

# 국토정책 Brief

국토연구원에서 수행한 주요 연구과제의 핵심 내용과 정책제안 등을 압축해 국민께 알려드리고자 하는 발간물입니다.

2023. 2. 20.  
No. 905



발행처 국토연구원  
발행인 강현수  
www.krihs.re.kr

임시영 국토연구원 부연구위원

장요한 국토연구원 부연구위원

## 디지털트윈, 메타버스, 그리고 3차원 공간정보가 나아갈 길

### 주요 내용

- ① (환경 변화)** 현실공간과 가상공간을 연결하는 디지털트윈, 메타버스에 대한 관심이 높아짐에 따라 가상공간을 만드는 3D 공간정보의 중요성 증대
  - 기존 방식으로 구축하는 3D 공간정보는 상당한 시간과 비용이 소요되므로 최신성이 중요한 디지털트윈, 메타버스 분야에서 쓰기에 다소 부족
  - 시간 단축과 비용 절감을 위해 3D 공간정보 구축에 인공지능기술을 적용할 수 있는 방안을 마련해야 함
- ② (접근 방향)** 전문가 설문, 실험 구현을 통해 3D 공간정보 분야에 인공지능기술을 도입할 수 있는지를 확인
  - 2D 공간정보 분야는 인공지능기술을 활용해 왔으나 3D 공간정보 분야는 이제 인공지능 기술 도입을 시도하고 있으며, 이에 대해 관련 전문가들의 기대가 큼
  - 실험실 수준에서, 3D 공간정보 구축의 원천데이터(드론 사진, 포인트 클라우드 데이터)에 인공지능기술(Mask R-CNN 등)을 적용하여 도입 가능성을 확인
- ③ (실험 구현 결과 및 시사점)** 실험실 수준에서도 경계 추출(객체 탐지), 원천데이터 처리(객체 분할), 텍스처 변환(재생성) 등의 적용 가능성 확인과 동시에 해결해야 할 문제도 확인
  - 3D 공간정보 관련 학습데이터 부족, 인공지능 알고리즘에 대한 이해 부족, 학습을 위한 컴퓨팅 자원의 부족, 시각화만을 추구한다고 보는 기존 3D 공간정보에 대한 인식, 기술 발전에 따른 3D 공간정보 구축 방법의 다양성 등이 인공지능기술 도입에 장애요인으로 작용

### 정책방안

- ①** 최근 인공지능기술 동향을 고려하여, '3D 공간정보 분야에 인공지능을 도입하기 위해 다양한 정책 방안을 마련해야 함'을 핵심 아젠다로 제시
- ②** 인공지능기술 도입으로 3D 공간정보 분야 발전 토대 마련, 실질적이고 가시적인 성과물을 통한 저변 확대 및 안착, 그리고 장기적 발전을 위해 필요한 총 12개의 정책 방안을 제시

# 01. 디지털트윈, 메타버스의 부상과 3차원 공간정보의 중요성과 한계

## 최근 디지털트윈(Digital Twin)과 메타버스(Metaverse)에 대한 기대가 높아지고 있음

현실 공간과 가상공간을 연계하는 디지털트윈과 가상공간을 중심으로 다양한 가치 창출이 기대되는 메타버스에는 가상공간을 만드는 역할이 필요하다는 공통점이 있음

- Markets&Markets(2020)는 전세계 디지털트윈 시장이 연평균 57.6% 수준(2026년 약 55조 4천억 원)으로 성장할 것으로 예측하며, 국내 디지털 트윈 시장 역시 연평균 70% 수준의 고성장 전망<sup>1)</sup>
- Bloomberg Intelligence(2021)는 메타버스 시장이 연평균 13.1% 수준(2024년 약 1,140조원)으로 성장할 것으로 예측<sup>2)</sup>
- 새롭게 부상하고 있는 두 신시장은 모두 현실과 같거나 비슷한 모습이어야 하는 가상공간이 필요하므로 가상공간을 만드는 역할 또한 필요하다는 공통점이 있음

