

이미지 생성 AI를 통한 문화재의 시각적 복원

- 공주 마곡사 영산전을 대상으로 -

Visual restoration of cultural assets through image generation Artificial Intelligence

- Focusing on Yeongsanjeon of Magoksa Temple -

○박 승 우*

Park, seung-woo

박 나 현*

Park, Na-hyeon

전 한 종**

Jun, Han-Jong

Abstract

This research sought to visually recreate the original appearance of cultural assets using image generation AI. The goal is to rediscover the authentic forms of cultural properties that have undergone changes due to various restoration efforts over time. To achieve this, historical documents and image data were used in conjunction with image generation AI technologies such as stable diffusion and LoRA. This approach is important because it enables quick visualization of their original appearances, offering improvements in the efficiency and speed of the restoration process.

키워드 : 문화재, 복원, 인공지능, 이미지 생성

Keywords : Cultural Assets, Restoration, Artificial Intelligence, Image Creation

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

문화재는 시간의 흐름에 따라 자연적 혹은 인위적 요인으로 인해 손상되거나 파괴되는 경우가 많이 발생한다. 이에 따라, 문화재의 보존은 국가와 사회에 있어 중대한 과제이다. 과거의 건축물을 그 원래의 상태로 복원하는 것은 현재로서는 완전한 형태를 알 수 없는 건축물을 재현하는 것을 의미한다. 이러한 과정에는, 역사적 맥락을 근거로 건축물의 형태와 구조, 양식을 유추하는 작업이 필요하다. 따라서, 복원 작업은 방법론적 측면에서 중요한 의미를 가진다(Park & Seo, 2021).

또한 우리나라에서 목조 건축물의 복원 작업은 멸실 될 정도로 심하게 훼손되어 '개축', '재건축' 등 다양한 과정을 거쳐 동일 장소 또는 인근 지역에 복구하는 경우가 많다. 그 결과 건물은 건축 당시의 상황에 따라 크기나 형태가 변화되어 원래의 모습과 달라지게 된다. 한국 사찰 건물은 대체로 이러한 과정을 거쳐 현재의 모습을 갖추고 있기에 본 연구를 통해 원형의 다양한 가능성을 모색해 보고자 한다. 복원 과정 중 문화재의 일부 정보가 불가피하게 부족한 경우 유실된 이미지를 보완하기 위해 유사한 구조, 복원 시기, 형태 등의

유형을 선택하여 학습한 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 모델을 활용할 예정이다.

최근 AI의 발달로 문화재의 손상 부위 식별 및 재구성이 가능해져 문화재 보존과 복원 분야에 새로운 해법을 제시하고 있다(Basu, A. et al. 2023).

본 연구의 목적은 역사적, 문화적 가치가 높으나 시간의 흐름에 따라 변형되거나 손상된 문화유산을 대상으로 AI 기반 이미지 생성 기술을 통해 파편화된 자료들의 이미지 데이터를 수집하고 학습시켜, 문화재의 원형 복원에 대한 다양한 가능성을 모색하는 것이다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 Stable Diffusion과 LoRA(Low-Rank Adaptation, LoRA) 모델을 활용하여, 문화유산의 이미지 데이터를 기반으로 전통 건축 이미지의 복원을 시도한다. 연구 대상은 공주 마곡사 영산전으로 진행하며, 이를 통해 AI 기술이 문화재 복원에 어떻게 기여할 수 있는지 탐색한다. 해당 연구를 통해 AI 기술의 잠재력을 고려하여, 문화유산 복원 프로세스에 AI를 통합하는 새로운 방법론을 제안하고자 한다.

