

BIM-VR Design Evaluation System for the Formation of Preferred Building Exterior Models

Yuanzhao Liu¹, Daegeon Lee¹, Changbae Park^{2*}

¹Department of Architecture, Ph.D. candidate, Pusan National University, Busan, Korea

²Department of Architecture, Professor, Pusan National University, Busan, Korea

Abstract

Background The study proposes a new system to find a preferred exterior design of a building using VR. It allows survey respondents to create the most favorable building design model by combining exterior elements in an evaluation system. The researcher can save time and effort by not making as many models as combinations of exterior elements of a building. Furthermore, the survey respondents do not have to spend much time reviewing the models before choosing their preferred model.

Methods This system consists of three parts. 1) Modeling building elements in BIM authoring software (Autodesk® Revit®) and importing them into a game engine (Unreal Engine 4) to integrate different types of exterior elements. 2) Developing two modules to replace the materials and shapes of the exterior elements in the game engine with 'material change' and 'model show/hide' menus. 3) Creating a user interface for respondents to choose the types of exterior elements and compose a preferred exterior design model.

Results Through a survey, the proposed system was assessed regarding preferences of the survey respondents and compared to an existing design evaluation system that also utilizes VR. The survey results found that the proposed system preferred to the existing system when there are relatively many exterior element types.

Conclusions After the exploration of the existing evaluation method, in this study a progressive system to evaluate architectural design was proposed. While retaining authenticity, a survey questionnaire can be included simultaneously within the same system. It is hoped that a more advanced and tangible system will be developed so that this evaluation system can be used in actual architectural assessment plans in the future.

Keywords Building Design, Exterior Elements, Evaluation System, Building Information Modeling, Virtual Reality

This work was supported by BK21 FOUR Program by Pusan National University Research Grant, 2021

*Corresponding author: Changbae Park (changbae@pusan.ac.kr)

Citation: Liu, Y., Lee, D., & Park, C. (2023). BIM-VR Design Evaluation System for the Formation of Preferred Building Exterior Models. *Archives of Design Research*, 36(1), 107-121.

<http://dx.doi.org/10.15187/adr.2023.02.36.1.107>

Received : Oct. 21. 2022 ; **Reviewed :** Dec. 12. 2022 ; **Accepted :** Dec. 15. 2022

pISSN 1226-8046 **eISSN** 2288-2987

Copyright : This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

1. 서론

1. 1. 연구의 배경 및 목적

최근 ICT 기술의 발전으로 가상현실(Virtual Reality, VR) 기술이 다양한 분야에서 널리 활용되고 있고 건축 설계 분야에서도 건축 설계의 전시, 평가 등 다양한 용도로 활용하는 사례가 증가하고 있다. VR 기술을 활용하면 건물 설계안을 입체적으로 이해하는 데 도움이 되기 때문에 건축 프로젝트의 품질과 업무 생산성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 디자인 평가를 수행하는 도구 및 방법이 평가 결과에 영향을 미칠 수도 있는데 VR 기술은 건축 설계안을 실제 스케일에서 보는 것과 같은 체험을 하므로 더 나은 설계안의 평가를 위해 VR 기술을 활용할 필요성이 제기된다.

현재 일반적으로 사용되고 있는 VR을 활용한 평가 방법은 건물 외관의 평가에 많이 활용되고 있다. 건물 외관의 설계 대안이 여러 가지 입면 요소의 대안 평가를 위해 작성되어야 할 경우, 외부 입면 요소를 조합하여 만들어지는 건축 모델의 수가 많아 건축 모델을 만드는 데 많은 시간과 노력이 필요하고 적절한 모델 표시 방법론이 적용되지 못할 경우에는 지나치게 많은 모델 사이에서 평가자가 모델 사이의 차이를 구별하기 어렵기 때문에 설계안의 평가에 상당한 어려움을 겪을 수 있다. 따라서 본 연구는 기존 VR 디자인 평가 방식을 개선하고 건물 외부 디자인 평가의 효율성을 높이기 위해 기존의 VR 평가를 기초로, 새로운 건물 디자인 평가를 위한 BIM-VR 건축 평가시스템 개발을 목적으로 한다.

1. 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 기존 연구에 있는 문제점을 개선하기 위해 건축 분야의 3차원 모델링 소프트웨어와 게임 분야의 가상현실 소프트웨어를 활용하여 외부 입면 요소 평가시스템을 개발한다. 연구 방법은 다음과 같다.

첫째, 관련 분야의 문헌 연구를 검토하고 지금까지 개발된 VR을 활용한 평가 방법의 문제점을 분석하여 새로운 시스템의 개발 방향을 설정한다.

둘째, 건물 입면 요소를 평가하는 BIM-VR 시스템을 개발한다.

셋째, 개발된 시스템을 활용하여 모의평가를 수행한다.

연구 결과 건축 설계를 평가하는 새로운 시스템이 개발되고, 시스템의 모의평가를 통해 기존 시스템과 비교하여 새로운 시스템의 장점이 확인된다.

2. 이론적 고찰

2. 1. VR을 활용한 건물 평가에 관한 연구

Table 1 Research Trends in Building Evaluation Using VR

Author	Content	VR Software	BIM Use
Lee (2018)	After the VR experience, understanding, participation and interest in design were improved	Unreal Engine	NO
Lee (2020)	Evaluation of Technology Development Using VR Technology in Architectural Design Stage	Unity	YES
Umair (2022)	Use different methods to search for the deposits in the design, so as to verify the effectiveness of VR in evaluating buildings	Unity	NO
Lim (2019)	Use VR technology to restore the scene of the smart city, allowing citizens to use VR to evaluate the city scene	Unreal Engine	NO
Park (2021)	Observe and compare the exterior of the building	Unity	NO

VR을 활용한 건물 평가 연구는 다양한 관점에서 이루어지고 있지만 건물 디자인 대안 평가에 초점을 맞춘 연구는 부족하다. Table 1은 기존 건축에서 VR을 활용한 디자인 평가에 관한 연구 목록을 나타낸다.

이슬비(Lee, 2018)는 논문에서 일반인을 대상으로 수행한 VR을 활용한 선호 디자인을 선택하는 조사를 수행했는데 VR 체험 과정에서 장면을 여러 번 교체해야 했고 평가 단계는 VR 체험 이후에 별도로 수행되어 평가 단계에서 참여자들의 몰입도가 하락되었다. Umair(2022)는 하나의 건물 설계안의 평가를 세 가지 방법으로 테스트해서 평가자가 설계 오류를 찾고 가상환경을 탐색하는 시간과 결과를 통해 평가 방법의 차이를 분석했다. 이렇게 하면 VR을 이용한 건물 평가의 유효성을 검증할 수 있지만 논문은 동일한 설계안을 관찰할 뿐 여러 설계안이 있을 때 VR을 이용한 평가가 효과적이지 여부를 알 수 없다. 임미정(Lim, 2019)은 VR 기술을 이용하여 스마트시티의 장면을 나타내고, 참여자들은 VR 시스템 내에서 원하는 도시 조경을 선택하고 평가할 수 있다. 이 연구는 드론 사진 측량을 활용해 현실에 가까운 가상 도시환경을 구성하는 등 VR 환경의 조성에서 장점이 있다. 하지만 기존 연구들은 건물 외관의 설계 대안이 많을 때의 평가에 효과적이지는 알 수 없다.

