

인간-AI 협업: 건축 설계 교육의 새로운 패러다임

Human-AI Collaboration: A New Paradigm of Architectural Design Education

○정 희 건* 김 성 아**
Chong, HeeGun Kim, Sung-Ah

Abstract

This study presents a CAAD prototype that unites generative and analytical AI for human-AI collaboration in architectural design. Implemented in Rhino-Grasshopper (Python, APIs), it couples Stable Diffusion for text-to-image and sketch/img-to-image alternatives with a vision-capable LLM (GPT) for image/text analysis. An Assistants workflow supports instruction and knowledge grounding; a WinForm viewer and logging enable feedback and traceability. The tool was introduced to 42 undergraduates; 17 completed a survey. Students expected use mainly for visualization, planning, and decision support, and frequently queried GPT for architectural knowledge. Obstacles were inaccurate outputs and operational difficulty; library installation limited hands-on use, so only five students used the tool despite high adoption intention (mean 3.94/5). We contribute a workflow-embedded approach and outline usability-focused future work.

키워드 : 건축 교육, 생성형 AI, 대형 언어 모델(LLM), 컴퓨터 지원 건축 설계(CAAD)

Keywords : Architectural Education, Generative AI, Large Language Model(LLM), Computer Aided Architectural Design(CAAD)

1. 서론

최근 건축 분야에서는 AI(Artificial Intelligence)가 많이 활용되고 있으며, 이에 건축 설계 교육을 위해서 LLM(Large Language Model)과 생성형 AI(Generative AI)를 활용하기 위한 연구들이 다수 수행되었다(Choo et al., 2024, Lee, 2024, Jin et al., 2024, Turchi et al., 2023). 국내의 경우 건축학과 학부생을 대상으로 Chat GPT, Stable Diffusion, Dall-E, Midjourney 등의 도구를 활용하여 프로젝트를 진행하는 방식의 선행연구들이 수행되었으며(Choo et al., 2024, Lee, 2024), 해외의 경우 학생들 대상의 설문조사를 통해 AI 활용에 따른 효과를 확인하거나(Jin et al., 2024) AI 도구의 설계 소프트웨어 통합 측면에서도 연구가 수행되었다(Turchi et al., 2023). 설계 교육 관련 선행연구들은 대부분 AI 도구의 생성적 측면만 집중하였으며, 인간-AI 협업 측면에서 접근한 경우는 드물었다. 그러나 AI를 활용한 건축 설계 프로세스 관련 선행연구에서는 AI의 분석 기능도 활용한 인간-AI 협업 측면에서도 그 효과를 확인하였다(Huang et al., 2021).

이에 본 연구는 AI 도구의 생성적 측면 및 분석적 측면을 모두 포함하는, 설계 과정의 인간-AI 협업을 위한 AI 도구 프로토타입을 개발하여 학생 설계자를 대상으로 그 효과를 확인하고자 한다. 해당 AI 도구의 학생 설계자 대상 설문조사 및 활용 실험을 통해, AI 도구의 건축 설계 교육을 위한 활용, 그리고 개발을 위한 시사점을 확인하는 것을 목적으로 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 건축 설계를 위한 AI 및 비전 인식 기능

생성형 AI가 발전함에 따라 건축 설계를 위해서 해당 도구들을 활용한 연구들이 수행되었으며, 설계 대안 생성을 위해 활용될 가능성이 확인되었다(Shin, 2024). 그러나 건축 설계 프로세스의 AI 도구 활용에 대한 선행연구에서는 이러한 AI의 생성적 측면 외에 분석적 측면에서도 연구하였으며, CNN(Convolutional Neural Network) 기반 AI를 통해 건축 설계 결과물을 분석하고(Danchenko, 2020), 나아가 그 분석 결과를 다시 인간 설계자가 설계하는 데 활용하기도 하였다(Huang et al., 2021).

최근 상용화된 비전(Vision) 인식이 가능한 LLM 모델의 경우 도시 분야에서 보행성을 평가하는 데 활용되었으며, AI 모델의 평가와 전문가의 평가 결과의 유사도가 확인되었다(Blečić et al., 2024). 이러한 비전 LLM 모델은 건축적 지식이 부족한 학생 설계자의 설계 의사 결정 과정에서 유용할 것으로 판단된다.

