

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài nghiên cứu

Bể Nam Côn Sơn khi khoan giếng thường đo ghi đồng thời 6 đường cong là GR, DT, NPFI, RHOB, LLD, LLS. Có những đường cong không đo ghi được đầy đủ từ nóc móng đến đáy giếng. Nhiều phân đoạn chỉ đo ghi được 4 hoặc 5 đường cong. Để tính Phi và Sw phần mềm chuyên dụng IP và BASROC đòi hỏi cả 6 đường cong *Địa vật lý giếng khoan* (ĐVLGK) phải đo ghi đủ từ nóc móng đến đáy giếng. Theo thống kê có 20 đến 25% số giếng chưa tính được độ rỗng vì các đường cong đo ghi hỏng. Để giải quyết khó khăn này nghiên cứu sinh thực hiện luận án “Nghiên cứu ứng dụng mạng Noron nhân tạo đánh giá tiềm năng dầu khí. Áp dụng ở Đại Hùng Nam”.

2. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu, cơ sở tư liệu

Đối tượng nghiên cứu là đá móng trước Kainozoi và đá trầm tích Kainozoi (Oligocen và Miocen). Phạm vi nghiên cứu và ứng dụng là bể Cửu Long, bể Nam Côn Sơn. Bể Cửu Long đối tượng chủ yếu là đá móng magma trước Kainozoi, bể Nam Côn Sơn thì đối tượng chính là đá trầm tích (mỏ Đại Hùng, Đại Hùng Nam).

Cơ sở tư liệu: Mạng noron nhân tạo (ANN), thống kê toán, lập trình MATLAB; Các đường cong ĐVLGK, các phân tích phòng thí nghiệm; Tài liệu địa chất, dầu khí bể Cửu Long và bể Nam Côn Sơn.

3. Phương pháp nghiên cứu

(i) Kết hợp nghiên cứu bồn trũng Nam Việt Nam với nghiên cứu lý thuyết ANN để phát triển và thiết kế được ANN giải bài toán tính tham số *vật lý thạch học* (VLTH) và phục hồi đường cong ĐVLGK đo ghi hỏng. (ii) Kết hợp nghiên cứu lý luận, nghiên cứu phương pháp với kiểm nghiệm thực tế. Lý luận được hoàn chỉnh chỉ khi kiểm nghiệm thực tế đúng, theo phương châm: từ trực quan sinh động đến tư duy trừu tượng, lại từ tư duy trừu tượng trở về trực quan sinh động.

4. Nội dung, nhiệm vụ nghiên cứu

(i) Nghiên cứu đặc điểm địa chất, thực trạng đo ghi, nghiên cứu kết quả phân tích phòng thí nghiệm, minh giải địa chấn, minh giải ĐVLGK, phát hiện, thu thập, lựa chọn trong kho tàng thông tin đã có để sử dụng (đã phát hiện ra rằng có thể dùng những giếng đã tính được tham số VLTH để lấy số liệu xây dựng tập huấn luyện). Nghiên cứu đặc điểm địa chất khu vực giếng cần tính các tham số VLTH và nghiên cứu đặc điểm địa chất khu vực những giếng đã tính được các tham số VLTH để tìm ra giếng thỏa mãn nguyên lý phù hợp để xây dựng *tập huấn luyện* (THL). (ii) Nghiên cứu lý thuyết ANN, nghiên cứu tác động khác nhau của các *đường cong ĐVLGK đầu vào* (Input) đến *tham số VLTH hay đường cong cần tính* (Output) nhằm xác định công thức chuẩn hóa phù hợp để thiết kế mô hình ANN giải quyết ba dạng bài toán cụ thể đặt ra là:

- Phục hồi, bổ sung đường cong ĐVLGK đo ghi hỏng;
- Tính thành phần thạch học đá móng magma trước Kainozoi;
- Tính các tham số VLTH: Độ rỗng, độ bão hòa, hàm lượng sét.

5. Mục tiêu nghiên cứu

(i) Phục hồi một số đường cong ĐVLGK đo ghi hỏng. (ii) Dùng ANN tính *thành phần thạch học* (TPTH), tính tham số VLTH chính xác cả trong trường hợp phương pháp truyền thống không tính được.

6. Kết quả đạt được và những điểm mới của luận án

(i) Đề xuất điều kiện của THL là nguyên lý phù hợp và tính đại diện, tính đầy đủ. Chứng minh số mẫu THL tối ưu: $p(\text{tối ưu})=360$, đưa ra phương pháp xây dựng THL trong điều kiện đo ghi hiện tại. (ii) Chứng minh số Input tối ưu tính tham số VLTH: $I(\text{tối ưu})=4$. (iii) Cơ sở khoa học để xác định công thức chuẩn hóa số liệu là hàm phân bố của Input. Đưa ra công thức chuẩn hóa phù hợp 3 phân bố. (iv) Phục hồi GR, DT, NPHI, RHOB đo ghi hỏng bằng ANN. (v) Tính TPTH đá móng magma trước Kainozoi 5 Input. (vi) Tính Phi, hàm lượng sét, độ bão hòa nước dư 4 Input.

7. Ý nghĩa khoa học và giá trị thực tiễn của luận án

Ý nghĩa khoa học: (i) Điều kiện của tập huấn luyện, $p(\text{tối ưu})=360$, công thức giá trị trung bình chuẩn hóa số liệu đã giải quyết toàn diện, triệt để và chính xác yêu cầu của tập huấn luyện, là cơ sở khoa học thiết kế ANN 4 input. (ii) $I(\text{tối ưu})=4$ có ý nghĩa lý luận là giảm điều kiện từ 6 xuống 4 Input, ý nghĩa thực tế là tính được giếng phương pháp truyền thống không tính được. ANN 4 Input là mô hình lý tưởng. Tính lý tưởng = Tính khoa học + Tính thực tiễn. (iii) ANN 4 Input phục hồi đường cong ĐVLGK đo ghi hồng mở rộng ứng dụng của ANN giải quyết được những vấn đề mà phương pháp truyền thống không thể đặt ra.

Giá trị thực tiễn:

- (i) Phục hồi 9 giếng có GR, DT đo ghi hồng rồi tính độ rỗng. Kết quả tính độ rỗng được sử dụng để xây dựng sơ đồ công nghệ khai thác mỏ. Phương pháp phục hồi đường cong đo ghi hồng bằng ANN đang được sử dụng nghiên cứu Đại Hùng Nam.
- (ii) ANN 4 Input tính độ rỗng 15 giếng để xây dựng SĐCN khai thác mỏ. Phương pháp truyền thống không tính được 15 giếng này.

8. Luận điểm bảo vệ

Luận điểm 1: Mạng nơron nhân tạo phục hồi được GR, DT, NPHI, RHOB đo ghi hồng hoặc không đo ghi được. Ứng dụng phục hồi 9 giếng mỏ RĐ rồi tính độ rỗng. Kết quả tính độ rỗng được công ty JVPC sử dụng để xây dựng sơ đồ công nghệ khai thác mỏ. Kết quả này mở rộng phạm vi ứng dụng của ANN sang lĩnh vực mới mà phương pháp truyền thống chưa đặt ra.

