(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년05월07일
(11) 등록번호 10-2803295
(24) 등록일자 2025년04월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01V 1/50 (2006.01) *G01V 1/46* (2006.01)
G06N 20/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G01V 1/50 (2013.01)
G01V 1/46 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-0116216
(22) 출원일자 2024년08월28일
심사청구일자 2024년08월28일
(56) 선행기술조사문헌
Automatic detection of fractures and breakouts patterns in acoustic borehole image logs using fast-region convolutional neural networks
CN118172406 A*
KR1020220055549 A*
WO2024018277 A2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
국립공주대학교 산학협력단
충청남도 공주시 공주대학로 56 (신관동)
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
김하영
대전광역시 서구 관저북로 52, 106동 204호(관저동, 대자연마을아파트)
염주열
광주광역시 북구 상촌로43번길 30, 202동 1004호 (양산동, 일신 2차 아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김정수

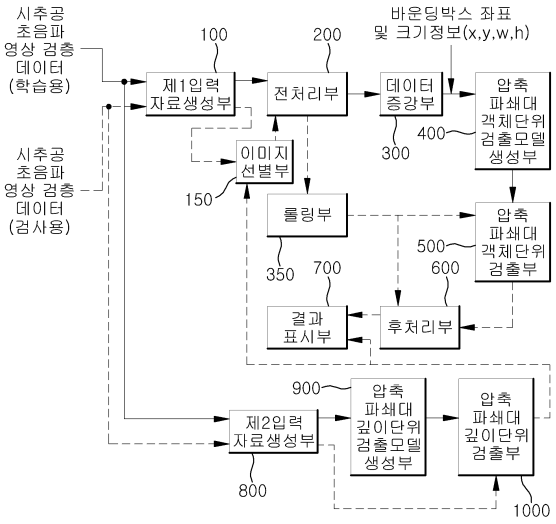
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 김창섭

(54) 발명의 명칭 **기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 관한 것으로서, X축이 0도 내지 360도의 각도를 나타내고 Y축이 깊이를 나타내며 색상으로 진폭을 나타내는 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 입력받아 학습용 입력층 데이터, 검사용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터를 생성하도록 구성된 제2 입력자료 생성부(800); 상기 학습용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성하도록 구성된 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부(900); 및 상기 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부로부터 생성된 기계학습모델에, 상기 검사용 입력층 데이터를 입력시켜 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 획득하도록 구성된 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000);를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06N 20/00 (2021.08)
G01V 2210/66 (2013.01)
G01V 2210/72 (2013.01)

(72) 발명자
이경북
세종특별자치시 누리로 59, 506동 1002호(한솔동, 첫마을5단지)

장찬동
대전광역시 유성구 죽동로 251, 301동 1602호(죽동, 푸르지오아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415186586
과제번호 20212010200020
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
연구사업명 에너지수요관리핵심기술개발
연구과제명 CO2 지중저장 안전성 확보 기술개발
과제수행기관명 한국지질자원연구원
연구기간 2021.11.01 ~ 2024.10.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711184246
과제번호 2021R1C1C1004460
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 우수신진연구
연구과제명 딥러닝기반 유정 및 광역 동적 빅데이터 통합 지질특성화 기술 개발
과제수행기관명 공주대학교 산학협력단
연구기간 2021.03.01 ~ 2026.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415188806
과제번호 20225B10300050
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
연구사업명 CCUS 상용기술 고도화 및 해외저장소 확보를 위한 국제공동연구 프로젝트
연구과제명 EGR 기술 적용을 통한 캐나다 지역 대규모 CCS 저장소 발굴 및 해외감축 사업 모델 개발
과제수행기관명 한국지질자원연구원
연구기간 2022.05.01 ~ 2024.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1615013103
과제번호 RS-2022-00143541
부처명 국토교통부
과제관리(전문)기관명 국토교통과학기술진흥원
연구사업명 비전통오일 생산플랜트 건설핵심기술 개발사업(R&D)
연구과제명 비전통오일 친환경-고수율 회수 및 순환시스템 기술개발
과제수행기관명 한국건설기술연구원
연구기간 2022.04.01 ~ 2025.12.31
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

X축이 0도 내지 360도의 각도를 나타내고 Y축이 깊이를 나타내며 색상으로 진폭을 나타내는 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 입력받아 학습용 입력층 데이터, 검사용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터를 생성하도록 구성된 제2 입력자료 생성부(800);

상기 학습용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성하도록 구성된 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부(900); 및

상기 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부로부터 생성된 기계학습모델에, 상기 검사용 입력층 데이터를 입력시켜 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 획득하도록 구성된 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000);를 포함하며,

상기 학습용 입력층 데이터 및 검사용 입력층 데이터는 (m-n)~(m+n) 깊이의 모든 방위에 대한 진폭 값 데이터이며,

상기 학습용 출력층 데이터는 (m) 깊이의 압축파쇄대 존재여부 데이터이며,

여기서, m은 검출 깊이를 나타내며, n은 임의의 개수 깊이를 나타내는

기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 입력받아 압축파쇄대 상단 및 하단으로부터 설정된 간격을 갖는 복수의 학습용 이미지 데이터와 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 설정된 깊이 간격으로 구분한 복수의 검사용 이미지 데이터를 생성하는 제1 입력자료 생성부(100);

상기 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000)로부터 획득된 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 입력받아 상기 복수의 검사용 이미지 데이터 중 압축파쇄대가 존재하는 복수의 검사용 이미지 데이터를 선별하도록 구성된 이미지 선별부(150);

상기 복수의 학습용 이미지 데이터 및 선별된 상기 검사용 이미지 데이터를 전처리하여 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 생성하도록 구성된 전처리부(200);

상기 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터를 입력받아 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터를 생성하도록 구성된 데이터 증강부(300);

전처리된 상기 검사용 이미지 데이터를 입력받아 평균 진폭 값이 가장 낮은 각도 열을 첫 번째 열로 평행이동하고, 다시 우측으로 평행이동시키는 롤링부(350);

상기 데이터 증강부에 의해 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터, 및 상기 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터의 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성하도록 구성된 압축파쇄대 객체단위 검출 모델 생성부(400); 및

상기 압축파쇄대 객체단위 검출 모델 생성부로부터 생성된 기계학습모델에, 상기 롤링부에 의해 평행이동된 검사용 이미지 데이터를 입력시켜 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 획득하도록 구성된 압축파쇄대 객체단위 검출부(500);를 더 포함하는 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 압축파쇄대 객체단위 검출부(500)로부터 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 입력받고 상기 롤링부(350)로부터 평행이동된 검사용 이미지 데이터 및 평행이동 정보를 입력받아 후처리하여 바운딩박스별 압축파쇄대 속성정보 및 픽셀단위별 압축파쇄대 속성정보를 생성하도록 구성된 후처리부(600)를 더 포함하는 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000)로부터 획득된 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터, 상기 압축파쇄대 객체단위 검출부(500)에서 획득된 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h), 상기 후처리부(600)에서 생성된 바운딩박스별 압축파쇄대 속성정보 및 픽셀단위별 압축파쇄대 속성정보 중 하나 이상을 표시하도록 구성된 결과 표시부(700)를 더 포함하는 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템.

청구항 5

제2 항에 있어서,

상기 전처리부(200)는

상기 복수의 학습용 이미지 데이터 및 선별된 상기 검사용 이미지 데이터를 입력받아 설정된 해상도를 갖도록 조정하는 해상도 조정부(210); 및

설정된 해상도를 갖는 상기 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 복수의 그레이스케일 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터로 변환하는 그레이스케일 변환부(220);를 포함하는 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템.

청구항 6

제3 항에 있어서,

상기 후처리부(600)는

상기 압축파쇄대 객체단위 검출부(500)로부터 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 입력받고 상기 롤링부(350)로부터 평행이동된 검사용 이미지 데이터 및 평행이동 정보를 입력받아 입력된 상기 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보, 평행이동된 검사용 이미지 데이터 및 평행이동 정보를 이용하여 바운딩박스별로 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이를 산출하는 제1 압축파쇄대 속성정보 계산부(620);

상기 평행이동된 검사용 이미지 데이터에서 바운딩박스를 기준으로 분류된 압축파쇄대 이미지 데이터를 군집화 알고리즘을 이용하여 이미지 데이터에서 픽셀의 평균값이 상대적으로 작은 군집을 1로 하고 상대적으로 큰 군집을 0으로 하여 분류하여 2종류로 군집화를 진행하는 군집화모델(610); 및

상기 2종류로 군집화된 이미지 데이터에서 압축파쇄대 군집의 깊이별 중앙값을 계산하고, 중앙값이 계산된 군집화된 이미지 데이터에서 픽셀단위별로 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이를 산출하는 제2 압축파쇄대 속성정보 계산부(630);를 포함하는 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 제1 압축파쇄대 속성정보 계산부(620)에 의해 산출되는 바운딩박스별 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이는 다음의 [수학식 1]에 의해 계산되는 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템.

