



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년10월18일

(11) 등록번호 10-2314193

(24) 등록일자 2021년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 15/08 (2006.01) *E21B 49/00* (2006.01)
G06N 3/08 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
G01N 15/0826 (2013.01)
E21B 49/00 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2021-0072129
 (22) 출원일자 2021년06월03일
 심사청구일자 2021년06월03일
 (56) 선행기술조사문헌
 US20200184359 A1*
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자
 동아대학교 산학협력단
 부산광역시 사하구 낙동대로550번길 37, 동아대학교 내 (하단동)
 (72) 발명자
 권순일
 부산광역시 사하구 하신변영로 400, 112동 702호
 (하단동, 하단동에스케이뷰아파트)
 김진후
 부산광역시 수영구 수영로 776, 104동 2002호(민락동, 부산 더샵 센텀포레)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 김정수

전체 청구항 수 : 총 4 항

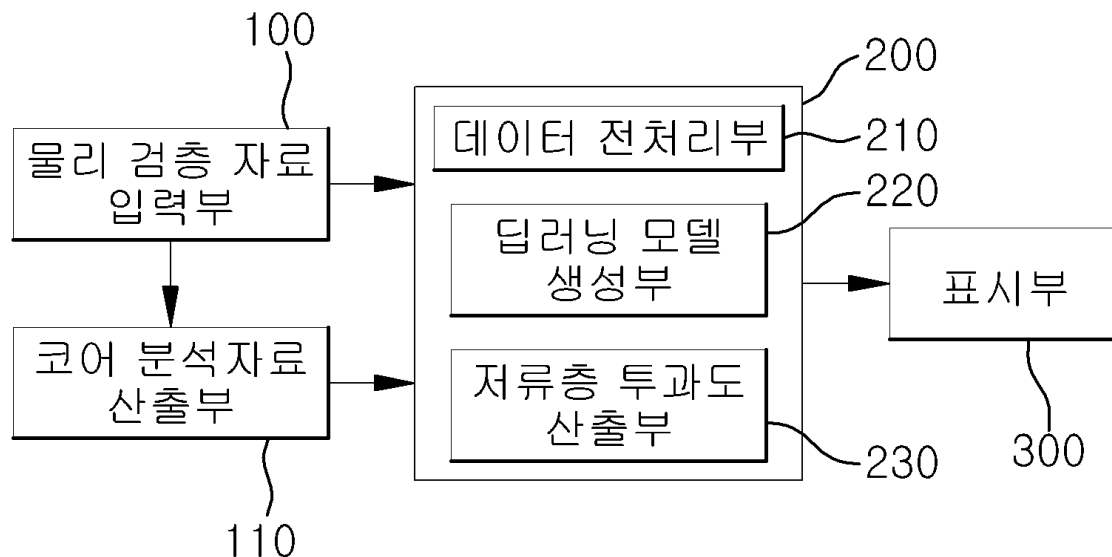
심사관 : 인치현

(54) 발명의 명칭 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 저류층 투과도 자료, 이 저류층 투과도와 연관된 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 데이터 세트로서 하여 딥러닝 학습시켜 생성한 딥러닝 모델에 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하는 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치 및 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 15/0806 (2013.01)

G06N 3/08 (2013.01)

(72) 발명자

이상희

부산광역시 남구 석포로127번길 57-1(대연동)

김성보

부산광역시 사하구 비봉로 42, 206동 1502호(신평동, 한신아파트)

한동권

부산광역시 북구 금곡대로 228, 109동 2103호(화명동, 동원로얄듀크)

(56) 선행기술조사문헌

US20200272909 A1*

가스하이드레이트 저류층 모델링을 위한 심층학습 기반 물리검층 해석의 최신기술동향 분석(박가영, KSME, April 2021)*

비특허문헌1(한국자원공학회지, 2021, vol.58, no.2, 통권298호 pp.161-178)

비특허문헌2(한국지구시스템공학회지, vol140, No4(2003), pp.232-238)

