KICEM

인공지능 기반 건설관리기술의 현재와 미래 발전방안

김태훈
서울과학기술대학교 조교수, kimth@seoultech.ac.kr

1. 머리말

전통적으로 건설산업은 타 산업에 비해 낮은 생산성과 높은 재해 발생률 등을 보이며 재래식 산업이라는 이미지를 갖고 있다. 국토교통부는 이러한 건설산업을 혁신하기 위해 2030년 건설 자동화 완성을 목표로 건설산업의 스마트화, 디지털화를 추진하고 있으며(국토교통부, 2018), 그 핵심기술 중 하나가 인공지능(Artificial Intelligence; AI) 기술이다. 인공지능이란, 인간의 지능적인 행위를 컴퓨팅 모델로 구현하는 기술을 의미한다(나영식 외 1인, 2018). 여기서 지능적인 행위란 학습, 추론, 인지(시각, 언어)와 같은 행위를 의미한다. 이러한 인공지능은 최근 10여년간 알고리즘의 발전, 컴퓨팅 성능의 비약적 향상, 빅데이터를 만나면서 새로운 황금기를 맞이하고 있으며, 전산업적으로 도입이 확산되고 있다. 건설산업에서도 인공지능을 도입하여 건설산업을 더 안전하게 만들고 낭비를 줄이며 품질을 높이고 효율성을 향상시키려고 노력하고 있으며 그 성과가 나타나고 있다. 본 고에서는 먼저 인공지능이 무엇인지에 대해 알아보고, 시공단계 건설사업관리 업무에서 현재 인공지능 기술들이 어떻게 활용되고 있는지 소개하며, 그리고 미래 발전방안에 대해 제언해보고자 한다.

2. 건설관리기술과 인공지능의 현재

2.1 인공지능의 역사와 기술 영역

인공지능이란 용어는 1956년 영국 다트머스 회의에서 존 메카시(John McCarthy)에 의해 최초로 사용되었다. 그 후 사람과 같은 보편적인 인공지능(Strong AI)이 곧 실현될 것이라는 장미빛 미래를 기대하다가 알고리즘과 컴퓨팅 성능 등의 한계로 만족할 만한 성과를 보여주지 못하면서 2번의 황금기와 암흑기(AI winter)를 겪게 된다. 이러한 과정을 거치면서 보편적인 인공지능이 아닌 특정 문제를 해결할 수 있는 인공지능(Weak AI) 개발로 목표를 변경하게 되고, 1997년 딥블루(Deep Blue)가 그 당시 난제라고 여겨지던 체스 게임에서 세계 체스 챔피언인 러시아의 개리 카스파로프(Gary Kasparov)을 이기며 인공지능이 다시 주목받기 시작한다. 특히 2006년 캐나다 토론토대학 제프리 힌튼(Geoffrey E. Hinton) 교수의 딥러닝(Deep Learning) 방법론이 시각지능(객체 인식) 분야에서 기존 기계학습(Machine Learning) 방법론에 비해 사람의 개입을 획기적으로 줄이면서도 압도적인 성능을 보여주면서 인공지능은 현재와 같은 황금시대를 맞이하게 된다. 이 딥러닝 방법론은 인지, 학습, 추론과 같은 인간 지능 영역의 전 과정에 걸쳐 혁신적인 진화를 가져 왔으며, 특히 인지(시각/언어) 영역에서는 이미 인간 능력 이상의 수준을 보여주고 있다. 딥러닝 방법론은 인공신경망(Artificial Neural Network)에 기반을 두고 있다. 인공신경망은 1943년에 미국 신경외과 의사 워렌 맥컬론(Warren McCulloch)과 수학자 월터 피츠(Walter Pitts)가 동물의 뇌 작동방식에서 영감을 받아 제시한 개념으로 이미 오래 전부터 존재해 온 방법론이다. 딥러닝은 인공신경망의 층(Hidden layer)을 더 깊게 쌓고(Deep), 활성화 함수, 학습 방법 등을 개선하면서 전통적인 인공신경망과 차별화를 두기 위해 이름을 변경한 것이다.

