

---

## [발제문] GeoAI 와 CyberGIS 의 융합: 인문지리학 연구의 새로운 지평과 수용자의 과제

오늘날 인문지리학은 전례 없는 변곡점에 서 있습니다. 과거 인문지리학이 설문조사나 제한적인 통계 자료를 바탕으로 인간 공동체와 환경의 관계를 설명해왔다면, 현재는 고해상도 위성 영상, 실시간 도시 센서 데이터, 위치 기반 소셜 미디어(LBSM) 등 이른바 '지리공간 빅데이터'의 폭발적 증폭을 통해 인간의 활동과 환경적 상호작용을 분 단위, 혹은 미터 단위의 세밀한 해상도로 관찰할 수 있는 시대를 맞이했습니다. 이러한 데이터의 범람은 인문지리학 연구에 전례 없는 기회를 제공하고 있지만, 동시에 우리가 기존에 가졌던 분석 체계로는 감당하기 어려운 거대한 도전 과제도 안겨주었습니다. 수만 개의 센서에서 쏟아지는 고속의 데이터와 수백만 명의 시민이 생성하는 비정형 텍스트 데이터를 어떻게 효율적으로 처리할 것인지, 그리고 그 안에 숨겨진 인간-환경 간의 비선형적이고 복잡한 패턴을 어떻게 과학적으로 해석해낼 것인지에 대한 방법론적 갈증이 깊어지고 있는 것입니다. 더불어 인간의 행적을 직접적으로 다루는 데이터의 특성상, 연구의 편의성과 개인의 프라이버시 보호 사이에서 발생하는 윤리적 긴장감은 데이터 중심 인문지리학이 반드시 해결해야 할 숙명이 되었습니다.

이러한 다층적인 과제를 해결하기 위해 본 발제에서는 지리공간 인공지능(GeoAI)의 정교한 모델링 역량과 사이버인프라 기반 지리정보시스템(CyberGIS)의 강력한 계산 인프라를 전략적으로 결합하는 융합적 패러다임을 제안하고자 합니다. 먼저 GeoAI는 딥러닝, 자연어 처리(NLP), 컴퓨터 비전 기술을 통해 인간의 지각과 공간 추론 능력을 컴퓨터 프로그램으로 모방합니다. 이는 소셜 미디어의 텍스트나 도시의 거리 뷰 이미지처럼 전통적인 데이터베이스에 담기 어려운 비정형 데이터로부터 유의미한 지리적 지식을 추출하는 핵심 동력이 됩니다. 하지만 이러한 고도화된 AI 모델은 막대한 계산 자원을 요구하며, 특히 전 지구적 규모나 근실시간 분석을 수행할 때는 일반적인 컴퓨팅 환경에서 심각한 병목 현상에 직면하게 됩니다. 이때 CyberGIS가 조력자로 등장합니다. CyberGIS는 슈퍼컴퓨터와 같은 고성능 컴퓨팅(HPC) 자원과 현대 지리정보과학을 잇는 가교 역할을 하며, 복잡한 공간 연산을 병렬화하고 대규모 데이터셋을 효율적으로 관리할 수 있는 하드웨어적·소프트웨어적 기반을 제공합니다. 결과적으로 이 두 기술의 융합은 모델링의 '지능'과 인프라의 '파워'를 결합하여, 과거에는 상상하기 어려웠던 고해상도·대규모·근실시간 분석 체계를 구축하게 합니다.

이러한 기술적 융합은 이미 인문지리학의 여러 세부 영역에서 구체적인 혁신 사례를 만들어내고 있습니다. 도시지리학에서는 수많은 도시 센서로부터 들어오는 온도와 습도 데이터를 실시간으로 처리하여 도시 열섬 현상을 미시적으로 예측하고, 재난 발생 시 수만 명의 대피 경로를 초단위로 시뮬레이션하여 최적의 의사결정을 지원합니다. 건강지리학에서는 감염병 확산 경로를 예측하기 위해 개개인의 이동 패턴을 시뮬레이션하는 행위자 기반

