

국토정책 Brief 2018/12.17

KRIHS ISSUE PAPER

KRIHS POLICY BRIEF • No. 694

발행처 | 국토연구원 • 발행인 | 강현수 • www.krihs.re.kr

GeoAI 기반의 토지이용변화 모니터링 혁신과 활용방안

서기환 국토연구원 책임연구원

요약

- 1 (개 념) 토지이용변화 모니터링은 ① 토지의 상태를 주기적으로 파악해 ② 인간 활동이나 자연현상에 의한 토지이용변화를 탐지하고, ③ 이를 토대로 미래 토지수요와 변화를 예측하는 활동
- 2 (문제점) 토지이용변화 모니터링에 사용하는 토지이용현황도와 토지피복도는 자료제작 방식의 특성으로 인해 많은 구축비용과 시간을 투입하지만 시·공간적 일관성이 낮아 현업에서의 활용성이 저조
- 3 (GeoAI) 인공지능 기술(deep learning)을 활용해 영상자료(aerial photo, satellite imagery)로부터 유의미한 정보를 추출 또는 분류함으로써 토지이용현황 파악과 변화탐지에 용이
- 4 (혁신효과) 정사항공사진에 딥러닝 기법을 적용할 경우 기존 방식에 비해 토지이용현황에 대한 높은 분류 정확도, 학습자료의 재활용을 통한 짧은 처리시간, 자료구축 비용 절감 등의 효과와 더불어 시계열자료 구축 및 비교를 통한 변화탐지에서 혁신이 기대됨
- 5 (도전과제) 분류목적과 영상종류에 적합한 딥러닝 알고리즘 선정, GPU를 포함한 고성능 컴퓨팅 환경, 초기 학습자료(training dataset) 구축에 많은 시간과 노력, 국토교통부와 환경부의 협업, 딥러닝 기법의 분석 과정을 설명할 수 없어 결과에 대한 신뢰성 확인 등

정책방안

- 1 (데이터 생산방식) GeoAI 도입을 통해 토지이용현황자료의 구축 및 갱신비용을 최소화하고, 시·공간적으로 일관성 있는 자료를 생산, 축적된 시계열 현황자료로 변화탐지 및 미래예측 수행
- 2 (국토교통부/환경부 협력에 의한 자료구축 및 공동 활용) 토지이용현황도와 토지피복도 분류기준 및 항목을 통합, 항공정사영상 또는 국토관측위성을 활용해 세분류 토지이용(피복) 현황자료로 구축하고, 자료의 편집을 통해 중분류와 대분류 자료를 제작, 예산과 구축 시간을 절약
- 3 (국토이용변화 모니터링 플랫폼 구축) 1단계: 이슈 검토(시범사업), 2단계: 본사업을 통해 학습자료 구축 및 알고리즘 개발, 3단계: 영상수집체계, 반자동 학습자료 구축기능 및 변화탐지 모형 개발을 통해 지속 가능한 토지이용변화 모니터링체계 구축
- 4 (활용전망) 국토관측위성과 GeoAI를 통해 남북 인프라 연결, 산림, 농업, 수자원 및 도시개발 등 남북협력 관련 정책 전반의 기초자료로 활용 가능하며, 드론과 GeoAI를 접목해 재난·재해(홍수, 가뭄, 산불, 지진 등) 지역에 대한 즉각적인 정책대응 가능

1. 토지이용변화 모니터링 실태와 문제점

토지이용변화 모니터링 개념과 의의

(개념) 토지이용변화 모니터링은 ① 토지의 상태¹⁾를 주기적으로 파악해 ② 인간 활동이나 자연현상에 의한 토지이용이나 피복의 변화를 탐지하며, ③ 이를 토대로 미래 토지수요와 변화를 예측하는 활동임