* 성균관대 글로벌스마트시티융합전공 박사수료

** 성균관대 건축학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architecture, Sungkyunkwan University, sakim@skku.edu)

이 연구는 국토교통부의 스마트시티혁신인재육성사업으로 지원되었으며, 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. 과제번호: 2022R1A2C1010759

2.2 건축 설계 교육을 위한 AI 활용 사례

최근 건축 설계 교육을 위한 AI 도구의 활용 효과를 확인한 선행연구가 증가하였다. Choo et al.(2024)은 Stable Diffusion을 건축 디자인 사고 도구로 활용하였으며, 건축학과 학생들을 대상으로 한 실습 교육을 통해 그 효과를 확인하였다. Stable Diffusion을 활용하여 학생들은 다양한 설계 대안 이미지를 생성할 수 있었으며, 특히 건축물 외곽선을 활용한 이미지 생성 결과물이 설계 의도를 잘 담아냄을 확인하였다(Choo et al., 2024). Jin et al.(2024)은 학생 대상으로 LLM 모델 및 생성형 AI 도구 활용의 효과를 통계적으로 분석하여 확인하였다. 연구 결과 AI 도구의 효용성이 확인되었으며, LLM은 초기 및 분석 단계, 생성형 AI는 초기 시각화 및 최종 이미지 표현에 주로 사용되었다(Jin et al., 2024). 다만 위 선행연구들에서는 LLM 모델의 이미지 인식 기능은 활용되지 않았다.

2.3 CAAD 도구에서의 AI 통합 필요성

건축 설계에서의 AI 활용 관련 선행연구들에서는 지속적으로 AI의 CAAD(Computer Aided Architectural Design) 도구에서의 통합 필요성을 언급하였다(Jin et al., 2024). 특히 선행연구들에서는 건축 설계 분야에서 널리 사용되는 Rhino-Grasshopper에 AI 도구를 통합하였다(Turchi et al., 2023, Chong & Kim, 2024, Chong et al., 2024). 이는 LLM 및 생성형 AI를 API(Application Programming Interface)를 통해 활용하는 방안이며, 사용자의 PC 성능과 상관없이 AI 도구를 사용할 수 있다. 또한 Rhino-Grasshopper의 경우 최근 버전에서 Python 3 스크립팅을 지원하며, 선행연구에서 언급된 AI 활용 시 상호작용 및 UI 문제(Jin et al., 2024) 해결에 용이하다(그림 1).

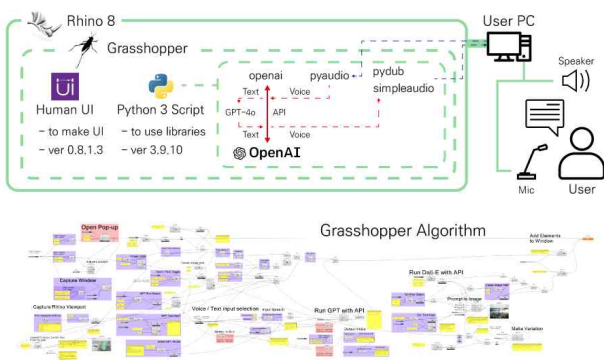


그림1. Rhino-Grasshopper AI 도구 통합 (Chong et al., 2024)

CAAD 도구에 통합된 AI 도구의 경우, 웹기반 도구 혹은 별도 소프트웨어와 달리 사용자가 작업 흐름의 끊김없이 AI 도구를 사용할 수 있으며, 최근에는 플러그인 형태로 개발한 선행연구도 수행되었다(Jang et al., 2024).

본 연구에서는 AI 도구의 프로토타입 수준에서 다양한 기능을 실험하며, 학생이 직접 기능을 실험하고, 프롭프트 엔지니어링을 수행하도록 하는 것을 목표로 하였다. 이에 본 연구에서는 수정이 용이하며, 직관적인 시각적 스크립팅 도구인 Grasshopper에 AI 도구를 통합하여 개발하였다.

