



해외포커스

거대언어모델(LLM)과 도시/교통 연구

여지호

가천대학교 조교수

jihoyeo@gachon.ac.kr

생성형 AI의 등장과 발전

최근 몇 년간 인공지능(AI) 기술은 비약적인 발전을 거듭해 왔다. 특히 2023년 이후로 등장한 거대언어모델(Large Language Model, 이하 LLM)은 자연어 처리 분야에서 혁신을 불러일으키고 있다. LLM은 방대한 양의 텍스트 데이터를 학습하여 인간과 유사한 수준의 언어 이해와 생성 능력을 보여준다. 이러한 LLM의 발전은 도시 및 교통 분야의 연구에도 큰 영향을 미치고 있다. 본고에서는 LLM이 도시/교통 연구에 어떻게 활용되고 있는지, 그리고 앞으로의 발전 방향에 대해 살펴보고자 한다.

데이터 분석 및 연구 패러다임의 전환

초기 생성형 AI는 주로 가상의 데이터를 생성하고, 데이터의 결측치를 보정하는 데 사용되었다. 예를 들어, GAN(Generative Adversarial Network)은 두 개의 신경망(생성자와 판별자)을 경쟁적으로 학습시켜 실제 데이터와 유사한 가상의 데이터를 생성한다. 이는 데이터가 부족한 상황에서 모델 학습을 위한 데이터를 확장하는 데 유용하게 활용될 수 있다. 또한 오토인코더(Autoencoder)나 변분오토인코더(Variational Autoencoder) 등의 기법은 데이터의 저차원 표현을 학습함으로써 결측치를 복원하거나 노이즈를 제거하는 데 사용될 수 있다.

하지만 최근 다양한 LLM 모델이 등장하면서 생성형 AI를 활용하는 방식이 크게 변화하고 있다. 본질적으로 Generative AI 모델의 근간이 되는 Transformer를 사용하는 것은 같으나, GAN을 활용한 연구는 이미지, 합성 데이터, 그래프 등을 생성하는데 초점을 맞추었다면, LLM을 활용한 연구는 기존에 서비스되고 있는 LLM 모델의 API를 직접 사용하거나 커스터마이징하여 활용하는 경향이 있다.

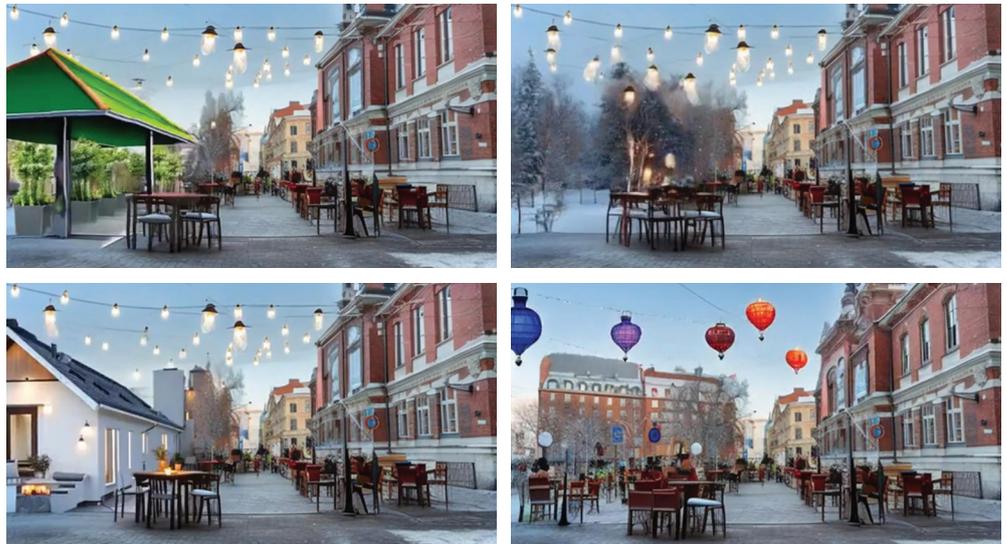
LLM은 방대한 양의 텍스트 데이터를 사전학습한 언어모델로서, 문장 생성, 질의응답, 텍스트 분류 등 다양한 자연어처리 태스크에 범용적으로 활용될 수 있다. 최근에는 LLM을 활용하여 도시/교통 분야의 비정형 데이터(뉴스 기사, 소셜미디어 포스트, 정책 문서 등)를 분석하거나, 전문가 지식을 모사하여 의사결정을 지원하는 연구들이 활발히 진행되고 있다. 그 중 이러한 LLM 모델을 도시/교통 분야에 활용하기 위한 다양한 사례를 소개하고자 한다.