표 1 토지이용변화 모니터링 범위 및 기존방법

	구분	방법
토지이용변화 모니터링 (Monitoring land use & land cover change)	현황파악 (Land use/Land cover)	• 위성영상/항공사진 등을 활용한 주기적(시계열) 토지이용 및 피복 현황 파악 (원격탐사에 의한 토지피복분류)
	변화탐지 (Change detection)	• 시계열 토지이용 및 피복 현황자료 비교를 통한 변화탐지
	변화예측 (Prediction)	• 시계열 자료와 토지이용모형을 활용한 토지이용수요 및 변화예측 (예) 회귀분석, 셀룰러 오토마타, 마코브 체인, 행위자기반모형(시뮬레이션)

(제도적 근거) 국토·도시계획, 토지이용계획, 환경계획 및 정책 수립을 위한 기초자료로서 시계열 토지이용현황 자료구축과 모니터링이 필요하며, 「국토기본법」 등 제도적인 근거도 있음

- 「국토기본법」은 국토에 관한 계획 및 사업의 수립과 집행을 위해 토지이용에 관한 종합계획을 수립하고 관리하도록 하고 있으며²⁾, 동법 25조에는 국토조사를 통해 국토에 관한 계획 및 정책 수립, 공간정보의 제작 등을 위해 토지이용에 관한 사항을 조사하도록 명시
- 「환경정책기본법」 제23조 및 시행령 제11조의 2(환경성 평가지도의 작성)에 근거한 국토환경성 평가지도의 구축을 위해서도 토지피복 현황자료가 필요함

토지이용변화 모니터링 실태

토지이용변화 모니터링과 관련한 대표적 활동으로 국토지리정보원과 환경부가 각각 토지이용현황도와 토지 피복도를 제작해 해당 부처의 정책수립을 위한 기초자료로 활용하고 있음

토지이용현황도는 「국토이용관리법」 제12조9항(토지이용상황조사)을 근거로 1972년 국립건설연구소(국토지리정보원의 전신)에서 제작을 시작하였으나 2001년 이후 제작이 중단됨

- 1998년도까지 현지조사 중심이었으나, 이후 항공사진을 함께 활용하여 조사의 효율성을 높이고자 했으며, 대분류(4개 항목), 중분류(14개 항목), 세분류(38개 항목)로 토지이용 현황을 구분

1) 토지의 상태를 설명하는 개념에는 토지의 기능적 특성에 따라 구분되는 토지이용(land use)과 물리적인 형태를 구분하는 토지피복(land cover)이 있으며, 개념적으로는 구분되나 일반적으로 자료구축을 위해 영상(피복)분류기법을 활용하기 때문에 두 개념을 혼재해서 사용하는 경향이 있음.

2) 「국토기본법」 제5조, 제6조, 제24조, 제25조

토지피복도는 1998년 시범사업을 시작으로 Landsat TM³⁾ 영상을 활용하여 10년 주기의 대분류(7개 항목) 토지피복도를 제작하였고, IRS-1C, 1D⁴⁾와 SPOT-5⁵⁾ 위성영상, 항공사진 등을 활용해 중분류(22개 항목)와 세분류(41개 항목) 토지피복도를 권역별(세분류 12개 권역)로 나누어 구축함

현행 토지이용변화 모니터링의 문제점과 과제

(문제점) 현장조사와 수작업(항공사진 판독)에 의한 기존 토지이용현황도 구축방식은 76억 원의 예산과 11개월이라는 긴 사업기간 등 자료 구축의 효율성 문제로 감사원 지적 후 2001년 사업 중단

환경부 토지피복도는 자료의 생산방식(분류 유형별 사용영상이 다름)과 시·공간적 일관성(권역별로 촬영시기가 다른 영상 활용) 문제로 많은 비용과 오랜 구축시간에도 불구하고 활용성이 낮다는 한계

(과제) 국토지리정보원과 환경부가 매년 토지이용 또는 피복자료를 구축하기 어려웠던 데는 많은 구축비용과 소요시간으로 인한 영향이 크며, 이를 해결하기 위해 적은 비용과 단시간에 높은 분류정확도의 토지이용 현황 또는 피복분류를 수행할 수 있는 새로운 방법 필요

