

BIM기반 설계데이터 평가 시스템 개선을 위한 ChatGPT활용 방법론

A Methodology for Using ChatGPT to Improve BIM-based Design Data Evaluation System

유은상¹⁾, 김구택²⁾, 안용한³⁾, 최중식⁴⁾
Yu, Eun-Sang¹⁾ · Kim, Gu-Taek²⁾ · Ahn, Yong-Han³⁾ · Choi, Jung-Sik⁴⁾
Received June 5, 2024; Received June 18, 2024 / Accepted June 20, 2024

ABSTRACT: This study proposes a new methodology to increase the flexibility and efficiency of the design data evaluation system by combining Building Information Modeling (BIM) technology in the architectural industry, OpenAI's interactive artificial intelligence, and ChatGPT. BIM technology plays an important role in digitally modeling and managing architectural information. Since architectural information is included, research and development are underway to review and evaluate BIM data according to conditions through program development. However, in the process of reviewing BIM design data, if the review criteria or evaluation criteria according to design change occur frequently, it is necessary to update the program anew. In order for designers or reviewers to apply the changed criteria, requesting a program developer will delay time. This problem was studied by using ChatGPT to modify and update the design data evaluation program code in real time. In this study, it is aimed to improve the changing standards and accuracy by enabling programming non-professionals to change the design regulations and calculation standards of the BIM evaluation program system using ChatGPT. In this study, in the BIM-based design certification automation evaluation program, a program in which the automation evaluation method is being studied based on the design certification evaluation manual was first used. In the design certification automation evaluation program, the programming non-majors checked the automation evaluation code by linking ChatGPT, and the changed calculation criteria were created and modified interactively. As a result of the evaluation, the change in the calculation standard was explained to ChatGPT and the applied result was confirmed.

KEYWORDS: BIM, Architectural AI, Design Data Automation Evaluation, ChatGPT

키워드: 건설정보모델링, 건축 AI, 설계 데이터 자동화 평가, 챗GPT

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건축산업은 정보기술의 발전과 함께 지속적으로 변화하고 있다. 특히, 건설정보모델링(BIM)은 설계, 시공 및 유지 관리에 중요한 도구로 자리 잡아 가고 있다. BIM은 자재 및 제원에 관한 포괄적인 데이터를 포함하여 건설관리에 대한 3차원 디지털 모델을 활용할 수 있다. 이 기술은 설계, 시공, 유지관리를 포함한 전 과정에서 정보를 관리할 수 있다. BIM 데이터를 활용하여, 설계 오류 및 시공 오류와 관련된 문제를 도출함으로써 건설

프로젝트 기간을 효과적으로 단축하고 전체 비용을 절감하는 효과가 있다(MOLIT, 2022). 건설 프로젝트의 계획, 설계 및 시공 단계에서 BIM의 도입은 작업 패러다임의 변화가 되고 있다. BIM은 건축물의 물리적, 기능적 특성을 디지털 데이터로 표현하여 건축구조의 전체 라이프사이클에 걸쳐 공동의 의사결정을 가능하게 한다(Kim et al., 2019). 하지만, 설계데이터의 평가 및 인증 과정은 여전히 복잡하고 시간이 많이 소요되는 작업이다. 이러한 문제를 해결하기 위해, BIM기반 데이터에서 평가 방법과 산출 기준을 분석하여, 평가 데이터의 정보를 검색과 추출하는 방법을 분석하고, 자동화 평가 시스템을 개발하는 연구가 진행되

¹⁾학생회원, 한양대학교 대학원 스마트시티공학과 박사과정 (archi.tender.yes@gmail.com)

²⁾정회원, (주)코스텍이노랩 대표, 박사수로 (goodtech@inno-lab.co.kr)

³⁾정회원, 한양대학교 ERICA 건축공학과 교수, 공학박사 (yhahn@hanyang.ac.kr)

⁴⁾정회원, 강원대학교 건설융합학부 건축학전공 조교수, 공학박사 (jungsikchoi@kangwon.ac.kr) (교신저자)

고 있다(Yu et al., 2021). 하지만 설계 데이터의 설계 변경과 평가 및 검토 기준이 변경되면 평가 시스템 변경이 필요하고, 이 과정에서 프로그래밍 전문가에게 변경된 사항에 대해서 새로운 조건을 설명하고 설명자료를 작성하는 추가 작업이 발생한다. 그리고 프로그램 개발자는 프로그램 코드를 수정하여 배포하는 과정에서 작업시간이 추가된다. 이러한 작업방식을 개선하고자, 본 연구에서는 AI기술을 활용하여 설계검토 및 평가 시스템의 개선 방법을 연구하고자 한다.

최근 AI 기술이 건축 분야에서도 주목받고 있다(Choo, 2019). 특히, OpenAI의 ChatGPT는 다양한 산업 분야에서 그 가능성을 시험하고 있으며, 이 기술을 BIM 데이터 평가에 적용하려는 연구가 진행 중이다.