인공지능의 대표적인 기술 영역은 아래와 같다(나영식 외 1인, 2018). 이 외에도 인공지능의 2차 황금기를 주도했던, IF-THEN과 같은 규칙으로 구성된 전문가 시스템(Expert System) 등이 있다.

1) 기계학습(Machine Learning)

인간이 경험을 통해 학습하는 방식을 컴퓨터로 구현하는 기술이며 데이터 기반의 학습 모델을 형성하거나 최적의 모델을 찾기 위한 알고리즘 기술이다. 기계학습은 학습방법에 따라 지도학습(Supervised Learning), 비지도학습(Unsupervised Learning), 강화학습(Reinforcement Learning)으로 구분할 수 있다. 전통적인 회귀, 군집, 분류 등의 방법론이 사용되며, 딥러닝/인공신경망 방법론은 지도학습에 해당한다. 기계학습의 경우, 어떤 데이터를 입력하고, 어떤 값을 출력할지 설계해야 한다. 아래에 설명되는 인지(시각/언어) 지능의 경우 이미지, 음성 또는 텍스트 데이터라는 1가지 속성의 데이터를 입력값으로 넣으면 되지만, 기계학습(인지지능에 활용되는 딥러닝 기반 기술 제외)의 경우 다양한 속성(Features)값을 입력값으로 설정한다. 또한 사용 목적, 데이터 수, 데이터 특성, 속도 등을 고려해 적절한 기계학습 기법(회귀, 서포트 벡터 머신, 결정트리, 인공신경망 등)을 선정해야 한다.

2) 인지-시각지능(Computer Vision)

이미지/영상 등 시각 정보로부터 객체(사람, 사물 등)를 인식하고 감정이나 상황 등을 이해하는 기술이다. 단일 이미지의 객체 인식, 분류를 위해 CNN (Convolutional Neural Network) 등이 활용되고 있고, 연속적인 이미지의 맥락 및 상황이해를 위해 RNN (Recurrent Neural Network)과 LSTM (Long Short-Term Memory models) 등이 활용되고 있으며 딥러닝 방법론에 기반한다. 인공지능 중 시각지능 모델의 장점은 입/출력 데이터의 유형(이미지)이 비교적 명확하기 때문에 어떤 유형의 데이터를 넣어야 할지 상대적으로 결정이 쉽고, 고민하지 않아도 되고, 학습데이터 확보를 위해 직접 데이터를 수집(CCTV, 스마트폰 카메라 등)하거나 인터넷 상에 공개된 이미지를 활용할 수 있으며, 학습용 데이터를 풍부하게 만들기 위한 많은 이미지 가공 기술이 존재한다는 장점이 있다.

3) 인지-언어지능(Natural Language)

사람의 언어(텍스트, 음성 등)를 컴퓨터가 인식하고 이해하며 지식화하는 기술이다. 문자나 음성과 같이 순차적으로 등장하는 데이터 처리를 위해 딥러닝에 기반한 RNN과 LSTM 등이 활용된다. 일상에서 흔히 볼 수 있는 스마트폰 음성 비서, 인공지능 스피커 등이 예시다.

4) 지식추론

정보에 대한 가정과 전제로부터 결론(지식)을 이끌어내거나 도출해내는 기술이며, 개별적 정보를 이해하는 단계를 넘어 정보 간 복잡한 관계를 파악하여 표현하는 기술이다.

5) 응용기술

사람이 이동하고 사지를 움직이는 능력을 흉내 내는 로보틱스(Robotics) 기술, 주변 상황을 이해하고 의사결정을 내리는 자율자동차 기술 등의 복합 지능 기술이다. 로봇의 이동 및 모션 제어를 위해 딥러닝을 융합한 강화학습 등을 활용한다.