2. GeoAI 기반 토지이용변화 모니터링 과정

GeoAI의 개념

GeoAI는 공간정보과학(geospatial science; spatial data science)과 인공지능(artificial intelligence)의 합성어이며, 공간 빅데이터(spatial big data)로부터 유의미한 정보를 도출하기 위해 인공지능 기술(A.I.: machine learning, deep learning)과 고성능 컴퓨터를 활용하는 분야임⁶⁾

- 공간정보과학은 복잡한 공간현상으로부터 통찰력을 얻기 위해 공간자료(spatial data)의 취득, 가공, 관리, 분석 및 시각화 방법 등을 연구하는 학문분야임
- 기계학습(machine learning) 또는 딥러닝(deep learning)으로 대변되는 인공지능 기술은 학습을 통해 데이터의 효율적인 처리, 분류 및 예측을 가능하게 함
- 인공위성, 항공기, 드론 등 원격탐사 영상(remotely sensed imagery)은 패턴 인식 또는 영상추출 A.I. 기술과 접목해 토지(국토)이용변화 모니터링 분야에서 활용도가 높을 것으로 전망

3) Landsat TM(Thematic Mapper)은 미국의 지구관측위성으로 지질조사국(USGS)과 NASA의 공동 프로젝트로 현재까지 약 40년간 지구전역에 대해 공간해상도 30m의 다중분광영상을 제공함

4) IRS(Indian Remote Sensing)-1C, 1D는 인도의 지구관측위성으로 공간해상도 약 6m의 전정색(Pan) 영상을 제공함

5) SPOT-5는 프랑스의 지구관측위성으로 공간해상도 약 2.5~5m의 전정색(Pan) 영상과 10m의 다중분광영상을 제공함

6) VoPham, T., Hart, J. E., Laden, F., and Chiang, Y. Y. 2018, 40.

영상자료 데이터세트(dataset) 구축

딥러닝 기법 적용을 위해 활용하고자 하는 영상으로부터 데이터 세트 구축이 선행되어야 하며, 모델의 학습을 위한 훈련세트(training dataset), 학습이 잘 되었는지 검증하는 검증세트(validation set), 실제 모델을 적용하기 위한 시험세트(test set)로 구분하여 데이터세트를 구축

- 데이터세트는 영상을 일정 크기로 자르고, 분류하고자 하는 객체의 외곽선을 벡터자료로 구축(labeling)하여 활용

딥러닝⁷⁾ 모델 학습과정

딥러닝 기법은 서로 다른 특징과 장단점이 있으며, 분류하고자 하는 영상의 종류와 분류 객체에 따라 적합한 알고리즘이 선정되어야 함

그림 1 데이터 라벨링 과정

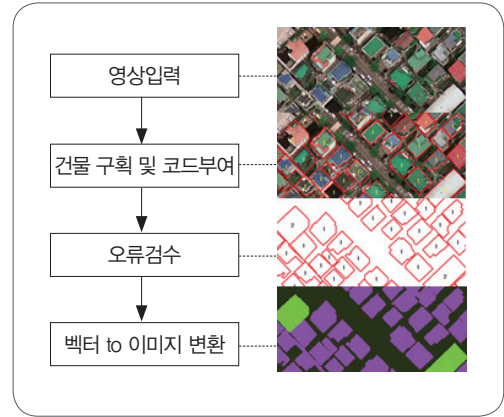
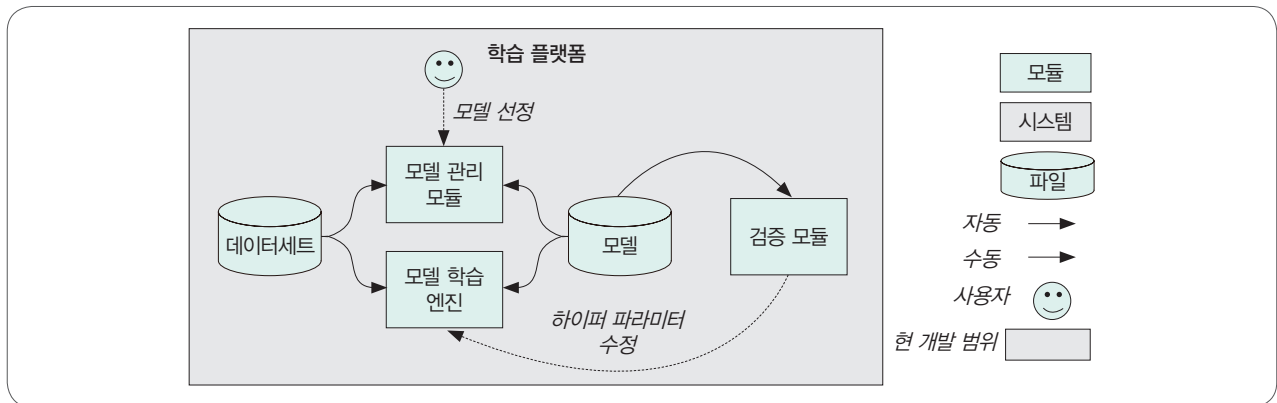


