

A Study on the Production of 3D Datasets for Stone Pagodas by Period in Korea

Byong-Kwon Lee*, Eun-Ji Kim*

*Professor, School of media contents, Seowon University, Chungbuk, Korea

*Student, School of media contents, Seowon University, Chungbuk, Korea

[Abstract]

Currently, most of content restoration using artificial intelligence learning is 2D learning. However, 3D form of artificial intelligence learning is in an incomplete state due to the disadvantage of requiring a lot of computation and learning speed from the existing 2 axes (X, Y) to 3 axes (X, Y, Z). The purpose of this paper is to secure a data-set for artificial intelligence learning by analyzing and 3D modeling the stone pagodas of ourinari by era based on the two-dimensional information (image) of cultural assets. In addition, we analyzed the differences and characteristics of towers in each era in Korea, and proposed a feature modeling method suitable for artificial intelligence learning. Restoration of cultural properties relies on a variety of materials, expert techniques and historical archives. By recording and managing the information necessary for the restoration of cultural properties through this study, it is expected that it will be used as an important documentary heritage for restoring and maintaining Korean traditional pagodas in the future.

▶ **Key words:** Cultural Heritage Image Modeling, Korean Historical Pagodas, AI-based 3D Reconstruction, Cultural Heritage Restoration, Accuracy from Multiple Perspectives

[요 약]

현재, 인공지능 학습을 이용한 콘텐츠 복원의 대부분 2D 형태의 학습이 대부분이다. 하지만, 3D형태의 인공지능 학습은 기존의 2축(X,Y)에서 3축(X,Y,Z)의 많은 계산량과 학습속도가 많이 소요되는 단점으로 미진한 상태이다. 본 논문은 2차원적인 문화재 정보(이미지)를 기반을 시대별 우리나라 석탑을 분석하고 3D 모델링해 인공지능 학습을 위한 데이터-셋을 확보하는 것이 목적이다. 또한, 대한민국의 시대별 탑의 차이점과 특징을 분석하고, 인공지능 학습에 적합한 특징 모델링 방법을 제안했다. 문화재 복원은 다양한 자료와 전문가의 기술 및 역사적인 기록물 자료에 의존해 복구한다. 본 연구로 문화재 복원에 필요한 정보를 기록하고 관리함으로써 향후 우리나라 전통 탑을 복원하고 유지하는 중요한 기록 유산으로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

▶ **주제어:** 문화재 이미지 모델링, 대한민국의 시대별 탑, 인공지능3D 복원, 문화재 복원, 다각도 정밀도

-
- First Author: Byong-Kwon Lee, Corresponding Author: Byong-Kwon Lee
 - Byong-Kwon Lee (sonic747@daum.net), School of media contents, Seowon University
 - Eun-Ji Kim (kej050@naver.com), School of media contents, Seowon University
 - Received: 2023. 08. 04, Revised: 2023. 08. 21, Accepted: 2023. 08. 29.

I. Introduction

최근 인공지능 및 기술 발달로 인해, 기존의 데이터를 반영해 3D로 복원을 할 수 있게 되었다[1]. 이전의 복원은 남겨진 자료와 기록에 의해 복구였지만, 최신 컴퓨터 그래픽스 분야의 발전으로 3차원 모델링을 통해 추가 데이터를 사용한 복원이 가능해졌다[2][3]. 또한, 직접 제작으로 적은 수의 메쉬와 실물과 유사하게 제작도 가능하다. 본 연구에서는 기존의 2D 형태의 콘텐츠에 대한 많은 복원 기술 및 복구 기능을 갖는 인공지능 학습이 진행되고 있는 것을 확인했지만 많은 계산량을 요구하는 3차원의 복원 및 복구 기능은 아직도 처리속도 및 정확도 면에서 현저히 떨어지는 현상이 발생했다[4][5]. 이러한 상황에 본 연구에서는 우리나라 전통 석탑을 기준으로 특징점을 분석하고 설계 및 3차원 모델을 통한 보다 현실감 있고 일본과 유사하도록 하는 방법을 제안한다. 이로써 우리나라 전통 탑에 대한 시대별 분류와 3차원 모델링에 대한 기준점을 제시하고자 한다[6][7].