Luận điểm 2: Kết hợp thuật học BP và RBF; xây dựng tập huấn luyện với $p=360$, thỏa mãn điều kiện của tập huấn luyện, chuẩn hoá số liệu bằng công thức phù hợp với hàm phân bố của Input, đã thiết kế được ANN tính các tham số VLTH 4 Input. ANN 4 input được thực tiễn chấp nhận. Nghĩa là được sử dụng thăm dò khai thác khi phương pháp truyền thống không tính được. ANN 4 Input đã tính được độ rỗng 15 giếng cho JVPC, đã được áp dụng nghiên cứu tại mỏ Đại Hùng, Như

vậy ANN 4 Input đã giải quyết được một số vấn đề mà phương pháp truyền thống chưa giải quyết được hoàn toàn trong thăm dò, khai thác dầu khí.

9. Cấu trúc của luận án

Ngoài phần Mở đầu, Kết luận luận án bao gồm 4 chương: Chương 1: Tổng quan nguyên lý ứng dụng mạng nơron nhân tạo trong nghiên cứu dầu khí; Chương 2: Đặc điểm địa chất khu vực nghiên cứu; Chương 3: Phục hồi các đường cong Địa vật lý Giếng khoan đo ghi hồng bằng mạng nơron nhân tạo; Chương 4: Xác định các tham số vật lý thạch học bằng mạng nơron nhân tạo.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGUYÊN LÝ ỨNG DỤNG MẠNG NƠRON NHÂN TẠO TRONG NGHIÊN CỨU DẦU KHÍ

1.1. Khái niệm về mạng nơron nhân tạo

1.1.1. Lịch sử hình thành và phát triển của mạng nơron nhân tạo

Ba giai đoạn: 1943 - 1960; 1960 - 1990; 1960 – ngày nay.

1.1.2. Cấu trúc của mạng nơron nhân tạo

- Giới thiệu mạng nơron sinh học;
- Giới thiệu mạng nơron nhân tạo.

1.1.3. Trình tự áp dụng xử lý bài toán mạng nơron nhân tạo

Bước 1. Thu thập dữ liệu. Tuyển chọn dữ liệu làm Input.

Bước 2. Xây dựng tập huấn luyện, tập tính toán, tập kiểm tra.

Bước 3. Chuẩn hóa số liệu.

Bước 4. Xác định số nơron lớp ẩn, hàm kích hoạt, hàm huấn luyện.

Bước 5. Đảm bảo độ tin cậy của kết quả ANN tính giếng tính toán.

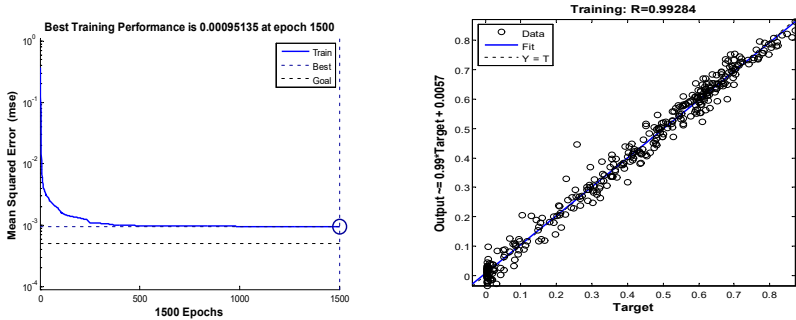
1.1.4. Phương pháp đánh giá chất lượng của ANN bằng (a, R, P)

Hàm newwff: newff(P,Q, {'func1' 'func 2'}, 'train func');

Hàm train: train(net0, 'LOGhl', 'TARGET');

Đưa tập huấn luyện vào huấn luyện mạng. Kết thúc huấn luyện mạng thông báo: a, R và P.

Tiêu chuẩn đánh giá chất lượng của ANN bằng tiêu chuẩn (a, R, P). Nếu $a > 90$, $R > 0.90$, $P = 0.000n$ (1.2) Thì mạng là tốt dùng được.



Hình 1. P và a, R tính Phi cho giếng XN3 mở X2 với 10 nơron lớp ẩn
 $a=0.99$; $R=0.99284$; $P=0.00090135$

Hình bên trái: P	Hình bên phải: a, R
Trục hoành: Epochs Trục tung: MSE $P \rightarrow 0.000n$: Mạng thiết kế và huấn luyện tốt	Trục hoành: Target Trục tung: $OUTPUT=a*T + b$ $a \rightarrow 1$, $R \rightarrow 1$: Kết quả ANN tính ra đúng

1.2. Tổng quan lịch sử ứng dụng ANN trong nghiên cứu dầu khí

1.2.1. Tổng quan các nghiên cứu trên thế giới

1.2.2. Tổng quan các nghiên cứu trong nước

1.2.3. Những vấn đề còn tồn tại

- Chưa sử dụng ANN tính tham số VLTH cho bể Nam Côn Sơn;
- Mạng với 6 Input không đáp ứng được yêu cầu của thực tế.

1.3. Các vấn đề luận án nghiên cứu

a. Những nghiên cứu lý luận và thuật giải

- Lựa chọn Input. Xác định số đầu vào (số Input);
- Điều kiện của THL, phương pháp xây dựng THL;

- Chuẩn hóa số liệu cho từng đường cong ĐVLGK;
- Xác định số nơon lớp ẩn;
- Chọn hàm kích hoạt, chọn hàm huấn luyện mạng.

b. Những nghiên cứu ứng dụng

- Phục hồi các đường cong đo ghi hồng bằng ANN 4 Input;
- Tính tham số VLTH, ((Phi, Sw, VCL) bằng ANN 4 Input.

1.3.1. Phương pháp lựa chọn các đường cong làm Input, xác định số Input

Cơ sở dữ liệu là Input của ANN. Mỗi bài toán có cơ sở dữ liệu riêng. Để lựa chọn những đường cong làm Input ta phải sắp xếp thứ tự ưu tiên các đường cong ĐVLGK. Đường cong có tác động mạnh hơn đến Output thì xếp lên trước. Đường cong nào không có tác động đến Output thì loại bỏ không dùng làm Input. Gồm 2 bước sau:

Bước 1: Sắp xếp thứ tự ưu tiên các đường cong ĐVLGK làm đầu vào Input. Bước 2: Xác định số lượng đầu vào (số Input).