[수학식 1]

중심 깊이(depth, m) = 시작 깊이(start depth) + (y × tm)

방위각(azimuth, °) = x × 360° + roll

열림각(opening angle, °) = ω × 360°

길이(length, m) = h × tm

[여기서, 시작 깊이는 롤링부로부터 출력된 이미지 데이터의 최상부 깊이를 나타내며, t는 롤링부로부터 출력된 이미지 데이터의 세로 길이를 나타내며, x, y는 바운딩박스의 중심 좌표를 나타내며, w, h는 바운딩박스의 가로 길이 및 세로 길이를 나타내며, roll은 롤링부에서 수행한 정보로서, 롤링부로부터 출력된 이미지 데이터를 0도의 열 내지 360도의 열 중 평균 진폭값이 가장 낮은 각도의 열을 첫 번째 열로 평행이동하고 다시 우측으로 평행이동 시킨 정보를 나타낸다]

청구항 8

제6 항에 있어서,

상기 제2 압축파쇄대 속성정보 계산부(630)에 의해 산출되는 픽셀단위별 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이는 다음의 [수학식 2]에 의해 계산되는 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템.

[수학식 2]

중심 깊이(depth, m)= $(depth_{min}+depth_{max})/2$

방위각(azimuth, °)= 압축파쇄대 군집의 깊이별 중앙값의 평균값

열림각(opening angle, °) = 압축파쇄대 군집의 깊이별 열림각의 평균값

길이(length, m) = $depth_{max} - depth_{min}$

[여기서, $depth_{max}$ 및 $depth_{min}$ 는 픽셀단위별 압축파쇄대의 최고깊이 및 최저깊이를 나타낸다]

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 관한 것으로서, 특히 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 입력받아 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터, 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h), 바운딩박스별 압축파쇄대 속성정보 및 픽셀단위별 압축파쇄대 속성정보를 획득하도록 구성된 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 지각에 작용하는 응력의 특성(크기, 방향, 이방성 등)은 지하공간 개발의 안정성과 지진 및 단층 활동의 기작을 이해하는 데 중요한 요소이다. 최근 1km 미만의 천부지각을 이산화탄소 지중저장, 고준위 핵폐기물 처리시설 등 다양한 목적으로 개발하고 있어 지하공간의 응력규명은 안정성과 직결된다. 천부지각의 응력장은 수압파쇄법, 오버코어링법, 단층 조선 역산법, 시추공 응력지시자 활용법과 같은 다양한 지질공학적 방법으로 측정된다. 이들 중 시추공 응력지시자 활용법은 시추공벽에서 관찰될 수 있는 압축 또는 인장파쇄대를 통해 비교적 빠르고 연속적으로 응력장 정보를 획득할 수 있어 많이 활용되고 있다. 시추공벽에서 나타나는 응력지시자(stress indicator)는 인장파쇄대(drilling-induced tensile fractures)와 압축파쇄대(borehole breakout)가 있다. 이러한 파쇄대는 시추 과정에서 시추공 주변 응력이 이완되거나 집중되는 곳에서 발생하며, 현장 응력의 방향과 크기에 대한 정보를 얻을 수 있다. 이 중 압축파쇄대는 최대 수평 주응력이 작용하는 방향과 직교하는 방향에서 응력이 집중되어 그 지점의 응력 크기가 암석의 강도보다 클 때 발생한다. 압축파쇄대는 초음파 영상검층을 통해 취득되는 진폭(amplitude)과 주시(travel time) 자료를 분석하여 발생여부를 판단할 수 있다. 주응력 특성상

180° 이격을 두고 압축파쇄대가 발생하며, 이때 진폭은 작아지고 주시는 크게 측정된다. 따라서 검층자료를 통해 깊이별 최대수평 주응력 방향을 유추할 수 있다.

[0003] 일반적으로 압축파쇄대는 이미지로그에 대해 전문가가 수작업을 통해 판별하게 된다. 이러한 작업은 전문가의 숙련도에 따라 분석결과가 달라지며 주관을 배제하기 어렵다. 또한 주어진 시간과 비용에 따라 분석 정밀도가 달라질 수 있으며, 자료의 수가 많은 고밀도 시추 또는 고심도 자료의 경우 분석에 많은 시간이 소요된다는 문제점이 존재하였다.

[0004] 이러한 문제점을 개선하고자 Dias et al.(2020)은 수작업으로 진행되는 이미지로그분석 작업의 효율성 제고를 위해 딥러닝기반 Fast-RCNN(fast-region convolution neural network) 기법을 이용한 모델을 개발하였다. 해당 모델은 이미지로그의 압축파쇄대와 균열(fracture)을 자동으로 검출한다.

[0005] 그러나, 딥러닝기반 Fast-RCNN 기법을 이용한 모델은 가용한 자료가 적은 경우 딥러닝모델 적용이 제한된다는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0006] (비특허문헌 0001) Dias, L.O., Bom, C.R., Faria, E.L., Valentin, M.B., Correia, M.D., de Albuquerque, M.P., de Albuquerque, M.P., and Coelho, J.M., 2020. Automatic detection of fractures and breakouts patterns in acoustic borehole image logs using fast-region convolutional neural networks, Journal of Petroleum Science and Engineering, 191, 107099.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서 본 발명은 상기와 같은 상황을 고려하여 이루어진 것으로서, 본 발명의 목적은 객체검출 모델에서 발생하던 오검출(압축파쇄대가 존재하지 않지만 존재한다고 예측하던 문제)을 개선할 수 있으며, 가용한 학습데이터가 적더라도 압축파쇄대 검출을 위한 기계학습모델을 생성할 수 있으며, 검사용 이미지 데이터에서 양끝단에 압축파쇄대가 존재하더라도 압축파쇄대의 검출 정밀도를 개선할 수 있는 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템은 X축이 0도 내지 360도의 각도를 나타내고 Y축이 깊이를 나타내며 색상으로 진폭을 나타내는 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 입력받아 학습용 입력층 데이터, 검사용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터를 생성하도록 구성된 제2 입력자료 생성부; 상기 학습용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성하도록 구성된 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부; 및 상기 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부로부터 생성된 기계학습모델에, 상기 검사용 입력층 데이터를 입력시켜 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 획득하도록 구성된 압축파쇄대 깊이단위 검출부;를 포함하며, 상기 학습용 입력층 데이터 및 검사용 입력층 데이터는 (m-n)~(m+n) 깊이의 모든 방위에 대한 진폭 값 데이터이며, 상기 학습용 출력층 데이터는 (m) 깊이의 압축파쇄대 존재여부 데이터이며, 여기서, m은 검출 깊이를 나타내며, n은 임의의 개수 깊이를 나타내는 것을 특징으로 한다.

[0009] 상기 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템은 상기 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 입력받아 압축파쇄대 상단 및 하단으로부터 설정된 간격을 갖는 복수의 학습용 이미지 데이터와 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 설정된 깊이 간격으로 구분한 복수의 검사용 이미지 데이터를 생성하는 제1 입력자료 생성부; 상기 압축파쇄대 깊이단위 검출부로부터 획득된 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 입력받아 상기 복수의 검사용 이미지 데이터 중 압축파쇄대가 존재하는 복수의 검사용 이미지 데이터를 선별하도록 구성된 이미지 선별부; 상기 복수의 학습용 이미지 데이터 및 선별된 상기 검사용 이미지 데이터를 전처리하여 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 생성하도록 구성된 전처리부; 상기 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 학습용 이미지

