

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

AI기반 건축 디자인 사고 강화를 위한 Stable Diffusion 활용 디자인 실습 교육에 관한 연구

Architectural Practice in University Education using Stable Diffusion to Enhance AI-based Architectural Design Thinking

○추 승 연* 허 민 지** 홍 순 민***
Choo, Seung-Yeon Heo, Min-Ji Hong, Soon-Min

Abstract

The purpose of this study is to explore practical education to use Stable Diffusion, one of the generated AI models, as an architectural design thinking tool. The education was conducted with 45 architecture students, and after training on the basic use and application methods of Stable Diffusion, the practice of creating internal and external perspective views was conducted. Finally, based on the individual student's architectural project, the effect of using Stable Diffusion as an architectural design tool was evaluated through the internal and external perspective views created by using Stable Diffusion.

키워드 : 건축 교육, 건축 이미지 생성, 인공지능, 스테이블 디퓨전

Keywords : Architecture Education, Architecture Image Generation, Artificial Intelligence, Stable Diffusion

1. 서론

Open AI에서 발표한 ChatGPT의 등장 이후로 전 산업 분야에서 생성 AI를 활용한 기술 개발이 가속화되고 있다. 2022년 Jason Allen의 Space Opera Theater가 이미지 생성 AI인 Midjourney를 활용해서 만든 그림이 미술대회에서 수상한 일도 있었다. 이런 사례로 인해 최근에는 창의성이 요구되는 미술, 음악 등 예술 분야에서도 생성 AI 기술이 주목을 받고 있다.

건축 분야에서도 Midjourney, Stable Diffusion, DALL-E 등의 이미지 생성 AI 기술을 생산성 및 창의성 향상 등의 목적으로 많이 활용하고 있다. 그 예로 ZHA(Zaha Hadid Architects)에서는 초기 단계에 DALL-E와 Midjourney를 이용하여 디자인 아이디어를 고안하고 있으며, MVRDV에서는 Midjourney와 Stable Diffusion을 이용하여 조감도를 생성하고 있다. 이처럼 세계적인 건축회사들은 이미 적극적으로 생성 AI 기술을 실무에 활용하고 있으며, 이러한 AI 기술 발전은 더욱 가속화될 전망이다. 그러므로 대학의 건

축 설계 교육에서도 AI 기술을 활용하는 교육 방안에 대한 필요성이 점점 대두되고 있다.

따라서 본 연구에서는 생성 AI 모델 중 하나인 Stable Diffusion을 건축 디자인 사고 도구로 활용하기 위한 실습 교육에 대하여 탐구하고자 한다. 본 실습 교육은 건축학과 학생 45명을 대상으로 진행하였으며, 교육 과정에서 얻은 결과물을 통해 건축 디자인 도구로서 Stable Diffusion의 활용 효과에 대해 평가하였다.

2. 건축 분야의 인공지능 활용 및 교육 사례

2.1 건축 분야의 인공지능 활용

건축 분야의 인공지능 활용은 건축도면 인식, 건축도면 자동 생성, 3D 모델링 내 객체 인식 등 다양한 방면에서 연구되고 있다. Zhao, Deng & Lei(2020)는 YOLO 모델을 기반으로 스캔 된 이미지 도면에서 2D 도면을 3D 모델로 재구성하는데 필요한 건물 구성 요소를 자동으로 감지하는 새로운 방법을 제안하였으며, Zheng & Fischer(2023)는 GPT를 이용하여 BIM 모델 내에서 객체를 인식하고 검출하는 프롬프트 기반의 BIM-GPT를 개발하였다(그림 1). 건축도면 자동 생성 분야에서는 Nauata et al.(2021)이 그래프 제약 관계형 GAN과 조건부 GAN을 통합한 알고리즘을 이용해 버블 다이어그램을 기반으로 건축 평면도를 생성하는 기술인 House-GAN을 제안하였으며(그림 1), Chaillou(2019)는 GIS 정보를 이용하여 대지에 맞는 건물 구획을 도출하고, 문과 창호를 지정한 후 Pix2Pix를 이용

* 경북대 건축학부 교수, 공학박사(Dr.-Ing.)