II. Preliminaries

2.1 The Stone Pagoda for Korea

탑은 그 재료에 따라 목탑과 석탑 그리고 전탑으로 크게 나눌 수 있다. 우리나라의 탑 중 대부분은 석탑이며, 또한 목탑도 상당한 비중으로 차지하고 있다[8]. 석탑은 돌로 만들어진 탑으로, 우리나라에는 양질의 화강암이 풍부하여 대부분의 탑이 석탑으로 건립되었다. 백제시대에는 목탑을 모방한 정림사지 5층석탑과 익산 미륵사지 석탑이 있다. 신라시대에는 경주 분황사지 석탑이 남아 있고 통일신라 시대에는 4각층 탑이 유행하여 경주 일대에 다양한 탑들이 남아있다. 고려시대에는 다양한 양식변화를 보이는 탑들이 많아졌다. 목탑은 중국에서 크게 성장한 탑의 형식 중 하나이며, 우리나라에서는 황룡사 9층 석탑과 사천왕사쌍탑이 있다[9]. 우리나라에도 적지 않게 목조 건축이 현존하고, 고대 한국의 양식을 보존한 목탑도 많이 남아 있다. 전탑은 벽돌로 만든 탑으로 중국은 목탑이 기본적인 탑의 형태였지만, 남북조시대부터 목조 건물에 두공과 처마와 같은 형태의 전탑이 유행하기 시작해 전탑이 건립되었다. 우리나라의 전탑은 경상북도 안동 지방 일대의 7층 전탑, 동부동 5층 전탑을 비롯하여 철곡 송림사 5층 전탑이 있다. 전탑은 화강암을 같이 사용하여 단층 기단으로 옥개석 상, 하에 받침을 두고 옥신석에는

감실이 설치된다. Table 1은 탑 형태에 따른 우리나라의 대표적인 탑이다.





Table 1. Characteristics by Pagoda of Korea




Type	Characteristics	Image
Stone	It is a stone pagoda, and there is also a basic stone pagoda and a parent stone pagoda with bricks.	
Wooden	It refers to a wooden tower and mainly means Buddhist architecture.	
Brick	It is a tower built of bricks, and it is a rare tower in Korea.	

2.2 3D Modeling Tools for Pagoda

본 연구에서는 다양한 3D모델링 도구 중 탑 모델링에 적합한 도구를 선정할 필요가 있다고 판단된다. 대부분의 3D 모델링 도구는 그래픽과 이펙트 기능에 최적화되어 있어, 탑-모델링과 같은 메쉬편집(점, 선, 면)에 대한 편집기능이 다소 제약을 받는다[11][12][13]. 물론, 디자이너의 능력에 따라 달라질 수 있지만, 인공지능학습에 사용되는 3차원 모델링의 경우 점, 선 및 면의 개수는 학습에 지대한 역할을 한다. Table 2는 3D 모델링 도구로 블렌더, 마야, 3d Max, 스케치업, 지브러쉬, 솔리드 워크스, 퓨전360에 대한 특징을 설명한 것이다[14][15].

