

DAEJEON SEJONG FORUM

2024 여름
통권 제89호

대전세종포럼

일류 경제도시, 미래 전략 수도를 선도하는 지식 플랫폼

DAEJEON SEJONG KNOWLEDGE PLATFORM





MISSION

시민 행복과
자부심을 높이는
매력 있는 도시건설

VISION

충청권 메가시티를 선도하는 지역 미래 연구의 구심점

목표 및 추진전략

GOALS AND STRATEGIES



미래를 견인하는
대전·세종 싱크탱크

- 지속가능한 도시발전의 견인연구
- 충청권 메가시티 건설의 실현
- 글로벌 네트워크 구축으로 연구역량 강화



시민이 체감하는
맞춤형 연구수행

- 시민 공감형 정책 플랫폼 구축
- 상생협력 기반의 지역연구 고도화
- 최종 고객인 시민과 쌍방향 소통



ESG 기반 지속가능
경영기반 확립

- 혁신 기반 사회적가치 실현
- 소통·협력을 통한 공감의 조직문화 확산
- 사람중심의 인권과 안전한 일터조성

DAEJEON SEJONG FORUM

대전세종포럼

2024 여름 통권 제89호

Contents

대전세종포럼 / 2024 여름 통권 제89호

DAEJEON SEJONG FORUM



권두언
06 인공지능의 지혜는
질문찾기에 있습니다
김영진 대전세종연구원장

기획특집
10 인공지능과 관광 산업의 미래: 기술이 열어가는 가능성과 도전
최영배 가천대학교 교수
20 AI를 활용한 물 환경 관리 방안
김성훈 K-water연구원 AI연구센터 센터장
32 AI 기반 상권 분석
구름 빅밸류 대표이사
42 도시 생태계 서비스의 평가 및 관리를 위한 인공지능의 활용
임원택 국민대학교 산학협력단 연구교수
56 AI를 활용한 스마트 교차로와 스마트 횡단보도
김성훈 한국교통연구원 부연구위원
70 생성형 AI를 이용한 디지털 휴먼 기술과
메타버스 기반 도시 안전 시뮬레이션 기술
이승욱 한국전자통신연구원 책임연구원

대전·세종 STORY
84 대전디자인진흥원, 생성형 AI 기술과
디자인 혁신의 미래 탐구
이정훈 대전디자인진흥원 도시디자인실장
88 세종시청 챗GPT 동호회의 발자취와 미래
석명섭 세종특별시청 챗GPT동호회 회장
ISSUE&TALK
92 생성AI가 만든 가짜, 딥페이크(Deepfake)
이승환 국회미래연구원 연구위원
96 인공지능 시대의 글쓰기
김화선 배재대학교 주시경교양대학 교수
100 연구자가 활용하는 AI 가능성과 한계
정광진 대전세종연구원 연구위원
조미경 대전세종연구원 대전도시재생지원센터 팀원

DSI NEWS
108 연구원 뉴스

권두언

인공지능의 지혜는 질문찾기에 있습니다

김영진 / 대전세종연구원장

손가락의 지문이 고유하지 않다는 뉴욕 컬럼비아 대학의 연구 논문이 화제였습니다. 인공지능이 그동안 전문가들이 파악하지 못했던 손가락 중앙 소용돌이의 각도와 곡률을 파악하였습니다. 엄청난 양의 데이터 분석은 법의학의 기초를 흔들었습니다. 지문 특성에 대한 새로운 통찰력을 가져온 AI 분석능력은 과히 혁명적이라 사회에 많은 영향을 주리라 생각합니다. 기존의 고정관념을 깨고 다른 각도로 문제를 해결하고자 새로운 접근을 시도하는 과정에 인공지능의 역할이 더욱 부각되고 있습니다.

인공지능 기술을 활용한 도시관리는 근본적인 문제 해결의 가능성을 제시하고 있습니다. 도시 관리에 혁명적인 변화를 가져오는 인공지능 기술과 관련하여 “인공지능과 도시관리”라는 주제로 대전세종포럼 여름호를 준비하였습니다. 효율적인 교통체계, 스마트한 AI기반의 상권 분석, 안전한 도시 환경 등 다양한 측면에서 지능화된 미래도시의 발전과 변화에 대한 심도깊은 고찰을 담았습니다.

스마트 교차로 시스템을 예로 들어보면, 인공지능은 교통 흐름을 실시간으로 모니터링하고 데이터를 분석하여 교통 체증을 예방하고 교통사고를 감소시키는 데 도움을 줄 수 있습니다. 또한, CCTV 등의 비디오 데이터를 분석하여 범죄 예방에 활용할 수 있으며, 긴급 상황 시 실시간으로 대응할 수 있는 시스템을 구축할 수 있습니다.

또한 인공지능을 활용한 생태계 모니터링 시스템은 도시 내 생태계의 변화를 실시간으로 감지하고 분석하여, 생태계의 건강 상태를 평가하고 보전할 수 있는 정보를 제공할 수 있습니다. 이를 통해 도시의 생태계 보전 및 환경 보호에 효과적으로 기여할 수 있습니다.

미래도시 환경을 조성하기 위한 인공지능의 활용 가능성 탐구는 연구능력 향상을 위해 많은 관심을 두어야 하는 부분입니다. 우리 연구원도 끊임없이 발전하는 인공지능 기술을 활용한 혁신적인 아이디어를 생산하여 새로운 미래도시의 패러다임을 선도해 나가겠습니다.

인공지능의 지혜는 질문찾기에 있다고 합니다. 다양한 진단, 폭넓은 해법, 종합적인 검토를 통해 여러 현안을 해결해 나가는 길에 과학기술을 이용할 줄 아는 지혜가 필요합니다. 그 지혜는 우리 도시의 구조와 작동 원리에 대한 숙고의 질문에서 나온다고 생각합니다. 질문하는 연구자의 마음이 세상을 더욱 풍요롭고 윤택하게 하는 기본임을 잊지 말아야겠습니다.

감사합니다.

DAEJEON SEJONG FORUM



논담(論談)

인공지능과 도시관리

기획특집

/ **최영배**

가천대학교 교수

/ **김성훈**

K-water연구원 AI연구센터 센터장

/ **구 름**

빅밸류 대표이사

/ **임원택**

국민대학교 산학협력단 연구교수

/ **김성훈**

한국교통연구원 부연구위원

/ **이승욱**

한국전자통신연구원 책임연구원

인공지능과 관광 산업의 미래 : 기술이 열어가는 가능성과 도전

최영배 / 가천대학교 교수

I — 들어가는 말

인공지능(Artificial Intelligence: AI)이라고 하면 어떤 것들이 떠오르는가? 누군가는 Chat GPT나 Dalle 와 같은 생성형 인공지능을 생각할 수 있고, 다른 누군가는 자율주행차, 알파고와 같은 것들을 생각할 수 있다. 2013년에 개봉한 영화 〈Her〉에서와 같이 인격을 갖춘 가상 인격체나 구글의 나우, 애플의 시리와 같은 개인 비서 어플리케이션 등을 떠올릴 수도 있을 것이다. 이처럼 인공지능은 언론, 교통, 물류, 안전, 환경, 문화, 군사 등 각종 분야에서 다양한 변화를 이끌어내며 부가가치 창출의 새로운 원천으로서 주목을 받고 있다(국경완, 2019). 물론, 인공지능을 통한 자동화, 통제 불능의 문제 등 여러 가지 잠재적인 문제에 대한 우려의 목소리도 전해지고 있다(김윤정, 2018). 최근 인공지능의 대명사처럼 이야기가 되고 있는 Chat GPT가 출시된 지 이제 겨우 1년 반 정도가 지난 현재 시점에서 판단하건데, 인공지능은 과거처럼 일부 전문가들만이 개발하고 활용하는 것이 아니라 일반인들도 쉽게 접근할 수 있도록 빠르게 발전하고 있으며, 그 발전 및 확장 속도가 빨라지고 있어 가까운 미래에 더욱 큰 변화가 올 것으로 예측할 수 있다. 이러한 시점에 AI가 관광 분야에 미칠 수 있는 잠재적 영향에 대해 예측하고, 이 과정에서 인공지능이 가져올 부정적 효과를 예방하기 위한 고민이 필요한 시점이다.

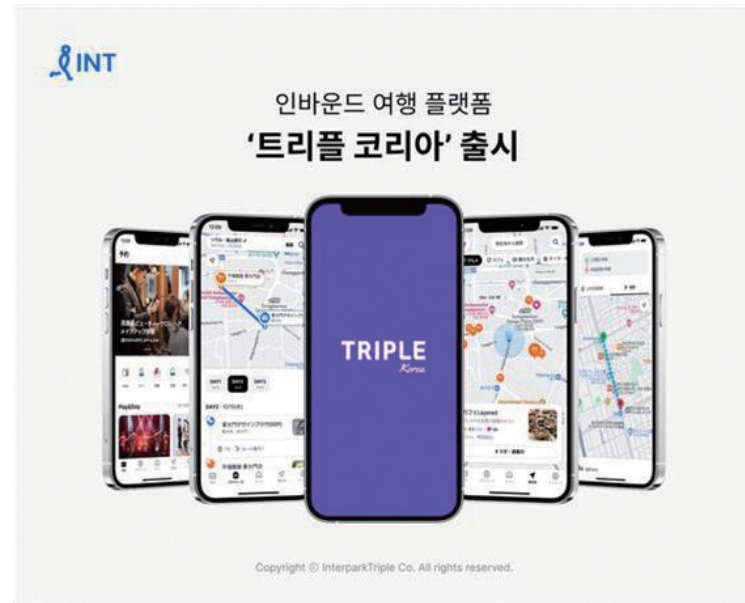
II — AI가 관광 산업에 미치는 현재의 영향

관광 산업은 기술을 기반으로 빠르게 발전하고, 변화해오고 있다. 예를 들면, 제트 엔진의 개발을 통해 관광을 위한 이동시간이 크게 줄어들면서 여행/관광 붐이 시작되었으며, 1990년대 이후에는 닷컴 시대가 도래하면서 관광객들이 더 이상 오프라인 여행을 통하거나 책을 보지 않더라도 온라인에서 여행 일정을 계획할 수 있게 되었다(Hjalager, 2015). 이러한 움직임과 마찬가지로 최근에는 생성형 인공지능, 머신러닝 등을 포함한 인공지능 기술이 관광 산업에서 큰 변화를 일으키고 있으며, 그 범위도 점차 다양해지고 있는 추세이다. 관광 분야에서 인공지능을 도입하여 변화를 겪는 다양한 사례가 있지만, 본 기고문에서는 Bulchand-Gidumal(2020) 연구에 착안하여 AI system 에 해당하는 대표적인 사례만을 살펴보고자 한다.

01 소개인화를 지향하는 여행 추천 시스템

AI를 기반으로 하는 여행 추천 시스템/플랫폼은 관광 산업의 큰 변화를 불러오고 있다. 관광객의 과거 여행 기록, 선호도, 소셜미디어 활동 등 다양한 데이터를 분석하여 소개인화된 맞춤형 여행지 및 여행 상품을 추천하거나, 여행 경로를 제안하는 서비스가 운영되고 있다. 개인화된 맞춤형 여행 추천 시스템은 관광객에게는 더욱 편리한 경험을 제공하며, 관광지, 관광 기업에게는 적절한 타겟 마케팅을 수행하여 수익을 극대화할 수 있다. 기업의 특성상 OTA에서 AI를 활용한 추천 시스템의 도입이 활발하다. 예를 들어 Expedia는 AI와 머신러닝을 이용하여 사용자의 검색 패턴이나 예약 행태를 분석하고, 이를 기반으로 호텔, 항공권, 여행 패키지를 추천하는 기술을 적용하고 있다. Booking.com이나 Tripadvisor 역시 사용자의 리뷰를 자연어 처리 기술을 활용하여 분석하고, 이를 바탕으로 사용자 맞춤형 추천 서비스를 제공하고 있다. 기존의 비즈니스 모델을 갖고 있는 기업들이 인공지능을 적용하여 새로운 서비스를 제공하는 경우도 많지만, 인공지능 기술을 이용하여 새롭게 시장에 진입하는 기업들도 있다. Hopper는 데이터 분석을 통하여 호텔, 항공권, 렌터카 가격의 변동을 예측하여 사용자들에게 최적의 구매 시점을 알려주는 서비스를 제공하며, 이를 통해 비용을 절감할 수 있도록 한다. 우리나라 기업들 중에서도 다양한 형태의 서비스를 제공하고 있다. 인터파크트리플은 글로벌 최대 여행 소프트웨어 플랫폼 기업인 세이버 코퍼레이션과 협업하여 AI 기반으로 항공권 가격의 추이를 분석하여 원하는 가격과 최적의 일정으로 자사의 예약 플랫폼과 연계하여 항공권을 바로 예약할 수 있도록 서비스를 제공하고 있다. 또한, 인터파크트리플은 인바운드 여행 전문 플랫폼인 트리플 코리아를 출시하여 인공지능 기반으로 기존의 트리플의 빅데이터를 바탕으로 외국인을 대상으로 최적의 여행 일정을 추천하고 실시간 즐길거리를 안내하는 서비스를 제공하고 있다.

〈그림 1〉개인화 여행 추천시스템 사례 - 인터파크트리플



자료: 인터파크트리플 홈페이지

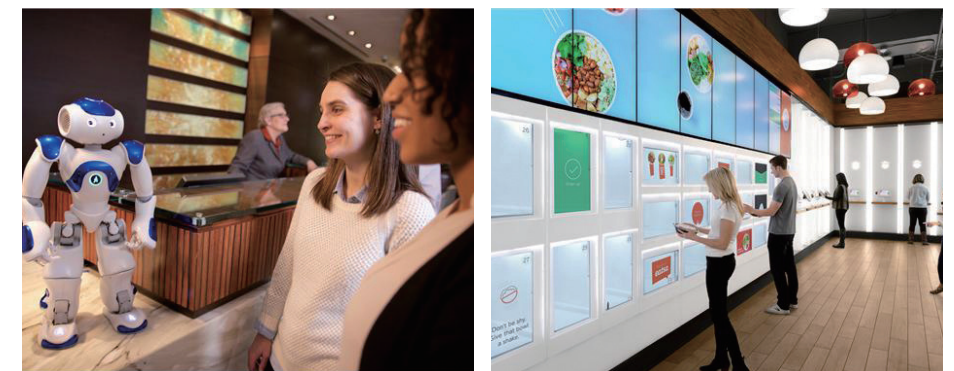
앞서 현재에 AI가 인공지능에 미치는 영향 중에 가장 먼저 개인화된 서비스를 위한 추천 시스템을 예시로 설명했다. 하지만 인공지능이 더욱 발달하고 그에 걸맞는 생태계가 구축된다면, 현재/잠재 고객들의 취향과 선호를 보다 정밀하게 분석할 수 있게 될 것이다. 가령, 예를 들어 웨어러블 디바이스에 축적되어 있는 개인정보를 활용하여 각 개인의 상황과 선호에 맞는 서비스를 제공하는 부분에 대한 이론적 논의가 진행되고 있다(Choe & Fesenmaier, 2017). 현재 시점에서의 여러 인공지능을 통한 개인화 서비스는 대부분 머신러닝에 의한 방식인 정교한 알고리즘으로 대량의 개인 정보를 활용하여 개인의 선호도/수요 등을 예측하여 자동화한다. 하지만 미래의 AI 기술은 인지 컴퓨팅 기법을 통하여 방대한 양의 자료를 이해, 학습하고 판단하여 평범한 인간의 영역에서 불가능한 인지적 부가가치 서비스와 경험을 제공할 수 있게 된다. 예를 들어, 비행기 자리에 앉기만 해도 승무원이 알아서 본인의 취향에 맞는 음료를 가져다준다거나, 호텔에 체크인하게 되면 시각 인식 소프트웨어를 활용해 얼굴을 자동으로 알아보고 이름을 부르며, 과거 투숙 경험을 바탕으로 손쉽게 원하는 서비스를 제공하는 등의 서비스는 그리 먼 미래가 아니더라도 쉽게 구현될 수 있다. 또한, 고객의 취미를 파악하여, 체크아웃 혹은 상품 구매시에 자동으로 고객의 선호도에 맞는 여러 가지 쿠폰, 서비스 등을 추천해 줄 수도 있다. 물론, 오류율은 사람의 정보 판단보다 훨씬 낮고, 고객들의 호기심을 자극하여 만족도 또한 훨씬 높아지리라 기대된다(Martin, 2017).

02 자동화된 고객 서비스

AI의 도입은 관광 기업이 고객들에게 서비스를 제공하는 방식도 변화시키고 있다. AI를 활용한 자동화된 고객 서비스는 챗봇, 로봇 등이 대표적이며, 이러한 기술은 기업 운영의 효율성을 높이고, 인건비를 절감하며, 고객 경험을 향상시키는 데 기여하고 있다. 힐튼 호텔은 IBM의 Watson AI를 활용한 로봇 콘시어지 Connie를 도입해서 방문객에게 관광 정보를 제공하고, 호텔 서비스에 관한 질문에 답변함으로써 고객 서비스를 자동화하고 있다. 항공업계에서도 유사한 서비스가 제공되고 있는데, 델타 항공은 체크인 과정을 자동화하기 위해 고급 키오스크를 설치하여, 여권 스캔, 좌석 배정, 탑승권 인쇄 등을 자동으로 수행할 수 있으며, 고객이 스스로 빠르고 편리하게 체크인할 수 있도록 돕고 있다. 외식업계에서 혁신적인 기업의 하나로 손꼽히는 Domino Pizza는 주문 접수를 자동화하기 위해 챗봇 Dom을 도입해서 운영하고 있다. Dom은 고객이 온라인으로 쉽게 피자를 주문할 수 있도록 도와주며, 메뉴 정보 제공, 주문 확인, 결제 진행 등을 처리한다. 또한, Brightloom(과거 이름 Eatsa)는 완전히 자동화된 레스토랑으로, 주문부터 음식 제공까지 인간의 개입 없이 이루어진다. 고객은 터치스크린을 통해 주문을 하고, 준비된 음식은 자동화된 시스템에 의해 배정된 위치에서 픽업할 수 있다.

AI 기술이 점차 고도화되면서 자동화된 서비스를 제공하는 기업들이 점차 늘어날 것으로 전망된다. 가령 호텔에서라도 체크인, 청소, 식음료 서비스 등 호텔 운영의 대부분을 담당할 수 있으며, 이미 일부 호텔에서는 이러한 시도가 이어지고 있다. 외식업계에서도 유사한 움직임이 발견된다. 로봇 바리스타를 이용하여 100% 자동화된 무인 커피숍은 이미 운영되고 있으며, 실제 조리 과정이 더욱 복잡한 레스토랑에서도 로봇이 직접 요리를 진행하는 등 다양한 기능이 추가되며 자동화된 고객 서비스의 가능성을 점차 높이고 있다. 인공지능, 머신러닝 등을 바탕으로 앞서 언급한 초개인화와 연결하여 고객 서비스의 혁신적인 변화를 불러올 것으로 예측된다.

〈그림 2〉자동화 서비스 사례 - (좌) 힐튼호텔의 코니, (우) Brightloom 레스토랑



출처: 각사 홈페이지

03 데이터 분석을 통한 서비스 개선

AI는 기업이나 지역이 기존에 갖고 있는 데이터를 분석하여 관광 트렌드를 예측하거나 새로운 서비스를 제공하는 데에도 활용된다. 관광청이나 여행 회사들은 데이터를 활용하여 방문객 수, 선호하는 여행 시즌, 인기 여행지 등을 파악하고 마케팅 전략을 세울 수 있으며, 이를 통해 효과적으로 자원을 배분하고, 맞춤형 광고 캠페인을 실행할 수 있다(Choe & Fesenmaier, 2021). 인공지능과 데이터 분석을 활용하여 관광 트렌드를 예측하는 사례는 전 세계 많은 지역에서 발견할 수 있다. 일본, 호주, 스페인, 미국의 뉴욕시 등에서 다양한 형태의 데이터를 분석하여 관광 정책 운영과 전략 수립에 힘쓰고 있다. 예를 들어 일본은 신용카드 사용액, 소셜미디어, 모바일 GPS 데이터 등을 통해 외국인 관광객의 방문 패턴과 소비행태를 분석하고 있다. 미국 뉴욕시는 공식 관광 사이트와 모바일 앱을 통해 수집된 데이터를 분석하여, 특정 시즌이나 이벤트에 대한 관광 프로모션을 계획하고, 관광지나 문화 행사의 인기도에 따라 필요 자원을 배분한다. 호주 관광청은 방문객 설문조사, 호텔 예약 데이터, 항공권 판매 데이터 등을 분석하여 관광 트렌드를 예측하는데, 국제 관광 시장에서의 변화를 예측하고, 시장에 맞는 전략을 개발한다. 예를 들어, 중국 관광객의 증가 추세를 감지하여 중국어로 된 관광 정보 제공을 강화하고, 중국어 서비스를 제공하는 호텔과 협력 방안을 강구하였다. 스페인 관광청은 데이터 분석을 활용하여 관광 수입과 경제에 미치는 영향을 평가하는데, 관광객의 소비 패턴, 숙박 기간, 지역별 인기도 등을 분석하여 관광 정책을 조정하고, 관광객 유치를 위한 전략을 수립한다.

우리나라에도 이와 유사한 서비스가 운영되고 있다. 한국관광공사에서는 한국관광데이터랩이라는 사이트를 만들고 통신사 및 카드사 등과 제휴하여 우리나라 관광과 관련한 다양한 빅데이터를 제공하고 있으며, 해당 사이트를 통하여 각 지역의 방문자 수, 추이 등을 손쉽게 파악할 수 있다. 행정안전부 통합데이터분석센터에서는 지하철 인파사고를 예방하기 역사 내 혼잡도를 실시간으로 모니터링할 수 있는 인공지능기반 데이터 분석 모델을 개발, 고도화하고 있다. 이와 같은 서비스들은 직접적으로는 관광과 거리가 있어 보이지만, 모델 구축이 완료되고 유사한 알고리즘을 통해 관광지역의 혼잡도 예측에도 활용될 수 있다.

〈그림 3〉 한국관광데이터랩 제공 지역관광 현황 사례



출처: 한국관광데이터랩 홈페이지

04 그밖의기능

이 밖에도 관광 분야에서 인공지능을 활용한 다양한 사례가 있다. 국제관광객의 불편 사항 중 가장 대표적인 언어 문제를 해결하기 위하여 인공지능을 통한 번역기가 개발되어 널리 사용되고 있다. 구글은 신경망 번역 기술을 사용하여 전체 문장을 번역하는 과정에서 문맥을 고려하여 더욱 자연스러운 번역을 제공하기 위해 노력하고 있으며, 네이버의 파파고 또한 한국어, 일본어, 중국어, 영어 간의 번역에 강점을 보이며 많은 인기를 얻고 있다. AI 기술은 관광지 해설에도 널리 이용되고 있다. 최근 서울특별시는 KT와 협력하여 국내외 방문객들로 항상 붐비는 광화문 광장에 있는 여러 관광지에 QR 코드를 삽입하고, 방문객들이 이를 인식할 경우 광화문광장의 역사와 특징을 인공지능 음성과 생동감 있는 해설로 소개하고 있다. 이처럼 인공지능을 통하여 관광객들은 다양한 정보를 보다 빠르고 편하게 접할 수 있게 되었으며, 관광 기업 및 관광지 관리 조직에서도 보다 생생한 관광 경험을 제공할 수 있게 되었다.

〈그림 4〉 광화문광장 AI 해설사 사례



출처: 서울특별시청 홈페이지 미디어 허브

III — AI 기반 관광 분야 발전을 위한 도전과제

앞서 언급한 바와 같이 AI 기술은 관광 분야의 많은 부분을 변화시키고 있다. 하지만 더욱 분명한 것은 AI 기술의 지속적인 발전은 미래 관광 산업에도 더욱 큰 변화를 끼칠 것이라는 점이다. 지금까지 AI 기술이 관광 분야에 미친 영향을 바탕으로 앞으로 미래에 가져올 변화들을 예측해보는 것도 앞으로 우리에게 다가올 미래를 준비하는 좋은 출발점이 될 것이다.

01 관광 종사자 및 관광객들의 AI 리터러시 함양

AI가 발전하면서 누구나 일상생활에서 AI를 접하는 시대가 되고 있다. 즉, 이제는 AI를 어떻게 잘 활용하는지가 매우 중요한 시대이다. 관광 분야에서도 마찬가지로 현상이 확인되고 있으며, 생성형 AI가 관광 분야 전반에서 활용되기 시작하면 더욱 가속화되리라 예상된다. AI가 사람의 직업을 대체할 것을 걱정하는 것이 아니라, AI를 잘 활용하는 사람이 그렇지 않은 사람을 대체할지 모른다는 이야기가 나오고 있다. 즉, AI시대에 가장 중요한 덕목 중의 하나는 AI를 잘 이해하고 활용할 수 있는 역량인 AI 리터러시가 매우 중요하다. 단순히 AI를 잘 활용하는 단계를 넘어서 그 결과에 대해 비판적 평가, 의사소통 능력, 창의적 적용, 윤리적 역량 등을 모두 포함하여 역량을 길러야 한다(Lee & Park, 2024). 관광 분야의 종사자들도 AI시대의 관광 분야를 이끌어나가기 위하여 AI 리터러시를 함양하고, 적극 발전시켜야 한다.

02 개인정보 보호 및 데이터 보안에 대한 해결책 마련

앞서 언급한 AI가 적용된 관광 분야의 다양한 변화에 필수적인 요소는 대량의 데이터라고 할 수 있다. 즉, AI 기반 시스템은 대량의 개인 정보를 포함한 데이터를 수집하고 분석하고 처리한다. 이 과정에서 개인정보의 유출 및 데이터의 보안 우려가 발생할 수 있다. 21년 AI 챗봇 서비스의 하나인 ‘이루다’가 일으킨 논란은 성차별, 소수자 혐오 표현뿐만이 아니라 개인정보의 익명화(비식별화)를 제대로 수행하지 않고 데이터를 활용했다는 문제를 포함하고 있다. 개인정보보호위원회에서는 AI 모델이 학습하는 데이터가 개인정보를 침해하지 않도록 하는 가이드라인을 2024년 5월 공개하기 위해 준비 중이라는 보도가 있었다. 즉, 개인정보의 비식별화, 정기적인 보안 감사, 국제적인 데이터 보호 규정 준수 등 데이터 보호 기준을 강화해야 할 필요가 있다. 물론 AI모델 개발/적용 과정에서의 데이터 보호를 넘어서 AI 모델 자체를 공유(AI Sharing)해야 한다는 움직임도 있다. 경희대학교 이경전 교수는 개인, 기업 등은 자신의 데이터를 외부로 공개, 공유하고 싶어하지 않기 때문에 저품질의 데이터만 공개하는 경우가 많으며, 이를 해결하기 위하여 경제주체 간 AI(인공지능 학습 결과)와 이에 기반한 파생 서비스를 공유해 경영 효율성과 시너지를 추구해야 한다고 강조하고 있다(방은주, 2022). 데이터 공유, AI 공유 등 어떠한 방법이건 서비스 공급자와 공급자, 공급자와 수요자 사이에서는 적극적인 협력을 필요로 하며, 불필요한 개인정보 유출 방지를 위하여 적극적으로 노력해야 할 필요가 있다.

03 기술 의존도 증가에 따른 일자리 감소 대응

관광 분야를 포함한 다양한 서비스 분야에서 AI 관련 기술 도입을 주저하는 이유 중의 하나는 직업의 변화와 일자리 감소라는 문제로 이어지기 때문이다. AI 도입은 단순한 형태의 노동에서 인간보다 훨씬 빠르고 효율적인 성과를 보여주는 경우가 대부분이다. 하지만 AI 기술의 발전에도 불구하고 특정 영역에서는 인간만이 가지고 있는 능력이 필수적이기 때문에, 인공지능을 의사결정의 도구이자 보조로써 활용할 수 있도록 해야 한다. 특히, AI의 한계점을 명확히 이해하고, 이를 인간의 힘으로 해결할 수 있도록 조직 내에서 적극적으로 교육하고 학습해야 한다. 관광 종사원들에게 기술 교육 및 재교육 프로그램 등을 통해 지식을 함양하고, AI와 협력하여 일할 수 있는 기회를 창출해야 한다. 또한, AI가 처리하기 어려운 창의적이고 전략적인 업무에 인간 직원을 배치하여 기술과 인간이 상호 보완적으로 일할 수 있도록 해야 한다.

04 AI 의사결정의 투명성 및 책임 문제

AI를 통한 의사결정을 흔히 블랙박스와 같다고 표현한다. 이는 인공지능망이 특정한 결론을 내리는 과정이 사람이 이해하기 어려울만큼 복잡한 과정을 거치기 때문이다. 방대한 양의 데이터를 학습하고 그 속에서 스스로 패턴을 찾아내고, 이를 바탕으로 예측을 제공하는 등 인공지능의 잠재적 효용성은 무궁무진하지만, 반대로 그 결과가 어떠한 프로세스를 거쳐서 도출되었는지를 확인할 수 없다는 말이다. 이러한 현실적 문제는 AI 시스템이 내리는 결정의 기준이 투명하지 못하고, 잘못된 의사결정에 대한 책임 소재가 모호해질 수 있다는 문제가 있다. 이러한 인공지능 의사결정에 대한 윤리적 문제를 해결하기 위해서는 의사결정 과정에 대한 감사와 검토를 정기적으로 수행할 필요가 있다. 특히, 인공지능을 통해 예측된 결과가 얼마나 효용성이 있는지, 정확한지, 등을 면밀히 검토하여 인공지능 모델의 효용성을 재검토해야 한다. 설명가능한 인공지능에서처럼 인공지능의 의사결정에 대한 알고리즘을 구체적으로 공개할 필요는 없지만, 인공지능을 통한 결과에 대한 지속적인 검토가 필요하다는 의미이다. 물론, 여기서 주의해야할 점은 아직까지 인공지능 모델 및 그 결과는 인간의 의사결정을 도와주는 것이 주 목적인데, 의사결정의 당사자는 인간이라는 점이다.

IV 맺음말

인공지능은 사회 전반에서 다양한 영향을 미치고 있다. 관광 분야에서도 예외는 아니며, 이미 인공지능의 도입으로 인한 변화가 시작되고 있다. 인공지능을 통하여 관광객의 행동이 더욱 편하고 초개인화되어 가고 있으며, 그에 따라 관광지 및 관광 기업에서도 고객 맞춤형 서비스 등을 제공하고 있다. 그리고 인공지능을 통한 방대한 양의 데이터 분석을 통하여 관광지, 관광 기업 등의 데이터를 분석하고 효율적으로 관리·운영할 수 있는 방안도 도입되고 있다. 인공지능이 점차 발전함에 따라 앞으로는 이러한 변화가 더욱 거세질 것으로 예상된다. 인공지능의 도입은 관광 산업의 혁신을 가속화하고 있지만, 동시에 새로운 윤리적, 사회적 도전 과제를 제시하고 있다. 이를 효과적으로 관리, 대응하기 위하여 구체적이고 실천적인 조치가 필요하다. 먼저, 관광 산업에서 AI를 도입하는 기업들은 결정 과정의 투명성을 보장하고, 인공지능 시스템의 결정에 대한 책임 소재를 명확히 해야 한다. 둘째, 관광 기업들은 고객 데이터를 수집·저장·처리할 때 최고 수준의 보안 표준을 준수해야 하며, 고객의 명시적 동의 없이 개인 데이터를 사용하지 않도록 철저한 내부 정책을 마련하고 실행해야 한다. 셋째, AI 기술의 발전에 따라 관광 산업 종사자들은 새로운 기술을 이해하고 활용할 수 있는 역

량을 갖추어야 한다. 특히, AI 기술이 도입된 환경에서 고객 서비스와 상호작용하는 방법을 학습할 필요가 있다. 넷째, 관광 분야의 기업들은 AI 기술의 윤리적 사용을 보장하기 위한 명확한 가이드라인을 제정하고 준수해야 한다. 다섯째, 관광 산업은 기술 회사, 정부 기관, 교육 기관과의 협력을 통해 AI 기술의 긍정적인 효과를 극대화하고 부작용을 최소화해야 한다. 이러한 실천적 제안을 통해 관광 산업은 AI 기술을 보다 책임있게 윤리적으로 활용할 수 있으며, 이는 산업 전반의 지속 가능한 발전을 촉진하고 관광객에게 더 나은 서비스를 제공하는 데 기여할 것이다. 이는 관광 산업이 기술의 급속한 발전 속에서도 사회적, 윤리적 책임을 유지하며 성장해 나갈 수 있는 토대를 마련하는 중요한 출발점이 될 것이다.

참고문헌

- 국경완 (2019), 인공지능 기술 및 산업 분야별 적용 사례, 정보통신기획평가원 주간기술동향.
- 김윤정 (2018), 인공지능 기술 발전에 따른 이슈 및 대응방안, 한국과학기술기획평가원.
- 방은주 (2022), “데이터 공유가 아니라 AI공유를 해야”, ZDNet Korea, <https://zdnet.co.kr/view/?no=20220824175603>
- Bulchand-Gidumal, J. (2022), Impact of artificial intelligence in travel, tourism, and hospitality. In Handbook of e-Tourism. Cham: Springer International Publishing. pp. 1943-1962.
- Choe, Y., & Fesenmaier, D. R. (2017), The quantified traveler: Implications for smart tourism development. Analytics in smart tourism design: Concepts and methods, pp. 65-77.
- Choe, Y., & Fesenmaier, D. R. (2021), Designing an advanced system for destination management: a case study of Northern Indiana. Industrial Management & Data Systems, 121(6), pp. 1167-1190.
- Lee, S., & Park, G. (2024), Development and validation of ChatGPT literacy scale. Current Psychology, pp. 1-13.
- Martin, J. A. (2017), AI가 여행-접객 분야에 불러올 7가지 변화, CIO Korea, <https://www.ciokorea.com/news/34453>
- Hjalager, A. M. (2015), 100 innovations that transformed tourism, Journal of Travel Research, 54(1), pp. 3-21.

AI를 활용한 물 환경 관리 방안

김성훈 / K-water연구원 AI연구센터 센터장

I — 들어가며

기후변화를 넘어 기후위기가 현실화되고 있는 현 시기는 기술과 환경의 교차로에서 중대한 도전에 직면하고 있다. 물 안보와 관련한 물 환경관리의 중요성이 커지고 있는 시기에 대응하여 UN은 작년 3월 46년만 물 컨퍼런스(UN Water Conference)를 개최하였다. 여기서는 물 부족과 수질 오염, 기후변화에 따른 글로벌 가뭄의 장기화, 메가홍수의 빈발 등 물 위기 해결의 긴급성과 함께 기후변화 대응을 위해서는 물 자원의 관리가 핵심이라는 점을 강조했다. 또한, 모든 이해관계자가 참여할 수 있는 통합적이고 협력적인 물 거버넌스 체계 구축을 제안함과 동시에 물 인프라 구축, 물 효율성의 제고, 물 정보 시스템 구축 등을 위한 혁신과 투자의 필요성을 역설했다.