LLM을 활용한 다양한 시도

LLM은 도시/교통 분야의 다양한 연구 영역에서 활용되고 있다. Urban Design 분야에서는 LLM을 활용하여 도시 계획안에 대한 시민들의 의견을 수집하고 분석하는 연구가 진행되고 있다. UrbanistAI는 생성형 AI를 활용하여 도시계획 과정에서 시민참여를 혁신하고자 한다. 전통적인 설문조사 방식의 한계를 극복하고, 시민들이 직접 도시 공간을 설계하는 과정에 참여할 수 있도록 실시간 이미지 생성 및 수정 기능을 제공한다. 시민들의 아이디어를 바탕으로 도시 개선안을 빠르게 시각화하고 반복적으로 수정해 나가는 협력적 설계가 가능해진 것이다. 아래 그림은 UrbanistAI(<https://urbanistai.com/>)가 제공하는 Generative AI를 사용하여 생성한 헬싱키 여름 거리 이미지 예시이다. 초기 이미지는 왼쪽에 그늘막과 녹지가 있는 일반적인 거리 풍경이다. 하지만 생성형 AI를 통해 점진적으로 변화를 주면서 다양한 시도를 하고 있는 것을 볼 수 있다. 이처럼 UrbanistAI의 생성형 AI는 시민들의 아이디어를 즉각적으로 시각화하고 공유함으로써, 도시 설계에 대한 직관적 이해와 활발한 소통을 가능하게 한다.

이러한 접근 방식은 헬싱키, 베를린, 클리블랜드, 프리스티나 등 전 세계 여러 도시의 공공 워크숍에서 활용되고 있으며, 생성된 이미지들은 전문 설계자들에게 영감을 주는 무드보드로 활용되고 있다. UrbanistAI는 최근 두바이 정부와 협력하여 도시의 3D 모델을 계획 범규에 따라 수정할 수 있는 생성형 AI 모델을 개발하고 있다. 이를 통해 두바이는 생성형 AI 모델을 학습시키는 최초의 도시가 될 전망이다. 편향 제어, 악용 방지, 지적재산권 보호, 데이터 프라이버시 확보 등의 과제는 남아있지만, 생성형 AI는 창의적이고 혁신적인 방식으로 우리의 삶의 공간을 변화시킬 수 있는 잠재력을 보여주고 있다.

Generative AI를 통해 생성한 다양한 가로 이미지



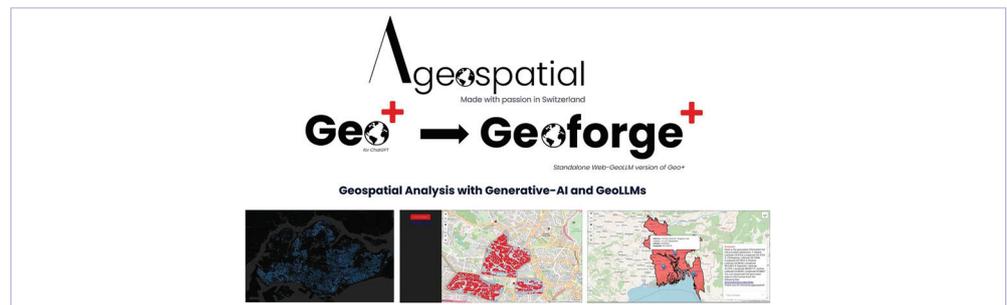
자료: <https://urbanistai.com/>

Spatial Data Analysis 분야에서는 위치정보가 포함된 데이터를 효과적으로 가공, 처리, 분석할 수 있는 플랫폼에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중에서도 GeoForge는 최근 가장 주목받는 플랫폼 중 하나이다. GeoForge는 OpenAI의 GPT-4를 기반으로 개발된 GeoLLM(Geospatial Large Language Model)을 활용하여, 일반 사용자도 쉽게 지도를 제작하고 공간 분석을 수행할 수 있도록 지원한다.

GeoLLM은 기존의 LLM과 달리, 지리공간 도메인에 특화된 어휘와 지식을 사전학습함으로써 공간 질의에 보다 정확하게 응답할 수 있다. 예를 들어, "서울에서 인구밀도가 가장 높은 지역을 찾아줘"와 같은 질문에 대해, 관련 데이터를 바탕으로 적절한 답변을 제시할 수 있다.

이러한 접근 방식은 기존의 공간 데이터 분석 과정을 크게 간소화하고 자동화할 수 있다는 장점이 있다. 사용자는 복잡한 GIS(Geographic Information System) 도구를 직접 다루지 않고도, 자연어로 문제를 기술하고 원하는 결과를 얻을 수 있게 된다. 또한 GeoLLM은 다양한 출력 형태(지도, 차트, 리포트 등)를 지원하기 때문에, 분석 결과를 효과적으로 커뮤니케이션하는 데에도 도움이 된다.

ChatGPT 기반의 공간데이터 분석 플러그인



자료: <https://www.ageospatial.com/>

WANG et al.(2023)은 생성형 AI를 활용한 자동화된 토지이용계획 생성 프레임워크를 제안하였다. 핵심은 토지이용계획을 어떻게 데이터로 관리하고 표현할 것인지 인데 위도, 경도, POI 카테고리로 구성된 3차원 텐서를 제시하였다. 또한, 본 연구에서는 대화형 AI 기반 Human-in-the-loop 방식의 도시계획 프레임워크를 제안하였다. 전문가의 요구사항을 자연어로 입력받아 도시계획안을 생성하고 전문가 피드백을 통한 반복적 개선이 가능한 청사진을 그렸다. 하지만, 이 논문은 방법론만 제시하였고, 구체적인 코드나 소프트웨어를 공개하지는 않았다. 아직은 아이디어나 구상 단계에 머물러 있는 것을 알 수 있다.