1.3.2. Xây dựng tập huấn luyện, tập kiểm tra

Phương pháp ANN tính các tham số VLTH là xấp xỉ hàm chưa biết dựa trên cơ sở các cặp điểm vào – ra biểu diễn hàm chưa biết đó. Tập các cặp điểm vào – ra dạng $(X_i - Y_i) \quad i=1,2\dots p$ là tập huấn luyện của ANN. THL có cấu trúc như sau:

$$\text{THL} = [\text{LOGhl TARGET}]$$

Ví dụ: Tính Phi 4 Input là GR NPHI RHOB LLD thì:

$\text{LOGhl} = [\text{GR NPHI RHOB LLD}]$ và $\text{TARGET} = [\text{Phi}]$ là ma trận cột.

LOHhl là tập các điểm đầu vào là tập xác định của tập huấn luyện. TARGET là tập các điểm đầu ra của tập huấn luyện.

Điều kiện của tập huấn luyện

Mệnh đề cơ bản: Điều kiện của tập huấn luyện là nguyên lý phù hợp, tính đại diện và tính đầy đủ.

Cách tìm giéng thỏa mãn nguyên lý phù hợp:

Nguyên lý phù hợp nghĩa là để tính tham số VLTH cho giếng A thì số liệu để xây dựng THL phải chọn từ giếng có đặc điểm địa chất dầu khí giống giếng A (và đã tính được giá trị tham số VLTH).

Bước 1: Chứng minh hai giếng có đặc điểm địa chất dầu khí giống nhau khi và chỉ khi các đường cong ĐVLGK của 2 giếng có hàm phân bố giống nhau.

Bước 2: Tính hệ số tương quan R^2 . Chọn giếng có R^2 đủ lớn. VD: Chọn các giếng XH1, XH2, XH3 và XNT1 rồi tính R^2 được bảng 1.

Bảng 1. Tương quan R^2 của giếng XN2P với giếng XH1, XH2, XH3, XNT1

	(XN2P, XH1)	(XN2P, XH2)	(XN2P, XH3)	(XN2P, XNT1)
GR	$R^2=0.92$	$R^2=0.87$	$R^2=0.80$	$R^2=0.73$
DT	$R^2=0.89$	$R^2=0.79$	$R^2=0.78$	$R^2=0.64$
NPHI	$R^2=0.87$	$R^2=0.83$	$R^2=0.90$	$R^2=0.63$
RHOB	$R^2=0.95$	$R^2=0.87$	$R^2=0.86$	$R^2=0.52$
TB	$R^2=0.91$	$R^2=0.80$	$R^2=0.81$	$R^2=0.60$

Từ bảng 1 chọn giếng XH1 để xây dựng THL tính Phi cho giếng XN2P.

Xác định số mẫu huấn luyện tối ưu

Số mẫu tối ưu của tập huấn luyện (optimum) là $p(\text{tối ưu})=360$.

Chứng minh: $p=360$ thì THL sẽ thỏa mãn tính đại diện và tính đầy đủ. Mỗi Input nhận khoảng 100 giá trị khác nhau $p=360$ sẽ đảm bảo mỗi giá trị có ít nhất 3 lần. Kiểm nghiệm thực tế: $300 < p < 400$ mạng huấn luyện tốt $p < 250$ mạng huấn luyện xấu, thấy $p=360$ rất tốt.

Ở bồn trũng Nam Việt Nam không thể dùng kết quả mẫu lỗi để xây dựng tập huấn luyện vì số lượng mẫu không đủ.

Phương pháp xây dựng tập huấn luyện

Bảng 2. Tập huấn luyện tính Phi giếng XN2P

Stt	GR	NPHI	RHOB	LLD	LLS	Phi
1	105.91	0.2944	2.4805	2.6024	3.4056	0.0028
2	109.26	0.2759	2.4944	3.2543	2.9112	0.0008

359	108.31	0.1890	2.5849	4.3819	4.1143	0.0537
360	119.14	0.1895	2.5505	4.6505	4.6406	0.0680

1.3.3. Chuẩn hóa số liệu

1. Chuẩn hóa số liệu là đưa số liệu về đoạn [0, 1] thực hiện với tập huấn luyện, *tập tính toán* (TTT) và *tập kiểm tra* (TKT). Công thức chuẩn hóa số liệu phải đáp ứng 2 yêu cầu: (i) Không làm thay đổi tương quan khác nhau của từng Input với Output. (ii) Không tuyến tính hóa đóng góp của Input cho Output.

Cơ sở khoa học để xác định công thức chuẩn hóa số liệu là từ hàm phân bố của Input mà đưa ra công thức chuẩn hóa số liệu phù hợp. Các đường cong ĐVLGK có phân bố như sau:

- Các đường cong GR, DT, RHOB và các tham số VLTH (Phi, Sw) có phân bố chuẩn;

- Đường cong NPHI có phân bố loga chuẩn;

- Đường cong điện trở suất LLD, LLS có phân bố χ^2

2. Công thức chuẩn hóa:

a. Chuẩn hóa theo công thức tuyến tính: Các Input có phân bố chuẩn được chuẩn hóa bằng công thức chuẩn hóa tuyến tính.

GR, DT, RHOB có phân bố chuẩn nên được chuẩn hóa theo hệ số Div(X):

$$GR_{ch} = \frac{GR}{Div(GR)} \quad (1.3)$$

$$DT_{ch} = \frac{DT}{Div(DT)} \quad (1.4)$$

$$RHOB_{ch} = \frac{RHOB}{Div(RHOB)} \quad (1.5)$$

NPHI có phân bố loga chuẩn nên được chuẩn hóa theo công thức mũ hóa:

$$NPHI_{ch} = \frac{\exp(NPHI)}{\exp(\max(NPHI))} \quad (1.6)$$

b. Chuẩn hóa theo công thức giá trị trung bình: Các Input có hàm phân bố lệch phải (các đường cong điện trở suất đá móng magma có phân bố Pascal, đá trầm tích Kainozoi có phân bố χ^2) được chuẩn hóa theo công thức giá trị trung bình: Giá trị chuẩn hóa x_{ch} của x thì:

$$x_{ch} = \begin{cases} \frac{x}{2 * \text{mean}(X)} & \text{khi } x \leq \text{mean}(X) \\ \frac{1}{2} + \frac{x - \text{mean}(X)}{2 * (\max(X) - \text{mean}(X))} & \text{khi } x > \text{mean}(X) \end{cases} \quad (1.7)$$

Những giá trị x nhỏ hơn $\text{mean}(X)$ được chuẩn hóa từ 0 đến $\frac{1}{2}$ và $\text{mean}(X)$ được chuẩn hóa bằng $\frac{1}{2}$. Những giá trị x lớn hơn $\text{mean}(X)$ được chuẩn hóa từ $\frac{1}{2}$ đến 1.

Bảng 3. Xác định mức chuẩn hóa cho các Input

Giá trị trung bình Cấp ưu tiên	Giá trị chuẩn hóa
mean(NPHI) và mean(RHOB)	0.70
mean(GR) và mean(DT)	0.60
mean(LLD) và mean(LLS)	0.50

1.3.4. Xác định số nơron lớp ẩn

1. Xác định giới hạn của số nơron lớp ẩn cho từng bài toán:

Khảo sát nhiều giếng được giới hạn số nơron lớp ẩn như sau: Tính Phi và hàm lượng sét VCL số nơron lớp ẩn từ 5 đến 12. Tính Sw thì số nơron lớp ẩn từ 6 đến 25. Tính TPTH thì số nơron lớp ẩn từ 6 đến 18.

