliability of the method, in addition to using the input data as the geophysical data; geological information should be added or other high resolution well logging curves.
2. Machine learning have very high applicability and its inclusion to solve the oil and gas field tasks is very potential, there needs to be more research that go deeper into this topic.

## REFERENCES

1. [1] Braitenberg, C., Wienecke, S., and Wang, Y., 2006, Basement structures from satellite-derived gravity field: South China Sea ridge: *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, v. 111, no. B5.
2. [2] Ding, W., Franke, D., Li, J., and Steuer, S., 2013, Seismic stratigraphy and tectonic structure from a composite multi-channel seismic profile across the entire Dangerous Grounds, South China Sea: *Tectonophysics*, v. 582, p. 162-176.
3. [3] Ding, W., Li, J., and Clift, P. D., 2016, Spreading dynamics and sedimentary process of the Southwest Sub-basin, South China Sea: Constraints from multi-channel seismic data and IODP Expedition 349: *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 115, p. 97-113.
4. [4] Gozzard, S., Kuszniir, N., Franke, D., Cullen, A., Reemst, P., and Henstra, G., 2018, South China Sea crustal thickness and oceanic lithosphere distribution from satellite gravity inversion: *Petroleum Geoscience*, p. petgeo2016-2162.
5. [5] Huang, W., and Wang, P., 2006, Sediment mass and distribution in the South China Sea since the Oligocen: *Science in China Series D: Earth Sciences*, v. 49, no. 11, p. 1147-1155.
6. [6] Trung, N. N., Lee, S.-M., and Que, B. C., 2004, Satellite Gravity Anomalies and Their Correlation with the Major Tectonic Features in the South China Sea: *Gondwana Research*, v. 7, no. 2, p. 407-424.
7. [7] Wu, H., Shi, M., Zhao, X., Huang, B., Zhang, S., Li, H., Yang, T., and Lin, C., 2017, Magnetostratigraphy of ODP Site 1143 in the South China Sea since the Early Pliocene: *Marine Geology*, v. 394, p. 133-142.
8. [8] Bosch, D., Ledo, J., and Queralt, P., 2013, Fuzzy Logic Determination of Lithologies from Well Log Data: Application to the KTB Project Data set (Germany): *Surveys in Geophysics*, v. 34, no. 4, p. 413-439.
9. [9] Dekkers, M. J., Heslop, D., Herrero-Bervera, E., Acton, G., and Krasa, D., 2014, Insights into magmatic processes and hydrothermal alteration of in situ superfast spreading ocean crust at ODP/IODP site 1256 from a cluster analysis of rock magnetic properties: *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, v. 15, no. 8, p. 3430-3447.
10. [10] Karmakar, M., Maiti, S., Singh, A., Ojha, M., and Maity, B. S. J. M. G. R., 2018, Mapping of rock types using a joint approach by combining the multivariate statistics, self-organizing map and Bayesian neural networks: an example from IODP 323 site, v. 39, no. 3, p. 407-419.
11. [11] Tse, K. C., Chiu, H.-C., Tsang, M.-Y., Li, Y., and Lam, E. Y. J. F. o. E. S., 2019, Unsupervised learning on scientific ocean drilling datasets from the South China Sea, v. 13, no. 1, p. 180-190.
12. [12] Bezdek, J. C., Ehrlich, R., and Full, W., 1984, FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm: *Computers & Geosciences*, v. 10, no. 2-3, p. 191-203.
13. [13] Roubens, M., 1982, Fuzzy clustering algorithms and their cluster validity: *European Journal of Operational Research*, v. 10, no. 3, p. 294-301.
14. [14] Xie, X. L., and Beni, G., 1991, A validity measure for fuzzy clustering: *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, v. 13, no. 8, p. 841-847.