CN109948841 A

KR101148835 B1

KR101688871 B1

KR1020120058046 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711096848

과제번호 2019-0-01561-002

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원

연구사업명 글로벌핵심인재양성

연구과제명 지구 공간정보 분석을 위한 인공지능 기술 개발 및 활용 연구

기 여 율 1/1

과제수행기관명 동아대학교 산학협력단

연구기간 2019.07.01 ~ 2021.06.30

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

저류층 투과도와 관련된 물리 검증 자료를 입력받도록 구성된 물리 검증 자료 입력부;

상기 물리 검증 자료를 기초로 코어 분석 자료를 산출하도록 구성된 코어 분석 자료 산출부;

상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 전처리하여 데이터 이상치 및 미입력 자료를 제거하고, 전처리된 이 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료와, 저류층 투과도 자료를 데이터 세트로 하여 딥러닝 학습시킨 딥러닝 모델에 상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하도록 구성된 제어부; 및

상기 제어부로부터 산출된 저류층 투과도를 디스플레이하도록 구성된 표시부;를 포함하고,

상기 물리 검증 자료는 감마선, 자연 전위, 밀도, 중성자 및 비저항을 포함하고,

상기 코어 분석 자료는 공극률, 셰일 체적, 유효공극률, 만곡도 및 평활도를 포함하며,

상기 만곡도는 다음의 [수학식 4]에 의해 규정되는 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치.

[수학식 4]

$$\tau = \left(\frac{R_0}{R_w} \phi \right)^{\frac{1}{2}}$$

[여기서, τ 는 만곡도를 나타내고, R_0 는 암석의 비저항을 나타내며, R_w 는 물의 비저항을 나타내며, ϕ 는 공극률을 나타내며 다음의 [수학식 5]에 의해 규정됨]

[수학식 5]

$$\phi = A_a / A$$

[여기서, A_a 는 공극의 유효단면적을 나타내고, A 는 암석의 단면적을 나타냄]

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어부는

상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 로버스트스케일러(RobustScaler)법을 이용하여 데이터 이상치 및 미입력 자료를 제거하도록 구성된 데이터 전처리부;

상기 데이터 이상치 및 미입력 자료가 제거된 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료와, 저류층 투과도 자료를 데이터 세트로하여 딥러닝 학습시켜 딥러닝 모델을 생성하도록 구성된 딥러닝 모델 생성부; 및

상기 딥러닝 모델에 상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하도록 구성된 저류층 투과도 산출부;를 포함하는 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 평활도는 고결지수의 역수이며,

상기 고결지수는 다음의 [수학식 6]에 의해 규정되는 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치.

[수학식 6]

$$m = \frac{\log(R_w/R_0)}{\log(\phi)}$$

[여기서, m은 고결지수를 나타냄]

청구항 6

딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치를 이용한 저류층 투과도 산출 방법으로서,

물리 검층 자료 입력부가 저류층 투과도와 관련된 물리 검층 자료를 입력받는 단계;

코어 분석 자료 산출부가 상기 물리 검층 자료를 기초로 코어 분석 자료를 산출하는 단계;

제어부가 상기 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 전처리하여 데이터 이상치 및 미입력 자료를 제거하고, 전처리된 이 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료와, 저류층 투과도 자료를 데이터 세트로 하여 딥러닝 학습시켜 딥러닝 모델을 생성하는 단계;

상기 제어부가 상기 딥러닝 모델에 상기 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하는 단계; 및

산출된 상기 저류층 투과도가 표시부에 의해 디스플레이되는 단계;를 포함하고,

상기 물리 검층 자료는 감마선, 자연 전위, 밀도, 중성자 및 비저항을 포함하고,

상기 코어 분석 자료는 공극률, 셰일 체적, 유효공극률, 만족도 및 평활도를 포함하며,

상기 만족도는 다음의 [수학식 4]에 의해 규정되는 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 방법.