본 연구는 BIM기반 설계데이터 평가 프로그램에서 변경 사항이 발생하면, AI 기술 중 ChatGPT를 활용하여, 자동화 평가 프로그래밍 코드를 빠르게 반영할 수 있는 새로운 방법론을 연구하였다. 설계데이터 평가 시스템을 활용하면서, 설계평가 및 검토 기준이 달라진 경우 ChatGPT를 활용하여 프로그래밍 코드를 해석시키고, 사용자는 대화형으로 변경 사항을 설명한다. ChatGPT는 변경 사항을 고려하여 새로운 프로그래밍 코드를 제안하면서, 평가 프로그램은 새로운 기준으로 검토 및 평가한다. 본 연구를 통해 설계자는 설계데이터의 검토 과정을 빠르게 적용하여, BIM 데이터를 활용하여 평가하는 작업시간도 줄이고 효율적인 검토가 가능하다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 BIM기반 설계 데이터 평가 프로그램과 ChatGPT의 AI 기술을 활용하여, 평가 산출 기준 변경 사항을 빠르게 반영할 수 있는 시스템을 구축하고자 연구를 진행하였다. BIM 설계검토 및 평가 프로그램에서 평가 기준이 변경되는 경우, 평가 항목별로 프로그래밍 코드를 ChatGPT의 대화 형식으로, AI기능을 활용 및 결과를 출력하여, 사용자에게 프로그래밍 코드를 쉽게 설명하고, 사용자는 변경된 평가 기준을 입력하여, 변경된 기준의 프로그래밍 코드를 입력한다. 이러한 과정을 BIM 기반 설계데이터 평가 시스템을 연동하여, OpenAI의 ChatGPT를 활용하는 방법론을 제안하고자 한다.

- 1) 건축 분야에서 BIM의 활용 영역과 작업 프로세스를 분석하고, BIM 객체의 특성, 객체의 유형, 형상 정보 등을 활용한 연구를 분석한다.
- 2) BIM 설계 데이터 평가 시스템의 현황을 분석하여, BIM기반 사업성 검토, 법규 확인, 인증평가 등 시스템 연구개발을 조사하였다.
- 3) BIM 설계 데이터 평가 시스템은 데이터 평가 기준과 산출 기준의 변동에 대응이 어려운 점이 있어, 이 단점을 해결

하고자 AI 기술을 활용하는 방법론을 조사하였다.

- 4) 건설산업에서 AI 기술의 연동과 활용성을 분석하여, BIM 기반 AI 기술의 선행 연구를 조사하였다. 그리고 평가 시스템의 단점을 OpenAI의 ChatGPT를 활용하는 방법론을 연구한다.
- 5) ChatGPT는 사용자가 대화형으로 접근이 가능하고, 프로그래밍 코드를 분석과 코드 해설 기능을 활용하기 위해서 평가 시스템과 연동하는 연구를 진행하였다.
- 6) BIM기반 설계인증 평가 자동화 시스템에서 ChatGPT API를 활용하여 대화형 AI 기술을 접목할 수 있게 하였다. 설계인증 평가해설과 프로그래밍 코드 분석 및 해석이 정확한 답변을 하는지 비교 분석하였다.
- 7) BIM기반 설계인증 평가 자동화 평가 시스템에서 평가 기준이 상향된 시나리오를 구성하여 ChatGPT에게 변경된 사항을 입력하여, 적용 전과 적용 후의 결과값을 분석하였다.
- 8) ChatGPT를 활용하여 대화형으로 프로그래밍 코드를 분석하고, 평가 기준의 변경 사항을 적용한 프로그래밍 코드를 제안받고 프로그램에 적용하는 방법론을 제시하였다.

본 연구는 BIM기반 설계 데이터 평가 프로그램의 단점을 해결하기 위해 OpenAI의 ChatGPT를 활용하여 비전문가도 평가 조건 변경이 가능하게 개선하는 방법론을 연구하였다.

2. BIM기반 설계 데이터 평가 시스템

2.1 BIM의 개요 활용

BIM은 건축, 엔지니어링, 건설산업에서 프로젝트 관리 및 작업 방식에서 변화를 일으키고 있다. BIM은 설계 도구로 3차원 모델링과 건축 정보를 담고 있어, 향상된 모델링 데이터와 정보를 용이하게 확인할 수 있다(Ma et al., 2022). BIM의 활용은 다양한 건설 영역과 프로세스에 걸쳐 확장되며, 건축, 구조 공학, 토목 공학, 조경, 장비 및 기계 관리 등 건축의 분야 또는 공정별로 모델 구분이 가능하며, 상황에 맞게 데이터를 검토 및 분석이 가능하다(Kim et al., 2021a). 전문 분야별로 정밀한 모델링 및 시뮬레이션이 가능하다. 또한 BIM 기술은 건축 프로젝트의 수명주기 전반에 걸쳐 포괄적인 데이터 관리가 가능하다. 이러한 데이터 관리를 위해서 BIM 사용자는 모든 단계에서 정보를 입력하고 검색할 수 있어 의사소통 및 의사결정 프로세스가 향상된다. BIM 소프트웨어에 내장된 수식 정보를 활용하여 정확한 수량화가 가능하여 비용산출 과정에서 효율성을 높이고 낭비를 줄인다(Yoon et al., 2020). 따라서 BIM은 단순히 도면 및 모델링을 위한 도구가 아니라 전체 건설 프로세스에서 필요에 따라서 데이터를 활용할 수 있도록 지원하고 있다. BIM 데이터를

BIM 객체의 특성, BIM 객체의 유형, BIM 객체의 형상 정보로 구분하여 활용 방법에 대해 지속적으로 연구하고 있다.