데이터를 입력받아 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터를 생성하도록 구성된 데이터 증강부; 전처리된 상기 검사용 이미지 데이터를 입력받아 평균 진폭 값이 가장 낮은 각도 열을 첫 번째 열로 평행이동하고, 다시 우측으로 평행이동시키는 롤링부; 상기 데이터 증강부에 의해 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터, 및 상기 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터의 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성하도록 구성된 압축파쇄대 객체단위 검출 모델 생성부; 및 상기 압축파쇄대 객체단위 검출 모델 생성부로부터 생성된 기계학습모델에, 상기 롤링부에 의해 평행이동된 검사용 이미지 데이터를 입력시켜 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 획득하도록 구성된 압축파쇄대 객체단위 검출부;를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템은 상기 압축파쇄대 객체단위 검출부로부터 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 입력받고 상기 롤링부로부터 평행이동된 검사용 이미지 데이터 및 평행이동 정보를 입력받아 후처리하여 바운딩박스별 압축파쇄대 속성정보 및 픽셀단위별 압축파쇄대 속성정보를 생성하도록 구성된 후처리부를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템은 상기 압축파쇄대 깊이단위 검출부로부터 획득된 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터, 상기 압축파쇄대 객체단위 검출부에서 획득된 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h), 상기 후처리부에서 생성된 바운딩박스별 압축파쇄대 속성정보 및 픽셀단위별 압축파쇄대 속성정보 중 하나 이상을 표시하도록 구성된 결과 표시부를 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 있어서, 상기 전처리부는 상기 복수의 학습용 이미지 데이터 및 선별된 상기 검사용 이미지 데이터를 입력받아 설정된 해상도를 갖도록 조정하는 해상도 조정부; 및 설정된 해상도를 갖는 상기 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 복수의 그레이스케일 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터로 변환하는 그레이스케일 변환부;를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 있어서, 상기 후처리부는 상기 압축파쇄대 객체단위 검출부로부터 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 입력받고 상기 롤링부로부터 평행이동된 검사용 이미지 데이터 및 평행이동 정보를 입력받아 입력된 상기 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보, 평행이동된 검사용 이미지 데이터 및 평행이동 정보를 이용하여 바운딩박스별로 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이를 산출하는 제1 압축파쇄대 속성정보 계산부; 상기 평행이동된 검사용 이미지 데이터에서 바운딩박스를 기준으로 분류된 압축파쇄대 이미지 데이터를 군집화 알고리즘을 이용하여 이미지 데이터에서 픽셀의 평균값이 상대적으로 작은 군집을 1로 하고 상대적으로 큰 군집을 0으로 하여 분류하여 2종류로 군집화를 진행하는 군집화모델; 및 상기 2종류로 군집화된 이미지 데이터에서 압축파쇄대 군집의 깊이별 중앙값을 계산하고, 중앙값이 계산된 군집화된 이미지 데이터에서 픽셀단위별로 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이를 산출하는 제2 압축파쇄대 속성정보 계산부;를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 있어서, 상기 제1 압축파쇄대 속성정보 계산부에 의해 산출되는 바운딩박스별 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이는 다음의 [수학식 1]에 의해 계산될 수 있다.

[0015] [수학식 1]

[0016] 중심 깊이(depth, m) = 시작 깊이(start depth) + (y × tm)

[0017] 방위각(azimuth, °) = x × 360° + roll

[0018] 열림각(opening angle, °) = ω × 360°

[0019] 길이(length, m) = h × tm

[0020] [여기서, 시작 깊이는 롤링부로부터 출력된 이미지 데이터의 최상부 깊이를 나타내며, t는 롤링부로부터 출력된 이미지 데이터의 세로 길이를 나타내며, x, y는 바운딩박스의 중심 좌표를 나타내며, w, h는 바운딩박스의 가로 길이 및 세로 길이를 나타내며, roll은 롤링부에서 수행한 정보로서, 롤링부로부터 이미지 데이터에서 0도의 열 내지 360도의 열 중 평균 진폭값이 가장 낮은 각도의 열을 첫 번째 열로 평행이동하고 다시 우측으로 평행이동시킨 정보를 나타낸다]

[0021] 상기 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 있어서, 상기 제2 압축파쇄대 속성정보 계산부에 의해 산출되는 픽셀단위별 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이는 다음의 [수학식 2]에 의

해 계산될 수 있다.

[0022] [수학식 2]

[0023] 중심 깊이(depth, m)= ($depth_{min}$+$depth_{max}$)/2

[0024] 방위각(azimuth, °)= 압축파쇄대 군집의 깊이별 중앙값의 평균값

[0025] 열림각(opening angle, °) = 압축파쇄대 군집의 깊이별 열림각의 평균값

[0026] 길이(length, m) = $depth_{max}$ - $depth_{min}$

[0027] [여기서, $depth_{max}$ 및 $depth_{min}$ 는 픽셀단위별 압축파쇄대의 최고깊이 및 최저깊이를 나타낸다]

발명의 효과

[0028] 본 발명의 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 의하면, 압축파쇄대 깊이단위 검출부로부터 획득된 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 이용하여 복수의 검사용 이미지 데이터 중 압축파쇄대가 존재하는 복수의 검사용 이미지 데이터를 선별하고, 선별된 복수의 검사용 이미지 데이터를 압축파쇄대 객체단위 검출에 이용하도록 구성됨으로써, 객체검출 모델에서 발생하던 오검출(압축파쇄대가 존재하지 않지만 존재한다고 예측하던 문제)을 개선할 수 있다는 뛰어난 효과가 있다.

[0029] 더욱이, 본 발명의 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 의하면, 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 입력받아 생성한 복수의 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 전처리하여 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 생성하고, 생성된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터를 증강시키고, 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터, 및 이 학습용 이미지 데이터의 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성하고, 학습된 기계학습모델에 롤링부에 의해 평행이동된 검사용 이미지 데이터를 입력시켜 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 획득하도록 구성됨으로써, 가용한 학습데이터가 적더라도 압축파쇄대 검출을 위한 기계학습모델을 생성할 수 있다는 다른 뛰어난 효과가 있다.

[0030] 더욱이, 본 발명의 실시형태에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 의하면, 그레이스케일의 검사용 이미지 데이터를 입력받아 해당 이미지 데이터에서 0도의 열 내지 360도의 열 중 평균 진폭값이 가장 낮은 각도의 열을 첫 번째 열로 평행이동하고, 다시 우측으로 평행이동하도록 구성됨으로써, 검사용 이미지 데이터에서 양끝단에 압축파쇄대가 존재하더라도 압축파쇄대의 검출 정밀도를 개선할 수 있다는 다른 뛰어난 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템의 블록 구성도이다.

도 2는 도 1의 전처리부에 대한 상세 블록도이다.

도 3은 도 1의 후처리부에 대한 상세 블록도이다.

도 4는 도 1의 제1 입력자료 생성부와 제2 입력자료 생성부에 입력되는 학습용 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 나타낸 도면이다.

도 5는 도 1의 제1 입력자료 생성부에서 생성되는 학습용 및 검사용 이미지 데이터를 나타낸 도면이다.

도 6은 도 2의 그레이스케일 변환부에 의해 변환된 그레이스케일 학습용 및 검사용 이미지 데이터를 나타낸 도면이다.

도 7은 도 2의 데이터 증강부에 입력되는 그레이스케일 학습용 이미지 데이터인 원본 이미지 데이터, 데이터 증강부에 의해 증강된 평행이동 이미지 데이터, 좌우 반전 이미지 데이터 및 180도 회전 이미지 데이터를 나타낸 도면이다.

도 8은 도 3의 롤링부에 의해 수행되는 과정을 나타낸 플로우챠트이다.

도 9는 도 3의 제1 압축파쇄대 속성정보 계산부에 입력된 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h) 및 압축

파쇄대가 검출된 이미지 데이터와, 제1 압축파쇄대 속성정보 계산부에 의해 산출된 바운딩박스별 압축파쇄대의 속성정보를 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 도 3의 군집화 모델에 의한 군집화 진행 및 군집화된 이미지 데이터의 1, 0 값 분류 과정, 및 압축파쇄대 군집의 중앙값 계산과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 도 3의 제2 압축파쇄대 속성정보 계산부에 의해 중앙값이 계산된 군집화된 이미지 데이터에서 픽셀단위별로 압축파쇄대의 속성정보를 산출하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 의한 깊이단위 압축파쇄대 존재 여부 데이터를 획득하는 과정을 나타낸 플로우챠트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 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.

[0033] 도면에서 도시된 각 시스템에서, 몇몇 경우에서의 요소는 각각 동일한 참조 번호 또는 상이한 참조 번호를 가져서 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.

[0034] 본 명세서에서 어느 하나의 구성요소가 다른 구성요소로 자료 또는 신호를 '전송', '전달' 또는 '제공'한다 함은 어느 한 구성요소가 다른 구성요소로 직접 자료 또는 신호를 전송하는 것은 물론, 적어도 하나의 또 다른 구성요소를 통하여 자료 또는 신호를 다른 구성요소로 전송하는 것을 포함한다.