연구의 범위는 현재까지 중수되어 기존의 모습과 다르게 복원된 부재를 대상으로 진행하며 『공주 마곡사 영산전 해체수리보고서』, (2013)를 통해 해당 부재를 선정하였다. 마곡사-영산전의 과거 수리 이력을 파악한 결과 평주, 기단, 막새, 기와를 복원 대상으로 하였다. AI 학습을 위한 데이터 셋 구축 자료는 현장 답사를 통해 수집한 이미지를 바탕으로 하며, 복원 부재에 대한 추가 자료는 문화재청의 정밀실측보고서, 해체수

* 한양대 대학원 건축학과 석사과정

** 한양대 건축학부 교수, 건축학 박사

(Corresponding author : School of Architecture, Hanyang University, hanjong@hanyang.ac.kr)

이 연구는 2022년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호:2022R1A2C3011796

리보고서에서 수집하였다. 이는, 문화유산의 디지털 보존 및 복원에 대한 새로운 접근법을 제시하고, AI 기술을 문화유산 보존에 효과적으로 적용하는 방안을 탐구한다. 또한 AI를 이용한 전통 건축 이미지 복원 및 2D 맵핑의 가능성을 탐색함으로써, 문화유산 분야에서 AI 기술의 적용을 확장하고, 기술적 접근법을 개선하고자 한다.

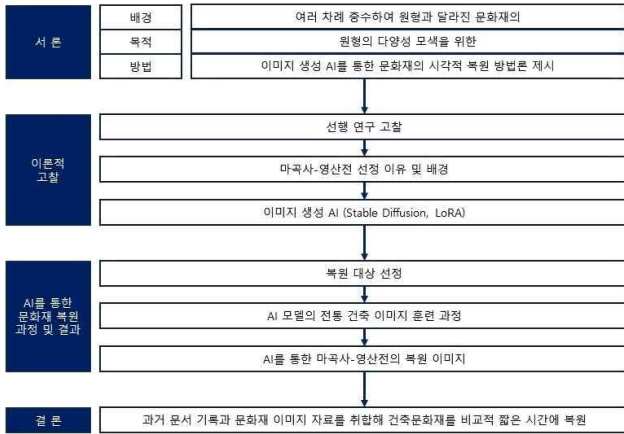


그림 1. 연구의 흐름도

2. 이론적 고찰

2.1 선행 연구

이미지 생성 AI를 통한 문화재 복원에 관한 연구는 다양한 측면에서 진행되어왔다. 문화재 관련 학술지 중 ‘AI, ‘문화재, ‘복원’ 3가지 키워드를 중심으로 검색하여 가장 관련성이 높은 3편의 논문을 표 1로 정리하였다. 선행 연구들에서 AI가 문화재의 분석, 문서화, 식별 및 복원 과정에 어떻게 기여할 수 있는지를 탐구한다.

표 1. AI 활용 문화재 복원 연구사례

논문명	저자	사용 기술
기와(와당)에 인공지능망 적용을 통한 인공지능 문화재 복원 가능성 연구	김준오, 이병권 (2021)	CNN(Convolution Neural Network), GAN(Generative Adversarial Network) 인공지능 알고리즘 사용
문화재 복원을 위한 GAN 알고리즘에 관한 연구	윤진현, 이병권, 김병완 (2021)	GAN(Generative Adversarial Network) 알고리즘 중 특히 DCGAN과 Style GAN 알고리즘 사용
디지털을 활용한 문화유적복원	김해윤, 김연희 (2019)	VR(Virtual Reality), 3D Scanning, 2D 디지털 이미지

와당의 문양을 복원하기 위해 CNN과 GAN 인공지능 알고리즘을 이용해 디지털 복원을 시도한 연구에서는 복구된 이미지가 손상된 부분의 노후 정도, 색상, 문양, 위치, 크기 등을 올바르게 생성하는 것을 확인했다(Kim & Lee, 2021). 탐 문화

재를 복원하기 위해 인공지능 알고리즘을 이용한 연구는, GAN 알고리즘 중 DCGAN과 Style GAN 알고리즘을 사용한 결과 Loss율이 5% 미만으로 떨어지며 학습되는 것을 알아냈다(Lee & Kim, 2021). 문화재 및 문화 유물의 보존 및 복원을 위한 디지털 기술의 사용을 탐구한 연구는 VR, 3D scanning, 평면 디지털 이미지 세 가지 기술에 대한 사례를 통해 각 기술의 장단점과 문화재의 새로운 해석, 공유, 진흥에 있어 디지털 복원의 역할을 조명했다(Kim & Kim, 2019).