2.2 BIM 설계 데이터 평가 시스템 현황

BIM은 건축, 공학, 건설산업의 프로젝트 관리 및 실행에서 중요한 역할을 하며, 프로젝트 관련 정보를 디지털 형태로 모델링, 분석 및 관리할 수 있다. BIM 데이터는 건축정보와 형상정보 그리고 속성정보들을 포함하고 있어서, 체계에 맞춰서 검색, 분류, 비교 분석이 가능하여 설계 데이터 평가 시스템의 활용이 가능하다(Hong and Kim, 2018). Table 1과 같이 BIM기반 설계 데이터를 활용하는 통합 설계정보 관리, 자동화 및 표준화, 성능 평가, 표준 평가 등 다양한 평가 시스템이 연구되고 있다. BIM 설계데이터를 추출하고, 이를 활용하여 인증제도 항목과 데이터 비교하여 등급결과를 도출하는 연구를 진행하였다(Kim and Jun, 2013). BIM 데이터를 LEED 인증 시스템을 통합하고 자동화 평가하는 어플리케이션을 제안하였다(Farzad and Sephr, 2020), 그리고 LEED 평가 방법에 BIM을 연계하여 평가 자동화

와 BIM을 이용한 규칙 기반 평가방법을 제안했다(Kang et al., 2022). BIM 설계 데이터를 활용하여 건축인허가 단계에서 법규 자동검토를 위한 BIM 모델과 건축 코드를 상호 운용하기 위해 코드를 매핑 방법을 제안하고 정보관리 시스템을 연구하였다(Kim et al., 2018). 그리고 BIM데이터에 건축 코드를 활용하여 객체를 구별하거나 구역을 구분하여 특정 조건에 따라 법규의 산출기준이 구분 가능하도록 연구하였다. 인프라 설계 프로젝트를 위한 자동화되고 지속적인 BIM기반 전과정 탄소 평가를 위한 연구개발을 하였다(Hussain et al., 2023). 설계인증 BIM 적용을 위한 평가 및 운영체계를 연구하여, BIM기반 평가를 위한 체크리스트 작성을 위한 기반 체계를 마련하였다. 시스템 개발을 위해서는 평가 체크리스트는 기초 자료로 활용이 가능하다. BIM 데이터의 장점의 활용성을 높이고, 데이터의 상호보완을 위해서 BIM기반 설계업무 지원 플랫폼의 필요성을 연구하였다(Park et al., 2022).

BIM 기반 데이터를 활용한 연구개발과 BIM 데이터를 활용하여 평가 시스템의 연구는 지속적인 관심을 가지고 있다. BIM기술의 장점을 활용하고 단점을 보완하는 과정을 시스템을 통해서 상호보완이 가능하다. BIM기반 데이터를 통해 다양한 분야와 전과정에서 평가 및 검토가 가능하도록 지속적인 시스템 연구 개발이 필요하다.

Table 1. BIM design data evaluation system status

Researcher	Analysis method	Contents
Kim and Jun (2013)	Evaluation of certification system	Extract BIM design data and use them to compare them with certification system items and evaluate them
Farzad and Sephr (2020)	Authentication system	Proposed application of led automated evaluation certification system
Kang (2019)	BIM to LEED	BIM to LEED evaluation method, automation of evaluation and rule-based evaluation method using BIM
Kim et al. (2021b)	Review of legal automation	A study on the additional properties management method for building code automated checking by BIM
Kim et al. (2018)	Code-based verification	Check the regulations according to the conditions using the building code for each BIM object
Hussain et al. (2023)	LCA Assessment	Automated and continuous BIM-based life cycle carbon assessment for infrastructure design projects
Lee et al. (2022)	Evaluation system	A study on the BIM-based evaluation and operating system
Park et al. (2022)	BIM Support Platform	Need for a BIM design support platform to complement BIM data

2.3 BIM기반 설계인증 자동화 평가 시스템

본 연구에서는 BIM기반 설계인증 평가 시스템 개발 프로세스 기반으로 Figure 1과 같이 설계인증 시스템을 연구 개발하였다. 장애물없는 생활환경 인증(이하 Barrier Free (BF) 인증) 평가 시스템으로 BF 인증평가 해설서를 기반으로 자동화 평가 방법론과 BIM 데이터를 활용하여 산출기준에 적합한 정보를 비교 분석하여 평가하는 시스템이다. BIM기반 설계데이터를 이용하여 BF 인증평가를 진행하고 평가 결과의 확인이 가능하다.

기존 설계인증 방식인 2D 데이터를 활용한 방법은 평가 객체를 설계자가 직접 표시하고 산출 기준에 적합한 데이터를 수동으로 나타내야 한다. 하지만 BIM 데이터는 평가 객체를 검색하는 방법과 평가 객체에서 필요한 건축 정보가 무엇인지 방법을 프로그래밍하여 평가가 할 수 있다(Yu et al., 2021). 이러한 BIM 데이터의 장점을 활용하여 다양한 평가 항목들이 자동화 평가가 가능하도록 개발하여 시스템을 구축한다면 설계인증 평가를 위한 작업시간과 평가 오류를 줄여서 설계품질 향상이 가능하다.