선행 연구 중 박소연(Park, 2021)의 연구에서 사용된 평가시스템은 기존 평가시스템의 대표적인 특성을 갖고 있었다. 이 논문은 주거 절도 관련 연구로서 VR의 장점과 가능성을 이미지와 VR이라는 서로 다른 두 가지 실험 도구를 비교하여 검증했다. 참가자들은 VR 실험에서보다 구체적인 판단을 바탕으로 다양한 환경조건을 종합적으로 고려하여 결정을 내렸다. 이는 VR이 특히 환경 행동 분야에서 새로운 실험 도구로 사용될 가능성을 확인했다. 이 논문의 기존 조사 방법 중에는 실제 주택 사진이나 영상을 실험 도구로 사용하는 경우가 많아 연구 목적에 맞게 변수를 조작하거나 조합하기가 어려웠다. 그리고 글, 그림, 사진, 비디오 등 실험 도구를 이용한 설문조사의 경우 설문 응답자가 수동적으로 정보를 얻을 수밖에 없어 허점이 많았다. 이런 취약점에 대해 기존 조사 방법을 개선하고 소프트웨어를 이용해 주택을 시뮬레이션해서 주택의 외부 입면 요소를 변경해 설문조사를 했다. 그러나 해당 연구에서 설문 응답자는 이미 만들어진 건물 관찰 코스에 따라 관찰하고 비교할 수 있었으나, 자신의 의도대로 움직일 수도, 장면 내 건물 요소를 변경할 수도 없었다. 모처(Mao, 2020)의 논문에서 VR 사용자가 VR 환경 속에서 자유자재로 걸으며 자신을 축적으로 하여 공간의 크기를 측정하고 설계하면서 가상의 건물을 실감 나게 관찰할 수 있어 조사의 집중도와 신뢰도를 높일 수 있다고 판단했다.

이러한 문제 때문에 기존 연구를 바탕으로 본 연구는 새로운 시스템에서 설문조사의 집중도와 신뢰도를 위해 VR 속 장면을 관람할 때 원하는 대로 이동하면서 다양한 각도와 위치에서 건물을 관찰할 수 있게 한다. 또한, 조사의 효율성을 높이기 위해 설문 응답자가 직접 여러 외부 입면 요소들을 조합하여 선호하는 디자인 모델을 생성할 수 있게 한다.

2. 2. 건축 외부 입면 요소에 관한 연구

본 시스템 개발을 시작하기 위해 건축 외부 입면 요소에 관한 선행 연구를 분석하였다. 김현정(Kim, 2017)은 미학적 요소(형태, 재료, 부피, 색상)를 분류하고, 통일, 리듬, 비례의 설계 원칙을 사용하여 건물 형상에서 그들의 중요성을 분석했다. 이수진(Lee, 2006)과 오연순(Oh, 2008)은 소매 및 상업용 건물에서 사용되는 구조(외벽, 형태, 통로 및 이동, 창호)와 장식(외부 사인, 창문, 조명)을 입면 요소로 분류했다. 최영신(Chio, 2011)은 구조 요소의 목록을 확대하고, 입면 요소에 기둥, 내벽, 발코니를 포함했다. 평영(Bian, 2012)의 <건축외부입면설계>에서는 건물 외부 입면 요소를 지붕(형태와 재료), 외벽(재료와 색채), 출입구(연결 방식, 창문 비율, 캐노피, 위치, 계단, 경사로), 창호(재료, 형태, 크기) 등 크게 4가지로 구분했다. 화이트(White, 1983)의 <건축개념과 형태어휘>에서는 건물의 외부 입면 요소를 세분화하면서 요소별로 다른 옵션을 설명했다. 유원소(Liu, 2022)는 조사 대상자의 건물 형상에 대한 선호도에 가장 큰 영향을 미치는 요소가 외벽의 색상과 창호의 형태임을 발견했다. 또한 그는 건물을 리모델링할 경우 지붕, 출입구, 계단, 경사도가 중요한 역할을 한다는 것을 확인했다.



본 연구는 선행 연구를 기초로 건물 디자인을 생성하는 외부 입면 요소를 지붕, 벽, 출입구, 창호로 분류하고, 평가 시 설문 응답자가 선택할 수 있는 유형을 정리한다.

2. 3. VR의 소프트웨어 현황

현 단계에서 VR 환경을 구축할 수 있는 소프트웨어는 매우 많지만, 그중에서 Unreal Engine과 Unity가 가장 많이 사용되고 있다. Unreal Engine(UE)은 Epic 게임사가 개발한 게임용 소프트웨어로 건축 분야에서도 활용되고 있으며 3차원 컴퓨터 그래픽, 드래그, 앤, 드롭 기능 및 C++ 언어와 비주얼 스크립트

기능(Blueprint)을 지원한다. Unity는 유니티 테크놀로지에서 개발한 게임 엔진으로 2차원 및 3차원 그래픽, 드래그, 앤, 드롭 기능 및 C# 언어를 지원한다. Unity 엔진은 초보자에게 매우 편리하고 하드웨어 사양에 대한 요구도 크게 높지 않다. 하지만 일반적으로 Unity는 UE에 비해 사실성이 떨어지기 때문에 건물 설계안을 사실적으로 나타내기에는 적절하지 않고 미디어의 생성은 UE가 더 편리하기 때문에 이 연구에서는 UE를 시스템 개발 도구로 선택하였다.

Table 2 Unreal Engine vs Unity

	Unreal Engine	Unity
Logo		
Graphics	Physically-Based Rendering, Global Illumination, Volumetric lights after a box, Post Processing, Material	Physically-Based Rendering, Global Illumination, Volumetric lights after a plugin installed, Post Processing
Unique Features	Rich 2D support	AI, Network Support
Target Audience	AAA-game studios, Indies, Artists	Mostly indies, Coders
Scripting Languages	C++, Blueprint	C#