[0035] 이하, 본 발명의 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0036] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템의 블록 구성도이다.

[0037] 본 발명의 실시예에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템은, 도 1에 도시된 바와 같이, 제2 입력자료 생성부(800), 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부(900), 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000), 제1 입력자료 생성부(100), 이미지 선별부(150), 전처리부(200), 데이터 증강부(300), 롤링부(350), 압축파쇄대 객체단위 검출 모델 생성부(400), 압축파쇄대 객체단위 검출부(500), 후처리부(600) 및 결과 표시부(700)를 포함한다. 제2 입력자료 생성부(800), 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부(900), 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000), 제1 입력자료 생성부(100), 이미지 선별부(150), 전처리부(200), 데이터 증강부(300), 롤링부(350), 압축파쇄대 객체단위 검출 모델 생성부(400), 압축파쇄대 객체단위 검출부(500), 후처리부(600) 및 결과 표시부(700)는 하나의 단말 장치(예컨대, 노트북, 퍼스널컴퓨터, PDA, PMP, 스마트폰 등)로 구성될 수 있다.

[0038] 제2 입력자료 생성부(800)는 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터(X축이 0도 내지 360도의 각도를 나타내고 Y축이 깊이를 나타내며 색상으로 진폭을 나타냄)를 입력받아 학습용 입력층 데이터, 검사용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터를 생성하는 역할을 한다. 학습용 입력층 데이터 및 검사용 입력층 데이터는 (m-n)~(m+n) 깊이의 모든 방위에 대한 진폭 값 데이터이며, 학습용 출력층 데이터는 (m) 깊이의 압축파쇄대 존재여부 데이터이다. 여기서, m은 검출 깊이를 나타내며, n은 임의의 개수 깊이를 나타낸다.

[0039] 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부(900)는 제2 입력자료 생성부(800)에 의해 생성된 학습용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성하는 역할을 한다.

[0040] 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000)는 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부(900)로부터 생성된 기계학습모델에, 제2 입력자료 생성부(800)에 의해 생성된 검사용 입력층 데이터를 입력시켜 깊이단위 압축파쇄

대 존재여부 데이터를 획득하는 역할을 한다.

[0041] 제1 입력자료 생성부(100)는 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터(X축이 0도 내지 360도의 각도를 나타내고 Y축이 깊이를 나타내며 색상으로 진폭을 나타냄)를 입력받아 압축파쇄대 상단 및 하단으로부터 설정된 간격을 가지며 일정한 크기를 갖는 복수의 학습용 이미지 데이터와 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 설정된 깊이 간격으로 구분한 복수의 검사용 이미지 데이터를 생성하는 역할을 한다.

[0042] 도 4는 도 1의 제1 입력자료 생성부와 제2 입력자료 생성부에 입력되는 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 나타낸 도면으로서, X축이 0도 내지 360도의 각도를 나타내고 Y축이 깊이(depth)를 나타내며 색상으로 진폭을 나타낸다. 여기서 가장 진한 색상은 가장 낮은 진폭을 나타내며, 압축파쇄대일 확률이 높다.

[0043] 도 5는 도 1의 제1 입력자료 생성부에서 생성되는 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 나타낸 도면으로서, 복수의 학습용 이미지 데이터는 각각 압축파쇄대 상단 및 하단으로부터 설정된 간격(예컨대, 0.5m)을 가지며 일정한 크기를 갖는다.

[0044] 이미지 선별부(150)는 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000)로부터 획득된 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 입력받고, 해당 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 기초로 제1 입력자료 생성부(100)에 의해 생성된 복수의 검사용 이미지 데이터 중 압축파쇄대가 존재하는 복수의 검사용 이미지 데이터를 선별하는 역할을 한다.

[0045] 전처리부(200)는 제1 입력자료 생성부(100)에서 생성된 복수의 학습용 이미지 데이터 및 이미지 선별부(150)에 의해 선별된 복수의 검사용 이미지 데이터를 전처리하여 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 생성하는 역할을 한다. 좀 더 상세하게는, 도 2에 도시된 바와 같이, 전처리부(200)는 해상도 조정부(210) 및 그레이스케일 변환부(220)를 포함한다.

[0046] 해상도 조정부(210)는 제1 입력자료 생성부(100)에서 생성된 복수의 학습용 이미지 데이터 및 이미지 선별부(150)에 의해 선별된 복수의 검사용 이미지 데이터를 입력받아 설정된 해상도(예컨대, 640×640)를 갖도록 조정하는 역할을 한다.

[0047] 그레이스케일 변환부(220)는 해상도 조정부(210)에 의해 조정된 설정된 해상도를 갖는 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 그레이스케일 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터로 변환하는 역할을 한다. 도 6은 도 2의 그레이스케일 변환부에 의해 변환된 그레이스케일 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 나타낸 도면이다.

[0048] 데이터 증강부(300)는 전처리부(200)에 의해 전처리된 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터를 원본 이미지 데이터로 하여, 원본 이미지 데이터를 설정된 각도로 평행 이동시켜서 평행이동 이미지 데이터를 생성하며, 원본 이미지 데이터를 좌우 반전시켜서 좌우 반전 이미지 데이터를 생성하며, 원본 이미지 데이터를 상하 반전시켜서 상하 반전 이미지 데이터를 생성하며, 원본 이미지 데이터를 180도 회전시켜서 180도 회전 이미지 데이터를 생성한다. 즉, 하나의 원본 이미지 데이터에 대해서 20개의 이미지 데이터를 증강 시킬 수 있다. 도 7은 도 1의 데이터 증강부에 입력되는 그레이스케일 학습용 이미지 데이터인 원본 이미지 데이터, 데이터 증강부에 의해 증강된 평행이동 이미지 데이터, 좌우 반전 이미지 데이터, 상하 반전 이미지 데이터 및 180도 회전 이미지 데이터를 나타낸 도면이다. 이와 같이, 학습용 이미지 학습데이터인 원본 이미지 데이터 하나에 대해서 평행이동 이미지 데이터, 좌우 반전 이미지 데이터, 상하 반전 이미지 데이터 및 180도 회전 이미지 데이터를 증강함으로써 가용한 학습 이미지 데이터가 적더라도 압축파쇄대 검출을 위한 기계학습모델을 생성할 수 있다.

[0049] 롤링부(350)는 도 8에 도시된 바와 같이 전처리부(200)에 의해 전처리된 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 검사용 이미지 데이터를 입력받아(S351) 평균 진폭 값이 가장 낮은 각도 열을 첫 번째 열로 평행이동하고(S352), 다시 우측으로 평행이동시키는(S353) 역할을 한다. 더욱이 롤링부(350)는 평행이동 정보를 후처리부(600)에 제공할 수 있다.

[0050] 압축파쇄대 객체단위 검출모델 생성부(400)는 데이터 증강부(300)에 의해 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터, 이 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터의 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성하는 역할을 한다.

[0051] 압축파쇄대 검출부(500)는 압축파쇄대 객체단위 검출모델 생성부(400)에 의해 생성된 기계학습모델에, 롤링부

(350)에 의해 평행이동된 검사용 이미지 데이터를 입력시켜, 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 획득하는 역할을 한다.

[0052] 후처리부(600)는 압축파쇄대 객체단위 검출부(500)로부터 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 입력받고 상기 롤링부(350)로부터 평행이동된 검사용 이미지 데이터 및 평행이동 정보를 입력받아 후처리하여 바운딩박스별 압축파쇄대 속성정보 및 픽셀단위별 압축파쇄대 속성정보를 생성하는 역할을 한다.

[0053] 좀 더 상세하게는, 후처리부(600)는 도 3에 도시된 바와 같이, 제1 압축파쇄대 속성정보 계산부(620), 군집화모델(610) 및 제2 압축파쇄대 속성정보 계산부(630)를 포함한다.

[0054] 제1 압축파쇄대 속성정보 계산부(620)는 압축파쇄대 객체단위 검출부(500)로부터 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 입력받고 롤링부(350)로부터 평행이동된 검사용 이미지 데이터 및 평행이동 정보를 입력받아 입력된 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보, 평행이동된 검사용 이미지 데이터 및 평행이동 정보를 이용하여 바운딩박스별로 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이를 산출하는 역할을 한다. 바운딩박스별 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이는 다음의 [수학식 1]에 의해 계산될 수 있다.