Table 2. 3D Modeling Tools for Pagoda

Tool	Characteristics			
Blender 	It can use functions such as animation, particle, texture painting, fabric simulation, and sculling, and it is widely used and easy in various places such as mobile game development			
	Mesh Edit	70%	Shade Edit	30%
Maya 	It is an optimized program for high-quality image effects because it has integrated interfaces such as modeling, rendering, animation, and V-RAY and the program speed is very fast.			
	Mesh Edit	50%	Shade Edit	50%
3D MAX 	Basically, it works with mesh, polygon modeling and is useful for performance that modifies multiple polygons.			
	Mesh Edit	80%	Shade Edit	20%
Sketch Up 	Simple and intuitive tools are the strength and tools are easy to design.			
	Mesh Edit	90%	Shade Edit	10%




 Zbrush	It is often used in 3D game production or character design using a mouse or tablet.			
	Mesh Edit	50%	Shade Edit	50%
 Solid Wicks	It is easy to use, intuitive, and has abundant domestic books and video courses for learning, making it easy to access.			
	Mesh Edit	90%	Shade Edit	10%
 Fusion 360	Unstructured modeling can be easily designed, and rendering, assembly, and simulation are also built.			
	Mesh Edit	20%	Shade Edit	80%

본 연구에서는 Table 2에서 비교한 것과 같이 Mesh 모델링과 Shade 기능이 적절하게 가능하고 다양한 파일 포맷을 지원하면서, 무료로 사용하는 도구인 블렌더를 사용해서 탑 모델링을 했다. 또한, 마야의 도구의 경우는 탑 모델링에 적합하지만 유료이면서 다양한 export 포맷을 지원하지 않아 실제 인공지능 학습데이터에 사용하기 위해 export한다면 원래 모습이 변경되어 학습에 영향을 받을 수 있음을 확인했다.

2.3 The Structure of Korean Pagoda

우리나라의 탑은 시대별, 지역별로 차이가 있고 또한 한 개의 탑을 분석해보면 층별로 시대에 따라 달라진다. 본 연구에서는 탑의 구성과 구조, 정식 명칭에 대해 알아보았다. Table 3은 부분별 탑의 구성으로 우리나라 석탑은 크게 (1)은 상륜부, (2)는 탑신부, (3)은 기단부로 구성되고 시대별로 특징을 갖는다[16][17][18].





Table 3. the composition of the tower

Names by structure	Structure	
	Image	Explanation
The Pagoda Bride (1)		The upper part of the tower is the part that decorates the tower magnificently at the top of the tower.
The Pagoda Body (2)		The pagoda body can be said to be the most central body of the pagoda, and it is a place where sarira is enshrined.
The stylobate (3)		The base part supports the tower from the bottom of the tower and serves as the foundation of the tower.

본 연구를 위해 모델링 하여 복원을 구현할 시대별 석탑에 대해 알아보았다. 우리나라 시대별 석탑의 특징과 대표적인 탑에 대해 살펴본다. Table 4는 우리나라 시대별 석탑이다. 시대별 사회의 현상 및 그 지역에 탑의 재

료로 사용한 것이 대부분이고 탑의 대부분은 종교와 시대적인 배경을 많이 담고 있다. 고려 석탑의 특징은 통일신라 석탑을 계승하며 다양한 유형이 건립되었고, 층수가 높아지고 다층석탑이 많아지며 단층 기단이 유행했다. 석탑 조성 세력의 저변 확대로 지방 호족, 개인적 발원에 의한 다수 석탑을 건립했다.

Table 4. Trends of stone pagodas In Korea by period

Era	Pagod Image
Goryeo Dynasty (高麗王朝)	 <p>Inheriting the stone pagodas of Unified Silla, various types were erected</p>
Silla Dynasty (新羅王朝)	 <p>Stone pagodas spread across the country and various styles appeared.</p>
Joseon Dynasty (朝鮮王朝)	 <p>Religion centered on Buddha statues, low construction of stone pagodas</p>
Baek jae Dynasty (百濟時期)	 <p>Without high double stylobates above and below, the first layer of low soil above the ground stands, and many small stones are assembled.</p>

신라 석탑의 특징은 석탑이 전국적으로 확대되고 다양한 양식이 출현했다. 삼국 시대에 비해 규모가 축소되고 높이가 낮아지며 각부를 하나의 돌로 귀결되었고, 신라말 기단부 면석과 1층 탑신석 표면에 장엄상이 등장했다. 불국사 다보탑, 화엄사 사자사 삼층석탑 등 특수형 석탑을 건립했다. 조선 시대 석탑의 특징은 불상 위주의 신앙 활

