

2023년 대한건축학회

추계학술발표대회

10.25.(수) ~ 10.27.(금) 하이원 그랜드호텔(강원 정선군 소재)



특별강연

10.26.(목)13:00

Yoshiaki NAKANO



Professor
Institute of Industrial Science
The University of Tokyo


Program

- 학술논문발표
- 특별강연
- 위원회 행사
- 공공기관세션
- 신진인재교류회
- 지회특별세미나
- 학생작품전
- 디지털건축대전
- 건축기술대전
- 학생사진공모전
- 3D프린팅경진대회
- 교류의장 및 시상식

Homepage



| 주최 |  대한건축학회

| 주관 |  대한건축학회 대한건축학회 강원지회

| 후원 |  국가건축정책위원회  국토교통부  문화체육관광부

건축 설계 최적화 알고리즘과 Stable Diffusion의 연계에 관한 연구

A study on the connection between architectural design optimization algorithms and Stable Diffusion

○양 승 원*
Yang, Seung-Won

문 성 완*
Moon, Seong-Wan

정 희 건**
Chong Heegun

김 성 아***
Kim, Sung-Ah

Abstract

In this research paper address the complex challenges of architectural design by proposing a novel approach that combines optimization and Stable Diffusion techniques. Architectural design inherently involves intricate decision-making and balancing competing objectives. The early stages of design significantly impact project cost and performance, making it crucial to find efficient solutions. While optimization methods are effective, they may converge too early and limit the exploration of design alternatives. To address this, the authors integrate Stable Diffusion, a data reconstruction process, with optimization algorithms. This combination not only ensures performance considerations but also encourages diverse design exploration, providing architects with a broader spectrum of possibilities.

키워드 : 건축 디자인, 최적화 알고리즘, 스테이블 디퓨전, 디자인 공간 탐색

Keywords : Architectural Design, Optimization Algorithms, Stable Diffusion, Design Space Exploration

1. 서론

건축 설계에는 다(多)학제적 접근이 요구되며, 종종 상충하는 목표를 수반하는 복잡한 의사결정과정을 거쳐, 설계안을 탐색한다. 특히, 프로젝트 초기설계 단계가 최종 디자인의 비용과 성능에 큰 영향을 미치며(Duffy and Alex, 1993), 프로젝트 전반에 걸친 지출에 큰 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있다(Paulson, 1976). 기술이 발전함에 따라, 건축 설계에는 다양한 성능 데이터를 고려한 설계방법에 관한 연구가 지속해서 이루어져 오고 있으며, 대표적인 사례로 ‘최적화(Optimization)’를 예로 들 수 있다. 이는 초기설계 단계에서부터 다양한 환경성능을 고려한 설계안을 생성하는 데에 효과적인 방법으로, 설계자가 설정한 목적함수에 부합하는 디자인을 도출해내는 기능을 수행한다. 이는 넓은 디자인 공간(Design Space)을 빠르게 탐색하여 효율적인 솔루션을 찾을 수 있지만, 계산 복잡성, 세분화된 트레이드오프 포착의 어려움(조기수렴)등의 한계를 갖고 있다(Vesikar and Dep, 2018). 이는 다양한 변수의 상호 작용으로 인해 실행할 수 있고 혁신적인 솔루션이 다양하게 나올 수 있는 건축 설계 분야에서 제약

로 작용할 수 있다.

이를 고려할 때, 효율성과 성능을 목표로 할 뿐만 아니라 디자인 대안에 관한 폭넓은 탐구를 장려하는 디자인 최적화에 대한 총체적인 접근 방식이 제안될 필요가 있다. 이에, 본 연구에서는 건축 초기 최적화 알고리즘과 Stable Diffusion을 결합하여 설계자가 디자인의 성능과 함께 가변성을 고려할 수 있는 환경 구성을 통해 이들 간의 연계 및 활용성에 대해 탐색한다.

2. 이론적 배경 : 최적화와 Stable Diffusion

건축 설계에서의 최적화는 무수히 많은 설계 파라미터들의 조정 및 미세 조정을 수반하는 반복적이고, 종종 복잡한 과정(Process)이다. 초기 설계단계에서 파라미터는 주로 건축물의 형상을 정의하는 변수(variable)로 작용한다. 최적화의 목표는 무작위 조합과 ‘수렴’ 과정을 통해, 규모, 에너지 효율, 구조적 성능 등을 목적함수로 설정하여, 이를 충족하는 파라미터의 조합을 도출하는 것이다.

이와 달리, 22년 8월에 Stability AI社의 공개로 대중에게 알려진 Stable Diffusion은 학습된 자료를 바탕으로 입력받은 데이터의 ‘확산’ 과정을 거쳐 데이터를 재구성한다(참고문헌). 이는, 특정 목표를 달성하기 위해 디자인을 수렴시키는 최적화와 달리, 미묘한 변화와 복잡성을 통해, Design Space를 확장하는 데에 활용될 수 있다.

즉, 서로 다른 방식으로 작동하는 두 기술을 하나의 알고리즘으로 구성하게 될 경우, 사용자는 상호보완된 결과물을 얻게 되며, 다양한 대안 탐색을 수행할 수 있다.

* 성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공 석박통합과정

** 성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공 박사과정

*** 성균관대학교 건축학과 교수

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

이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원을 받았으며, 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제 번호 23AATD-C163269-03).