[0055] [수학식 1]

[0056] 중심 깊이(depth, m) = 시작 깊이(start depth) + (y × tm)

[0057] 방위각(azimuth, °) = x × 360° + roll

[0058] 열림각(opening angle, °) = ω × 360°

[0059] 길이(length, m) = h × tm

[0060] [여기서, 시작 깊이는 롤링부로부터 출력된 이미지 데이터의 최상부 깊이를 나타내며, t는 롤링부로부터 출력된 이미지 데이터의 세로 길이를 나타내며, x, y는 바운딩박스의 중심 좌표를 나타내며, w, h는 바운딩박스의 가로 길이 및 세로 길이를 나타내며, roll은 롤링부에서 수행한 정보로서, 롤링부에 입력된로부터 출력된 이미지 데이터에서 0도의 열 내지 360도의 열 중 평균 진폭값이 가장 낮은 각도의 열을 첫 번째 열로 평행이동하고 다시 우측으로 평행이동 시킨 정보를 나타낸다]

[0061] 도 9는 도 3의 제1 압축파쇄대 속성정보 계산부에 입력된 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h) 및 압축파쇄대가 검출된 이미지 데이터와, 제1 압축파쇄대 속성정보 계산부에 의해 산출된 바운딩박스별 압축파쇄대의 속성정보를 설명하기 위한 도면이다.

[0062] 군집화모델(610)은 롤링부(350)에 의해 획득된 평행이동된 검사용 이미지 데이터에서 바운딩박스를 기준으로 분류된 압축파쇄대 이미지 데이터를 군집화 알고리즘을 이용하여 이미지 데이터에서 픽셀의 평균값이 상대적으로 작은 군집을 1로 하고 상대적으로 큰 군집을 0으로 하여 분류하여 2종류로 군집화를 진행하는 역할을 한다.

[0063] 도 10에는 도 3의 군집화 모델에 의한 군집화 진행 및 군집화된 이미지 데이터의 1, 0 값 분류 과정, 및 압축파쇄대 군집의 중앙값 계산과정이 설명되어 있다.

[0064] 군집화모델(610)에 의한 군집화 과정에 대해 설명한다.

[0065] 먼저, 롤링부(350)에 의해 획득된 평행이동된 검사용 이미지 데이터를 바운딩박스를 기준으로 압축파쇄대를 분류한다(도 10에서 중간의 압축파쇄대 검출 이미지 데이터를 기준으로 좌, 우측 이미지로 분류).

[0066] 다음, 평행이동된 검사용 이미지 데이터에서 바운딩박스를 기준으로 분류된 압축파쇄대 이미지 데이터를 군집화 알고리즘을 이용하여 이미지 데이터에서 픽셀의 평균값이 상대적으로 작은 군집을 1로 하고 상대적으로 큰 군집을 0으로 하여 분류하여 2종류로 군집화를 진행한다(도 10에서 백색 군집 및 흑색 군집으로 군집화).

[0067] 제2 압축파쇄대 속성정보 계산부(630)는 군집화 모델(610)에 의해 1, 0의 2종류로 군집화된 이미지 데이터에서 압축파쇄대 군집의 중앙값(도 10의 좌, 우측 이미지에서 흑색 군집의 중앙값)을 계산하고, 중앙값이 계산된 군집화된 이미지 데이터에서, 픽셀단위별로 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이를 다음의 [수학식 2]를 이용하여 산출한다(도 11 참조).

[0068] [수학식 2]

[0069] 중심 깊이(depth, m) = $(depth_{min}+depth_{max})/2$

[0070] 방위각(azimuth, °)=압축파쇄대 군집의 깊이별 중앙값의 평균값

[0071] 열림각(opening angle, °) =압축파쇄대 군집의 깊이별 열림각의 평균값

[0072] 길이(length, m) = $depth_{max}$ - $depth_{min}$

[0073] [여기서, $depth_{max}$ 및 $depth_{min}$ 는 픽셀단위별 압축파쇄대의 최고깊이 및 최저깊이를 나타낸다]

[0074] 결과 표시부(600)는 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000)로부터 획득된 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터, 압축파쇄대 객체단위 검출부(500)에서 획득된 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h), 또는 후처리부(600)에서 생성된 바운딩박스별 압축파쇄대 속성정보(바운딩박스별 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이) 및 픽셀단위별 압축파쇄대 속성정보(픽셀단위별 압축파쇄대의 중심 깊이, 방위각, 열림각 및 길이)를 표시하는 역할을 한다.

[0075] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템의 작용을 설명하기로 한다.

[0076] 먼저, 제2 입력자료 생성부(800)는 X축이 0도 내지 360도의 각도를 나타내고 Y축이 깊이를 나타내며 색상으로 진폭을 나타내는 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 입력받아 학습용 입력층 데이터, 검사용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터를 생성한다(도 12의 S100).

[0077] 다음, 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부(900)는 제2 입력자료 생성부(800)에 의해 생성된 학습용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성한다(도 12의 S200).

[0078] 다음, 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000)는 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부(900)로부터 생성된 기계학습모델에, 제2 입력자료 생성부(800)에 의해 생성된 검사용 입력층 데이터를 입력시켜 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 획득한다(도 12의 S300).

[0079] 다음, 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000)로부터 획득된 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 결과 표시부(700)를 통해 표시한다(도 12의 S400).

[0080] 다음, 제1 입력자료 생성부(100)는 X축이 0도 내지 360도의 각도를 나타내고 Y축이 깊이를 나타내며 색상으로 진폭을 나타내는 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 입력받아 압축파쇄대 상단 및 하단으로부터 설정된 간격을 갖는 복수의 학습용 이미지 데이터와 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 설정된 깊이 간격으로 구분한 복수의 검사용 이미지 데이터를 생성한다.

[0081] 다음, 이미지 선별부(150)는 압축파쇄대 깊이단위 검출부(1000)로부터 획득된 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 입력받아 제1 입력자료 생성부(100)에 의해 생성된 복수의 검사용 이미지 데이터 중 압축파쇄대가 존재하는 복수의 검사용 이미지 데이터를 선별한다.

[0082]

[0083] 다음, 전처리부(200)는 제1 입력자료 생성부(100)에 의해 생성된 복수의 학습용 이미지 데이터 및 이미지 선별부(150)에 의해 선별된 검사용 이미지 데이터를 전처리하여 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 생성한다.

[0084] 다음, 데이터 증강부(300)가 전처리부(200)에 의해 생성된 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터를 입력받아 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터를 생성한다.

[0085] 다음, 롤링부(350)가 전처리부(200)에 의해 생성된 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 검사용 이미지 데이터를 입력받아 평균 진폭 값이 가장 낮은 각도 열을 첫 번째 열로 평행이동하고, 다시 우측으로 평행이동시킨다.

[0086]

[0087] 다음, 압축파쇄대 객체단위 검출모델 생성부(400)가 데이터 증강부(300)에 의해 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터, 이 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터의 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성한다.

[0088] 다음, 압축파쇄대 객체단위 검출부(500)가 압축파쇄대 객체단위 검출모델 생성부(400)로부터 생성된 기계학습모델을 불러들여, 이 기계학습모델에 롤링부(350)에 의해 평행이동된 검사용 이미지 데이터를 입력시켜 압축파쇄

대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 획득한다.

[0089] 다음, 후처리부(600)는 압축파쇄대 객체단위 검출부(500)로부터 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 입력받고, 롤링부(350)로부터 평행이동된 검사용 이미지 데이터 및 평행이동 정보를 입력받아 후처리하여 바운딩박스별 압축파쇄대 속성정보 및 픽셀단위별 압축파쇄대 속성정보를 생성한다.

[0090] 다음, 압축파쇄대 객체단위 검출부(500)에서 획득된 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h), 또는 후처리부(600)에서 생성된 바운딩박스별 압축파쇄대 속성정보 및 픽셀단위별 압축파쇄대 속성정보를 결과 표시부(700)를 통해 표시한다.

[0091] 본 발명의 실시예에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 의하면, 압축파쇄대 깊이단위 검출부로부터 획득된 깊이단위 압축파쇄대 존재여부 데이터를 이용하여 복수의 검사용 이미지 데이터 중 압축파쇄대가 존재하는 복수의 검사용 이미지 데이터를 선별하고, 선별된 복수의 검사용 이미지 데이터를 압축파쇄대 객체단위 검출에 이용하도록 구성됨으로써, 객체검출 모델에서 발생하던 오검출(압축파쇄대가 존재하지 않지만 존재한다고 예측하던 문제)을 개선할 수 있다.