이러한 연구는 AI가 문화재 복원에서 중요한 역할을 할 수 있음을 증명하며, 본 연구의 근거를 제공한다.

3. AI를 통한 문화재 복원 과정

3.1 대상지 선정

대상지로 선정된 마곡사는 천 년 이상 된 목조 건축물로서 그 역사적 가치와 더불어 유네스코 세계문화유산으로 지정된 한국의 7대 산사 중 하나이다. 그중 연구의 대상 건물인 영산전은 고려 시대에 재건된 종교 사찰로, 마곡사 내에서 가장 오래된 건축물이다(『공주 마곡사 영산전 해체수리보고서』, 2013). 표 2는 고려-조선-현대를 거쳐 현재의 모습을 갖추게 된 마곡사-영산전의 연혁과 수리 이력이다. 천 년 이상 유지된 건축물로 다수의 중수가 이루어져 과거의 모습과 일치하지 않는 부분이 확인된다. AI 기반 이미지 생성 기술을 사용해 시각적으로 재구성하고 분석하는 데 있어 다양하게 남은 수리 이력과 사례를 제공하기에 연구 대상으로 선정하였다.

표 2. 영산전 연혁 및 수리 이력

연도	내용
640	창건
1172	보조국사 지눌이 왕명을 받고 중창
1199	임진 병자의 난으로 인해 파괴
17세기 중반	마곡사 중건 시작
1682	마곡사 영산전 건립
1842	영산전 중수
1854	마곡사 화재, 심검당을 비롯한 100여 칸 건물 소실
1984	국가지정문화재 보물 800호 지정
1989	마곡사 실측조사보고서 작성
1995	영산전 지붕 해체보수
2001	영산전 우측면 벽체, 전면 포벽 보수 및 배면 석축 보수
2012~2013	영산전 초석 이상 해체보수

3.2 복원 대상

표 3은 복원 대상을 정리한 표로, 공주시에서는 2013년에 발간한 『공주 마곡사 영산전 해체수리보고서』, (2013)에서 수리를 진행하며 문서 및 이미지 기록과 실측을 통해 과거의 모습이 누락되거나 변경되었다 판단되는 부분을 정리한 내용이다.

이 외에도 우물천장, 벽선, 인방재, 불단, 들쇠 등이 있으나, 과거의 모습을 정확히 묘사하기 어렵기 때문에 AI를 통해 복원이 용이한 표 3의 목록을 대상으로 진행했다.

표 3. 기존과 다르게 수리된 부재 목록

부재	현재 모습	문서 기록
평주		「공주 마곡사 영산전 해체수리보고서,」 (2013)에 따르면 정면 정칸 우측 배흘림 양식은, 민흘림 양식으로 제작된 다른 평주와 같이 민흘림 양식이 되어야 했으나 원목재 특성에 따라 의도와 다르게 배흘림 양식으로 제작된 것으로 판단됨
기단	계단이 폭이 넓고, 석재의 크기가 큼	「대정 6년 고적조사보고,」 (1920)에 수록된 사진에 따르면, 계단의 폭이 좁고 석재의 크기가 작음
	우측 경사로 존재하지 않음	「대정 6년 고적조사보고,」 (1920)에 수록된 사진에 따르면, 기단의 우측면 경사로를 따라 진입할 수 있음
막새	꽃무늬, 나뭇가지 막새 사용	「마곡사 실측조사보고서,」 (1989)에 따르면, 암막새와 수막새 모두 용무늬가 사용되었다고 기록되어 있음
	막새 사용 중	「대정 6년 고적조사보고,」 (1920)사진에 따르면, 사진의 선명도가 낮아 세세한 부분은 알아보기 어려우나 당시 영산전 지붕에는 막새가 사용되지 않은 것으로 판단됨
기와	와정을 사용하고 있지 않음	「마곡사 실측조사보고서,」 (1989)에 따르면, 수막새 뒷부분에 와정을 박았다는 기록이 있음