BIM기반 설계인증 자동화 평가 시스템을 개발하기 위해서, 평가 해설서를 분석하여 산출 기준에 필요한 정보를 정리하였다. BIM 데이터 체계를 분석하고 유형별로 분류하여, 산출 기준에 필요한 정보를 검색하고 자동화 방법론을 프로그래밍 개발

자에게 전달하여 시스템을 개발하였다. 사회적 제도 및 건축법령에 따라서 평가 해설서는 개편되거나, 산출 기준이 매달 갱신되는 경우가 있다. 이런 경우 프로그래밍 개발자에게 변경 사항을 알리고 개발하는 동안에 평가 시스템을 사용하지 못하는 상황이 발생한다. 이러한 문제점을 개선하고자 본 연구 시스템에서는 각 평가 항목별로 자동화 평가 프로그래밍 코드를 확인이 가능하도록 인터페이스를 설계하였다. 그리고 사용자가 산출 기준의 입력 데이터를 변경할 수 있다. 사용자는 평가 시스템에서 프로그래밍 코드 변경이 가능하지만, 프로그래밍 비전문가라면 프로그램 언어를 이해하고, 시스템을 변경하기에는 어려움이 있다.

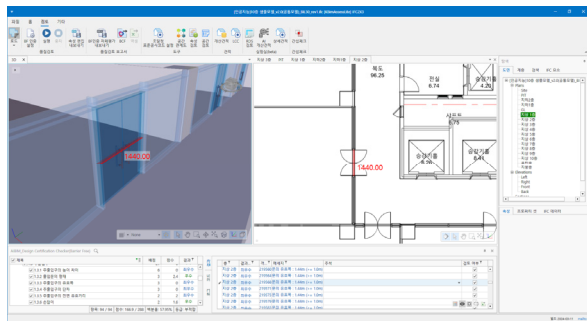


Figure 1. BIM-based design certification evaluation system

3. 건축산업에서 BIM과 OpenAI 활용

3.1 OpenAI 기술과 ChatGPT 개요

본 연구에서 활용되는 인공지능 기술의 OpenAI는 2015년에 설립된 AI 연구 및 개발을 주도하는 비영리 조직이다. 인공지능 기술을 개발하여 안전하게 정보를 공유하는 것을 목표로 한다 (Alex and Kenrick, 2023). OpenAI는 특히 고급 언어 이해 및 생성 기능을 갖춘 AI 모델 개발에 주력하고 있으며, 이 중에서도 ChatGPT (Chat Generative Pre-trained Transformer)는 대표적인 성과 중 하나이다.

ChatGPT는 GPT 시리즈의 일환으로, 막대한 양의 데이터와 정보를 학습하여 인간과 유사한 방식으로 텍스트를 생성할 수 있는 언어 모델이다. 이 모델은 다양한 대화 상황에 대응할 수 있으며, 질문에 대한 답변, 문서 요약, 번역, 그리고 일반적인 대화 등 다양한 언어 기반 작업을 수행할 수 있다 (Mohammed, 2024). 2022년에 발표된 GPT-3.5 버전은 특히 성능이 크게 향상되어, AI 기술의 새로운 가능성을 전 세계에 보여주었다. GPT-4는 인간과 같은 자연스러운 대화를 생성할 수 있는 능력을 갖추고 있으며, 이전 모델보다 더 넓은 범위의 언어적 맥락과 상황을 이해하고 처리할 수 있다.

ChatGPT는 인간처럼 자연스러운 대화를 생성할 수 있기 때문에, 비즈니스, 교육, 고객 서비스 등 여러 분야에서 폭넓게 활용되고 있다 (Avyay et al., 2024). 이는 OpenAI의 목표인 고급 AI 기술의 대중화와 접근성 향상을 실질적으로 구현하는 사례라 할 수 있다. OpenAI와 ChatGPT의 발전은 인공지능의 산업 전반적으로 활용할 수 있다.

3.2 BIM 기술과 AI 기술 연동

BIM기반 다양한 시스템 개발은 설계품질과 생산성 향상이 가능한 환경으로 변화시키고 있다. 하지만 BIM을 활용하기 위해서는 모델링 기술과 건축정보를 관리하기 위해서 기술을 학습하거나 시간과 노력이 필요하다 (Horvath and Poulidou, 2024). BIM 데이터는 사용자 또는 소속의 체계에 따라 정보입력을 다양하게 작성이 가능하지만, BIM기반 데이터 평가 및 검토 시스템에서는 표준화 데이터가 없다면 프로그래밍 코드에 포함되지 않으면 평가되지 않는 경우가 발생한다. 이러한 BIM 기술의 단점을 AI 기술을 활용하여 해결하고자 한다.

