



고해상도 항공 영상과 임분고 정보를 활용한 산림 탄소 저장량 추정

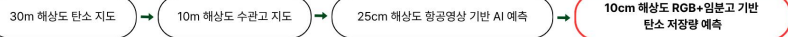


연구 배경

- 탄소 중립과 탄소흡수원 확충이 중요해지는 추세
- 우리나라의 주요 탄소흡수원인 산림에 대한 공간적 모니터링이 필요
- 현장 조사 방식에서 발전하여 원격 탐사와 AI를 활용하는 연구가 진행되고 있음

선행 연구의 발전 방향

목표



고해상도 RGB, 임분고 영상과 기계학습을 활용하는 방향으로 연구가 발전

연구 목적

10cm 고해상도 RGB 영상과 *임분고(Stand Height) 정보를 활용한 픽셀 단위 탄소 저장량 예측 모델 구축

RGB + 임분고 정보를 결합한 입력 데이터셋 구성

ResNet50 encoder를 적용한 U-Net 기반 회귀 모델 구축

평가 지표와 시각화를 통한 결과 분석

* 임분고 : 숲 전체의 평균적인 나무 높이 또는 수관층의 평균 높이

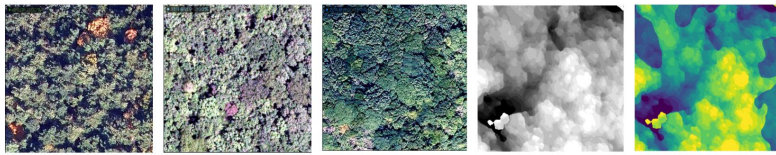
데이터

AI Hub

AIHub 권역별 식생 탄소 포집량 식별 데이터

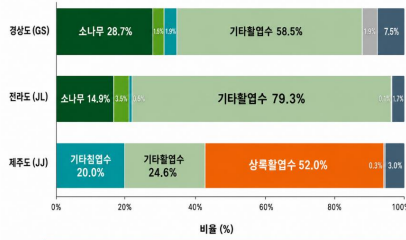
경상도, 전라도, 제주도 지역에 대한 총 7358장의 데이터 확보

경상도 전라도 제주도 임분고(Stand Height) 탄소 저장량 (Carbon Quantity)

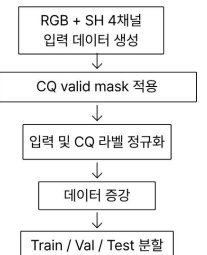


권역	경상도(GS)	전라도(JL)	제주도(JJ)
사용 데이터 수	3,387	3,566	405
주요 수종	소나무, 활엽수(58.5%)	기타 활엽수(79.3%)	상록 활엽수(52.0%)
전체 탐사 면적	107.2 km ²	59.4 km ²	4.0 km ²
단위 면적당 평균 CQ(gC/ha)	363	367	409

지역별 수종 구성 비율 (%)



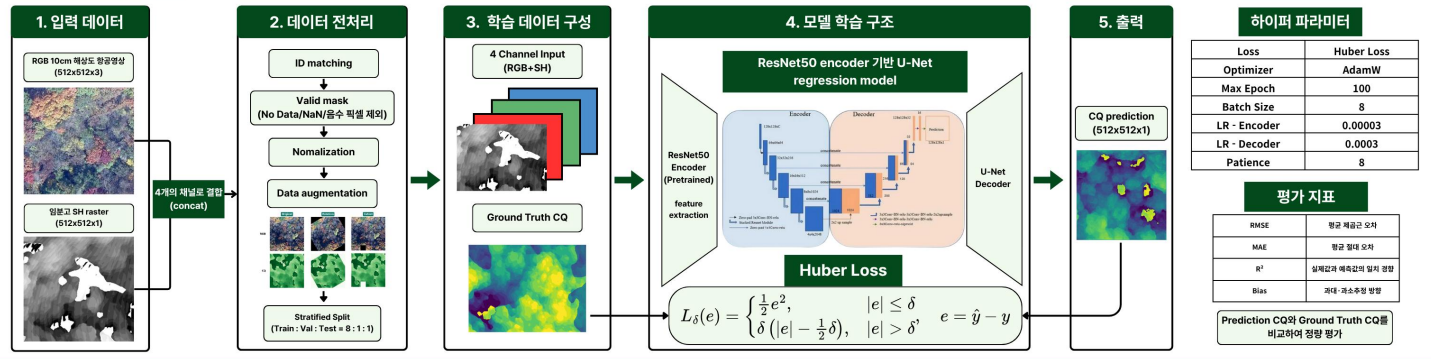
데이터 전처리



• Ground Truth : 수종식별 GT, 경급(DM - 나무두께), 임분고(SH), 수종별 계수를 적용하여 제작된 픽셀별 탄소 저장량 라벨값

제공 데이터 : RGB 10cm 해상도 항공영상, 임분고(SH-Stand Height), 탄소 저장량 라벨(CQ-Carbon Quantity), JSON 메타데이터

연구 방법



연구 결과

RGB + SH Ground Truth(정답) Prediction(예측)

정답 값(Ground Truth)의 주요 공간 패턴을 유사하게 예측
고탄소 샘플 부족, 로그 변환, Huber Loss 극단값 완화등의 이유로 고탄소 영역에서 예측값이 실제보다 낮게 나타나는 과소추정 확인

Scatter Plot

고탄소 영역에서 예측값이 실제 값보다 낮게 나타남

지표	Test 결과
RMSE	110.48 gC/ha
MAE	70.36 gC/ha
R ²	0.6263

지역별 RMSE, MAE 비교

지역별 예측 편향 비교

결과 해석

- 경상도는 사용 데이터 수가 많고 탐사 면적이 가장 넓어 R²가 가장 높았지만 비산림 구간(도로)이 함께 존재해 오차는 상대적으로 크게 나타났다.
- 전라도는 비교적 균질한 수종 구성을 보여, 세 지역 중 RMSE와 MAE가 가장 낮아 안정적인 예측 결과가 나타났다.
- 제주도는 상록활엽수 중심으로 단위 면적당 탄소 저장량이 가장 높았지만, 데이터 수가 가장 적어 과소추정 경향이 크게 나타났다.
- 25cm 해상도 영상으로 탄소 저장량 예측을 진행한 선행연구와 평가지표에서 큰 차이가 없었다. 해상도를 cm단위에서 더 높이는 것은 추정에 큰 영향을 미치지 않는다. (선행연구 R² : 0.6324)

결론

- 10cm 해상도 RGB 항공영상과 임분고 정보를 결합하여 픽셀 단위 탄소 저장량 예측 모델을 구현하고 성능을 검증
- cm 단위에서는 해상도의 차이가 추정 결과에 큰 영향을 미치지 않는다. (선행 연구와 비교)
- 지역 별 산림 특징에 따라 탄소 저장량의 분포가 달라지고 예측 성능에서도 차이가 난다.

한계점 및 향후 연구

- 예측 결과가 대체로 유사했지만 고탄소 영역에서 과소추정
- 비교적 적은 데이터와 간단한 모델로 학습하여 성능 한계 존재
- 데이터 증량하기, 산림 속성 정보를 추가하기, 다른 모델(Foundation model fine-tuning) 활용 등 향후 연구에서 더 나은 성능을 기대할 수 있음.