** 경북대 대학원 석사과정

*** 경북대 대학원 박사수료

(Corresponding author : School of Architecture, Kyungpook National University, choo@knu.ac.kr)

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 2024년도 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2021-KA163269).

하여 실 배치 및 가구 배치를 출력하는 방법으로 평면을 자동으로 생성해주는 ArchiGAN을 제안하였다.

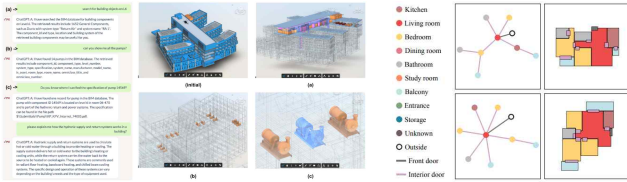


그림1. BIM-GPT(좌), House-GAN(우)

이처럼 현재 건축 분야의 인공지능 활용에 관한 연구는 2D 도면에서부터 3D 모델링에 이르기까지 객체 인식, 평면 생성 등 다양한 분야에서 진행되고 있다.

2.2 AI를 활용한 건축 실습 교육 사례

CAD와 BIM의 등장 이후로 건축 교육 분야의 디지털 기술 활용은 선택이 아닌 필수가 되었다. 국토교통부에서는 지난 2022년, 스마트 건설 활성화 방안을 발표하며 2030년까지 건설 전 과정을 디지털화·자동화하겠다는 목표를 제시하였으며, 건축업계에서 디지털 기술의 필요성은 더욱 커지고 있다. 이에 따라 건축 교육 분야의 디지털 기술 활용 또한 중요해지고 있으며, 디지털 기술을 건축 교육에서 활용하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다.

디지털 기술 중에서도 특히 AI 기술의 경우에는 디자인 교육 초기 단계에서 디자인 스튜디오에 AI를 도입하여 GAN을 사용해 파사드 이미지를 재구성하는 교육학적 실험을 제시한 Kavakoglu et al.(2022)의 연구가 있었다(그림 2). 또한 미국 시라큐스 대학교의 건축 디자인 스튜디오에서 학생들이 작업 중인 작업물을 시각화하고 이해하기 위한 방법을 찾도록 지원하는 과정에 생성 AI를 사용한 사례가 있었다.



그림2. Kavakoglu et al.(2022)의 연구에서 파사드 이미지를 통해 얻을 수 있는 결과물 예시

이처럼 해외에서는 이미 AI 기술을 건축 설계 교육에 도입하여 활용하는 방안을 연구, 적용 중이다. 국내에서도 AI 기술의 개발 흐름에 맞게 AI 기술을 활용한 건축 실습 교육에 관심을 더 가져야 할 필요가 있다.

3. Stable Diffusion을 활용한 실습 교육 연구

3.1 실습 교육 방안 구축 및 환경 세팅

건축 디자인 사고 과정은 디자인 아이디어를 고안하고

확장하는데 다양한 시도를 필요로 하며, 이는 많은 노력과 시간을 요구한다. 그러나 이 과정에서 텍스트 기반의 프롬프트를 통해 단시간에 다양한 결과물을 생성하는 AI를 활용한다면, 건축 디자인 사고 과정에서 특정 컨셉이나 아이디어를 빠르게 시각적인 결과물로 확인할 수 있다. 이러한 방법을 적극 활용한다면 건축 디자인 사고 과정에 필요한 시간을 단축시킬 수 있고, 즉각적인 결과물 생성을 통해 다양한 아이디어를 발전시킬 수 있어 효율적인 디자인 사고 과정을 수행할 수 있을 것이다. 따라서, 생성 AI 모델 중 파인튜닝으로 사용자의 요구 사항에 맞게 세부 조정이 가능한 Stable Diffusion을 선택하여 건축 디자인 사고 과정에 활용하기 위한 실습 교육을 진행하였다.