BIM 기술의 장점을 두드러지게 하고 단점은 보완하기 위해서 AI 기술을 활용하는 연구가 진행되고 있다. OpenAI 기술을 활용하여 기본설계 단계에서 공사정보를 효율적으로 산출하는 방안을 검증하고 설계 대안 검토를 진행하여, BIM 기술과 연동하는 연구가 진행되었다 (Hwang, 2023). 생성형 AI 기술을 활용하여 이미지를 생성하고 학습시켜 설계 초기 건물 매스 이미지와 조감도를 생성하여 시각화하는 연구과제를 수행 중이다 (Lee and Ko, 2023). AI 이미지 생성기를 통해 창의적인 건축을 위한 미적 판단이 가능하게 평가하도록 학습시키는 연구를 진행하고 있다 (Lee, 2023). AI를 활용한 디자인 플랫폼에서 간단한 텍스트 설명을 입력하면 인테리어 디자인 이미지를 출력하는 생성형 AI 도구를 개발하고 공공디자인, 토목 및 건축 등 다양한 분야의 이미지를 비교 분석하는 연구도 진행되고 있다 (Ploennings and Berger, 2022). 이외에 2D 데이터를 BIM 데이터로 전환하는 연구와 텍스트를 인식하는 기술, 형상을 인식하는 기술 등 다양하게 연구되어 BIM 기술과 AI 기술이 발전되고 있다.

AI 기술은 BIM 기술의 한계성을 보완해주는 동시에 장점을 부각시킨다. 특히 BIM 기술은 데이터 활용성이 높아 데이터 학습이 가능하여 지속적인 발전 가능성이 높다. BIM 기술과 AI 기술의 연동은 필연적이고 두 기술의 연동은 BIM 데이터의 활용성이 높아지고 건설산업에서 생산성을 높일 것으로 사료된다.

3.3 ChatGPT 활용

건축산업에서 BIM설계 데이터를 활용하는 설계자가 ChatGPT와 같은 AI 플랫폼을 사용하여 다양한 이점을 제공한다. 설계검토, 효율적인 의사결정, 규제 준수, 데이터 분석, 교육 및

트레이닝 등 다양하게 활용이 가능하다. 설계검토 과정에서 설계 문서의 일관성과 정확성을 검토하고, 설계 검토기준을 질문하면, 검토 기준을 답변받을 수 있다. 효율적인 의사결정이 가능하여 프로젝트 관련 질문에 신속하게 답변받을 수 있다. 법적 요구사항 및 규정을 준수하는지 검토가 가능하다. BIM 데이터를 분석하여 최적화된 건축 솔루션을 제안받거나, 에너지 효율성을 높이거나 안전성을 강화하는 방안도 제시할 수 있다. BIM 기술을 활용하면서 프로그램의 기능을 질문하여 학습 시간을 줄이고 생산성을 향상시킬 수 있다.

본 연구에서는 OpenAI의 기술 중에 ChatGPT를 이용하여 설계인증 정보에 대한 질문을 하여 해설서를 찾고 해설서 분석하는 시간을 줄일 수 있었다. 그리고 학습을 시키고, 룰셋을 적용 시켜서 아래 Table 2와 같이 실제 장애물 없는 생활환경 인증제도 해설서와 ChatGPT에게 질문하여 답변받은 내용을 비교 분석하였다. Table 2의 <장애물 없는 생활환경 인증제도 해설서 2.1.2 항목>에는 장애물 없는 생활환경 인증제도의 인증 해설서에서 평가 목적과 산출 기준에 대해서 설명되어 있다. 2.1.2 유효폭 항목은 일반 출입문의 유효폭을 평가하는 내용이다. 통과 유효

폭이 0.9m이상 1.0m미만은 우수등급으로 평가항목 점수는 2.4점이고, 1.0m이상 유효폭이면 최우수 등급으로 평가항목 점수는 3점이다. 그리고 ChatGPT를 이용하여 <질문>과 같이 2.1.2 “유효폭에 대해서 설명해줘”라고 입력하였다. <AI 답변>과 같이 인증평가 해설서를 기반으로 2.1.2 유효폭의 대한 정의와 평가 목적 산출 기준과 평가 방법을 정리하였으며 추가로 주의사항의 내용을 출력하였다.

본 연구에서는 BIM기반 설계인증 평가 시스템에 ChatGPT를 연동하여 설계인증에 대한 설명을 요청했을 때 인증평가 해설서 기반으로 내용을 요약하여 사용자에게 출력하여 보여주는 것을 확인하였다. 설계자 또는 검토자는 간단한 설명자료를 ChatGPT가 대신할 수 있으며 데이터 정보를 검색하는 과정을 줄이고 내용을 파악하기 쉽게 요약하여 사용자에게 전달하는 과정으로 인해서 자료조사 시간을 단축할 수 있었다.

4. BIM기반 설계인증 평가 시스템 개선을 위한 ChatGPT 활용 방법론

4.1 BIM기반 설계인증 평가 시스템 ChatGPT 연동 방법

본 연구에서는 ChatGPT API를 설계인증평가 시스템에 연동하여 대화형으로 인증평가 항목별 평가 로직을 설명할 수 있는 방안을 제시한다. ChatGPT AI는 OpenAI에서 제공하는 대화형 AI 서비스로, 사용자의 입력에 따라 즉각적으로 응답을 생성할 수 있다. ChatGPT API는 자연어 처리를 기반으로 하며, 복잡한 평가 로직을 이해하고, 사용자에게 설명하고 유용하게 사용할 수 있다.