[수학식 4]

$$\tau = \left(\frac{R_0}{R_w} \phi \right)^{\frac{1}{2}}$$

[여기서, τ 는 만족도를 나타내고, R_0 는 암석의 비저항을 나타내며, R_w 는 물의 비저항을 나타내며, ϕ 는 공극률을 나타내며 다음의 [수학식 5]에 의해 규정됨]

[수학식 5]

$$\phi = A_a / A$$

[여기서, A_a 는 공극의 유효단면적을 나타내고, A 는 암석의 단면적을 나타냄]

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 저류층 투과도 자료, 이 저류층 투과도와 연관된 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 데이터 세트로 하여 딥러닝 학습시켜 생성한 딥러닝 모델에 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하는 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 투과도는 저류층 유체 흐름에 중요한 물성 중 하나이며 높은 투과도는 동일 시간당 더 많은 유체의 이동을 의미하고 이는 생산성으로 직결된다. 투과도는 오일 및 가스화 같은 유체의 생산설계 및 경제성 평가에 사용되는 중요한 변수로서, 투과도는 시추 코어 분석과 유정시험(well testing)을 통해 측정할 수 있고, 자기공명 검층 및 다양한 변수의 관계에 따른 경험식으로 산출될 수 있다.

[0003] 코어 분석으로 측정되는 투과도는 신뢰성이 높으나 코어를 획득하기 위해 시추를 중단하기 때문에 작업시간이 증가하고 이에 따라, 비용이 증가하여 충분한 코어를 획득하기 어려우며, 회수된 코어를 분석하는데 많은 시간과 비용이 추가된다는 단점을 가지고 있다. 유정시험을 수행하여 측정된 투과도는 코어 분석으로 측정된 투과도보다 더 넓은 영역의 투과도를 측정할 수 있다는 장점이 있으나, 지층 압력이 적정 수준에 도달할 때까지 작업을 중단해야 하는 문제점이 있다. 자기공명 검층의 경우 저류층 내 유체의 양과 특성을 측정 및 평가할 수 있는 물리검층 중 하나로 평가되고 있으며, 자기공명 검층 결과를 이용한 투과도, 습윤성과 같은 생산공학적인 측면의 해석방법 연구 또한 활발하게 진행되고 있다. 하지만, 자기공명 검층의 경우 다른 검층들에 비해 비용이 많이 들고 경험적 예측을 통해 투과도를 산출하여 정확하지 않다는 단점이 있다. 마지막으로, 경험식을 통해 얻어지는 투과도는 대체로 특정한 환경이나 조건에서만 사용 가능하며, 환경이나 조건을 만족하지 못하는 지역에서는 신뢰할 수 없다.

[0004] 그러나, 종래기술은 투과도 예측에 있어서 사용된 변수 중에 코어 분석을 수행해야만 얻을 수 있는 변수들이 다수 포함되어 있어 코어 분석이 수행되지 않는다면 사용하기 힘들다는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 등록 특허 10-1931498호 공보(등록일:2018.12.17)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 본 발명의 목적은 코어 분석을 수행하지 않아도 물리검층 자료만 입력되면 자동으로 저류층 투과도를 산출할 수 있음과 아울러, 저류층 투과도의 예측성능을 증대시킬 수 있는 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치 및 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 실시형태에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치는 저류층 투과도와 관련된 물리 검층 자료를 입력받도록 구성된 물리 검층 자료 입력부; 상기 물리 검층 자료를 기초로 코어 분석 자료를 산출하도록 구성된 코어 분석 자료 산출부; 상기 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 전처리하여 데이터 이상치 및 미입력 자료를 제거하고, 전처리된 이 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료와, 저류층 투과도 자료를 데이터 세트로 하여 딥러닝 학습시킨 딥러닝 모델에 상기 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하도록 구성된 제어부; 및 상기 제어부로부터 산출된 저류층 투과도를 디스플레이하도록 구성된 표시부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 상기 실시형태에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치에 있어서, 상기 제어부는 상기 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 로버스트스케일러(RobustScaler)법을 이용하여 데이터 이상치 및 미입력 자료를 제거하도록 구성된 데이터 전처리부; 상기 데이터 이상치 및 미입력 자료가 제거된 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료와,