3. VR 평가시스템 디자인과 개발

3. 1. 평가시스템 디자인

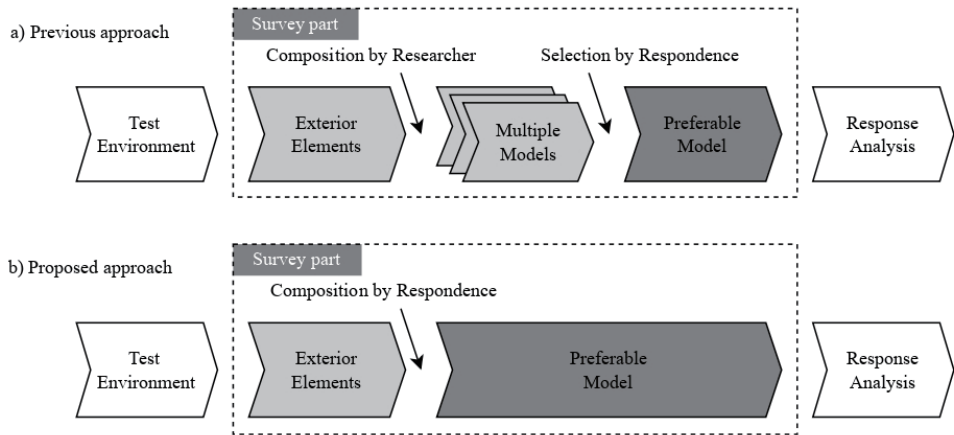


Figure 1 Designing Integrated Framework for VR

본 연구에서 제안된 시스템은 기존의 VR로 설문하는 방식에 사용자 인터페이스(UI)를 만드는 프로그래밍 기술을 접목하여 더욱 편리하게 디자인 모델에 대한 선호도를 조사한다. 이 시스템에서 설문 응답자는 직접 기본 모델의 외부 입면 요소들을 변경하며 선호하는 디자인 모델을 만들 수 있다. 출입구나 창문과 같은 건물의 외부 입면 요소를 제외한 건물 외피(main model)를 BIM 소프트웨어에서 만들고, Data Export 기능을 이용하여 평가시스템(main system)으로 가져간다. 외부 입면 요소(option models)들은 평가 목적에 맞게 선정되어 BIM 소프트웨어에서 만들어지고 게임 소프트웨어에서 설문 응답자가 선택할 수 있는 형태와

체계로 갖춘다. 설문 응답자는 평가시스템(main system)으로 보내진 외부 입면 요소들을 VR 장비로 선택하여 선호하는 건물 모델을 만든다. 본 논문에서 제안하는 평가시스템의 실험 과정과 박소연(Park, 2021)의 논문에서 사용한 기존 시스템의 실험 과정을 비교하면 Figure 1과 같다.

3. 2. 평가시스템의 소프트웨어

본 연구는 3차원 건물 모델링 소프트웨어로 Autodesk사의 Revit과 가상현실 시나리오 소프트웨어로 Unreal Engine을 연계하여 평가시스템을 구축하였다. Autodesk사의 Revit은 현재 건축 분야에서 BIM(Building Information Modeling, 건축정보모델)으로 가장 활발하게 사용되고 있으며, Revit는 연구자가 건물 외부 입면 요소의 변수(parameter)를 조정할 경우, 자동으로 새로운 외부 입면 요소의 3D 모델이 생성된다. 본 연구에서는 Autodesk사의 Revit2021 버전을 사용하였다. 본 연구에서는 Unreal Engine 4.26을 이용하여 가상현실을 구축하였다.

각 분야의 소프트웨어들은 데이터 형식이 서로 호환되지 않는다. 따라서 소프트웨어 선정에 있어 기능과 함께 데이터 변환 가능성에 대한 확인이 필요하였다. BIM 설계 프로그램인 Revit은 매개변수를 이용하여 모델링이 가능하고, 데이터 변환 API(Application Programming Interface)를 통해 게임 소프트웨어로 데이터를 전송할 수 있음을 확인하였다. 이때 게임 소프트웨어용 데이터로 변환이 가능한 UE의 Datasmith 기능을 사용하여 서로 다른 포맷의 모델을 UE로 가져올 수 있다. 이후 모델 블록, 색상 및 텍스트별로 저장하여 후기의 편집 및 조작을 편리하게 수행할 수 있다.

3. 3. 평가시스템 개발

가상현실(VR) 평가시스템의 하드웨어 구성은 PC, 모니터, Head Mounted Display(HMD)로 구성된다. PC는 그래픽이 원활하게 구현될 수 있는 성능의 PC(NVIDIA RTX 3060 Ti)이며 HMD는 메타 퀘스트2(Meta Quest 2)를 사용하였다. 작동은 조이스틱, 마우스, 키보드를 다 사용할 수 있도록 구현하였다.

UE는 BIM 모델을 이용하여서 VR 환경에서 건물의 모습을 보여주고, 건물 외피에 다양한 외부 입면 요소를 적용해 볼 수 있는 기능을 제공한다. UE에서는 VR 환경에서 건축적 요소가 현실과 최대한 가까울 수 있도록 각 요소의 재질과 조명 등의 파라미터를 설정한다. 본 연구에서 제안한 평가시스템은 메인시스템 1개와 서브시스템 2개를 포함한다. 메인시스템은 데이터 모듈과 애플리케이션 모듈을 포함하고 있다. 데이터 모듈은 Revit에서 추출한 모델 데이터를 포함하고 있으며, 애플리케이션 모듈은 가상현실 환경을 만들어 VR HMD(Head-mounted Display)를 통해 보여준다. 서브시스템에는 각 BIM 모델 데이터 서브시스템과 Game Engine 운영 서브시스템이 있으며, 구체적인 설명은 Figure 2와 같다.

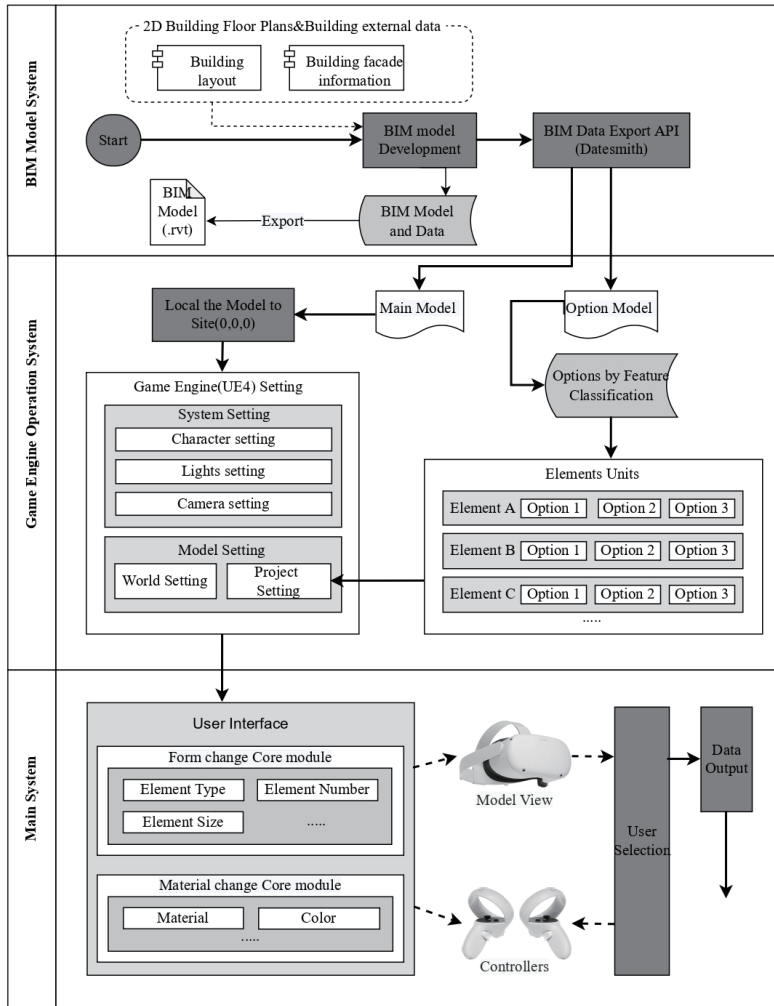


Figure 2 The framework of the evaluation of building exterior design elements system