ChatGPT API를 설계인증평가 시스템에 연동하는 과정은 다음과 같다. 첫 번째로 ChatGPT API를 평가 시스템에 API 호출 로직을 통해 통합한다. 두 번째로 데이터 통합하여 BIM 시스템에서 추출한 데이터를 ChatGPT API에서 입력 가능한 형식으로 변환한다. 세 번째로 ChatGPT 대화 로직과 사용자 입력 인터페이스를 구현하여, 사용자 질문에 따라 인증평가 로직에 대한 설명을 제공하도록 설정한다. 위 과정을 통해서 BIM기반 설계인증 평가 시스템에 Figure 2와 같이 채팅 대화형으로 ChatGPT가 팝업창에 나오도록 개발하였다. 장애물없는 생활환경 인증제도에 대한 설명을 요청하였을 때, 질문에 맞춰서 답변을 받았다.

ChatGPT를 설계인증평가 시스템에 통합함으로써, 관련 법규, 설계 기준, 성능 지표를 언어로 설명한다. 이 과정에서 심층적으로 이해하고, 필요한 사항을 빠르게 도출할 수 있도록 도움을 준다. 이 기술을 통해 복잡한 인증 요건을 이해하고 적용하는 과정을 간소화하여 건축설계 업무의 효율성을 향상시킬 것이다.

Table 2. Analysis of certification evaluation using ChatGPT

Effective width of ChatGPT utilization door		
<장애물 없는 생활환경인증제도 해설서 2.1.2 항목>		
일반 출입문의 유효폭을 평가하여 장애인 및 노약자 등 이용자가 문을 출입하는데 어려움이 없도록 적절한 유효폭을 확보하도록 함		
구분	통과유효폭	평가항목 점수
최우수	모든 문의 유효폭 1.0m이상	3.0
우수	모든 문의 유효폭 0.9m이상	2.4

<질문>

2.1.2 유효폭에 대해서 설명해줘

<AI 답변>

2.1.2 유효폭은 문의 개방 너비를 측정하는 기준입니다. 이 기준은 건물 내의 접근성과 통행 편의성을 평가하는 데 중요한 요소 중 하나입니다. 유효폭은 문이 완전히 열렸을 때, 문틀 사이의 실제 사용 가능한 최대 너비를 의미합니다. 이 평가는 특히 공공 건물이나 사무실, 상업 시설 등에서 중요하며, 안전 규정 준수 및 장애인 접근성 보장에 기여합니다. 제공된 코드는 건물의 각 층에 있는 문들의 유효폭을 체크하여 그 조건에 따라 등급을 매기는 함수를 포함하고 있습니다. 특정 이름을 가진 문들은 평가에서 제외되며, 나머지 문들에 대해서는 다음과 같은 조건에 따라 평가합니다:

- 최우수 조건: 모든 문의 유효폭이 1.0미터 이상일 때
- 우수 조건: 모든 문의 유효폭이 0.9미터 이상일 때

유효폭이 0.9미터 미만인 경우, 낮은 등급을 받으며, 문의 유효폭에 따라 다른 메시지와 등급이 부여됩니다. 이 평가는 건물의 안전성과 접근성을 높이는 데 중요한 역할을 합니다.

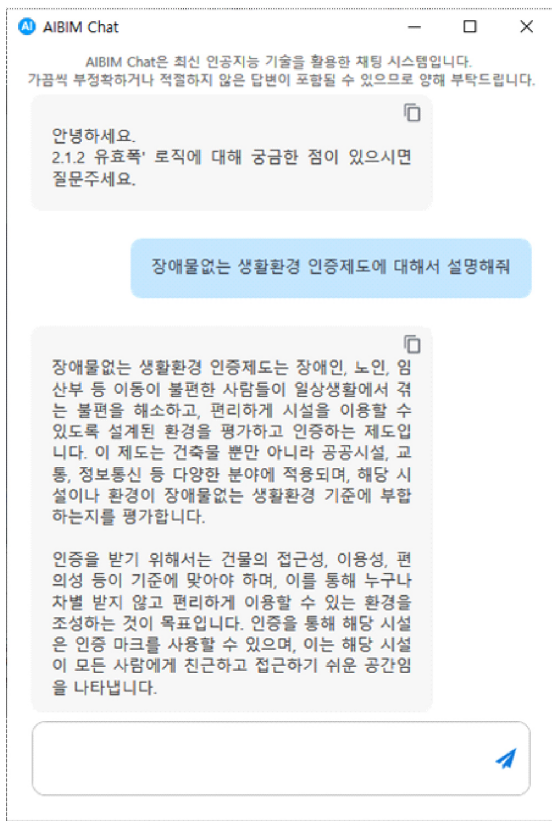


Figure 2. Interactive ChatGPT UI of the evaluation system

4.2 ChatGPT를 활용한 평가 시스템 로직 분석

본 연구에서는 BIM설계 데이터 평가 시스템에 ChatGPT API를 통합하여 대화형 인터페이스를 구현하였고, 이를 통해 Table 3과 같이 평가 시스템에서 평가 항목의 프로그래밍 코드를 불러오고, 프로그래밍 코드를 설명 요청 메시지를 입력하여, 답변한 내용을 작성하였다. Table 3의 왼쪽은 BIM기반 설계인증 평가 시스템에서 ChatGPT API를 결합하여, 사용자가 평가 항목의 로직을 보여달라고 입력하였을 때 답변한 내용이다. 그리고 오른쪽은 ChatGPT가 불러온 프로그램 코드를 설명해달라고 입력했을 때 오른쪽과 같이 프로그래밍 코드의 구조에 맞춰서, 선언문, 함수, 코드의 목표를 정리해서 사용자에게 출력하였다.