2. Dùng tiêu chuẩn (a, R, P) để chọn số nơron lớp ẩn tốt nhất:

Tính TPTH. Tính lần lượt với $n_H = 6, 7 \dots 16, 17, 18$ và ghi lại giá trị (a, R, P) thu được bảng 4. Từ bảng 4 chọn số neuron lớp ẩn $n_H = 9$.

Bảng 4. Giá trị (a, R, P) ứng với số neuron lớp ẩn tính TPTH

nH (a, R, P)	nH (a, R, P)
6 (0.86 0.82306 0.001215)	13 (0.86 0.8356 0.000864)
7 (0.89 0.08424 0.000873)	14 (0.88 0.0872 0.0009328)
8 (0.83 0.8425 0.0004035)	15 (0.90 0.8759 0.0008406)
9 (0.97 0.9536 0.0000854)	16 (0.86 0.8927 0.0010015)
10 (0.81 0.0825 0.000569)	17 (0.85 0.8361 0.001764)
11 (0.91 0.9643 0.0009768)	18 (0.87 0.8463 0.008769)
12 (0.82 0.8561 0.000852)	

1.3.5. Đảm bảo độ tin cậy của kết quả tính cho giếng tính toán

1. Phương pháp tổng hợp tính các tham số VLTH bằng ANN

$$PhiANN = \frac{Phi1 + Phi2 + \dots + Phin}{n} \quad (1.9)$$

2. Kiểm tra độ tin cậy của PhiANN

PhiANN phương pháp tổng hợp, công thức (1.9), là chính xác vì:

1. $Phi1 \equiv Phi2 \equiv \dots \equiv Phin$

$$(R^2 (Phi k, Phi j) > 0.9 \quad MSE (Phi k, Phi j) = 0.000n)$$

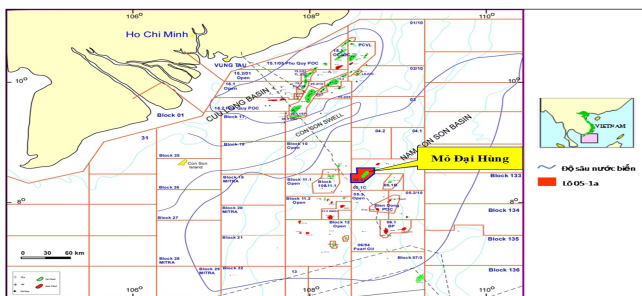
2. Mạng luôn có $R > 0.9$.

3. Đã kiểm tra công thức (1.9) hơn 80 giếng đúng.

4. JVPC đã sử dụng 12 giếng xây dựng sơ đồ khai thác mỏ.

CHƯƠNG 2. ĐẶC ĐIỂM ĐỊA CHẤT KHU VỰC NGHIÊN CỨU

2.1. Vị trí địa lý bề Nam Côn Sơn



Hình 2. Vị trí bể Cửu Long, bể Nam Côn Sơn, mỏ Đại Hùng

2.2. Đặc điểm địa chất bể Nam Côn Sơn

2.2.1. Đặc điểm địa tầng

2.2.2. Đặc điểm kiến tạo

2.2.3. Lịch sử phát triển địa chất

2.3. Đặc điểm dầu khí bể Nam Côn Sơn

2.3.1. Phân bố dầu khí và thành phần dầu khí bể Nam Côn Sơn

2.3.2. Hệ thống dầu khí

2.3.3. Các dạng play hydrocarbon và các kiểu bẫy

2.4. Đặc điểm khu vực nghiên cứu mỏ Đại Hùng Nam

2.4.1. Vị trí địa lý Đại Hùng Nam

2.4.2. Đặc điểm địa chất mỏ Đại Hùng Nam

2.4.3. Đặc điểm hệ thống dầu khí mỏ Đại Hùng Nam

CHƯƠNG 3. PHỤC HỒI CÁC ĐƯỜNG CONG ĐỊA VẬT LÝ GIẾNG KHOAN ĐO GHI HỒNG BẰNG MẠNG NƠ RON NHÂN TẠO

3.1. Cơ sở dữ liệu

Dưới đây phục hồi đường cong GR của giếng XH3P. CSDL là các đường cong của giếng cần phục hồi: giếng XH3P. Tập tính toán, tập huấn luyện, tập kiểm tra lấy số liệu giếng XH3P. Bảng 5 là phần số liệu XH3P có đoạn đo ghi hồng thứ nhất từ dòng dữ liệu Depth = 1994.3737 đến dòng ở độ sâu Depth = 2002.5509.

Bảng 5. Các đường cong ĐVLGK Giếng XH3P

Depth (M)	DT (μ s/fit)	NPHI (dec)	RHOB (g/cm ³)	LLD (Ohm.m)	LLS (Ohm.m)	GR (API)
1989.9541	78.42	0.45	2.09	5.43	-999	83.31
1994.3737	75.32	0.36	2.23	3.43	0.76	-999
1994.8309	65.46	0.37	2.27	0.54	0.75	-999
2002.5509	65.05	0.33	2.33	0.60	0.74	-999
2337.2737	87.22	0.22	2.51	4.61	3.03	118.5451
2337.4261	85.34	0.22	2.51	3.62	2.38	121.1384

3.2. Lựa chọn dữ liệu

Bốn phân đoạn cần phục hồi (bảng 6) vẽ màu đen nằm ngang hình 4.

Bảng 6. Các phân đoạn đo ghi hồng của giếng XH3P cần phục hồi

Đoạn hồng số	Từ dòng... tới dòng	Số dòng ghi hồng
1	260 - 312	53
2	501 - 614	114
3	753 - 816	64
4	1003 - 1121	119

Bảng 7. Tập tính toán phục hồi GR giếng XH3P

DT (μ s/fit)	NPHI (dec)	RHOB (g/cm ³)	LLD (Ohm.m)
8.4236	0.4503	2.8913	5.4321
75.3162	0.3604	2.2282	3.4257
65.4558	0.3663	2.2742	0.5390
65.0494	0.3346	2.3337	0.6042
87.2236	0.2207	2.5132	4.6080
85.3440	0.2233	2.5135	3.6242

Tính $NN(DT) = \min(DT)$; $LN(DT) = \max(DT)$; $TB(DT) = \text{mean}(DT)$. Cũng làm như vậy với NPHI, RHOB, LLD.

