

U-Net 기반 회귀 모델과 Sentinel-1/2 위성영상을 활용한 미국 주요 도심지 건물 높이 추정

Building Height Estimation in Major Urban Areas of the United States Using Sentinel-1/2 Satellite Imagery and a U-Net-Based Regression Model

윤아영¹, 임태석¹, 이보람², 배태석², 김상완^{2*}

AYeong Yun¹, Taeseok Lim¹, Boram Lee², Tae-Suk Bae², and Sang-Wan Kim^{1,2*}

¹ 세종대학교 에너지자원공학과

² 세종대학교 지구자원시스템공학과 (e-mail: swkim@sejong.edu)

대규모 도시 지역에서의 건물 높이 추정은 도시 구조 분석 및 관리 측면에서 필수적인 연구이다. LiDAR (Light Detection and Ranging)은 보편적으로 약 1m의 수평 해상도와 10-25cm의 수직 정확도를 제공하여 건물 높이 산출에 유용한 기술로써 활용되고 있으나 이는 자료 획득에 높은 비용이 소요되며 관측 주기가 길어 시·공간적으로 연속적인 자료 획득에 한계가 있다. 인공위성 자료를 활용한 건물 높이 추정 연구는 이러한 한계점을 보완 가능하게 하며, 특히 ESA(European Space Agency)에서 제공하는 Sentinel 자료의 경우 재방문 주기가 비교적 짧고 무료로 배포되어 활용성이 높아 이를 활용한 건물 높이 추정 연구가 수행되어 왔다. 이중 Nascetti et al. (2023)에서 개발된 방법은 Sentinel-1 SAR (Synthetic Aperture Radar) 반사강도 자료 및 밴드 VV, VH (ascending, descending) 자료와 Sentinel-2 MSI (Multispectral imager) 밴드 4(665nm), 3(560nm), 2(490nm), 8(842nm), 12(2190nm) 자료의 시계열 영상을 입력자료로써 활용하여 U-Net 기반의 딥러닝 모델을 개발하고 최종적으로 건물 높이를 산출하였다. 해당 연구에서는 네덜란드, 에스토니아, 스위스 및 독일의 주요 도시에서 RMSE 약 1.89m 및 R^2 0.53의 정확도를 보였다. 본 연구에서는 Nascetti et al. (2023)이 제안한 U-Net 기반 이중 인코더 구조를 적용하였다. Sentinel-2 MSI 광학 자료는 기존 모델과 동일한 밴드를 사용하였으며 SAR 영상은 단일 편파 자료 및 incidence angle 자료를 추가하여 모델을 새롭게 학습시켰다. 학습은 미국 인디애나 주 도시 지역 자료를 기반으로 수행하였고 학습된 모델은 학습 지역 외 미국 주요 도심지에 적용하여 건물 높이를 산출하였다. 성능 평가는 USGS 3DEP와 인디애나 주 정부 및 USDA NRCS에서 제공하는 LiDAR 기반 nDHM 자료를 활용하였으며 그 결과 RMSE 지표에서 약 2m 이하의 비교적 안정적인 정확도를 보였다. 이는 LiDAR 자료 획득이 불가능한 지역에 대해서도 위성 자료를 활용한 건물 높이 산출이 가능함을 시사하며 향후 모델 개선과 다양한 기법과의 비교 분석을 통해 범용적 활용 가능성이 확장될 수 있을 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 디지털분야글로벌연구지원(RS-2024-0042522320682075910002)을 받았으며, 이에 감사드립니다.