3. 생성 및 분석을 지원하는 AI 도구 프로토타입 개발

3.1 AI 활용을 통한 생성-분석 프레임워크

본 연구에서는 건축 설계 AI 활용 과정에서 AI의 생성 기능에 더해 분석 기능을 활용하는 프레임워크를 제안한다(그림 2). 이는 AI를 단순한 도구가 아닌 협업적 측면에서 활용하기 위한 것이며, 아래 그림 2와 같이 설계자의 입력에 따라 AI 도구가 결과물(텍스트, 이미지)을 생성하고, 그 결과물을 활용하여 설계자가 CAAD 도구에서 모델링 작업 등을 수행하면, 다시 그 결과물을 AI가 비전 인식을 통해 분석하여 답변하는 일종의 피드백 프로세스이다.

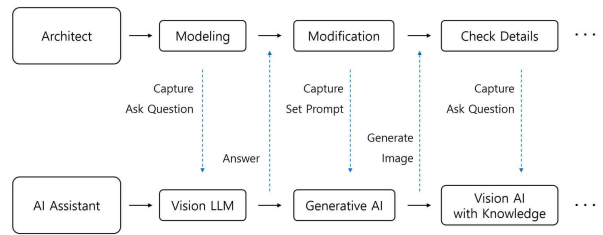


그림2. 건축 설계를 위한 인간-AI 협업 피드백 프로세스

다만 API를 통해 서비스가 제공되는 LLM 모델의 경우 학습된 정보가 범용적이기 때문에, AI의 판단 시에 근거로 활용되는 지식의 입력이 필요하다.

3.2 CAAD 도구에 통합된 AI 도구 프로토타입

본 연구에서는 AI 도구 프로토타입 개발을 위해 Rhino-Grasshopper를 선택하였다. Grasshopper의 경우 앞서 언급한 Python 3 스크립팅 활용 가능성 외에 다양한 플러그인을 통해 모델링, 성능 시뮬레이션 등의 작업이 가능하며, 다양한 결과물(텍스트, 이미지)을 AI 도구의 입력값으로 활용할 수 있다.

Rhino-Grasshopper 알고리즘으로 구성된 AI 도구 프로토타입의 구성은 아래 그림 3과 같다. 알고리즘은 크게 1) 활용 방법 설명 부분, 2) API 키 확인 및 로그 폴더 생성 부분, 3) Rhino 화면 캡처 부분, 4) Stable Diffusion 이미지 생성 부분, 5) GPT 질문 부분으로 구성된다. 각 부분은 Python 3 스크립트 컴포넌트를 활용하여 작성되었으며, 활용을 위해 PC에 Python 3의 OpenAI, Requests 라이브러리 설치가 필요하다. 필요 라이브러리 설치 후 해당 Grasshopper 알고리즘을 열어서 활용이 가능하다(그림 3).

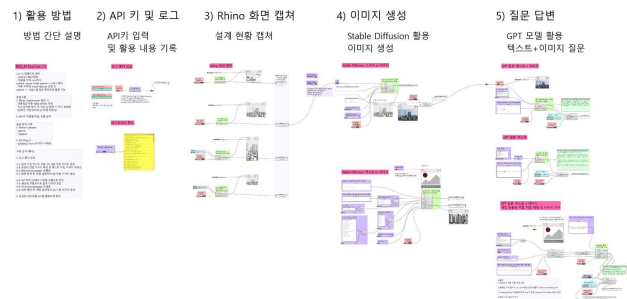


그림3. Rhino-Grasshopper AI 도구 알고리즘 구성

3.3 AI 도구 프로토타입 모듈 상세

AI 도구 활용 시 ‘분석’ 기능을 담당하는 모듈은 OpenAI의 Chat GPT의 API를 활용하여 개발되었다. 학생은 생성된 답변의 정확도, 소요 시간 등을 고려하여 AI 모델을 선택할 수 있으며, 텍스트와 이미지를 활용하여 답변을 받을 수 있다. 또한 단순히 텍스트 to 텍스트, 이미지 to 텍스트 답변을 넘어서서 앞서 언급된 AI 모델의 범용성을 보완하기 위해, Assistant 기능을 활용, 학생이 입력한 지시 사항 및 근거로 활용할 수 있는 지식을 입력받을 수 있도록 하였다. 또한 Winform을 활용하여, GPT의 답변을 새로운 창에서 확인할 수도 있다(그림 4).