저류층 투과도 자료를 데이터셋으로 하여 딥러닝 학습시켜 딥러닝 모델을 생성하도록 구성된 딥러닝 모델 생성부; 및 상기 딥러닝 모델에 상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하도록 구성된 저류층 투과도 산출부;를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 실시형태에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치에 있어서, 상기 물리 검증 자료는 감마선, 자연 전위, 밀도, 중성자 및 비저항을 포함하고, 상기 코어 분석 자료는 공극률, 셰일 체적, 유효공극률, 만족도 및 평활도를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 실시형태에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치에 있어서, 상기 만족도는 다음의 [수학식 4]에 의해 규정될 수 있다.

[0011] [수학식 4]

$$\tau = \left(\frac{R_0}{R_w} \phi \right)^{\frac{1}{2}}$$

[0012]

[0013] [여기서, τ 는 만족도를 나타내고, R_0 는 암석의 비저항을 나타내며, R_w 는 물의 비저항을 나타내며, ϕ 는 공극률을 나타내며 다음의 [수학식 5]에 의해 규정됨]

[0014] [수학식 5]

$$\phi = A_a / A$$

[0015]

[0016] [여기서, A_a 는 공극의 유효단면적을 나타내고, A 는 암석의 단면적을 나타냄]

[0017] 상기 실시형태에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치에 있어서, 상기 평활도는 고결지수의 역수이며, 상기 고결지수는 다음의 [수학식 6]에 의해 규정될 수 있다.

[0018] [수학식 6]

$$m = \frac{\log(R_w / R_0)}{\log(\phi)}$$

[0019]

[0020] [여기서, m은 고결지수를 나타냄]