3. 최적화와 Stable Diffusion 연계 알고리즘 구축

이 연구의 목적을 위해, 다음과 같은 환경 구축 과정을 거쳤다. 먼저, 설정된 구역 내에 임의의 육면체들을 GhPython 내의 코드 작성을 통해 생성하여 초기설계 단계의 개념모형으로 설정한다. 이를 형성하는 데에는 총 37개의 육면체의 규격과 위치, 개수를 결정하는 파라미터가 적용되었다. 이후, 용적률과 건폐율 두 가지를 혼합한 수식을 최적화의 목적함수로 작성하여 생성된 개념모형의 정보와 기준치와의 차이가 작아지도록 Galapagos를 활용한 알고리즘을 작성한다.

최적화의 과정에서 Galapagos는 세대별 상위 인자를 구성하는 파라미터를 기록하며, 종료 이후 Reinstat(복원) 기능을 통해 해당 디자인을 확인할 수 있다. 이를 통해 디자인 공간 탐색이 가능하나, 최적화의 특성상 수립된 결과를 도출하므로 대안의 다양성은 부족하다는 한계를 지닌다. 따라서, 이를 보완하기 위해 수차례의 최적화 알고리즘 수행을 통해 다양한 대안을 도출할 수 있도록 하며, 각 수행의 결과를 별도의 포맷으로 저장하여 복원에 활용할 수 있도록 한다.

최적화의 결과물은 최적화의 결과로 도출된 파라미터의 조합으로 생성된 개념모형이며, 이는 Rhino의 Viewport에서 시인할 수 있다. 이를 대상으로 Stable Diffusion을 적용하기 위하여, InvokeAi 엔진이 적용된 알고리즘을 작성한다. 이 과정에서 Human UI 등의 플러그인 및 Anaconda의 설치가 요구되며, 환경 구성이 완료된 이후에는 Viewport를 대상으로 이미지 생성 작업을 Grasshopper 환경에서 실행할 수 있게 된다. 위 과정을 구현한 알고리즘은 그림 1과 같다.



그림 1. Optimization & Stable Diffusion Algorithm

4. 연계 알고리즘의 적용

작성된 Grasshopper내의 Stable Diffusion 모듈은 Human UI를 통해 별도의 조정 창에서의 프롬프트 및 파라미터의 조정을 반영해 Viewport에 표시된 내용을 기준으로 이미지를 생성한다. 따라서, 사용자는 개념모형을 어떤 구도로 투영하여 볼지, 색상은 어떻게 설정하는지에 따라 다른 결과를 도출할 수 있다. 그림 2와 같이, 강도(Strength) 및 반복(iteration)과 프롬프트 입력 파라미터들을 사용하여 Stable Diffusion의 확산 프로세스를 제어할 수 있다.

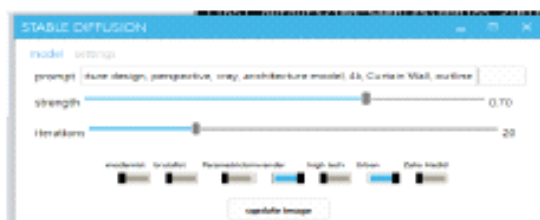


그림 2. 파라미터 조정을 위한 UI

이러한 파라미터를 실시간으로 대화형으로 조정하여 변경 사항이 확산 패턴에 어떤 영향을 미치는지 Rhino 내에서 직접 관찰할 수 있다. 이러한 대화형 설정을 통해 고도로 반복적인 사용자 중심의 설계 프로세스가 가능하므로 사용자는 생성된 이미지 또는 투영을 특정 미적 또는 기능적 기준을 충족하도록 미세 조정할 수 있다. 이러한 최적화 결과물과 Stable Diffusion 연계 알고리즘을 통한 결과물은 표 1로 정리된다(Strength : 0.6 - 0.85, Iteration : 20- 40).

표 1. 최적화 이후 Stable Diffusion 이미지 생성 사례

최적화 결과 모델링	S_D 1	S_D 2	S_D 3

5. 결론

본 연구는 건축 설계에서 개념모형을 대상으로 한 최적화 및 Stable Diffusion을 연계하는 알고리즘을 구축하여 활용성에 대한 탐색을 수행했다. 알고리즘의 적용을 통해, 특정 성능 기준을 충족할 뿐만 아니라 가변성을 더해 디자인 대안의 풍부한 탐색을 가능케 한다는 것을 확인할 수 있었다. 추후 연구에서는 최적화의 목적함수 대상 요소 선별 및 다양한 목적을 고려할 수 있는 다중 목표 최적화(MOO) 기법의 적용 가능성을 탐구하고, 디자인 공간 탐색을 개선하는 방안에 대한 탐색을 수행하고자 한다.

참고문헌

1. Duffy, Alex. H. et al (1993). Design coordination for concurrent engineering. *Journal of Engineering Design*, 4(4), 251-265.
2. Paulson Jr, B. C. (1976). Designing to reduce construction costs. *Journal of the construction division*, 102(C04)
3. Y. Vesikar, K. Deb and J. Blank (2018), Reference Point Based NSGA-III for Preferred Solutions, *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, Bangalore, India, pp. 1587-1594