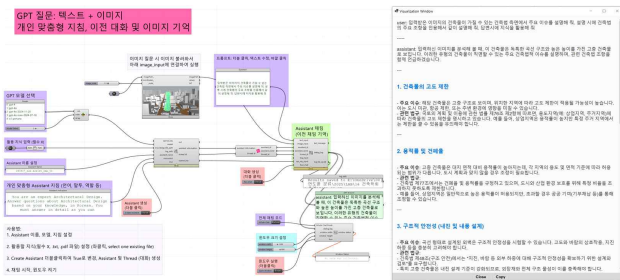


그림4. 분석을 위한 GPT 활용 알고리즘 및 예시 답변

AI 도구 활용 시 ‘생성’ 기능을 담당하는 모듈은 Stability AI의 Stable Diffusion API 활용하여 개발되었다. 특히 Stable Diffusion의 경우 img2img 기능에서 입력 이미지의 외곽선을 따라가는 스케치 to 이미지 기능을 지원하며, 이는 학생 설계자가 Rhino 상에서 직접 모델링한 이미지를 활용하여 설계 초기에 마감 재료가 고려된 렌더 이미지를 생성할 수 있도록 한 것이다. 입력 이미지와 출력 이미지의 직접적인 비교를 위해 하단의 슬라이더 위치를 이동하여 입/출력 이미지를 표현하는 스크립트를 작성하였으며, 활성화 시 html을 열기 위한 인터넷 브라우저 창을 통해 시각화된다(그림 5).

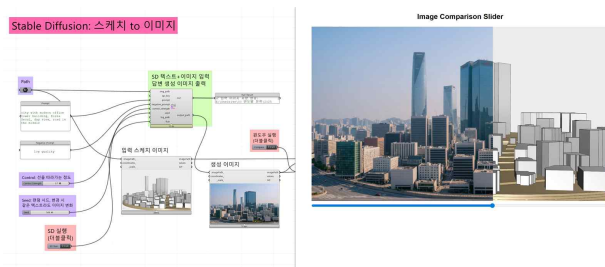


그림5. 생성을 위한 Stable Diffusion 활용 알고리즘 및 예시

이외에 AI 도구 활용 시 학생 별 사용량 분석, 입력 데이터 및 출력 데이터 분석을 위해 AI 활용 log 기록 기능을 각 컴포넌트에 통합하였다. 해당 log 기능을 활용하면 학생 설계자가 설계 과정의 어떤 단계에서, 어떤 작업을 위해 AI 도구를 활용하였는지 기록하고 추후 분석할 수 있다. 또한 학생 설계자는 AI 도구 활용 시의 예측 불가능성을 일부 보완하고 학습하기 위해 이전의 입력 및 출력 데이터를 참조하여 수정해 나갈 수 있다.

4. 학생 설계자 대상 설문

4.1 AI 도구 프로토타입 소개 및 설문조사 개요

본 연구에서 개발한 AI 도구 프로토타입의 구성 및 활용 방법에 대해 총 42명의 건축학과 학생 대상으로 설명하였다. 그 중 17명은 온라인 설문조사를 통해 설계 과정의 AI 도구 활용 및 문제점, 제시된 도구의 활용 의향 대한 질문들에 답변하였다. 본 설문조사는 건축학과 학생들의 AI 도구 활용 현황과 주요 활용 단계, 직접 느끼는 활용 시의 어려움을 확인하기 위해 구성되었다.

4.2 인구통계학적 분석

본 설문의 응답자 총 17명 중, 남자는 9명, 여자는 8명이었다. 설문 및 도구 소개, 활용 실험이 진행된 수업의 경우 건축학과 3~5학년 대상의 수업으로, 설문 응답자는 3학년 13명, 4학년 2명, 5학년 2명으로 구성되었다.