Bảng 8. Tập huấn luyện phục hồi GR giếng XH3P

STT	DT (μ s/fit)	NPHI (dec)	RHOB (g/cm ³)	LLD (Ohm.m)	GR (API)
1	75.4000	0.2042	2.4602	17.2527	83.5690
2	72.6890	0.1504	2.4747	35.3051	62.4450
.....					
358	63.5100	0.0748	2.4559	33.9870	53.7210
359	65.5560	0.0801	2.5075	22.9638	72.2610
360	764000	0.0845	2.4680	39.3867	67.1790

3.3. Xây dựng mô hình

3.3.1. Mạng PHDCnet

Input: Chọn 4 Input: DT, NPHI, RHOB, LLD để phục hồi GR.

Output: GR.

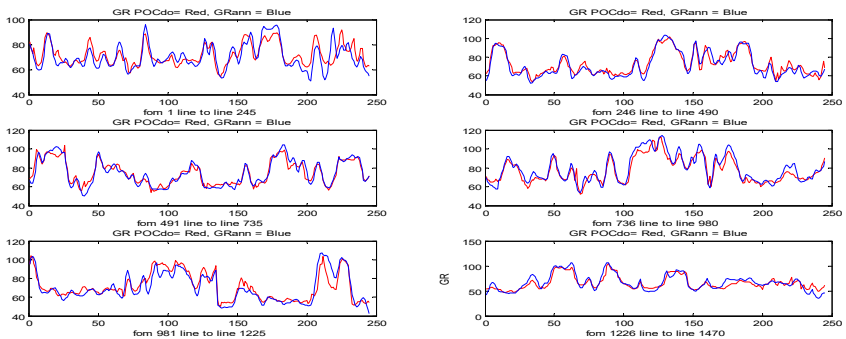
Số nơon lớp ẩn là 17.

Chuẩn hóa theo công thức (1.3) đến (1.7).

Hàm kích hoạt $f(x) = \text{purlin}(x)$, $F(x) = \text{tansig}(x)$.

Trình bày huấn luyện mạng.

3.3.2. Tạo ra GR từ nóc móng đến đáy giếng bằng mạng ANN

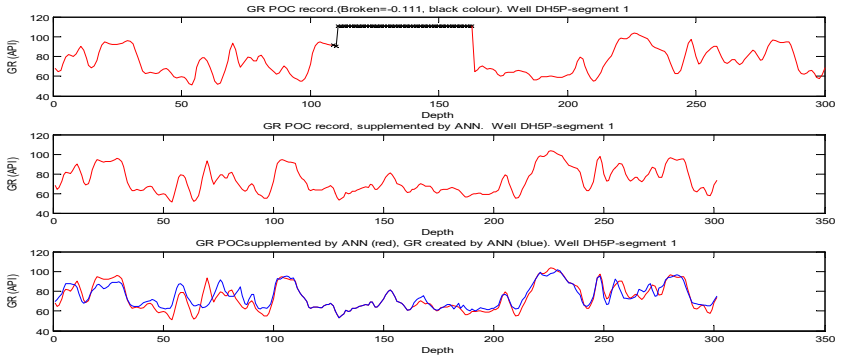


Hình 3. So sánh 2 phương pháp tính GR do PVEP POC tính (đỏ) và GR do ANN tính (xanh) của giếng XH3P trùng nhau

Luận án xây dựng mô hình cho giếng XH5P là giếng gần với giếng XH3P. Từ đó dùng giếng XH5P làm tập huấn luyện cho XH3P.

3.3.3. Bổ sung đường cong GR

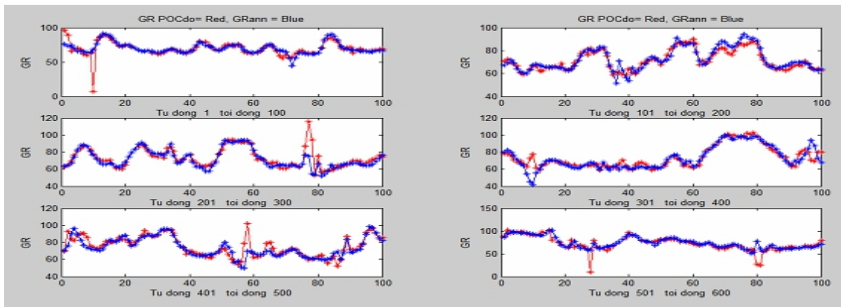
1. Tạo ra GR từ nóc móng đến đáy giếng bằng ANN.
2. GR đo ghi tốt giữ nguyên, GR đo ghi hỏng thay bằng GR ANN.



Hình 4. Đoạn đo ghi hỏng được phục hồi của giếng XH3P

3.3.4. Tạo ra đường cong GR khi không đo ghi đường cong GR

Chọn giếng XH2P để xây dựng THL để ANN tạo GR cho XH5



Hình 5. So sánh GRANN tạo ra từ THL lấy từ giếng XH2P

Đường cong GR do ANN tạo ra khi không đo ghi GR, phù hợp với đường cong GR thực tế.

3.3.5. Khả năng phục hồi các đường cong ĐVLGK đo ghi hồng

Chỉ phục hồi được GR, DT, NPHI, RHOB. Không phục hồi được LLD, LLS.

3.4. So sánh kết quả tính bằng ANN với thực tế đo ghi

Bảng 9. So sánh GR do ANN tính với các đoạn đo ghi tốt giếng XH3P

Đoạn ghi tốt	Từ dòng... tới dòng	Sai số bình phương
1	1 - 259	0.0000766
2	313 - 500	0.0000907
3	615 - 752	0.0000897
4	817 - 1002	0.0000889
5	1122 - n	0.0.0001079

Từ bảng 9 kết luận: Cả 5 đoạn đo ghi tốt sai số bình phương đều rất nhỏ, kết quả đều trùng với đường cong do ANN tạo ra điều này càng khiến ta tin tưởng các đoạn đo ghi hồng được phục hồi chính xác.

3.5. Kết quả áp dụng vào thực tế

1. Phục hồi 9 giếng có GR, DT đo ghi hồng. Dùng kết quả phục hồi ANN tính độ rỗng và được công ty JVPC sử dụng để xây dựng sơ đồ khai thác mỏ.

2. Giếng XHN3X không đo ghi DT. Dùng giếng XH1 xây dựng THL dùng ANN đã tạo ra được DT từ nóc móng đến đáy giếng XH3X được sử dụng nghiên cứu mỏ X2.

