

식생지수와 XGBoost를 활용한 정주지 수목 탐지 및 전이학습 적용 연구

Urban Tree Detection Based on Vegetation Indices and XGBoost: A Transfer Learning Approach

이준우¹ · 이수연² · 박진혁³ · 한유한⁴ · 전철민⁵

Joonwoo Lee¹ · Suyun Lee² · Jinhyuk Park³ · Yuhan Han⁴ · Chulmin Jun⁵

¹서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(leejoon924@uos.ac.kr)

²서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정(stbry27@uos.ac.kr)

³서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(jk0518@uos.ac.kr)

⁴서울시립대학교 공간정보공학과 석사과정(dbgks25@uos.ac.kr)

⁵서울시립대학교 공간정보공학과 교수 교신저자(cmjun@uos.ac.kr)

요약

본 연구는 최신 수목 정보가 부족한 지자체에서도 활용 가능한 수목 탐지 방법론으로, 전이학습 기반 XGBoost 모델을 제안한다. 서울시 공공 수목정보와 Sentinel-2 위성영상을 활용하여 계절별 기초모델을 구축하고, 이를 대구시 데이터에 전이하여 정주지 내 수목 분포를 예측하였다. 전이모델은 기초모델 대비 정확도 향상을 보였으며, SHAP 분석을 통해 주요 식생지수(RVI, NDMI 등)의 영향력을 검증하였다. 본 연구는 온실가스 인벤토리 산정의 정량적 기반 제공 가능성을 확인하였으며, 향후 고해상도 영상 및 극소량 데이터 환경으로의 확장이 기대된다.

1. 서론

기후위기에 대응하기 위한 글로벌 탄소 중립 정책이 강화됨에 따라, 국가 및 지자체 수준에서 온실가스 흡수원에 대한 정량적 관리의 필요성이 증가하고 있다. 특히 IPCC(2023)에 따르면 인간 활동으로 인한 지표 온도 상승과 온실가스 배출 증가를 명시하며, 흡수량 산정을 포함한 체계적 인벤토리 구축의 중요성을 강조한다. 이에 따라 우리나라에서도 「탄소중립·녹색성장 기본법」에 근거하여 지자체 단위의 온실가스 인벤토리 구축이 요구되고 있다.

정주지 내 수목은 도시의 주요 탄소흡수

원으로 기능하나, 국내 대부분의 지자체는 수목의 최신 공간 정보를 확보하지 못하고 있어, 인벤토리 산정의 정확도 저해 요인으로 작용하고 있다. 기존 연구들은 고해상도 영상이나 현장조사 기반으로 수목을 정량화했지만, 데이터 수집 비용이 크고 소규모 지자체에서는 활용이 어렵다는 한계가 있었다. 이에 본 연구는 제한된 수목 정보 환경에서도 적용 가능한 전이학습 기반 XGBoost 수목 탐지 모델을 제안하고, 실제로 서울시 데이터를 활용하여 대구시에 전이한 실증 분석을 수행하였다.

2. 본론

연구 대상지는 서울시와 대구시이며, 2024년 기준 4개 계절 시점의 Sentinel-2 위성영상과 수목 위치 데이터를 활용하였다. 독립변수는 NDVI, RVI, NDWI 등 총 17종의 식생지수를 활용하였고, 종속변수는 수목 존재 여부로 설정하였다. 학습 데이터는 수목과 비수목 간 클래스 불균형을 방지하기 위해 1:1 비율로 샘플링하였다.

먼저 서울시 데이터를 이용해 계절별 기초모델을 XGBoost로 학습하였고, 이후 동일한 구조의 모델을 대구시 데이터에 대해 전이학습하여 모델을 재학습하였다. 전이모델의 학습량(num_boost_round)은 성능 변화에 따라 조정되었으며, 계절별 모델 중 8월(여름) 모델이 가장 높은 성능을 기록하였다.

모델 평가는 Accuracy, Precision, F1-score를 기준으로 수행되었으며, 여름철 전이모델은 기초모델 대비 Accuracy가 향상되었고, F1-score 또한 증가하였다. SHAP 분석을 통해 예측에 기여한 주요 식생지수로 RVI, NDMI, SIPI 등이 확인되었고, 모델은 변수 간 상호작용을 고려하여 판단을 수행하고 있음이 밝혀졌다.

며 실제 수목 분포와 정합도가 높게 나타났다. 반면 기초모델은 산림 등 비정주지에도 수목으로 오인 탐지하는 경향이 있었다.

3. 결론

본 연구는 최신 수목 정보가 부족한 지자체에서도 적용 가능한 수목 탐지 방법론을 제시하였으며, 전이학습 기반의 XGBoost 모델을 통해 정주지 내 탄소흡수원(수목)의 공간 분포를 효과적으로 예측할 수 있음을 실증하였다. 특히, 여름철 모델이 전이학습 성능에 가장 적합하며, SHAP 기반 해석을 통해 예측 결과의 신뢰성과 해석 가능성을 확보하였다.

추후 연구에서는 고해상도 위성영상 기반 탐지 정확도 향상, 1,000그루 이하의 극소량 데이터 환경에서도 모델의 적용성 평가, 실제 온실가스 인벤토리 산정과의 연계성 검토 등의 방향이 제시된다. 이러한 전이학습 기반 접근은 수목 정보 확보가 어려운 지역에서도 정주지 단위 온실가스 인벤토리 산정의 정량적 기반으로 기능할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 성과는 정부(환경부)의 재원으로 한국환경산업기술원의 탄소중립 특성화대학원 사업의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

1. IPCC (2023), Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Publication No. AR6-9789291691647, IPCC, Geneva, p.184.doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

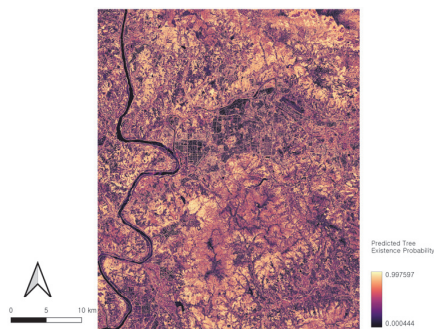


그림 1 수목 존재 예측 확률 공간 분포

또한 그림 1과 같이 예측 확률의 공간 분포를 분석한 결과, 전이모델은 도심 내 가로수 밀집 지역에 더 높은 예측값을 부여하