2.2 인공지능 기반 건설관리기술 사례

1) 안전관리

건설사업관리 업무 중에서 인공지능 기술이 가장 활발하게 적용되고 있는 부문은 안전관리 부문이다. 건설현장 안전관리를 위해 활용되는 대표적인 인공지능 기술은 시각지능과 기계학습이다. 먼저 시각지능의 경우, 건설현장의 많은 관리/감리 업무가 시각정보를 기반으로 수행된다는 점에서 인

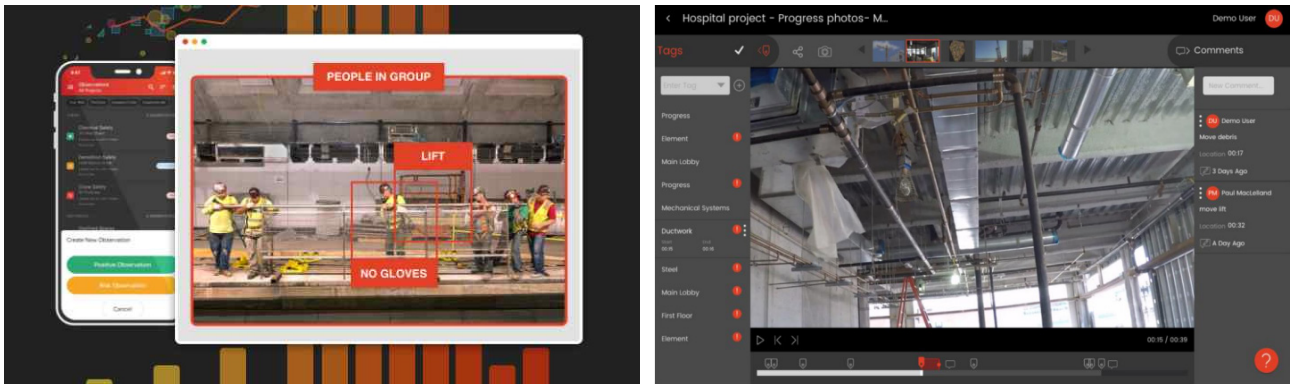


그림 1. 시각지능 기술을 이용한 안전관리 예시 (Smartvid.io社)

공지능 중 시각지능 기술 도입이 빠르게 진행되고 있다. 미국의 Smartvid.io社는 건설현장에서 시각지능을 이용해 현장 안전관리 기술을 제공하는 대표적인 기업이다〈그림 1〉. 이 회사는 딥러닝에 기반한 컴퓨터비전 기술을 이용하여 건설현장에서 수집된 이미지/영상 데이터를 바탕으로 실시간 관측, 모니터링 및 분석을 수행하여 모바일 어플리케이션과 연동을 통해 건설현장 안전관리를 지원하는 플랫폼을 제공하고 있다. 여기에 적용된 대표적인 시각지능 기술은 객체 탐지(Object Detection)와 이미지 인식(Image classification) 기술 등이다. 이를 이용해 이미지/영상으로부터 작업자, 개인보호구(헬멧/장갑 등), 가설(사다리/비계 등), 공종(굴착/해체/기초/타설/MEP/철골/마감 등)을 자동으로 분석한 후 어떤 공종이 진행되고 있고, 작업자가 개인보호구를 제대로 착용했는지, 고소작업 중인지 등의 정보를 관리자에게 제공한다. 또한 이러한 정보들을 종합하여 총 작업인원, 사다리나 비계의 수량, 고소작업 횟수, 개인보호구 착용비율 등의 통계자료와 이를 바탕으로 산출한 현장의 안전/리스크 점수 등을 제공한다.