동으로 석탑 건립이 저조하고, 왕과 왕실 후원에 의한 석탑을 건립했다. 전체적으로 규모가 축소하고 층수가 높아지며, 기단부는 간략화되는 경향이 있다. 탑신부의 탑신석이 낮아지며, 옥개석은 낮게 건립되었다. 백제 석탑은 상,하의 높은 이중기단 없이 지면 위의 낮은 토단 초층이 서고, 작은 석재를 많이 조립하여 목조건물을 모방하려 했다. 2층 이상이 초층에 비해 급격히 너비, 높이가 줄어들어 고준한 형태로 되고, 옥개석이 평판상이며 얇고 네귀가 가볍게 반전하고 있다.

III. The Proposed Scheme

3.1 Implementation environment.

본 연구는 3d 모델링을 하기 위해 운영체제로는 window 10.0을 사용했고, 3d 모델링 도구로 Blender 3.4, Unity 2021 버전을 사용했다. Table 5는 설계 및 구현환경 구성이다.

Table 5. Implementation Environment

Implementation	Version
window	10.0
CPU	11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1165G7
Graphic Card	16383MB
Blender	3.4
Unity3d 2021.23f	2021.

3.2 Stone Pagoda Modeling

시대별 석탑을 분석하여 복원 작업 및 모델링을 구현했다. 고려 시대, 신라 시대, 조선 시대, 백제 시대로 나눠 4개 시대의 석탑을 구현했다. Table 6은 시대별 모델링한 문화재 탑이다.

Table 6. List of top modeling by era

Era	Modeling Stone Pagoda Name
Goryeo Dynasty (高麗王朝)	Nine-story Stone Pagoda in Seojeong-ri, Cheongyang
	Five-story Stone Pagoda in Wanggung-ri, Iksan
Silla Dynasty (新羅王朝)	Gyeongju Bulguksa Three-story Stone Pagoda
	Changnyeongsuljeongri-dong Three-story Stone Pagoda
Joseon Dynasty (朝鮮王朝)	Yangyang Naksansa Seven-story Stone Pagoda
	Hamyang Byeoksangsa Three-story Stone Pagoda
Baek jae Dynasty (百濟時期)	Iksan Mireuksaji Stone Pagoda
	Jeongnimsa Five-story Stone Pagoda

IV. Experiment and analysis

본 연구에서는 그래픽 저작도구를 활용해 시대별 대표적인 탑을 선정하고 3D모델링을 설계하고 제작했다. 3D 모델의 경우 시대별 특징을 고려해 설계했으며, 버텍스, 엣지, 페이스 및 삼각형의 개수를 수치로 표현했다.


Table 7. Stone Pagoda Modeling by Angle


Era	x-axis rotation				y-axis rotation			
	0°	15°	45°	80°	15°	40°	80°	120°
(1)								
	In the Golyeo Dynasty, unlike the previous era, it was made of a polygon rather than a quadrangle, and the number of floors was made of several stone pagodas rather than three stories.							
(2)								
	Silla's stone pagodas have not only become smaller, but there are also stone pagodas that are making great changes in their style. First, the number of stone materials decreased at the base, and the tangju of each side stone was simplified, and second, the number of support layers of roof stones on each floor is decreasing at the pagoda body.							
(3)								
	The overall size was reduced, the number of floors increased, and the base was simplified. It can be seen that the pagoda body stone of the pagoda body is lowered, and the roof stone is low.							
(4)								
	Baekje stone pagodas are characterized by a lower base than the pagoda body and a narrower base from side to side, and a wider roof stone from side to side than the base of the member.							