[0021] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 다른 실시형태에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치를 이용한 저류층 투과도 산출 방법은 물리 검증 자료 입력부가 저류층 투과도와 관련된 물리 검증 자료를 입력받는 단계; 코어 분석 자료 산출부가 상기 물리 검증 자료를 기초로 코어 분석 자료를 산출하는 단계; 제어부가 상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 전처리하여 데이터 이상치 및 미입력 자료를 제거하고, 전처리된 이 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료와, 저류층 투과도 자료를 데이터 셋으로 하여 딥러닝 학습시켜 딥러닝 모델을 생성하는 단계; 상기 제어부가 상기 딥러닝 모델에 상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하는 단계; 및 산출된 상기 저류층 투과도가 표시부에 의해 디스플레이되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 실시형태에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치 및 방법에 의하면, 저류층 투과도와 관련된 물리 검증 자료를 입력받고; 상기 물리 검증 자료를 기초로 코어 분석 자료를 산출하며; 상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 전처리하여 데이터 이상치 및 미입력 자료를 제거하고, 전처리된 이 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료와, 저류층 투과도 자료를 데이터 셋으로 하여 딥러닝 학습시킨 딥러닝 모델에 상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하며; 산출된 저류층 투과도를 디스플레이하도록; 구성됨으로써, 코어 분석을 수행하지 않아도 물리검증 자료만 입력되면 자동으로 저류층 투과도를 산출할 수 있음과 아울러, 저류층 투과도의 예측성능을 증대시킬 수 있다는 뛰어난 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치의 블록 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 저류층 투과도 산출 방법을 설명하기 위한 플로우차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본 발명의 실시예를 설명함에 있어서, 본 발명과 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 상세한 설명에서 사용되는 용어는 단지 본 발명의 실시예를 기술하기 위한 것이며, 결코 제한적으로 해석되어서는 안 된다. 명확하게 달리 사용되지 않는 한, 단수 형태의 표현은 복수 형태의 의미를 포함한다. 본 설명에서, "포함" 또는 "구비"와 같은 표현은 어떤 특성들, 숫자들, 단계들, 동작들, 요소들, 이들의 일부 또는 조합을 가리키기 위한 것이며, 기술된 것 이외에 하나 또는 그 이상의 다른 특성, 숫자, 단계, 동작, 요소, 이들의 일부 또는 조합의 존재 또는 가능성을 배제하는 것으로 해석되어서는 안 된다.
- [0025] 도면에서 도시된 각 시스템에서, 몇몇 경우에서의 요소는 각각 동일한 참조 번호 또는 상이한 참조 번호를 가지며 표현된 요소가 상이하거나 유사할 수가 있음을 시사할 수 있다. 그러나 요소는 상이한 구현을 가지고 본 명세서에서 보여지거나 기술된 시스템 중 몇몇 또는 전부와 작동할 수 있다. 도면에서 도시된 다양한 요소는 동일하거나 상이할 수 있다. 어느 것이 제1 요소로 지칭되는지 및 어느 것이 제2 요소로 불리는지는 임의적이다.
- [0026] 본 명세서에서 어느 하나의 구성요소가 다른 구성요소로 데이터 또는 신호를 '전송', '전달' 또는 '제공'한다 함은 어느 한 구성요소가 다른 구성요소로 직접 데이터 또는 신호를 전송하는 것은 물론, 적어도 하나의 또 다른 구성요소를 통하여 데이터 또는 신호를 다른 구성요소로 전송하는 것을 포함한다.
- [0027] 이하, 본 발명의 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치의 블록 구성도이다.
- [0029] 본 발명의 실시예에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치는, 도 1에 도시된 바와 같이, 물리 검층 자료 입력부(100), 코어 분석 자료 산출부(110), 제어부(200) 및 표시부(300)를 포함한다.
- [0030] 물리 검층 자료 입력부(100)는 저류층 투과도와 관련된 물리 검층 자료(예컨대, 감마선, 자연 전위, 밀도, 중성자 및 비저항을 포함)를 입력받는 역할을 한다.
- [0031] 물리 검층은 지층의 물리적 특성을 측정하기 위하여 검층 봉(Sonde)을 시추공 내에 삽입하여 지층에서 자연적으로 발생하는 물리적 신호 또는 검층 봉에서 인공적으로 발생시킨 물리적 신호를 이용하여 심도에 따라 연속적으로 측정하는 것이다. 물리 검층은 자원을 탐사하거나, 환경오염, 지반조사 및 지하수 조사 등에 사용된다. 물리 검층의 가장 큰 장점은 지층의 물성을 연속적으로 측정하는 것으로 지층의 수리적 또는 역학적 특성과 지층 상태에 관한 정보를 획득할 수 있는 것이다. 물리 검층의 종류로는 크게 자연 전위 검층, 감마선 검층, 공극률 검층, 비저항 검층으로 나뉜다.
- [0032] 자연 전위 검층(self potential logging)은 시추공 내에 발생하는 자연 전위차를 측정하는 방법이다. 지표면에 고정된 기준전극과 검층 봉에 부착된 이동 전극을 사용하여 자연 전위차를 측정한다. 주로 지층의 투수층과 불투수층을 구별하거나, 다른 검층들의 깊이를 보정 하기 위한 기준자료로 사용된다. 또한, 순수한 지층에서의 지층수 비저항을 결정할 수 있으며, 셰일의 투과도가 매우 낮음으로 이를 이용하여 셰일의 함유 여부를 알려줄 수 있다.
- [0033] 감마선 검층(gamma ray logging)은 지층에서 발생하는 자연 감마선을 측정하는 방법으로 방사선을 가지는 물질인 토륨, 칼륨, 우라늄을 많이 함유한 셰일이나 점토의 함량을 추정할 수 있다. 감마선 검층은 자연 전위 검층과 달리 케이싱(casing)된 웰(well)에서도 측정 가능하며, 감마선 검층 자료는 지층의 암상 판별 및 다른 검층과 함께 사용되어 깊이 보정을 위한 기준자료로 사용될 수 있다. 또한, 발전된 형태인 감마선 분광 검층은 에너지 수준을 함께 측정해 칼륨, 토륨, 우라늄과 같이 방사능을 띠는 물질의 각각의 농도를 측정할 수 있어, 광물의 종과 유형을 개별적 또는 종합적으로 판단할 수 있다
- [0034] 공극률 검층은 음파 검층(acoustic logging), 밀도 검층(density logging), 중성자 검층(neutron logging)을 말하며, 단독으로 사용하기도 하지만 주로 두 가지 이상의 검층을 통해 대비하여 지층의 암상 결정 및 사암에 포함된 셰일의 함량을 결정할 수 있다. 음파 검층은 시추공에서 인접한 지층을 통과하여 돌아오는 음파의 운행

