

저류층 특성화를 위한 인공 신경망 해석 기법의 적용

임종세¹⁾ · 김세준²⁾

1. 서 론

석유/천연가스 저류층 특성화(reservoir characterization) 기술은 각기 특성이 다른 여러 자료들을 서로 결합하여 보다 정확한 저류층 특성변수들의 측정과 정량적 추정으로 지질학적 특성과 공간적 변수의 불확실성(uncertainty)을 파악하여 저류시스템 내부 구조를 정확하게 규명하고 다공질 매질에서의 유체 유동을 예측하는 과정이다. 최근 저류층 특성화는 석유 및 천연가스 매장량 예측 및 생산, 회수 계획 수립 등 저류층 운영에 있어 가장 중요한 위치를 차지하고 있으며 국내외 연구 기관에 의해 지속적인 연구가 진행되고 있다. 그러나 저류층 특성화 문제는 저류층 특성변수 및 암상(lithology)의 공간적 분포 해석에 어려움을 가지고 있으며 기존의 통계학적 방법에 의한 해석 기법은 많은 저류층의 경우에서 부정확한 회수율(recovery factor) 등을 제시하는 등의 문제점과 해석에 있어 비효율성을 나타내고 있다.

최근 들어 이러한 문제점들을 해결하기 위해 제시된 방법은 주어진 상황에 대해 인간과 같은 방식으로 반응하는 컴퓨터 기법인 가상 지능(virtual intelligence)의 이용이다^{[1][2]}. 가상 지능 기법 중 인공 신경망(artificial neural network; ANN) 기법은 간단한 생물학적 학습과정과 인간의 신경 시스템의 특정 기능을 모사 하는 것으로, 본질적으로 다수의 모듈과 서로 영향을 주며 동시에 서로 다른 처리를 실행하는 병렬처리(parallel processing) 방법을 사용하여 자료들을 변환, 연결하며, 특히 패턴인식(pattern recognition)과 같은 응용에 가장 많이 활용되고 있다^[1].

인공 신경망 기법을 이용한 저류층 특성화 분야는 기존의 통계학적 방법으로 해석할 수 없는 불균질 저류층(heterogeneous reservoir)에 대한 적용성과 많은 가용한 저류층 자료 및 지질학적/탄성파 자료의 통합 해석에 활용할 수 있는 새로운 방법으로 차세대 저류층 특성화 분야 중 하나로 제시되고 있다^[1].

2. 인공 신경망

인공 신경망 모델은 인간의 두뇌를 수많은 신경 세포들로 이루어진 잘 정의된 컴퓨터라고 인식하면서 시작되었다. 신경 시스템에서 가장 기본적인 단위는 뉴런(neuron)이라는 세포로 기본적으로 세포체와 세포체로부터 나온 많은 돌기로 구성되어 있다. 세포체로부터 나온 돌기는 축삭(axon)이라 불리는 한 개의 가느다란 섬유와 수상돌기(dendrite)라 불리는 나무의 가지처럼 넓게 퍼져있는 비교적 두껍고 짧은 다수의 돌기로 나누어진다. 뉴런간의 정보교환은 모두 시냅스를 통하여 행해진다(Fig. 1). 인간의 두뇌는 이러한 뉴런과 뉴런들의 연결로 이루어진 신경망으로 구성되어 있다.

인공 신경망(ANN)의 구조는 인간 신경망 구조와 유사하게 기본적으로 뉴런과 연결강도(connection strengths)로 구성되며(Fig. 2), 뉴런들은 몇 개의 층으로 나누어진다. 일반적으로 하나의 입력층(input layer), 하나이상의 은닉층(hidden layer), 하나의 출력층(output layer)이 존재하는 계층구조를 갖으며(Fig. 3), 훈련과정을 통해 원하는 출력값을 갖는 뉴런 사이의 연결강도를 얻을 수 있다. 신경망은 훈련 방법에 따라 지도학습(supervised learning) 모델과 자율학습(unsupervised learning) 모델로 나눌 수 있다.

3. 저류층 특성화에 적용

인공 신경망 해석기법은 주로 기존의 방법으로는 너무 오랜 계산 시간이 필요하거나 해결하기 어려운 문제에 적용할 수 있다. 특히 각 인자들 사이의 관계가 알려져 있지 않거나 너무 복잡하여 수학적, 통계학적 모델링을 할 수 없는 경우에 활용할 수 있다.

이러한 해석 방법을 이용한 저류층 특성화의 주된 적용은 코아자료와 물리검층 자료로부터 저류층 특성 변수인 공극률, 유체투과율, 유체포화도 등의 예측하는 것이다^{[1][3]}. 코어분석을 통해 얻은 물성값을 포함하여 가능한 모든 물리검층 자료를 대상으로 훈련과정을 거쳐 일정한 패턴을 얻고 이를 통해 특성변수를 예측하는 방법으로 관련 인자들간의 가정된 함수 형태의 모델이 필요 없는 장점이 있고, 기존의 통계적 방법과 비교하여 보다 정확한 추정결과를 얻을 수 있다(Fig. 4, Fig. 5). 또한 물리검층 자료를 이용하여 보다 정확한 암석물리학적 추정 및 시추공간의 상관관계 등을 결정하기 위해 유용한 정보를 제공하는 암상 결정에도 활용될 수 있으며(Fig. 6), 3차원 탄성과 특성(3D seismic attribute) 자료의 결합을 통해 보다 신뢰성 있고 정확한 저류층 암상 및 특성변수의 공간적 분포 등을 추정할 수 있다.