여전히 신도시에 해당하는 세종시와 도심의 재개발이나 리모델링의 요구가 있는 대전시는 도시화에 따른 필연적인 불투수 면적 증가 및 배수시설의 설계 빈도에 육박하는 집중호우 발생 등으로 일찍이 겪지 못한 도시홍수에 대한 취약성이 노출되고 있다. 또한, 작년 봄철 대청댐의 저수율 저하나 여름철 녹조 등 식원의 수질관리의 어려움 등으로 도시 물순환 전반에 걸쳐 지속가능한 물 환경 관리를 위한 정책적 대응과 이에 발맞춘 기술 확보가 요구된다.

한편, 최근 급속히 발달하여 다양한 분야에 적용되고 있는 인공지능(AI) 기술은 UN이 제시한 물 인프라와 운영관리, 정보 시스템 구축 등 도시 물 환경관리를 혁신적으로 전환할 수 있는 잠재적 방안이라고 할 수 있다.

물 환경관리와 이에 연관된 도시의 인프라는 사회간접자본으로 공공성이 높아 그간에는 시장의 경쟁 압력이나 비즈니스 모델 개발과는 연관성이 낮고, 결과적으로 디지털 혁신 기술과 정책적 변화에서는 다소 더딘 측면이 있었던 것으로 보인다 최근 정부에서 기존의 대한민국 디지털 전략을 보완·강화한 “AI·디지털 혁신 성장 전략”을 발표하고 전 산업과 일상에 AI를 도입·추진하기로 한 만큼 도시 물 환경 관리 분야에서도 보다 다양한 AI의 기술적 적용과 정책적 변화가 가속화될 것으로 판단된다. 본고에서는 AI를 활용한 물 환경관리의 현황을 사계 중심으로 개괄하고 이를 바탕으로 도시 물 환경관리의 활용 제고를 위한 방안을 검토하고자 한다.

II — 도시 물 환경관리를 위한 AI의 적용

01 AI 기술 분류와 적용

GPT(Generative Pre-trained Transformer)로 대표되는 생성형 AI의 등장은 불과 몇 년 사이에 이루어졌으나, 기존의 AI 기술은 이미 1970년대와 90년대 말, 그리고 2010년대에도 일부 연구개발 및 적용이 있었다. 다만 컴퓨팅 자원이나 데이터 통신망 등 H/W적인 한계로 인한 사용자 체감 성능의 측면에서 다소 부족했다고 볼 수 있다. 그러나, 2020년대 이전에도 이미 당시의 첨단 기술로 자리매김한 IoT(Internet of Things)의 도입은 특히 해외 물산업의 수처리와 도시 물공급 분야에서 많은 역할을 해왔다.

GWI(Global Water Intelligence)의 보고서에 따르면, 2016년부터 2020년까지 전 세계적으로 물 관리의 디지털화를 통해 약 1,700억 달러(약 230조원)의 비용 절감이 가능했다고 한다. 이는 AMI(Advanced Metering Infrastructure) 등을 통한 정밀한 실시간 계측이 기반이 되어 가능했으며, 수처리와 공급, 고객(국민) 서비스의 향상을 도모할 수 있었다. 대만 타이베이 수도국의 경우에도, 2002년에 심각한 가뭄을 경험한 후 디지털 기술로의 전환을 결정했다. 센서, 스마트 미터, 상수관로의 압력 제어 시스템 등을 도입해 물의 손실을 최소화하였고, 결과적으로 이후 20여년간 물 부족 문제를 겪지 않은 것으로 알려져 있다. 이제는 많은 사람들이 인식하고 있듯이 AI의 적용을 위해서는 기본적으로 충분한 규모의 양질의 데이터가 필수적이다. 이와 같은 측정 인프라의 선제적인 도입은 급속히 발전하고 있는 AI 기술을 효과적으로 활용하는 데 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

이러한 대용량의 수집자료를 기반으로 학습하고 추론하는 AI 기술을 도시 물 환경 분야에 적용함에 있어 데이터를 분류하는 체계는 명확히 정의되지 않았다. 따라서, 일반적인 AI의 기능적 분류 방식으로 홍수량, 오염원의 농도, 물 수요량 등 시간에 따른 변동값을 분석하거나 예측하는 시계열(time-series) 기법과 해석 대상의 패턴을 인식하거나 이상을 발견하는 기법, CCTV 등의 영상을 활용하는 컴퓨터 비전 기법, 최근 발달하고 있는 거대언어모델 등을 활용한 자연어 처리 기법 등으로 분류해 볼 수 있으며 본고에서 사례들로 제시될 것이다. 추가적으로 다음 <표 1>은 케임브리지대에서 제시한 도시 물 관리 인프라에 대한 AI 분류체계로 도시 내 물 이슈의 해결과 관련한 사례들을 감안하여 재정리하였다.

〈표 1〉 도시 물 환경관리와 관련한 AI의 분류 체계

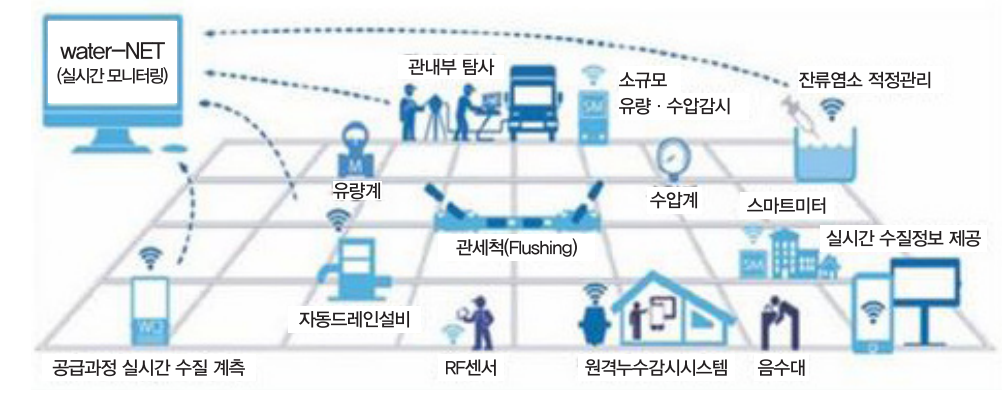
AI 분류체계		물 적용 예시 참고문헌	
대분류	중분류	내 용	적용 사례
추론	지식표현	의사결정 지원 시스템의 데이터/지식 형태; 지식 그래프; 설명 및 인식적 불확실성을 포함한 불확실성 표현 및 모델링 (예: 부정확성 및 모호성)	상수도망 위험 관리 사례기반 추론 (Yu et al., 2018) 빗물 배수 시스템 설계에 관한 지식 표현 (Chau and Chang, 2004) 도시의 부정확한 확률적 모델링과 퍼지 확률적 설계 (Fu et al., 2011; Fu and Kapelan, 2011)
	자동추론	공식 논리, 정리 증명 및 증거 확인을 사용하여 수처리에 대한 새로운 이해를 얻기 위한 추론; 규칙 기반 운영	시나리오의 자산계획 및 관리에 대한 추론 (Wei et al., 2018); 수질 개선 및 비용 효율화를 위한 운영 규칙(Meng et al., 2017)
	상식추론	인간의 상식과 유사한 판단을 기반으로 한 추론	(도시 물 문제 해결을 위한 적용사례는 부재)
계획	계획 및 스케줄링	용량 확장, 운영 스케줄링, 장기 계획 및 적응경로	도시폐수설비 용량확대(Fu et al., 2010) 수계의 펌프운전(Fu et al., 2013) 적응 경로(Sadar et al., 2020)
	탐색	트리 검색 등의 구조를 이용하여 계획을 살펴보고 해결방안을 탐색	대상 속성의 영역을 식별하기 위한 네트워크 클러스터링 (Perelman and Ostfeld, 2011)
	최적화	도시 물 인프라의 계획 및 운영을 위한 조합적, 지속적 또는 제약적 최적화	물 분배 시스템 설계 (Nicklow et al., 2010; Fu et al., 2013) 도시폐수시스템 실시간 제어 (Meng et al., 2017)
학습	기계학습	회귀분석; 분류; 패턴 인식; 예측; 실증이나 예제를 통한 적응적 의사결정	물 수요 예측(Lee and Deribly, 2020) 사이버 공격, 유출 및 오염 이상 탐지 (Li et al., 2023)
커뮤니케이션	자연어 처리	텍스트 생성; 텍스트 마이닝; 기계번역	물 사용 고객 대상의 챗봇
인지	컴퓨터 비전 음성 처리	자산 모니터링, 모델링을 강화하기 위해 비전, 음성기반 데이터 사용	홍수시 유송 잡물의 인식; 홍수위 및 범람 데이터 수집(Bhola et al., 2019); 하수도 막힘, 수도관 누수 감지 등 자산 모니터링 (Zhou et al., 2019)

자료: Guangtao Fu 외 "Artificial intelligence underpins urban water infrastructure of the future: A holistic perspective, Cambridge Prisms: Water(2023)" 재구성

02 상수도 관리와 AI 적용 사례

우선 스마트 수도 인프라 구축 및 AI 적용의 우리나라 사례를 살펴보면, 환경부의 “수돗물 안전 관리 종합대책(19.11.)”을 통해 기존에 수자원공사가 담당하던 광역 물공급 시스템뿐만 아니라 지방 상수도의 관망에 대해서도 스마트 관리 시스템을 구축하는 등 계획 예산규모 3조원 이상의 투자(’20년 예산안 기준)를 통해 1단계 사업이 추진되었고, 25년 이후 전국 지자체 전체(161개)를 대상으로 하는 2단계 사업도 추진 중이다. 전체 사업규모를 보면 인프라인 노후 상수도관의 교체 사업비 비중이 높은 편(2.2조원)이지만, 취수원부터 수도꼭지까지 수돗물의 공급 전 과정을 실시간 관리하는 스마트 상수도 관리체계 구축에도 8,000억원 규모의 예산이 투입되어 진행 중이다. 여기에는 ① 유량과 수압을 실시간으로 감시하는 이상감지 AI 기법과 ② 관 내부 탐사를 위한 컴퓨터 비전 AI 기법, ③ 관로 내 수질이나 소독제인 염소의 최적 관리 등을 위한 시계열 예측 AI 기법 등 다양한 AI 기술들이 포함된다.

〈그림 1〉 ICT·AI 기반의 물공급 프로세스 스마트화



자료: 환경부, K-water

다음으로 도시의 물 관리 측면에서 수돗물을 생산하는 핵심시설인 정수장 디지털화의 중요성은 상대적으로 다소 간과된 측면이 있는데, 집중화된 공급 시설로 인력의 투입이 크지 않고 기존 공정의 표준화와 자동화가 일부 이루어져 있기 때문으로 판단된다. 그럼에도 불구하고, 원수의 펌핑을 통한 유입과 응집제 주입, 침전 및 여과, 소독 등 다양하고 복잡한 물리적, 화학적 공정을 다루는 과정에 기존의 축적된 데이터를 활용한 AI분석 기법을 적용하는 시도가 이루어지고 있다.

환경부와 수자원공사는 기존 정수장 운영 근무자들의 경험과 판단에 따른 주관적인 의사결정을 대신하여 보다 과학적이고 효율적인 운영방안을 제시하고, 변화하는 현장 상황 대응에 실시간으로 신속하고 정확한 의사결정 지원을 위해 광역수도시설 운영에 AI를 도입(“광역 SWM AI정수장 구축사업”, ’20~’24년, 예산 481억원)하였고, ’21년 화성정수장에 시범 도입 후 성과검증을 거쳐 ’24년 말까지 전국 43개 광역정수장에 적용하는 사업을 추진하고 있다. 핵심적인 AI 기술은 ① 인간의 개입(human-error)을 최소화 하는 정수공정의 자율 운영 ② 에너지 소비를 최소화하여 가장 적은 전력으로 물을 생산하는 스마트 에너지관리(EMS) ③ 설비의 이상징후를 실시간으로 감시·진단하여 문제를 해결하는 설비 예지보전(PMS) ④ CCTV와 AI를 연결하여 시공간의 제약없이 즉각적으로 사고와 이상을 인지하는 지능형 영상 감시 등이다. 현재까지는 시범사업을 추진한 화성정수장의 사례만이 보고되어 있으나, 이러한 AI 운영을 통해서 약품비와 전력비가 약 5% 가량 절감되는 것으로 검토되었다.

〈표 2〉 AI 정수장의 구성 요소

구 분	설 명	비 고
데이터 수집 및 분석	수질 데이터(pH, 탁도, 수량, 기상 정보 등)를 실시간으로 수집하고, 수집된 데이터를 기반으로 AI 알고리즘은 유입 수질의 특성을 분류하며, 각 처리공정 별로 효율이 가장 높은 처리 방안을 제시함 또한, 탁도가 갑자기 증가하는 등의 이상상황이 발생할 경우, AI는 이를 즉각 감지하고 적절한 처리 조치를 취할 수 있도록 알림	시계열 예측 및 이상감지
자동화된 의사결정 지원 (AI자율운전)	AI는 미세 조정을 통해 화학 물질의 사용량을 최적화하여, 예측 모델을 기반으로 응집제의 주입량, 교반기의 회전수 및 소독 시 염소의 적정 투입량과 시점을 결정함	시계열 예측
에너지 효율 증대 (Energy Management System)	AI는 수요 예측을 기반으로 정수 공정에서 에너지 집약율이 높은 펌핑(착수 공정)의 펌프 작동 스케줄을 최적화하여, 불필요한 에너지 소비를 줄이고 전체 에너지 효율을 높여 전력비/운영비를 절감	최적화 및 강화학습
유지보수 및 고장 예측 (Predictive Maintenance System)	AI는 정수장의 펌프 및 모터 등 주요 기계 장비의 성능 데이터를 분석하여, 장비 고장을 실시간으로 분석하고 예측함(진동 패턴과 온도 데이터를 분석함으로써 고장을 사전에 감지하고, 계획된 유지보수와 연동하여 장비 운용을 최적화(수명 최대화)함)	이상감지
통합 운영 관리 및 지능형 영상 감시	AI는 중앙 관리 시스템을 통해 다수의 정수장 운영 데이터를 실시간으로 통합 관리함. 또한, 정수장 내 작업자의 안전 상태를 CCTV를 통해 확인하고, 위험상황 발생 시 조치할 수 있음. 이외 누수나 화재, 외부 침입 등도 감지 가능함	컴퓨터 비전

지능형 영상 감시 부분을 조금 더 상세히 설명하면, CCTV 활용을 위해 AI 학습된 항목은 현재(외부인의) 침입·배회, 화재, 작업자 쓰러짐 등 일반적인 AI 분석 감지 항목과 함께 배관 누수(침수), 약품 미투입, 위험수신호, 감전 등 정수장 관리 특성과 항목을 포함하고 있다. 이러한 영상학습 및 감시 기술은 지속적으로 고도화 및 보편화되고 있기에 적용 대상 특성에 적합한 응용이 활성화 될 것으로 예상된다.

〈그림 2〉 스마트 AI 정수장의 구현 및 AI 영상 감시 알고리즘 적용

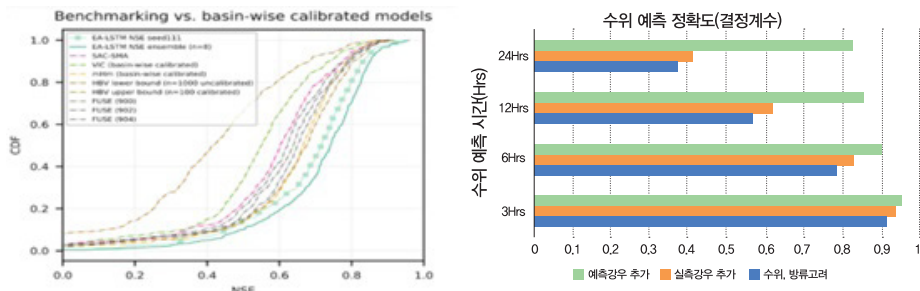


03 홍수 관리와 AI 적용 사례

홍수 예보 분야 또한 AI의 적용이 활발히 이루어지고 있는 영역이다. 상업적인 가치 측면보다는 도시 유역의 재난관리 측면에서 많은 연구가 국내외에서 수행되었으며, 특정 하천 지점의 홍수위 예측을 위해서 강우를 포함한 기상예보 자료 등을 활용하는 AI 모델이 검토되었다. 환경부의 경우, 기존에 하천의 배수시설을 수위에 따라 원격으로 자동 조작하는 스마트 하천 관리시스템(약 4,000억원, ~’25년까지) 및 AI 기반의 홍수 예보 시스템을 구축하는 사업을 추진하고 있으며, 이와 같은 업무 시스템들을 효과적으로 운영하고 관리하기 위한 도구의 하나로 디지털트윈 기반의 물관리(댐-하천) 플랫폼 구축을 추진 중이다. 이중, 빅데이터 기반의 인공지능(AI) 홍수 예보 체계는 금년 5월부터 본

격적으로 추진된다. 기존 대하천 위주로 전문가에 의해 수행되었던 홍수 예보를 데이터와 AI를 기반으로 지류(지방하천)까지 확대할 수 있는 센서와 데이터, 알고리즘 확보를 목표로 하고 있다. 기존의 환경부 75개 홍수 특보 지점에 추가적으로 지류와 지천을 포함하여 총 223개 지점에 확대해 적용하게 되며, AI를 기반으로 최소 3시간 이전의 수위를 예측하여 홍수 특보에 활용할 수 있을 것으로 전망하고 있다. 홍수량이나 하천수위 예측 시에는 기상(강우) 예측의 영향을 크게 받기 때문에 AI 분석에도 한계는 있다. 그럼에도 불구하고, 데이터 기반 모형을 활용하였을 경우 6시간 정도를 예보하는데 90% 이상(결정계수 기준)의 정확성을 나타내고 있는 것으로 검토된 국내 연구사례가 많이 있다.

〈그림 3〉 (좌) 홍수량 예측시 기존 수치모형과 AI 비교, (우) 예측강우량에 따른 AI 홍수 예보 정확도 향상



국외에서는 구글리서치에서 개발하여 운영하고 있는 Flood Hub가 잘 알려져 있으며, 미국과 유럽은 물론 동북아를 제외한 아시아와 아프리카 지역의 주요 하천에 대해서 짧게는 수 시간에서 1주일 정도까지의 수위를 예측하여 주의 수위와 경보 수위를 알람해주고 있다.

〈그림 4〉 (좌) 구글 리서치의 Flood Hub, (우) 환경부 AI 홍수 예보 체계 모식도



04 수도 계량기의 동파위험정보 서비스 적용 사례

겨울철 기온 저하에 따른 수도 계량기 동파는 매년 지속적으로 발생하고 있으며, 동파 발생 시 계량기 교체 비용, 누수, 누수량 동결에 의한 2차 피해, 단수 등 사회적 문제가 발생한다. 각 가정에서 동파 방지 계량기를 설치하는 데에는 비용이 발생하며, 기상청의 동파 지도 알림 서비스는 대기 온도만 활용하여 제공하고 있기 때문에 여러 변수를 고려하지 못하는 한계가 있다. 정부와 공공부문에서는 2022년 1월부터 110개소 이상의 수도계량기함 내 IoT 온도센서를 시범적으로 설치했으나 현실적으로 전국으로 확장하는 데에는 시간적, 경제적 여건상의 어려움이 있다. 겨울 동파 예방을 위해 실제 온도센서를 기반으로 가상센서를 구축하고, 이를 혼합한 하이브리드 방식으로 동파위험 기준에 따라 전국 동파위험 지도를 구축하는 데 활용하였다. 가상센서 개발을 위해 입력(독립)변수로는 위경도, 고도, 음·양지, 보온재 여부 및 기상 정보(기온, 강수량, 풍속, 습도)를 활용하고, 종속변수로 실제 센서의 온도를 사용하여 기계학습 AI모형을 개발하였다.

지역 특성에 따라 정확한 모델을 구축하기 위해 위치정보 및 보온재여부 등의 변수를 활용하여 통계적인 방법으로 군집화(clustering) 하였으며, 각 군집별로 AI 회귀모델(3종)을 적용하였다. 개발한 모델을 바탕으로 온도에 따라 양호·주의·위험·매우 위험 총 4개의 기준으로 도시 내 가상 지점의 동파 가능성을 파악하여 알림을 제공하는 대민 서비스에 활용하고 있다.

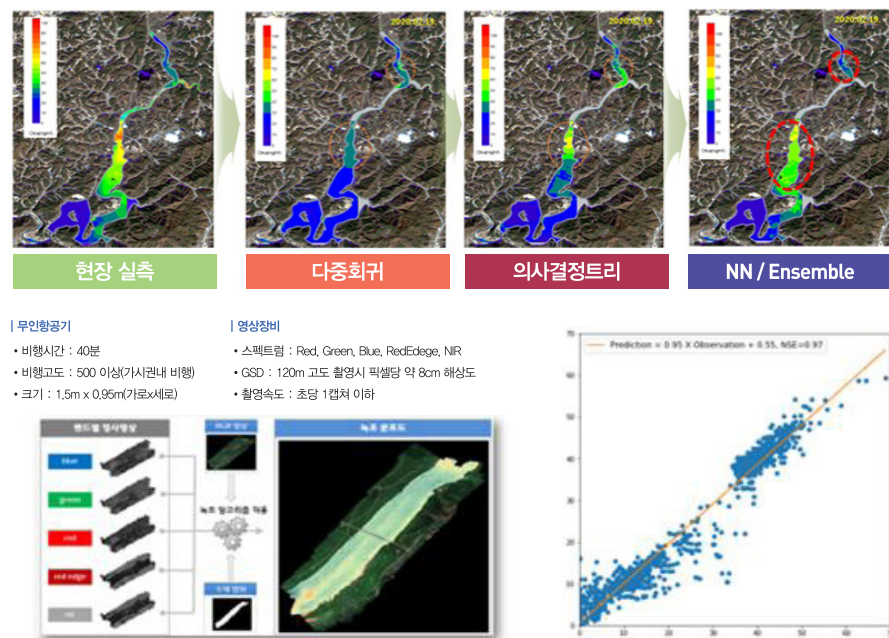
〈그림 5〉 동절기 수도 계량기의 위험정보 서비스(국가상수도 정보시스템)



05 원격 탐사자료와 AI를 이용한 수질관리 적용 사례

도시 물공급을 위한 수원의 관리 분야에서도 모니터링과 분석 능력 고도화 등에 AI 기술 활용이 다양하게 추진되었다. 모니터링 분야에서는 위성이나 드론과 같은 원격탐사를 활용하여, 하천이나 댐 저수지 등의 수질, 녹조를 효과적으로 분석하는 기술들이 개발되어 적용되고 있다. 분석 분야에서는 수질 예측에 필요한 데이터를 AI 기술 등을 활용하여 증강(주간 단위로 채수되는 수질항목의 일단위 추세를 AI 등을 통해 분석)하거나, 기존의 2차원이나 3차원적인 수치모델로도 해석이 쉽지 않은 오염물질(망간 등)이나 어류종과 같은 생태모델까지 데이터를 기반으로 해석함으로써 기존의 분석, 예측 능력을 보완하는 기술 연구가 활발히 이루어지고 있다.

〈그림 6〉원격탐사(위성과 무인항공기) 분광자료를 활용한 AI기반 수질 모니터링



III — 도시 물관리를 위한 AI의 적용 활성화 방안

01 AI 적용의 한계와 개선 방향

도시에서 물 환경관리 관련 AI의 적용은 점차 증대될 것으로 판단되지만, 해당 분야별로 이에 대응할 만큼 충분한 양질의 데이터 확보 문제는 당분간 지속적인 이슈가 될 것으로 보인다. 최근 AI 기술의 적용 동향을 살펴보면, IoT·스마트 센서 등에 의해 확보된 데이터와 증강된 시뮬레이션 등을 활용한 AI(기계학습 등) 기술을 개발하고 지속적으로 학습을 수행하는 것이 중요해지고 있다. 물재해 관리나 수처리, 환경관리, 시설안전을 막론하고 전통적인 관점에서 데이터와 물리기작에 기반한 분석 도구가 지속적으로 개발되었지만, 물이라는 유체가 가지는 해석상의 불완전성 때문에 이러한 분석도구에 따른 공학적인 계산결과가 반드시 솔루션이 되는 것이 아닌 경우가 많다. 이는 결국 의사결정의 효율성을 낮추거나 자율 운영으로 이행되는 단계를 저해할 수 있다.

이를 보완하는 여러 가지 방법론들이 제시될 수 있는데, 그 중의 한 방법으로 기존의 공학적 시뮬레이션 방법에 부가하여 실시간으로 디지털 기반(IoT 데이터, AI 학습)자료를 업데이트하여 의사결정이 가능한 수준의 성능으로 지속적인 예측치와 분석치를 도출하는 것이 있다. 이를 위한 데이터 확보와 이용가능한 수준의 정제, 데이터 융합을 위한 기법 등 데이터 관련 기술의 개발은 물관리 전 분야에서 지속적으로 이루어질 것이므로 이에 발맞춘 연구개발을 뒷받침할 지역 내 인력양성과 제도적 뒷받침이 필요하다.

또한, 데이터 분석을 위한 자료의 품질관리를 위해서 적정 주기별로 품질 관리를 일정부분 자동화할 수 있도록 해야 한다. 기술 발전 속도에 따라 물 관련 데이터의 양과 적용 범위가 점점 더 크고 빠르게 변화할 것으로 판단되기에 이에 맞게 분야별로 적절한 표준화 방향과 물제시 및 품질관리 수준 조정 체계가 필요하다. 기상-수문-원격탐사-시설관리-처리-공급-수요예측(Social data와 연계)까지 데이터 간 효과적 연결 체계를 위한 디지털 기술(AI분석 등)에 적합한 활용표준 검토도 필요하게 될 것으로 예상된다.

02 도시 물관리를 위한 AI 적용의 확장성

데이터 기반의 분석 활용이 강화되고 다양해짐에 따라 분석 모델의 전이성(transferability)에 대한 컨센서스도 필요해진다. 전이성이란 예를 들어 “A” 정수장의 “가” 공정에 대한 분석 툴 또는 알고리즘을 “B” 정수장의 동일 공정에서 응용하여 활용하는 것을 뜻하며, 경우에 따라서는 “가” 공정이 아닌 유사한 공정에 대해서도 효과적으로 적용할 수 있는 것을 의미한다. 대체적으로 기존의 물리 기반 모델(Physical-based model)은 이론적 기작(mechanism)을 가지고 있으므로 그 기작이 적용 가능한 범위에

서는 전적으로 전이성을 가지고 손쉬운 검증과 함께 기술확산이 가능하지만, 디지털 물관리 등에 있어서는 해당 분석결과를 얻기 위한 데이터만을 활용하거나 데이터를 합성(증강)하여 분석하는 경우가 점점 증가할 것이므로 이에 대한 검토가 필요하다는 것이다. 이에 대한 대안으로 최근 설명가능한 AI(XAI, Explainable AI) 등이 각광받기 시작했지만, 아직까지는 데이터에서 도출된 결과에 대한 설명을 보완해주는 기능은 한계가 있는 것으로 판단된다. 앞으로 통계 기법이나 데이터 해석 기술의 발전에 큰 영향을 받을 것이다. 분명한 것은 결국 디지털 환경 하에서 수집되고 분석되는 데이터의 양과 질에 대한 검토는 분석 기법에 우선할 것이라는 사실이다.

03 법제도 정비와 이해 당사자 간의 노력

아직까지도 국내에서는 인공지능(AI)에 대한 법적인 정의는 명확히 되어 있지 않지만 21대 국회에서 상정된 법안을 따라 “학습, 추론, 지각, 판단, 언어의 이해와 같이 인간이 가진 지적 능력을 전자적 방법으로 구현한 것”으로 정의하고 하고 있다. 아울러 안전성과 신뢰성을 확보할수 있도록 인공지능이 국민의 삶을 향상시키는 방향으로 발전되어야 한다는 기본원칙을 정하였으나, 현 시점에서는 차기 국회에서 재논의될 것으로 전망된다. 효율성을 중요시하는 디지털 전환의 흐름 속에서 물분야의 다양한 기술을 활용하고 적용하면서 물산업을 진흥하고, 또한 물이 가지는 공익적 가치를 유지하기 위해서는 물분야 이해 당사자와 기술개발자, 정책입안자 간의 다양한 논의와 협력이 필요하다. 특히, 공학적인 답안이 즉각적으로 최종적인 의사결정에 이르지 못하는 경우 가급적 상위에서 가치조정을 통한 의사결정을 이루는 것이 적절하다. 이를 위한 핵심은 데이터의 공유에 있다. 이미 물관련 데이터들이 다양한 관계기관으로부터 개방 및 공유되고 있기는 하지만, 도시 물 환경관리 목적을 달성하기 위해서는 보다 혁신적인 수준의 데이터 개방을 제도적으로 보장해야 한다. 이는 물관리 분야 내에서의 시너지 효과는 물론 교통, 안전 등 다양한 분야와의 연계성도 확보할 수 있을 것으로 보인다. 인공지능(AI) 기술을 활용해 물 사용량 데이터를 기반으로 누수와 동파를 예측하는 것은 물론 독거노인을 대상으로 수도물 사용량에 갑작스런 변화가 있는 경우 담당 사회복지사 또는 보호자에게 알림 서비스를 제공하는 ‘독거자 생활케어 서비스’로 확장한 대전시 상수도사업본부의 민간지능정보서비스 확산사업이 좋은 예시가 될 것이다.

마지막으로, 보다 방대한 도시 물 환경관리 시설을 스마트하게 관리하기 위해서는 자료의 취득과 활용에 있어서 기존 정보의 효용성을 확대함과 동시에 필요한 정보의 재가공성을 높일 수 있도록 관련 이해 당사자의 의사결정지원 역할을 강화할 필요가 있다. 이를 위해 자료 생산기관과 수요기관, 관리자, 일반대중 등 당사자들의 공감과 노력이 필요할 것이다. 시설의 유지관리를 위한 AI의 효과적인 정의와 활용, 검증 방안 등을 제시하고 상호 검토할 수 있는 장을 지속적으로 마련하는 것이 바람직하다.

참고문헌

- 김성훈(2022.06), 물 분야 디지털 기술의 현재와 미래, 저널물정책경제 K-water연구원
- <https://sdgs.un.org/conferences/water> (2023)
- 송양호(2023), "기후변화 대응을 위한 도시홍수 예방대책", 대전세종연구원
- 관계부처 합동(2024.04), "AI G3 도약을 위한 AI·디지털 혁신성장 전략" : 대한민국 디지털 전략
- "디지털 플랫폼 정부 혁신전략 세미나" ('22.4.7 국회의원회관)
- 과학기술정보통신부(2018.05), I-Korea 4.0 실현을 위한 인공지능(AI) R&D 전략,
- Guangtao Fu(2023), Artificial intelligence underpins urban water infrastructure of the future: A holistic perspective, Cambridge Press
- CORIDS(2020.02), Results Pack on digital transition in water.
- GE, MWH, Stantec(2017), The Digitalization of Water[Intelligent Platforms for Water Abundance.

AI 기반 상권 분석

구름 / 빅밸류 대표이사

I — 들어가는 말

지역 상권은 소상공인이라 불리는 개인사업자들이 대부분 책임지고 지역 경제를 이끌고 있다. 소상공인 실태조사에 따르면 '22년 말 기준 전국 소상공인 사업자는 412만에 이른다. 종사자 수도 720만에 이른다고 하니 전체 인구의 14%에 해당하는 큰 규모이다. 민간 신용카드사의 빅데이터를 기준으로 보면 전국 카드 가맹사업자 중 개인사업자가 297만으로 비중이 88%에 이르고 이들의 23년 한 해 동안 매출액 합계는 856조 원에 이른다. 국내 총생산 2,200조 원 대비 39%에 이르는 큰 규모의 시장이다. 한 사업자당 연 2.8억 원의 매출을 만들고 있다. 사업자당 영업이익은 평균 3,100만 원 수준이다.

민간 카드사 정보를 통해 보면 월 3만 개의 새로운 가맹점이 매달 생겨나고 있다. 소상공인 실태조사에서는 사업체의 평균 창업비용이 8,500만 원이라고 하니 월 2.5조 원의 창업비용이 계속 발생하고 있다. 이러한 막대한 비용과 생산성을 만들어내는 산업인데도 불구하고 대부분이 영세한 규모로 운영되기 때문에 자본 투입 이전에 정확한 상권 분석이 이루어지기 어렵다.

주택에 대해서는 다양한 정보가 공개되어 있고 다양한 기술들이 접목되어 인공지능 주택시세부터 프롭테크 플랫폼 서비스까지 손쉽게 확인하고 거래할 수 있는 환경으로 발전했지만, 상가의 경우에는 공개된 정보도 부족하고 분석 가능한 서비스도 많지 않다. 민간에서의 상권 분석이 활성화 되지 않으면서 소상공인진흥공단, 서울시와 같이 공공기관과 지자체를 중심으로 상권 데이터를 확인할 수 있는 다양한 분석 플랫폼을 제공하고 있다. 그러나 정보의 최신성을 유지하고 사업자가 원하는 정확한 데이터를 제공하기 위한 지속적인 투자가 어려워 데이터의 최신화 등 개선이 쉽게 이루어지지 못한다.

이론과 민간 서비스 기술 모두 발전이 더딘 상권 분석을 인공지능을 통한 개선 및 대중화하고자 하는 노력들이 최근 증가하고 있는 추세다. 인공지능 기술이 가지는 특징은 한번 사전 학습(Pre training)이 잘 이루어지게 되면 저렴한 비용으로 누구나 추론(Inference)을 통해 활용이 가능하고, 복잡한 데이터의 관계도 쉽게 해석할 수 있으며, 미세한 시장의 변화도 저렴하게 재학습(Transfer Learning)이 가능하다. 따라서 전문가 서비스를 대중화할 수 있는 기술로 각광받고 있다.

인공지능 학습에서 가장 중요한 부분은 학습 데이터의 확보인데 최근 정부의 노력으로 공공데이터의 개방이 상당한 수준에 도달했고, 최신데이터의 정기적 공급도 안정화되고 있다. 민간 부문에서도 다양한 빅데이터 플랫폼과 민간 데이터 판매 시장의 발전으로 공공에서 제공이 불가능한 날카롭고 정교한 데이터들이 민간 데이터 공급자들을 통해 개방되고 있다.

양질의 데이터와 고도화된 인공지능 기술을 활용하고, 최근 오픈소스로 개방되어 활용도가 높아진 공간 연산 기술을 적극적으로 활용하면 인공지능 기반의 상권 분석도 머지않아 누구나 손쉽게 이용하고 활용 가능한 기술로 발전할 수 있을 것으로 전망한다.

II — 상권 분석 데이터

카드사의 개인사업자 가맹점 분류코드를 보면 366가지의 분류로 나뉘며 각 분류별로 평균 8,192개의 사업체가 분포하고 있다. 다양한 업종만큼 분석해야 하는 상권 데이터도 서로 다르다. 주된 고객과 판매 방식, 판매 주기 등이 모두 다르기 때문이다.