CHƯƠNG 4. XÁC ĐỊNH CÁC THAM SỐ VẬT LÝ THẠCH HỌC BẰNG MẠNG NƠON NHÂN TẠO

4.1. Tổng quan về tham số VLTH trong địa chất dầu khí

Tham số VLTH là những đại lượng được định nghĩa, tính toán và sử dụng trong nghiên cứu thăm dò khai thác dầu khí. Các tham số này chia thành 3 nhóm như sau: (i) Nhóm các tham số VLTH tính trữ lượng (còn gọi là tham số chứa) gồm độ rỗng ϕ hàm lượng sét VCL, độ bão hòa nước S_w , độ thấm K. (ii) Nhóm các tham số thạch học nghiên cứu thành hệ, bão chứa như yếu tố thành hệ F , điện trở suất via R , hệ số

chuyển đổi γ , mật độ dầu δ_d , độ nén ép của dầu vỉa β_d , độ nén ép của nước β_n và độ nén ép của độ rỗng β_ϕ . (iii) Nhóm tham số thạch học để đánh giá phân loại đá chứa dầu khí (đá colecto) gồm: Kích thước trung bình Md , hệ số chọn lọc S_o , hệ số mài tròn R_o , hệ số nén ép C_o , hệ số biến đổi thứ sinh I , hàm lượng thạch anh Q , hàm lượng xi măng Li .

4.2. Tính thành phần thạch học đá móng magma trước Kainozoi từ tài liệu Địa vật lý giếng khoan bằng mạng nơ-ron nhân tạo

TPTH gồm 5 nhóm khoáng vật là a, b, h, o, q và độ rỗng Phi .

$$\phi + V_a + V_b + V_h + V_o + V_q = 1 \quad (4.7)$$

Tính TPTH là tính tỷ phần (%) của a, b, h, o, q và Phi

4.2.1. Cơ sở dữ liệu

CSDL gồm 2 giếng:

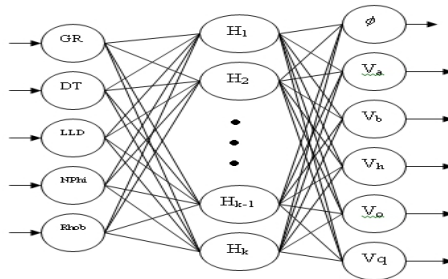
- Giếng cần tính TPTH gọi là giếng tính toán: Giếng RD1P
- Giếng đã tính được TPTH rồi để lấy số liệu xây dựng THL và TKT gọi là giếng huấn luyện: Giếng RDHa.

4.2.2. Lựa chọn dữ liệu

Chọn 5 đường cong GR, DT, NPHI, RHOB, LLD để tính TPTH. Từ đó xây dựng THL, TKT, TTT.

4.2.3. Xây dựng mô hình

Thiết kế mạng



Hình 6. Mạng tính thành phần thạch học

Sai số trung bình bình phương kết thúc huấn luyện là: 0.00004237

4.2.4. So sánh kết quả tính bằng ANN với thực tế

1. So sánh với kết quả của Kiriev Ph.A - Hoàng thị Minh Châu

Bảng 10. So sánh TPTH của ANN với TPTH tính của 2 tác giả Kiriev Ph.A - Hoàng thị Minh Châu bằng BASROC

	V_a	V_b	V_h	V_o	V_q	Phi
Kiriev Minh Châu	0.483	0.0700	0.1030	0.1690	0.1550	0.0210
BASROC	0.4804	0.0703	0.1058	0.1698	0.1561	0.0196
Luận án	0.5000	0.0502	0.1057	0.1668	0.1579	0.0193

2. So sánh với BASROC

Bảng 11. So sánh TPTH BASROC và TPTH ANN giếng RD1P

Cặp tương quan	R^2	Kết luận
VaBSR – VaANN	$R^2 = 0.9835$	Tỷ phần Va chính xác
VhBSR – VhANN	$R^2 = 0.9670$	Tỷ phần Vh chính xác
VoBSR – VoANN	$R^2 = 0.9806$	Tỷ phần Vo chính xác
VqBSR – VqANN	$R^2 = 0.9897$	Tỷ phần Vq chính xác
PhiBSR – PhiANN	$R^2 = 0.98127$	Tỷ phần Phi chính xác

Bảng 12. Thành phần thạch học 9 vỉa giếng RD1P: BASROC cột trước, ANN cột sau

V_a	V_b	V_h	V_o	V_q	Phi
0.448 0.452 0.058 0.059	0.086 0.081	0.210 0.210	0.178 0.180	0.020 0.018	
0.447 0.448 0.063 0.056	0.081 0.082	0.212 0.217	0.186 0.185	0.012 0.011	
0.419 0.422 0.058 0.059	0.062 0.061	0.237 0.235	0.199 0.201	0.025 0.022	
0.484 0.487 0.077 0.073	0.111 0.112	0.159 0.163	0.152 0.151	0.016 0.015	
0.531 0.532 0.105 0.107	0.151 0.149	0.089 0.089	0.102 0.102	0.022 0.020	
0.500 0.501 0.064 0.072	0.114 0.116	0.158 0.152	0.147 0.144	0.017 0.015	
0.534 0.540 0.093 0.081	0.140 0.137	0.098 0.108	0.118 0.120	0.017 0.014	
0.516 0.522 0.082 0.089	0.135 0.128	0.118 0.115	0.123 0.124	0.026 0.023	
0.474 0.469 0.032 0.056	0.081 0.085	0.214 0.197	0.180 0.176	0.019 0.016	

4.3. Tính độ rỗng từ tài liệu ĐVLGK bằng mạng nơon nhân tạo

4.3.1. Cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu gồm 2 giếng. Giếng cần tính Phi gọi là giếng tính toán: Giếng XHN2P. Giếng đã tính được Phi, để xây dựng THL, TKT gọi là giếng huấn luyện: Giếng XH1.

4.3.2. Lựa chọn dữ liệu

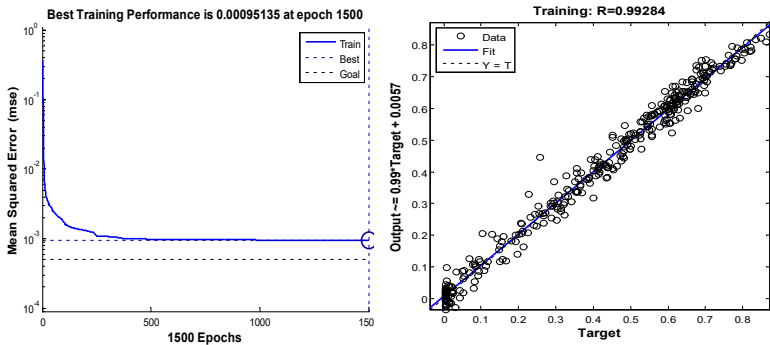
Chọn GR, NPHI, RHOB, LLD làm Input tính Phi từ đó chọn TTT, THL, TKT phù hợp.

4.3.3. Xây dựng mô hình

1. Thiết kế mạng Phinet

Lớp Input gồm 4 nơon là: GR, NPHI, RHOB, LLD. Lớp Output gồm 1 nơon là nơon Phi. Xác định số nơon lớp ẩn $n_H = 10$. Chuẩn hóa số liệu theo công thức (1.3), (1.4), (1.5), (1.6) và (1.7).

2. Kiểm tra chất lượng của mạng nơon tính độ rỗng



Hình 7. P, a và R mạng tính PHI cho giếng XHN3 với 10 nơon lớp ẩn
(a, R, P) = (0.99 0.99284 0.00095135) MSE sau khi kết thúc huấn luyện là: 0.00004237.