실습 교육 프로세스는 그림 3과 같이 1) Google Colab을 이용한 Stable Diffusion Web UI 세팅 및 기본 활용, 2) 프롬프트 엔지니어링 기본 학습, 3) ControlNet 및 LoRA 모델 활용, 4) img2img 기능 활용, 5) 개인 건축 디자인 프로젝트 기반 내·외부 투시도 생성으로 하였다.

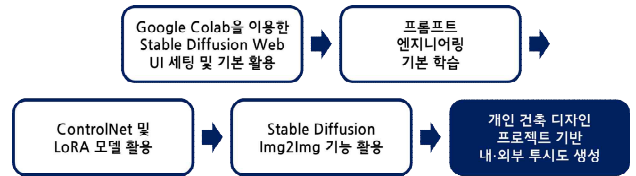


그림3. 건축 디자인 사고 과정 실습 교육 프로세스

Stable Diffusion 설치형의 경우, 최소 GPU VRAM 6GB 이상의 고사양의 PC가 필요하므로, 개인 PC 사양과는 별개로 서버 GPU를 활용할 수 있는 Google Colab을 활용하여 Stable Diffusion Web UI를 설치하고, 건축 실습 교육에 맞게 세팅하였다.

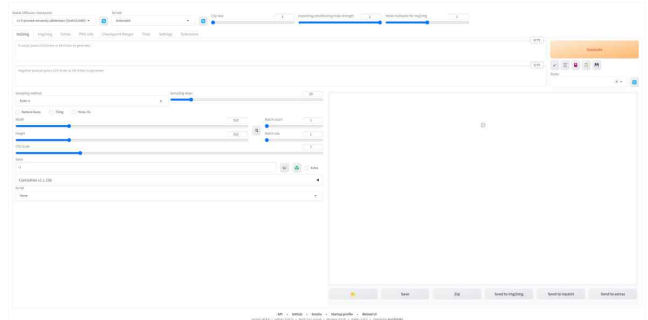


그림4. Stable Diffusion Web UI 초기화면

Stable Diffusion을 이용하기 위해서는 먼저 프롬프트 엔지니어링 과정이 선행되어야 한다. Zhou et al.(2023)에 의하면 프롬프트 엔지니어링(Prompt Engineering)이란 대형 언어 모델(LLM)을 최적화하여 원하는 결과를 얻을 수 있도록 프롬프트를 설계하는 과정이다. Stable Diffusion 또한 텍스트 기반의 프롬프트로 이미지를 생성하므로, 효과적인 프롬프트 설계를 위해 프롬프트 엔지니어링 기본 학습에 대한 실습을 진행하였다.

OpenArt, Lexica, PromtHero 등 프롬프트 생성 사이트를 활용하고, ChatGPT를 이용해 프롬프트를 직접 생성하거나 AIPRM for ChatGPT 등 ChatGPT 플러그인을 사용하는 방식으로 프롬프트 작성 방법에 대한 학습이 이루어졌다.

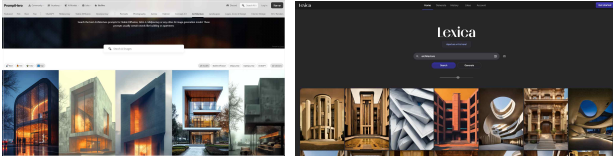


그림 5 PromptHero(좌), Lexica(우)

이후 Stable Diffusion의 기능 및 변수값인 Sampling method, inpainting conditioning mask strength, Sampling steps, CFG Scale 등을 조정하며 생성된 건축 이미지의 변화를 통해 미세 조정에 관한 학습을 수행하였다. 실습에는 생성 이미지 결과물의 일정성과 대조성을 위해 최초 생성된 이미지의 Seed 값을 고정하였으며, 프롬프트¹⁾ 또한 동일하게 작성하여 변수값을 조정하면서 설정 기능에 대해 학습했다.