공공에서 개방하는 데이터 중에 지역 상권을 이해하기 위한 목적으로 활용하는 공간정보는 '24년부터 디지털 트윈국토 V-world에서 통합하여 공급하고 있다. 국가에서 제공하는 지도와 항공영상, 각 토지의 지적 정보와 토지정보, 그 외 다양한 수치지도 또한 제공하고 있다. 공간 연산에 활용되는 shp 단위로 다운로드할 수 있고 국가중점데이터로 관리되는 데이터도 상당수 제공되어 최신 데이터를 안정적으로 공급받을 수 있다.

토지를 제외한 건축물과 관련한 정보는 건축물대장 민간 개방 사이트를 통해 얻을 수 있다. 이 사이트에서는 월간 단위로 상가의 인허가 정보와 착공 정보 사용승인이 된 건축물 정보를 통해 지역별 상가와 공중 등 비주거 건축물의 정보를 손쉽게 얻을 수 있다.

상가의 실거래 정보도 국토부의 실거래가 개방 사이트를 통해 손쉽게 구할 수 있다. 다만 임대 정보를 제외한 매매 정보만 제공되고 있다. 임대료 정보는 민간 자산운용사나 부동산 관리회사 등에서 제공하는 민간 보고서를 참고하거나 한국부동산원의 임대동향 등을 참고하여 확인해야 한다. 민간에서도 임대료 정보는 쉽게 구하기 어려워, 부동산 매물이나 중개사들을 통해 개별적으로 확인하여 활용하는 수준에 그친다. 또는 활용하는 정도이다.

상권 분석에서는 상가의 입지와 물리적 정보 외에도 활용과 배후지 정보가 중요하다. 가장 중요한 거주인구 정보는 행정안전부에서 매달 연령대별 성별 주민등록 인구를 발표하고 있어서 활용이 가능하다. 직장인구의 경우에는 국민연금과 고용노동부에서 개방하는 직장인 정보를 많이 활용한다. 거주인구와 직장인구의 소득 수준도 연말정산 정보와 국민연금 납입액을 통해 추론할 수 있고, 거주자의 경우 부동산의 가격을 참고하여 대략의 자산 규모도 추정이 가능하다.

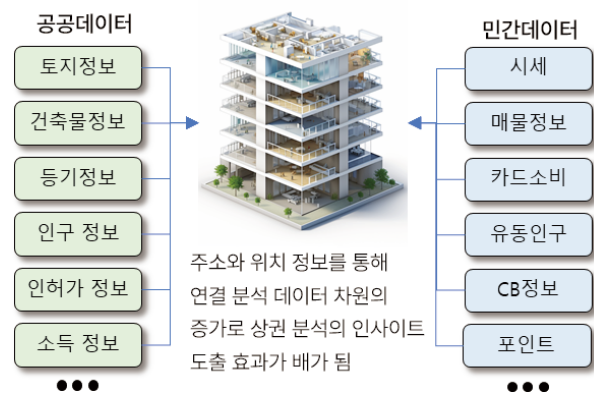
공공데이터는 대부분 행정동 단위로 비식별조치 즉 통계 정보로 제공하는 경우가 많기 때문에 상권 분석을 디테일하게 진행하기에는 한계가 있다. 따라서 많은 비용이 필요하지만 민간데이터를 활용하여 상권 분석의 정확도를 높일 필요가 있다.

민간데이터 중 가장 많이 활용되는 데이터는 단연 카드사의 가맹점 매출과 소비 데이터이다. 가장 정확한 소비 트렌드와 시장 규모를 확인할 수 있다. 두 번째는 거주인구와 직장인구만으로 확인이 안 되는 유동인구 정보를 제공하는 통신사 정보이다. 통신사는 통신사별로 다른 명칭으로 유동인구 정보를 제공하고 있고 집계 방식이 서로 상이하여 조금씩 차이가 있다. 그러나 관광지와 주요 상권 등에서는 직장인구와 거주인구만으로 해석이 불가능한 매출 정보 해석이 필요하기 때문에 유동인구 정보가 반드시 필요하다. 특히 민간데이터는 월단위가 아닌 시간대별·요일별 데이터도 세분화하여 제공하므로 상권의 시간적 분석도 가능하게 해준다.

신용평가사에서 제공하는 개인 신용평가 정보도 배후지 거주인구의 자산 규모와 소비 가능성을 측정하는 데 자주 활용된다. 신용평가 정보의 앞서 말한 민간데이터 사업자와 다른 큰 특징은 민간데이터는 일반적으로 독점 체제가 아니므로 전수가 아닌 일부 시장의 정보만을 제공하는 반면, 신용평가사는 법적으로 금융 소비자 전체 정보를 국가로부터 제공받기 때문에 공공데이터와 마찬가지로 전수 정보를 활용할 수 있다는 장점이 있다.

그 외 포인트 회사와 물류 회사 등에서 제공하는 상품 단위별 매출 정보도 더 정확한 분석을 위해 활용되기도 한다. 카드사의 매출 정보의 경우에는 개별 제품 단위가 아니라 전체 매출액만 알 수 있기 때문에 구체적으로 어떤 상품이나 서비스가 팔렸는지 알 수 없다. 이 정보는 기업의 내부 POS 시스템을 통해서만 확인할 수 있는데, 일부 포인트 회사의 경우에는 고객의 동의를 받아 정확한 매출 상품과 서비스 명칭까지 모두 확보하여 제공 가능한 경우가 있다.

〈그림 1〉 상권 분석에 사용하는 공공과 민간 데이터



III — 인공지능 기술

인공지능 기술은 인공지능망의 학습 방법이 개선되면서 뛰어난 성능으로 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그러나 기본적으로 과거 통계학에서 기계학습으로 이어지는 인공지능의 핵심은 학습하고자 하는 모델의 정의가 가장 중요한 역할을 한다. 상권 분석에서 인공지능의 역할은 아무래도 정확한 매출액을 추정해내는 데 있다. 정확한 매출액을 예측하기 위해서는 매출이 발생하는 원리를 바탕으로 최대한 상세히 데이터를 전달하고 의미 있는 변수와 관계를 인공지능이 학습하고 찾아내도록 해야 한다.

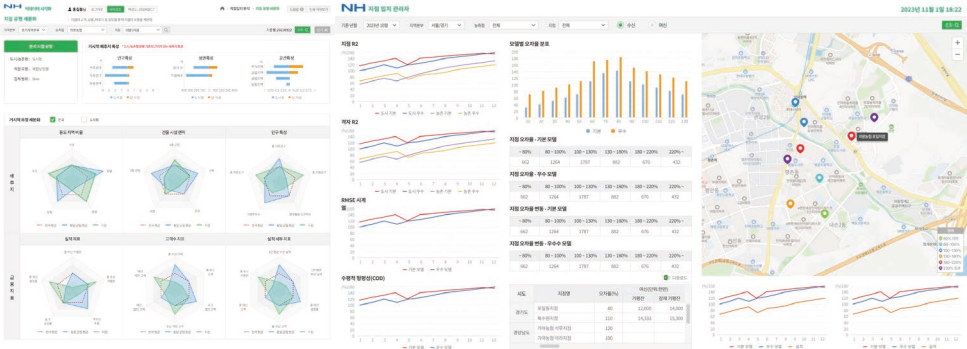
상권 분석에서는 다양한 관점의 분석이 이루어지고 있다. 가장 먼저 시작된 분석은 상권 단위 분석이다. 이는 2010년 이후 시장에 상권 분석 시스템이 다수 출시되면서 각각의 개별 매장 단위보다는 특정한 블록 단위의 매출 정보와 분석에 집중하는 방식을 취했다. 당시에는 데이터의 정교함도 부족하고 기술 수준도 부족하여 큰 블록 단위, 예를 들면 강남역 상권, 가로수길 상권과 같은 기준을 하나의 그룹으로 묶어 데이터를 조회하고 분석하는 방식을 사용했다.

시간이 지나면서 이러한 블록 단위를 골목상권 단위로 세분화하기 시작했고, 최근에는 이를 상가 단위에서 더 나아가 집합건물의 경우 호 단위까지 분석하고자 노력하고 있다. 그러나 아직까지 호 단위의 정보 체계는 제대로 갖추어지지 않았다. 호 단위로 분석하기 위해서는 정확하게 호의 위치를 설계도상 특정할 수 있어야 하는데 일반 건축물의 경우에는 호를 임의로 구분해 놓았기 때문에 이 정보를 확보하기가 매우 어렵다. 이러한 정보의 한계에도 불구하고 건물 단위의 상권 분석은 다양한 서비스가 출시되고 있어 시장의 발전 가능성을 예측해 볼 수 있다.

분석 단위가 아닌 학습에 참여할 데이터 면에서도 앞서 설명한 다양한 빅데이터의 개방으로 알고리즘에서 사용하는 변수가 빠르게 증가하고 있다. 물론 인공지능의 특성상 지속적인 데이터의 투입을 통해 학습 성능을 개선할 수 있을 뿐 아니라, 드랍아웃과 같은 과적합 방지 알고리즘을 통해 예측력도 향상할 수 있는 방법들이 존재한다.

그러나 인공지능의 예측력보다 더 중요한 부분이 상권 분석 전문가들과 알고리즘의 소통이다. 현재 실제 현장을 확인하고 점포를 개발 및 계약하는 주체는 당연히 사람이고 이들의 판단에 상권 분석 시스템은 보조적 역할만을 수행하기 때문에 아무리 정확한 예측을 해내더라도 사람을 설득하지 못하면 활용 가치가 현저히 떨어진다. 따라서 해석 가능한 인공지능 기술을 활용하기 위한 노력이 돋보인다. 최근에는 인코더와 같이 차원을 축소하여 유형을 제시하거나 학습 가중치를 분석하여 경쟁 강도를 제공하는 방식으로 복잡한 인공지능망 알고리즘과 데이터를 상권 분석 담당자가 이해하기 쉽도록 제공하는 노력들이 이루어지고 있다.

〈그림 2〉 AI 상권 분석 시스템 인터페이스(모델 이해를 위한 각종 차트 제공)



IV — 생성형 AI (LLM)

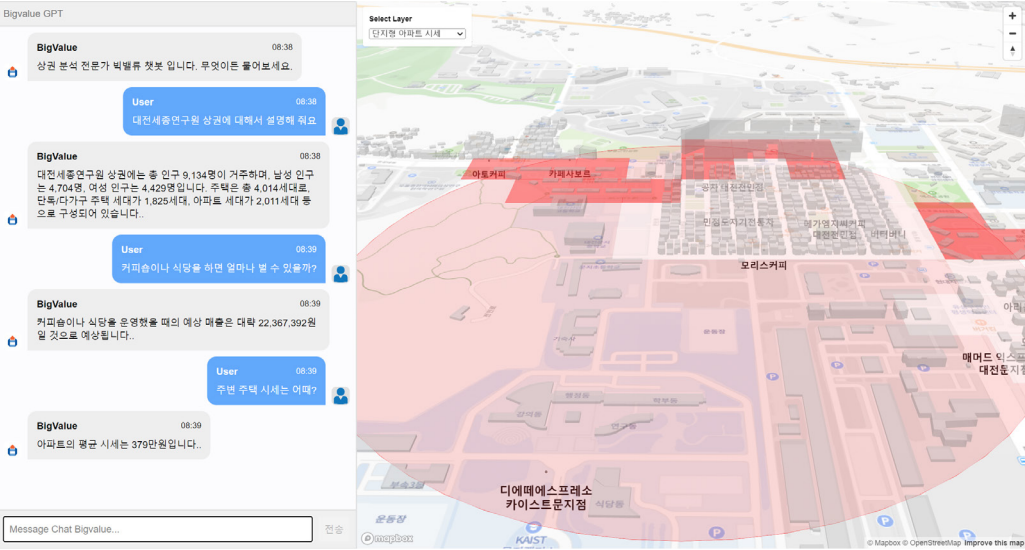
챗GPT 이후 초거대언어모델(Large Language Model)의 인기가 높아지고 있다. 디지털플랫폼정부위원회에서도 공공기관과 지자체의 LLM 활용을 적극적으로 지원하고 있다. 2017년 발표된 Transformer 알고리즘을 활용하여 거대 규모의 인공신경망을 학습시켜 만든 LLM은 초기에는 글을 수려하게 잘 작성하는 채팅 봇으로 대중에게 인식되고 확산되었다. 빠른 확산 속도만큼 다양한 기업과 개발자들의 LLM을 활용하기 위한 다양한 도전이 시작되었고 최근에는 텍스트 외에 이미지나 음성을 인식하고 생성하거나 프로그래밍을 통해 확장된 기능을 수행하는 등 빠르게 발전하고 있다.

아직 LLM을 활용한 상권 분석 시스템이 출시되지는 않았지만 시장에서는 다양한 실험들이 추진되고 있다. 최근 LLM은 학습 시점의 데이터만을 활용한다는 한계점을 극복하기 위해 프롬프트를 이용한 제로샷(Zero-Shot Learning), 원샷(One-Shot Learning) 학습을 적극적으로 활용하고 있다. 프롬프트를 통해 새로운 정보를 제공하고 이를 기존 사전학습 LLM이 이해하여 답변을 작성하게 만드는 검색 증강 생성 알고리즘(Retrieve-Augmented Generation)이 대표적이다. 데이터베이스를 포함한 각종 정보를 실시간으로 제공하여 설계하면 수시로 변하는 상권의 흐름을 정확하게 전달해 줄 수 있다.

챗GPT의 경우에는 데이터가 외부로 나가야 해서 내부 데이터를 활용하는 상권 분석 시스템의 경우 활용에 한계가 있다. 그러나 최근 메타에서 개방한 LLAMA2와 3는 상업적 목적의 사용이 허락된 오픈소스로 개방되어 누구나 내부망에 LLM을 구축하고 활용할 수 있게 되었다. LLAMA의 사전 학습 모델을 이용해 한글 활용 역량을 개선한 다양한 모델이 시장에 공개되고 있어 손쉽게 자체 LLM을 구현할 수 있다.

다양한 모델의 차이에도 불구하고 앞서 설명한 검색 증강 생성을 지원하는 Langchain 라이브러리가 오픈소스로 공개되어 있어서 상권 분석에서 LLM의 활용 기회는 무궁무진하게 늘어나고 있다.

〈그림 3〉 LLM을 이용한 상권 분석 시스템 인터페이스 (대화를 통해 상권을 이해한다.)



V — 공간 분석 기술

인공지능 기술이 뛰어난 학습 능력을 제공하더라도 활용하는 데이터가 어떻게 만들어지느냐에 따라 상당한 성능 차이가 나타날 수 밖에 없다. 특히나 상권 분석의 경우에는 공간 데이터를 어떻게 구성하느냐에 따라 성능 차이가 상당히 크게 나타난다. 가령 주변 거주인구나 직장인구의 상가 접근성을 표시하는 방식으로 단순히 직선거리를 사용하거나 도로 정보를 활용하여 걷는 길을 이용한 도달 시간을 제시할 수도 있으며, 도로의 경사를 활용해 접근성을 더 고도화할 수도 있다. 문제는 단순히 주소 혹은 좌표로만 정의된 공간 정보들을 어떻게 구조화하느냐의 문제를 넘어 전국단위 상권 분석에서는 데이터 처리 시간과 연산 문제로 확산된다.

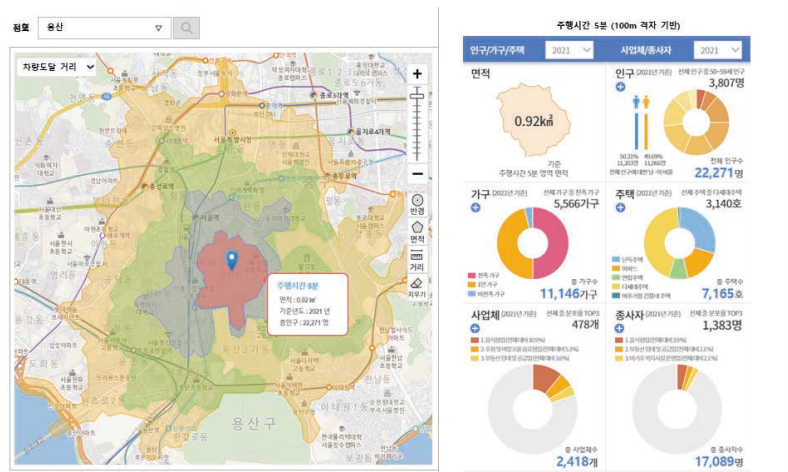
과거에는 공간 분석을 위해서는 고가의 GIS툴을 이용하여 특별한 스크립트를 활용해 분석해야 했다. 하지만 최근에는 오픈소스를 통해 GIS분석툴, 공간 연산, 지도정보와 지도 시각화 라이브러리

까지 전분야에 걸쳐 개방되어 있다. 특히 오픈소스 기반의 데이터베이스에서도 GIS 연산 기능을 대부분 탑재하여 빠른 공간 정보 검색과 연산이 가능하다.

공간 연산은 일반적으로 인공지능 학습 이전의 데이터 전처리에 해당한다. 따라서 전처리 전략에 따라 인공지능의 성능 차이가 발생할 수 밖에 없다. 대표적으로 배달업의 경우에는 인도보다는 오토바이나 차를 이용한 도로의 접근성이 배달권역을 결정하는 중요한 요인이 된다. 반대로 커피숍과 같이 매장 방문이 주요 매출인 경우에는 접근성을 데이터화하기 위해서 걷는 길을 연산해야 하며 경사와 자동차 전용도로 등의 정보가 반영되어야 한다. 특히 유동인구의 이동 흐름을 파악하여 트래픽을 이해하거나 아파트의 경우에도 단지 출입구를 중심으로 동선 분석이 세세하게 필요한 경우도 있다.

다양한 데이터 전처리 과정은 결국 분석 대상이 전국인지 지역인지에 따라서 관련 정보(도로 상세 정보, 출입구, 유동인구 동선 등)를 확보 가능한가 여부에 따라 결정된다. 또한 전처리 과정이므로 연산 가능한 자원과 연산 시간 등을 종합적으로 고려해서 설계되어야 한다. 분석하고자 하는 브랜드의 매출 방식과 소비자의 소비 방식 등을 종합적으로 고려해야 한다.

〈그림 4〉 상권 분석 시스템의 접근성 분석 인터페이스



VI — 한계점

모든 환경과 기술은 인공지능 기반 상권 분석이 가능한 수준으로 빠르게 성장하고 있다. 그러나 현장에서 실제 상권 분석 서비스를 제공하다보면 아직 많은 한계가 존재한다. 대부분의 문제는 인공지능 기술과 공간분석 기술보다는 시장에서 확보 가능한 데이터의 한계에서 발생한다.

상권 분석은 데이터 기반 의사결정이 확산되지 않은 시장이다. 일부 대기업을 중심으로 직영 점포와 가맹점 관리를 목적으로 활용하고 있고, 이마저도 기업별로 폐쇄적인 환경을 구축하고 있다. 따라서 데이터 공급자 입장에서 상권 분석 수요에 맞춘 데이터 생산 체계가 구축되지 않고 있다. 상권 분석에서 데이터가 가지는 한계점 몇 가지를 제시하고자 한다.

첫 번째는 상가의 임대료 정보이다. 우선 상가의 경우에는 매매 실거래만 개방되고 있다. 그러나 가장 중요한 임대 실거래 정보와 권리금 거래 정보는 공개되지 않고 있다. 임대료는 상권 입지를 선택하는 데 매우 중요한 정보이다. 임대료 정보를 충분한 수준으로 확보한 민간 기관도 없어서 민간 데이터 확보도 어려운 실정이다.

두 번째는 상가 도면 정보이다. 상가는 같은 건물 같은 층에 있더라도 위치에 따라서 접근성에 많은 차이가 발생한다. 그러나 현재 건축물대장 정보에는 동층호에 대한 정보만 제공되고 각 호의 정확한 위치를 추정할 수 없다. 정확한 호별 위치를 파악하기 위해서는 현장에 직접 방문하여 도면 정보나 위치 정보를 확인해야 하는 한계가 존재한다.

세 번째는 유동인구의 정밀도 수준이다. 현재 유동인구는 블록 단위(건물 10개 정도 포함)의 유동인구 집계 방식이 가장 대중화되어 있다. 최근에는 50m x 50m 단위의 격자 정보로도 유동인구 정보를 공급하고 있다. 그러나 실제 유동인구 정보는 GPS와 같은 정교한 위치 정보를 수집하는 방식이 아니고 통신사 기지국과의 통신 정보를 바탕으로 수집되고 집계된다. 기지국을 통한 정보는 기본적으로 위치의 정밀도에서 차이가 발생한다. 통신사는 불확실한 위치정보를 다른 정보들과 결합하여 추정하는 방식으로 정밀도를 높이고 있으나 오차가 발생할 수 밖에 없다. 최근에 편의점과 같이 매우 작은 점주권을 대상으로 영업하는 매장들은 1m x 1m 수준의 정교한 격자와 유동인구 정보가 필요하다는 의견을 내기도 한다. 그러나 현재의 기술로는 정교한 위치 정보를 전국적으로 모으기에는 어려운 현실이다.

네 번째는 매출 정보의 개별 항목을 파악하기 어렵다. 가장 많이 활용하는 매출 정보는 카드사의 정보이다. 카드사 정보는 각 매장의 전체 매출액만 표시된다. 그러나 최근 지역 상권은 다품종 판매가 이루어지는 브랜드들이 소형 업종들을 통합해나가고 있다. 물론 해당 기업의 내부 POS시스템의 경우에는 제품별로 정확한 판매 내역을 알 수 있지만 외부에서는 이를 파악하기 어렵다. 많은 기업들이 포인트 제도 등을 통해 정확한 매출 내역을 파악하기 위해 노력하고 있지만 충분한 모수를 확

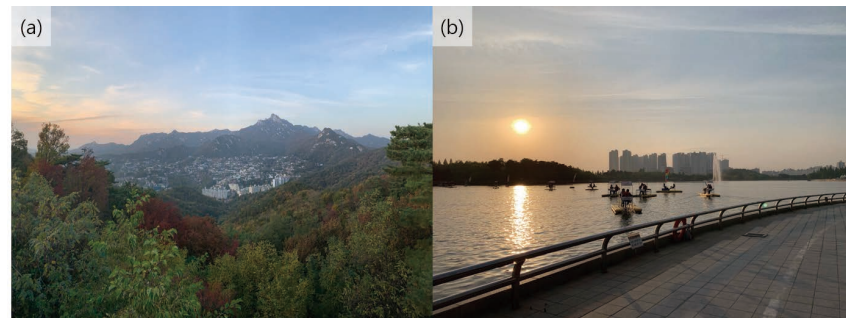
도시 생태계 서비스의 평가 및 관리를 위한 인공지능의 활용

임원택 / 국민대학교 산학협력단 연구교수

I — 서론

도시는 인간이 만든 인공 구조물과 다양한 자연 요소들이 상호작용하는 특유의 생태계를 구성하고 있다. 이러한 도시의 구성요소는 도시 기능의 지원 측면에서 그레이 인프라스트럭처(Grey Infrastructure), 그린 인프라스트럭처(Green Infrastructure), 블루 인프라스트럭처(Blue Infrastructure)로 구분할 수 있다<그림 1>. 그레이 인프라스트럭처는 도시의 경제적 활동과 주민의 일상생활을 지원하는 필수 구성요소로서 주로 인공적으로 제작된 구조물이 포함되며, 사회와 경제, 산업, 거주 등을 지원하기 위한 기반시설을 포함한다. 그린 인프라스트럭처와 블루 인프라스트럭처는 자연적 요소와 생태계 서비스를 활용하여 도시의 환경적 지속 가능성을 높이는 데 중점을 두며, 도시 생활의 질을 향상하는 데 중요한 역할을 한다. 그린 인프라스트럭처에는 공원, 정원, 녹지 연결로 등의 녹지 공간과 옥상 및 벽면 녹화 공간이 포함되며, 열섬 효과 완화, 공기질 개선, 생물 다양성 증진, 수자원관리, 레크리에이션 등의 기능을 지원한다. 블루 인프라스트럭처는 강, 호수, 운하, 인공수로 등 도시 내의 수자원과 관련된 공간을 포함하며, 수질 관리, 수자원의 지속 가능성, 홍수 조절, 레크리에이션 등의 기능을 지원한다.

<그림 1> 도시의 그린-블루 인프라스트럭처: 서울시 북한산(a)과 고양시 일산호수공원(b)



하지만 그린-블루 인프라스트럭처는 긍정적인 면만 있는 것이 아니다. 그린-블루 인프라스트럭처는 도시에 필요한 자원과 서비스를 지원하는 공간이면서 다양한 야생동물이 서식하는 공간이고, 때로는 야생동물의 주거지 유입으로 인해 인간과의 갈등을 유발한다. 예를 들어 도심 출몰, 로드킬, 정원 및 농작물 피해 등이 있으며, 심지어 간혹 인명피해가 발생하기도 한다. 이에 대한 피해를 관리하고 조기경보 시스템을 구축하기 위해 그들의 생활사에 대한 충분한 이해가 필요하지만, 이를 위한 자료 수집은 아직 초기 단계이다.

현대 도시 계획에서는 이 세 가지 인프라스트럭처 유형이 상호보완적으로 작용하도록 계획하는 것이 중요하며, 각 인프라스트럭처가 도시 환경에 미치는 영향, 서비스 유형, 관리와 보존의 필요성을 종합적으로 고려해야 한다(Rouse et al., 2013). 다시 말하자면, 그레이 인프라스트럭처에 의해 도시가 직면할 수 있는 환경적 또는 사회적 문제를 효과적으로 해결하는 방안을 강구하기 위해 그린-블루 인프라스트럭처의 적절한 활용을 고려해야 한다. 하지만 이에 대한 설계 및 관리 방안의 효과를 분석하기는 쉽지 않다. 도시의 그린-블루 인프라스트럭처는 도심 곳곳에 산재되어 있어 기존의 조사 방법인 현장조사나 원격탐사를 통해 모니터링하고 평가하는 것은 매우 어려운 일이다. 효과적인 그린-블루 인프라스트럭처의 계획과 관리를 위해 이를 효율적으로 모니터링하고 분석하는 방안이 필요하다.

따라서 도시의 효과적인 그린-블루 인프라스트럭처의 계획과 관리를 위해 도시 생태계 서비스의 정량적 평가가 필요하며, 이를 위한 정밀한 모니터링 체계가 필요하다. 하지만 지금까지의 모니터링 방법인 현장조사만으로 이에 대응하기에는 시간과 비용 측면에서 비효율적이다. 인공지능 기술이 이에 대한 해결책이 될 수 있다. 최근 인공지능 기술은 이미지, 동영상, 음향 등의 분석이 어려운 비정형 자료에서 분석이 쉬운 정형자료를 추출하는 데 사용되고 있다. 기존 생태계 조사에서 이미지, 동영상, 음향 등의 자료는 전문가의 판독을 통해 정형자료로 가공되었지만, 인공지능 기술을 활용하여 판독을 자동화할 수 있다. 즉, 비교적 자동으로 취득할 수 있는 이미지, 동영상, 음향 등의 자료가 갱신됨에 따라 도시의 그린-블루 인프라스트럭처의 정량적 평가도 갱신할 수 있는 것이다. 이 글에서는 생태계 및 그린-블루 인프라스트럭처 모니터링에 인공지능 기술이 어떻게 접목되고 있는지 살펴보고 국내 도시의 적용 방향에 관해 이야기한다.

II — 인공지능 기술을 활용한 도시 그린 인프라스트럭처 모니터링

01 그린 인프라스트럭처의 생태계 서비스

최근 인구 활동의 증대와 기후변화로 인해 미세먼지, 대기오염, 열섬 등의 도시 환경 문제가 대두됨에 따라 그린 인프라스트럭처의 생태계 서비스에 관한 관심이 높아지고 있다. 도시의 수목은 그늘을 만들어 지표면의 가열을 막아주고 광합성을 통한 태양광 흡수 및 증산작용으로 자연적인 냉각 효과를 발생시킬 수 있다. 이와 함께, 수목은 다른 인공구조물보다 빛(또는 열)에 대한 반사율이 높기 때문에 도시의 태양 에너지 흡수량을 감소시킬 수 있다. 더불어 수목의 잎은 질소산화물(NOx), 황산화물(SOx), 일산화탄소(CO) 등의 대기 중 오염물질을 흡수하고 잎과 줄기의 표면에 미세먼지를 흡착시켜 대기 중 미세먼지를 저감시킴으로써 공기 질을 개선한다. 이렇듯 그린 인프라스트럭처의 생태계 서비스는 수목의 생리작용과 밀접한 관련이 있다. 하지만 기후변화로 인한 폭염과 가뭄 빈도의 증가는 수목의 생리작용에 교란을 일으키며, 그린 인프라스트럭처의 생태계 서비스는 미래의 변화에 대한 불확실성을 가지고 있다. 이러한 불확실성을 해소하고 생태계 서비스 기능의 유지를 위해서는 도시 수목에 대한 모니터링과 함께 지속적인 관리가 필요하다.

우리나라는 그린 인프라스트럭처의 효율적인 관리를 모색하기 위해 2021년 “도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률”을 시행하였고, 도시숲과 생활숲, 가로수 등의 조성과 관리에 대한 국가 또는 지방자치단체의 의무를 명시하고 있다. 그리고 동법에 의해 산림청은 도시숲 등의 현황 자료를 수집 및 분석하여 도시숲 등의 효율적인 조성 및 관리를 위한 통계자료를 생산하고 관리해야 한다. 하지만 도시숲의 면적에 대한 양적 지표만을 제공하고 있으며, 도시 그린 인프라스트럭처의 생태계 서비스를 세부적으로 보여주기 위한 가로수 현황, 수관층 정보 등의 질적 지표는 아직 부족한 실정이다. 이를 보완하기 위한 데이터와 인공지능 활용 방법을 살펴본다.

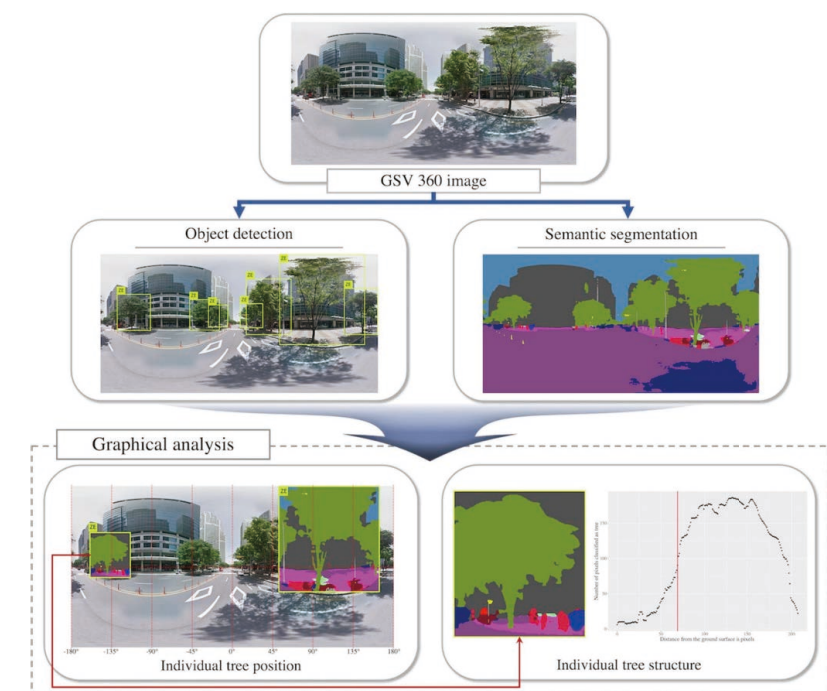
02 인공지능 기반 도시 가로수 모니터링

가로수란 도로 양쪽 또는 중앙에 심는 수목으로 도시 그린 인프라스트럭처에서 많은 부분을 차지하는 요소이다. 도시의 미관을 개선하고 녹색 공간을 제공하여 도시 주민의 심리적 안정과 생활 스트레스 해소에 도움을 준다. 또한 광합성을 비롯한 생리활동을 통해 공기 질을 개선하고 열섬 효과를 완화하기도 한다. 이러한 중요성에도 불구하고 이를 체계적으로 조사하는 방법은 부족한 실정이다. 하지만 현장 전수조사를 통해 모든 도시 가로수에 대한 정보를 얻는 것은 매우 어려운 일이다. 다행히 우리는 도로를 따라 구축된 영상자료에 쉽게 접근할 수 있다. 바로 온라인 지도 서비스에서 제공하는 스트리트뷰 360도 영상이다. 이 서비스는 도시 대부분의 도로 영상을 제공하므로 누락 없이 가로

수의 정보를 추출할 수 있고, 과거 영상을 제공하는 경우 과거의 상태에 대한 평가도 가능하다. 또한 영상이 갱신됨에 따라 가로수 정보를 갱신할 수 있다.

여기에서 소개하는 가로수 모니터링 연구 사례(Choi et al., 2022)는 Google 지도 서비스의 스트리트뷰 360도 영상을 활용했다. 이 연구에서는 인공지능 알고리즘을 활용하여 서울시의 가로수를 탐지하고 수종, 위치 등을 포함한 수목의 정보를 추출하는 방법을 소개한다(그림 2). 수목의 탐지와 수종의 분류는 대중적인 인공지능 탐지 알고리즘인 YOLOv3(You Only Look Once v3)를 이용하였다. YOLOv3는 당시 빠른 속도와 높은 정확도로 큰 관심을 끌었다. 가로수를 탐지한 후 인공지능 기반 Semantic segmentation 알고리즘인 Panoptic-DeepLab framework를 이용하여 가로수의 형태를 인식하였다. 그다음 영상의 메타 정보에서 카메라의 높이, 정북방향과 GPS 위치 정보를 추출하고 카메라의 높이 정보에 기반을 둔 삼각도법을 통해 가로수의 위치와 수고, 흉고직경, 지하고, 수관폭 등의 세부 정보를 추출하였다.

〈그림 2〉 인공지능 기술과 구글지도 스트리트뷰 360도 영상을 이용한 도시 가로수 맵핑 방법



자료: Choi et al. (2022)

앞에서 소개한 인공지능 활용 방법은 스트리트뷰 360도 영상으로부터 도시 가로수 정보의 추출을 자동화하는 방법을 담고 있다. 영상만 제공된다면 도시 그린 인프라스트럭처 계획과 관리에 필요한 정보를 손쉽게 획득할 수 있다. 이 방법은 연구에서 활용한 Google 지도 서비스의 스트리트뷰 360도 영상뿐만 아니라 국내 지도 서비스에서 제공하는 360도 영상(카카오맵의 로드뷰, 네이버지도의 거리뷰)도 활용할 수 있다. 기업과 공공기관이 협력한다면 가로수 모니터링의 발전은 더욱 빨라질 수 있다.

하지만 지도 서비스에서 제공하는 360도 영상은 1년 이상의 간격으로 자료를 수집한다. 만약 더 자주 영상을 획득하는 방법이 있다면 수목의 건강 변화에 대한 정보도 수집할 수 있다. 가로수의 병해충 감염 또는 양분 부족에 의한 잎의 변색은 도시의 미관을 해칠 뿐만 아니라 공기 질 개선, 열섬 효과 완화와 같은 생태계 서비스에도 악영향을 줄 수 있다. 따라서 도시 미관과 생태계 서비스 유지 관리를 위해서는 가로수의 건강 변화를 초기에 발견하는 것이 중요하다. 이에 대한 방법으로 시내버스를 활용할 수 있을 것으로 보인다. 시내버스는 매일 정해진 길로 다니며, 버스에 영상 수집장치를 설치하면 큰 어려움 없이 영상자료를 습득할 수 있다. 소수의 버스에 자료 수집장치를 설치한다면 일 주기의 모니터링도 가능할 것으로 예상된다.