시간을 측정하는 방법으로 검층 봉은 송신기와 수신기로 구성되어 있다. 송신기와 수신기 사이에 홈을 만들어 검층 봉을 타고 도달하는 음파가 수신기에 먼저 도착하지 않도록 만들어져 있다. 밀도 검층은 감마선의 콤프턴 산란(Compton scattering)을 이용하여 지층의 체적밀도를 측정하는 방법으로 검층 봉을 벽면에 붙여 수행하며 소스에서 발생된 감마선이 지층을 통과하면서 에너지 일부를 전자들에게 뺏기고 되돌아오는 에너지 수를 단위 면적당으로 측정한다. 중성자 검층은 검층 봉을 벽면에 붙여 수행하며 방사능 원에서 방출되는 중성자가 지층을 통과하여 다른 원자들과 충돌하여 발생하는 에너지를 측정하는 방식으로 중성자와 비슷한 질량을 가진 수소 원자와 충돌하였을 때 가장 큰 에너지를 방출한다. 지층 내 공극은 대부분 지층수와 탄화수소로 이루어져 있어 에너지 크기를 통해 지층 내의 공극률을 측정한다.

[0035] 지층의 비저항을 측정하는 비저항 검층(resistivity logging)은 유체의 포화율을 결정하는데 매우 중요한 인자 중 하나이다. 비저항 검층에서는 주로 지층의 진 비저항(true resistivity) 및 혼입 지대(flushed zone)의 비저항을 측정하며, 전극 사이의 간격이 클수록 진 비저항과 가까워진다. 비저항 검층의 종류에는 재래식, 지향식, 전자유도, 미소 비저항 등이 있다. 재래식 검층은 지상의 발전기에서 보내지는 전류에 의해 검층 봉 내의 이동 전극 사이에 형성되는 전위차를 측정하는 방법이며, 지향식은 송신 전극에서 수평 방향으로 전해지는 전류에 의해 수신 전극에 감지되는 전위차를 측정하는 방법이다. 전자유도 방식은 송신 코일에서 발생된 고주파 전류에 의하여 생긴 자기장이 지층 내에서 2차 유도전류를 형성하고, 이 전류가 다시 전기장으로 변형되어 수신 코일에 감지되는 전류를 측정하는 것이다. 미소 비저항 검층은 지지대가 부착된 전극 판 내의 송신 전극과 수신 전극 사이의 전위차를 측정하는 방식이다.

[0036] 코어 분석 자료 산출부(110)는 물리 검층 자료 입력부(100)에서 입력된 물리 검층 자료를 기초로 대비도표 및 계산식을 이용하여 코어 분석 자료(예컨대, 공극률, 셰일 체적, 유효공극률, 만곡도 및 평활도를 포함)를 산출하는 역할을 한다.

[0037] 공극률은 다음 [수학식 1]에 의해 규정될 수 있다.

[0038] [수학식 1]

$$\phi_d = \frac{\rho_{ma} - \rho_b}{\rho_{ma} - \rho_f}$$

[0039]

[0040] [여기서, ϕ_d 는 공극률을 나타내고, ρ_{ma} 는 모암의 밀도를 나타내고, ρ_b 는 측정된 지층의 밀도를 나타내고, ρ_f 는 유체의 밀도를 나타냄]

[0041] 셰일 체적은 다음의 [수학식 2]에 의해 규정될 수 있다.