3. 3. 1. BIM 모델 서브시스템

BIM 모델 서브시스템에서는 BIM 모델 데이터를 만들어 API인 Datasmith를 통해 BIM 모델을 다른 소프트웨어로 내보낼 수 있다. BIM 저작도구에서 모델링한 메인모델에 ‘Option’ 메뉴를 통해 다양한 외부 입면 요소를 결합하여 Game Engine 운영 서브시스템에 연결한다. 소프트웨어 사이에 전환이 이뤄질 때 공간 좌표는 매우 중요한 요소다. Datasmith를 이용하여 BIM 모델의 좌표계 원점을 UE에 입력한다. 이후 건축 모델이 로드되면 이 점이 기준으로 활용된다.

3. 3. 2. Game Engine 서브시스템

본 시스템은 Game Engine을 활용해 장면을 렌더링하고 User Interface(UI)를 추가하여 VR 환경을 만든다. 이와 함께 Game Engine은 시선이 옮겨갈 때 장면의 변화를 실시간으로 렌더링되게 한다.

실시간 렌더링 도구로는 UE를 활용한다. 단일 장면에서 많은 양의 모델을 만들 때 UE는 다른 게임 엔진보다 우수한 성능을 가지며, 동시에 렌더링한 장면은 다른 소프트웨어에 비해 더 사실적이라고 평가 받는다(Lee, 2020).

Game Engine 서브시스템을 구축하기 위해서는 우선 Game Engine에서 장면을 3D로 전환한다. 즉, Game Engine에서 초기 장면을 바탕으로 이동하고 모델과 재료를 수정할 수 있게 한다. BIM 모델 서브시스템에서 ‘Option’ 메뉴로 모델을 가져와 좌표계 원점(0, 0, 0)을 기준으로 VR 환경에 위치시키며, 건물 외부 입면

요소는 조사 목적에 따라 선택적으로 도입한다. 다음으로 VR 환경에서 이동하는 ‘Character’와 모델을 살펴보는 ‘Camera’가 추가된다. Game Engine의 이용 과정에서 사용자와 시스템의 상호작용과 가상현실의 사실성을 높이기 위해 UE의 ‘Interactive Mode’에 맞춰 UI를 설정한다. 앞의 설계 및 개발 과정을 거친 뒤 다음 단계인 ‘VR 모델 운영시스템’을 설치해야 VR 환경 구축을 완성할 수 있다.

3. 4. VR 모델 운영시스템 개발

VR 모델 운영시스템은 Walking 모듈, HMD(Head-mounted display) 모듈, Elements Change 모듈, Survey Data 모듈을 활용하여 VR 환경을 구축한다.

3. 4. 1. Walking 모듈

사용자는 Walking 모듈을 통해 VR 환경을 체험할 수 있고, 컨트롤러를 이용해 ‘Character’를 VR 환경에서 이동시켜 건물을 둘러볼 수 있다. 이에 사실감을 더하기 위해 인물이 움직일 때 발걸음 소리가 나도록 한다.

3. 4. 2. HMD(Head-mounted display) 모듈

사용자가 건물을 둘러볼 때 사실감을 높이기 위해 위치 이동을 제어하는 것과 함께 사용자의 머리에 따라 움직일 수 있는 HMD 모듈을 추가한다. HMD 모듈은 사용자의 얼굴이 향하는 방향에 따라 화면을 나타낸다.

3. 4. 3. Elements Change 모듈

Elements Change 모듈(요소 변환 모듈)은 ‘재료 변환 모듈’과 ‘양식 변환 모듈’을 포함한다. 사용자는 사용자 인터페이스에 있는 버튼을 통해 요소의 형태와 재료를 변경할 수 있다. 체계적인 기능 구성을 통해 다양한 소재와 형태의 건물 외부 입면 요소를 건물 외피와 일체화하여 사용자가 선호하는 조합 방식을 고를 수 있게 한다. 건물 외부 입면 요소는 단순히 덧붙여지는 것이 아니라, 필요에 따라 주변의 외피나 다른 외부 입면 요소와 함께 변형되며 짜(붙여 쓰기) 맞춰진다. 본 연구는 UE의 ‘Blueprint’ 기능을 활용해 순환적 선택 메뉴를 만들었다(Figure 3). 순환적 선택 메뉴는 선택 메뉴에서 외부 입면 요소의 마지막 유형까지 살펴본 후에도 선호하는 유형을 결정하지 못한 경우 다시 첫 번째 유형으로 돌아갈 수 있도록 한다.

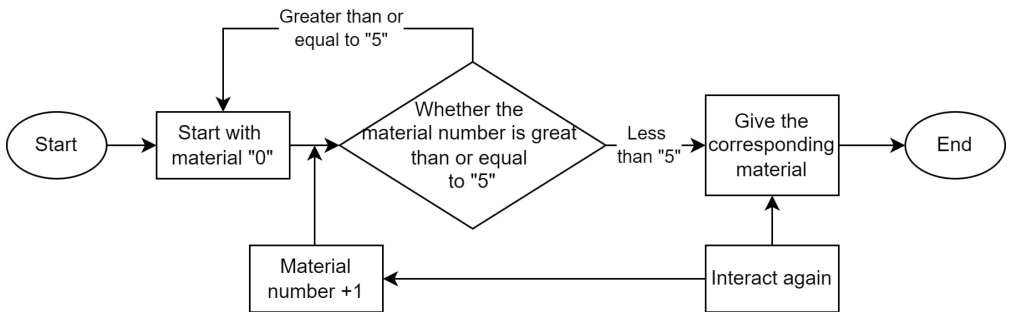


Figure 3 Elements change module works

3. 4. 4. Survey Data 모듈

설문 응답자가 평가시스템을 이용하여 평가한 후 선정된 건축 사진과 건축 요소의 조합방식은 시스템에 연결된 ‘Spreadsheet To Code’ 플러그인을 통해 ‘.xlsx’ 데이터 형식으로 저장된다. 평가 전에 필요한 항목에 따라 Excel 양식을 작성하고, 작성된 양식 파일을 UE로 가져와 다른 이름 변수와 일치시킨다. 그 다음 ‘Blueprint’를 통해 테이블의 데이터 열을 연결하고 선택 결과를 테이블과 일치시킨다. 마지막으로 엑셀 형식으로 저장한다.