[0092] 더욱이, 본 발명의 실시예에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 의하면, 학습용 시추공 초음파 영상 검층 데이터 및 검사용 시추공 초음파 영상 검층 데이터를 입력받아 생성한 복수의 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 전처리하여 설정된 해상도를 갖는 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터 및 검사용 이미지 데이터를 생성하고, 생성된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터를 증강시키고, 증강된 그레이스케일의 학습용 이미지 데이터, 및 이 학습용 이미지 데이터의 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습모델을 생성하고, 학습된 기계학습모델에 롤링부에 의해 평행이동된 검사용 이미지 데이터를 입력시켜 압축파쇄대를 둘러싸는 바운딩박스의 좌표 및 크기 정보(x, y, w, h)를 획득하도록 구성됨으로써, 가용한 학습데이터가 적더라도 압축파쇄대 검출을 위한 기계학습모델을 생성할 수 있다.

[0093] 더욱이, 본 발명의 실시예에 의한 기계학습모델 기반 압축파쇄대 검출 시스템에 의하면, 그레이스케일의 검사용 이미지 데이터를 입력받아 해당 이미지 데이터에서 0도의 열 내지 360도의 열 중 평균 진폭값이 가장 낮은 각도의 열을 첫 번째 열로 평행이동하고, 다시 우측으로 평행이동하도록 구성됨으로써, 검사용 이미지 데이터에서 양끝단에 압축파쇄대가 존재하더라도 압축파쇄대의 검출 정밀도를 개선할 수 있다.

[0094] 도면과 명세서에는 최적의 실시예가 개시되었으며, 특정한 용어들이 사용되었으나 이는 단지 본 발명의 실시형태를 설명하기 위한 목적으로 사용된 것이지 의미를 한정하거나 특허 청구범위에 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

[0095] 100: 제1 입력자료 생성부

150: 이미지 선별부

200: 전처리부

300: 데이터 증강부

350: 롤링부

400: 압축파쇄대 객체단위 검출 모델 생성부

500: 압축파쇄대 객체단위 검출부

600: 후처리부

700: 결과 표시부

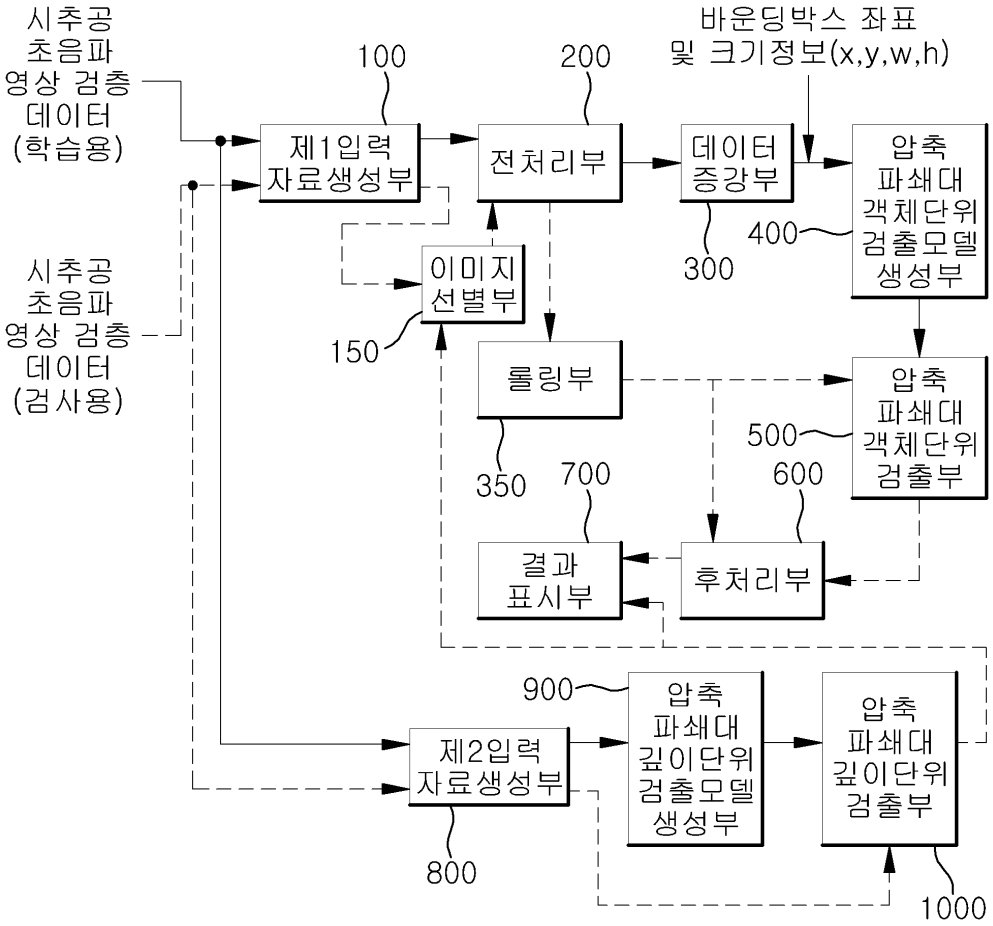
800: 제2 입력자료 생성부

900: 압축파쇄대 깊이단위 검출 모델 생성부

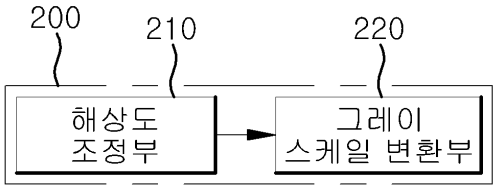
1000: 압축파쇄대 깊이단위 검출부

도면

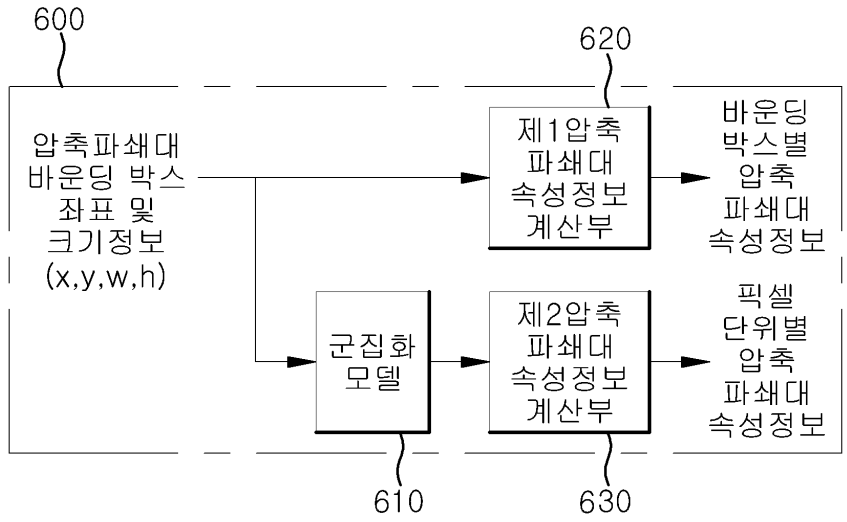
도면1


시추공
초음파
영상 검층
데이터
(학습용)
시추공
초음파
영상 검층
데이터
(검사용)
100
200
바운딩박스 좌표
및 크기정보(x,y,w,h)
제1입력
자료생성부
전처리부
데이터
증강부
압축
파쇄대
객체단위
검출모델
생성부
400
300
이미지
선별부
150
롤링부
350
700
600
500
압축
파쇄대
객체단위
검출부
결과
표시부
후처리부
900
제2입력
자료생성부
800
압축
파쇄대
깊이단위
검출모델
생성부
압축
파쇄대
깊이단위
검출부
1000