[0042] [수학식 2]

$$I_{GR} = \frac{(GR_{log} - GR_{ss})}{(GR_{sh} - GR_{ss})}$$

[0043]

[0044] [여기서, I_{GR} 은 셰일 체적을 나타내고, GR_{log} 는 지층에서 측정된 감마선 검층 측정값을 나타내며, GR_{ss} 는 감마선 검층의 사암 기선값을 나타내며, GR_{sh} 는 감마선 검층의 셰일 기선을 나타냄]

[0045] 유효공극률은 다음의 [수학식 3]에 의해 규정될 수 있다.

[0046] [수학식 3]

$$\phi_e = \frac{(\rho_{ma} - \rho_b)\phi_{Nsh} - (\rho_{ma} - \rho_{sh})\phi_N}{(\rho_{ma} - \rho_f)\phi_{Nsh} - (\rho_{ma} - \rho_{sh})}$$

[0047]

[0048] [여기서, ϕ_e 는 유효공극률을 나타내고, ρ_{ma} 는 모암의 밀도를 나타내며, ρ_b 는 측정된 지층의 밀도를 나타내며, ρ_f 는 유체의 밀도를 나타내며, ρ_{sh} 는 셰일 점에서의 측정된 밀도를 나타내며, ϕ_{Nsh} 는 셰일 점에서의 중성자 공극률을 나타내며, ϕ_N 는 측정된 지층에서의 중성자 공극률을 나타냄]

[0049] 만곡도는 다음의 [수학식 4]에 의해 규정된다.

[0050] [수학식 4]

$$\tau = \left(\frac{R_0}{R_w} \phi \right)^{\frac{1}{2}}$$

[0051]

[0052] [여기서, τ 는 만곡도를 나타내고, R_0 는 암석의 비저항을 나타내며, R_w 는 물의 비저항을 나타내며, ϕ 는 공극률을 나타내며 다음의 [수학식 5]에 의해 규정됨]

[0053] [수학식 5]

$$\phi = A_a / A$$

[0055] [여기서, A_a 는 공극의 유효단면적을 나타내고, A 는 암석의 단면적을 나타냄]

[0056] 평활도는 고결지수의 역수이다. 고결지수는 다음의 [수학식 6]에 의해 규정된다.

[0057] [수학식 6]

$$m = \frac{\log(R_w/R_0)}{\log(\phi)}$$

[0058]

[0059] [여기서, m은 고결지수를 나타냄]

[0060] 제어부(200)는 데이터 전처리부(210), 딥러닝 모델 생성부(220) 및 저류층 투과도 산출부(230)를 포함한다.

[0061] 데이터 전처리부(210)는 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 전처리하여 데이터 이상치 및 미입력 자료를 제거하는 역할을 한다. 여기서, 전처리는 로버스트스케일러(RobustScaler)법을 이용한다. 로버스트스케일러법은 중앙 값과 사분위 값을 이용하며 아웃라이어의 영향을 최소화한 기법이다.

[0062] 딥러닝 모델 생성부(220)는 데이터 전처리부(210)에 의해 데이터 이상치 및 미입력 자료가 제거된 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료와, 저류층 투과도 자료를 데이터 세트로 하여 딥러닝 학습시켜 딥러닝 모델을 생성하는 역할을 한다. 한편, 여기서는 딥러닝 학습시켜 딥러닝 모델을 생성하는 예를 들었으나, 다른 기계학습법을 사용한 인공지능망 모델을 사용해도 된다.

[0063] 저류층 투과도 산출부(230)는 딥러닝 모델 생성부(220)에 의해 생성된 딥러닝 모델에 전처리된 물리 검층 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하는 역할을 한다.

[0064] 표시부(300)는 제어부(200)로부터 표시제어신호를 입력받아 저류층 투과도 산출부(230)에 의해 산출된 저류층 투과도를 디스플레이하는 역할을 한다. 표시부(300)는 CRT, LCD, LED, OLED, PDP 등의 출력장치가 사용될 수 있다.

[0065] 이하, 상기한 바와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치를 이용한 저류층 투과도 산출 방법에 대해서 설명하기로 한다.