그림 2 딥러닝 모델 학습과정



훈련세트를 선정된 모델에 적용하고, 검증세트를 통해 분석결과를 확인하면서 하이퍼파라미터⁸⁾를 수정, 성능이 최적화된 학습모델에 시험세트를 적용하여 영상분류 결과를 도출

딥러닝 알고리즘을 활용한 영상자료의 처리에는 많은 양의 행렬연산이 요구되며, 이를 효율적으로 처리하기 위해 GPU(Graphics Processing Unit)⁹⁾나 클라우드 컴퓨팅 환경이 필요함

7) 딥러닝은 데이터의 처리에 있어서 머신러닝보다 복잡한 인공신경망(Artificial Neural Network)을 통해 컴퓨터가 스스로 학습하고 판단하며, 지속적인 피드백을 통해 검증·발전하는 자가 학습기술임
 8) Hyperparameter, 임의의 모델을 학습시킬 때 사람이 직접 설정해주어야 하는 변수
 9) 컴퓨터 CPU(Central Processing Unit)는 특정 목적에 관계없이 전반적인 연산을 수행하는 데 반해 GPU는 복잡한 행렬연산과 그래픽 렌더링(Graphic Rendering) 등에 최적화된 처리장치임

토지이용현황자료 비교를 통한 변화탐지

토지이용 변화탐지는 현황자료를 일정주기(1년/5년)의 시계열자료로 구축하여 이전 시기의 자료와 상호 비교(difference)를 통해 파악할 수 있음

- 기존 토지이용현황자료는 시계열자료가 제대로 구축되지 않아 토지이용변화와 관련한 정책 및 연구에 활용할 수 없었으나, 딥러닝 기법을 통해 시계열자료가 구축되면 변화탐지도 손쉽게 파악할 수 있음

GeoAI 적용을 위한 도전과제

(데이터세트 생성을 위한 노력) 항공기, 인공위성, 드론 등 다양한 원격탐사 영상자료를 토지이용현황 파악에 활용하기 위해서 초기 학습자료(training dataset) 구축에 많은 시간과 노력이 요구됨

- 딥러닝은 영상의 추출 대상이나 목적에 따라 요구되는 학습자료의 양(수천에서 수만 개)이 달라지나 일반적으로 학습자료의 양이 많을수록 영상분류 및 추출 정확성이 높아진다고 알려져 있음
- 한 번 구축된 학습자료를 동일한 지역(국토/도시)의 시계열 영상(학습자료와 동일 사양)에 적용하면 딥러닝 수행에 필요한 시간과 비용이 낮아져 기존 영상분류 기법의 한계를 완화할 수 있음

(딥러닝 분석결과 해석의 한계) 딥러닝 알고리즘은 신경망 구조가 복잡해질수록 영상분류 성능은 우수해지나 머신러닝과 달리 알고리즘 적용과정을 설명할 수 없어 결과의 신뢰성 문제가 제기될 수 있음



3. GeoAI 기반 토지이용변화 모니터링 활용방안

GeoAI 기반 토지이용변화 모니터링 방안

(데이터 생산방식 변화) GeoAI 도입을 통해 전국 토지이용현황자료의 구축 및 갱신비용을 최소화하고, 시·공간적으로 일관성 있는 자료를 생산, 축적된 시계열 현황자료로 변화탐지 및 미래예측 수행