Table 3에서 로직은 BF인증에서 내부시설에 일반 출입문을 유효폭을 평가하는 항목으로, 장애인 및 노약자 등 이용자가 문을 출입하는데 어려움이 없도록 적절한 유효폭을 평가한다. 산출 기준은 문의 모든 유효폭 1.0m이상인 경우 최우수 등급으로 평가 항목에서 3점을 받고, 모든 문의 유효폭 0.9m이상인 경우 우수 등급으로 2.4점으로 평가된다. BIM 프로젝트 모델에서 내부시설의 룸 데이터에서 실내문을 검색한다. 그리고 문의 종류 및 유형을 분석하여 문의 유효폭 정보와 프레임 두께를 산출하여 문의 유효폭에 프레임 두께를 빼서 실제 문의 유효폭을 산출하고, 산출 기준에 맞춰서 등급을 부여하고 점수를 받는 방법이다.

BIM기반 설계인증 자동화 평가 프로그램에는 평가 항목별로 자동화 평가 로직이 개발되어 있고, 로직을 확인하기 위해서 ChatGPT를 활용하여 사용자가 확인할 수 있게 출력하고, 프로그래밍 코드를 비전문가가 이해하기 쉽게 Table 3에서 오른쪽과 같이 설명내용을 출력한다. 전역 변수 선언으로 평가 대상이 아닌 문의 유형과 산출 기준의 Check 함수는 평가 객체에서 유형을 파악하고 산출 기준에 필요한 속성명과 속성값을 설명하고 비교 분석하여 결과를 도출하는 로직을 설명한다.

본 연구에서 진행한 BIM기반 설계인증 자동화 평가 시스템과 ChatGPT API의 통합은 건축 설계 및 인증 과정에서 시스템의 활용성을 높여준다. 특히 프로그래밍 비전문가가 ChatGPT를 통해 프로그램 코드를 이해하고 산출 기준이 변화가 생겼을 때, 변경이 필요한 정보값을 빠르게 파악할 수 있으며, 변경된 프로그램 코드를 적용할 수 있다. BIM 데이터 평가 과정에서 시간적으로나 비용적으로 효율적인 설계평가 및 검토를 할 수 있다. 지속적인 개선과 적용을 통해 시스템은 다양한 프로젝트에 광범위하게 활용될 것으로 기대된다.

4.3 설계인증 평가 시스템과 AI 기술 적용 범위

BIM기반 설계데이터 평가 시스템과 AI 기술을 활용하기 위해서, 평가 시스템 개발 프로세스를 분석하고 AI 기술이 적용 가능한 영역을 구분하였다. 그리고 AI기술을 연동하기 위해서 Figure 3과 같이 8개의 과정으로 구분하였다. 설계인증 해설서 및 평가서, 분석하는 부분과 BIM 데이터 분석, 시스템 구축, 시스템 활용으로 구분하였다. 그리고 AI 활용 범위를 점선의 사각형 영역으로 구분하였다.

- 1) 설계 인증정보 분석
- 2) 설계 인증 매뉴얼 분석
- 3) 평가 항목별 산정기준 분석
- 4) 평가를 위한 BIM 데이터 분석
- 5) BIM 데이터 평가에 필요한 정보 추출
- 6) 설계 인증평가 시스템 디자인 인터페이스 구성
- 7) 설계 자동화 평가 시스템 개발
- 8) BIM 기반 설계인증 자동화 평가

BIM기반 설계인증 평가 시스템 구축을 위해서는 설계인증 정보 분석과 평가 해설서 및 평가서를 기반으로 평가에 필요한 데이터를 추출한다. 그리고 BIM 데이터 체계를 고려하여 평가에 필요한 데이터를 BIM 데이터에서 추출하는 방법을 분석한다. 설계인증 평가 시스템을 구축하기 위해서 프로그램의 인터페이스를 계획하고 설계자동화 평가 시스템 개발을 진행한다. 개발된 BIM 기반 설계인증 자동화 평가를 진행한다. 위 과정에서 ChatGPT를