## MỤC LỤC

Lời giới thiệu.....	7
Phát biểu khai mạc Hội nghị của Ông Vũ Mai Khanh -Tổng giám đốc Liên doanh Vietsovpetro.....	9
<b>Phần thứ nhất: Địa chất – Địa vật lý</b>	
1. <b>Nguyễn Hùng Anh, Vũ Nam Hải</b> Kết quả công tác tìm kiếm -thăm dò của LD Vietsovpetro giai đoạn 2010-2023 và kế hoạch trong giai đoạn tiếp theo .....	15
2. <b>Nguyễn Lâm Anh, Vũ Văn Khương, Nguyễn Thái Hợp</b> Địa chấn 3D/4C Lô 09-1, đột phá về công nghệ trong lĩnh vực tìm kiếm thăm dò – khai thác / kết quả áp dụng tại Lô 09-1, kế hoạch giai đoạn tiếp theo .....	23
3. <b>Nguyễn Lâm Anh, Lê Hồng Quân, Phạm Việt Âu</b> Tiếp cận phương pháp địa tầng phân tập mới để tìm kiếm bẫy phi cấu tạo Lô 09-1 .....	29
4. <b>Nguyễn Giang An, Nguyễn Văn Tiến</b> Cơ hội và thách thức của thân dầu Oligocen trên (E2) Lô 09-1 .....	40
5. <b>Nguyễn Giang An, Nguyễn Thái Hợp</b> Phát hiện dầu quy mô nhỏ và công tác tận thăm dò giai đoạn tiếp theo tại Lô 09-1 .....	51
6. <b>Nguyễn Văn Tiến, Lê Minh Hiếu</b> Xác định và dự báo sự tồn tại của bẫy phi cấu trúc trong trầm tích Miocen dưới ở khu vực phía bắc Mỏ Bạch Hồ.....	60
7. <b>Phạm Hồng Khanh, Nguyễn Duy Ngọc, Đặng Xuân Thủy</b> Đặc trưng trầm tích tầng Oligocen dưới và giải pháp nâng cao tận thu hồi trữ lượng dầu khu vực Đông Rồng – Mỏ Rồng .....	67
8. <b>Nguyễn Duy Ngọc, Đặng Xuân Thủy, Đỗ Văn Toàn</b> Sử dụng tài liệu địa vật lý giếng khoan để đánh giá nứt nẻ, hang hốc lát cắt móng khu vực Yên Ngựa Rồng và ứng dụng plt xác định ranh giới dầu nước nâng cao hiệu quả khai thác cho các giếng khoan .....	75
9. <b>Nguyễn Hùng Anh, Nguyễn Trọng Biển, Vũ Văn Hải, Phạm Thị Hồng, Nguyễn Minh Tuấn</b> Bài học kinh nghiệm trong tìm kiếm thăm dò dầu khí Lô 16-1/15, Bể Cửu Long ..	86
10. <b>Nguyễn Xuân Quang, Phạm Hồng Khanh, Nguyễn Duy Ngọc, Trương Ngọc Sang</b> Giải pháp thiết kế và chế tạo hệ thống thiết bị máy giếng gia nhiệt qua cáp địa vật lý .....	94