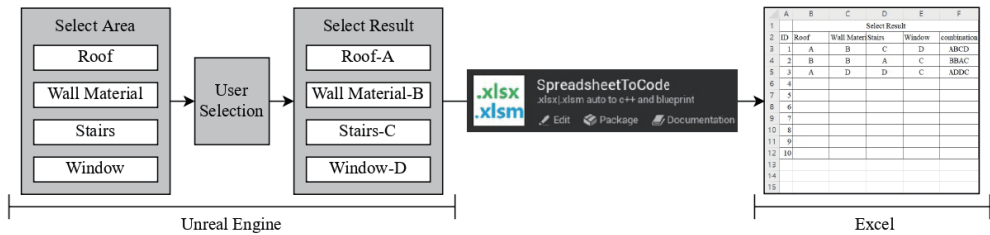


Figure 4 Export the select result

4. 모의평가

4.1. 모의평가 디자인

Table 3 Option classification

Element (Bian)		Options (White)		
Roof	Roof form	Flat Roof	Vaulted Roof	Pitched roof
Wall	Wall Material	Brick	Concrete	Steel
		Wood	Plastic	
Entrance	Stairs	One Side Stairs	No Stairs	Two Side Stairs
Window	Window form	High	Low	Middle

본 연구에서는 제안한 평가시스템의 적정성을 검증하기 위해 모의평가 대상 건물로 김중업이 설계한 유류산업 공장건물(현재 김중업 박물관)을 선정하였다. 김중업 박물관의 외형은 직육면체로 비교적 단순하다. 하지만 외부 입면 요소들은 독특한 형태를 가지고 있고 수가 적어 다른 형태와 비교하기 쉽고 선호도 차이가 뚜렷하여 모의평가 대상 건물에 적합하다고 판단하였다. Table 3과 같이 본 연구는 유류산업시설 리모델링에서 선호하는 입면 요소 연구한 유원소(Liu, 2022)의 연구 결과로 참고하도록 지붕 형태(Flat Roof, Vaulted Roof, Pitched roof), 외벽재료(Brick, Concrete, Steel, Wood, Plastic), 출입구(One Side Stairs, No Stairs, Two Side Stairs), 창호 형태(High, Low, Middle)를 건물 외부 입면 요소로 구분하여 'Option'에 연결하였다.

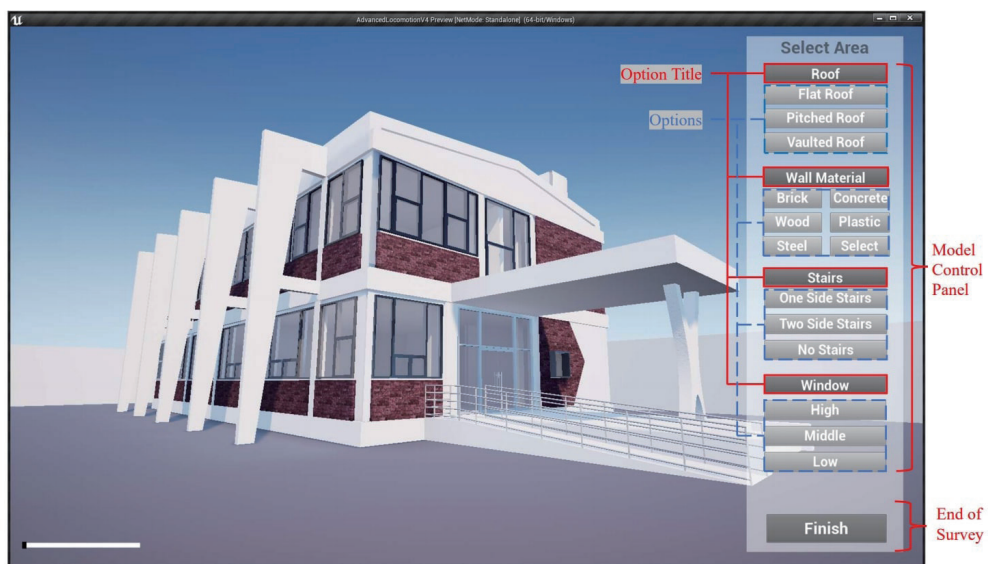


Figure 5 A scene of VR survey application

평가 대상 건물의 CAD 도면과 사진을 활용하여 VR 속 건물을 실제 건물과 최대한 가깝게 구현하였다. 건물 외피 모형이 완성되면 건물 외부 입면 요소를 분류별로 구분하여 만들었다. 모델들을 UE에 가져온 후, 각 카테고리별 건물의 외부 입면 요소를 정리하여 설치된 ‘요소 경로’와 각각 연결하였다. 그리고 UI에 있는 장면을 완성한 후 모델과 연결하면 사용자는 UI에 있는 버튼을 통해 건축 요소의 형태와 재료를 변경할 수 있다. 본 연구 시스템으로 설문 응답자는 VR 환경에서 원하는 건물 외부 입면 요소(지붕, 외벽, 출입구, 창호)를 선택할 수 있으며, VR 환경에서 360도 전경을 둘러볼 수 있다.

이번 모의평가는 개발된 시스템이 전통적인 평가시스템보다 더 효과적인지 검증하기 위한 것이다. 두 시스템이 동일한 화면을 보여줄 수 있도록 동일한 건물 모형을 복제하고 입면 요소를 교체하는 전통적인 평가시스템의 평가 환경을 조성한다. 두 시스템 모두 동일한 장비(Meta Quest2)와 환경(실험자 연구실)을 사용하였다. 본 연구는 건물 형태에 관심이 많고 디자인에 민감할 것으로 판단되는 건축학과 학생 15명(남성 6명, 여성 9명)을 대상으로 모의평가를 실시하였으며, 이들은 조사에 참여하기 전 모두 VR 환경에 익숙하고 VR 장비를 사용한 경험이 있어, 새로운 평가시스템에 쉽게 적응할 수 있었다. 모의평가를 시작하기 전에 응답자에게 모의평가 방식에 대해 설명하고 간단한 적응 후 평가를 수행하였다. 이번 모의평가는 응답자가 VR 장비를 이용해 둘러보면서 조사자의 질문에 답하는 인터뷰 방식으로 진행하였다.

4. 2. 조사 과정

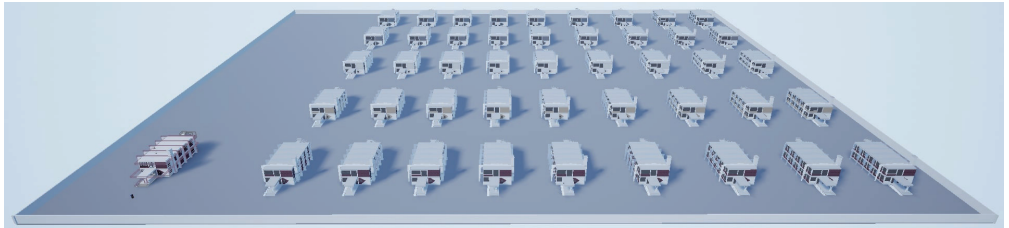


Figure 6 Model Quantity Comparison of Two Systems

모의평가는 총 4번에 걸쳐 진행되었다. 두 시스템은 각각 두 개의 동일한 시나리오에서 설정된다. 첫 번째는 Figure 5와 같이 제안한 평가시스템이 있고 두 번째는 VR 환경에 각각 3개, 15개, 45개의 건축 모델을 배치하는 전통적인 평가시스템이 있다. 전통적인 평가시스템의 건물 수를 쉽게 보여주기 위해 Figure 7.8.9와 같이 건물 입면만 전시한다. 두 시스템의 모델 수를 비교한 것은 Figure 6과 같다.