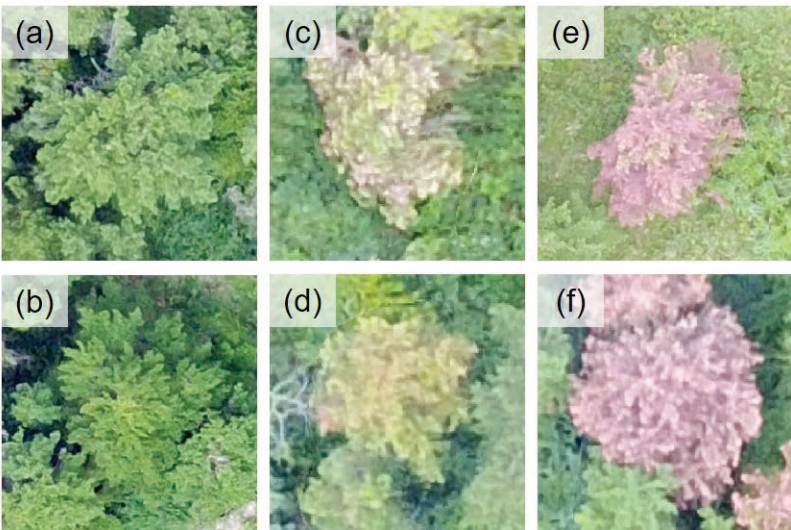
03 무인항공기와 인공지능 기술을 활용한 도시숲 모니터링

그린 인프라스트럭처 중에서 도시숲은 면적으로 넓게 조성되어 있어 모니터링이 쉽지 않다. 주로 산림이 이에 해당하며, 국내 도시숲의 생태계서비스 비중은 매우 높다. 그러나 산림병해충은 도시숲의 미관을 해치고 산림의 생태계 서비스에 항상 위협을 주고 있다. 특히 무역의 증가로 외래 병해충의 유입이 빈번해지고 있으며, 기후변화로 생물 상호작용의 변화, 곤충의 서식지 변화 등에 의해서도 산림병해충의 위험은 더 커질 수 있다(Sturrock et al., 2011; Ikegami and Jenkins, 2018). 현재 우리나라에서 소나무 에이즈로 불리며 극심한 피해를 발생시키고 있는 소나무재선충병도 무역을 통해 1982년에 국내로 유입된 산림병해충이다. 검역단계에서 이러한 병해충의 유입이 차단되면 좋겠지만 지금의 무역량과 그 증가량을 보았을 때 전수조사가 불가능하다. 그리고 기후변화로 인한 평균 기온의 증가는 새로운 산림병해충의 국내 유입과 정착 가능성을 높여주기 때문에 앞으로 제 2의 소나무재선충병은 얼마든지 발생할 수 있다.

이러한 산림병해충은 주변으로 확산하는 특성이 있어 피해를 줄이려면 조기에 탐지하여 방제하는 것이 매우 중요하다. 일반적으로 산림병해충 피해목은 활력이 낮아지면서 수관(또는 잎)의 변색이 나타나며, 이러한 변색을 확인하여 병해충 감염 의심목을 찾는다<그림 3>. 하지만 도시숲은 일반적으로 그 규모가 매우 크고 접근성이 낮아 정밀한 병해충 예찰을 진행하기 쉽지 않고, 사람의 시각에서 수관 위로 나타나는 변화를 찾기 쉽지 않다. 최근 산업 및 대중의 큰 관심을 받는 무인항공기는 도

시숲의 병해충을 예찰하는데 좋은 수단이 될 수 있다. 접근이 어려운 장소에 무인항공기를 활용하여 수관 상부의 상태를 확인할 수 있으며, 소형화된 센서를 함께 활용하여 상세한 정보를 쉽게 획득할 수 있다(임원택, 2016). 특히 관심대상에 근접하여 고해상도 영상자료를 얻을 수 있고, 일반 카메라를 활용하더라도 자동화된 영상측량(Photogrammetry) 소프트웨어를 통해 3차원 공간정보를 획득할 수 있다(Lim et al., 2022).

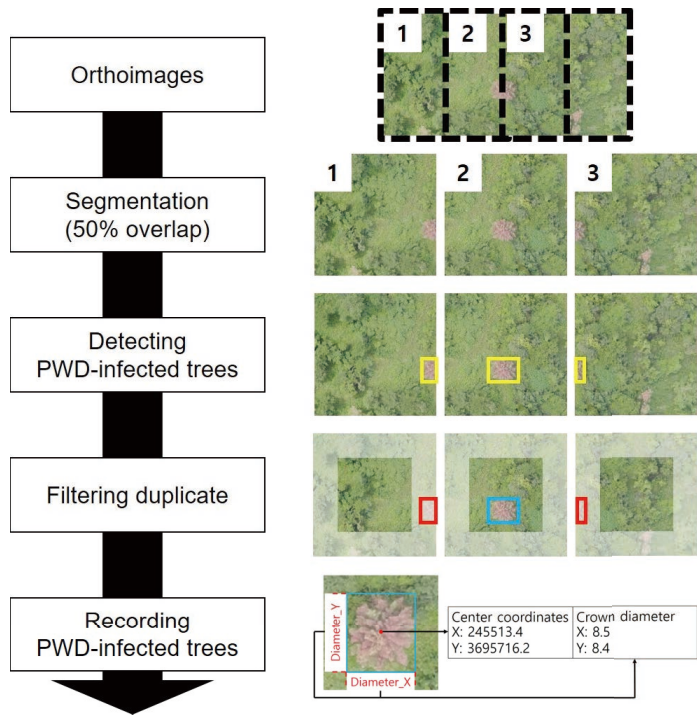
<그림 3> 무인항공기로 촬영한 건강한 소나무(a, b)와 소나무재선충 감염 의심목(c, d, e, f): 소나무재선충 감염 의심목은 수관변색 단계(c, d)와 고사 단계(e, f)로 구분



자료: Lim et al. (2022)

무인항공기를 통해 얻을 수 있는 자료는 대부분 비정형 자료로 기존의 통계 분석 방법만으로 의미있는 정보를 추출하는 것은 불가능하다. 식별 가능한 수준의 높은 공간해상도 영상이라도 통계 분석만으로 의미 있는 정보를 추출하려면 사람의 판독 과정을 통해 정형 자료로 가공하는 과정이 필요했다. 이러한 과정을 위해 많은 인력을 동원하여 수작업으로 처리하는 것은 비효율적이다. 인공지능 기술을 활용하여 이러한 작업의 효율성을 개선하는 연구가 진행 중이다. 인공지능 기반 객체 탐지(Object detection) 알고리즘은 무인항공기 영상에서 병해충 감염이 의심되는 변색된 수관을 쉽게 탐지할 수 있다(Lim et al., 2022; 그림 4). 이를 통해 도시숲 내에 발생한 병해충 감염 의심목 위치를 기존의 예찰 방법보다 빠르고 정확하게 확인할 수 있다. 더 적은 노력으로 정밀한 도시숲의 병해충 예찰을 진행할 수 있다.

〈그림 4〉 인공지능 기술을 이용한 소나무재선충 감염 의심목 탐지 및 정보 추출 방법



자료: Lim et al. (2022)

앞에서 언급한 바와 같이 요즘은 상업용 무인항공기에 다양한 센서를 장착할 수 있다. 다중 분광 센서를 활용할 경우 식생의 건강성 평가에 활용하는 정규화식생지수(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)로 도시숲 수목의 건강성을 과학적인 방법으로 평가하고, 인공지능 기술을 활용하여 건강성 평가를 자동화할 수 있다. 인공지능 탐지모델과 함께 이용할 경우 도시숲의 전반적인 건강성 평가와 이상이 의심되는 지역 탐지에 활용할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 최근 공급의 증가로 가격이 낮아지고 있는 LiDAR도 활용할 수 있다. LiDAR는 레이저 거리측정 방법인 공간을 3차원 스캐닝하는 센서로 수관에 대한 투과성이 있어 도시숲의 3차원 공간정보를 구축할 수 있다. 이러한 3차원 공간정보도 인공지능 기술을 이용하여 자료의 가공과 분석에 용이한 정형자료 형태로 가공하기 위한 연구가 진행 중이다. 다양한 센서를 활용하여 도시숲의 상세한 수관층 정보를 획득할 수 있으며, 이를 활용하여 도시숲이 제공하는 기온 조절, 이산화탄소 흡수 및 산소 공급, 오염물질 흡수 등의 생태계 서비스를 정밀하게 평가하는 데 활용할 수 있다.

III — 인공지능 기술을 활용한 도시 야생동물 모니터링

01 도시 환경과 야생동물 서식

우리나라는 녹화사업에 성공한 유일한 국가이며, 이를 통해 야생동물의 서식 환경이 개선되었다. 이는 도시숲도 마찬가지이며, 도시에 공원이 증가하면서 야생동물의 서식 환경이 개선되었다. 많은 야생동물이 도시 환경에 적응하여 서식하고 있다. 참새, 박새, 붉은머리오목눈이 등의 소형 조류는 도시의 공원과 가로수와 같은 그린 인프라스트럭처를 중심으로 서식하고 있고, 청둥오리, 원앙, 백로, 왜가리 등의 물새들은 도시의 하천, 연못, 호수와 같은 블루 인프라스트럭처를 중심으로 서식하고 있다(그림 5). 그리고 도시숲에는 족제비, 멧돼지, 고라니 등의 다양한 포유류도 서식한다(그림 6). 생태계의 건전성이 높을수록 더 다양한 동물이 살 수 있으며, 야생동물의 서식 현황은 생태계의 건전성을 평가하는 지표로 활용될 수 있다(Carignan and Villard, 2001; Rovero et al., 2014).

〈그림 5〉 도시에서 서식하는 야생 조류: 참새(a, 서울 국민대학교), 박새(b, 서울 국민대학교), 왜가리(c, 고양 덕수공원), 새호리기(d, 서울 국민대학교 인근), 새매(e, 서울 북한산), 저어새(f, 인천 송도)



〈그림 6〉 도시에 서식하는 야생 포유류: 멧돼지(a)와 고라니(b)



이러한 동물의 서식은 도시 생태계의 건전성을 대변하는 평가지표로 이용되기도 하지만 서식공간 및 먹이자원 부족 등의 이유로 도시에 출몰하여 인간과 갈등을 유발하기도 한다. 특히 크기가 큰 멧돼지나 고라니, 노루 등은 거주지에 출몰하여 재산피해나 인명피해를 유발하고 도로에 출몰하여 로드킬 사고가 발생하기도 한다. 그리고 너구리 등 개과 동물은 인수공통감염병인 광견병을 사람에게 전파할 수 있어 공중보건에 위협을 준다. 또한 멧돼지는 아프리카돼지열병(African Swine Fever, ASF), 멧돼지와 사슴류 등의 우제류는 구제역, 철새는 조류 인플루엔자를 가축에게 전파하여 가축방역에 위협을 준다.

야생동물뿐만 아니라 최근에는 유기된 반려동물도 비슷한 문제를 발생시키고 있다. 야생화된 반려견은 무리를 이루며 야생동물과 사람에게 위협을 주고 있고 야생화된 고양이들은 작은 소형동물에게 위협을 주고 있다. 특히 최근 반려동물로 수입된 라쿤 등의 외래생물도 도시를 중심으로 탈출 또는 유기 사례가 보고되면서 도시 생태계에 서식하는 토착종들에게 위협을 줄 가능성이 있기에 환경부에서는 생태계위해우려 생물로 지정하고 관리하고 있다. 이러한 유기된 반려동물도 인수공통감염병의 중간 매개자가 될 수 있어, 그들의 밀도가 높아지면 공중보건의 위협이 커질 수 있다. 특히 사람에게 대한 친밀도가 다른 동물보다 높기에 이러한 위험은 더 커질 수 있다.

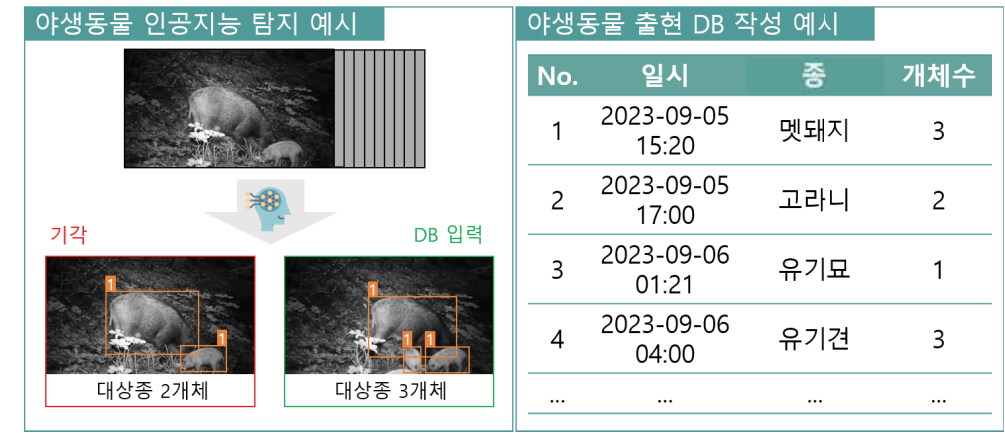
야생동물 및 유기동물과의 갈등과 위협을 줄이기 위해 그들의 행동특성에 기반을 둔 관리 방법이 필요하며, 효과적인 관리방법을 수립하기 위해 그들의 행동양상에 대한 높은 이해가 요구된다. 하지만 이들의 행동을 이해하는 데 필요한 세부적인 정보를 수집하는 것은 매우 제한적이다. 동물은 이동성이 높고 후각과 청각 등의 감각이 뛰어나 사람을 먼 거리에서 탐지하고 피하는 경향이 있다. 이러한 이유로 야생동물, 특히 포유류의 조사는 관찰조사보다 흔적조사 위주로 진행되고 있어 서식지 이용 특성에 대해 제한적인 정보만 수집하고 있고, 개체군 크기에 대한 정보를 획득하는 것은 매우 어려운 일이다. 이를 극복하기 위해 야생동물에 대한 비침습적 조사 방법이 필요하며, 비침습적 야생동물 또는 유기동물의 모니터링을 위한 자료 수집 방법과 인공지능의 활용 사례를 알아본다.

02 무인센서카메라와 인공지능 기술을 활용한 야생동물 모니터링

무인센서카메라는 오랜 기간 야생동물의 모니터링을 위해 활용한 장비이다. 적외선 센서로 열원의 움직임을 탐지하고 영상을 촬영함으로써 설치한 지역에 방문한 야생동물의 정보를 자동으로 수집한다. 과거에는 배터리의 교환과 자료의 회수를 위해 주기적으로 설치된 장소에 방문해야 했지만, 최근에는 태양광 패널을 이용하여 전력을 공급하고 통신망을 이용하여 자료 회수를 자동화하고 있다. 그러나 수집된 영상을 확인하고 판독하는 것은 여전히 전문가의 판독에 의존하고 있어 다량의 정보를 처리하는 데 어려움을 겪고 있다.

인공지능 기술을 이용하여 무인센서카메라 영상의 판독을 자동화할 수 있으며, 영상에서 출연한 동물을 탐지하고 종을 분류할 수 있다(김경태 등, 2023). 그뿐만 아니라 일부 연구에서는 동영상과 일로부터 출연한 대상종의 개체수에 대한 정보도 추출하기 위한 연구를 진행하고 있다(Norouzzadeh et al., 2018). 이러한 기술을 이용하여 도시 야생동물 및 외래생물 유입 현황 모니터링을 위한 자료 수집과 판독, 분석 등의 모든 과정을 자동화할 수 있으며, 도시생태계 및 정책 연구 그룹에서 필요로 하는 도시 야생동물 현황 및 외래생물 유입 현황 정보를 신속하게 제공할 수 있는 기반을 만들 수 있다(그림 7). 그리고 야생동물 탐지모델의 신뢰성이 개선됨에 따라 자료의 수집과 분석, 정보 전달을 자동화하기 위한 도시 야생동물 모니터링을 위한 IoT 시스템에 적용할 수 있을 것으로 기대된다. 도시 야생동물 모니터링을 위한 IoT 시스템이 개발될 경우 거주지역 및 도시공원에서 신속한 야생동물 출현 주의 경보가 가능하고 외래생물의 유입 초기에 탐지하여 유관기관에서 신속하게 통보할 수 있을 것으로 예상된다.

〈그림 7〉 인공지능 탐지모델을 이용한 무인센서카메라 자료 판독 예시



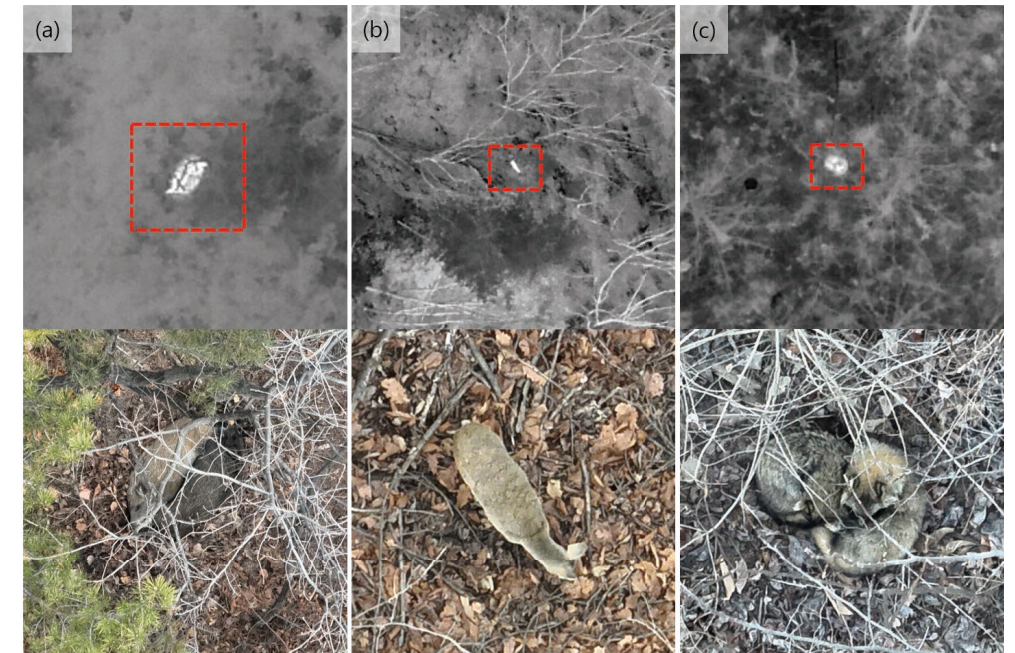
자료: 국민대학교 내부연구자료

하지만 무인센서카메라와 인공지능 기술을 융합한 연구에서는 특정 지역에서 특정 야생동물만 대상으로 인공지능 탐지모델을 개발한 경우가 많다. 이러한 인공지능 탐지모델은 범용성이 낮아 다른 지역 또는 다른 종을 대상으로 한 모니터링에 적용하기 어렵다. 다른 지역 또는 다양한 대상종을 탐지할 수 있는 범용적인 탐지모델을 만든다면 향후 다른 지역에서도 야생동물과 유기된 애완동물(외래생물 포함)을 모니터링하는 데 활용할 수 있을 것이다. 특히 애완동물의 탈출 또는 유기로 인한 외래생물의 도시 생태계로 유입 탐지와 희귀종의 출현 탐지를 위해서는 범용적인 야생동물 탐지모델 활용이 필수적이다. 이를 위한 범용적인 야생동물 탐지모델을 만들려면 다양한 종을 대상으로 다수의 지역에서 수집된 방대한 자료가 필요하고 이에 대한 전문가의 라벨링 작업이 필요하다. 이는 특정 지자체 또는 기관의 노력만으로 쉽지 않은 일이다. 기존의 다양한 연구를 통해 확보되어 있는 다수의 자료 통합하여 활용할 수 있는 방안을 마련한다면 야생동물의 생물상에 기반을 둔 도시 생태계 평가와 야생동물에 의한 갈등을 해결하는 데 기여할 수 있을 것이다.

03 열화상카메라·무인항공기와 인공지능을 활용한 야생동물 모니터링

최근 무인항공기와 열화상카메라의 보급이 촉진됨에 따라 무인항공기와 열화상카메라를 이용한 야생동물 모니터링이 시도되고 있다. 이 방법은 소형 무인항공기를 이용하여 먼 거리에서 모니터링할 수 있기에 조사활동으로 인해 야생동물에게 미치는 영향이 직접 조사하는 것보다 크게 감소시키는 방법으로 평가된다. 과거에는 야생동물이 먼저 사람을 감지하고 피하기 때문에 야생동물의 행동을 직접 관찰하는 것은 매우 어려운 일이었지만, 최근에는 무인항공기와 열화상카메라를 이용하여 사람의 영향을 줄이고 야생동물의 행동을 실시간으로 관찰할 수 있게 되었다(그림 8). 열화상 영상을 통해 생물종을 분류하거나 생물종의 성장단계 또는 크기를 측정하는 연구가 진행되고 있고(Larsen et al., 2023), 샘플링 조사기법을 적용하여 개체군의 크기를 추정하는 연구도 진행 중이다(Beaver et al., 2020). 국내에서도 도시에 출몰하는 멧돼지의 개체군 조사와 아프리카돼지열병 확산 등 멧돼지를 대상으로 한 야생동물 연구에 무인항공기와 열화상카메라를 활용되고 있다(Kim et al., 2021).

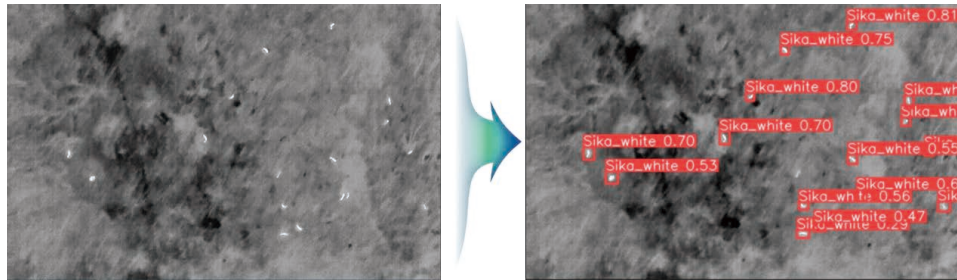
〈그림 8〉 무인항공기와 열화상카메라를 이용한 도시 야생동물 모니터링 예시
: 서울시 북한산에 서식하는 멧돼지(a)와 고라니(b), 너구리(c)



자료: 국민대학교 내부연구자료

하지만 분석을 위한 정보를 추출하는 작업은 앞에서 이야기한 무인센서카메라와 마찬가지로 대부분 전문가의 판독을 통해 진행된다. 작업에 적합한 인력의 수는 제한적이고 작업 시간도 많이 필요로 하는 어려움을 해결하기 위해 인공지능 기술을 적용하여 촬영한 영상으로부터 유용한 정보를 추출하는 연구가 시도되고 있다. 이러한 기술이 실용화된다면 부담없이 더 넓은 지역을 대상으로 야생동물 모니터링을 진행할 수 있을 것으로 생각된다(그림 9). 이렇게 수집 정보를 통해 파악된 도시에 서식하고 있는 야생동물 현황과 외래생물 유입 현황은 도시 생태계의 평가 또는 야생동물과의 갈등을 해결하기 위한 관리 및 정책의 근거자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

〈그림 9〉무인항공기 열화상 영상자료와 인공지능을 이용한 외래사슴류 개체수 산정 예시



자료: 국민대학교 내부연구자료

IV — 도시 생태계 관리의 미래

과거의 생태계 모니터링은 전문가 중심의 현장조사 또는 영상 판독을 통해 진행되었다. 전문가를 통해 검증된 양질의 자료를 수집할 수 있지만, 생태계 서비스를 정밀하게 평가하기 위한 충분한 자료를 확보하기는 어려웠다. 최근 기술이 발전함에 따라 활용 가능한 자료의 유형도 다양해지고 다룰 수 있는 공간 범위도 증가하고 있다. 무인센서 시스템을 이용하여 자료수집을 자동화할 수 있고 무인항공기와 다양한 센서를 이용하여 넓은 면적의 고해상도 공간 정보도 획득할 수 있다. 그리고 인공지능 기술을 통해 취득된 자료를 분석에 용이한 정형자료로 추출하는 과정을 자동화할 수 있으며, 이를 IoT 기술과 융합하여 자료의 수집부터 정보의 전달까지 자동화할 수 있는 기반이 마련되고 있다. 이를 위한 신뢰성 높은 인공지능 기술의 개발이 필요하다. 즉, 인공지능 기술의 신뢰성을 확보하기 위해 인공지능 모델의 학습과 검증에 양질의 자료가 필요하고 이러한 자료는 전문가로부터 검증이 필요하다. 이를 통해 생태학 분야에서는 생태계 서비스 평가와 관리에 필요한 자료의 양과 질을 전보다 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

이러한 생태계 모니터링 기술을 개발하기 위해서는 기존에 수행해 왔던 모니터링 기술에 대해 잘 알고 있어야 하며, 인공지능 기술과 새로운 모니터링 기술을 통해 기존의 방법에서 개선할 수 있는 부분을 찾을 수 있는 시각이 필요하다. 따라서 생태계 모니터링을 위한 인공지능 융합기술을 개발하기 위해 생태계 분야와 인공지능 분야의 연결 고리가 될 수 있는 인력이 필요할 것으로 보이며, 생태계 분야에서 요구되는 사항과 인공지능 분야에서 구현 가능한 사항을 종합하고 절충안을 찾는 과정이 필요하다. 앞으로 이러한 인력의 수요가 높아질 것으로 예상되고, 인공지능과 생태학 분야를 접목하기 위한 인력의 양성이 시급한 것으로 판단된다.

최근 고농도 미세먼지와 열섬현상 등의 도시 환경 문제로 인해 도시의 생태계서비스 평가와 관리에 관한 관심이 높아지고 있다. 하지만 아직 이를 정밀하게 평가하기 위한 자료는 부족한 실정이다. 이 글에서 소개한 자료의 수집 방법과 인공지능 기술이 실용화된다면 도시 생태계를 정밀하게 평가하기 위한 자료의 수집이 가능할 것으로 보이며, 이를 통해 도시 그린 인프라스트럭처의 관리 및 정책을 수립하기 위한 과학적 근거를 마련할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 김경태 외 4인. (2023), 카메라 트래핑 기법과 YOLO-X 알고리즘 기반의 도시 야생동물 탐지 및 분석방법론 개발, 한국환경보원기술학회, 제26권, 4호, 17~34.
- 도시숲 등의 조성 및 관리에 관한 법률(개정 2024. 1. 2), 법률 제19789호.
- 임원택. (2016), UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 영상과 객체기반영상분석(Object-based Image Analysis) 방법을 활용한 한라산 구상나무(*Abies koreana*) 개체 식별에 관한 연구, 국민대학교 석사 학위논문.
- Beaver, Jared T. et al. (2020), Evaluating the Use of Drones Equipped with Thermal Sensors as an Effective Method for Estimating Wildlife, *Wildlife Society Bulletin*, Volume 44, Issue 2, 434~443.
- Carignan, Vincent and Villard, Marc-Andre. (2001), Selecting Indicator Species to Monitor Ecological Integrity: A Review, *Environmental Monitoring and Assessment*, Volume 78, 45~61.
- Choi Kwanghun et al. (2022), An automatic approach for tree species detection and profile estimation of urban street trees using deep learning and Google street view images, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 190, 165~180.
- Ikegami, Makihiko and Jenkins, Thomas A.R. (2018), Estimate global risks of a forest disease under current and future climates using species distribution model and simple thermal model – Pine Wilt disease as a model case, *Forest Ecology and Management*, Volume 409, 343~352.
- Larsen, Hanne L. et al. (2023), Drone with Mounted Thermal Infrared Cameras for Monitoring Terrestrial Mammals, *Drones*, Volume 7, Issue 11, 680.
- Kim, Minyoung et al. (2021), A Manual for Monitoring Wild Boars (*Sus scrofa*) Using Thermal Infrared Cameras Mounted on an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), *Remote Sensing*, Volume 13, Issue 20, 4141.
- Lim, Wontaek. (2022), Efficient dead pine tree detecting method in the Forest damaged by pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*) through utilizing unmanned aerial vehicles and deep learning based object detection techniques, *Forest Science and Technology*, Volume 18, Issue 1, 36~43.
- Norouzzadeh, Mohammad S. et al. (2018), Automatically identifying, counting, and describing wild animals in camera-trap images with deep learning, *PNAS*, Volume 115, Issue 25, E5716~E5725.
- Rouse, David C. et al. (2013), *Green Infrastructure: A Landscape Approach*, American Planning Association.
- Rovero, Francesco et al. (2014), Estimating Species Richness and Modelling Habitat Preferences of Tropical Forest Mammals from Camera Trap Data, *PLOS ONE*, Volume 9, Issue 10, e110971.
- Sturrock R.N. et al. (2011), Climate change and forest diseases, Volume 60, Issue 1, 133~149.

시를 활용한 스마트 교차로와 스마트 횡단보도

김성훈 / 한국교통연구원 부연구위원

I — 서론: 도시교통관리 디지털 전환의 움직임

글로벌 시대가 도래하면서 전 세계의 도시화(urbanization)가 가속화되고 있다. 국제연합(UN: United Nations)에서는 2050년까지 전 세계 인구가 90억 명을 넘을 것으로 추정하고 있으며, 주요 선진국을 기준으로 인구의 87%(개발도상국은 66%)가 도시 지역에 주거할 것으로 예측하였다(UN DESA, 2018). 우리나라도 마찬가지로 대도시로의 인구 집중과 도시 광역화가 심해지고 있어 미세먼지, 교통혼잡, 재해재난, 물 부족 등 다양한 도시 문제에 직면하고 있다.

도시화에 따른 다양한 도시 문제 중 주요한 이슈로 교통혼잡과 교통안전을 꼽을 수 있다. 2020년 기준 전국 교통혼잡비용은 약 57조 원이며(김상민, 2023), 이는 해마다 증가하는 추세이다. 또한 2022년 기준 전국 교통사고는 약 20만 건 발생하였으며, 이 중 보행자 사고는 약 3만 8천 건으로 부문별 사고 건수 중 2위를 차지한다(교통사고분석시스템(TAAS), 2023).

이러한 문제들에 대응하기 위하여 교통 분야에서는 1999년 「교통체계효율화법」을 제정한 이후(현 「국가통합교통체계효율화법」), 지능형교통체계(ITS: Intelligent Transportation System) 구축을 전국 단위로 확산하기 위하여 지속적인 노력을 기울여 왔다. CCTV 카메라, 레이더, 루프 검지기 등 도구에 다양한 센서 기술이 접목된 장비와 시설물을 설치하여 교통정보수집시스템(VDS: Vehicle Detection System)을 도입하였고, 해당 시스템에서 수집된 교통 데이터를 활용·분석하여 도로교통 관리를 최적화할 수 있는 첨단교통관리시스템(ATMS: Advanced Traffic Management System)을 갖추어 운영하고 있다.

첨단교통관리시스템에서는 교통대응신호제어(Traffic Responsive Signal Control)와 같이 교통 데이터를 활용한 다양한 교통관리 기법과 기술을 연구하여 적용해 왔다. 이러한 데이터 기반 교통관리 기술은 애초에 교통상황에 대한 정보가 실시간으로 정확하게 수집되어야 그 효율성을 높일 수 있다(김태형 외, 2021). 그러나 기존의 시스템에서 수집되는 데이터의 경우, 데이터 수집의 실시간성이 떨어지는 경우도 발생하고, 데이터 수집 일관성이 부족하며(정기적 수집이 이루어지지 않는 경우), 데이터 정확도 측면에서도 오차가 발생하는 등의 문제가 있어 궁극적으로 교통관리의 효율성을 높이는 데에 한계가 있어 왔다(김성훈 외, 2020).

최근에는 4차 산업혁명 기술인 각종 정보통신기술(ICT: Information and Communication Technology)과 빅데이터, 인공지능(AI: Artificial Intelligence), SW 플랫폼 등의 디지털 전환·혁신 기술이 무한한 발전을 거듭하고 있다. 교통 분야에서는 이러한 첨단 기술들을 도입하여 앞서 언급한 기존의 교통데이터 수집 및 교통관리 시스템의 한계를 극복하기 위하여 노력하고 있다. 이에 대한 예시로 AI 기술을 활용한 스마트 교차로와 스마트 횡단보도 시스템을 꼽을 수 있다.

스마트 교차로와 스마트 횡단보도는 국가보조금 및 지자체 자체 예산 등 여러 재원을 활용하여 전국 다수의 지자체에서 구축하여 운영하고 있다. 또한, 2019년 국토교통부에서 발표한 ‘제3차 스마트도시 종합계획(2019~2023)’에 따라 추진되고 있는 ‘스마트시티 세종 국가시범도시’ 조성 사업에서 7개 혁신 요소 중 하나인 모빌리티 분야의 주요 8대 서비스에 포함되어 있으며, 세종시 5-1 생활권을 대상으로 시스템 구축이 계획되어 있다(국토교통부, 2019). 본 고에서는 AI를 활용한 스마트 교차로와 스마트 횡단보도 서비스의 기본적인 내용을 소개하고, 해당 서비스의 지속적인 발전을 위한 기술 및 정책적 검토 사항을 제안하고자 한다.

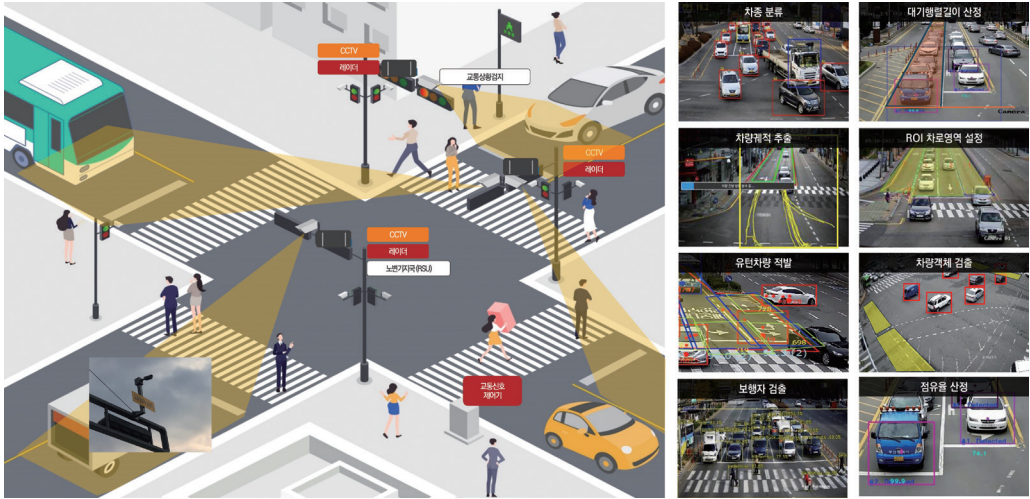
II — 시를 활용한 스마트 교차로

01 스마트 교차로 서비스 정의

스마트 교차로는 구축 및 운영 목적에 따라 다양하게 정의될 수 있다. 대표적인 사례로, 스마트시티 국가시범도시 본사업에 앞서 세종시 1생활권을 대상으로 수행된 우선사업(한국교통연구원, 2023)에서 정의한 스마트 교차로 서비스는 다음과 같다.