그림 1 디지털트윈과 메타버스의 현실 공간과 가상공간 예시



자료: (a) 국토연구원. 2021. 실감형 3D 도시모델 활용기술 2차 테스트베드 요구사항 정의서. p.20, p.31 인용.  
 (b) (위) 머니투데이. 2020. "한강으로 '아바타 여행' 온 외국인들...하루 만에 26만명", 11월 16일 (2021년 8월 17일 검색).  
 (아래) 내 손안에 서울. 2021. "마음 달래주는 야경명소! 경관조명 설치된 한강다리는 어디?", 6월 30일 (2022년 6월 29일 검색).

현실과 같거나 유사한 가상공간을 만드는 것은 지금까지 3차원 공간정보 분야에서 꾸준히 추구해 왔던 방향임

- 국토교통부는 2009년부터 3차원 공간정보 구축사업 등을 통해 국토 및 도시, 랜드마크성 건물 등을 현실과 동일하게 만들어 가상공간(3차원 지도 형태, 브이월드 등)에서 서비스해 오고 있음
- 서울특별시 S-MAP을 개발하여 서울 전역을 가상현실로 구축하여 안전, 환경, 도시계획 등 다양한 분야에서 활용할 수 있도록 3차원 지도 서비스를 제공하고 있음
- 인천광역시 3D 공간정보 서비스를 구축하여 도시계획 수립, 일조권/조망권 확인 등에 활용하고 있음

1) 관계부처 합동(2021), 디지털트윈 활성화 전략, p.13 재인용.  
 2) 관계부처 합동(2021), 디지털트윈 활성화 전략, p.13 재인용.

## 디지털트윈, 메타버스의 기반이 되기 위해 기존 3차원 공간정보가 가진 한계점을 극복해야 함

3차원 공간정보는 지도의 성격이 강해서 디지털트윈과 메타버스에서 요구하는 역할을 수행하기에는 다소 부족

- 목적에 따라 차이는 있으나, 디지털트윈과 메타버스에서 요구하는 가상공간은 단순히 보이는 외형만 같은 것이 아니라 최대한 현재 시점의 상태와 동일해야 함
- 지도라는 점을 생각해 보면, 거리, 위치 등이 정확해야 하지만 디지털트윈과 메타버스에서는 가상공간을 구성하는 객체의 관계, 사실감 등 표현 수준, 최신성 등이 더욱 중요
- 따라서 최근 디지털트윈과 메타버스에 적용할 수 있도록 객체를 중심으로 한 3차원 공간정보의 개념 재정립, 3차원 공간정보의 표준 개발, 3차원 공간정보 구축 기술 개발 등과 관련하여 다양한 연구와 시도가 이루어지고 있음

3차원 공간정보가 가진 대표적인 한계점은 구축과정에 수작업이 포함되어 구축 기간이 길며 구축 비용이 높다는 것임

- 지금까지 3차원 공간정보는 전국 단위로 구축과 갱신이 이루어져 왔고 갱신주기가 2년이었기 때문에 국민에게 제공되는 3차원 공간정보는 최대 2년 전의 모습이었음
- 2009년 3차원 공간정보 사업추진 때, 활용처가 부족함에도 비용이 크게 소요된다는 평가로 인해 일반인이 3차원이라 하면 떠올릴 수 있는 건물, 도로 등의 3차원 모델링 부분이 제외된 채 사업이 추진됨
- 디지털트윈, 메타버스에서 요구하는 수준과 다소 차이가 있으나 실제 디지털트윈과 메타버스에서 요구하는 3차원 공간정보는 도로, 건물, 시설물 등을 3차원으로 표현한 3차원 모델링임
- 따라서 구축 기간의 단축, 구축 비용의 절감은 3차원 공간정보의 효용성과 직결되는 문제이고 디지털트윈, 메타버스 시장에서 핵심 성공 요인이라 할 수 있음