		Roof		
		Flat Roof	Pitched Roof	Vaulted Roof
Exterior Wall	Brick			
	White			

Figure 7 VR Scenes of the Existing System at Test 1 with Roof(3) Alternatives

첫 번째 모의평가는 외부 입면 요소 중 지붕을 3가지 형태로 모델링하여 새 평가시스템과 기존 평가시스템으로 설문조사를 실시하였다. 기존 시스템에서 설문 응답자는 지붕 형태에 따라 연구자가 미리 만들어 둔 3개의 건물 모델을 하나의 VR 환경에서 비교하였다(Figure 7). 반면 새 평가시스템에서는 하나의 건물에 지붕을 변경해가며 선호하는 건물 모델을 만들었다.

두 번째 모의평가는 외부 입면 요소 중 지붕을 3가지 형태로 모델링하고 외벽을 5가지 재료로 모델링 하여 설문조사를 실시하였다. 기존 평가시스템에서 응답자는 다른 지붕과 외벽재료를 조합해서 만든 15개의 건물 모델을 VR 환경에서 비교하였다(Figure 8). 새 평가시스템에서는 첫 번째 모의평가와 같이 하나의 건물에 지붕과 외벽의 재료를 변경해가며 선호하는 건물 모델을 만들었다.

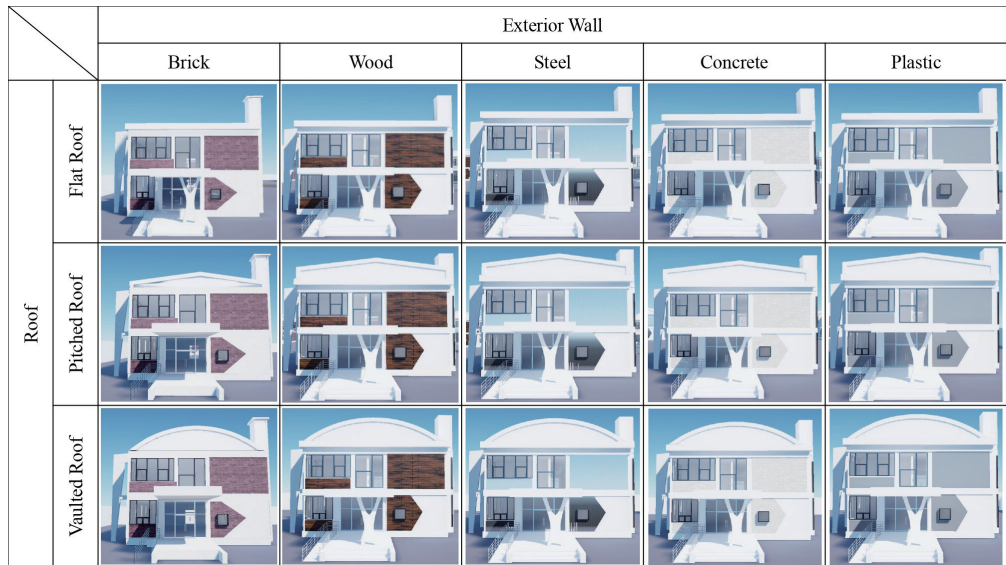


Figure 8 VR Scenes of the Existing System at Test 2 with Roof(3) and External Wall(5) Alternatives

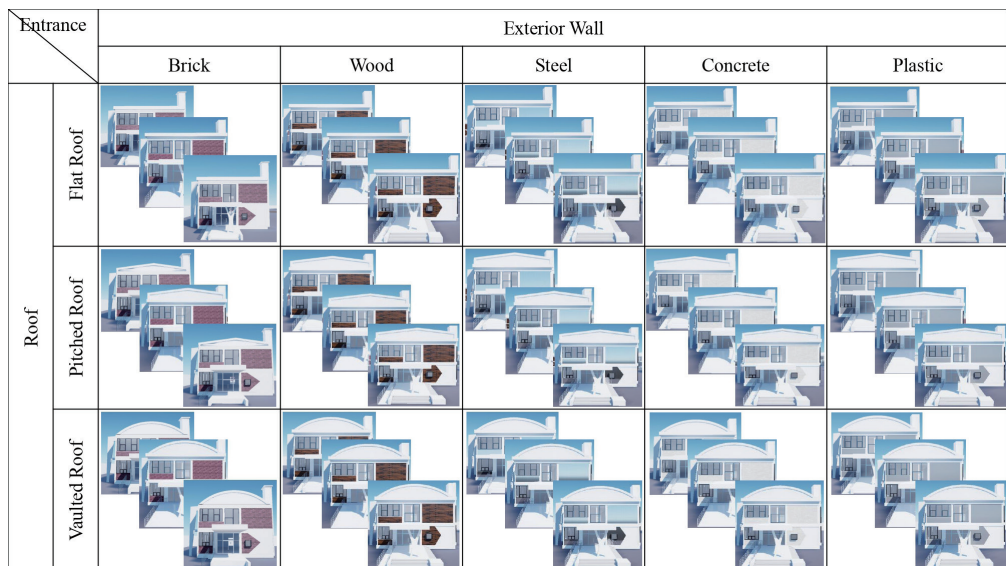


Figure 9 VR Scenes of the Existing System at Test 3 with Roof(3), External Wall(5), and Entrance(3) Alternatives

세 번째 모의평가는 외부 입면 요소 중 지붕을 3가지 형태로, 외벽을 5가지 재료로, 지붕 재료는 3가지로 모델링 하였다. 기존 평가시스템에서 응답자는 각 외부 입면 요소를 조합하여 만든 45개의 건물 모델을 VR 환경에서 비교하였다(Figure 9). 새 평가시스템에서는 앞의 두 모의평가와 같은 방법으로 선호하는 건물 모델을 만들었다.

마지막 모의평가는 기존 평가시스템에서 외부 입면 요소 중 창호 3가지를 추가하여 만들어진 135개의 건물 모델을 대상으로 실시하였다.

4. 3. 평가 시 이슈 사항

본 연구에서는 개선된 시스템을 제안한 후, 시스템을 구축하고 모의 평가하였다. 이 과정에서 몇 가지 기술적인 문제가 발견하고 해결되었다.

첫째, Revit의 모델을 Datasmith를 이용하여 UE로 가져올 때 모델링의 혼란스러운 문제가 발생되었다. Revit에서 기본 모델에 번호를 매긴 후 UE로 가져올 때 번호에 따라 리소스 관리 인터페이스에 나타나는 것을 발견하고 해결되었다.