- 신호교차로에서 각종 센서(CCTV, 레이더검지기 등) 검지데이터를 AI를 활용 분석하여 방향별(4지) 접근 교통량(수요) 검지 정보를 기반으로 운전자들에게 교통혼잡 정보를 제공하며, 교통신호 계획을 최적화하여 운영하는 서비스

〈그림 1〉 스마트 교차로 시스템



자료: 한국교통연구원, 2023

02 스마트 교차로 서비스 운영

기본적으로 스마트 교차로는 〈그림 1〉과 같이 각종 센서와 카메라, 통신 시스템 등의 인프라를 갖추어 실시간 도로교통 상황에 대한 각종 데이터를 수집하는 것이 1차 목표이다. 데이터를 수집하는 이 과정에서 YOLO(You Only Look Once)와 같은 영상데이터 내 실시간 객체 인식에 특화된 AI 기술(Redmon et al., 2016)이 활용된다는 점이 기존 ITS와의 주요 차이점이다. AI를 기반으로 수집되는 교차로 교통상황 데이터는 〈표 1〉과 같이 교차로 접근 지점에서의 차로별 평균 차량 점유율, 차로별 차량 대기길이, 차로별 교통량, 방향별(직진, 좌회전, 우회전) 교통량 등 기존 ITS 대비 더욱 다양한 정보를 포함할 수 있다.

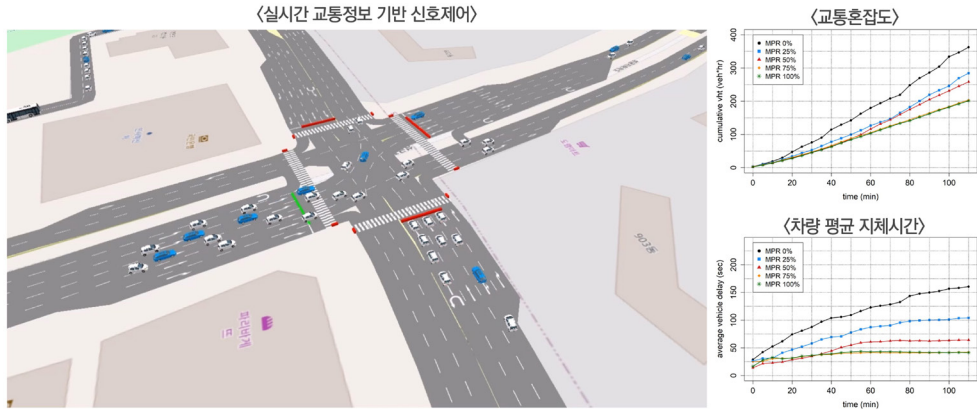
〈표 1〉 AI 기반 스마트 교차로 수집 데이터 예시

항목	상세항목	정보수집내용	가공주기
차량 점유율	차로별 평균 점유율	해당 차로의 검지영역의 평균점유율 산정	5분
대기행렬길이	차로별대기길이	해당 차로의 평균 대기열길이 산정	5분
교통량	차로별	해당 방향의 차로별총 교통량 산정	5분
	방향별	방향별(직진, 좌회전, 우회전) 교통량 산정	5분
	차종구분	차종별(3종, 대형/중형/소형)교통량 산정	5분
평균속도	교차로 통과속도	해당 방향의 교차로 통과속도	5분
돌발정보	이벤트상황	이벤트 검지구간 내 차량정지, 역주행 등	발생시

위와 같이 수집된 다양한 데이터를 활용하여 해당 교차로에서의 교통상황을 종합 분석하게 된다. 그리고 종합 분석 결과를 기반으로 교통흐름을 최적화할 수 있는 교통대응형 신호제어를 적용할 수 있다. 예를 들어, 교통량이 많은 도로 방향을 우선시하여 녹색신호를 연장하거나, 교통량이 더 이상 없는 도로 방향에 대한 녹색신호를 즉시 변경하는 등 실시간 상황에 맞는 교통흐름을 관리하는 것이다. 이를 통하여 해당 교차로를 통과하려는 개별 차량들의 대기시간과 통행시간을 감소시킬 수 있다. 이러한 긍정적인 효과는 수집된 실시간 교통정보의 정확도가 높을수록 증대되며, 스마트 교차로에 적용되는 AI 기술이 이러한 실시간 교통정보 수집의 정확도를 높이는 핵심적인 요소이다.

참고로, 스마트 교차로 시스템의 운영 환경과 활용되는 AI 기술 수준에 따라서 데이터 수집→상황 분석→신호제어 이 3개 단계에 적용되는 범위가 달라질 수 있다. 시스템 운영 환경에 따라서 AI 기술이 데이터 수집 단계에서만 활용될 수 있으며, 운영 환경과 기술이 점차 고도화될수록 상황분석과 신호제어 단계까지 확장 적용될 수 있다.

〈그림 2〉 실시간 교통정보 기반 신호제어: 정보의 정확도에 따른 효과 변화



자료: 김성훈, 2021

이에 더불어, 스마트 교차로에는 V2X(Vehicle-to-Everything) 통신을 위한 RSU(Road Side Unit) 등을 설치하여, 해당 교차로에 접근하는 차량과의 통신을 통해 개별 차량의 실시간 위치, 속도, 주행행태 등 공간적으로 더욱 광범위하면서도 다양한 데이터를 수집할 수 있는 기능을 추가할 수 있다. 이는 차세대 지능형교통체계인 C-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems)에 활용되어 자율주행차량을 포함한 커넥티드 차량(Connected Vehicles)의 안전 운행을 지원할 수 있으며, 긴급 차량이나 BRT(Bus Rapid Transit) 차량에 우선신호를 제공하는 등 시민들에게 다양한 서비스를 제공할 수 있다.

〈그림 3〉 스마트 교차로를 활용한 C-ITS 서비스



자료: 광주교통정보센터

III — 시를 활용한 스마트 횡단보도

01 스마트 횡단보도 서비스 정의

스마트 횡단보도 서비스도 구축 및 운영 목적에 따라 다양하게 정의될 수 있다. 대표적인 사례로, 스마트시티 국가시범도시 본사업에 앞서 세종시 1생활권을 대상으로 수행된 우선사업(한국교통연구원, 2023)에서 정의한 스마트 횡단보도 서비스는 다음과 같다.

- 횡단보도(신호 및 비신호 포함)에서 IoT/ICT 기반 객체 감지 결과를 바탕으로 차량 및 보행자에게 각종 안전 관련 정보(차량 접근 정보, 보행자 무단횡단 감지정보 등)를 제공(안내 및 경고 포함)하고, 보행자 및 차량 상황에 따라 횡단보도 신호를 운영할 수 있는 첨단 서비스

〈그림 4〉 스마트 횡단보도 시스템



자료: 한국교통연구원, 2023

02 스마트 횡단보도 서비스 운영

스마트 횡단보도는 〈그림 4〉와 같이 각종 센서와 카메라 등의 인프라를 갖추어 횡단보도 영역과 그 부근의 보행자를 인식하고 차량의 접근을 파악하여 횡단보도 주변 교통상황에 대한 데이터를 수집하는 것이 1차 목표이다. 스마트 교차로와 마찬가지로 데이터를 수집하는 이 과정에서 YOLO(Redmon et al., 2016)와 같은 영상데이터 내 실시간 객체 인식에 특화된 AI 기술이 활용된다. AI를 기반으로 수집되는 횡단보도 상황 데이터는 〈표 2〉와 같이 횡단보도 지점에서의 보행자수, 신호 대기시간, 무단횡단 보행자 수, 위험영역 침범 횟수 등 일반적인 상황과 보행자 안전 관련 상황에 대한 다양한 정보를 포함할 수 있다.

〈표 2〉 AI 기반 스마트 횡단보도 수집 데이터 예시

항목	상세항목	정보수집내용	가공주기
일반	통과 보행자 수	녹색신호시 횡단보도 방향별 통과 보행자수	5분
	대기보행자 수	횡단보도에서 대기중인 보행자 수	5분
	보행자 대기시간	횡단보도에서 대기중인 보행자들의 총 대기시간	5분
안전	무단횡단 보행자 수	적색신호시 횡단보도 방향별 무단횡단 보행자수	5분
	위험영역 침범 횟수	횡단보도 보행자 신호대기 중 보행자가 위험영역을 침범한 횟수	5분
	이벤트상황	비정상적인 차량 접근 속도	발생시

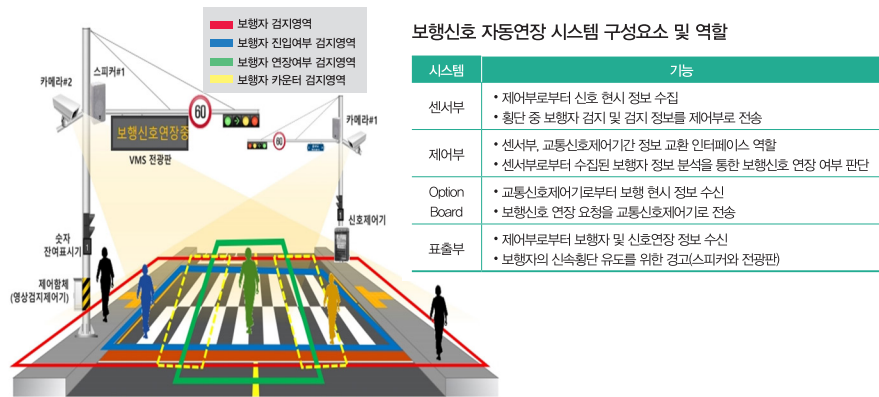
위와 같이 AI 기술을 기반으로 수집된 횡단보도 데이터는 보행자 안전을 위하여 다양한 서비스에 활용될 수 있다. 〈그림 5〉와 같이 음성안내보조장치를 설치하여, 보행자 신호가 적색일 때 보행자가 보차도경계석이나 도로와 같은 위험영역에 진입하였을 시 즉시 안전 경고를 송출할 수 있다. 이는 보행자와 차량 간 접촉 사고를 예방할 수 있고 보행자의 무단횡단 방지 확률을 높이는 효과가 있다. 그리고 스마트 횡단보도에서는 〈그림 6〉과 같이 보행자 맞춤형 신호제어 서비스도 적용할 수 있다. 보행자 녹색신호가 끝나갈 무렵 횡단 중인 보행자가 남아있을 경우, 신호제어기는 AI가 인식한 상황에 맞추어 보행자 녹색신호를 연장할 수 있다. 이는 어린이, 노인, 장애인과 같은 보행약자를 보호하여 횡단보도 보행자 사고 예방에 도움이 될 수 있다.

〈그림 5〉 스마트 횡단보도 서비스: 실시간 안전 경고 방송



자료: 한국교통연구원, 2023

〈그림 6〉 스마트 횡단보도 서비스: 보행자 맞춤형 신호제어



자료: 한국교통연구원, 2023

이에 더불어, 스마트 횡단보도에는 보행자 안전을 위한 다양한 부가적인 기능을 추가할 수 있다. 예를 들어, 〈그림 7〉과 같이 LED 횡단블록 바닥유도등이나 횡단보도 집중조명을 설치하여, 야간에 차량 운전자들이 횡단보도 보행자들을 쉽게 인지할 수 있도록 보조하기도 한다. 또한, 바닥형 보행신호등을 설치하여 일반적인 눈높이보다 위에 있는 기존 신호등에 비해 보행자들이 더 빠르게 신호를 인지할 수 있도록 지원할 수 있다. 이는 휠체어 이용자나 어린이와 같이 비교적 눈높이가 낮은 보행자들에게도 도움이 되며, 교차로에서 우회전하려는 차량 운전자에게도 보행자 신호 상황을 비교적 쉽게 알릴 수 있는 효과가 있다.

〈그림 7〉 보행자 안전을 위한 스마트 횡단보도의 다양한 서비스



자료: 한국교통연구원, 2023

Ⅳ — 스마트 교차로와 스마트 횡단보도 서비스의 발전 방향

현 정부에서는 국정비전 달성을 위한 120대 국정과제 중 38번을 ‘국토공간의 효율적 성장전략 지원’으로 설정하였으며(대한민국정부, 2022), 이는 스마트시티와 C-ITS 등에 관련된 각종 국가 인프라의 디지털화를 지원하는 것이 주요 목표이다. 스마트 교차로와 스마트 횡단보도의 시스템 구축과 서비스 확산은 바로 이 국가 인프라 디지털화와 직접적인 관계가 있으며, 해당 서비스의 지속적인 발전을 위하여 검토해야 할 사항들은 다음과 같다.

01 AI 기반 객체 및 상황 인식 기술 고도화

AI 객체 인식 기술은 지속적으로 발전하고 있지만, 여전히 몇 가지 오류가 발생할 수 있다. AI 객체 인식은 기본적으로 영상데이터에 있는 하나 이상의 물체 위치를 판별하여 물체 크기에 맞게 상자(bounding box)를 주위에 그리는 지역화(localization) 작업을 하고, 그려진 박스 안 물체의 종류를 분류(classification)하는 작업을 통해 객체를 인식한다(〈그림 1〉 참조).

그러나 이러한 기술은 관측된 영상 내 객체가 많아지고 다수 객체의 움직임이 다양할수록 오류 발생 확률이 높아진다. 도로의 차량 객체 인식의 경우에는 차량이 다수이더라도 대부분이 지정된 차

로를 따라 일정한 통행 패턴을 보이기 때문에 심각한 오류의 발생률은 적을 수 있다. 그러나 이동 패턴이 다양한 보행자 객체 인식에서는 <그림 4>의 예시와 같이 객체 간 겹침 현상이 빈번하여 심각한 오류 발생률이 높은 편이다. 게다가 다수의 보행자가 군중 밀집의 형태를 나타내면, 영상 내 객체 및 상황인식에서의 오류 발생 확률은 더욱 높아지게 된다. 이에 더불어 낮과 밤의 조도 차이, 그림자, 날씨 등 여러 환경 조건에 따라 객체 인식의 성능이 변화하기도 한다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 AI 기반 객체 및 상황인식 기술의 고도화가 필요하다.

02 교통신호제어 기술 고도화

앞서 스마트 교차로에서 언급한 교통대응형 신호제어는 1900년대 중후반부터 연구되어 온 오랜 역사를 지닌 분야이다. 최근에는 AI 기술까지 적용하여 기술적인 고도화를 노력하고 있지만 여전히 한계가 있다. 앞으로 더욱 발전된 교통신호제어 시스템 구현을 위해서는 더욱 정확한 교통상황 분석과 예측, 다수 교차로를 연동한 신호제어 최적화, 차량 중심이 아닌 다양한 수단에 맞춤형된 신호제어 전략 등, 여전히 산재한 여러 문제를 고려한 기술개발을 추진해야 한다.

1) 정확한 예측의 어려움

교통대응형 신호제어 시스템은 교통패턴을 분석하고 예측하여, 예측 결과에 대응할 수 있도록 신호를 조절한다. 그러나 일반적인 교통상황이라도 도로에는 수많은 변수가 있어 예측이 어려울 수 있으며, 사고와 같은 돌발 상황과 각종 행사 등 예상치 못한 이벤트들에 대해서는 더욱 예측이 어려울 수 있다. 이러한 예측에 첨단 AI를 활용하더라도, 기본적으로 AI는 모델이 훈련된 환경과 유사한 상황에서는 잘 작동할 수 있으나 새로운 환경과 조건에서는 예측 정확도가 감소할 수 있다. 새로운 환경과 조건이라는 것은 이에 대한 데이터가 부족하다는 의미이다. AI는 데이터에 대한 종속성이 있어, AI 훈련에 활용된 데이터가 부족하거나 품질이 낮으면 예측 결과의 신뢰성은 저하될 수밖에 없다. 또한, 시대가 지나면서 도시교통과 모빌리티 환경도 점차 변하기 때문에, 이에 대응할 수 있도록 교통상황 분석과 예측 관련 기술 고도화에 대한 노력은 지속되어야 한다.

2) 네트워크 효과

도로교통에서는 교차로 지점 간 네트워크로 연결된 다양한 요소들의 복잡한 상호작용이 일어난다. 한 개 교차로 지점의 신호제어 변경이 다른 지점에 영향을 줄 수 있다. 이러한 네트워크 효과를 고려하기 위하여, 다수 교차로를 연동해서 연동된 지역 내 교통상황에 최적화된 교통신호제어를 적용해야 한다. 그러나 연동된 교차로 수가 많아질수록 신호제어 최적화 문제를 해결하기 위한 계산 복

잡도(Computational Complexity)가 급진적으로 증가하고, 이에 따라서 신호제어의 실시간 적용 가능성에도 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 분산제어(Distributed Control) 방식이나 AI 기법을 활용한 새로운 기술과 지역단위 교통량 제어 전략 등 다양한 첨단 솔루션이 연구되고 있다(김성훈, 2018). 그러나 현재 전국 도로의 인프라가 이러한 첨단 솔루션을 받아들일 수 있도록 얼마나 디지털화가 되어 있는지, 그리고 실시간 신호제어 운영이 가능한지 등 현실적인 운영 환경에 대한 검토가 필요하다.

3) 다양한 교통수단

교통 신호제어 시스템의 고도화를 위해서는 도로의 차량뿐만 아니라, 자전거, 보행자, 대중교통, 긴급차량 등 상황에 따른 다양한 교통수단이 고려되어야 한다. 스마트 횡단보도를 예로 들면, 보행자 맞춤형 신호제어를 적용하게 된다면 그만큼 횡단보도 주변 차량의 통행에 영향을 주게 된다. 보행자와 차량 중 누구에게 우선권을 줄 것인지, 그리고 대중교통과 긴급차량과 같은 공공적 가치가 더욱 큰 통행수단에 우선권을 줄 것인지 등, 해당 시스템의 공공성을 높이기 위하여 다양한 측면에서 문제해결에 접근할 수 있다. 교통혼잡이 주요 문제가 아닌 지역이라면, 이제는 도로 차량 위주의 기존 교통 신호제어 개념에서 벗어나 새로운 제어 전략을 고려할 필요가 있다.

03 시스템 운영 거버넌스 및 모니터링

스마트 교차로와 스마트 횡단보도의 효율적인 서비스 운영을 위해서는 시스템 운영 체계가 명확하게 갖추어져야 한다. 일반적으로 스마트 교차로와 스마트 횡단보도 시스템은 해당 시스템을 설치한 지자체의 교통정보센터(또는 도시통합정보센터)와 연계되어 도로 현장에서 수집되는 데이터를 센터로 송신한다. 센터에서는 수집된 데이터를 기반으로 교통신호제어에 대한 결정을 내려 이를 도로 현장의 신호제어기에 전달하고, 신호제어기는 전달받은 결정대로 신호주기(cycle), 현시 순서(phase), 현시율(녹색시간, split) 등을 조정한다. 여기서 설명의 이해도를 높이기 위하여, 데이터를 수집해서 센터로 송신하는 과정을 기능 1, 신호제어기가 결정된 신호제어를 적용하는 과정을 기능 2로 구분하여 보자. 지자체마다 차이가 있겠지만, 대부분 경우 기능 1의 관리 주체는 지자체이고, 기능 2의 관리 주체는 지방경찰청일 것이다. 그리고 지자체 특성에 따라 특수한 이해관계자가 포함되어 있을 수도 있다(세종시의 경우에는 행정중심복합도시건설청). 실시간 신호제어의 적용과 효율적인 운영을 위해서는 이해관계를 가진 개별 기관 간 긴밀하고 지속적인 협의를 수행할 수 있는 거버넌스 운영이 필요할 것이다.

또한, 스마트 교차로나 스마트 횡단보도를 구축한 지자체에서는 시스템 자체에 대한 구체적인

모니터링 체계가 필요할 것이다. 서비스 현장에 설치된 각종 인프라 시설물과 장비의 파손, 센터 내부 데이터 수집 SW 오류, 현장-센터 간 통신 끊김 등 시스템 운영 단계에서 발생하는 다양한 이슈가 있다. 그리고 설치된 시설물과 장비들이 많을수록 이슈 발생 확률은 더욱 커진다. 이러한 이슈가 발생했을 때 이에 대한 실시간 관제와 적절한 대응을 위한 모니터링 체계를 구축할 필요가 있다. 이에 더불어, 기 구축된 인프라의 장비 및 SW는 일정 기간이 지나면 성능 저하가 발생하기 때문에, 이에 대한 점검 및 교체 주기를 미리 설정하여 운영할 수 있도록 시스템 업데이트 계획도 수립하는 것을 추천한다. 시스템 모니터링 체계와 업데이트 계획이 갖추어져야 시스템 초기 구축 후 유지보수와 소요 예산 관리 측면에서 효율적인 운영이 이루어질 수 있을 것이다.

04 서비스 효과 평가 절차 확립

앞서 언급하였듯이 스마트 교차로와 스마트 횡단보도는 스마트시티 국가시범도시의 주요 서비스로 지정되어 구축되고 있으며, 전국 다수의 지자체에서도 국고보조사업 또는 지자체 사업으로 구축하여 운영되고 있다. 그러나 스마트 교차로와 스마트 횡단보도는 최근에 도입되기 시작한 신규 사업으로서, 해당 서비스에 대한 효과 평가 절차와 방법에 대한 명확한 기준이 마련되어 있지 않다. 개별 지자체에서 수행된 여러 사업에서는 설정된 서비스 개념과 고유 기능이 서로 다른 것에 더불어, 평가 절차와 방법에 대한 명확한 기준이 없어 정형화되거나 일관성을 갖춘 서비스 효과 평가가 이루어지지 못하는 실정이다.

평가 관련 현행 제도로는 「스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률」(이하 ‘스마트도시법’) 시행령 31조에 따른 스마트도시 인증제도가 있으나, 이는 각종 스마트도시 서비스 제공을 위한 인프라 구축 여부를 평가하며, 서비스 자체에 대한 평가는 다루지 않는다. 또한, 「국가통합교통체계효율화법」 시행령 78조에는 스마트 교차로에서의 교통데이터 수집 정확도 성능에 대한 평가 기준이 있으나, 수집된 데이터를 활용한 서비스 자체에 대한 효과 평가 기준은 없다. 게다가 스마트 횡단보도에 대해서는 데이터 수집 정확도 성능과 데이터를 활용한 서비스 효과 평가 기준 모두 부재한 상황이다.

앞으로는 스마트 교차로와 스마트 횡단보도에서 수집되는 데이터 기반 서비스의 개념설정, 기본 기능, 서비스 개념에 따른 고유 기능들을 정리하고, 정리된 서비스 개념별로 정량적 효과 평가 방안이 마련되어야 할 것이다. 예를 들면, 교통혼잡 관리를 위한 신호제어 서비스를 유형 A, 긴급차량 우선신호 서비스를 유형 B, 자율주행 통신 서비스를 유형 C 등으로 구분하고, 유형별 고유 기능에 맞는 평가지표와 지표 산출 방법을 포함한 가이드라인을 마련할 수 있다. 스마트 교차로나 스마트 횡단보도 시스템을 구축한 각 지자체에서는 이러한 가이드라인을 기준으로 정형화된 서비스 효과 평가를 수행하여, 더욱 명확한 근거를 바탕으로 매년 소요되는 서비스 운영 예산을 검토할 수 있을 것이다.

05 수집 데이터 활용 범위 확대

스마트 교차로와 스마트 횡단보도 구축을 통하여 수집되는 각종 데이터는 대부분 해당 사업의 목적 내에서만 활용되는 경우가 많다. 앞으로는 이러한 데이터가 다양한 분야에서 다양한 목적으로 활용될 수 있도록 그 기반을 조성하여 해당 시스템 구축의 공공적인 활용성을 높일 필요가 있다.

예를 들어, 스마트 횡단보도에서 수집되는 보행자 데이터는 특정 시간대 횡단보도 부근 지역의 보행자 이동 행태 정보를 수집할 수 있다. 이러한 정보는 도시 특정 지역의 유동 인구를 추정할 때 주요 자료로 활용될 수 있으며, 도시 내 이벤트, 부동산, 주변 상권 분석에도 유용하게 활용될 가능성이 있다.

또한, 스마트 교차로 및 횡단보도 데이터는 국내외 연구기관 및 대학의 각종 학술적 연구 활동과 민간 기업의 기술개발 사업에도 활용될 수 있다. 이러한 공공적 활용성을 높이기 위해서는, 현재 수집되고 있는 다양한 데이터를 타 기관에 원활하게 공유할 수 있는 방안을 검토해야 할 것이다.

참고문헌

- 광주광역시 교통정보센터, <https://www.gjtic.go.kr/systemInfo>
- 국가통합교통체계효율화법(개정 2024. 01. 09), 법률 제19987호.
- 국토교통부 (2019), 세종 스마트시티 국가 시범도시 시행계획.
- 국토교통부 (2019), 제3차 스마트도시 종합계획(2019~2023).
- 교통사고분석시스템[Traffic Accident Analysis System] (2023), 부문별 사고현황, 도로교통공단, https://taas.koroad.or.kr/web/shp/mik/main.do?menuId=WEB_KMP
- 김상민 (2023), 지능형교통체계, 도로의 디지털전환 앞당길 것, 도로정책 Brief, 157호, 2~6, 국토연구원.
- 김성훈 (2021), 자율협력주행 기반 스마트 교통운영체계 구상 연구, KOTI 2020년도 연구성과 연속세미나(3): 미래 모빌리티 혁신, 한국교통연구원 YouTube, https://www.youtube.com/watch?v=LAs3VUXnh_E&t=4211s
- 김성훈, 탁세현, 여화수 (2018), 도시부 지역단위 교통제어 시뮬레이션 개발 및 효과 평가, 교통연구, 25권 3호, 39~54.
- 김성훈, 유화평, 여화수 (2020), 타임스탬프 데이터 분석 기반의 도시부 연속류 도로 교통류 분기지점 통행시간 추정 연구, 대한교통학회지, 38권 2호, 148~165.
- 김태형, 김성훈, 박형근 (2021), 자율협력주행 기반 스마트 교통운영체계 구상 연구, 한국교통연구원.
- 대한민국정부 (2022), 윤석열정부 120대 국정과제.
- 스마트도시 조성 및 산업진흥 등에 관한 법률(개정 2022. 12. 01), 법률 제18522호.
- 한국교통연구원 (2023), 스마트시티 세종국가시범도시 교통혁신기술 도입지원 사업(2차년도), 국토교통부.
- Redmon, J., Diwala S., Girshick R., Farhadi A. (2016), You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, In proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp 779-788.
- UN Department of Economic and Social Affairs (2018), World Urbanization Prospects 2018, United Nations.

생성형 AI를 이용한 디지털 휴먼 기술과 메타버스 기반 도시 안전 시뮬레이션 기술¹⁾

이승욱 / 한국전자통신연구원 책임연구원

I — 서론

디지털 기술의 발전은 인간의 삶을 변화시키고, 새로운 형태의 상호작용과 경험을 가능하게 만든다. 특히 최근의 GPU 발전, 트랜스포머 아키텍처, 생성형 AI 기술의 발전은 모든 디지털 콘텐츠를 생성하는 방법의 혁신을 가져왔다. 특히 diffusion 모델은 디지털 콘텐츠 중 영상 생성의 한계를 넓혔다. 이러한 기술의 핵심 응용 중 하나가 바로 ‘디지털 휴먼’의 생성과 활용이다. 디지털 휴먼은 실제 인간의 외모, 행동, 그리고 상호작용을 모방한 가상 인물로, 다양한 분야에서 그 활용도가 점점 확대되고 있다.

또한 메타버스, 즉 가상현실 세계에서의 활동은 이러한 디지털 휴먼을 이용해 보다 실제감 있는 상호작용을 제공함으로써 사용자 경험을 혁신적으로 향상하고 있다. 메타버스 환경에서 이루어지는 도시 안전 시뮬레이션은 메타버스 기술을 활용한 또 다른 중요한 응용 분야이다. 이는 도시의 안전을 강화하기 위해 실시간 데이터와 상호작용적 요소를 통합하여, 다양한 안전 시나리오를 시뮬레이션하는 분야로 디지털 휴먼이 중심 역할을 할 수 있다.

본 기고에서는 이러한 기술의 발전 배경을 설명하고, 디지털 휴먼이 메타버스 기반 도시 안전 시뮬레이션에 어떻게 효과적으로 통합될 수 있는지를 살펴본다. 먼저 생성형 AI 기술을 설명하고, 이를 통한 디지털 휴먼 기술을 논의한다. 지능을 가진 디지털 휴먼을 통해 도시 환경 전반에 대한 정보를 제공하는 방법과 대규모 디지털 휴먼을 이용한 도시 안전 시뮬레이션 기능을 고려하고자 한다. 이를 통해 독자들은 디지털 휴먼과 메타버스 기술이 실제 도시의 안전과 어떻게 연결될 수 있는지와 기술적 진보가 어떻게 사회적 문제 해결에 기여할 수 있는지를 확인한다.

1) 이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021-0-00193, 실사 수준
의 디지털 휴먼 생성과 30fps급 실감 렌더링 기술 개발)

II — 생성형 AI

01 생성형 AI 기술 개요

생성형 인공지능(Generative AI)은 사용자의 특정 요구사항을 반영하여 다양한 형태의 디지털 콘텐츠를 생성할 수 있는 AI 시스템이다. 위키백과에서는 이를 “프롬프트에 대응하여 텍스트, 이미지, 기타 미디어를 생성할 수 있는 인공지능(AI) 시스템”으로 정의한다. 이 정의는 사용자의 입력을 텍스트 기반의 “프롬프트”로 제한하고, 결과물을 다양한 디지털 콘텐츠로 한정함으로써, 현대 연구 및 개발의 동향을 적절히 반영한다. 그러나 최근에는 텍스트 입력뿐만 아니라, 이미지, 음성 등 다양한 멀티모달을 입력하여 사용자의 의도를 더욱 정확하게 반영하는 기술들이 개발되고 있다. 소위 말하는 LMM(Large Multi Modal) 모델은 텍스트 이외의 다양한 멀티모달 입력을 처리한다. OpenAI의 GPT-4²⁾, 구글의 Gemini 1.5³⁾, 애플의 Ferret⁴⁾ 등은 대표적인 LMM 모델이다.

GPT-4의 경우 정확도가 향상되고 기억 용량이 50페이지로 늘어났으며, 한국어를 포함하는 26개의 언어를 지원한다. 최근에는 GPT 스토어를 통해 특정 목적에 특화된 다양한 서비스를 지원한다. Gemini 1.5의 가장 큰 특징은 한번에 100만 토큰을 입력받는다라는 것이다. 이를 단어로 환산하면 75만 단어 즉 수권의 책을 동시에 입력하는 것이다. 사람이 하루에 평균 7,000~20,000개 정도의 단어를 말한다고 할 때 거의 3개월에 달하는 분량을 입력할 수 있다. 비교적 알려지지 않은 애플의 Ferret의 경우 입력 이미지의 특정한 부분을 사용할 수 있으며, 하이브리드 영역 표현을 통해 이미지의 세밀한 부분과 전체적인 부분을 모두 표현할 수 있는 장점을 가진다.

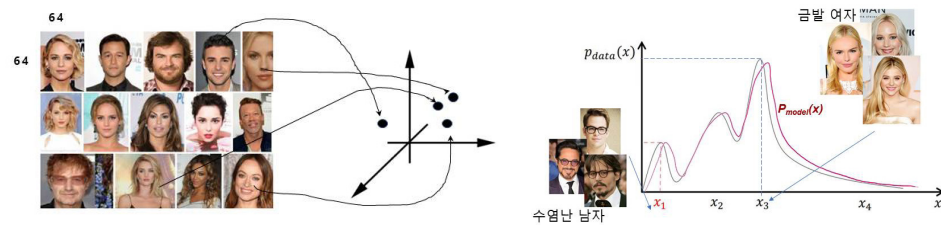
수학적 관점에서 볼 때, 생성형 AI는 주어진 학습 데이터의 확률분포 $P_{data}(X)$ 를 정확히 모사할 수 있는 모델의 확률분포함수 $P_{model}(X)$ 를 찾는 과정이다. 예를 들어, $64 \times 64 \times 3$ 크기의 다양한 영상 데이터가 있을 때, 이를 가로 세로 각각 64 픽셀의 RGB 컬러 영상으로 간주하고 이 데이터를 $64 \times 64 \times 3$ 차원의 공간에 매핑한다고 가정하자. 이 경우 각 영상은 공간 X 내의 하나의 점으로 표현될 수 있다. 이러한 매핑 공간을 사용하여, <그림 1> 오른쪽과 같은 검은색 확률밀도함수(Probability Density Function, PDF)를 생성할 수 있다. 이 함수에서 각 점 π_1, π_3 등은 각각 “수염난 남자”, “금발의 여자”와 같은 특정 이미지를 대표할 수 있다.

2) GPT-4, <https://openai.com/index/gpt-4/>

3) Gemini 1.5, <https://deepmind.google/technologies/gemini/#introduction>

4) Haoxuan You, et. al, (2023), FERRET: REFER AND GROUND ANYTHING ANYWHERE AT ANY GRANULARITY, <https://arxiv.org/pdf/2310.07704v1>

〈그림 1〉생성형 AI의 목표



생성형 인공지능(Generative AI)의 주된 목표는 주어진 학습 데이터의 확률 밀도 함수 $P_{data}(X)$ 를 흉내내는 모델의 확률 밀도 함수 $P_{model}(X)$ 를 구축하는 것이다. 이러한 $P_{model}(X)$ 가 성공적으로 구축되면, 이론적으로는 X 의 임의의 위치에서 샘플링을 통해 학습 데이터에 존재하지 않는 새로운 이미지를 생성할 수 있다. 여기서 고려할 사항은 사용자의 의도에 따른 영상 생성이다. 사용자의 의도를 어떻게 반영하는지가 중요하며, 프롬프트나 다른 형태의 입력을 통해 구현된다. 예를 들어, “30대 남자”를 생성하는 경우, 해당 인구 집단을 잘 대표하는 특징이 모델에 의해 어떻게 해석되고 샘플링되는지가 중요하다. 또한, 이미지 편집의 가능성도 중요한 고려사항이다. 예를 들어, 생성된 ‘금발의 여자’ 이미지의 머리 색을 ‘검은색’으로 변경하려는 경우, 이는 훈련 데이터에서의 연속성을 유지하면서도 수정할 수 있는 모델의 능력을 요구한다. 잘 훈련된 모델은 사용자가 원하는 특정 특성을 변경하면서도 자연스러운 이미지를 유지할 수 있어야 한다.

이미지 생성에는 주로 생산적 적대 신경망(GAN: Generative Adversarial Networks)⁵⁾과 잠재 공간 확산 모델(Stable Diffusion)⁶⁾ 같은 기술이 사용된다. GAN은 고품질의 이미지 생성에 강점을 보이는 반면, Stable Diffusion은 반복되는 확산 과정을 통해 보다 다양한 이미지 생성이 가능하다는 장점을 가진다.