시각지능 중 자세 추정(Posture Recognition) 기술을 이용해 작업자의 근골격계 부하를 평가하고 작업자의 작업 부하를 줄이기 위한 기술들이 연구·개발되고 있다〈그림 2〉. 자세 추정 기술은 이미지에 있는 작업자를 인식(Detection)하고, 작업자의 얼굴, 어깨, 팔, 다리, 각 관절 등을 인식하여 이미지 상에 표시해주고, 각 위치값을 제공한다. 나아가 추가적인 딥러닝 네트워크를 통해 단일 또는 연속적인 자세별로 라벨(앉음/구부림/서있음/멈춤/움직임 등)을 학습시켜 2D 또는 3D로 작업 내용을 추정하는 기술 등도 연구개발되고 있다.

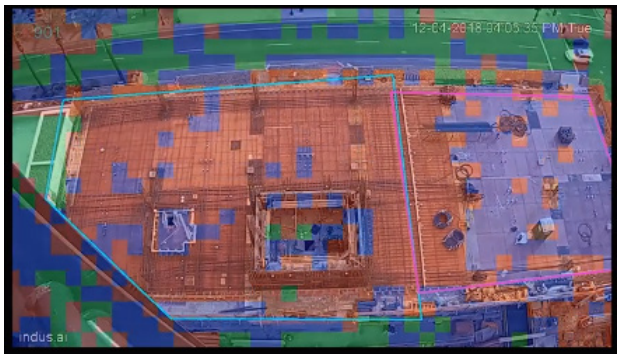
그림 2. 사람 자세 추정 (Yan et al., 2017)

또한 안전관리 부문에 기계학습을 적용하여 안전사고를 조기예측하여 대응함으로서 현장의 안전성을 향상시키고자 하는 기술들이 연구개발되고 있다. 그 예로, 과거 시공현장에서 수집된 빅데이터(공정율, 규모, 연령, 경력, 공사기간, 위치, 계절 등)를 바탕으로 유형별 안전재해 발생확률을 조기 경보해주는 기술(김연철 외 2인, 2017) 등이 연구개발되었고, 실제 국내 H건설사에서는 3,900만건의 데이터를 바탕으로 구축한 재해 예측 기술을 개발해 사용하고 있다고 발표했다(한국경제, 2020).

2) 생산성/공정관리

생산성/공정관리 분야에서는 시각지능과 기계학습이 적용되고 있다. 먼저, 시각 지능을 이용해 기존 사람이 육안으로 수행해오던 투입자원의 수량 및 공정 진행률 모니터링과 같은 업무를 자동화하는 기술들이 연구개발되고 있다. 캐나다 INDUS.AI社는 시각지능을 이용해 이미지 상의 자원 수량을 체크하고, 거푸집 설치 여부를 판별하여 공정률을 체크하는 기술을 제공하고 있다〈그림 3〉.

(가) 작업자 및 장비 수량 모니터링



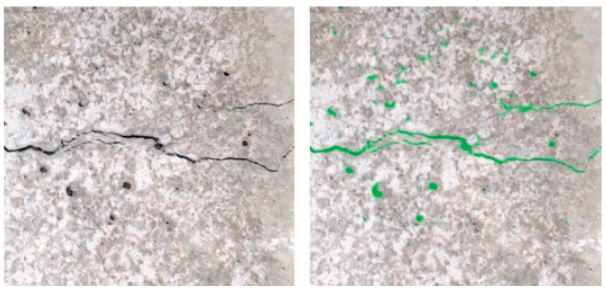
(나) 거푸집 공정율 분석

그림 3. 시각지능 기반 공정관리 예시 (INDUS.AI社)

다음으로, 기계학습을 이용해 공정 수립을 위한 연구들이 진행되고 있다. 기계학습(인공신경망)을 이용한 공정별 작업기간을 산정하는 연구(조빛나 외 2인, 2015)에서는 작업량, 투입자원수, 작업공간 상태, 날씨, 지반상태를 입력값으로 설정하고 작업기간을 출력값으로 설정한 인공신경망을 구축하여 훈련 후, 테스트 결과 약 93% 이상의 예측 정확도를 보였다고 한다. 그 외에 공정 스케쥴링을 위해 강화학습을 적용한 연구(문일철 외 4인, 2017)가 있다.