이러한 한계를 극복하는 방법의 하나로 3차원 공간정보 분야에 인공지능기술을 적극적으로 도입할 수 있는 정책 방안을 마련하는 것이 필요함

- 최근 인공지능기술이 발달하고 널리 활용되면서, 수작업을 대체하고 빠르게 판단하며 자동으로 무엇인가를 만든다고 하면 제일 먼저 인공지능기술을 떠올릴 수 있음
- 따라서 앞서 언급된 3차원 공간정보가 가진 한계점을 극복하기 위해 인공지능기술 도입을 검토해야 할 필요가 있음

## 02. 3차원 공간정보 구축을 위한 인공지능기술 활용 동향

### 2차원 공간정보 구축을 위한 인공지능기술 활용사례

문자, 오디오, 이미지가 인공지능기술 적용을 위한 핵심 학습데이터인데, 공간정보 구축의 원천데이터가 이미지라는 점을 생각하면 공간정보 분야에 인공지능기술을 적용하려는 시도는 적절

- 항공사진, 드론 사진 등 이미지가 주로 사용되는 공간정보 분야에서는 보다 쉽게 데이터를 다루기 위해 인공지능 기술을 활용해 왔음
- 공간정보 분야에 적용되고 있는 주요 인공지능기술은 영상 분류(예: CCTV 영상을 분류하여 보행자 밀집도를 확인), 객체 검출(예: 항공 영상에서 주택에 있는 수영장/태양광 패널 등을 검출), 객체 분할(예: 위성/항공 영상을 이용해 토지이용 조사, 항공 사진을 이용해 도로 지도 개발) 등이 있음
- 최근에는 재생성(새로운 데이터 생성), 초해상화(원천데이터의 해상도 향상), 영상 복원(그림자 제거나 가려진 부분 복원) 등으로 확대되고 있음

표 1 2차원 공간정보 구축을 위한 인공지능기술 활용사례

구분	예시
(a) Cobby County의 보행자 활동 모니터링 시스템 (영상 분류)	
(b) 수영장 검출 응용 (객체 검출)	
(c) 픽셀단위 토지 분류 (객체 분할)	

자료: (a) O. Maher. 2019. "GeoAI: Vertical Use Cases using AI with ArcGIS". 2019 Esri User Conf. Tech. Work. 인용.

(b) Divyansh Jha and Rohit Singh. "Swimming pool detection and classification using deep learning". <https://medium.com/geoai/swimming-pool-detection-and-classification-using-deep-learning-aaf4a3a5e652> (2021년 9월 18일 최종접속).

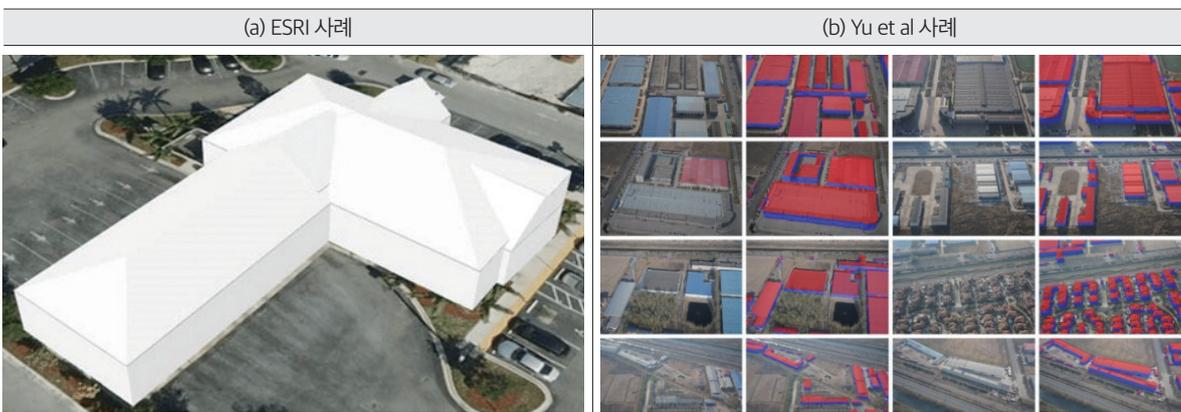
(c) [https://github.com/Azure/pixel\\_level\\_land\\_classification](https://github.com/Azure/pixel_level_land_classification) (2021년 8월 29일 최종접속).