생성된 이미지의 품질 평가는 전통적인 품질 지표인 PSNR과 같은 방법으로는 적용하기 어렵다. 이는 정답 이미지가 없기 때문에, 주로 FID(Fréchet Inception Distance) 지표를 사용한다. FID는 Inception 모델을 통해 실제 이미지와 생성된 이미지의 특징을 추출하고, 이 특징들의 통계적 특성(평균 및 공분산)을 계산하여 두 집합 간의 Fréchet 거리를 측정한다. FID 값이 낮을수록 생성 모델이 실제 데이터의 통계적 특성을 잘 반영하고 있다고 볼 수 있다.

5) Ian J. Goodfellow, et al, "Generative Adversarial Networks," arXiv:1406.2661

6) Prafulla Dhariwal, et al, "Diffusion Models Beat GANs on Image Synthesis," NeurIPS 2021

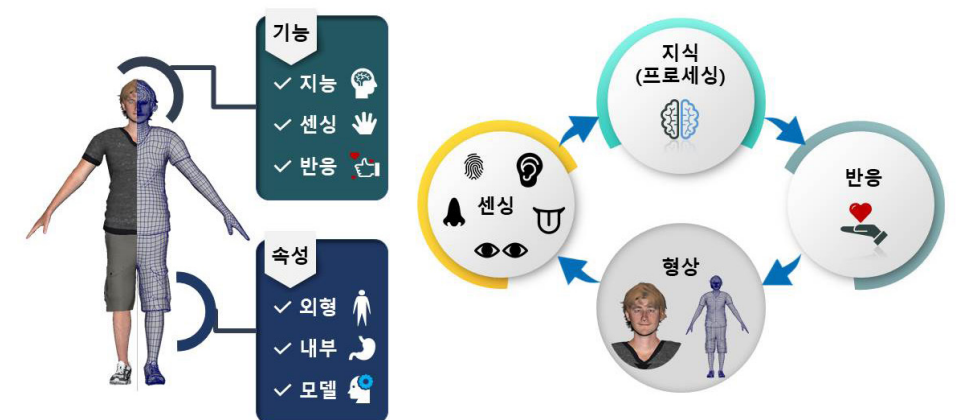
02 생성형 AI 기반 디지털 휴먼 기술 동향

디지털 휴먼은 〈그림 2〉와 같이 사람의 디지털 버전이다⁷⁾. 디지털 휴먼은 사람처럼 보이고, 듣고, 말하며, 생각할 수 있는 가상의 존재로 정의될 수 있다. 본 기고에서는 디지털 휴먼을 기능적 및 속성적 측면으로 구분하고, 이들 기능을 다양한 관점에서 분석한다.

- 외형적 특성: 디지털 휴먼의 외형적 특성은 그들의 인간처럼 보이는 외모를 포함하며, 이는 전통적인 컴퓨터 그래픽스(CG)와 비전 기술로 구현될 수 있다. 또한, 메디컬 트윈이나 유사 기술을 통해 신체 내부 정보를 시각화하는 것도 포함된다.
- 지능적 기능: 인간 뇌의 활동을 모방하는 디지털 휴먼의 능력은 대화형 AI, 의사결정 지원 시스템, 감정 인식 및 반응 기능 등을 통해 구현될 수 있다. 이러한 기능들은 디지털 휴먼이 실제 인간과 유사한 상호작용을 가능하게 하는 핵심 요소이다.

생성형 AI 기술은 이러한 두 영역 모두에서 중요한 역할을 한다. 생성형 AI는 디지털 휴먼을 위한 더욱 사실적이고 다양한 시각적 및 행동적 특성을 생성할 수 있는 능력을 제공한다. 전통적인 CG 및 비전 기술이 수행하던 작업을 생성형 AI가 대체함으로써, 더욱 고도화된 시뮬레이션과 사용자 맞춤형 상호작용을 가능하게 한다. 이러한 기술적 통합은 디지털 휴먼이 외형 및 지능적 측면에서 실제 인간과 거의 구분할 수 없는 수준의 상호작용을 제공하며, 이는 다양한 응용 분야에서의 활용 가능성을 극대화한다.

〈그림 2〉디지털 휴먼의 기능과 속성



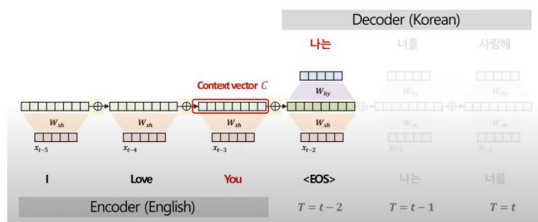
7) 이승욱 외, (2023), 메타버스 시대를 위한 생성형 AI 기반 디지털 휴먼 기술 동향 및 미래전망, 정보통신기획평가원

본 기고에서는 다음과 같은 분류로 기술 동향을 서술하고자 한다.

- Transformer⁸⁾로 대표되는 언어학습모델: 디지털 휴먼의 추론, 반응/상호작용(음성)과 관련된 역할 담당
- GAN, Diffusion 등의 영상 생성 기술: 디지털 휴먼의 속성 가시화 역할 담당
- 영역분리 등의 영상 인식 기술: 디지털 휴먼의 오감 센싱 역할 담당
- 모션 생성 기술: 디지털 휴먼의 외형 가시화 역할 담당

먼저 생성형 언어 모델의 발전과 인간의 지능 발달에 미치는 영향에 대해 논의한다. 언어는 인간 지능 발달의 핵심 요소로, 최근 개발된 언어 모델은 사람과 구별이 어려울 정도로 발전하였다. 특히, 챗GPT 4.0 모델은 이전 모델들에 비해 탁월한 추론 능력을 보여주고 있다. 초기 언어 모델의 개발은 RNN(Recurrent Neural Networks)⁹⁾과 같은 모델에 기반하였다. 이 모델들은 자연어 처리에서 기초적인 역할을 수행하면서 언어 이해의 기본적인 틀을 제공하였다. 이러한 모델들의 발전을 거쳐, 고정된 크기의 context vector를 사용하는 Seq2Seq(Sequence to Sequence)¹⁰⁾ 모델이 등장하였다. 예를 들어, 〈그림 3〉과 같이 “I Love You”라는 문장은 단일 context vector C에 포함되어 있으며, 이를 바탕으로 “나는 너를..”과 같은 문장을 단계적으로 복원하는 방식을 사용하였다. 그러나 단일 context vector를 사용하는 방식은 정보 손실과 표현의 제한을 초래하는 문제점을 가지고 있었다. 이를 해결하기 위해, 각 단어 간의 상호 연관성을 내적을 통해 계산하는 Attention 메커니즘이 도입되었다¹¹⁾. Attention 메커니즘은 각 단어의 중요도를 평가하고, 문맥에 따라 가중치를 조절함으로써 정보 처리의 정확도를 크게 향상시켰다. 이러한 발전의 정점에 서 있는 것이 Transformer 알고리즘이다. 구글에 의해 개발된 이 알고리즘은 대형 언어 모델의 핵심 구성 요소로 자리 잡았으며, 뛰어난 성능과 효율성으로 인해 현대 자연어 처리 분야에서 널리 사용되고 있다. Transformer의 핵심은 전체적인 문맥을 동시에 고려하는 동시적 처리 방식으로, 이는 기존의 순차적 처리 방식을 뛰어넘는 큰 진보를 의미한다

〈그림 3〉 고정된 크기의 context vector를 사용하는 Seq2Seq 방법의 한계



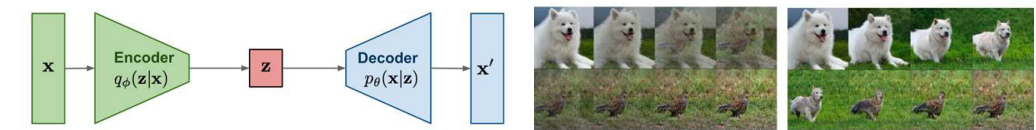
8) Vaswani et al, “Attention Is All You Need,” Advances in neural information processing systems (pp. 5998–6008), 2017
9) D. Rumelhart, et al, “Learning representations by back-propagating errors,” Nature, Vol 323, 1986
10) Ilya Sutskever, et. al, “Sequence to Sequence Learning with Neural Networks,” In Advances in Neural Information Processing Systems 27 (NIPS 2014).
11) Bahdanau, D, et, al, “Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate,” ICLR 2015

Transformer는 Positional Encoding, 스택 구조, 멀티-헤드 어텐션 및 정규화를 통해 문장의 장거리 의존성을 효과적으로 학습하는 능력을 갖추고 있다. 이러한 구조는 병렬 처리를 최적화하며, 다양한 언어 처리 작업에 효율적으로 적용될 수 있다. 챗GPT 모델은 Transformer 구조를 기반으로 하며, 추가적으로 인간의 피드백에서 학습하는 RLHF(Reinforcement Learning from Human Feedback) 방식을 통합하여 더 자연스러운 대화 생성 능력을 갖추었다. 이 기술은 디지털 휴먼이 실제 인간처럼 대화할 수 있도록 만드는 핵심 요소로 작용한다. 또한, 최근에는 파인 튜닝 및 프롬프트 확장을 통해 개별 사용자의 특성을 반영한 인격을 디지털 휴먼에 부여할 수 있는 방법도 개발되고 있다.

3D 디지털 휴먼 생성은 주로 유니티, 언리얼과 같은 고급 렌더링 엔진을 사용하여 3D 모델을 2D 영상으로 가시화하는 과정을 포함한다. 하지만 최근의 경향은 직접 2D 영상을 생성하는 방식으로 전환되고 있다는 점에서, 3D 모델링의 필요성이 점점 감소하고 있다. 생성형 AI 기술은 초기에는 ACGAN과 같은 알고리즘을 사용하여 작은 크기의 영상을 생성하는 것이 목표였다. 그러나 이후 ProgressiveGAN, BigGAN 및 StyleGAN과 같은 알고리즘이 개발되어 고해상도의 영상 생성이 가능해졌고, 이러한 모델들은 영상의 스타일을 학습 및 제어할 수 있는 능력을 보여주었다. 그리고 실제 응용 가능성을 높이기 위해 적은 데이터를 사용하는 연구가 진행되었으며, StyleGAN2 및 Differentiable Augmentation과 같은 기술이 개발되었다. 최근에는 Diffusion 모델이 대두되어, 이는 생성형 AI 연구의 주요 추세로 자리 잡고 있다.

VAE(Variational Auto-Encoder)¹²⁾는 입력 데이터를 그 데이터의 잠재적인 확률적 표현으로 매핑하는 인코더와, 이렇게 얻은 잠재적 표현을 사용하여 원본 데이터로 재구성하는 디코더로 구성된다. 이 모델은 입력 데이터 x 를 인코딩하여 잠재 공간의 확률 분포로 매핑하고, 이를 디코딩하여 입력과 최대한 같은 출력 데이터 x' 를 생성하는 과정을 반복한다. VAE의 중요한 특징은 잠재 공간이 부드럽게 구성되는 것이다. 이는 두 점 사이의 경로를 따라 샘플링할 때 다양한 특성을 가지는 이미지로의 부드러운 전환을 가능하게 하며, 프롬프트 기반 영상 생성에 있어 매우 유용하다. 이로 인해 두 점 사이의 경로를 따라 샘플링할 때 다른 특성을 가지는 영상으로 변경이 가능하다. 〈그림 4〉와 같이 일반적으로 매핑한 경우 한 샘플에서 다른 샘플로 이동하면 전혀 다른 특성을 가지는 샘플이 생성되지만 VAE의 경우는 원하는 형태의 제어가 가능하다.

〈그림 4〉 잠재 공간에서 영상 생성이 가능한 VAE

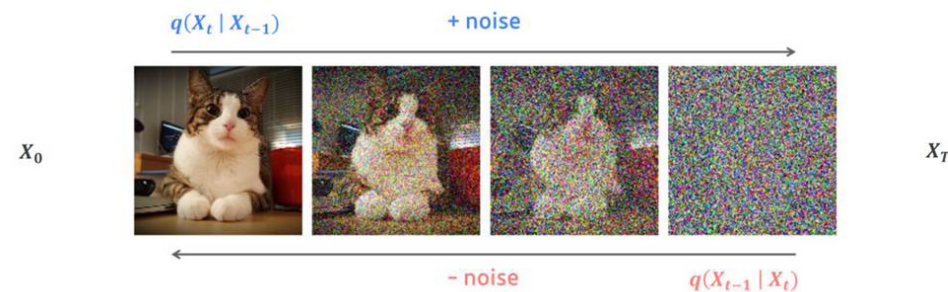


인코더 및 디코더로 구성된 VAE (좌) 픽셀 공간에서의 합성, (우)잠재 공간에서의 합성

12) Diederik P Kingma, et, al, “Auto-Encoding Variational Bayes,” arXiv preprint arXiv:1312.6114

2014년에 발표된 GAN은 두 개의 서로 적대적인 모델, 즉 생성자(Generator)와 판별자(Discriminator)가 상호 보완적으로 학습되는 구조를 가진다. 생성자는 판별자를 속이기 위해 점점 더 정교한 가짜 데이터를 생성하는 방향으로 학습되며, 반면 판별자는 생성된 데이터와 실제 데이터를 구분하는 능력을 향상시키기 위해 훈련된다. 이 과정은 최종적으로 생성자가 임의의 데이터 입력에 따라 현실적인 데이터 영상을 생성할 수 있을 때까지 반복된다. GAN은 그 고유의 적대적 학습 메커니즘이 복잡한 데이터 분포를 효과적으로 학습할 수 있게 해, 다양한 응용 분야에서 활용될 수 있다.

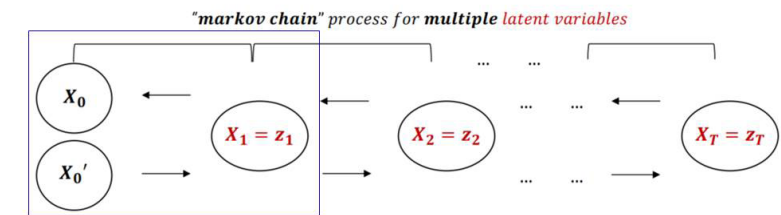
〈그림 5〉 디퓨전 과정과 디노이징 과정으로 이루어진 Diffusion 알고리즘



〈그림 5〉의 Diffusion은 원본 영상에 점진적으로 잡음을 추가하여 잡음이 혼합된 영상을 생성하고, 이후 디노이징 과정을 통해 잡음을 제거하여 원본 영상을 복원하는 방식으로 진행된다. 초기 입력 X_0 에서 시작하여, 각 단계 t 에서 잡음이 추가된 영상 X_t 를 생성한다. 이 잡음 추가 과정은 수학적 계산을 통해 이루어지며, 디노이징 과정은 학습을 통해 구현된다. 디퓨전 메커니즘은 VAE와 유사한 점이 많다. 예를 들어, 〈그림 6〉과 같이 디퓨전 과정을 한 단계만 진행할 경우, 이는 VAE의 작동 과정과 유사함을 볼 수 있다. 디퓨전은 다중 잠재 변수를 가진 마르코프 체인 프로세스¹³⁾로 정의될 수 있다. 이 과정에서 입력 X_0 에 노이즈를 추가하여 잠재 공간의 값 z_1 을 생성하고(인코딩), 이를 다시 디노이징하여 원본과 최대한 유사한 X_0' 을 복원한다(디코딩). 이와 같은 과정을 T 번 반복하는 것이 디퓨전의 핵심이며, 학습 방법과 손실 함수는 VAE와 유사하게 설정된다. 이렇게 잡음을 추가하고 제거하는 순차적 과정은 Denoising Diffusion Probabilistic Models(DDPM)로 알려져 있으며, 이 방법은 마르코프 체인을 따라 잡음을 추가하고 제거하는 작업을 반복한다. 이 과정은 모델을 학습하고 샘플링하는 데 상당한 시간이 소요된다. 한편, Denoising Diffusion Implicit Models(DDIM)은 X_t 가 직전 단계 X_{t-1} 과 초기 입력 X_0 에 의해 결정되는 비 마르코프 체인 프로세스를 사용한다. 이 접근 방식은 보다 신속한 영상 생성을 가능하게 한다.

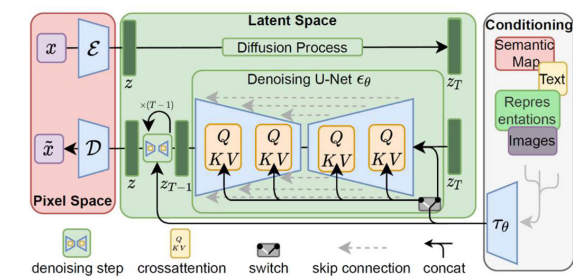
13) 소련의 수학자 마르코프(Andrei A. Markov, 1856- 1922)가 도입한 확률 과정의 일종으로, 각 시행의 결과가 바로 앞의 시행의 결과에만 영향을 받는 일련의 확률적 시행을 말한다. 마르코프 과정(Markov process)이라고도 한다.

〈그림 6〉 디퓨전과 VAE 과정 비교



Diffusion 기술은 뛰어난 성능을 보임에도 불구하고, 고도의 계산 요구량 때문에 실용적인 적용에 어려움을 겪어왔다. 특히, 많은 계산량 때문에 다양한 영상을 동시에 학습시키는 데 제한이 있었으며, 이는 영상 생성의 다양성을 저해하는 요인이 되었다. 그러나 〈그림 7〉의 Latent Diffusion 모델의 개발로 인해 이러한 계산 부담이 크게 줄어들었고, 더 많은 학습 데이터를 적용할 수 있게 되어 생성 영상의 다양성도 향상되었다. Latent Diffusion은 전통적인 픽셀 수준의 확산 대신, 규모가 상대적으로 작은 잠재 공간에서 확산을 진행하는 모델로, 이는 디퓨전 및 디노이징 과정의 시간을 단축시키는 장점을 가진다. 이 기술을 구현하여 오픈소스로 공개한 Stable Diffusion은 2022년 Stability.AI에 의해 Runway의 컴퓨팅 환경에서 58억 장의 텍스트-이미지 쌍 데이터로 CLIP 모델¹⁴⁾을 학습하여 개발되었다. Stable Diffusion 모델은 크게 세 부분으로 구성된다. 첫째, 사용자의 텍스트 입력은 CLIP을 통해 인코딩되어 숫자 데이터로 변환된다. 둘째, 이 인코딩된 데이터는 U-net 구조를 통해 처리되며, 여기서 다양한 디노이징 작업이 반복 수행된다. 이 과정에서 어텐션¹⁵⁾과 같은 기술이 적용되어 잠재공간의 값이 복원된다. 마지막으로, 이 잠재 벡터는 VAE의 디코더로 전달되어 고해상도 이미지로 디코딩된다. Latent Diffusion (Stable Diffusion) 모델의 핵심은 U-net에서 학습된 잠재 벡터가 곧바로 영상의 픽셀 값으로 변환되는 것이 아니라, VAE를 통해 인코딩된 후 고해상도 이미지로 변환된다는 점이다. 이로 인해 계산 효율성이 크게 향상되고, 다양하고 복잡한 이미지 생성이 가능해졌다.

〈그림 7〉 잠재 공간에서의 디퓨전 프로세스

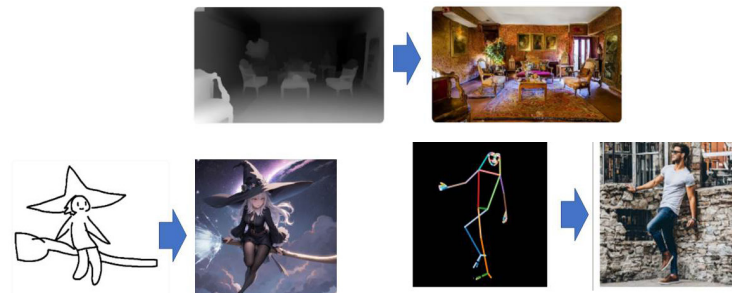


14) Alec Radford, et. al, "Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision," arXiv:2103.00020

15) 현재 주어진 상황을 확률적으로 모델링 했을 때 어떤 부분에 집중해야 하는지를 계산하는 방법으로, 각 단어간의 관계를 파악하여 중요한 정보에 집중하고 불필요한 정보를 무시하게 된다.

Stable Diffusion이 오픈소스로 공개된 이후, 많은 플러그인들이 개발되었는데, 그 중에서도 <그림 8>에서 보는것과 같은 ControlNet¹⁶⁾이 주목받고 있다. ControlNet은 복잡한 모델을 효과적으로 제어할 수 있는 신경망 구조로, 사용자가 원하는 추가 입력 조건을 통합하여 모델의 기능을 확장한다. 예를 들어, 사용자는 프롬프트 입력 외에도 간단한 컨트롤 정보를 제공하여 영상을 생성할 수 있는데, 이때 사용할 수 있는 컨트롤 정보에는 깊이 정보, 스케치 정보, 관절 정보 등이 포함될 수 있다.

<그림 8> ControlNet: 프롬프트와 간단한 컨트롤 입력을 통한 영상 생성

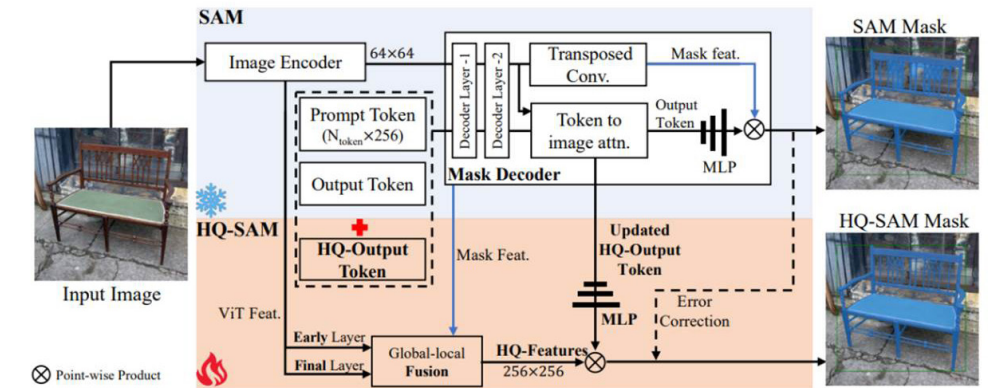


정지영상 생성 기술을 바탕으로 Runway의 Gen-1, Gen-2, 구글의 Phenaki, Dreamix, 그리고 메타의 Make-a-video 등과 같은 다양한 디지털 휴먼 생성 기술이 개발되고 있다. 특히 최근 OpenAI에서 개발한 SORA는 현실을 시뮬레이션하여 상당한 수준의 동영상상을 생성한다. 내부 소식통에 따르면 엔리얼 엔진을 이용하여 다양한 물리 시뮬레이션을 수행하여 사실적인 학습데이터를 생성하였다고 전해진다. 1분 영상을 제작하는 데 1시간 정도 소요되는 한계가 있다. 할리우드에서 실제 영화 제작에 사용하려는 시도가 있으나 아직은 제어성 문제(사용자의 의도를 정확히 반영하기 어려움)로 실제 적용에는 쉽지 않은 것으로 판단된다¹⁷⁾. 메타에서는 임의의 영상을 영역별로 분할할 수 있는 SAM(Segment Anything Model)을 개발하였다. 이 모델은 점(point), 박스(box), 그리고 텍스트(text) 입력을 통해 영상 내 특정 영역을 세밀하게 분할할 수 있는 능력을 갖추고 있으며, 영역분할의 기반 모델로 개발되었다. SAM은 추가적으로 고해상도 영상을 학습한 HQ-SAM과 동영상 트래킹에 특화된 TAM(Track Anything Model)으로 발전하였다. 또한, Stable Diffusion 기술과 결합하여 StableSAM이라는 향상된 모델도 개발되었다. 예를 들어, 기본 SAM 모델은 벤치의 세밀한 등받이 부분을 분할하는 데 제한이 있었지만, <그림 9>의 HQ-SAM은 이러한 세밀한 부분까지 분할할 수 있는 능력을 보여준다.

16) Lvmin Zhang, et. al, "Adding conditional control to text-to-image diffusion models," arXiv:2302.05543

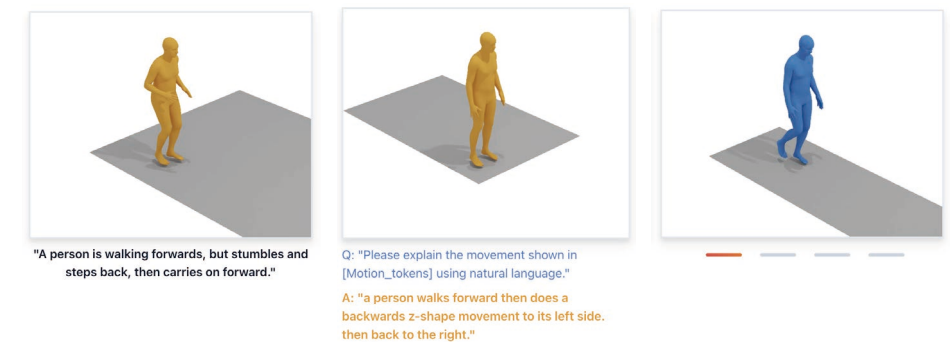
17) AITimes, <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=158946>

<그림 9> SAM과 HQ-SAM의 비교



MotionGPT¹⁸⁾는 사용자의 프롬프트를 기반으로 인간의 움직임 데이터를 생성하는 알고리즘으로, 다양한 모션 관련 기술들과 연계된다. <그림 1>0의 Text-to-Motion 기술은 텍스트 입력을 통해 인간의 동작을 합성하며, Motion-to-Text는 비디오 모션 데이터를 텍스트 설명으로 변환한다. 또한, Text-to-Text 기술은 동작과 관련된 텍스트를 생성하고, Motion Complete는 주어진 동작 데이터의 후속 부분을 완성하는 기능을 수행한다.

<그림 10> MotionGPT



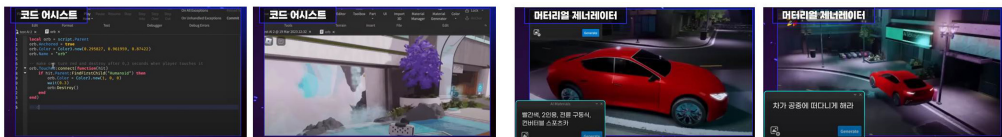
18) Biao Jiang, et. al, "MotionGPT: Human Motion as a Foreign Language," arXiv:2306.14795

03 생성형 AI와 메타버스 기술

메타버스는 다양한 콘텐츠 자산으로 구성된 가상 환경으로 정의될 수 있으며, 생성형 AI의 도움을 받아 사실적인 ‘사람’, ‘건물’, ‘배경’ 등의 시각적 자산을 생성한다. 이와 함께, 사용자 아바타 및 복잡한 성격과 행동을 가진 NPC(Non-Player Character)의 리얼리즘을 향상시킬 수 있다. 메타버스 산업이 최근 침체기를 맞이하면서, 생성형 인공지능(AI) 기술의 도입을 통한 새로운 활력을 찾고 있다. 메타는 인공지능을 적극적으로 활용하여 이미지, 비디오, 아바타, 그리고 3D 자산 생성 등의 분야에서 AI 기술을 도입 중이며, 이를 통해 메타버스의 장기적 목표를 추구하고 있다. AI는 메타의 기초 기술이자 중요한 전략으로 자리잡고 있다. 가장 중요한 부분은 생성형 AI가 콘텐츠 제작에 필요한 시간과 비용을 줄이면서, 다양한 메타버스 콘텐츠를 확보하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다는 점이다. 이러한 통합적 접근은 메타버스와 인공지능의 상호 보완적 관계를 강화하고 있다. 메타의 CTO 보즈워스에 따르면, 이러한 기술은 컴퓨터 그래픽에 대한 깊은 지식이 없는 사용자들도 3차원 공간을 구축하고, 메타버스 콘텐츠 생산에 참여할 수 있게 한다.

또한 로블록스는 <그림 11>과 같이 자연어로 입력된 동작 지시에 따라 코드를 자동 완성하는 코드 어시스트 및 텍스트 기반의 3D 콘텐츠 생성을 가능하게 하는 머터리얼 제너레이터를 개발하였다. 이러한 도구를 통해 사용자는 자동차와 같은 객체를 생성하고, 이를 변형하여 다양한 색상으로 변경하거나 하늘을 날게 하는 등의 기능을 손쉽게 수행할 수 있다. 이러한 발전은 기술의 접근성을 대폭 향상시키며, 메타버스의 경험을 더욱 풍부하게 만든다.

<그림 11> 로블록스의 코드 어시스트와 머터리얼 제너레이터



생성형 AI와 메타버스의 융합으로 생기는 세 가지 포인트를 정리하면 다음과 같다.

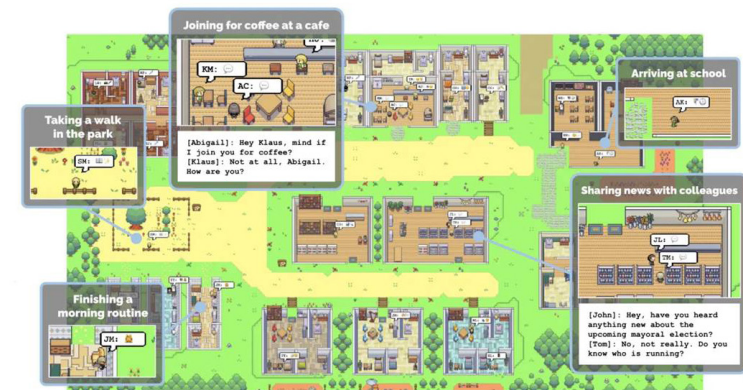
- 메타버스 제작의 진화: 생성AI를 통해 사용자가 직접 메타버스 콘텐츠를 설계하고 구현할 수 있는 환경이 조성됨. 프롬프트 입력을 통한 3D 객체 생성과 2D 이미지를 3D로 변환하는 도구의 등장으로, 메타버스의 제작 과정이 더욱 쉽고 빠르게 진행 가능
- 상호작용의 진화: 생성AI는 가상 인간과 NPC의 제작을 단순화하고, 이를 통해 현실과 가상 간의 자연스러운 상호작용을 가능케 함. 생성AI와 로봇의 통합으로 상호작용 방식이 더욱 혁신적으로 발전

- 가치 창출의 진화: 생성AI의 도입은 아바타와 IP에 새로운 생명력을 부여하고, 창의적인 크리에이터들이 자신의 상상력을 메타버스에서 실현하며 수익을 창출할 수 있는 환경을 마련

III — 디지털 휴먼을 이용한 안전 시뮬레이션

스탠퍼드대학교와 구글의 연구진은 <그림 12>와 같이 25개의 NPC가 있는 가상 마을 ‘스몰빌¹⁹⁾’을 만들고 각 캐릭터에게 성격, 취미, 기본 임무를 설정한 후 인공지능 챗봇 챗GPT와 연동하여 자율적으로 행동하고 대화하게 하였다. NPC 카페 주인 이사벨라는 밸런타인데이 파티를 개최하고 마을 사람들에게 알리는 임무를 수행했으며, 이사벨라의 초대로 NPC 에디와 마리아를 포함한 5명이 실제로 파티에 참여했다. 연구진에 따르면 이러한 과정에서 NPC들은 챗GPT를 활용해 서로 대화하고 과거의 대화 내용을 기억하며 상호작용하였다.

<그림 12> 미국 스탠포드대와 구글 연구진이 개발한 가상마을 ‘스몰빌’



이 예제는 개별 지능을 가진 AI NPC를 통한 사회활동이 가능함을 시뮬레이션하였다. 만약 각 NPC를 3D 캐릭터로 정의하고 공간을 3D로 확장하여 많은 군중을 한 장소에 넣고 화재, 지진 등의 재난 환경을 구축한다면, 실제 도시의 안전 문제를 시뮬레이션하여 다양한 사회문제를 해결할 수 있는 도시 건축 모델로 활용할 수 있을 것이다.

19) 스탠포드 대학교와 구글 연구진이 개발한 '스몰빌'(Smallville)은 AI 에이전트들이 가상마을에서 상호작용하며 사회적 행동을 연구하는 프로젝트다. 이 가상 환경은 AI의 인간 유사 행동 모델링과 성능 테스트를 위한 시뮬레이션을 제공한다. 연구 목표는 AI의 사회적 상호작용과 협력을 이해하고 개선하는 것이다.

IV ————— 결론

디지털 휴먼 기술과 생성형 AI의 기술적 발전은 기술의 통합을 통해 메타버스 내에서의 상호작용과 안전 시뮬레이션의 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 하고 있다. 디지털 휴먼과 메타버스의 통합을 통해 제공되는 가상 상호작용과 시뮬레이션은, 단순한 엔터테인먼트 차원을 넘어서 도시 계획과 안전 문제 해결에 있어 중요한 시사점을 제공한다. 특히, 이러한 기술들은 실제 세계의 복잡한 사회적 상호작용을 모델링하고 시뮬레이션하는 데 있어 뛰어난 잠재력을 보여주고 있으며, 이는 메타버스가 단순한 가상 공간을 넘어 사회적 상호작용과 문제 해결 플랫폼으로서의 가능성을 실현할 수 있다는 것을 보여준다. 더 나아가, 디지털 휴먼이 인간과 유사한 방식으로 상호작용하고, 복잡한 사회적 역할을 수행할 수 있도록 함으로써, 메타버스 내에서의 인간 경험을 깊이 있고 풍부하게 만들어준다. 인공지능이 주도하는 상호작용은 사용자에게 보다 사실적이고 몰입감 있는 경험을 제공하며, 가상 세계에서의 사회적 상호작용, 교육, 훈련, 심지어는 재난 대응 훈련 등 다양한 분야에 활용될 수 있다. 이는 메타버스가 단순히 디지털화된 공간이 아니라, 실제와 같은 사회적 상호작용과 개입이 가능한 새로운 차원의 공간으로 발전할 수 있는 가능성을 열어주고 있다.