둘째, 컴퓨터 배치 문제로 인해 UE에서 모델의 재질 손실 문제가 자주 발생한다. 그 이후에는 소재의 품질을 낮추어 해결했다.

셋째, Datasmith를 이용하여 모델을 도입할 때, 모든 모델은 자동으로 통합된다. 여러 번 테스트 후 모델을 Revit '0,0,0' 포인트로 설정하면 모델이 Revit의 모델 조합으로 UE에 나타났다.

4. 4. 활용 평가 결과

세 번의 외부 입면 요소 변경이 있었던 첫 번째 모의평가에서는 15명 중 2명만이 새로운 평가시스템을 선호하였다. 15번의 외부 입면 요소 변경이 있었던 두 번째 모의평가에서는 새로운 평가시스템을 선호하는 응답자의 수가 6명으로 증가하여 새로운 시스템에 대한 선호도가 기존 시스템에 대한 선호도에 비교적 가깝게 나타났다. 외부 입면 요소의 변경이 45번과 135번으로 급격히 증가한 나머지 모의평가에서 모든 응답자들 새로운 평가시스템을 선호하는 것으로 나타났다. 실험 결과는 Figure 10과 같다.

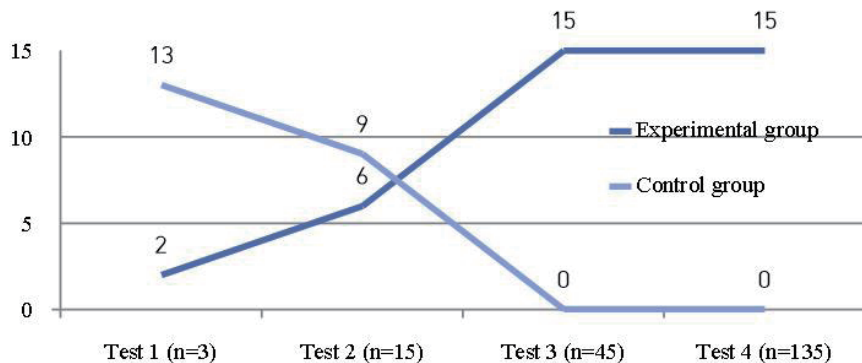


Figure 10 Data comparison between the control group and the experimental group in the test experiment

응답자들이 모델의 수가 적은 모의평가에서 기존 시스템을 선호한 것은 평가 VR 환경 속에 모델이 이미 만들어져 있어 별도의 조작이 필요 없고 대상들을 옆에 두고 비교할 수 있어 편리하게 느꼈기 때문으로 추정된다. 반면 비교할 모델이 어느 정도 많아지면 설문 응답자들이 한눈에 많은 모델을 비교해서 평가하기 어렵기 때문에 기존 평가시스템을 선호하지 않는 것으로 확인되었다.

설문지 종료 후 응답자 5명을 선정하여 기존 평가시스템과 본 연구에서 제안한 평가시스템에 대한 후속 인터뷰를 수행하였다. 응답자의 인터뷰를 통해 다음과 같이 두 평가시스템에 대한 의견을 얻었다.

“질문 1: VR을 사용하여 선택할 때 어떤 문제가 있습니까?”

답: “선정 과정에서 몇 가지 조합 중 망설일 때가 있는데 마음에 드는 몇 가지 조합을 저장해 두었다가 한꺼번에 보고 비교할 수 있다면 더욱 완벽할 것 같습니다.”

“질문 2: 두 가지 평가 방법을 사용한 후, 본 연구에서 새롭게 제안된 평가시스템이 더 편리하다고 생각하십니까?”

답: “기존 평가 방식은 개수가 적을 때 편리하지만 건물 수가 많아지면 기존 평가방식은 쉽게 지쳐 거부감을 느낄 수 있습니다. 새로운 평가 방식은 여러 건물을 함께 볼 수 없었지만 VR 환경을 바꿀 필요가 없어서 편리합니다.”

위의 내용은 인터뷰 대상자 5명의 의견이 일치하여 2명의 의견을 대표로 선정하였다. 표시된 모델의 수가 적을 때 응답자는 모델 주변을 둘러본 후 선택할 의향이 있고 대다수가 기존 평가시스템을 선택하였다. 그런데 모델 수가 많아지면서 응답자는 여러 건물을 둘러보고 비교하는 과정에서 혼란함과 피로감을 크게 느껴서 응답자가 대부분 제안된 평가시스템을 선택하였다. 본 시스템은 각각의 외부 입면 요소에 대한 선호도를 직접적으로 평가하기보다는 여러 외부 입면 요소가 조합된 건물 외부 디자인 모델 중 선호하는 것을 찾는 시스템이다. 하지만 선택된 모델에 있는 외부 입면 요소의 통계를 이용하여 각 외부 입면 요소에 대한 선호도 차이도 간접적으로 확인할 수 있다.

5. 결론과 한계

5. 1. 결론

VR 기술을 활용한 기존 건물 디자인 평가시스템에서 연구자는 디자인 요소 조합의 수만큼 많은 모델을 만들어야 하고, 모든 모델이 같은 환경에서 비교될 수 있도록 환경을 구성해야 하였다. 이 경우 연구자는 상당한 양의 노력과 시간을 투자해야 하고 설문 응답자는 여러 건물을 둘러보고 비교하는 과정에서 혼란과 피로를 느낀다.

본 연구는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 게임 소프트웨어의 사용자 인터페이스를 활용하여 건물의 디자인 모델을 평가할 수 있는 시스템을 개발하였다. 이 평가시스템은 BIM과 VR 기술을 이용해 기존 시스템을 개선하고 Game Engine으로 현실감을 더하여 설문 응답자가 직접 디자인 모델을 조합할 수 있도록 사람과 기계의 상호작용을 강화하였다. 이 평가시스템은 다음의 3가지 특성을 갖는다. 첫째, 응답자는 VR 장비를 이용하여 건물 설계안의 외부 입면 요소 대안을 선택할 수 있다. 둘째, 응답자는 연구에서 개발된 UI를 이용하여 건축디자인 요소의 재질과 형태를 변경할 수 있다. 셋째, 설문 결과는 평가시스템에 의해 자동으로 수집되어 집계표가 작성된다. 또 평가시스템의 구축은 평가시스템의 구축은 BIM, Game Engine UI, 건축 외피, 건축 요소 변환, 평가의 총 5가지 부분으로 구분된다.

본 연구에서는 개발된 평가시스템과 기존 시스템과의 차이를 확인하기 위해 두 시스템을 비교하는 모의실험을 실시하였다. 연구자가 건물 디자인 모델 전체를 완성 후 VR 환경 속에서 설문 응답자가 모델들을 비교하여 평가하는 기존 방식은 평가하는 요소의 수가 적을 때 선호도가 높았다. 반면 평가해야 하는 모델의 수가 많아지면 기존 평가시스템의 선호도가 크게 떨어지고 새 시스템의 선호도는 급격히 높아졌다. 따라서 설계안에서 외부 입면 요소가 가지는 대안이 많을 때 새 평가시스템의 활용도가 높을 것으로 판단된다.