기존에 문화재청에 제공하는 탑은 대부분 3D 스캐너를 사용해서 제작된 3D 모델로 점, 선, 면의 수가 실제 제작한 모델에 비해 많이 있어 인공지능 학습에는 적합하지 않음을 확인했다. 탑 모델링 구현에는 블렌더 3.4를 사용했다. 모델링 작업 후, UV 매핑을 이용하여 텍스처를 적용했다. 모델링한 석탑들을 한눈에 비교하기 위해 x축으로 0°, 15°, 45°, 80°, y축으로 15°, 45°, 80°, 120°씩 각각 회전하여 분석했다. Table 7은 각도별로 정밀하게 분석한 것으로 (1)

고려시대 (2) 신라시대 (3) 조선시대 (4) 백제시대 이다. Table 7은 각 시대별 대표하는 탑을 선정해 3D 모델링을 진행한 것으로 시대별 특징에 맞도록 제작과정을 표에 표현했다. 이렇게 제작된 우리나라 전통 탑 모델은 연구에서 쓰일 수 있도록 Table 8과 같이 버텍스 수를 기준으로 비교했다. 버텍스 수를 통해 어떤 탑이 복잡한 구조로 되어 있는지 볼 수 있고, 시대별 탑의 구조에 대해 알 수 있다. 버텍스 수를 비교해본 결과, 대체로 고려시대 탑은 단조로운 편이고, 신라 시대는 높이는 낮아졌지만, 다양한 양식과 특수형 석탑이 건립됨에 따라 복잡한 구조이다. 또한, 조선 시대는 규모는 축소되었지만, 높은 석탑들이 주로 보였으며, 백제 시대는 탑의 기술이 매우 뛰어났으며 비례와 균형을 갖추며 만들어 짐을 확인했다.

Table 8. Model by Age Top Vertex

Era	Modeling Stone Pagoda	Modeling Image	Vertex
Goryeo Dynasty (高麗王朝)	Nine-story Stone Pagoda in Seojeong-ri, Cheongyang		오브젝트 184 / 184 버텍스 4,320 에지 7,912 페이스 3,956 삼각형 7,912 4,320
	Five-story Stone Pagoda in Wanggung-ri, Iksan		오브젝트 38 / 38 버텍스 1,827 에지 3,505 페이스 1,752 삼각형 3,506 1,827
Silla Dynasty (新羅王朝)	Gyeongju Bulguksa Three-story Stone Pagoda		오브젝트 1 / 4 버텍스 9,220 / 9,261 에지 17,192 / 17,227 페이스 8,143 / 8,143 삼각형 17,518 9,220
	Changnyeongsuljeongri-dong Three-story Stone Pagoda		오브젝트 1 / 1 버텍스 5,104 에지 8,927 페이스 4,020 삼각형 6,712 5,104
Joseon Dynasty (朝鮮王朝)	Yangyang Naksansa Seven-story Stone Pagoda		오브젝트 10 / 13 버텍스 6,496 에지 11,541 페이스 5,154 삼각형 12,408 6,496
	Hamyang Byeoksangsa Three-story Stone Pagoda		오브젝트 5 / 8 버텍스 5,866 에지 10,600 페이스 4,875 삼각형 10,636 5,866
Baekjae Dynasty (百濟時期)	Iksan Mireuksaji Stone Pagoda		오브젝트 303 / 303 버텍스 3,382 에지 5,504 페이스 2,752 삼각형 5,504 3,382

Jeongnimsa Five-story Stone Pagoda		오브젝트 178 / 178 버텍스 6,594 에지 12,484 페이스 6,244 삼각형 12,480 6,594
------------------------------------	---	--

