초분광 이미지와 딥러닝을 활용한
통합 토양 물성 예측 및 분류 시스템

KEYWORD 초분광 이미지, 딥러닝, 토양 물성 예측, 비파괴 분석
기술완성도(TRL) Small scale prototype (성능검증 ; 4단계)

기술 개발 배경

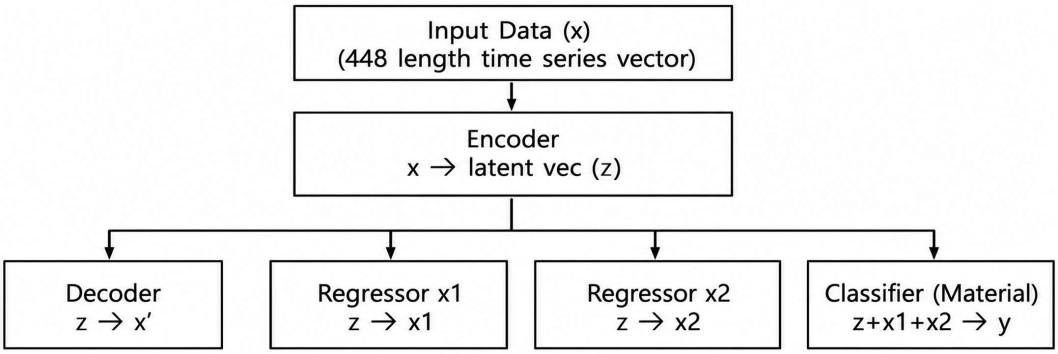
통합 토양 물성 예측 및 분류 시스템 개발 필요

- 분석 방식 제한: 기존의 토양 분석은 XRD 분석이나 오븐 건조 실험 등 실험 시간이 오래 걸리고, 시료 채취 및 이동 과정에서 물성이 변질될 가능성이 존재함. 또한, X-ray CT 같은 비파괴 장비도 크기나 현장 적용성에 한계가 있음
- 분광 정보 활용 한계: 일반 또는 다분광 카메라는 소수의 파장 대역만 측정 가능해 여러 물성을 동시에 정확히 예측하기 어려움. 초분광 카메라 연구 역시 주로 수분 함량 예측에만 국한되어 건조 밀도 파악 등에는 활용되지 못함
- 분리된 예측 모델: 지금까지는 수분 함량, 건조 밀도, 재료 유형 분류를 각각 다른 알고리즘으로 처리하여 특성 간의 복잡한 상호작용을 반영하기 어려움

기술 내용 및 특징

통합 토양 물성 예측 및 분류 시스템 핵심 기술

- 본 기술은 초분광 카메라로 획득한 분광 데이터를 기반으로 토양 시료의 주요 특성(수분 함량, 건조 밀도, 재료 유형)을 통합적으로 예측하고 분석하는 딥러닝 기반 통합 모델임
- 하나의 통합 모델이 인코더, 디코더, 회귀 예측기, 분류기 등으로 구성되어 데이터 압축, 복원, 2개의 물성(수분 함량, 건조 밀도) 예측, 재료 분류를 동시에 수행할 수 있음
- 실험 결과, 3종의 토양 재료에 대한 분류 정확도는 100%를 달성했으며, 수분 함량과 건조 밀도 예측 정확도는 각각 98%, 92% 이상을 확보함. 데이터에 손실이나 노이즈가 발생했을 때, 시계열 데이터를 정밀하게 복원하는 기능이 포함되어 분석의 신뢰성을 높임



[통합 신경망 모델 플로우차트]

Technology Brief

통합 토양 물성 예측 및 분류 시스템

종래기술과의 차별성

종래 기술의 한계

- 별도의 개별 장비로 분리된 실험(XRD, 오븐 건조 등)을 수행하여 시간이 오래 걸리고 시료가 훼손될 수 있음
- 일반/다분광 카메라 사용으로 제한된 정보만 획득 가능
- 각각의 물성 예측이 개별 알고리즘으로 처리되어 특성 간 상호작용을 반영하기 어려움
- 데이터의 손실이나 노이즈 발생 시 대처가 어려움

본 기술의 우수성

- 하나의 측정 시스템으로 수분 함량, 건조 밀도, 재료 유형을 동시에 비파괴적으로 분석하여 효율성과 신속성 확보 가능
- 초분광 카메라를 활용하여 복합적인 물성 정보를 정밀하게 추출 가능
- 통합 딥러닝 모델을 통해 각 정보 간의 상호작용을 반영하여 예측 정확도를 극대화할 수 있음
- 시계열 데이터 재구성 기능으로 손실된 데이터를 신속히 복원하여 분석의 신뢰성을 높일 수 있음

적용분야

- 현장 기반 자동 지반 조사 시스템 개발
- 토양 물성 실시간 예측 도구로 활용
- 지반 품질 관리 시스템 (온도, 지하수 노출에 따른 품질 변화 예측)
- 비파괴·고속 분석 기반의 스마트 건설 기술에 적용



기대효과

- 수분함량·건조밀도·재료유형 동시 예측으로 분석시간 단축
- 비파괴 현장 분석으로 시료 훼손 및 물성변화 최소화
- 높은 분류·예측 정확도로 지반 평가 신뢰성 향상
- 손실 데이터 복원 기능으로 분석 안정성 향상
- 스마트 건설 및 지반 품질관리 자동화에 활용

보유특허

No.	국가	출원 / 등록번호	발명의 명칭	상태
1	한국	10-2025-0106590(출원일: 2025.8.4.)	토양 물성 예측 및 분류용 딥러닝 통합 시스템 및 그 동작 방법	출원

문의처

기술문의	기술이전(1차)	기술이전(2차)
처분성능실증연구부 김민섭 박사 042-866-6484 | kmseop@kaeri.re.kr	처분성능실증연구부 유재복 042-868-2236 | jbyoo@kaeri.re.kr	기술사업화팀 이재용 042-868-4521 | jaylee93@kaeri.re.kr