3.3 이미지 생성 AI

이미지 생성 AI는 최근 몇 년 동안 급속도로 발전해 온 기술로, 특히 Stable Diffusion과 LORA와 같은 모델이 주목받고 있다. Stable Diffusion은 사용자가 제공한 텍스트 설명을 바탕으로 고품질의 이미지를 생성하는 데 사용되는 딥러닝 기반의 모델이다. 이는 문화재 복원 과정에서 유용할 수 있으며, 원본 작품의 설명이나 역사적 기록을 바탕으로 그 시대의 건축물이나 예술품의 모습을 시각화하는데 사용될 수 있다.

LORA는 Stable Diffusion 모델을 세부 조정하기 위한 학습 기법으로, 추가적인 작은 크기의 파라미터를 도입하고 최적화하여 모델의 성능을 개선한다. 다른 학습기 법은 모델을 사용해 실험을 진행할 때 저장용량이 많이 사용되기 때문에 LoRA를 선택하여 진행하였다(Singh, Gould & Zheng, 2022). 이 기술은 이미지 생성의 정확성과 세밀함을 높이는데 기여할 수 있으며, 문화재 복원에 있어서 더 높은 품질의 결과물을 생성하는데 중요한 역할을 할 수 있다.

3.4 AI 모델의 전통 건축 이미지 훈련 과정

그림 2은 AI 모델의 전통 건축 이미지 훈련 과정이다. 마곡사 영산전 모델링 진행 후 현장 사진과 부재별 양식이 잘 보존된 문화재 이미지(평주, 기단, 용무늬 막새, 와정)를 기반으로 데이터 셋을 형성하여 LoRA에 학습시켰다. 이후 LoRA 모델을 Stable Diffusion에 적용시킨 후 프롬프트를 작성하여 2D 맵핑 이미지를 생성했다. 생성된 이미지를 모델링 랜더 이미지에 맵핑하여 결과물을 생성 후 파라미터 수정 및 추가 데이터 셋 학습을 통해 위의

과정을 반복하여 최종 복원을 진행했다.

그림 3은 Stable Diffusion 진행 과정으로, 모델링 이미지에 맵핑을 위해 사실적인 이미지를 구현할 수 있는 Dreamshaper_8과 건축물 이미지를 구현하는 GDM-Luxury-Modern-House Andv10 Checkpoint 모델을 사용했다. Checkpoint는 Stable Diffusion 내에서 이미지를 생성하기 위해 미리 학습된 가중치를 가진 모델을 말한다. Stable Diffusion을 제어하기 위한 신경망 모델로 ControlNet v1.1.440을 사용해 미세 조정을 통해 원하는 이미지를 도출했다.