Tính Phi bằng thuật học BP và RBF với các tổ hợp Input khác nhau.

Bảng 13. Tương quan Phi BASROC với Phi ANN 4 Input

Cặp tương quan	R ²	Kết luận
PhiBSR – PhiANN	R ² = 0.98058	PhiANN chính xác
PhiBSR – PhiBP	R ² = 0.98684	Thuật học BP tốt
PhiBSR – PhiRBF	R ² = 0.94997	Thuật học RBF tốt
PhiBP – PhiRBF	R ² = 0.95083	Thuật học BP và RBF tốt
PhiANN – PhiChung	R ² = 0.90748	PhiANN, TPTH chính xác

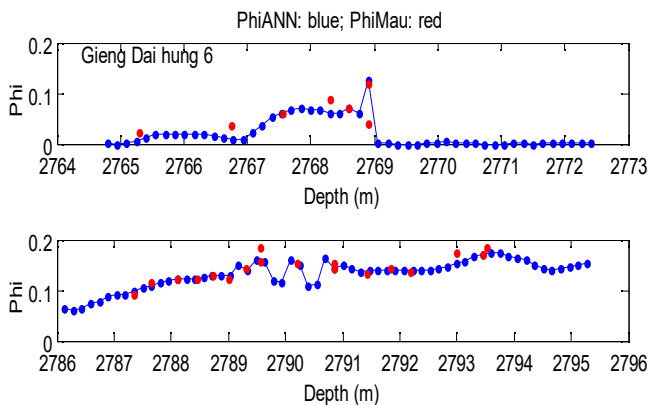
Bảng 14. Tương quan R² giữa Phi POC, Phi ANN XHN1P

Cặp tương quan	R ²	Kết luận
PhiPOC – PhiANN	R ² = 0.88433	PhiANN chính xác
PhiBP – PhiRBF	R ² = 0.81672	Thuật học BP, RBF tốt
PhiBP4In – PhiBP5In	R ² = 0.82532	Thuật học BP 4, 5 Input tốt
PhiPOC – PhiRBF4	R ² = 0.86770	Thuật học RBF 4 Input tốt
PhiRBF4 – PhiRBF5	R ² = 0.69704	Thuật học RBF 5 Input không tốt

Từ bảng 13 và bảng 14 kết luận: Phi ANN 4 Input chính xác.

4.3.4. So sánh kết quả tính bằng ANN với thực tế

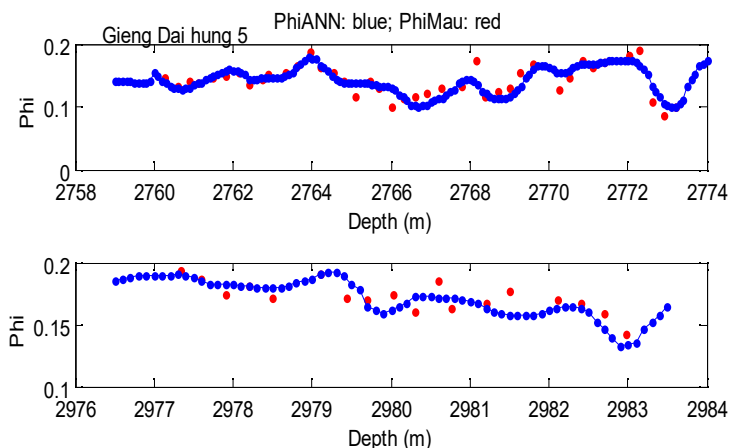
1. So sánh độ rỗng ANN với độ rỗng lấy mẫu



Hình 8. So sánh PhiANN với Phi Mẫu giếng DH6

Bảng 15. Sai số bình phương và hệ số tương quan giữa Phi Mẫu, PhiPOC và PhiANN giếng ĐH6.

Cặp tương quan	Sai số bình phương	Hệ số tương quan r
Phi Mẫu – PhiPOC	0.0002163	0.89473
Phi Mẫu – PhiANN	0.0001969	0.90033



Hình 9. So sánh PhiANN với Phi Mẫu giếng ĐH5

Bảng 16. Phi Mẫu, PhiPOC và PhiANN giếng ĐH5

Cặp tương quan	Sai số bình phương	Hệ số tương quan r
Phi Mẫu – PhiPOC	0.0001314	0.79019
Phi Mẫu – PhiANN	0.0000820	0.86739

2. So sánh Phi ANN với Phi thông tin thử vĩa

Bảng 17. So sánh Phi thử vĩa với Phi của luận án giếng ĐHN 2

Stt Zonename	Chiều sâu: Từ dòng ... Đến dòng	Phi Thông tin thử vĩa	Phi Luận án tính
2 H43	1404 1562	0.191	0.190
4 H43	2153 2205	0.133	0.131
6 H70	6004 6072	0.154	0.154
8 H76.1	6272 6482	0.192	0.182

4.4. Tính độ bão hòa nước dư bằng ANN

4.5. Tính hàm lượng sét bằng ANN

4.6. Tính trữ lượng dầu khí bằng ANN mở X2

$$STOIIP = BRV * NTG * Phie * (1 - Sw) * \frac{1}{FVF}$$

So sánh kết quả

Bảng 18. Trữ lượng dầu của mỏ X2

Block	POC (mmbbls)			LUẬN ÁN (mmbbls)		
	1P	2P	3P	1P	2P	3P
06	00.000	1.2700	2.4400	00.0000	1.2526	2.5008
08	11.270	244099	43.8898	11.5632	24.5948	44.0464
7.1	14.869	26.0897	31.7197	14.7094	25.6030	31.1773
7.2	00.000	19.9398	32.9200	00.0000	19.8834	32.8416
Tổng	26.139	71.7094	110.9695	26.2726	71.3347	110.5661

Bảng 19. Trữ lượng gas của mỏ X2

Block	POC (Bcf)			LUẬN ÁN (Bcf)		
	1P	2P	3P	1P	2P	3P
08	11.178	175	30.893	11.171	17.598	31.221
7.1	0.775	2.9	3.9734	1.9540	3.0936	4.0212
Tổng	12.953	20.5	34.867	13.125	20.692	35.242

KẾT LUẬN

Những điểm mới của luận án

1- Giải quyết những vấn đề lý luận về ANN

Lý thuyết ANN là lý thuyết mờ. Luận án đã đặt ra một cách rõ ràng, giải quyết toàn diện, triệt để và chính xác những vấn đề lý luận về ANN cho bài toán tính các tham số VLTH bồn trũng Nam Việt nam, đặc biệt là vấn đề xây dựng tập huấn luyện và chuẩn hóa số liệu (trình bày trong chương 1).