표1. Stable Diffusion 기본 기능 설정에 따른 이미지 출력 예시

| 구분 기능 | 설정1(기본) | 설정2 | 설정3 |
|-----------------|---------|-----|--------------|
| Sampling method | | | |
| | Euler A | LMS | DPM adaptive |
| Sampling steps | | | |
| | 20 | 80 | 150 |
| CFG Scale | | | |
| | 7 | 14 | 21 |

Stable Diffusion의 기본 기능 사용법을 학습한 후, LoRA와 ControlNet을 이용한 응용 실습을 진행하고, img2img 활용에 대한 실습을 추가로 진행하였다.

1) 프롬프트는 다음과 같다; ‘with the luxury home décor, in the style of streetscape, light brown and black, dark sky-blue and light white, strong linear elements, contemporary glass, timber frame construction, sony alpha a7 iii’

LoRA는 기존 모델에 원하는 특정 피사체 데이터를 추가하여 학습시키는 기법으로 동시에 여러 모델을 적용할 수 있어 적용 가중치를 조절할 수 있는 파인튜닝이 가능하기 때문에 모델의 개인화가 가능하다.

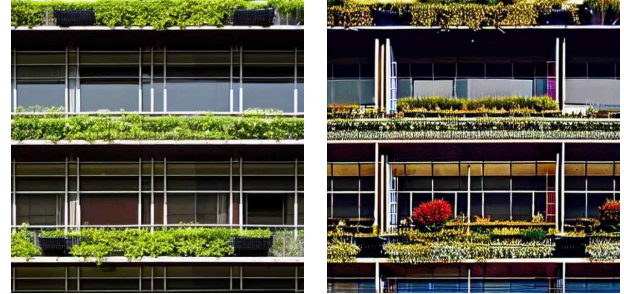


그림6. 기본 모델만으로 생성한 이미지(좌), LoRA를 사용하여 생성한 이미지(우)

LoRA가 직접적으로 모델을 변형시켜 학습한다면, ControlNet의 경우에는 파인튜닝을 통해 모델에 직접적으로 영향을 끼치는 것이 아닌, 프롬프트와 같은 변수환경을 마련하는 것이라고 볼 수 있다. ControlNet은 다양한 기능을 제공하고 있으나, 수업에서는 건축 이미지 생성과 관련이 깊은 MLSD 기능에 대해서 실습을 진행하였다.

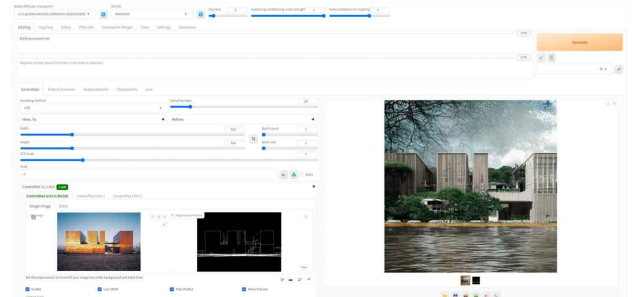


그림7. ControlNet의 MLSD 기능 사용 예시

img2img 활용에 대한 수업은 sketch 기능을 통해 건축물의 형태를 변경하거나 inpaint 기능을 통해 건축물에 장을 추가하는 등 출력한 건축물을 부분적으로 수정하기 위한 목적으로 진행하였다.

표2. Stable Diffusion img2img 사용에 따른 이미지 출력 예시

| 구분 기능 | Input | img2img + 프롬프트 수정 | Output |
|----------|-------|-------------------|--------|
| sketch | | | |
| inpaint | | | |

3.2 실습 교육 평가

건축학과 학생 45명(4학년 11명, 3학년 34명)을 대상으로 15주간 Stable Diffusion 활용에 대한 실습 교육을 진행하였으며, 결과물로 얻은 건축 이미지의 평가를 세 차례 진행하였다.