### 3차원 공간정보 구축을 위한 인공지능기술 활용사례

최근에는 3차원 공간정보를 구축하는 데 인공지능기술을 적용하는 사례가 등장하고 있음

- ESRI는 3차원 공간정보 구축에 사용되는 원천데이터에 인공지능기술을 적용하여 지붕 모양 표현이 가능한 3차원 건물 데이터를 구축
- Yu et al(2021)은 인공지능 기술을 적용하여 다른 유형의 원천데이터 없이 항공 사진만으로 3차원 건물 데이터를 구축

그림 2 인공지능기술을 적용한 3차원 공간정보 구축 예시



자료: (a) ArcGIS Blog. <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/3d-gis/restoring-3d-buildings-from-aerial-lidar-with-help-of-ai> (2021년 7월 6일 최종접속).

(b) D. Yu, S. Ji, J. Liu, and S. 2021. Wei, Automatic 3D building reconstruction from multi-view aerial images with deep learning, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*.

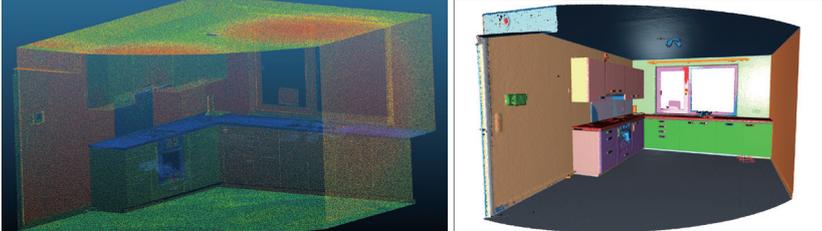
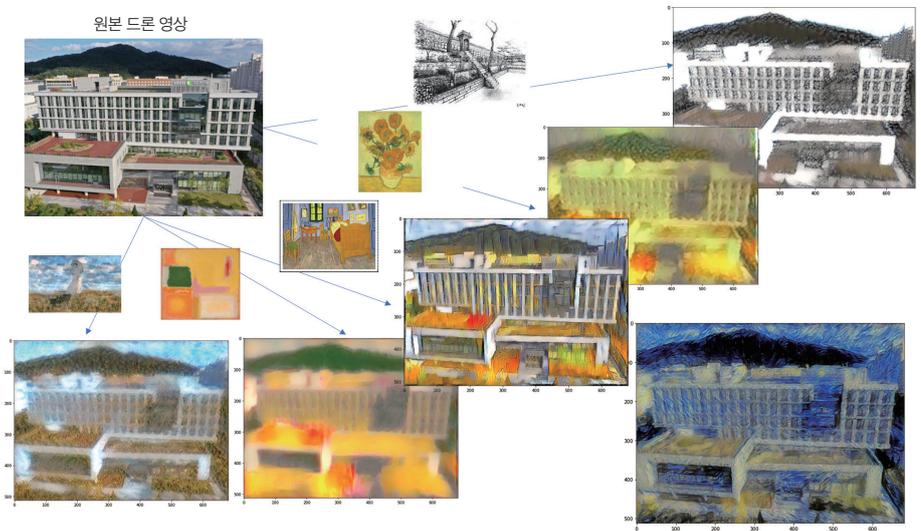