응답자 남학생 9명 중, 건축 설계를 위해 AI 도구를 사용해 본 경험이 있는 경우는 2명 뿐이었으나, 여학생 8명 중에서는 대다수인 7명이 사용해 본 경험이 있는 것으로 나타났다. 또한 ‘사용해본 경험이 있는’ 10명의 학생의 경우, 사용 빈도 중 한 주에 한두 번이 6명으로 가장 많았으며, 2~3일에 한두 번은 2명, 사용 빈도가 제일 높은 나머지 응답은 각 1명 씩으로 확인되었다(그림 6).

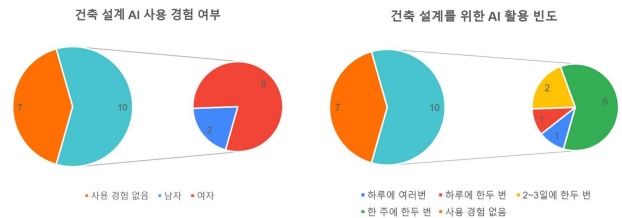


그림6. 설문조사 결과의 인구통계학적 분석

4.3 건축 설계 AI 도구 활용 단계 및 활용 방안

본 설문의 응답자 모두를 대상으로 AI 도구의 활용(예상) 단계, 활용 방법에 대해 질문하였으며, 결과는 다음과 같다. 우선 활용 단계의 경우 기획 단계, 의사결정 단계, 설계 단계, 시각화 단계 중 시각화 단계라는 답변이 6명으로 가장 많았으며, 기획 단계(5명), 의사결정 단계(4명)가 뒤를 이었다(그림 7). 활용 방법의 경우 건축적 지식에 대해 GPT에게 질문하는 방법이 17명 중 15명으로 대다수를 차지하였으며, 이는 앞선 활용(예상) 단계에서 시각화 단계라고 답변한 6명 중 5명을 포함한다. 이러한 불일치의 이유는 활용 문제점 관련 응답에서 확인할 수 있다.

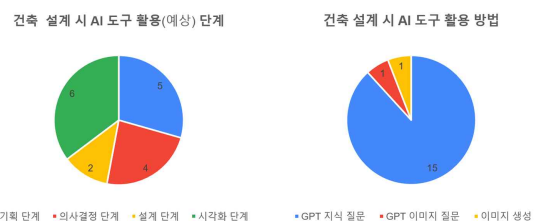


그림7. 학생 설계자의 AI 도구 활용 단계 및 주요 활용 방안

4.4 건축 설계 AI 도구 활용 시 문제점

AI 도구 활용 시의 문제점에 대한 설문은 Chat GPT와 같은 LLM, Stable Diffusion과 같은 생성형 AI의 활용 시 문제점으로 구분하여 구성되었다. 두 질문 모두 답변/이미지의 부정확성이 13명, 9명으로 제일 많았으며, 활용의 어려움이 3명, 7명으로 뒤를 이었으나 생성형 AI 활용 시의 어려움에 대한 비율이 약 41%로 높았다. 이러한 응답은 앞선 활용(예상) 단계에 대한 질문에서 시각화 단계를 꼽았지만, 실제 활용 혹은 활용 예상 방안은 GPT 질문으로 답변한 불일치의 이유를 일부 설명한다.

이외에 건축 설계에서 AI 도구 활용 시의 문제점에 대한 주관식 질문에서는 ‘대표적인 프로그램이 없음’, ‘아이디어를 구현하는데 어려움’, ‘이미지 생성 도중 중단’, ‘정확하지 않은 답변’ 등 앞선 설문에서 확인된 내용에 더해, 선행연구에서 언급되어 온 CAAD 도구 통합에 대한 필요성을 엿볼 수 있는 답변이 있었다.

4.5 개발된 도구 활용 의향 및 실제 학생 활용의 한계

본 연구에서 개발한 AI 도구의 기능을 설문 대상 학생들에게 제시한 후, 해당 도구 활용 의향에 대해 5 단계 리커트 척도로 질문한 결과, 대다수 학생들이 활용 의향이 매우 높거나(4명) 높은(9명) 것으로 확인되었다. 보통(2명), 낮음(2명)을 포함한 평균 점수는 3.94점으로 나타났다.