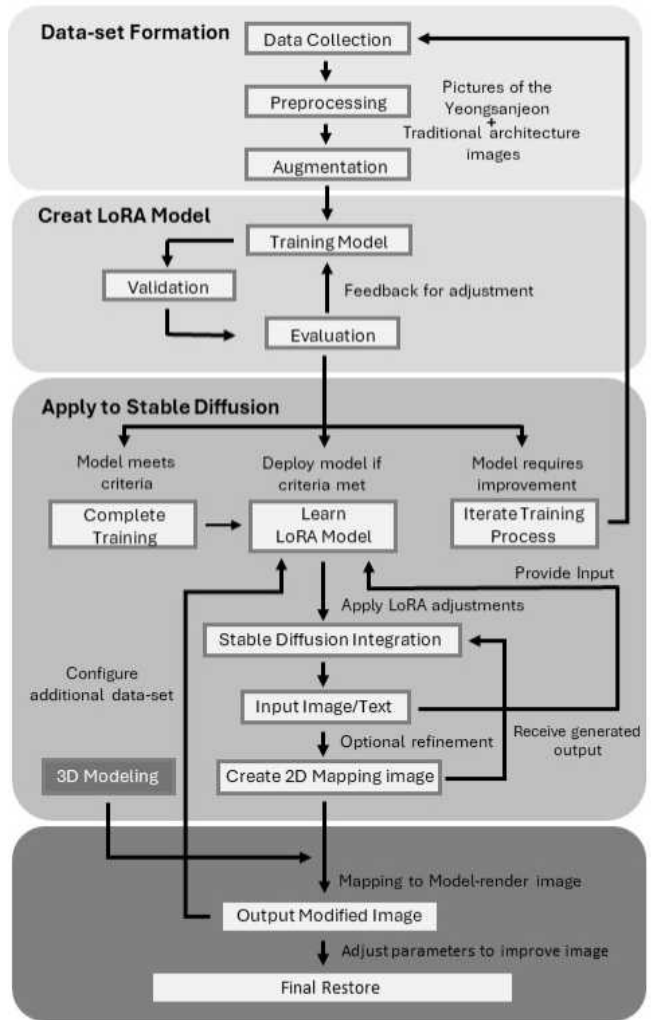


그림 2. AI 모델의 이미지 훈련 과정

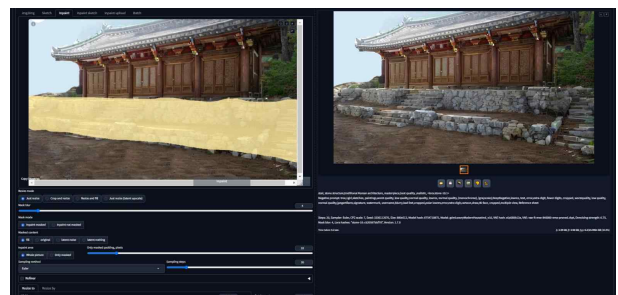


그림 3. Stable Diffusion을 통한 이미지 생성 과정

4. AI를 활용한 문화재 복원

4.1 AI를 통한 마곡사-영산전 복원 이미지

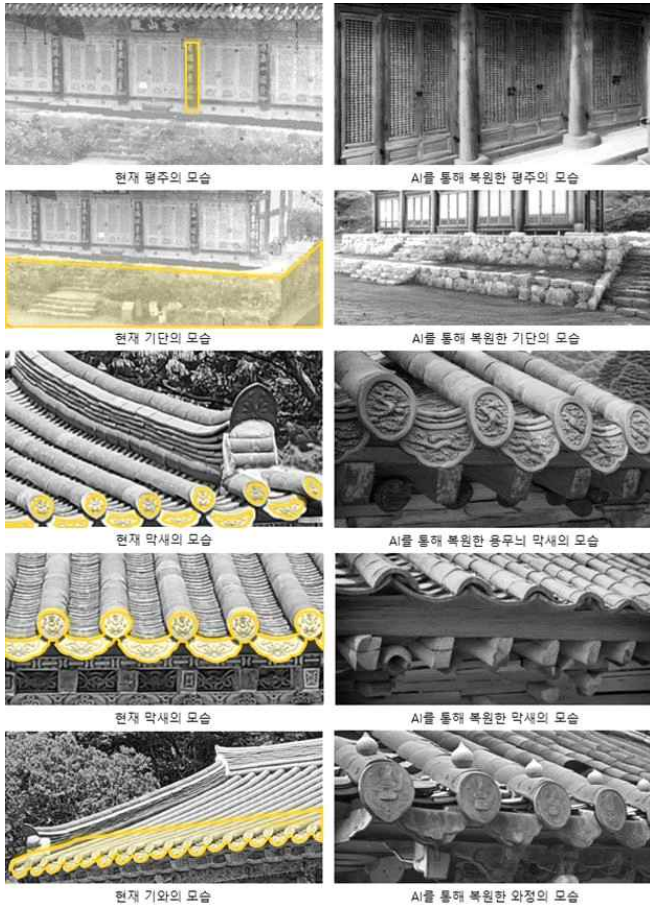


그림 4. 현재 영산전(왼)과 AI로 복원한 영산전(오)