## 실험 구현과 시사점

3차원 공간정보 분야에서 인공지능기술을 적용할 때 필요한 정책사항을 파악해보고자, 실험실 수준에서 3차원 공간정보를 생산하는 데 인공지능 기술을 적용해 봄

- 객체 탐지, 객체 분할, 재생성 기술을 적용하여 3차원 공간정보 구축과정의 일부에 인공지능 기술을 실제 적용함
  - (객체 탐지) 3차원 공간정보 구축과정의 일부인 '원천데이터(항공 사진, 드론 사진 등)에서 지붕 경계 추출까지 과정'에 인공지능기술을 적용하기 위해 직접 촬영한 드론 사진을 학습데이터로 만들고 인공지능기술(Mask R-CNN)을 적용하여 지붕 경계를 추출
  - (객체 분할) 3차원 공간정보 구축의 원천데이터 중 하나인 포인트 클라우드 데이터로부터 샘플링(sampling) 및 클러스터링(clustering)의 인공지능기술을 적용하여 객체(벽면, 지붕 등)를 분할
  - (재생성) 3차원 공간정보 구축과정의 하나인 텍스처링(texturing) 부분에 인공지능기술(재생성 - style transfer)을 적용하여 다양한 형태의 텍스처를 구현
- 일반적으로 인공지능기술을 적용하는 경우 탐지나 분할의 정확도, 구현 속도 등이 중요하지만, 실험 구현의 목적이 적용 가능한지와 그 과정에서 필요한 정책사항을 파악하고자 함이었으므로 알고리즘의 성능 자체는 고려하지 않았음

표 2 3차원 공간정보 분야 인공지능기술 적용 사례 예시

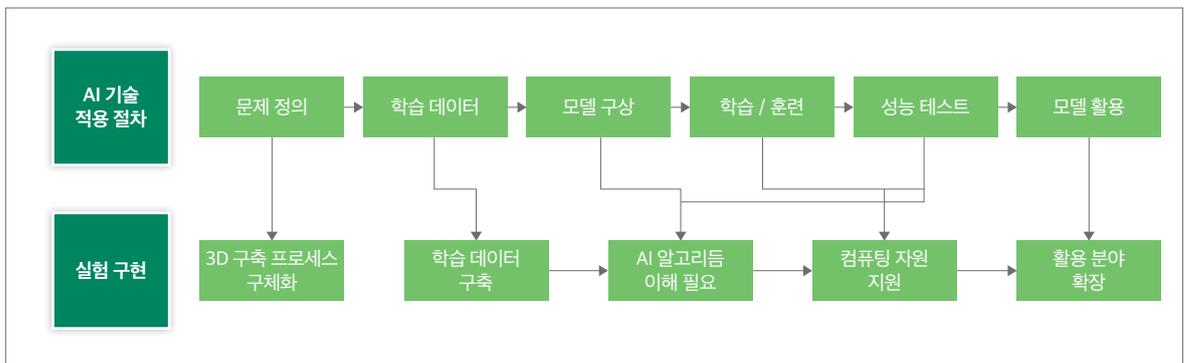
구분	예시
(a) 지붕 경계 추출 (객체 탐지)	
(b) 포인트 클라우드 데이터 처리 (객체 분할)	
(c) 텍스처 변환 (재생성)	

자료: 저자 작성.