도구 제시 및 설문이 수행된 수업의 경우 최종 과제물에 AI 도구 활용이 필요하였으며, 제안된 AI 도구의 설치와 활용을 위한 안내가 전달되었다. 다만 학생들에게 Rhino-Grasshopper 기반 AI 도구 활용을 강제하지 않았으며, 그 결과 수업을 수강하는 전체 학생 중 5명만이 위 도구를 사용하였다. 이는 알고리즘 활용을 위한 Python 라이브러리 설치의 어려움으로 인한 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 건축 설계에서 분석과 생성 기능을 동시에 활용하는 인간-AI 협업을 위한 AI 도구 프로토타입을 개발하였다. 선행연구에서 지적되어 온 CAAD 도구와의 통합을 수행하였으며, AI 도구의 생성 기능 뿐만 아니라 LLM의 비전 인식을 활용한 분석 기능을 포함하였다. 또한 입력한 지식, 지시 사항을 활용하는 Assistant 기능도 포함하였으며, 이를 통해 학생 별 맞춤형으로 활용 가능하다.

본 연구에서는 학생 설계자를 대상으로 설계 시 AI 도구 활용에 대한 설문을 수행하였으며, 학생들이 느끼는 AI 도구 활용 시의 문제점을 확인하였다. 학생들은 AI 도구의 부정확성 및 활용의 어려움을 주요 문제점으로 꼽았으며, AI 도구 활용을 위한 설치 과정의 어려움을 겪었다.

본 연구에서 개발된 AI 도구의 경우 실제 학생들의 활발한 활용을 통해 피드백을 확인하지 못하였고, 설문 내용이 상세하지 못하며 응답의 표본 수가 적다는 한계가 존재한다. 향후 연구에서는 더 많은 수의 학생 대상 설문 및 활용 실험을 통해 건축 설계에서의 인간-AI 협업을 위한 AI 도구 효과 검증 및 보완 방향성 확인이 필요하다.

참고문헌

1. Choo, S.Y., Heo, M.J., & Hong, S.M. (2023). Architectural practice in university education using Stable Diffusion to enhance AI-based architectural design thinking, *Proceedings of Spring Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, 44(1), 582-585
2. Lee, S. (2023). Transforming digital design education: Integrating design thinking methodology and artificial intelligence for creative design solutions, *Proceedings of Spring Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, 44(1), 502-505
3. Jin, S., Tu, H., Li, J., Fang, Y., Qu, Z., Xu, F., Liu, K., & Lin, Y. (2024). Enhancing architectural education through artificial intelligence: A case study of an AI-assisted architectural programming and design course, *Buildings*, 14, 1613.
4. Turchi, T., Carta, S., Ambrosini, L., & Malizia, A. (2023). Human-AI co-creation: Evaluating the impact of large-scale text-to-image generative models on the creative process, *End-User Development (IS-EUD 2023)*, *Lecture Notes in Computer Science*, 13917, 35-51
5. Huang, J., Johanes, M., Kim, F. C., Doumptioti, C., & Holz, G.-C. (2021). On GANs, NLP and architecture: Combining human and machine intelligences for the generation and evaluation of meaningful designs, *Technology|Architecture + Design*, 5(2), 207-224.
6. Danchenko, E. (2021). The AI-iteration method and the role of AI in architectural design, *Proceedings of the Future Technologies Conference (FTC) 2020, Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1288, 525-538.
7. Blečić, I., Saiu, V., & Trunfio, G. A. (2024). Enhancing urban walkability assessment with multimodal large language models, In *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2024 Workshops*, 14819.
8. Chong, H., & Kim, S.-A. (2024). A study on the AI-aided early architectural design process – Focusing on LLM and generative AI –, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 29(2), 112-124.
9. Chong, H., Yang, S.-W., & Kim, S.-A. (2024). Development of Arcopilot for AI-based architectural design: Focusing on user interface and educational effect on architectural design, *Proceedings of the Summer Conference of the Society for Computational Design and Engineering*, 275-278.
10. Jang, S., Lee, G., Oh, J., Lee, J., & Koo, B. (2024). Automated detailing of exterior walls using NADIA: Natural-language-based architectural detailing through interaction with AI, *Advanced Engineering Informatics*, 61, 102532.