그림 4는 Stable Diffusion과 LoRA 모델을 통해 과거의 모습을 복원한 영산전의 이미지이다. 위에서부터 순서대로 현재 배흘림 기둥으로 제작된 정면 정간 우측의 기둥을 민흘림 양식으로 변경한 이미지, 소실된 기단 우측의 경사로와 달라진 기단의 폭과 석재의 크기를 복원한 이미지, 과거 용무늬 막새의 사용 당시를 재현한 이미지, 막새가 사용되지 않은 모습을 복원한 이미지, 기존 와정을 사용해 막새를 고정했던 양식을 복원한 이미지이다.

복원 결과 학습한 데이터 셋과 유사한 형태의 이미지를 생성해냈지만, 영산전 고유의 색은 올바르게 재현해내지 못했다.

5. 결론

본 연구는 과거 문서 기록과 정보가 한정적인 문화재의 이미지 자료를 취합하여 새로운 이미지를 생성하는 AI 모델을 통해 문화재의 과거 모습을 복원하는 연구를 진행하였으며, 기존의 모습을 비교적 짧은 시간에 시각적으로 구현한다는 점에서 의의를 가진다.

이를 통해 문화재 복원 프로세스의 효율성과 속도를 향상시키며, 파편화된 문화재의 복원 가능성이 확장될 것으로 기대된다. 또한 이 연구는 문화유산 복원 분야에 AI 기술을 적용하

는 새로운 방법론을 제시함으로써 복원 기술의 발전에 기여하고, 문화유산 복원에 대한 새로운 기술적 접근을 제시한다.

작업 과정에서 생성된 데이터와 모델을 기록함으로써 복원 작업의 투명성과 재현성을 높이고 다른 연구자가 비슷한 작업을 수행할 때 참고할 수 있는 중요한 자료가 될 것이다.

본 연구는 AI를 통한 건축 문화재의 복원을 시도하는 기초 연구로, 문서 기록과 저해상도 이미지를 통해 영산전의 원형을 유추한 결과물이다. 적은 과거 기록에 의존하여 복원 대상을 선정하였고, 정확한 자료가 아닌 비슷한 시대와 양식의 데이터를 학습했다는 점에서 타당성이 부족하다는 한계를 가진다. 따라서 향후 연구에서는 생성된 이미지의 타당성을 평가하기 위해 문화재 복원 관련 전문가의 검증을 진행할 예정이며, Frechet Inception Distance(FID), SSIM(Structural Similarity Index), Perceptual Metrics와 같은 객관적인 이미지 평가지표를 사용해 생성된 이미지의 적절성을 판단하려 한다.

참고문헌

1. Park, J. & Seo, D. (2021). Defect index of timberwork in house, Korea. *Forests.*, 12(7), 896.
2. Basu, A., Paul, S., Ghosh, S., Das, S., Chanda, B., Bhagvati, C. & Snasel, V. (2023). Digital Restoration of Cultural Heritage with Data-driven Computing: A Survey., *IEEE Access.* vol. 11, pp. 53939-53977
3. Kim, J. & Lee, B. (2021). A research on the possibility of restoring cultural assets of artificial intelligence through the application of artificial neural networks to roof tile (Wadang)., *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 26(1), 19-26.
4. Yoon, J., Lee, B. & Kim, B. (2021). A study on GAN algorithm for restoration of cultural property (pagoda)., *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 26(1), 77-84.
5. Kim, H. & kim, Y. (2019). Restoring cultural properties utilizing digital. *Journal of Digital Art Engineering and Multimedia.*, 6(1), 21-32.
6. Singh, J., Gould, S. & Zheng, L. (2023). High-fidelity guided image synthesis with latent diffusion models., In *2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 5997-6006). IEEE.
7. 공주시, 『공주 마곡사 영산전 해체수리보고서』, 2013
8. 조선총독부, 『대정 6년 고적조사보고』, 1920
9. 문화재관리국, 『마곡사 실측조사보고서』, 1989