11.	<b>Phạm Thị Thúy</b> Áp dụng phương pháp thống kê xác định ngưỡng điện trở suất Cutoff từ số liệu địa vật lý giếng khoan để rà soát những khoảng tiềm năng còn lại ở đối tượng Miocen dưới và Oligocen trên, Mỏ Thổ Trắng và Miocen dưới khu vực Nam Trung Tâm Rồng (RC-6,5,9) .....	99
12.	<b>Hoàng Văn Quý, Lê Hồng Quân</b> Cơ chế hình thành và phương pháp luận tìm kiếm, thăm dò thân dầu trong đá Móng magma nứt nẻ - hang hốc.....	113
13.	<b>Hoàng Anh Tuấn, Trịnh Xuân Cường, Nguyễn Linh Thái, Phan Tiến Viễn</b> Đặc điểm thạch học trầm tích và chất lượng đá chứa cát kết tuổi Miocen dưới-giữa khu vực rìa Tây Nam Bể Malay-Thổ Chu, Việt Nam .....	118
14.	<b>Nguyễn Văn Hoàng, Nguyễn Xuân Phong, Lương Thị Thanh Huyền, Đặng Văn Du, Vũ Văn Khương</b> Xây dựng mô hình dự báo nguy cơ sinh cát, áp dụng cho giếng khoan cho Mỏ X, Lô Y, Bể Cửu Long .....	127
15.	<b>Doãn Ngọc San, Nguyễn Diệu Nương, Nguyễn Văn Thắng, Nguyễn Ngọc Sơn, Cấn Văn Hùng, Nguyễn Văn Thanh, Tạ Việt Cường, Hoàng Văn Quý, Trần Thị Oanh, Đỗ Thị Thùy Linh</b> Xây dựng hệ thống trí tuệ nhân tạo tích hợp dữ liệu địa chất dầu khí đánh giá triển vọng dầu khí .....	140
16.	<b>Hoàng Đình Tiến, Bùi Thị Luận, Hoàng Thị Xuân Hương</b> Các chỉ tiêu phản ánh hướng di cư hydrocarbon và nguồn cung cấp dầu khí trong Bể Cửu Long .....	146
17.	<b>Рюмкин А.Г.</b> Создание подземных хранилищ газа в выработанных залежах нефтяных месторождений СП «Вьетсовпетро» .....	154
18.	<b>Кувалдин А.П.</b> Повышение эффективности геологоразведочных работ на маргинальных участках СП «Вьетсовпетро» .....	160
19.	<b>Balkanov Sergei, Huy Ho Tan</b> Optimization of technical solutions to improve the efficiency of the TN-HA Project, Block 12/11, SRV .....	165
20.	<b>Hung Tien Nguyen, Duong Hong Vu, Vinh The Nguyen</b> Predicting formation lithology from real time drilling data .....	168
22.	<b>Duong Hong Vu, Hung Tien Nguyen, Vinh The Nguyen</b> Lithology classification from well logging data using machine learning .....	173

21.	<b>Dang Viet Long, Tony Roche, Do Dinh Pha, George Hepler, Bui Huu Phuoc, Le Cong Trung, Nguyen Viet Dung, Le Minh Hai, Duong Bin, Le Quang Dat, Ngo Khanh Dong, Pham Tien Trung, Ho Van Tam, Tran Van Lam, Hoang Van Quy</b>	
	Assessment of hydrocarbon column height in stacked, laminated, thin-bed hydrocarbon bearing reservoirs: a case study In Te Giac Trang Field, Cuu Long Basin .....	180
22.	<b>Le Anh Tuan, Pham Minh Hai, Albi Verba, Suyang Chen</b>	
	Improved seismic image resolution through advanced reprocessing techniques: a case study on legacy 2016 data in offshore Viet Nam.....	191
23.	<b>Nguyen Quang Hoa, Pham Vu Chuong, Sadegh Asadi</b>	
	Solids production prediction in carbonate reservoirs – a case study from ncs basin offshore Viet Nam.....	199
24.	<b>Binh, N., Tonai, S., Yamada, Y., Sano. T., Ikeuchi, H., Otsu, H.</b>	
	A study of secondary shear band formation and related sub-seismic fault patterns in the Central Rang Dong Field, Viet Nam by using sandbox shear experiments .	207
<b>Phần thứ hai: Thiết kế Khai thác mỏ</b>		
1.	<b>Phạm Xuân Sơn, Nguyễn Lâm Anh, Hồ Nam Chung, Phùng Mỹ Anh</b>	
	Tổng quan về hiện trạng các mỏ dầu của Vietsovpetro và định hướng các giải pháp khai thác hiệu quả.....	227
2.	<b>Phùng Đình Thực</b>	
	Khai thác thân dầu trong đá móng mỏ Bạch Hổ: những vấn đề phức tạp chính và các giải pháp công nghệ-kỹ thuật chủ yếu .....	250
3.	<b>Hồ Nam Chung, Phùng Thị Mỹ Anh, Phạm Thị Minh Trang</b>	
	Giải pháp tăng cường thu hồi đối với quỹ giếng tầng Móng đã ngừng khai thác..	264
4.	<b>Nguyễn Lâm Anh, Hồ Nam Chung, Lê Hồng Quân, Phạm Việt Âu, Phạm Thị Minh Trang</b>	
	Nâng cao sản lượng khai thác từ các khối sót, vỉa sót trên Lô 09-1 .....	270
5.	<b>Đào Nguyên Hưng, Phí Mạnh Tùng, Pridannikov D.V</b>	
	Các giai đoạn và định hướng phát triển chính để nâng cao hiệu quả khai thác đối tượng đá Móng nứt nẻ mỏ Bạch Hổ .....	283
6.	<b>Kudin E.V., Aubakirov A.R., Chung Nghiệp Huân</b>	
	Lịch sử phát triển và định hướng nâng cao chất lượng mô hình mô phỏng đối tượng đá Móng nứt nẻ mỏ Bạch Hổ .....	292
7.	<b>Lê Việt Hải, Phạm Thanh Bình</b>	
	Quản lý, kiểm soát và điều chỉnh quá trình khai thác tầng Móng nứt nẻ mỏ Bạch Hổ, thực tế và kinh nghiệm .....	302
8.	<b>Nguyễn Minh Quý, Phạm Trường Giang, Hoàng Long, Đinh Đức Huy, Lê Thị Thu Hương, Cù Thị Việt Nga</b>	
	Áp dụng hệ hóa phẩm VPI SP EOR nâng cao hệ số thu hồi dầu cho khu vực BK-16, đối tượng miocen nam, mỏ bạch hổ, Lô 09-1 Việt Nam .....	308