학습데이터를 구축하는 것부터 인공지능을 실제 적용하여 3차원 공간정보를 구현하는 과정에서 다양한 한계점을 확인

- (학습데이터 구축) 인공지능기술은 데이터를 학습하는 것에서부터 시작하므로 고품질의 학습데이터 구축이 가장 중요함
  - 3차원 공간정보 구축과정을 학습하기 위해서는 항공 사진, 드론 사진, 포인트 클라우드 데이터 등이 다량으로 필요하나 이를 관리하거나 제공하는 기관은 존재하지 않음
  - 실험 구현을 위해 학습데이터를 직접 만들고, 학습을 위해 라벨링(labeling)하는 데 많은 시간이 소요됨
- (인공지능 알고리즘) 3차원 공간정보 구축에 적용이 가능한 인공지능기술은 매우 다양하게 개발되어 있으므로 일부 수정하여 실험 구현에 적용이 가능했음
  - 인공지능 알고리즘은 매우 복잡하며 수학 지식이나 알고리즘 구조에 대한 이해가 필요하고, 공개된 코드(code)를 이해하여 상황에 맞게 변형하기 위한 코딩 역량이 필요하므로 비전문가에게 큰 진입장벽으로 작용
  - 또한 인공지능기술 대부분이 공개와 상호 경쟁을 토대로 발전하다 보니 오픈소스(open-source)를 기반으로 한 경우가 많아 개인 또는 실험실의 개발 환경에 많은 영향을 받음
- (컴퓨팅 자원 지원) 3차원 공간정보 구축의 원천데이터가 영상 및 이미지가 다수이다 보니 텍스트나 숫자를 다루는 타 분야의 인공지능기술 적용과 달리 학습에 많은 컴퓨팅 자원이 필요함
  - 같은 학습데이터와 같은 알고리즘을 적용하더라도, 개인 PC에서 1주일 동안 학습해야 하는 것이 서버급 PC에서 1시간 만에 학습되는 것을 경험함
  - 본 실험 구현은 2억 원 수준의 서버급 PC를 대여하여 수행했으므로 개인/실험실 수준에서는 이 역시 중요한 걸림돌이 될 것임
- (활용 분야 확장 및 기술 이해 문제) 3차원 공간정보가 디지털트윈, 메타버스의 요구사항을 수용하지 못하는 이유와 유사하게 기존 공간정보 분야에서 데이터를 인식하는 방식에 변화 없이 새로운 도전에 대해 공감을 얻어야 하는 것이 또 하나의 장벽
  - 단순 가시적 효과만 크고 쓸모없는 텍스처를 구현하는 것이 3차원 공간정보 구축 비용이 커지는 원인 중 하나로 널리 인식되어, 재생성 기술(최신기술 적용 및 타 분야 요구사항 대응)에 대해서도 공감을 얻기가 어려웠음
  - 일부 전문가들은 학습에 투자되는 자원에 대한 비용과 학습이 완료된 모형의 적용 방식에 대한 이해가 부족하여 기존 대비 비용 절감 효과에 대한 의문을 지속적으로 제기
  - 학습이 완료되어 성과가 나오는 인공지능 모형은 추가적 비용이 소요되지 않고 데이터에 바로 적용되므로 3차원 공간정보 구축과정에서 발생하는 비용은 거의 없다고 봐야 함(학습 시 필요한 컴퓨팅 자원 비용은 별개임)
- (3차원 공간정보 구축과정) 3차원 공간정보 구축과 관련한 신기술들이 많아 구축과정을 명확하게 구분하기 어렵다 보니 인공지능기술을 부분적으로 적용하는 것과 3차원 공간정보 구축 전체에 적용하여 최종 성과물을 만드는 것에 대한 이해가 부족
  - 3차원 공간정보 구축과정은 순차적으로 진행되므로, 전체 과정을 하나의 인공지능기술로 대체하는 것뿐만 아니라 세부 과정 중 일부에 인공지능기술을 적용하여 효율성을 높이는 것도 의미가 있는데 구축과정을 이해하지 못하는 경우 부분적 적용에 대한 공감을 얻는 것이 어려움

그림 4 실험 구현과정에서 얻은 시사점



자료: 저자 작성

# 04. 3차원 공간정보 분야 인공지능기술 적용을 위한 정책 방안

(핵심 아젠다) 3차원 공간정보 분야에 인공지능기술을 도입함으로써 기술 혁신과 생태계 확장을 추구해야 하는 시점이며 이를 위해서는 다양한 정책 방안을 마련하여 추진해야 함