모델(ABM)을 고도화하고 있으며, 교통지리학에서는 그래프 신경망(GNN)을 활용해 모빌리티 서비스의 역동성을 분석함으로써 더욱 효율적인 도시 교통 체계를 설계하고 있습니다. 특히 노스캐롤라이나주 메클렌버그 카운티를 대상으로 한 열 노출 감성 분석 사례는 이 융합 모델의 실천적 가치를 명확히 입증합니다. 연구진은 약 4,200 개의 지리 태그가 붙은 트윗 데이터를 바탕으로 자연어 처리 기법을 활용한 ‘열 사전(Heat Dictionary)’을 구축하였고, 이를 통해 시민들이 실제 환경에서 체감하는 주관적인 열 노출 정도를 수치화하였습니다. 분석 결과는 매우 흥미로웠습니다. 물리적 온도가 가장 높은 도심 지역이 반드시 열 관련 불만이 가장 높은 지역은 아니었으며, 오히려 특정 외곽 주거 지역에서 시민들의 감성적 고통이 더 크게 나타났습니다. 이는 인간이 느끼는 열 노출의 고통이 단순히 기상학적 온도뿐만 아니라 개인의 사회경제적 처지, 주거 환경의 질, 냉방 자원에 대한 접근성 등에 의해 복합적으로 결정됨을 시사합니다. 이 과정에서 CyberGIS 인프라는 방대한 소셜 데이터를 신속히 처리하는 계산 능력을 제공함과 동시에, 연구자가 원시 데이터에 직접 접근하지 않고도 분석 결과만을 얻을 수 있는 안전한 워크플로우를 구현함으로써 이용자의 지리 프라이버시를 보호하는 윤리적 기술로서의 가능성도 보여주었습니다.

결론적으로 GeoAI 와 CyberGIS 의 융합은 인문지리학 연구가 단순히 ‘데이터를 많이 사용하는 연구’를 넘어, ‘데이터를 통해 인간과 환경의 본질적인 관계를 더 정밀하고 책임감 있게 성찰하는 연구’로 나아가는 토대를 마련해줍니다. 이러한 기술적 진보는 우리가 직면한 기후 위기, 도시 불평등, 공중보건의 위협에 대해 더욱 기민하고 입체적인 대응을 가능하게 할 것입니다. 다만 이러한 기술적 성취가 학문적 성과에 머물지 않고 우리 삶의 질을 실질적으로 개선하기 위해서는, 데이터를 생성하는 주체이자 정책의 최종 수용자인 시민들과의 끊임없는 소통이 전제되어야 합니다. 지능화된 지리공간 기술이 우리 사회의 투명성과 형평성을 높이는 도구가 될 수 있도록, 수용자의 관점에서 다음의 세 가지 비판적 논의를 제안하며 발제를 마칩니다.

## [토론 거리]

- 1. 지리적 데이터 주권과 알 권리:** 내가 작성한 소셜 미디어 포스트나 스마트폰의 이동 경로 데이터가 공공의 이익을 위한 연구에 활용될 때, 개인의 알 권리와 이후에도 자신의 데이터가 활용되는 것을 거부할 수 있는 ‘지리적 자기결정권’을 어떻게 보장 받을 수 있는지?
- 2. 디지털 소외 계층의 가시성 확보:** 소셜 미디어나 스마트 기기 사용이 활발하지 않은 고령층, 저소득층 등 디지털 사각지대에 놓인 소외 계층의 목소리는 AI 기반 빅데이터 분석 과정에서 배제되어 누락될 가능성이 매우 큽니다. 이러한 불평등을 보완할 수 있는 방안은 무엇인지?
- 3. AI 분석 결과의 수용성과 신뢰:** GeoAI 가 도출한 고도의 분석 결과가 나의 거주 환경이나 건강권에 직접적인 영향을 미치는 정책으로 전환될 때, 그 결정과 선택을 일반 시민에게 설명하는 기술인 ‘XGeoAI(Geospatial Explainable AI)’의 구현은 어느 수준까지 이루어져야 하며, 이를 위해 전문가와 대중 사이의 지식 격차를 어떻게 해소할 수 있는지??