한계와 발전방향

LLM은 Text-to-Text, Text-to-Code, Text-to-Image, Text-to-Video 등 다양한 영역으로 발전하고 있다. 하지만 도시/교통 계획에 직접 활용되기 위해서는 보다 체계화된 구조를 가질 필요가 있다. 현재까지는 주로 데이터 가공, 처리, 분석, 시각화 등에 LLM이 활용되고 있으며, 고차원적인 해석이나 정책적 의사결정에는 아직 제한적으로 사용되고 있다.

LLM을 도시/교통 연구에 활용함에 있어 오픈소스 기반의 분석 방법론과 소프트웨어가 중요해질 것으로 보인다. 실제로 현재 제공되는 GeoAI 서비스들도 Python의 geopandas, QGIS 등을 중심으로 구현되고 있다. 웹에 존재하는 데이터로 학습하는 LLM의 특성상, 오픈소스 기반의 도구들이 상용 소프트웨어에 비해 LLM과의 호환성이 더 높을 것으로 예상된다.

향후 LLM을 도시/교통 연구에 적용할 때는 두 가지 접근 방식이 가능할 것이다. 하나는 Lamma 등의 공개된 코드를 활용하여 도메인 지식에 맞는 데이터로 직접 LLM을 학습시키는 것이고, 다른 하나는 이미 상용화된 LLM 모델을 활용하는 것이다. 전자의 경우 도메인에 특화된 모델을 구축할 수 있다는 장점이 있는 반면, 대규모 컴퓨팅 자원과 전문 지식이 필요하다는 단점이 있다. 후자의 경우 별도의 학습 과정 없이 손쉽게 LLM을 활용할 수 있지만, 도메인 특화 성능은 상대적으로 떨어질 수 있다. 저자 역시 어떤 방식이 도시/교통 분야에 더 적합할지 확신하기 어려우며, 모든 가능성을 열어두고 접근할 필요가 있다고 생각한다.

글을 마치며

지금까지 LLM이 도시/교통 연구에 미치는 영향과 활용 사례, 그리고 발전 방향에 대해 간략히 살펴보았다. LLM은 도시/교통 분야의 데이터 분석 및 연구 패러다임에 큰 변화를 가져오고 있으며, 다양한 영역에서 혁신적인 활용 사례들이 등장하고 있다. 하지만 LLM을 맹신하거나 무분별하게 사용하는 것은 경계해야 한다. LLM이 제시하는 결과를 비판적으로 검토하고, 도메인 지식에 기반하여 해석하는 연구자의 역량이 여전히 중요하다.

또한 최근에는 LLM으로 생성된 텍스트를 판별하는 기술도 등장하고 있다. 학술 연구의 진실성과 책임성을 담보하기 위해, LLM을 활용한 연구 결과 제시 시 투명하고 엄격한 기준이 마련되어야 할 것이다.

LLM은 도시/교통 연구에 많은 기회와 가능성을 제공하고 있지만, 동시에 신중하게 접근해야 할 과제들도 안고 있다. 연구자들은 LLM의 장점을 최대한 활용하되, 그 한계를 인지하고 보완해 나가야 한다. LLM과 연구자의 지혜로운 협업을 통해 도시/교통 분야의 혁신과 발전이 이루어지기를 기대해 본다.

참고문헌

1. Nelson, R.J. Naing, K.M. Beroche, H. (2023). Generative AI for Urban Governance. Urban AI <https://urbanai.fr/wp-content/uploads/2023/10/Generative-AI-Report.pdf>
2. Xu, M., Niyato, D., Chen, J., Zhang, H., Kang, J., Xiong, Z., ... & Han, Z. (2023). Generative AI-empowered simulation for autonomous driving in vehicular mixed reality metaverses. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*.
3. Yan, H., & Li, Y. (2023). A Survey of Generative AI for Intelligent Transportation Systems. *arXiv preprint arXiv:2312.08248*.
4. Wang, D., Lu, C. T., & Fu, Y. (2023). Towards automated urban planning: When generative and chatgpt-like ai meets urban planning. *arXiv preprint arXiv:2304.03892*.
5. "SmartCityGPT": How Generative AI Creates Smart and Sustainable Cities <https://nonsmartcity.medium.com/smartcitygpt-how-generative-ai-creates-smart-and-sustainable-cities-4d00ce73da10>
6. "GeoForge: Geospatial Analysis with Large Language Models (GeoLLMs)"
7. <https://medium.com/@ageospatial/geoforge-geospatial-analysis-with-large-language-models-geollms-2d3a0eaff8aa>
8. "The Power of Generative AI in Urban Planning: Text2Map Revolution" <https://medium.com/urban-ai/the-power-of-generative-ai-in-urban-planning-text2map-revolution-38544f02fb29>