시대별로 제작된 우리나라 전통 탑은 대부분은 시대별 정점의 수가 달라짐이 층별로 상이하게 나타났다. 상륜부, 탑신부 및 기단부로 구성된 탑은 고려시대의 경우 단조로움이 많이 수가 일정했으며, 신라시대의 경우 층수가 낮아지면서 전체적으로 버텍스의 수가 적었다. 또한, 조선시대의 경우 높은 탑이 많아 버텍스 및 면의 수가 많아졌으며, 백제의 경우 층에 관련한 것보다. 장식에 치중해 탑이 부가적인 면이 많이 있었다. 또한 본 연구에서는 Unity 2021을 사용하여 본 연구에서 복원 및 모델링 작업한 것을 시대별로 정리했다. Unity에 모델링을 배치한 후 VR 장비를 이용해, 가상현실에서 모델링을 접할 수 있었고, Fig 1에서 유니티에 배치한 시대별 탑 형태이다.



Fig. 1. Modeling Result Using Unity

또한, Web 기반의 시대별 탑을 Aframe를 사용해 서버에 게시해 사용성을 확인했다. Fig. 2는 우리나라 전통 탑에 대하여 웹 기반의 서비스한 것이다



Fig. 2. Modeling Result Using Web by Aframe

V. Conclusions

현재 우리나라의 문화재 데이터 자료가 많이 부족해, 복원에 필요한 3D 모델링이 필요하다. 본 연구에서는 시대별 탑의 특징을 분석하고 실제 그래픽 저작도구인 3D 전통 탑을 설계 및 제작했다. 현재 대부분 인공지능을 활

용한 복원은 2D이미지 형태의 복원이 대부분이다. 3D의 경우 복원을 위한 데이터-셋이 부족한 것도 있지만 X, Y, Z의 3개의 축을 기반을 복원 진행해야 하는 복잡함과 연산속도 및 결과의 정확도가 떨어지는 저 연구 역시 미진한 상태이다. 또한, 기본의 과거 데이터 기반의 전통문화 유산의 복원의 한 개인 자료의 부족으로 정확한 자료의 확보가 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 부족한 우리나라 탑에 대한 실물과 유사하게 제작해 인공지능학습에 필요한 데이터-셋으로 사용할 수 있는 방법을 제안했다. 우리나라 전통 탑을 설계 및 제작하면서 시대별 벡텍스의 수를 분석한 결과 고려시대의 경우 단조로움이 많아 벡텍스의 수가 적은 편이고 신라시대의 경우 층수가 낮아지면 벡텍스의 수가 적었다. 또한, 조선시대에서는 화려함과 높이가 높아지는 형상으로 벡텍스의 수가 많았다. 마지막으로 백제 시대의 모델은 층수보다는 장식이 화려해지면서 다양한 장식물로 벡텍스의 수가 증가함을 확인했다. 이렇게 연구된 내용은 우리나라 문화유산 복원(탑)에 적극 활용 할 수 있는 복원용 자료로 사용될 것으로 사료된다. 향후 연구로 본연구에서 도출된 모델링을 기반으로 한 빅데이터 구축에 적극적으로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT).(No.2020R1A2C1007668)