8.	<b>Hoàng Long, Nguyễn Minh Quý, Đoàn Huy Hiền, Bùi Việt Dũng, Phạm Quý Ngọc và các tác giả VSP</b> Áp dụng phần mềm EOR VPI Screening và cơ sở dữ liệu các dự án EOR để lựa chọn giải pháp nâng cao hệ số thu hồi dầu cho đối tượng trầm tích mở Bạch Hổ, Lô 09-1, thềm lục địa Việt Nam.....	314
10.	<b>Иванов А.Н., Ву Ван Хыонг, Нгуен Куинь Зуь, Нгуен Хай Тьен, Марахов Г.Б., Нгуен Хоанг</b> Особенности планирования геолого-технических мероприятий при разработке месторождениях Блока 09-1 .....	325
11.	<b>Нгуен Лам Ань, Ву Ван Хыонг, Нгуен Куинь Зуь, Кудин Е.В., Нгуен Туан Ань</b> Текущее состояние изучения методов повышения нефтеотдачи и перспективы их реализации для месторождений Блока 09-1 на ближайший период .....	331
12.	<b>Nguyen Kien Trung, Ha Minh Dung</b> Application of assisted history matching for improving production forecast and reservoir management - a case study of Rang Dong Basement reservoir.....	338
<b>Phần thứ ba: Công nghệ Khai thác</b>		
1.	<b>Lê Việt Dũng, Bùi Trọng Hân, Lê Đăng Tâm, Phạm Trung Sơn, Nguyễn Văn Viên, Phan Trần Hải Long</b> Chặng đường phát triển công nghệ và kỹ thuật khai thác dầu ở Liên doanh Vietsovpetro.....	353
2.	<b>Lê Việt Dũng, Trần Quốc Thắng, Tống Cảnh Sơn, Lê Đăng Tâm, Bùi Trọng Hân, Nguyễn Thúc Kháng và Phan Đức Tuấn</b> Nghiên cứu phát triển giải pháp công nghệ vận hành và xây dựng mỏ để khai thác hiệu quả tài nguyên dầu khí ngoài khơi Lô 09 1 .....	360