Xây dựng tập huấn luyện đáp ứng yêu cầu của bài toán là yếu tố quyết định nhất, cũng là việc khó khăn nhất của ứng dụng ANN. Tập huấn luyện có 2 yêu cầu:

1. Tập huấn luyện phải phù hợp với bài toán. Luận án giải quyết bằng nguyên lý phù hợp.

2. Số mẫu huấn luyện p phải đủ và phải có cấu trúc phù hợp. Luận án giải quyết bằng khái niệm tính đại diện và tính đầy đủ.

Số mẫu huấn luyện p phụ thuộc vào độ phức tạp của bài toán và yêu cầu về độ chính xác của kết quả tính ra. Tính tham số VLTH thì hệ số tương quan R phải không nhỏ hơn 0.9. Để đáp ứng yêu cầu này thì $p > 250$ là yêu cầu khách quan, không thể thay đổi và luận án chọn $p = 360$.

Có 2 cách chọn số liệu để xây dựng tập huấn luyện.

Cách 1: Dùng kết quả lấy mẫu để xây dựng tập huấn luyện. Trong các nghiên cứu này chỉ có 2 nghiên cứu công bố trên SPE đáp ứng được 2 yêu cầu của tập huấn luyện ($p > 250$) nên kết quả tính ra sử dụng được trong thực tế.

Cách 2: Luận án dùng số liệu những giếng đã tính được tham số VLTH để xây dựng tập huấn luyện là cách mới hoàn toàn khác với các tác giả khác. Nhờ đó mà bài toán từ không giải được đã trở thành giải được. Bồn trữing Nam Việt Nam không có giếng nào có hơn 100 mẫu nên không thể dùng kết quả lấy mẫu để xây dựng THL.

Số liệu các đường cong ĐVLGK có cấu trúc và biến thiên phức tạp. Việc chuẩn hóa số liệu rất khó. Công thức chuẩn hóa tuyến tính có sai số rất lớn. Luận án đã tìm ra cơ sở khoa học để xác định công thức chuẩn hóa số liệu là căn cứ vào hàm phân bố của các số liệu là cơ sở khoa học chính xác. Công thức chuẩn hóa theo giá trị trung bình đối với các đường cong điện trở suất là chính xác.

2- ANN 4 Input là mô hình lý tưởng

ANN 4 Input phục hồi đường cong đo ghi hồng và ANN 4 Input tính tham số VLTH với $p = 360$ mẫu huấn luyện là mô hình lý tưởng. Tính lý tưởng của mô hình này là đáp ứng được cả 2 yêu cầu:

Thứ nhất đảm bảo kết quả tính ra là chính xác;

Thứ hai là thực hiện được trong điều kiện đo ghi hiện tại, tính được chính xác các tham số VLTH cho tất cả các giếng khoan trong điều kiện đo ghi hiện tại.

(Tính lý tưởng = tính khoa học + tính thực tiễn).

3- ANN 4 Input được thực tiễn chấp nhận sử dụng

- ANN 4 Input tính các tham số VLTH đã được chấp nhận sử dụng trong thăm dò và khai thác khi phương pháp truyền thống không tính được. Trong nghiên cứu dầu khí thì từ “tính ra được chính xác” đến “được thực tiễn chấp nhận sử dụng” là rất khác nhau. Có nghiên cứu kết luận “tính ra được chính xác” thì không ai phản đối nhưng vẫn không được chấp nhận sử dụng [52].

- ANN 4 Input phục hồi đường cong đo ghi hỏng được thực tiễn chấp nhận sử dụng nghĩa là các đường cong đo ghi hỏng sau khi được ANN phục hồi bổ sung rồi dùng để tính độ rỗng. Kết quả tính độ rỗng là chính xác và được sử dụng để xây dựng sơ đồ khai thác mỏ.

4- Hai bài toán hoàn toàn mới

- Phục hồi đường cong đo ghi hỏng bằng ANN (hướng mới);

- Tính TPTH đá móng magma trước Kainozoi (6 Input)

(Luận án công bố 2016, 2017 khi tác giả nước ngoài không nghiên cứu, tác giả Việt Nam khác chưa nghiên cứu)

5- Tác dụng định hướng cho các nghiên cứu khác

Kết quả của luận án chỉ đúng cho bài toán ở bồn trũng Nam Việt nam.

Ví dụ bài toán dự báo năng suất của một sản phẩm thì Nguyên lý phù hợp có thể là: Điều kiện thổ nhưỡng, khí hậu của vùng dự báo phải

tương tự điều kiện thổ nhưỡng, khí hậu của vùng lấy số liệu, xây dựng tập huấn luyện. Hàm phân bố của các Input có thể là các hàm cấp số nhân... Nhưng kết quả nghiên cứu của luận án vẫn có tác dụng định hướng cho các nghiên cứu khác. Định hướng đó là: Phải đưa ra điều kiện cần và đủ của THL. Chuẩn hóa số liệu phải xuất phát từ hàm phân bố của các Input.

6- Nâng cao vai trò của đường cong ĐVLGK trong nghiên cứu địa chất dầu khí

Kết quả nghiên cứu thu được là:

“Hai giếng có đặc điểm địa chất dầu khí giống nhau khi và chỉ khi các đường cong ĐVLGK của 2 giếng có hàm phân bố giống nhau”. Đây là kết luận đúng, là cơ sở khoa học để tìm giếng thỏa mãn nguyên lý phù hợp để xây dựng tập huấn luyện. Kết quả này phản ánh mối quan hệ bản chất giữa địa chất với hệ thống các đường cong ĐVLGK, phản ánh mối quan hệ biện chứng giữa Toán học và Địa chất, một kết quả tốt ứng dụng toán học nghiên cứu địa chất dầu khí.

Hướng nghiên cứu tiếp

Luận án tính các tham số VLTH và trữ lượng cho mỏ dầu đã được phát hiện. Có thể mở rộng ứng dụng ANN sang lĩnh vực tìm kiếm phát hiện dầu khí như xác định yếu tố thành hệ, xác định đường cong áp suất mao dẫn...

CÁC BÀI BÁO VÀ CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. **Dang Song Ha, [Le Hai An]** (2014), “ Determination of the Mineral Volumes for The Pre-Cenozoic Magmatic basement rocks of Cuu Long basin from Well log data via using the Artificial Neural Networks”, VNU, Jurnal of Earth and Environmental Sciences Vol30, No, 1,2014, pp. 1- 12.

2. **Dang Song Ha, [Le Hai An]** (2017), “ Determination of the porosity for the sedimentary clastic and the magmatic basement rocks of Cuulong basin from well log data via using the artificial neural networks”, Hanoi University of Mining and Geology, Journal of Mining and Earth Sciences (Vol 58, Issue 3 , 06-2017), p 16-26.

3. **Dang Song Hà, [Le Hai An]**, Do Minh Duc (2017), “Correction and supplementation of the well log curves for Cuulong oil basin by using the Artificial Neural Networks”, VNU, Journal of Science Earth and Environmental Sciences (33,No.1,2017), p 16-25.