인공지능기술 도입을 통해 3차원 공간정보 분야의 발전 토대를 마련하기 위한 방안, 실질적 성과를 도출하여 3차원 공간정보 분야의 인공지능기술 적용 저변을 확대하기 위한 방안, 그리고 장기적으로 이를 지원할 수 있는 방안이 필요하며, 다음 [표 3]과 같이 12개의 정책 방안을 제시함

표 3 3차원 공간정보 분야 인공지능기술 적용을 위한 정책 방안

방향	정책 방안
인공지능기술 도입을 통한 3차원 공간정보 분야 발전 토대 마련	1) 3D 공간정보 분야 AI 기술 관련 정책연구과제 발굴 및 수행 2) 3D 공간정보 분야 AI 기술 관련 법 개정 또는 제정 3) 3D 공간정보 분야 AI 기술/사업 전담 관리기관 지정 운영 4) 3D 공간정보 분야 학습데이터 관리 창구 운영
실질적, 가시적 성과물 도출을 통해 3차원 공간정보 분야의 인공지능기술 적용 저변 확대	5) 3D 공간정보 분야 AI 기술-알고리즘 공유 및 지원 6) 3D 공간정보 분야 AI 기술개발 지원 7) 3D 공간정보 분야에 적합한 AI 컴퓨팅 자원 지원 8) 3D 공간정보 분야 AI 기술 경진대회 운영 9) 3D 공간정보 분야 문제해결형/생활밀착형 AI 사업 기획/발굴
3차원 공간정보 분야에 인공지능기술을 안착시키고 장기적 발전을 지원	10) 3D 공간정보 분야 AI 기술 융합인재 양성 및 교육 지원 11) 3D 공간정보 분야 AI 기술 산학연 포럼 및 클러스터 운영 12) 3D 공간정보 분야 AI 기술 관련 민간투자 유치 및 인센티브 제공

자료: 저자 작성.

## 참고문헌

관계부처 합동. 2021. 디지털트윈 활성화 전략.

국토연구원. 2021. 실감형 3D 도시모델 활용기술 2차 테스트베드 요구사항 정의서. p.20, p.31.

내 손안에 서울. 2021. "마음 달래주는 야경명소! 경관조명 설치된 한강다리는 어디?", 6월 30일. <https://mediahub.seoul.go.kr/archives/2002114> (2022년 6월 29일 검색).

머니투데이. 2020. "한강으로 '이바타 여행' 온 외국인들...하루 만에 26만명", 11월 16일. <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2020111608232256722> (2021년 8월 17일 검색).

ArcGIS Blog <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/3d-gis/restoring-3d-buildings-from-aerial-lidar-with-help-of-ai> (2021년 7월 6일 최종접속).

D. Jha and R. Singh. 2021. "Swimming pool detection and classification using deep learning." <https://medium.com/geoai/swimming-pool-detection-and-classification-using-deep-learning-aaf4a3a5e652> (2021년 9월 18일 최종접속).

D. Yu, S. Ji, J. Liu, and S. Wei, 2021. Automatic 3D building reconstruction from multi-view aerial images with deep learning, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*.

O. Maher. 2019. "GeoAI: Vertical Use Cases using AI with ArcGIS", 2019 Esri User Conf. Tech. Work. [https://github.com/Azure/pixel\\_level\\_land\\_classification](https://github.com/Azure/pixel_level_land_classification) (2021년 8월 29일 최종접속).

※ 이 브리프는 '임시영·장요한·정문섭. 2022. 3차원 공간정보의 효율적 구축을 위한 인공지능기술 적용 방안 연구. 세종: 국토연구원' 보고서를 요약·정리한 것임.

- 임시영 국토연구원 공간정보사회연구본부 부연구위원(limsy@krihs.re.kr, 044-960-0565)
- 장요한 국토연구원 국토데이터랩 부연구위원(ycanns@krihs.re.kr, 044-960-0406)