첫 번째와 두 번째 평가는 제시된 건축 설명문에 따라 내·외부 투시도를 생성하여 평가하였고, 세 번째 평가는 학생들이 건축 디자인 수업에서 진행하고 있는 개인 프로젝트를 바탕으로 내·외부 투시도를 생성하여 평가하였다.

평가 기준은 제시된 설명문을 얼마나 잘 구현하여 투시도를 생성하였는지에 대한 여부와 생성된 투시도의 퀄리티 및 시각적으로 어색한 부분이 있는지에 대한 여부에 따라 상중하로 구분하여 각각의 등급에 맞는 이미지를 기준으로 삼았다. 또한, 결과물이 나오기까지 사용한 모델 및 파라미터값을 프롬프트와 함께 작성하도록 하였으며, 최종 결과물 생성까지 활용한 기능과 과정을 함께 평가하였다.

표3. Stable Diffusion 활용 평가 결과물 예시

| 기준 | 구분 | 내부 | 외부 |
|---------|----|----|----|
| 첫 번째 평가 | 상 | | |
| | 중 | | |
| | 하 | | |
| 두 번째 평가 | 상 | | |
| | 중 | | |
| | 하 | | |
| 세 번째 평가 | 상 | | |
| | 중 | | |
| | 하 | | |

평가 결과, 공통적으로 txt2img보다는 img2img로 생성한 결과물이 설계 의도를 더 잘 담아냈다. 세밀한 묘사 부분에서는 내부 투시도의 경우, LoRA를 이용하여 원하는 분위기의 이미지를 생성한 후 프롬프트 수정을 통해 최종적으로 얻은 결과물의 평가가 좋았다. 외부 투시도의 경우에는 ControlNet을 이용하여 건축물 외곽선을 추출한 후, inpaint 기능을 통해 부분적으로 세부 수정한 결과물이 더 높은 평가를 받았다.

4. 결론

본 연구에서는 건축학과 학생들을 대상으로 진행한 건축 실습 교육을 통해 건축 디자인 사고 도구로서 Stable Diffusion의 활용 방안에 관한 연구를 진행하였다.

Stable Diffusion을 통해 초기 아이디어와 매스 및 기본적인 공간 이미지를 바탕으로 구체적인 투시도와 조감도를 생성하였으며, 이로 인해 Stable Diffusion이 본인의 아이디어와 매스 및 공간 디자인을 발전시켜 나아가는데 유용한 도구임을 경험하였다. 이를 통해 Stable Diffusion과 같은 생성 AI를 활용한 건축 실습 교육이 건축 디자인 사고의 효율성을 더 높일 수 있다는 가능성과 잠재성을 확인하였으며, 향후에는 이처럼 AI 기술을 활용한 건축 실습 교육이 더 필요해질 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Zhao, Y., Deng, X., & Lai, H. (2020). A Deep Learning-Based Method to Detect Components from Scanned Structural Drawings for Reconstructing 3D Models, *applied sciences*, 10(6), 2066
2. Zheng, J. Fischer, M. (2023). BIM-GPT: a Prompt-Based Virtual Assistant Framework for BIM Information Retrieval, *arXiv:2304.09333*
3. Nauata, N., Hosseini, S., Chang, K., Chu, H., Cheng, C., & Furukawa, Y. (2021). House-GAN++: Generative Adversarial Layout Refinement Network towards Intelligent Computational Agent for Professional Architects, 2021 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 13627-13636
4. Chaillou, S. (2019). ArchiGAN: Artificial Intelligence x Architecture, *Architectural Intelligence*, 117-127
5. Kavakoglu, A., Almaç, B., Eser, B., & Alaçam, S. (2022). AI Driven Creativity in Early Design Education - A pedagogical approach in the age of Industry 5.0, *eCAADe40 Co-creating the Future, Volume 1*, 133-142
6. Zhou, Y., Muresanu, A.I., Han, Z., Paster, K., Pitis, S., Chan, H., & Ba, J. (2023). Large Language Models Are Human-Level Prompt Engineers, *arXiv:2211.01910*