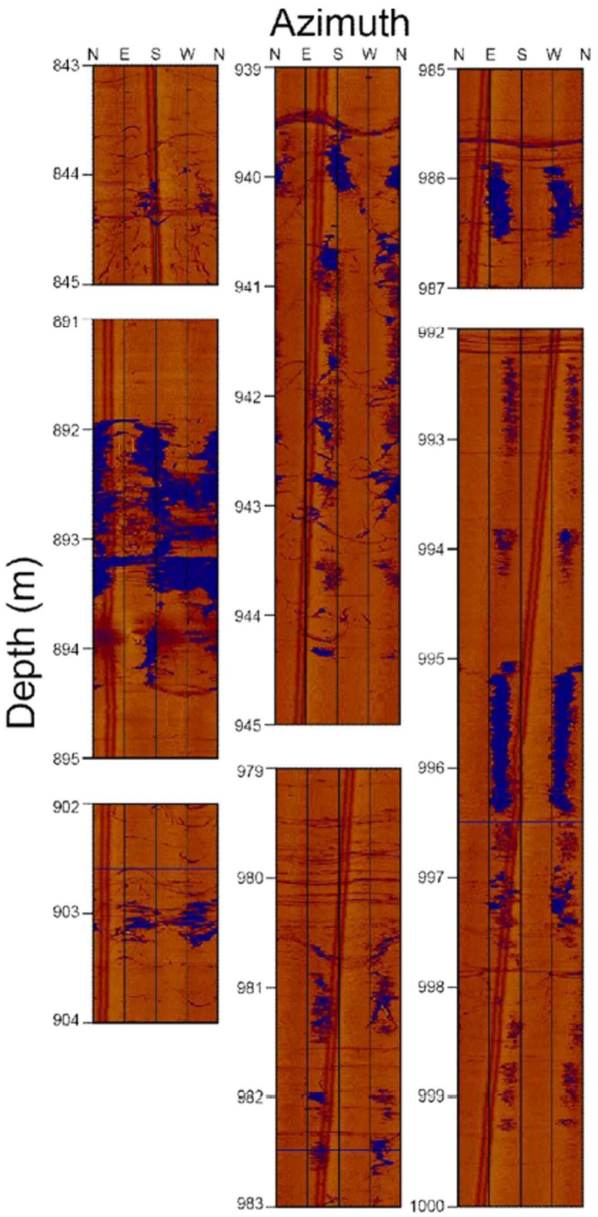
도면2


200
210
220
해상도
조정부
그레이
스케일 변환부

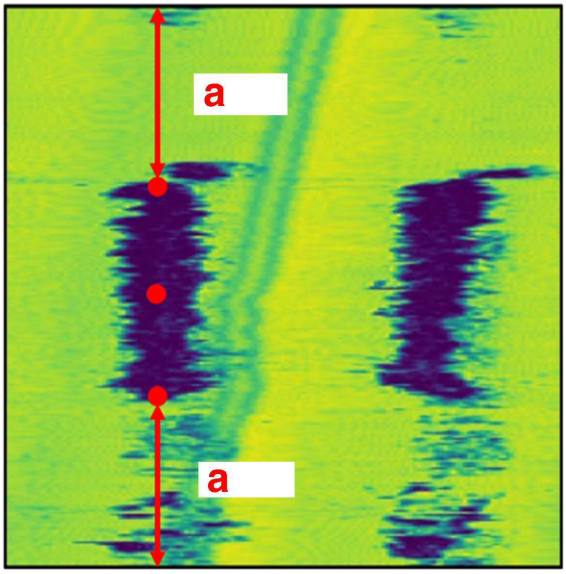
도면3


600
620
압축파쇄대
바운딩 박스
좌표 및
크기정보
(x,y,w,h)
제1압축
파쇄대
속성정보
계산부
바운딩
박스별
압축
파쇄대
속성정보
군집화
모델
제2압축
파쇄대
속성정보
계산부
픽셀
단위별
압축
파쇄대
속성정보
610
630

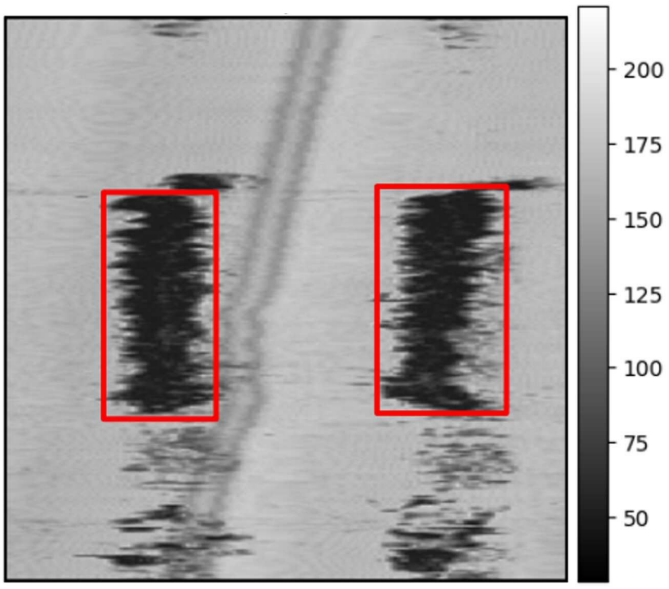
도면4


Azimuth
N E S W N
Depth (m)
843
844
845
891
892
893
894
895
902
903
904
939
940
941
942
943
944
945
979
980
981
982
983
985
986
987
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