REFERENCES

- [1] Ma, Zhiliang, and Shilong Liu. "A review of 3D reconstruction techniques in civil engineering and their applications." *Advanced Engineering Informatics* 37 (2018): 163-174.
- [2] Vergauwen, Maarten, and Luc Van Gool. "Web-based 3D reconstruction service." *Machine vision and applications* 17.6 (2006): 411-426.
- [3] Fatahilah, Muhammad Fahlesa, et al. "3D GaN nanoarchitecture for field-effect transistors." *Micro and Nano Engineering* 3 (2019): 59-81.
- [4] Sun, Li, et al. "Hierarchical amortized training for memory-efficient high resolution 3D GAN." *arXiv preprint arXiv:2008.01910* (2020).
- [5] Li, Ruihui, et al. "SP-GAN: Sphere-guided 3D shape generation and manipulation." *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 40.4 (2021): 1-12.
- [6] W. Guo, Y. Li, W. Li and M. Sun, "Image-Based Modeling of Virtual Pagoda of China," 2008 International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering (mue 2008), Busan, Korea (South), 2008, pp. 9-14, doi: 10.1109/MUE.2008.39.
- [7] Y. Ganeeva and V. Myasnikov, "The impact of intermediate video frames reconstruction step on the result of 3D reconstruction of objects," 2022 VIII International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT), Samara, Russian Federation, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/ITNT55410.2022.9848697.
- [8] Bang Dae-gwang, Pagoda of the Three Kingdoms Period, when Buddhism flourished, National History Compilation Committee, 2023
- [9] Chun Deuk-myeong, Colorful Books, Naver Post, Daewon Publishing House, 2023, DOI: <https://post.naver.com/viewer>
- [10] M. Ouza, M. Ulrich and Bin Yang, "A simple radar simulation tool for 3D objects based on blender," 2017 18th International Radar Symposium (IRS), Prague, Czech Republic, 2017, pp. 1-10, doi: 10.23919/IRS.2017.8008254.
- [11] G. V. Patil and S. L. Deshpande, "Distributed rendering system for 3D animations with Blender," 2016 IEEE International Conference on Advances in Electronics, Communication and Computer Technology (ICAECCT), Pune, India, 2016, pp. 91-98, doi: 10.1109/ICAECCT.2016.7942562.
- [12] W. Guo, Y. Li, W. Li and M. Sun, "Image-Based Modeling of Virtual Pagoda of China," 2008 International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering (mue 2008), Busan, Korea (South), 2008, pp. 9-14, doi: 10.1109/MUE.2008.39.
- [13] M. Z. Patoli, M. Gkion, A. Al-Barakati, W. Zhang, P. Newbury and M. White, "An open source Grid based render farm for Blender 3D," 2009 IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition, Seattle, WA, USA, 2009, pp. 1-6, doi: 10.1109/PSCE.2009.4839978.
- [14] S. Skuratovskiy, I. Gorovyi, V. Vovk and D. Sharapov, "Outdoor Mapping Framework: from Images to 3D Model," 2019 Signal Processing Symposium (SPSymo), Krakow, Poland, 2019, pp. 296-399, doi: 10.1109/SPS.2019.8882019
- [15] K. Gao et al., "Local Feature Performance Evaluation for Structure-From-Motion and Multi-View Stereo Using Simulated City-Scale Aerial Imagery," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 10, pp. 11615-11627, 15 May15, 2021, doi: 10.1109/JSEN.2020.3042810.
- [16] J. Ko, K. Cho, D. Choi, K. Ryoo and S. Kim, "3D GAN Inversion with Pose Optimization," 2023 IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV), Waikoloa, HI, USA, 2023, pp. 2966-2975, doi: 10.1109/WACV

56688.2023.00298.

- [17] High Sky, About Temples (Stone Tower Structure), Naver Blog, 2019, DOI: <https://m.blog.naver.com/kdjhmr/221577418772>
- [18] Song Seok-sang, Lee Kang-seung, Learning our cultural heritage through painting, Hakyeon Munhwasa, 1996
- [19] Like Just Water, Stone Pagodas in Korea, gimigi.tistory, DOI: <https://gimigi.tistory.com/19>

Authors



Byong-Kwon Lee received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science and Engineering from Hanbat, Hannam and Chungbuk University Korea, in 2000, 2003 and 2007, respectively.

My main areas of interest are embedded systems, virtual and augmented reality(VR.AR), and artificial intelligence(AI). The field currently being studied is the construction of an exhibition hall using virtual reality. It is a technology that combines AI with cultural uniform restoration technology as a future research field.



Eun-Ji Kim entered Seowon University in 2019 and is attending the Department of Media Content. My main areas of interest are embedded systems, virtual and augmented reality(VR.AR), and artificial

intelligence(AI). The field currently being studied is the construction of an exhibition hall using virtual reality. It is a technology that combines AI with cultural uniform restoration technology as a future research field.