[0066] 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 저류층 투과도 산출 방법을 설명하기 위한 플로우차트로서, 여기서 S는 스텝(step)을 의미한다.

[0067] 먼저, 물리 검층 자료 입력부(100)가 외부로부터 저류층 투과도와 관련된 물리 검층 자료를 입력받는다(S10).

[0068]

[0069] 다음, 코어 분석 자료 산출부(110)가 물리 검증 자료 입력부(100)에서 입력된 물리 검증 자료를 기초로 코어 분석 자료를 산출한다(S20).

[0070]

[0071] 다음, 제어부(200)는 스텝(S20)에서 산출된 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 전처리하여 데이터 이상치 및 미입력 자료가 제거된 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 얻는다(S30).

[0072] 다음, 제어부(200)는 스텝(S30)에서 전처리된 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료 및/또는 외부에서 입력된 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료와, 외부에서 입력된 저류층 투과도 자료 및/또는 저류층 투과도 산출부에 의해 획득된 저류층 투과도 자료를 데이터 세트로 하여 딥러닝 학습시켜 딥러닝 모델을 생성한다(S40).

[0073] 다음, 제어부(200)는 스텝(S40)에서 생성된 딥러닝 모델에 스텝(S30)에서 전처리된 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출한다(S50).

[0074] 다음, 스텝(S50)에서 산출된 저류층 투과도가 표시부에 의해 디스플레이된다(S60).

[0075] 본 발명의 실시예에 의한 딥러닝 기반 저류층 투과도 산출 장치 및 방법에 의하면, 저류층 투과도와 관련된 물리 검증 자료를 입력받고; 상기 물리 검증 자료를 기초로 코어 분석 자료를 산출하며; 상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 전처리하여 데이터 이상치 및 미입력 자료를 제거하고, 전처리된 이 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료와, 저류층 투과도 자료를 데이터 세트로 하여 딥러닝 학습시킨 딥러닝 모델에 상기 물리 검증 자료 및 코어 분석 자료를 입력시켜 저류층 투과도를 산출하며; 산출된 저류층 투과도를 디스플레이하도록; 구성됨으로써, 코어 분석을 수행하지 않아도 물리검증 자료만 입력되면 자동으로 저류층 투과도를 산출할 수 있음과 아울러, 저류층 투과도의 예측성능을 증대시킬 수 있다.

[0076] 도면과 명세서에는 최적의 실시예가 개시되었으며, 특정한 용어들이 사용되었으나 이는 단지 본 발명의 실시형태를 설명하기 위한 목적으로 사용된 것이지 의미를 한정하거나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

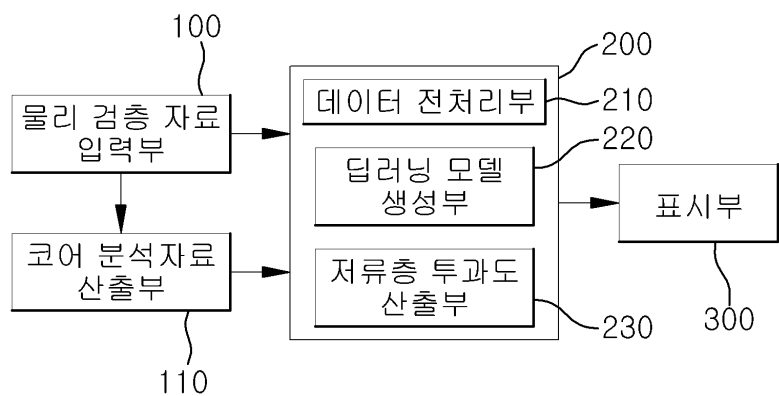
부호의 설명

[0077]

- 100: 물리 검증 자료 입력부
- 110: 코어 분석 자료 산출부
- 200: 제어부
- 210: 데이터 전처리부
- 220: 딥러닝 모델 생성부
- 230: 저류층 투과도 산출부
- 300: 표시부

도면

도면1



도면2