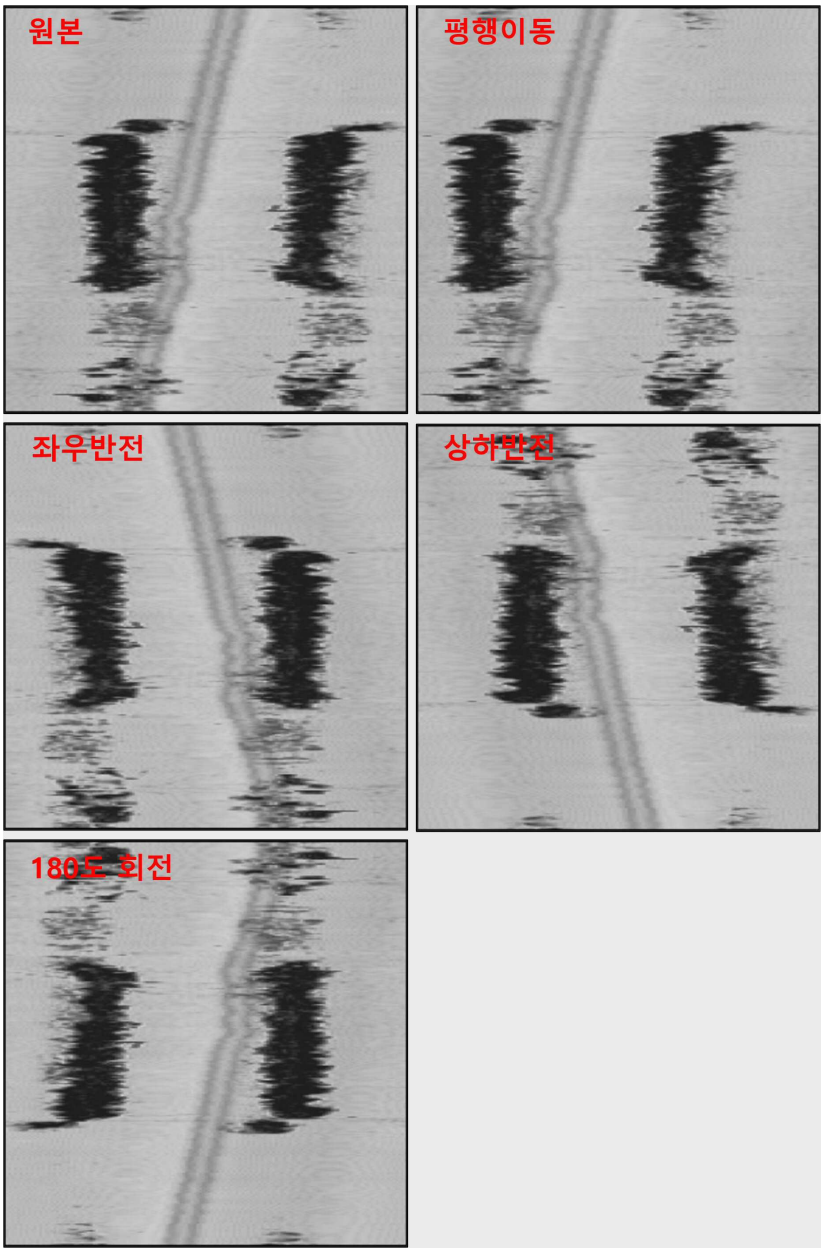
도면5



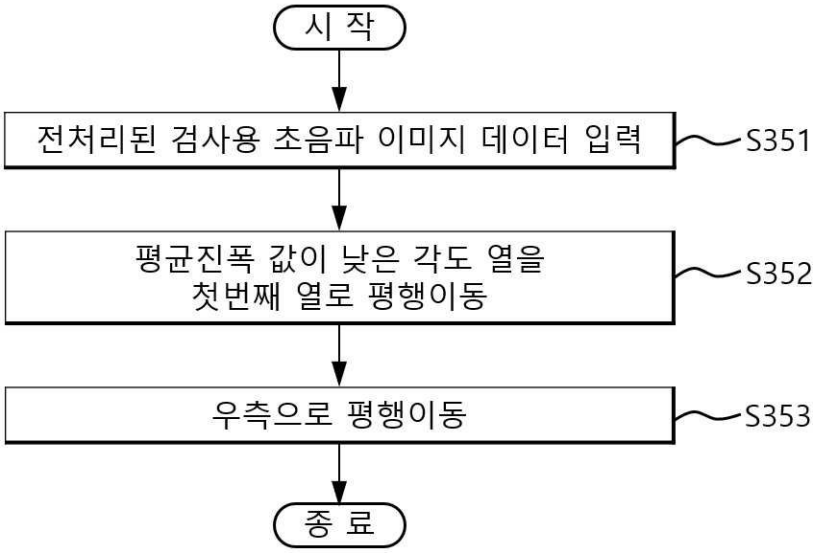
도면6



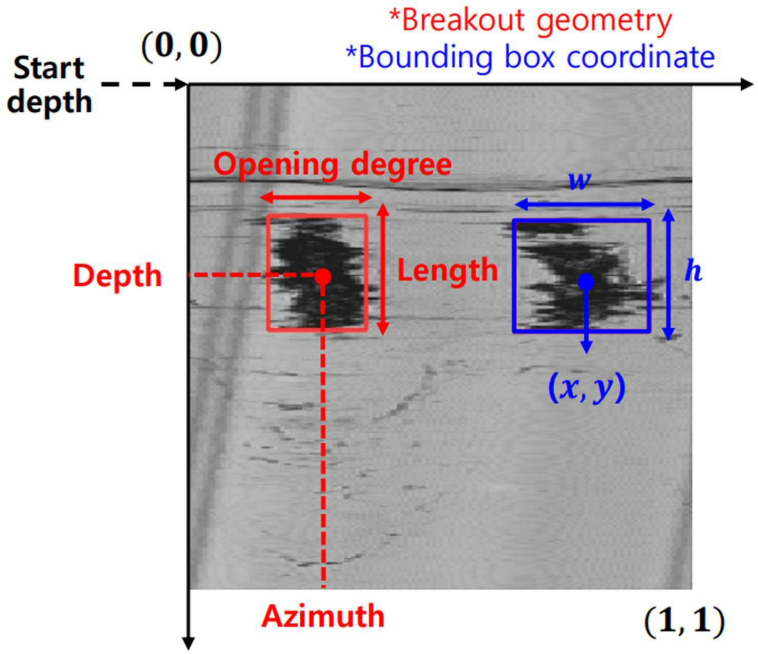
도면7



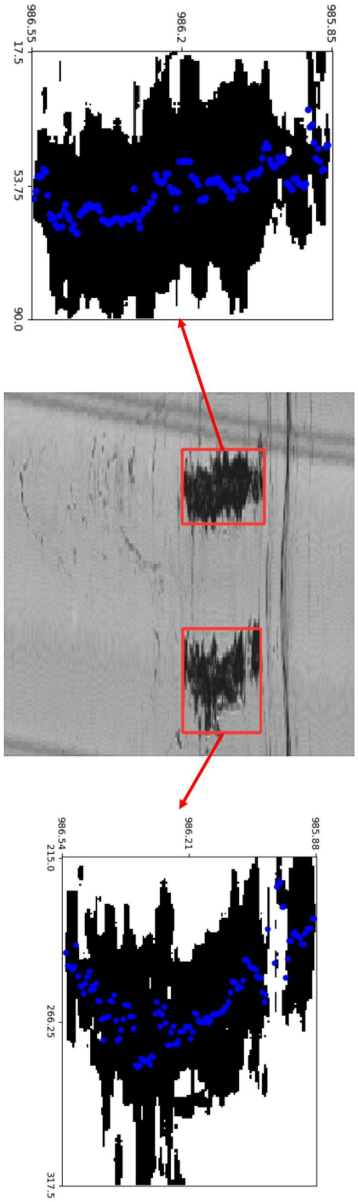
도면8


시 작
전처리된 검사용 초음파 이미지 데이터 입력
S351
평균진폭 값이 낮은 각도 열을
첫번째 열로 평행이동
S352
우측으로 평행이동
S353
종 료

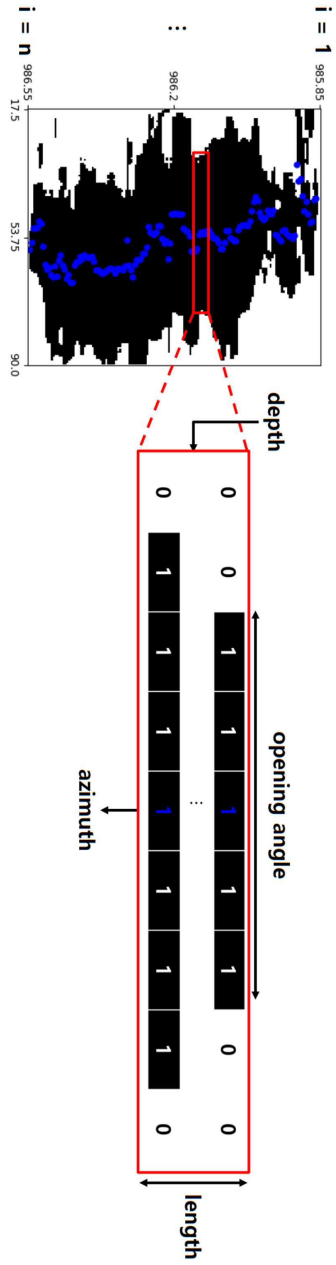
도면9


*Breakout geometry
*Bounding box coordinate
(0, 0)
Start depth
Opening degree
w
Depth
Length
h
(x, y)
Azimuth
(1, 1)

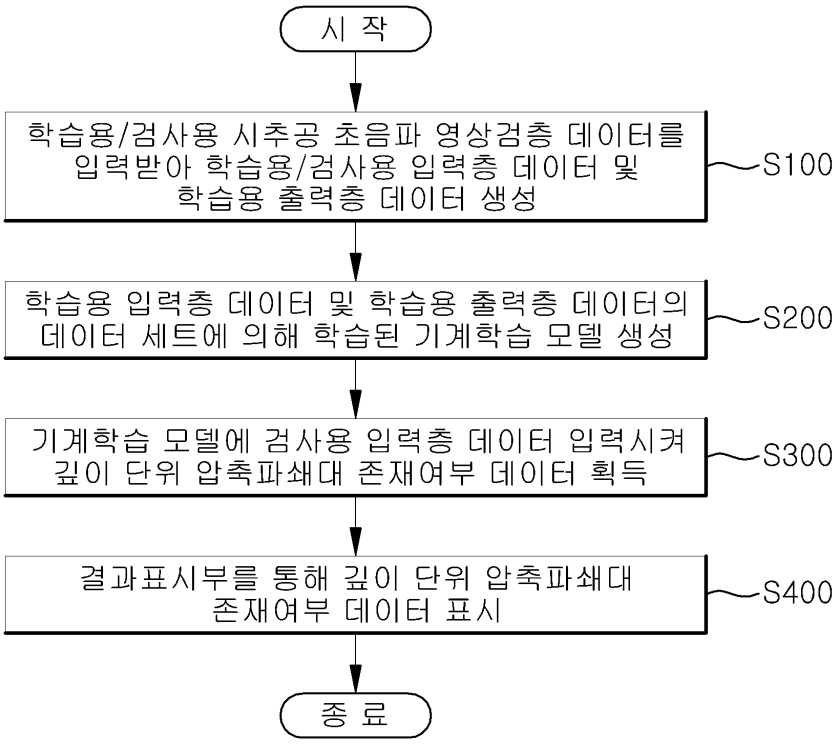
도면10


986.55
986.2
985.85
17.5
53.75
90.0
986.54
988.21
985.88
213.0
266.25
317.5

도면11


i = n
...
i = 1
986.55
986.2
965.85
17.5
53.75
90.0
depth
azimuth
opening angle
length

도면12


시 작
학습용/검사용 시추공 초음파 영상검층 데이터를 입력받아 학습용/검사용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터 생성
S100
학습용 입력층 데이터 및 학습용 출력층 데이터의 데이터 세트에 의해 학습된 기계학습 모델 생성
S200
기계학습 모델에 검사용 입력층 데이터 입력시켜 깊이 단위 압축파쇄대 존재여부 데이터 획득
S300
결과표시부를 통해 깊이 단위 압축파쇄대 존재여부 데이터 표시
S400
종 료