3) 품질관리

품질관리 부문에서는 시각지능과 기계학습이 활용되고 있다. 먼저, 사람의 육안으로도 관찰할 수 있는 콘크리트 크랙을 점검하기 위해 시각지능 중 객체인식(Recognition)/탐지(Detection)/분할(Segmentation)이 다양하게 적용되고 있다. 객체인식의 경우엔 이미지에 크랙이 있는지 여부만을 판별하고, 객체탐지의 경우 이미지에 크랙이 있다면 어느 위치에 있는지 박스형태로 태그를 해주며, 객체분할 같은 경우 크랙 부분만을 분할해 보여준다〈그림 4〉. 또한 이러한 시각지능 기술과 다른 기술 등을 융합하여 콘크리트 크랙의 넓이를 수치로 나타내 줄 수 있다.



(가) Original image　　(나) Segmented image

그림 4. 콘크리트 균열 탐지(Dung & Anh, 2019)

다음으로 기계학습을 적용하여 공동주택의 품질 하자를 예측하기 위한 기술이 연구개발되고 있다. 그 예로, 국내 H건설사의 경우, 약 18년간 누적된 800만건의 공동주택 데이터를 바탕으로 현장별, 공종별로 대표 하자 패턴을 군집화(클러스터링)하여 하자발생 시기와 규모를 예측하는 기술을 개발했다(공학저널, 2020).

4) 공사비관리

공사비 관리 부문에서는 건설 공사비 예측을 위해 2000년대 초부터 인공지능 중 기계학습(인공신경망) 기술이 사용되어 왔다. 예를 들어, 주택 공사비 예측 연구(Kim et al., 2004)에서는 인공신경망의 입력값으로 연도, 연면적, 층수, 공사기간, 총 세대수, 지붕 타입, 기초타입, 마감수준 등을 설정하고, 530건 프로젝트 데이트로 학습 후 공사비를 예측해본 결과 5% 이하의 오차율을 보였다고 한다.

5) 계약관리

계약은 기본적으로 문서/텍스트를 기반으로 한다는 점에서 인공지능 중 언어지능을 활용하는 기술들이 연구개발되고 있다. 그 예시로 자연어처리(Natural Language Processing)을 이용한 공사 시방서(Specification) 검토 기술(Moon et al., 2021)이 있다. 해당 기술은 방대한 분량의 공사 시방서를 자동으로 분석하여 필요한 정보(Who, What, When, How, Which)를 추출해내며, 90% 이상의 정확도를 보여준다고 한다.

3. 인공지능 기반 건설관리기술의 발전 방안 제언

현재 인공지능 기술을 구현하는데 있어서 가장 중요한 것은 많은 양의 데이터이다. 인공지능 알고리즘을 학습시키고, 예측 정확도를 높이기 위해선 많은 양의 데이터가 필요하기 때문이다. 그러나 일부 건설기업만이 과거부터 누적된 데이터를 보유하고 있으며, 그 데이터마저 인공지능 적용 목적에 맞게 잘 갖춰진 데이터라는 보장도 없다. 또한 최근 센싱 기술, 네트워크 기술 등의 발달로 막대한 양의 데이터를 수집할 수 있는 기술적 환경이 갖춰졌음에도 불구하고 비용적 부담 등으로 인해 일부 대기업을 제외하곤 이러한 기술들을 적용하기 어려운 상황이다. 이에 따라 규모가 큰 건설기업일수록 더 많은 데이터를 축적하여 인공지능 기술을 원활히 적용할 수 있겠지만 중소 건설기업은 그럴 수 없어 기업간 격차가 더욱 커질 수 밖에 없다. 이러한 데이터 격차 및 부족을 일부나마 해소하고 인공지능 적용을 보다 활성화하기 위해 정부에서 공공 프로젝트 데이터를 KISCON(www.kiscon.net)과 같은 정부 운영 플랫폼을 통해 공개할 수 있을 것이다. 물론 이에 앞서 어떤 데이터들을 어떤 형태로 수집할지와 같은 데이터 설계가 선행되어야 한다. 가령 시각지능 기술의 학습을 위해 필요한 데이터는 이미지/영상 데이터이며, 건설현장에 존재하는 각종 객체들(작업자, 중장비, 도구, 가설 등), 작업공종, 작업 행동 등의 분류에 따라 수집할 수 있을 것이다. 또한 이 데이터 사용자들은 다른 사용자를 위해 시각지능 모델 훈련을 위해 필요한 라벨링된 이미