5. 2. 한계

이 연구에서 개발된 BIM-VR 디자인 평가시스템은 많은 디자인 대안에 대응할 수 있는 방법을 제공하여 건물 디자인 평가의 효율성을 높이는 장점이 있으나 다음과 같은 한계를 가지고 있다. 첫째, 이 연구의 시스템은 한 디자인 요소의 변화가 연관된 디자인 요소를 변화시킬 수 없다. 예를 들면 디자인 옵션에 따라 문의 크기가 변할 경우에 여기에 대응되는 벽을 따로 모델링해야 한다. 둘째, 선택한 옵션 세트를 저장하는 기능이 없어서 설문 응답자가 여러 가지 옵션 세트 사이에서 선택하고자 할 때 건물 모델을 구성하는 요소를 하나씩 변경하며 비교해야 했다. 후속 연구에서 매개변수를 보다 적극적으로 활용하여 입면 요소의 생성과 조합을 완전히 자동화 방법과 평가 중에 선택한 옵션 세트를 저장하고 서로 비교하는 기능 등 개선이 필요하다.

References

1. Lee, S., & Eo, S. (2018). Using Virtual Reality in Design of Street Space by Citizen Participation. *Korea Academy Industrial Cooperation Society*, 19(2), 77-85.
2. Lee, D., & Seo, M. (2020). The Evaluation of VR Applicable Work in Building Design Phase using IPA. *Smart Media Journal*, 09(4), 153-161.

3. Umair, M., & Sharafat, A. (2022). Impact of Virtual Reality–Based Design Review System on User's Performance and Cognitive Behavior for Building Design Review Tasks. *Applied Sciences*, 12(14), 7249.
4. Lim, M. (2019). *A Study on Smart City VR System for Urban Regeneration* [Doctoral Thesis]. Incheon National University.
5. Park, S. Y., Kang, K. Y., & Lee, K. H. (2021). Comparison between Virtual Reality and Image as an Experimental Tool for Studying Burglars' Target Selection of Residence. *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 37(5), 77–88.
6. Mao, C. (2021). Experimental on spatial cognition teaching for architectural students under VR technology. *Journal of Architectural Education in Institutions of Higher Learning*, 29(6), 144–152.
7. Kim, H. (2017). *A Case Study of Rehabilitation Design Characteristics of Exhibition Space from Idle Industrial Facilities* [Master's Thesis]. Hanyang University. Seoul
8. Lee, S.-J., & Park, Y. S. (2006). A study on Facade Color Design for Building Brand Images. *Color Design Research Institute*, 2(3), 49–60.
9. Oh, Y. (2008). A Study on the Element Types of Facades for Commercial Buildings. *The Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 181–186.
10. Choi, Y. (2011). An Analysis of Color Status and Image Evaluation of the Outdoor Advertisement for Improving the Outdoor Facade of Commercial Building Structure in Old Downtown Area. *Korean Institute of Interior Design*, 20(1), 208–219.
11. Bian, Y.(2012). *Design of Architecture Facade Version 2*. Beijing: China Machine Press.
12. White, E. T.(1983). *Concept Source book—a vocabulary of architectural forms– Version 1*. Science and Technology Book Co., Ltd.
13. Liu, Y., & Park, C. (2022). Preference of User Groups on Facade Elements of Remodeled Factories in Korea. *ARCHITECTURAL RESEARCH*, 24(2), 29–40.
14. Cho, H.-I., & Shin, S. J. (2021). A Study on the Characteristics of Game Engines for NextGeneration Multimedia Production Education (Focusing on Unity and Unreal Game Engine). *Korean Society For Computer Game*, 34(3), 29–38.

선호하는 건물 외부 모델 생성에 의한 BIM-VR 디자인 평가 시스템

유원소¹, 이대진¹, 박창배^{2*}

¹부산대학교 건축학과, 박사과정, 부산, 대한민국

²부산대학교 건축학과, 교수, 부산, 대한민국

초록

연구배경 현 단계에서 건물 외부 디자인을 평가하는 VR 시스템은 여러 건물을 응답자에게 보여주고 개별적으로 평가하도록 하는 경우가 많다. 이러한 시스템은 사용할 수 있지만 평가 과정에서 응답자가 장면과 상호 작용하고 직접 평가할 수 있는 시스템이 필요하다. 그래서 본 연구는 기존 VR 설문 방식을 개선하여 설문 응답자가 선호하는 건물 외부 디자인을 찾을 수 있는 VR 시스템을 제안하는 것을 목적으로 한다.

연구방법 본 연구에서 제안한 시스템은 세 부분으로 구성된다. 1) BIM 소프트웨어(Autodesk® Revit®)에서 건물 요소를 모델링하고 게임 엔진(UE)으로 가져와 다양한 유형의 외부 요소를 통합한다. 2) 게임 엔진에서 외부 요소의 재료와 모양을 대체하기 위해 두 개의 모듈을 사용하고 각각 '재질 변경'과 '모델 표시/숨기기' 기능을 설정했다. 3) 사용자가 보다 편리하게 선택할 수 있도록 시스템에 사용자 인터페이스를 추가한다. 응답자는 이 사용자 인터페이스를 통해 외부 요소의 유형을 선택하여 자신이 가장 좋아하는 요소 조합을 구성할 수 있다. 그리고 이 시스템이 효과적인지 검증하기 위해 모의평가 방식을 채택하였다. 모의평가를 통해 VR의 기존 설계 평가 시스템과 비교하여 조사 대상의 선호도를 테스트하였다.

연구결과 본 연구 결과는 모의평가 단계에 따라 설문 응답자 선택 결과와 인터뷰 결과로 나뉜다. 설문 응답자 선택 결과를 보면, 변경된 건축 요소의 개수가 적을 때 기존 시스템이 연구에서 제안한 시스템보다 편리한 것을 확인할 수 있다. 그러나 변경된 건축 요소의 개수가 증가함에 따라 본 연구에서 제안한 시스템에 대한 선택 추세가 점차 편향됨을 알 수 있다. 설문 응답자의 의견을 수집한 후 인터뷰를 통해 채택하였으며, 향후 연구에서는 계속 개선하였다.

결론 본 연구는 개선된 평가시스템을 제안하였으며, 이를 통해 건축 설계 평가에 대한 신뢰도를 유지하면서도 동일한 시스템에서 설문지를 작성할 수 있음을 확인하였다. 이에 머무르지 않고 시뮬레이션 평가에서 제시된 의견에 따라 시스템을 보다 정교하게 업그레이드하여, 최종 평가시스템을 건축 계획 평가에 사용할 수 있도록 후속 연구가 계속 진행되어야 할 것이다.

주제어 건물 디자인, 외부 입면 요소, 평가시스템, 건물 정보 모델링, 가상현실

*교신저자 : 박창배(changbae@pusan.ac.kr)