이러한 기술의 통합과 발전은 특히 도시 안전 시뮬레이션과 같은 분야에서 중요한 역할을 할 수 있다. 가상 마을 ‘스몰빌’과 같은 시뮬레이션을 통해 구현된 디지털 휴먼은 실제 인간의 행동을 모사하면서 다양한 사회적 시나리오를 실험하고, 이를 통해 도시의 안전을 강화하는 데 필요한 정책과 절차를 개발하는 데 중요한 데이터와 통찰을 제공할 수 있다. 이는 가상 환경에서의 실험을 통해 실제 도시 환경에서 발생할 수 있는 다양한 사건에 더 잘 대비하고 대응할 수 있는 방안 마련에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- GPT-4, <https://openai.com/index/gpt-4/>
- Gemini 1.5, <https://deepmind.google/technologies/gemini/#introduction>
- Haoxuan You, et. al, (2023), FERRET: REFER AND GROUND ANYTHING ANYWHERE AT ANY GRANULARITY, <https://arxiv.org/pdf/2310.07704v1>
- Ian J. Goodfellow, et. al, Generative Adversarial Networks, arXiv:1406.2661
- Prafulla Dhariwal, et. al, Diffusion Models Beat GANs on Image Synthesis, NeurIPS 2021
- 이승욱 외, (2023), 메타버스 시대를 위한 생성형 AI 기반 디지털 휴먼 기술 동향 및 미래전망, 정보통신기획평가원.
- Vaswani et al (2017). Attention Is All You Need, Advances in neural information processing systems, pp. 5998-6008.
- D. Rumelhart, et.al (1986), Learning representations by back-propagating errors, Nature, Vol 323.
- Ilya Sutskever, et. al, Sequence to Sequence Learning with Neural Networks, In Advances in Neural Information Processing Systems 27 (NIPS 2014).
- Bahdanau, D, et. al, Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate, ICLR 2015
- Diederik P Kingma, et. al, Auto-Encoding Variational Bayes, arXiv preprint arXiv:1312.6114
- Alec Radford, et. al. Learning Transferable Visual Models From Natural Language Supervision, arXiv:2103.00020
- Lvmin Zhang, et. al, Adding conditional control to text-to-image diffusion models, arXiv:2302.05543
- AITimes, <https://www.aitimes.com/news/articleView.html?idxno=158946>
- Biao Jiang, et. al, MotionGPT: Human Motion as a Foreign Language, arXiv:2306.14795
- Joon Sung Park, et. al, Generative Agents: Interactive Simulacra of Human Behavior, arXiv:2304.03442

DAEJEON SEJONG FORUM



정담(情談)

인공지능 시대의 생성형 AI 활용법

대전·세종 STORY

/이정훈

대전디자인진흥원 도시디자인실장

/석명섭

세종특별시청 챗GPT동호회 회장

ISSUE&TALK

/이승환

국회미래연구원 연구위원

/김화선

배재대학교 주시경교양대학 교수

/정광진·조미경

대전세종연구원 연구위원

대전세종연구원 대전도시재생지원센터 팀원



대전디자인진흥원, 생성형 AI 기술과 디자인 혁신의 미래 탐구

이정훈 / 대전디자인진흥원 도시디자인실장

2020년 3월에 개원한 대전디자인진흥원은 우리나라 중부권(대전 · 세종 · 충청권) 디자인 산업 육성을 통한 지역경제 활성화를 목적으로 설립되어 다양한 디자인사업을 추진하고 있다. 미래 新산업 창출을 위한 디자인 혁신과 디자인 서비스 실천을 위한 과학기술과 디자인의 융합을 통한 지역의 경쟁력을 위해 △시민과 함께하는 사회적 가치 실현 △지속 가능한 도시 디자인 제고 △과학기술 융합 디자인 혁신 기반구축 △지역산업 디자인 경쟁력 강화 등 삶의 질 향상을 위한 고유목적 사업들을 진행하고 있다

대전디자인진흥원 주요 사업

첫 번째, 도시브랜드 분야 경쟁력 강화를 위한 지역 특성 살리기 사업을 위해 대전의 로컬을 '과학'으로 설정하고 로컬디자인(대표 브랜드 및 공공시설물 디자인)을 개발하여 유성구 공동 일원에 시설물 적용과 열린 창업문화공간을 조성하여 과학기술 기반 창업문화 확산을 위한 프로그램을 운영할 계획이다. 또한, 전통시장(중앙시장) 주변 편의시설 조성 및 환경개선(유니버설 디자인 적용)을 통한 전통시장 활성화, 도시경쟁력 제고를 위한 관광 콘텐츠 개발사업, 맞춤형 디자인 컨설팅 지원 및 디자인 정책을 발굴하고 있다.

두 번째, 산업디자인 경쟁력 강화를 위해 상품개발 전주기 지원사업으로 디자인-협업 지원 시스템 구축 및 과학기술과 융복합 디자인 개발 지원을 통한 디자인 기반 구축으로 디자인산업의 비즈니스 영역 확대를 도모하며 진흥원을 거점으로 한 미래 상품 기획 및 새로운 서비스 고도화 사업을 추진하고 있다. 이와 더불어, 지역 중소기업의 디자인역량 고도화, 디자인 인재 양성 및 발굴, 중소기업과 디자인전문 기업 간 상생협력 체제 구축, 지역 주력산업 디자인 고도화를 위한 지역 특화사업 발굴 등 지역디자인 산업 육성 및 경쟁력 강화를 위한 다각적인 지원 방안을 모색하고 있다.

생성형 AI 기술의 발전과 디자인 혁신

2022년 11월 생성형 AI 기술이 등장하면서 디자인 산업에도 혁신적인 변화가 일어나고 있다. 기존의 단순반복적인 디자인 작업 등을 자동화함으로써 창의적이고 전략적인 업무에 선택과 집중을 할 수 있도록 디자인의 역할을 재정립하며, 고객의 행동과 니즈를 분석한 데이터를 활용한 맞춤형 디자인을 제공하여 사용자 경험을 개선하는 데 기여하고 있다.

생성형 AI 기술의 등장은 급변하는 환경에 민감하게 반응할 수 있는 디자인 최적화를 도모하며 대규모 데이터 분석을 기반으로 맞춤형 디자인 개발을 유도할 수 있다. 이를 통해 클라우드 기반의 창의적 협업 촉진을 통한 지속 가능한 미래 디자인 산업으로 발전하고 있다.

대전디자인진흥원은 생성형 AI 기술의 활용도 증대를 위해 디자인사업화기반구축사업(산업통상자원부)의 일환으로 지난 4월 30일 '생성 AI 기술활용 디자인 혁신 세미나'를 개최하였다. 생성형 AI 기술의 최신 동향과 디자인에 적용한 성공 사례를 공유하여 디자인 전문가들의 역량을 강화하고 급변하는 환경에 민감하게 반응할 수 있는 기회로 마련했다.

DIDP



1부와 2부로 진행된 세미나는 디자인 관련학과 학생, 일반 디자이너, 디자인 전문 기업, 디자인 기여도가 높은 중소기업 등 약 250명이 참석했다. 1부에서는 김재업 (주)네이버 Search Creative X 이사 '생성형 AI와 인터페이스의 미래', 변사범 플러스 엑스 공동 창업자 & 고문의 '디자이너가 사용하는 생성형 AI'에 대한 발표가 진행되었다. 2부에서는 신명섭 플러스 엑스 공동 창업자 & 고문의 '생성형 AI를 통한 브랜드 경험 디자인', 전이안 컴파운드 컬렉티브 대표의 '생성형 AI를 활용한 영상 디자인 프로젝트 사례' 순서로 발표로 진행되었으며, 이번 세미나는 최신 생성형 AI 기술의 동향을 이해하고 효과적으로 디자인 프로세스에 적용하는 방법을 공유하는 자리였다.

대전디자인진흥원이 마련한 이번 세미나가 과학 기술과 디자인 융합을 통한 디자인 혁신 기반구축과 새로운 디자인 비즈니스 미래를 모색하기 위한 좋은 기회가 되었기를 바란다.

그 외 진흥원에서 추진하는 생성형 AI 기술 디자인 관련 사업으로 급속하게 발전하는 생성형 AI 기술과 디자인 혁신에 대응하기 위한 생성형 AI 기술을 디자인 프로세스에 적용하는 교육을 진행한다. 디자인 도구로 생성형 AI 기술을 활용할 수 있는 실습의 기회를 제공하며, 생성형 AI 기술을 통한 디자인 혁신 기반 구축을 목적으로 한다.

장기적으로는 대한민국 과학수도 대전의 실현을 위한 '생성형 AI 기술'을 주제로 디자인전시회를 개최할 예정이다. 국내외에서 활동하는 다양한 디자인 전문가, 디자인 기여도가 높은 기업들이 참여하여 생성형 AI 기술을 활용한 디자인계의 최신 트렌드를 공유하고 혁신적인 아이디어를 소개하는 기회가 되길 희망한다.



미래 디자인의 역할

생성형 AI 기술의 발전은 특히 디자인 분야에 많은 기회를 제공하는 동시에 새로운 숙제를 안겨주었다. 과학기술의 발전으로 디자인의 미래는 더 효과적이고 효율적이며, 더 최적화되는 등 혁신적인 방향으로 급속도로 발전할 것이다. 이젠, 생성형 AI 기술은 더 이상 미래의 기술이 아니라 디자인 산업의 필수적인 부분이다. 대전디자인진흥원은 산업 간 협력 및 전문 인력 양성을 위한 교육 프로그램 운영 등 디자인 산업의 새로운 방향과 과학기술의 변화를 선도하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

대전디자인진흥원 일반 개요

주소 : 대전광역시 유성구 테크노중앙로 227
(탑립동, 대전디자인진흥원)

전화 : 042-930-7801

홈페이지 : <https://www.didp.or.kr>

didp_official

QR코드를 통해 뉴스레터를
신청해주시면 대전디자인진흥원
최신 소식을 받아보실 수 있습니다.



세종시청 챗GPT 동호회의 발자취와 미래

석명섭 / 세종특별시청 챗GPT동호회 회장

동아리 소개 및 창립 배경

세종시청 챗GPT 동호회는 2023년 4월, 인공지능 기술에 관심 있는 직원들이 뜻을 모아 창립하였습니다. 저는 평소 과학기술에 관심이 많았고, 업무 특성상 신기술을 접할 기회가 많았습니다. 특히 2022년 12월 ChatGPT의 출현은 제게 커다란 충격을 주었죠. ChatGPT를 활용해 보면서 인공지능 기술이 가져올 패러다임의 변화를 실감할 수 있었습니다.

저는 이런 인공지능 기술을 공무원 사회에 도입한다면 업무 효율성 향상과 삶의 질 개선에 크게 기여할 수 있으리라 확신했습니다. 하지만 혼자서는 한계가 있었죠. 그래서 같은 뜻을 가진 동료들과 함께 챗GPT 동호회를 만들어, 인공지능 기술의 활용을 함께 모색해보기로 했습니다.

동호회 초기에는 6급 이하 실무 주무관 10명 정도로 출발했지만, 지금은 과장급 이상도 참여하는 15명 규모의 동호회로 성장했습니다. 처음에는 ChatGPT를 재미로 활용하고 개인적인 역량 향상에 주력했다면, 이제는 행정 업무에 실제로 적용하기 위한 방안을 함께 고민하고 있죠. 더 나아가 인공지능 분야의 최신 트렌드와 미래 전망까지 학습하며, 다방면으로 역량을 확장해나가고 있습니다.

주요 활동 및 프로젝트

매월 셋째 주 수요일 저녁, 동호회 회원들이 모여 인공지능 관련 뉴스를 공유하고 최신 트렌드를 논의합니다. 회장인 제가 다양한 활용 사례를 소개하면 회원들은 개인 노트북으로 실습에 임하죠. 이미지 생성, 복잡한 계산, 파이썬 코드 실행 등 ChatGPT의 진화하는 기능을 함께 경험하며 인공지능 기술의 발전 속도에 놀라곤 합니다. Suno.ai로 동호회 노래를 만들고 이상의 시를 노래로 재탄생시키는 과정은 큰 호응을 얻었습니다.

하지만 순탄하지만은 않았습니다. ChatGPT 고급 활용을 위해 파이썬 공부를 다 같이 시작했을 때, 동호회는 위기를 맞이했습니다. 프로그래밍 언어라는 높은 진입 장벽 앞에서 많은 회원들이 좌절하고 탈퇴하겠다고 하셨죠. 동호회 회장으로서 회원들의 의견을 모아 좀 더 쉽고 흥미를 가질수 있는 방향으로 선화하였습니다. 포기하지 않고 함께 노력하면 결국 해낼 수 있다는 믿음으로 한 걸음 한 걸음 나아갔습니다.

그 결과 동호회는 더욱 단단해졌습니다. 어려움을 함께 극복한 회원들 사이에는 끈끈한 유대감이 형성되었고, 배움에 대한 열정도 더해졌습니다. 현재는 월 2회로 모임 횟수를 늘려 회원들의 편의성을

C

H

A

T

G

P

T

높였으며, 서기와 재무를 담당한 동호회 임원들의 도움으로 여기까지 오게 되었습니다. 어려움을 기회로 만든 저희의 경험은 인공지능이라는 새로운 영역을 개척하는 과정에서 마주할 수많은 도전들을 이겨낼 원동력이 될 것이라 생각합니다.

동아리의 성장과 발전

공무원의 특성상 상·하반기 인사 이동으로 회원의 변동이 잦았지만, 그때마다 신규 회원을 영입하며 동호회의 역동성을 높였습니다. 초기 3명을 제외한 대부분의 회원이 새로운 얼굴들로 채워졌지만, 오히려 교육 동호회로서의 정체성을 확립하는

게기가 되었죠. 매번 새로운 회원들을 맞이하며 챗GPT의 기본 기능부터 차근차근 알려주는 과정이 반복되었지만, 이는 동호회의 교육 목적을 다지는 소중한 경험이었습니다.

시간이 지나며 동호회의 위상도 조금은 높아진 듯합니다. 초창기에는 챗GPT에 관심 있는 소수의 직원들이 자발적으로 모인 작은 모임에 불과했지만, 이제는 세종시청 내에서 인공지능 기술의 가능성을 모색하는 핵심 구심점으로 자리매김했습니다. 강연 요청이 늘어나고 타 부서와의 협업 기회도 확대되면서, 동호회 활동의 폭이 크게 넓어졌죠. 이러한 변화는 회원들에게 자부심과 책임감을 불어넣었고, 동호회의 지속적인 발전 동력이 되었습니다.

2 0 2 3 년 동 호 회 의 첫 신 호 탄



게시물 번호	110986		
제목	세종시 공무원을 위한 'ChatGPT 마니아' 동호회와 함께하세요		
조회수	693		
작성자	경제정책과 석명섭	게시기간	영구
등록일자	2023.04.19 10:04:44	최종수정일자	2023.04.19 10:33:43
내용	안녕하세요, 세종시 공무원 여러분! 비즈니스 및 개인 목적으로 ChatGPT를 사용하는 방법에 대해 배우고 공유하는 데 관심이 있습니까? 혼자 고민하지 마세요! 세종시 공무원을 위한 'ChatGPT 마니아클럽'과 함께 하실분을 모집합니다. 아시다시피 ChatGPT는 OpenAI에서 개발한 강력한 AI 언어 모델로 연구, 문서 초안 작성, 아이디어 생성 등과 같은 다양한 작업을 지원할 수 있습니다. 이 클럽은 ChatGPT의 잠재력을 배우고, 공유하고, 탐구하여 일이 아닌 개인 삶을 증진시키고 싶은 분들과 함께할 예정입니다. 제가 생각하는 동호회 활동을 다음과 같습니다. 1. 지식 공유 및 네트워킹을 위한 정기 모임 2. ChatGPT 애플리케이션 및 모범 사례에 대해 배울 수 있는 대화식 워크숍 3. ChatGPT의 기능을 테스트하고 보여주는 협업 프로젝트 4. AI 및 ChatGPT 분야 전문가 초청 연사 세션 5. 지속적인 토론과 협업을 위한 온라인 포럼 구체적인 실행계획은 참여자들과 함께 만들어가고 싶습니다. 이 흥미진진한 여정을 함께 하고 싶으시면 저에게 쪽지나 메신저 주세요. (경제정책과 석명섭, 내선 번호 4062) 새로운 영웅은 언제나 환영입니다		

내외부의 인식도 크게 달라졌습니다. 생소했던 챗GPT가 이제는 대중적인 관심사로 떠올랐고, 세종시 유일의 챗GPT 동호회로서 그 가치를 인정받고 있습니다. 초기에는 생성형 AI에 대한 부정적 인식으로 동호회 활동에 제동이 걸리기도 했지만, 꾸준한 노력으로 차츰 인식의 전환을 끌어냈습니다. 이제는 챗GPT 활용에 대해 부서 간 문의가 이어질 정도로, 긍정적 변화가 확산되고 있음을 실감합니다.

AI 기술과 공공 관리의 접목

중앙부처와 지자체 등 공공기관에서 생성형 AI의 활용 방안을 모색하는 가운데, 세종시 챗GPT 동호회는 시정 방향에 도움을 주고자 고민하고 있습니다. 민원 응대, 정책 수립, 데이터 분석 등 행정 업무 전반에 걸쳐 인공지능 기술을 접목할 수 있는 방안을 연구하고 있죠. 동호회 회원들의 아이디어와 경험을 바탕으로 세종시 행정 혁신을 위한 제언을 준비 중입니다.

행정안전부 역시 정부혁신의 일환으로 인공지능을 업무에 활용할 것을 권장하고 있어, 우리 동호회의 역할이 더욱 막중해졌습니다. 중앙부처의 정책 방향과 발맞추어 지자체 차원에서 인공지능 기술을 어떻게 도입하고 확산시킬 수 있을지 논의하고 있습니다. 또한 타 지자체와의 교류를 통해 우수 사례를 공유하고 세종시의 특성에 맞는 인공지능 활용 모델을 정립해 나갈 계획입니다.

미래 계획 및 비전

올해 하반기부터는 회원들의 역량 강화에 주력할 계획입니다. '레드팀((가칭) 챗GPT 명탐정 사무소)'을 구성해 업무상 문제 해결을 위한 ChatGPT 활용 전담팀을 운영하려 합니다. 세종시청 내 각 부서에서 업무상 애로사항이나 개선이 필요한 부분을 신청 받아, 동호회 회원들이 챗GPT를 활용해 해결 방안을 모색하고 제시하는 것이죠. 이를 통해 인공지능 기술의 실질적인 행정 적용 사례를 만들어가는 한편, 회원들의 문제해결 능력도 한층 끌어올릴 수 있을 것입니다. 연말에는 이러한 성공 사례를 공유하는 자리를 마련해 공무원 조직 전반의 인공지능 활용 업무 역량 제고에 기여하고자 합니다.

또한 타 기관 인공지능 동호회와의 교류도 확대할 예정입니다. 중앙부처, 지자체, 공공기관 등 인공지능 기술 도입에 관심 있는 동호회들과 정기적인 모임을 갖고, 서로의 경험과 노하우를 공유할 수 있는 장을 마련하려 합니다. 이는 동호회 간 벤치마킹과 협력의 기회가 될 뿐만 아니라, 공공분야 인공지능 활용의 외연을 넓히는 데에도 기여할 수 있을 것입니다. 나아가 민간 기업 및 학계와도 적극적으로 소통하며, 최신 기술 동향을 파악하고 협업의 가능성을 타진해 보고자 합니다.

무엇보다 챗GPT 동호회가 세종시청 내 인공지능 기술 활용을 선도하는 구심점이 되도록 노력하겠습니다. 아직 생성형 AI 활용을 부정적으로 보는 시선도 있지만, 인공지능 시대의 도래는 불가역적 흐름입니다. 이에 동호회 차원에서 인공지능 기술에 대한 올바른 이해와 활용 방안을 지속적으로 알리고, 공무원들이 업무에 적극 활용할 수 있도록 독려하는 한편, 필요한 교육과 지원도 병행해 나가고자 합니다. 이러한 노력들이 모여 세종시가 인공지능 기술을 선도적으로 도입하고 활용하는 선도 도시로 발돋움하는 데 일조할 수 있기를 희망합니다.



챗 G P T 레드팀 모집 공고



생성AI가 만든 가짜, 딥페이크(Deepfake)

이승환 / 국회미래연구원 연구위원

생성AI로 진화하는 딥페이크

나도 알지 못하는 사이에 나의 모습과 음성이 디지털로 도용되고 있다면 놀라지 않을 수 없을 것이다. 이러한 일은 이제 실제로 일어나고 있다. 펜실베이니아 대학에 재학 중인 올라 로이에크는 자신의 딥페이크(Deepfake) 영상이 중국판 인스타그램인 리틀 레드북(Little Red Book)에 유포되고 있다는 것을 알게 됐다. 로이에크는 자신과 똑같은 모습을 한 여성이 자신은 우크라이나에서 태어나고 자랐으며, 러시아는 세계 최고의 나라라고 말하고, 푸틴 러시아 대통령을 칭찬하는 영상을 보고 모욕감을 느꼈다고 언급했다. 물론 그녀는 실제로 그런 말을 하지 않았으며 앞으로도 하지 않을 것이라

고 워싱턴 포스트와의 인터뷰에서 강조했다. 딥페이크(Deepfake)는 AI 기술의 일종인 딥러닝(deep learning)과 가짜를 뜻하는 페이크(Fake)의 합성어다. AI 기술을 이용하여 만든 진위를 구별하기 어려운 가짜 이미지, 영상 등 디지털 합성물을 뜻한다.

2016년 알파고와 이세돌의 대국 이후에 딥러닝 방식이 주목받으며 활용되기 시작했고, 가짜 디지털 합성물 제작에도 딥러닝이 활용되기 시작하며 딥페이크가 유포되었다. 과거에도 있던 딥페이크가 왜 지금 주목받는 것일까? 생성 AI의 등장과 확산으로 인해 딥페이크가 빠르게 진화하고 있기 때문이다. 생성 AI 시대의 딥페이크는 이전 딥러닝 기술



D E E P

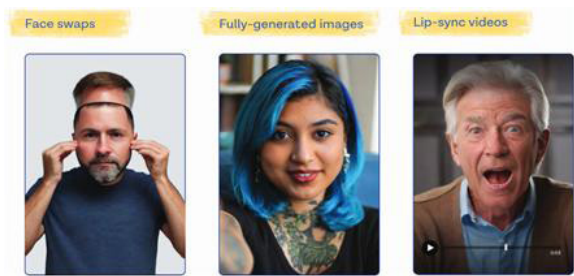
에 비해 훨씬 더 정교하고 사실적이다. 트랜스포머라는 새로운 알고리즘과 방대한 학습 데이터를 활용하여 원본과 구분하기 어려울 정도로 고품질의 딥페이크를 생성할 수 있게 되어 진위를 판단하기가 더욱 어려워졌다. 또한, 과거에는 딥페이크 생성에 많은 시간과 전문적인 기술이 필요했지만, 최근에는 생성 AI라는 사용자 친화적인 도구와 인터페이스 덕분에 일반 사용자들도 쉽고 빠르게 딥페이크를 만들 수 있게 되었다. 이는 딥페이크의 대중화를 가속화하고 있다. 이제는 누구나 생성 AI 기반의 도구를 활용하여 자신이 만들고자 하는 디지털 합성물을 자연어 방식의 프롬프트(Prompt)로 명령하면 AI가 생성한다. 2024년 3월, 챗GPT 개발사인 오픈AI는 15초 분량의 음성을 활용해 딥페이크 목소리를 만들어 내는 AI 모델을 소개했다. 대상이 누구든 15초의 목소리만 있으면 가짜 목소리를 만들 수 있는 것이다. 일레븐랩스 등 이러한 생성 AI는 이미 활용되고 있다. 또한, 2024년 4월, 마이크로소프트는 사진과 음성 샘플을 업로드하면 실시간으로 대화하는 얼굴을 생성할 수 있는 새로운 AI 모델 'VASA-1'을 발표했다. 사진 1장, 음성 샘플로 누구나 딥페이크를 만들 수 있는 세상이 열린 것이다. 딥페이크의 확산은 수치로도 증명되고 있다. 방송통신심의위원회는 2024년 1~4월까지 미디어 콘텐츠를 모니터링했고 4,691건의 딥페이크 관련 영상물에 시정 요구를 했다. 이는 전년 대비 400% 증가한 수치이다.

F A K E

질어지는 딥페이크의 그림자

생성AI 기술의 발전으로 딥페이크가 진화하며 피해 사례가 속출하고 있다. 2024년 1월, 세계적인 팝스타 테일러 스위프트의 딥페이크(deepfake) 음란 이미지가 SNS 서비스 X에서 유포되었다. X가 뒤늦게 해당 이미지를 차단했지만, 이미 4,700만 회가 조회되고 다른 SNS 플랫폼으로 공유되었다. 딥페이크를 연구하는 워싱턴대 컴퓨터과학 교수 오런 에치오니는 “인터넷의 그늘에는 늘 다양한 종류의 포르노가 존재해 왔으며 앞으로 우리는 AI가 생성한 노골적인 이미지의 쓰나미를 맞게 될 것”이라고 경고했다.

정치 분야에서도 딥페이크가 기승을 부리고 있다. 2023년 5월에 치러진 튀르키예 대선에서는 투표를 앞두고 야당 후보가 테러 집단의 지지를 받는다는 내용의 딥페이크 영상이 유포되었고, 이 조작된 영상이 집권당의 승리에 상당한 영향을 미친 것으로 밝혀졌다. 같은 해 9월 슬로바키아 총선에서도 유사한 사건이 발생했다. 투표 이틀 전, 친미 성향의 야당 대표가 선거에서 이기기 위해 소외 계층인 로마족에게 금전적 지원을 해야 한다는 발언이 담긴 음성 파일이 공개되었다. 비록 이 음성 파일이 곧바로 가짜로 밝혀졌지만, 이미 집권당의 승리에 상당한 영향을 끼친 것으로 나타났다. 2024년은 전 세계 76개국에서 선거가 이루어지는 이른바 '슈퍼 선거' 해로 관련한 이슈가 계속 발생할 가능성이 높다. 정치적 양극화와 혐오 분위기를 조장하여 허위 정보를 유포하거나, 상대 후보를 비방하는 딥페이크 영상을 제작하는 네거티브 선거운동이 늘어날 수 있다.



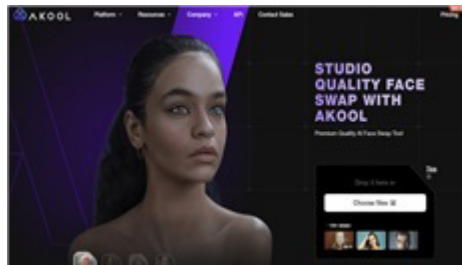
AI 프롬프트 기반의 딥페이크 생성
출처 : ONFIDO(2024), "IDENTITY FRAUD REPORT 2024"

딥페이크의 대상 범위도 연예, 정치 분야에서 일반 기업, 투자 등으로 다변화되고 있다. 2024년 2월, 홍콩의 한 다국적 금융기업 직원이 딥페이크 기술을 이용한 정교한 사기 수법에 속아 340억 원에 달하는 거액을 도난당한 사건이 발생했다. 해당 직원은 영국 본사의 최고재무책임자(CFO)를 사칭한 이메일을 받았으며, 거액의 자금을 이체할 것을 요구받았다. 처음에는 의심했지만, 회사 동료들과의 화상회의에서도 같은 지시를 받자, 의심을 거두고 해당 금액을 송금한 것이다. 사기꾼들은 딥페이크 기술을 이용해 CFO뿐만 아니라 화상회의에 참석한 모든 동료의 모습과 목소리를 완벽하게 모방했고 피해 직원은 일주일 후에야 본사에 확인하고 사기당한 사실을 알아챘다. 홍콩 경찰은 유사한 시기 적발된 딥페이크 사기 사건이 최소 20건에 이른다고 밝혔으며, 또 다른 사기 일당은 분실 신분증을 도용해 만든 딥페이크 이미지로 수십 건의 은행 대출을 받는 사건도 발생했다. 이는 딥페이크 기술이 범죄에 악용될 경우 얼마나 큰 피해를 초래할 수 있는지 보여주는 대표적인 사례다. 딥페이크는 이제 일상 속 범죄 수단으로 자리잡아 가고 있다.

딥페이크를 활용한 투자사기도 발생하여 피해가 커지고 있다. 2023년 9월부터 유명인을 사칭한 투자 권유 광고가 유튜브, 인스타그램 등 SNS에서 확산되었다. 피해자들은 범죄집단이 제공한 인터

넷주소 링크를 통해 카카오톡, 네이버 밴드, 텔레그램 등으로 입장한 후 투자 관련 정보를 제공받다가 범죄집단이 개설한 계좌에 입금하였다. 6개월간 발생한 피해 금액은 1조 원 규모로 추산되고 있다. 유명 연예인의 얼굴과 음성을 조작한 가짜 영상을 활용해 투자를 권유받기도 했다. 영상 속에는 유명 연예인들이 각각 자신의 이름을 직접 말하며 투자 행사 개최에 감사하다고 말하자 일반인들은 이를 믿고 투자한 것이다. 워렌 버핏은 2024년 5월, 연례 주주총회에서 AI를 활용해 본인뿐 아니라 유명인의 이미지와 목소리를 복제하는 딥페이크의 위험성을 지적했다. 그는 “AI를 활용해 만든 이미지와 영상이 매우 설득력이 있어서 진짜인지 아닌지 구별하기가 사실상 불가능하다.”라고 언급하며 AI가 만든 자신의 이미지에 대해 “우리 가족도 가짜라고 알아내기 어려웠을 것이며, 나조차도 어느 이상한 나라에 있는 가짜 나 자신에게 돈을 송금할 것”이라고 말했다.

일반인들도 딥페이크의 대상자가 되고 있다. 워싱턴 포스트에 따르면, 미셸 제인스는 신혼여행을 하던 도중 자신의 얼굴이 한 유튜브 광고에 무단도용되고 있다는 사실을 알게 됐다. 그는 남성 호르몬 치료제 광고에 자신과 똑같이 생긴 얼굴이 등장한 것을 본 것이다. 딥페이크의 대상이 연예인과 정치인을 넘어 일반인들에게로 확대되고 있다.



AKOOL AI
출처 : [HTTPS://AKOOL.COM/APPS/FACESWAP](https://akool.com/apps/faceswap)



마이크로소프트의 VASA-1
자료 : [HTTPS://WWW.MICROSOFT.COM/EN-US/RESEARCH/PROJECT/VASA-1/](https://www.microsoft.com/en-us/research/project/vasa-1/)

딥페이크의 위험에 대비하자

딥페이크가 항상 나쁘게만 활용되는 것은 아니다. 영화나 광고 등 엔터테인먼트 산업에서 딥페이크 기술을 활용하면 제작비용과 시간을 절감할 수 있다. 예를 들어 사망했거나 고령인 배우의 모습을 딥페이크로 재현하거나, 위험한 장면을 가상으로 연출할 수 있다. 또한, 오래되고 손상된 사진이나 영상을 딥페이크 기술로 복원하고 보존할 수 있어 역사적 인물이나 사건의 모습을 생생하게 재현함으로써 교육적 가치를 높일 수 있다. 개인의 취향과 특성에 맞춘 맞춤형 콘텐츠 제작에도 딥페이크가 활용될 수 있다. 개인의 얼굴을 애니메이션 캐릭터에 합성하거나, 개인의 목소리로 오디오북을 제작하는 등 새로운 경험을 제공할 수 있다. 중요한 것은 기술 자체가 아니라 그것을 어떻게 사용하는가이다. 딥페이크 기술의 바람직한 활용 방안에 대한 사회적 논의와 합의가 필요한 시점이다.

딥페이크의 위험을 줄이고, 올바른 활용을 위해 기술적, 사회·제도적 측면에서의 노력이 필요하다. 먼저, 기술적 측면에서 딥페이크 탐지 기술 고도화가 요구된다. 인텔은 페이크 캐처(FakeCatcher)로 알려진 실시간 딥페이크 탐지 기술을 개발했으며 이 기

술은 96%의 정확도로 가짜 동영상을 감지한다. 악용된 딥페이크를 빠르게 판별하여 대처할 수 있는 기술 역량 확보가 필요하다. 향후 딥페이크 관련 기술은 창과 방패의 대결 구도로 진행될 가능성이 높아 오용을 줄이기 위한 민관의 선도적 연구개발이 필요하다. 사회적으로는 AI 리터러시 교육, 딥페이크 피해 사례 전파 등을 통해 사람들이 딥페이크를 인지하고 대처할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 이를 통해 개인이 스스로 정보를 판단하고 검증하는 능력을 키울 수 있도록 지원하고 공개적인 토론과 인식 제고 캠페인을 통해 딥페이크 기술의 존재와 영향력에 대한 사회적 이해를 높이는 방안도 필요하다. 제도적 개선 방안도 검토해야 한다. 국내의 경우 2023년 10월 기준 딥페이크 기술을 활용한 음란물이 3년 2개월간 9,000건을 넘겼지만, 콘텐츠 삭제는 5%에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 딥페이크의 판별과 함께 빠른 삭제로 피해를 최소화할 필요가 있다. 또한, 현재 딥페이크 기술에 대한 처벌 규정은 성 착취물 제작이나 선거운동 활용 금지 중심으로 이루어지고 있어 딥페이크를 악용한 사기에 대한 별도의 법률이나 규제를 마련하는 방안도 검토해야 한다.

인공지능 시대의 글쓰기

김화선 / 배재대학교 주시경교양대학 교수



M

달라진 일상의 풍경들

영국의 SF 소설가이자 미래학자인 아서 C. 클라크가 남긴 말처럼, 우리는 이제 “충분히 발달한 과학기술”과 마법을 구분하기 어려운 현실에 직면해 있다. 시리나 빅스비와 같은 가상비서는 물론이고 방대한 양의 데이터를 기반으로 인간의 언어를 이해하고 창의적인 결과물까지 생산해 내는 생성형 AI가 ‘광범위한 유용성’을 바탕으로 일상의 풍경을 바꿔놓고 있다. 누구나 편리하게, 다양한 분야에서 원하는 결과물을 얻기 위해 OpenAI에서 개발한 챗GPT(ChatGPT, Generative Pre-trained Transformer)와 구글의 인공지능 챗봇 제미니(Gemini), MS의 검색엔진 Bing(Bing) 등을 이용하는 모습은 말 그대로 평범한 삶의 일부가 되었다. 그러니 생성형 AI가 그린 그림이 공모전에서 수상을 했다는 뉴스나 AI가 작곡을 하고 영화를 만들고 소설까지 창작했다는 소식은 더 이상 낯설지도 놀랍지도 않은 일이 된 것이다.

R

T

I

N

G

하지만 챗GPT를 비롯한 생성형 인공지능이 마치 르네상스적 지식인처럼 예술과 과학 분야를 아우르며 주목받고 있는 상황에서 우리는 좀 더 근본적인 질문을 던져야만 한다. 생성형 인공지능이 인간의 영역에 포함되고 믿었던 예술 창작과 같은 창의적인 활동까지 넘보는 현실일수록 과연 예술이란 무엇이고 또 예술이란 어떤 존재인가를 먼저 고민할 필요가 있기 때문이다. 그런 의미에서 기계가 인간의 언어를 이해하고 인간과 대화하며, 인간이 원하는 글쓰기 결과물을 산출하는 생성형 인공지능의 시대에 글쓰기의 본질이 무엇인가를 사유하는 일 또한 인간 혹은 인간다움의 의미를 묻고 따지며 도구와 인간의 차이를 살피고 기술문명의 특성을 성찰하는 작업이 될 것이다.