지/영상 데이터를 공유할 수 있다. 이를 통해 오랜 시간이 소요되는 데이터 전처리 작업을 줄이는데 기여할 수 있다.

4. 맺음말

인공지능 기술이 아직까진 터미네이터처럼 어떤 일이든 해결해내는 만능 기술은 아니다. 하지만 분명 특정 영역에서는 사람을 보조하여 일을 보다 더 쉽고, 정확하고, 빠르게 수행하는데 도움을 줄 수 있다. 또한 인공지능 관련 알고리즘, 컴퓨팅 성능 등이 꾸준하게 발전하여 결국 미래에는 사람의 지적 능력 수준을 뛰어넘고 그 적용 영역도 확대될 것이다.
우리는 건설산업에서 인공지능을 어떻게 잘 활용할 수 있을지 고민해야 할 것이다. 어떤 목적으로 사용할 것인지, 관련 데이터는 충분한 양을 확보 가능한지, 어느 수준의 정확성이 요구되는지, 기존 학습된 모델을 활용할 것인지, 어떤 기계학습 방법론을 사용할 것인지, 누구와 협업할 것인지 등을 충분히 고민해야 할 것이다.
4차 산업혁명의 꽃이라고 할 수 있는 인공지능이 건설산업에서 활발히 적용되면서 건설산업의 전체적인 질을 향상시키고 건설산업이 첨단 산업이라는 이미지를 갖는 그 날을 기대해본다.

참고문헌

1. 공학저널 (2020), 공동주택 하자, AI로 예측한다, <http://www.engjournal.co.kr/news/articleView.html?idxno=872> accessed 2021.05.10
2. 국토교통부(2018), 스마트 건설기술 로드맵
3. 김연철, 유위성, 신윤석 (2017), 건설안전사고 사전 예측을 위한 인공신경망 기법 적용, 한국방재학회 논문집, 17, 7-14
4. 나영식, 조재혁(2018), "인공지능(SW)", KISTEP 기술동향브리핑, 한국과학기술기획평가원, 2018-16호,
5. 문일철, 반진규, 인한선, 박준건, 김도형 (2017), 딥러닝 기반 강화학습의 스마트 건설 적용, 한국건설관리학회, 20-22
6. 조빛나, 김현승, 강인석 (2015), 건설공사 공정별 작업기간 산정을 위한 신경망 기반 모형 구축, 한국산학기술학회논문집, 16(5), 3477-3483
7. 한국경제 (2020), 현대건설, 건설현장에 '재해 예측 AI' 도입.. "선제적 안전관리", <https://www.hankyung.com/realestate/article/202011178537i> accessed 2021.05.10.
8. Dung, C. V. (2019). Autonomous concrete crack detection using deep fully convolutional neural network. Automation in Construction, 99, 52-58.
9. INDUS.AI, <https://www.indus.ai> accessed 2021.05.10.,
10. McCulloch, Warren S. and Pitts, Walter (1943), "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity," The bulletin of mathematical biophysics 5.4, 115-133.
11. Yan, X., Li, H., Wang, C., Seo, J., Zhang, H., & Wang, H. (2017). Development of ergonomic posture recognition technique based on 2D ordinary camera for construction hazard prevention through view-invariant features in 2D skeleton motion. Advanced Engineering Informatics, 34, 152-163.