인공 신경망 기법은 석유/천연가스 저류층 특성화에 있어 유용한 해석 도구로 활용될 수 있을 것이며 새로운 “지능형 저류층 특성화”(intelligent reservoir characterization) 해석 기법의 개발을 통해 국내외 석유/천연가스 개발사업에 있어 보다 신뢰성 있는 저류층 해석 결과를 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

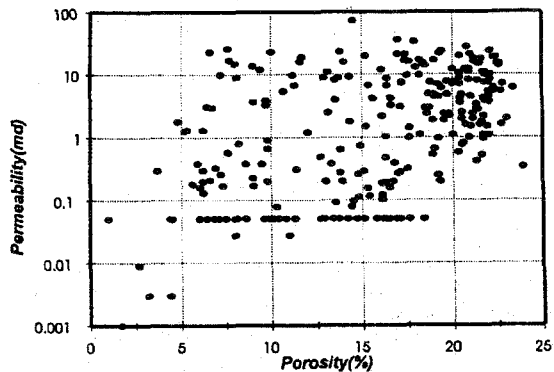
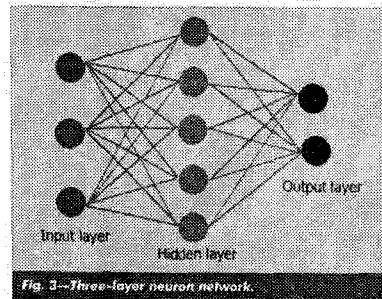
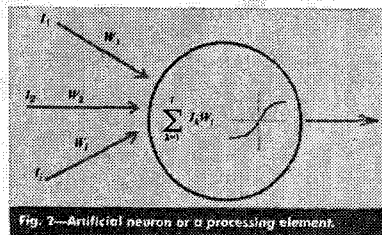
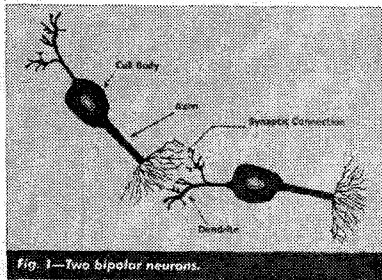


Fig. 4 Relationship between porosity and permeability

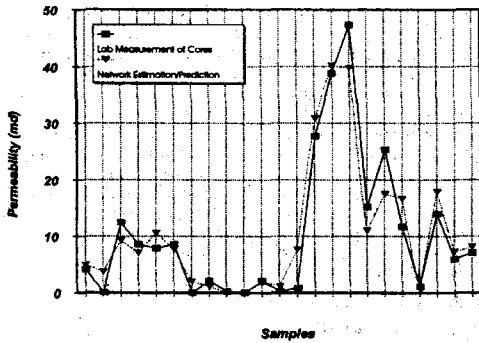


Fig. 5 permeability prediction using ANN
(Ref. 3).

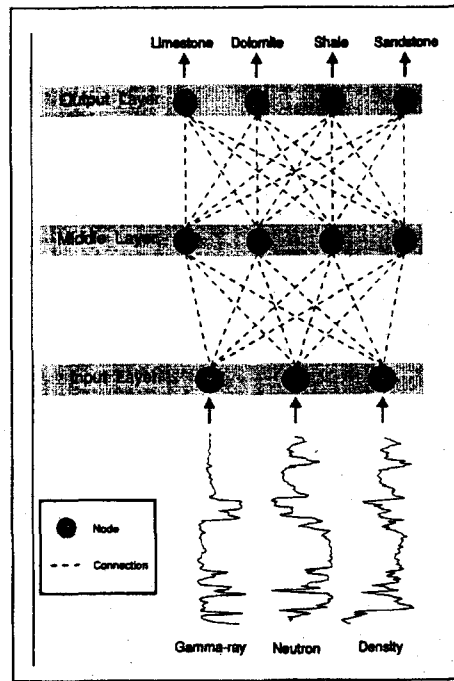


Fig. 6 Lithology determination using ANN

4. 참고문헌

- [1] Mohaghegh, S., "Virtual-Intelligence Applications in Petroleum Engineering: Part I -Artificial Neural Networks," *Journal of Petroleum Technology(JPT)* (Sep. 2000), Vol. 52, No. 9, p.64-73.
- [2] Lim, J.-S., Kang, Joe M., and Kim, J., "Artificial Intelligence Approach for Well-to-Well Log Correlation," *Journal of Petroleum Technology(JPT)* (Nov. 1998), Vol. 50, No. 11, p.30-32.
- [3] Mohaghegh, S., Ilkin Bilgesu, R.A., Ameri, S., and Rose, D., "Design and Development of an Artificial Neural Network for Estimation of Formation Permeability", *SPE Computer Application* (Dec. 1995), Vol. 7, No. 6, p151-154

주요어: 저류층 특성화, 인공 신경망, 저류층 특성변수

- 1) 한국해양대학교 해양개발공학부
- 2) 한국지질자원연구원 석유해저자원연구부