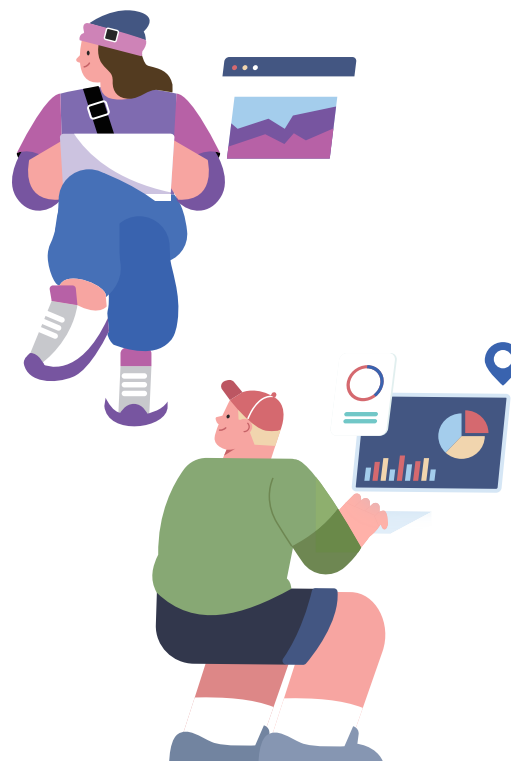
인공지능시대와 글쓰기의 관계

본래 글쓰기란 “생각이나 사실 따위를 글로 써서 표현하는 일”을 가리키지만 실제로는 관점에 따라 글쓰기의 의미를 다양하게 이해할 수 있다. 가령 피터 엘보는 표현주의적 입장에서 글을 쓰는 관습이나 규칙에 얽매이지 말고 자기의 목소리를 찾아가는 과정이 곧 글쓰기이며 개인적인 것을 바탕으로 글을 쓰면서 타자, 사회와 소통한다고 주장한 바 있다. 과정 중심 글쓰기 이론으로 유명한 린다 플라워는 글쓰기를 목표 지향적인 문제 해결 과정으로 이해하고 그러한 글쓰기가 사회적·수사적 맥락 안에서 구성된다는 점을 강조하기도 했다. 덧붙여 프랑스의 철학자 미셸 푸코가 글쓰기는 결과가 아니며 표현이라는 테마를 벗어난 “실천”이라고 규정한 사실까지 기억해본다면, 글쓰기가 결과물로서 ‘글’이라는 명사(名詞, noun)적 차원이 아니라 의미를 구성하고 타자와 소통하는 동사(動詞, verb)의 범주에 속한다는 사실을 알 수 있다.

사람들은 흔히 챗GPT와 같은 생성형 인공지능을 효율적으로 “잘 활용”하라고 말하지만 이는 글쓰기 대신 글에 주목한 채 인간을 우위에 두고 과학기술 시대를 바라보는 입장에 설 때에 가능한 생각이다. 글쓰기를 둘러싼 구조의 변화, 글을 쓰는 필자와 타자, 나아가 세계와 소통하는 글쓰기의 성격, 자신의 목소리를 찾아 성찰하며 성장해 가는 글쓰기의 의의를 종합적으로 고려할 때에는 단지 생성형 인공지능을 쓸모 있게, 적절히 사용하라는 메시지를 수동적으로 받아들이는 자세에서 벗어나야 한다는 사실을 깨닫게 될 것이다. “충분히 발달한 과학기술” 시대를 맞아 등장한 생성형 인공지능을 두려움의 대상으로 바라보며 인간의 글쓰기가 끝났다고 단정해서도, 단순

히 활용의 문제로만 치부해서도 안 될 것이다. 글쓰기는 결국 과학기술시대를 살아가는 인간이 기술 혹은 기술이 만들어낸 대상들과 어떻게 양상불을 이루며 협력해 나갈 것인가를 보여주는 점에서 인간과 도구의 관계, 인간적인 행위의 의미와 인간의 사유가 지니는 가치 등을 숙고하도록 이끌어준다.

그렇다면 먼저 챗GPT가 생성형 언어모델이다 보니 챗GPT가 만들어낸 문장이 참인지, 거짓인지를 판단할 수 없는 환각 증상에 빠지기 쉽고, 편견과 오류를 그럴듯한 문장으로 생성해 내는 “확률적 앵무새”에 불과하다는 경고를 떠올려보자. SF 소설가 테드 창이 챗GPT는 “Web의 흐릿한 JPEG”라고 지적한 한계 역시 이와 관련되는데, 챗GPT가 제시하는 문장의 의미가 그저 근사치에 불과하고 민감한 사안에 대한 확실한 답을 회피하는 경향이 있다는 사실은 생성형 인공지능 시대의 글쓰기



가 중요하게 고려해야 할 사항이 무엇인가를 말해준다. 인간이 묻는 질문에 그럴듯하게 답하며 “사실을 가장한 채” 대답하는 인공지능의 수사학은 정보를 선별하고 의미를 판단할 수 있는 능력이 기계가 대체할 수 없는 인간의 역량이라는 사실을 함축하고 있다. 이러한 역량을 키우려면 생성형 인공지능이 말하고 있는 얼핏 그럴듯해 보이는 내용을 파악하고 그 의미를 판단할 수 있는 맥락적 지식이 필요하다. 맥락적 지식은 소통행위를 둘러싼 사회문화적 배경에 대한 이해는 물론이고 언어적 요소와 비언어적 요소들로부터 추론한 모든 정보를 의미한다. 이는 행간을 읽어내는 문해력의 필수요소로 의미를 구성하는 능력의 토대가 되는데, 이와 같은 맥락적 지식은 인문 소양에 바탕을 두고 인간과 사회를 이해할 때에만 오롯이 발휘된다.

만약 대화에 참여한 이가 불확실한 정보나 거짓 말을 한다면 ‘질의 격률’을 위반한 것이 되며, 애매모호하게 표현하거나 중의적으로 해석될 여지를 남기면 ‘태도의 격률’을 어기는 것이 된다. 원만한 대화를 이어가기 원한다면 ‘질의 격률’이나 ‘태도의 격률’을 포함한 협력의 원리를 지켜야만 한다. 그렇지 않다면 대화는 중단되고 대화에 참여한 이들은 서로를 신뢰할 수 없게 될 것이다. 따라서 생성형 인공지능과 주고받은 언어활동, “생성형 인공지능 솔루션을 안내하여 원하는 결과를 생성하는 프로세스”를 뜻하는 ‘프롬프트 엔지니어링’에도 당연히 협력의 원리가 작용하게 한다.

글쓰기는 자기 입장을 밝히는 행위이다. 참신한 아이디어와 설득력 있는 논리, 정확한 표현력도 명확한 자기 입장을 전달하기 위해 필요한 요소이다. 만약 자신의 생각이나 입장을 지우거나 숨기고 객관적 정보를 전달하는 데 급급하다면 그것을 바람직한 글쓰기의 태도라고 볼 수 없다. 협력의 원리를 적용하여 프롬프트 엔지니어링을 운영한 결과로 산출한 글이 객관적 사실이나 정보만 전달하는 데 그친다면 그 글은 궁극적으로 좋은 글이 될 수 없다. 객관적 사실을 토대로 하되 필자의 견해나 글에 담긴 주제에서 독자가 공감할 수 있는 의미를 발견할 수 있을 경우에 비로소 좋은 글이 탄생할 수 있다.

어떤 사람들은 합리적이며 객관적인 태도로 글을 써야 한다고 말한다. 하지만 글을 쓰는 주체의 자기 입장이 없다면, 그 글은 “왜?”를 묻지도 따지지도 않고 “무엇을”에만 집중함으로써 객관적 데이터들을 조합한 확률적 패턴에만 의존하는 오류를 범하기 쉽다. 프롬프트 엔지니어링을 이어가려면 “왜” 써야 하는가를 물어야 하고, 더불어 의미를 찾고 판단할 줄 알아야만 한다. 글을 쓰는 행위는 필자의 생각을 배제한 투명한 의미 전달의 절차가 아니기 때문이다. 확률이나 능률, 당장의 효용성으로는 설명할 수 없는 공감과 감정이 입의 상호소통이 글쓰기의 본질이며 그런 맥락에서 글쓰기는 필자와 독자, 세계가 만나는 협력의 장을 구성하는 실천이 된다.



글쓰기의 복수성(複數性)

인공지능시대의 글쓰기는 챗GPT와 같은 생성형 인공지능과 인간의 대화가 1:1의 관계가 아니고 ‘1-1(인간과 인공지능이 연결된 관계): 대(多, 대화 공동체 및 사회적 차원, 세계)’라는 사실을 인식하는 데에서 출발한다. 프롬프트 엔지니어링의 과정을 거치며 인공지능과 결합하고 접속하는 필자가 ‘1-1’에 해당한다면, 자발적인 데이터 노동을 거쳐 축적된 무수한 타자들의 목소리와 사회문화적 차원의 세계가 ‘다’에 함축되어 있다. 글을 쓰는 내 안에 타자들과 세계가 공존하고 있기 때문에 글쓰기는 필연적으로 복수성을 지닐 수밖에 없는 것이다. 그리하여 글을 쓰는 ‘나’와 타자들, 세계가 연결된 글쓰기는 객관적 의미를 찾는 행위가 아니라 복수성을 지닌 주체가 의미를 협상해 가는 과정이 된다.

여기서 우리는 오래된 미래에 빚낼 수 있는 가르

침을 상기할 필요가 있다. 18세기 실학을 완성한 “탁월한 지식편집자” 정약용은 정보를 조직하고 지식을 체계화하면서 “권위를 딛고” 서서 발상을 전환하고 독창성을 추구할 것, 그리고 따듯함을 잃지 않고 정취를 갖들여야 한다고 말했다. 지식인이란 정보를 정리하여 수용하는 존재에 머물지 않고, 여기서 더 나아가 새롭게 사유하고 자기만의 깊은 정서를 더할 줄 아는 인간미를 지닌 존재이다. 집단지성과 생성형 인공지능의 역할이 두드러지는 문화에서 글을 쓰는 우리는 타자들과 협력하면서도 자신이 발 딛고 있는 구체적 삶의 맥락을 살피며 자신의 세계를 넓고 깊게 키워가야 할 것이다. 글쓰기의 의미를 생각해보는 이 자리에서, 깨닫는 일이 곧 실천에 옮기고 주체를 정립하는 일이며 시비를 판별하고 공정하게 진실을 추구하는 일이라는 다산의 가르침은 기술이 미술과 혼동되는 이 시기에도 여전히 유효한 울림을 전해준다.



연구자가 활용하는 AI 가능성과 한계

정광진 / 대전세종연구원 연구위원

조미경 / 대전세종연구원 대전도시재생지원센터 팀원

AI 시대가 시작되었다

세상은 빠르게 변화하고 있다. 빅데이터라는 용어가 등장한지 얼마 안 되어서 AI라는 용어가 일상을 지배하고 있다. AI는 “인간의 인지·추론·판단 등의 능력을 컴퓨터로 구현하기 위한 기술 혹은 그 연구 분야”로 정의된다. 그간 컴퓨터 공학 등 관련 분야에서 기술이 개발되었지만, 사실 일반인에게는 각종 영화나 드라마 등에서 접할 수 있는 공상과학의 분야였다. 하지만 그 기술의 개발이 일정 정도에 이르면서 이제는 현실이 되었다. 딥러닝, 머신러닝 등의 전문용어를 이제 일상에서 심심치 않게 보고 느낄 수 있으며 각종 교육 콘텐츠, 유튜브 등에서도 마찬가지로 관련 자료가 넘쳐나고 있다. 바야흐로 AI의 시대가 열린 것이다.

AI와 도시의 관계를 분석한 연구(국토연구원, 2023)에 따르면 AI는 공간적으로 도시에 존재하는 모든 대상을 복제·예측·분석할 수 있으며, 시간상으로는 도시민들이 의사를 결정하고 영향을 주고받는 복잡성을 예측하려는 방향으로 발전하고 있다고 설명한다. 도시는 이미 기술 위에 건설·운영되고 있으며, 기술이 작동하지 않는 도시는 지속가능성을 담보하는 데 어려움이 있다고 지적하고 있다.

그렇다면 우리는 AI를 어떻게 활용할 수 있을까? AI의 등장으로 우리의 일상이 바뀌는 것은 무엇일까? 특히 연구자의 입장에서 실제로 AI를 활용한 사례를 소개하고자 한다.

AI를 알아보자

우리가 흔히 AI라고 부르지만, AI의 범위는 굉장히 광범위하기 때문에 우리가 활용할 수 있는 AI가 무엇인지 생각해 볼 필요가 있다. 전공자가 아닌 일반인이 접할 수 있는 AI는 Open AI에서 개발한 ChatGPT와 구글에서 개발한 Gemini 등 대화형 AI가 대표적인 것이다. 그리고 각종 소프트웨어에서 생성형 AI를 활용한 기능을 탑재하고 있다. ChatGPT와 Gemini는 무엇일까? 각자에게 질문해보았다.

ChatGPT는 OpenAI가 개발한 대화형 인공지능 모델입니다. GPT는 “Generative Pre-trained Transformer”의 약자로, 트랜스포머(Transformer)라는 딥러닝 아키텍처를 기반으로 하고 있습니다. 이 모델은 대규모의 텍스트 데이터를 사전에 학습하여 언어 이해와 생성 능력을 갖추고 있습니다.

구글 Gemini는 2023년 12월 6일에 출시된 구글 AI의 대규모 언어 모델 제품군입니다. 텍스트 생성, 번역, 질의응답, 요약, 코딩 등 다양한 작업을 수행할 수 있으며, 아직 개발 초기 단계이지만 앞으로 여러 분야에서 활용될 가능성이 높은 기술로 주목받고 있습니다.

ChatGPT와 Gemini의 차이를 Gemini에게 물어보면 다음과 같은 답변을 출력한다. 아쉽게도 ChatGPT(3.5버전)는 Gemini에 대해 정확하게 인지하지 못한 것으로 보인다.

- 1. 학습 데이터:** 저는 텍스트와 코드 데이터 세트로 학습되었으며, GPT-4는 텍스트 데이터 세트로만 학습되었습니다. 이는 제가 코드 생성, 프로그래밍 관련 작업 등에 더 강하다는 것을 의미합니다.
- 2. 모델 크기:** 저는 GPT-4보다 더 큰 모델 크기를 가지고 있습니다. 이는 제가 더 복잡하고 뉘앙스 있는 정보를 처리하고 생성할 수 있다는 것을 의미합니다.
- 3. 다중 모달 기능:** 저는 텍스트뿐만 아니라 이미지, 음악, 영상 등 다양한 모달 데이터를 처리하고 생성할 수 있습니다. GPT-4는 아직 텍스트 데이터만 처리하고 생성할 수 있습니다.
- 4. 주요 활용 분야:** 저는 챗봇, 콘텐츠 제작, 디자인, 의료, 과학 연구 등 다양한 분야에서 활용될 수 있습니다. GPT-4는 주로 챗봇, 콘텐츠 제작 분야에서 활용됩니다.
- 5. 개발자:** 저는 구글 AI에서 개발되었으며, GPT-4는 OpenAI에서 개발되었습니다.

생성형 AI에 대해 ChatGPT와 Gemini에게 질문하면 다음과 같은 답변을 출력한다.

ChatGPT	생성형 인공지능(Generative AI)은 인공지능 모델이 새로운 콘텐츠를 생성하고 출력하는 능력을 가리킵니다. 이러한 모델은 예를 들어 텍스트, 이미지, 음악, 비디오 등의 다양한 유형의 데이터를 생성할 수 있습니다. 생성형 인공지능은 주어진 입력에 대해 새로운 콘텐츠를 생성하며, 이러한 기능은 다양한 응용 분야에서 활용됩니다.
Gemini	생성형 AI는 텍스트, 이미지, 음악, 영상, 코드 등을 새롭게 만들어내는 인공지능 기술입니다. 기존 데이터를 분석하는 것과 달리, 새로운 데이터를 생성하는 데 초점을 맞춘 AI 분야라고 할 수 있습니다.

AI를 활용하자

그렇다면 연구자가 실제로 연구에서 이러한 AI를 어떻게 활용할 수 있을까? 가장 대표적인 분야는 데이터 처리다. 연구에서 빅데이터를 활용하는 경우가 많다.

국토교통부(2023)의 “빅데이터 기반 인공지능 도시계획 R&D” (이하 ‘AI 도시계획 R&D’)사업에 따르면 빅데이터는 이동통신, 신용카드 매출액, 교통량, 읍면동 단위 인구이동, 위성영상 등을 말한다. AI 도시계획 R&D 기술 시범적용을 위한 실증사업 대상 지자체는 해당 지역의 빅데이터와 인공지능을 활용하여 생활권 설정, 토지이용 및 기반시설 수요 예측 등을 수행한다. 이를 통해 최적의 도시계획 수립을 지원하는 기술을 개발한다.

① 부산광역시 : 15분 도시 조성을 위한 생활권계획 수립

– 부산광역시는 신용카드, 이동통신, 보행 네트워크 데이터 등을 분석한 결과를 바탕으로 15분 생활권*을 나누고, 이를 기반으로 생활 SOC의 최적 입지를 선정하는 등 생활권계획 수립을 위한 기술이 적용된다.

* 행정구역 중심의 생활권을 개인형 이동수단(Personal Mobility)이나 보행환경을 고려하여 구분

② 천안시 : Compact&Network 도시계획을 통한 지역 거점도시 조성

– 천안시는 통신·교통 데이터를 활용하여 산업단지, 대학 등이 유발하는 통근·통학 등의 생활 인구를 추정하고, 다양한 시나리오에 따른 도시 공간 변화 예측 기술을 적용함으로써 주변 도시의 수요를 반영한 광역기반시설 등을 설치하는 지역 거점도시 조성계획을 수립한다.

③ 담양군 : 생태도시 계획을 통한 인구감소 대응 강소도시 조성

– 담양군은 신용카드, 이동통신, 고속도로 통행량 등을 분석하여 지역의 관광자원 유발인구와 인근 도시와 연계된 체험·관광인구를 추정하고 이를 생태관광에 최적화된 기반시설 배치 등이 반영된 도시계획 수립에 활용하여 인구감소를 극복하는 강소도시 조성을 추진한다.

출처 : 국토교통부, 2023. 5.17, 빅데이터 인공지능으로 도시계획 수립한다. (https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dll.jsp?cmspage=3&id=9508325)

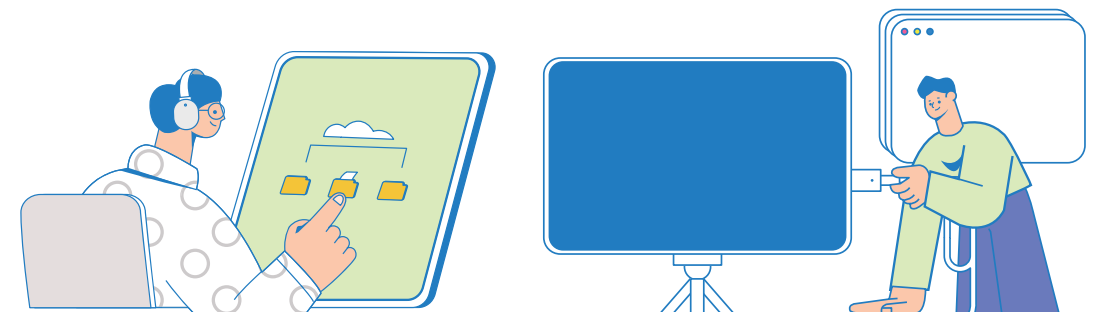
AI가 발달하기 전에는 이러한 빅데이터를 다루기 어려웠다. 몇 가지 전문 소프트웨어가 있지만 이를 하나하나 습득하기에는 무리가 있다. 대표적으로 R Studio, Python 등을 활용한 이른바 ‘코딩’에 대한 벽이 있기 때문이다. 실제로 ChatGPT, Gemini가 출시되기 전까지는 전문적인 코딩교육을 받는 수밖에 없었다. 하지만 AI가 출시되고 나서 접근이 훨씬 용이해졌다. 몇 가지 예를 들어보자.

엑셀은 최대 1,048,576 행을 처리할 수 있다. 하지만 국토교통분야 공공 데이터(국토교통부), 공공데이터포털, KOSIS 국가통계 자료를 살펴보면 이를 초과하는 데이터를 어렵지 않게 확인할 수 있다. 통계청에서 쉽게 구득할 수 있는 인구이동 데이터가 대표적이다. 2001년의 전국 이동인구 데이터는 4,837,813행으로 이루어져 있다. 최근 유행하는 이동인구 데이터의 경우 1년간의 데이터가 약 3,800만 행으로 이루어져 있다. 이는 엑셀에서 다루기 어려워 전처리를 해야만 한다.

데이터 전처리는 모든 분석에서 반드시 거쳐야 하는 과정이다. 분석 결과에 직접적인 영향을 미치는 과정이기 때문에 중요하게 여겨야 한다. 연구자가 구득 가능한 raw 데이터의 경우 바로 분석이 불가능할 정도로 지저분(messy)하다. 데이터 전처리 과정은 데이터를 분석이 가능한 형태로 만들기 위해 결측치 및 이상치 등을 파악하고 처리한다. 또한 분석 모형이 선형임을 가정할 경우 종속변수와 설명변수 모두가 정규 분포 가정을 따라야 한다. 이 경우 데이터 분포를 변환하기 위해 LOG, EXP 등 함수를 이용한다.

앞에서 말했듯이 이러한 전처리는 그동안 전문가들의 영역에 있었다. 예를 들어 약 3,800만 행의 이동인구 데이터를 가공하기 위해서는 전문가에게 따로 일을 맡겨 가공한 데이터를 기준으로 연구할 수밖에 없었다. 이 경우 비용과 시간이 낭비되고, raw 데이터를 보지 못한다는 단점이 생긴다.

하지만 AI를 활용하면 전공자가 아니어도 어렵지 않게 접근할 수 있다. Gemini에게 ‘파이썬에서 csv를 불러오고 싶어’라고 질문하면 다음과 같은 결과가 나타난다. 파이썬에서는 엑셀에서 처리할 수 없는 대량의 데이터를 처리할 수 있다. 그리고 앞서 서술한 전처리를 위한 데이터 수정, 삭제, 추출 등의 코드를 생성하거나 수정하는 데 절대적인 도움을 받을 수 있다. 실제로 실무에서 코드 에러가 발생하면 그동안은 전문가 또는 각종 커뮤니티에 문의하는 방법밖에 없었다. 하지만 지금은 Gemini에게 질문하면 수정된 코드를 바로 알려준다. 이를 통해 업무 효율성이 획기적으로 증가한다.





이처럼 AI 기술이 발달하면서 각종 소프트웨어에 AI를 탑재하는 경우가 증가하고 있다. 디자인 툴인 Adobe 제품군이 대표적이다. Adobe Photoshop의 경우 생성형 AI를 탑재한 소프트웨어를 최근 업데이트했다. 이를 활용하면 이전에는 연구자가 직접 수정해야 했던 작업을 AI가 자동으로 처리해준다. 또한 텍스트를 입력하면 이에 맞는 그림을 찾아주고 디자인을 해준다. 이를 통해 도시계획, 건축 등에 필요한 도면 작업 등이 용이해진다.

AI는 신뢰할 수 있는가

아직까지 ChatGPT, Gemini를 완전히 신뢰하기는 어렵다. “대전세종연구원 정광진 박사 연구와 논문을 소개해줘” 질문하자 아래와 같은 답변을 제시했다.



할루시네이션(Hallucination)은 AI가 생성한 정보에 허위 또는 거짓된 정보가 포함되는 현상을 의미한다. 할루시네이션은 AI가 학습한 오픈데이터에 잘못된 정보가 들어있거나 적은 표본 정보로 학습하고 일반화하여 과적합되는 경우가 포함된다. 즉 AI의 학습 데이터 부족과 편향 등이 발생한다고 할 수 있다. 현재까지 알

려진 해결 방법은 AI모델 개발자가 고품질의 학습 데이터를 제공하거나 자연어처리기술(Natural language Processing,NLP)을 사용하여 모델의 효율성을 향상시키는 것이다.

사용자 입장에서 교묘하게 숫자나 출처가 바뀐 할루시네이션은 구분이 어렵다. 이를 최대한 피하기 위해서는 데이터의 출처를 확실히 파악해야 한다. 생성형 AI를 사용하고자 하는 연구자는 반드시 해당 내용에 대한 출처를 별도로 검색하고 실존하는 내용인지 확인할 필요가 있다. 또한 프롬프트를 정밀하게 입력하는 것도 도움이 된다. “최근 N년 간 발간된 공식 보고서나 논문 검색 등을 인용해서” 설명·요약해 달라고 하면 답변의 정확성이 향상될 수 있다. 따라서 AI가 생산하는 정보는 신뢰하기 어려우나, 앞서 말한 것처럼 기술적인 활용성은 무궁무진하다. 또한 기술의 발달로 인해 수 년 안에 신뢰성이 올라갈 것으로 기대된다.

스마트한 AI 기술의 활용

21세기 도시는 급격한 도시화와 인구 증가로 인해 다양한 도전에 직면하고 있다. 도시 인구 밀도의 증가, 교통 체증, 자원 부족 등의 문제는 도시 공간을 효율적으로 관리하고 지속 가능한 발전을 위한 해결책을 요구한다. 이러한 도전에 대응하기 위해서는 혁신적인 기술과 도구를 적극적으로 활용하는 것이 필수다. 도시계획 연구자들은 이러한 도전에 대응하기 위해 AI기술을 적극적으로 활용하고 있다. AI는 도시재생과 도시계획 분야에서 특히 중요한 역할을 할 수 있다. AI 기술은 연구자가 대규모 데이터를 분석하고 이해하는 데에 도움이 된다. 이를 통해 연구자는 도시의 인프라 및 자원 사용 패턴을 분석하고 효율적인 도시 계획을 수립할 수 있다. 또한, AI를 활용한 도시 시뮬레이션은 다양한 시나리오를 고려하여 도시 재생 및 개발 계획을 최적화할 수 있도록 도울 뿐만 아니라, 도시의 지능화를 통해 도시 인프라 관리와 유지보수를 최적화할 수 있는 기회를 제공한다. 스마트 시티 시스템을 구축하는 데 AI 기술을 활용하면, 도로 교통 관리, 에너지 사용 최적화, 재난 대비 시스템 등을 효율적으로 운영할 수 있다. 이러한 지능화된 시스템은 도시의 지속 가능성을 향상시키고, 주민의 삶의 질을 향상시킬 수 있다. 따라서 도시 연구자로서 AI 기술의 활용은 도시 연구의 새로운 가능성을 열어주며, 도시의 지능화와 지속 가능성 추구에 기여할 것으로 기대한다.

참고문헌

1. 동아일보 (2024.3.29), [IT강의실] 생성형 AI의 최대 난제, ‘할루시네이션’, <https://www.donga.com/news/it/article/all/20240329/124227094/1>
2. 이세원, 유재성, 이기훈, 정예진(2023), 도시 AI(Urban AI) 구현을 위한 정책과제 연구, 국토연구원, 수시 23-15.
3. 황명화, 김대중, 임용호(2018), 스마트 국토 도시관리를 위한 인공지능기술 도입방안 연구, 국토연구원, 기본 18-12.
- 4.국토교통부(2023. 5.17), 빅데이터 인공지능으로 도시계획 수립한다, https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=3&id=95088325
5. 제민희, 정승현(2024), 빅데이터와 인공지능 기술 도입에 관한 도시계획 분야 직종 간 인식 분석, 한국산학기술학회 논문지, 25(1), pp.469-477.

DAEJEON SEJONG FORUM



연구원 이모저모

DSI NEWS

/연구원 뉴스

연 구 원 N E W S



고려대 공공정책대학과 MOU 체결

고려대학교 공공정책대학과 구성원 인적교류를 통한 학연 간의 상호발전, 협력연구 사업 발굴 및 공동 수행, 지역사회의 지속적 인 발전을 위한 연구·인적 교류 업무협약을 3월 7일(목) 체결하였다.



충남대 DSC지역사회조사연구센터와 MOU 체결

충남대학교 DSC지역사회조사연구센터와 지역사회 조사 및 연구사업을 위한 공동프로그램 개발 등 상호 협조를 위한 업무협약을 3월 20일(수) 연구원 중회의실에서 체결하였다.



2024 전국시도연구원협의회 제1차 정기총회 참석

4월 4일(목)부터 5일(금)까지 라한셀렉트 경주에서 열린 전국시도 연구원협의회 제1차 정기총회에 김영진 원장 및 연구직 관리직 직원들이 참석하였다. 정기총회에서는 2023년도 결산보고 후 2024년도 사업계획 및 예산안을 발표하고, 2023년도 공동연구 결과를 보고하였다. 이후에는 직군별 연찬회에서 차년도 공동연구와 직무중심 인사관리제도에 관하여 논의하였다.



지방분권과 지역균형발전 지역의제 발굴을 위한 대전 지역대화 개최

4월 11일(목) 연구원 3층 멀티미디어실에서 지방분권과 지역균형 발전 지역의제 발굴을 위한 대전 지역대화 행사가 개최하였다. 관련된 지역 내 연구자, 혁신기관·단체, 혁신가 등이 모여 지역 문제 해결에 실질적인 보탬이 되는 현장 의견 수렴의 자리로 마련되었다.



‘대한민국 창조경영 2024’ ESG경영 부문 수상

4월 12일(금) 서울 더플라자호텔에서 열린 ‘대한민국 창조경영 2024’에서 대전세종연구원이 ESG경영 부문을 수상하였다. 지역인재가 지역에 정착해 살 수 있는 일자리 창출을 위한 10명 이상의 신규 청년 인력 채용과 대전 발전 미래상을 제시하는 2048 그랜드플랜 수립 등의 성과를 인정받아 선정되었다.



충청권 시도연구원-한국재난관리학회 춘계공동학술대회

현장에서 작동하는 재난관리를 위한 지자체의 역할을 고민하고 제도 개선에 기여해 보고자 4월 19일(금) 정부세종컨벤션 센터에서 충남연구원, 충북연구원 재난안전연구센터, 한국재난 안전관리학회와 함께 춘계공동학술대회를 주최하였다.



2024 제1회 젠더콜로키움

대전여성가족정책센터는 4월 23일(화) 1층 대회의실에서 <노동으로서의 돌봄 그리고 가치>를 주제로 제1회(총합28회) 젠더콜로키움을 개최하였다. 윤지영 충남대 교수가 '돌봄노동의 이해와 쟁점'을 주제로 발표하였고, 지정토론에는 권순지(전북대 문화인류학과 박사과정), 조명아(충남대 사회학과 박사수료), 서금순 대전여성인력개발센터 부원장이 참여하였다.



대전언론문화연구원과 세미나 공동주최

스마트 미디어 시대를 맞아 지역언론의 생존을 위해 새로운 활로를 적극적으로 모색해보고자 4월 24일(수) 연구원 3층 멀티미디어실에서 대전언론문화연구원과 '스마트 미디어 확산과 지역언론 생존전략'을 주제로 세미나를 개최하였다.



대전광역시시설관리공단과 MOU 체결

4월 29일(월) 대전광역시시설관리공단과 기후위기 극복 및 탄소중립 공동 협력을 위한 업무협약을 체결하였다. 협약에 따라 양 기관은 ▲탄소중립 참여 및 인식 제고 방안의 발굴 및 지원 ▲에너지 절감 등 분야별 탄소중립 관련사업 발굴 ▲탄소 중립 추진역량 강화를 위한 기관 간 인력 교류 ▲탄소중립 실천을 위한 실천운동, 상생협력 사업 등에서 상호 협력할 예정이다.



벨파스트시와 MOU 체결

대전세종연구원과 세종시 탄소중립 지원센터는 4월 29일(월) 벨파스트시 기후위원회와 탄소중립 · 녹색성장 실현을 위한 국제 협력 및 지원 관련 업무협약을 체결하였다. 기관 간 상호 협력을 통해 지역의 지속가능한 발전을 도모하고자 추진되었으며, 세종시 탄소중립 지원센터는 향후 밴쿠버 시의회와 브리티시 컬럼비아 대학 등 탄소중립 관련 해외 유수 국가 및 기관과도 지속적인 교류를 이어나갈 예정이다.



한국조폐공사와 MOU 체결

5월 7일(화) 한국조폐공사와 함께 경제교육 활성화를 위한 업무협약을 체결했다. 지역 내 경제교육의 중요성에 대한 인식을 같이하고 학생 및 취약계층 대상 경제교육을 확산하기 위해 마련됐다. 대전세종연구원 대전세종경제교육센터는 관련 교원 교육 프로그램을 개발할 수 있도록 컨설팅 및 강사 등을 한국 조폐공사에 지원하고, 한국조폐공사는 대전세종경제교육센터와 함께 화폐경제교육, 진로 · 직업체험 프로그램 운영 등 경제교육 확대를 위해 협력할 계획이다.



대전시 사회복지 정책 포럼 주관

5월 16일(금) 효인요양원 대강당에서 대전세종연구원과 대전시 사회서비스원, 대전시사회복지협의회, 한국장기요양기관협회 대전지부가 공동주관하고 성세병원이 후원하는 대전시사회복지 정책 포럼이 열렸다. 한국전자통신연구원 김수창 박사가 '저출산 고령사회 위기에 대한 대응방안으로 ICT와 사회복지융복합 시스템 구축'에 대한 주제발표 등 ICT와 사회복지융복합 시스템 구축의 현재와 미래를 논의하는 자리가 되었다.

대전세종포럼

DAEJEON
SEJONG
FORUM

편 집 위 원

위원장 이재근 (대전세종연구원 기획조정실장)

위 원 박명신 (중부대학교 학생성장교양학부 교수)
서기자 (목원대학교 창의교양학부 교수)
최도영 (대전대학교 경영학과 교수)

유병선 (대전세종연구원 책임연구위원)
한상헌 (대전세종연구원 책임연구위원)
이은재 (대전세종연구원 책임연구위원)
최성은 (대전세종연구원 책임연구위원)
남영식 (대전세종연구원 책임연구위원)
변성수 (대전세종연구원 연구위원)
정광진 (대전세종연구원 연구위원)

대전세종포럼

대전세종포럼 통권 제89호

발행일 2024년 6월 3일

발행인 김영진

발행처 대전세종연구원

등록번호 대전유성, 바00013

주소 34051 대전광역시 유성구 전민로37(문지동)

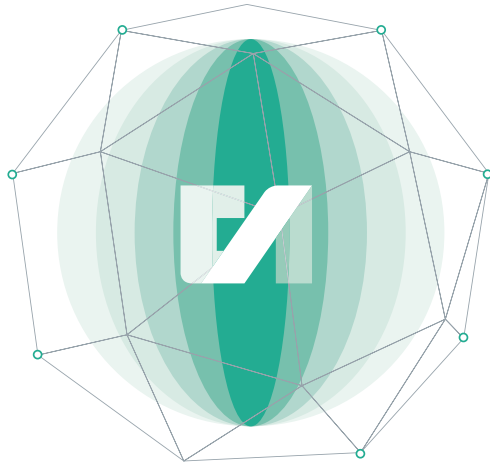
전화 042-530-3500

팩스 042-530-3508

제작 (주)봄인터랙티브미디어 (Tel.042-633-7800)

© 본지에 게재된 내용은 본 연구원의 공식견해와 일치하는 것은 아닙니다.

연구과제 제안 안내



대전세종연구원은 대전광역시·세종특별시 각계각층의 연구요구를 수용하고 활발한 지적교류와 정책연구에 반영하기 위하여 연구과제 아이디어를 모집합니다.

연구과제로서 적절하다고 판단되는 참신한 아이디어가 있으시면 대전세종연구원 홈페이지(www.dsi.re.kr) 시민의소리(연구제안)로 신청하여 주시기 바랍니다.

여러분들의 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

DAEJEON
SEJONG
FORUM

www.dsi.re.kr