표 2 토지이용변화 모니터링을 위한 세분류 자료생산 방식 비교

구분	영상분류 방법	원시영상	시간적 일관성	공간적 일관성	자동화 수준	소요예산(추정)
기존	전통 원격탐사 영상분류 기법 및 수작업	항공정사영상	권역별 영상촬영 시기 다름	12개 권역	낮음	120억 원/년
GeoAI	Deep Learning 및 수작업(수정 및 검증)	항공정사영상 /국토관측영상	2개 권역 /전국 동일	2개 권역 /전국 동일	높음(80~90%)	20~40억 원/년

(국토교통부/환경부 협력에 의한 자료구축 및 활용) 토지이용현황도와 토지피복도 분류기준 및 항목을 통합, 국토지리정보원의 25cm급 항공정사영상 또는 2019년과 2020년 발사에정인 국토관측위성(해상도 약 50cm)을 활용해 세분류 토지이용(피복) 현황자료로 구축하고, 자료의 편집(agggregation)을 통해 중분류와 대분류 자료를 제작, 예산과 구축 시간을 절약

(국토이용변화 모니터링을 위한 플랫폼 구축) 1단계: 시범사업을 통해 다양한 이슈 가능성 검토, 2단계: 본사업을 통해 학습자료 구축, 알고리즘 개발 및 활용 검증, 3단계: 영상수집체계, 반자동 학습자료 구축기능 및 변화 탐지 모형 개발을 통해 지속가능한 토지이용변화 모니터링체계 구축

GeoAI 기반 토지이용변화 모니터링체계 활용방안

촬영범위가 남한지역에 국한된 항공사진과 달리 국토관측 전용위성은 GeoAI와 접목해 한반도 전역에 대한 시계열 토지이용현황 및 변화 모니터링을 가능하게 함

- 국토관측위성은 북한과 접경지역 등 한반도 전역의 국토정보 구축 및 모니터링을 위한 자료를 제공, 남북 인프라 연결, 산림, 농업, 수자원 및 도시개발 등 남북협력 관련 정책 전반에 대한 기초자료로 활용 가능

드론과 GeoAI를 접목해 예고 없이 발생하는 재난·재해(홍수, 가뭄, 산불, 지진 등) 상황에 대한 현황파악 및 변화탐지를 통해 피해지역에 대한 즉각적인 대응자료로 활용

- 호주에서는 산불, 홍수, 기름 유출로 인한 오염지역 감시와 같은 재난·재해 피해지역 탐지에 고해상도 위성 영상을 활용하여 전처리 과정 없이 거의 실시간 모니터링 수행¹⁰⁾

국가기본도, 수치지형도 등 갱신필요 지역 및 불법건축물 모니터링 자료로 활용

- 주기적인 토지이용 변화 탐지에 기반해 국가기본도 및 수치지형도 갱신 필요지역의 판단 등 국토정책을 위한 기초자료의 효율적인 갱신에도 활용 가능
- 옥상 및 옥외 불법 증개축 건축물 탐지, 접근이 어려운 도서·산간 지역의 토지이용변화 모니터링 등 현장 조사가 필요한 지자체 업무의 효율성 향상에 활용 가능

참고문헌

Vopham, T, Hart,J.E., Laden, F., and Ch.ang. 5. 5. 2018. Emerging trends in geospatial artificial intelligence (geoAI): potential applications for environmental epidemiology. Environmental Health, 17, no.1: 40.

※ 본 자료는 “서기환, 오창화, 김다윗, 이민영. 2018. 지속가능한 국토발전을 위한 토지이용변화 모니터링방안 연구. 국토연구원”의 내용을 발췌·수정한 것임.

서기환 국토연구원 국토정보연구본부 책임연구원(khseo@krihs.re.kr, 044-960-0650)



KRIHS 국토연구원

세종특별자치시 국책연구원로 5
전화 044-960-0114

홈페이지 www.krihs.re.kr
팩스 044-211-4760