Table 3. Analysis of the evaluation system logic using ChatGPT

View logic and interpret logic using ChatGPT	
〈질문〉 로직을 보여줘	〈질문〉 로직을 해석해줘
<pre> ex_names = ['승강기', '리프트', '덕트', '샤프트', '알람벨브'] ex_names_label = '제외 문 이름' def Check(): rate1_condition_str = '최우수 조건: 모든 문의 유효폭 1.0m이상' rate2_condition_str = '우수 조건: 모든 문의 유효폭 0.9m이상' for storey in SELECT('storey'): for door in storey.SELECT('element', ['lfcDoor']): if door.SELECT('is name in', ex_names).BOOL(): continue dist = door.SELECT('clear opening') width = dist.UNIT('m').NUMBER() if width < 0.9: dist.RATE(4, 0, '문의 유효폭 : ' + to_str(width) + 'm (< 0.9m)', rate2_condition_str) elif width >= 1.0: dist.RATE(1, 3.0, '문의 유효폭 : ' + to_str(width) + 'm (>= 1.0m)') else: dist.RATE(2, 2.4, '문의 유효폭 : ' + to_str(width) + 'm (>= 0.9m)', rate1_condition_str) def to_str(val): decimal_places = 1 while val != int(val) and val * (10 ** decimal_places) != int(val * (10 ** decimal_places)): decimal_places += 1 if decimal_places >= 4: rounded_val = round(val, 4) return f'{rounded_val:.4f}' else: return format(val, f'.{decimal_places}f') </pre>	<p>*로직 분석*</p> <ol style="list-style-type: none"> **전역 변수 선언**: <ul style="list-style-type: none"> - `ex_names`: 제외할 문의 이름이 담긴 리스트. - `ex_names_label`: 제외 문 이름에 대한 레이블 문자열. **Check 함수**: <ul style="list-style-type: none"> - 두 개의 조건 문자열 `rate1_condition_str` 및 `rate2_condition_str`을 정의합니다. 이 문자열들은 문의 유효폭에 따른 평가 조건을 설명합니다. - `storey`를 순회하는 반복문을 통해 각 층을 검사합니다. - 각 층에 있는 `lfcDoor` 타입의 `door`를 순회하는 반복문을 통해 각 문을 검사합니다. - 만약 문의 이름이 `ex_names` 리스트에 포함되어 있다면, 해당 문은 평가에서 제외하고 `continue`를 사용해 다음 문으로 넘어갑니다. - 문의 유효폭을 측정하여 `width` 변수에 저장합니다. - 유효폭이 0.9m 미만인 경우, `dist.RATE` 함수를 호출하여 평가 점수를 4, 가중치를 0으로 설정하고, 문의 유효폭이 0.9m 미만임을 설명하는 문자열과 `rate2_condition_str`을 전달합니다. - 유효폭이 1.0m 이상인 경우, `dist.RATE` 함수를 호출하여 평가 점수를 1, 가중치를 3.0으로 설정하고, 문의 유효폭이 1.0m 이상임을 설명하는 문자열을 전달합니다. - 그 외의 경우 (0.9m 이상 1.0m 미만), `dist.RATE` 함수를 호출하여 평가 점수를 2, 가중치를 2.4로 설정하고, 문의 유효폭이 0.9m 이상임을 설명하는 문자열과 `rate1_condition_str`을 전달합니다. **to_str 함수**: <ul style="list-style-type: none"> - 주어진 `val` 값을 문자열로 변환하여 반환합니다. - 소수점 이하의 정확도를 유지하면서 필요한 만큼만 소수점 자리수를 증가시키는 로직을 포함합니다. - 소수점 자리수가 4 이상인 경우, 값은 소수점 넷째자리까지 반올림하여 문자열로 반환합니다. - 그 외의 경우, 동적으로 계산된 소수점 자리수로 값을 포맷하여 반환합니다. <p>이 코드는 건물의 각 층에 있는 문들의 유효폭을 평가하여 조건에 따라 점수와 가중치를 부여하는 로직을 구현하고 있습니다.</p>

활용 가능한 부분을 인증평가 해설서 분석과 산출 기준에 필요한 정보들을 분석하거나 정보를 찾는 기능이 가능하다. 그리고 BIM 데이터에서 어떤 정보를 검색하고 산출 기준과 비교하여 평가하는 과정에서 비교를 위한 데이터를 분별할 수가 있다.

ChatGPT를 활용하여 작업이 가능한 영역의 구분이 필요하다. ChatGPT는 정보 검색과 요약 기능을 활용할 수 있고, 대화형으로 명령할 수 있으며 데이터값을 출력도 가능하다. 평가 시스템 개발 과정에서 정보 검색과 요약 기능을 활용 가능한 영역을 구분해야 한다. BIM기반 설계인증 평가 시스템에서 ChatGPT를 활용 가능하도록 시스템 설계가 필요하다.

4.4 ChatGPT를 활용한 평가 시스템 로직 변경

BIM기반 설계인증 평가 시스템을 활용함에 있어서 프로젝트의 요구사항이 지속적으로 업데이트되어 평가 기준과 산출 기준에 맞춰서 시스템 업데이트가 필요하다. 이 과정에서 프로그래밍 코드 수정을 위해서는 시간이 지체된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 연구에서는 비전문가가 요구사항에 맞춰 시스템 변경이 가능하도록 ChatGPT를 활용하는 방법을 연구하였다. 시스템 프로그래밍 코드를 해석하고 평가 기준 및 산출 기준을 대화형으로 변경된 산출 기준을 시스템에 반영하도록 하였다.

ChatGPT를 활용하여 Table 4와 같이 대화형으로 로직 변경 사항을 작성하고 프로그래밍 코드가 변경된 내용을 사용자에게

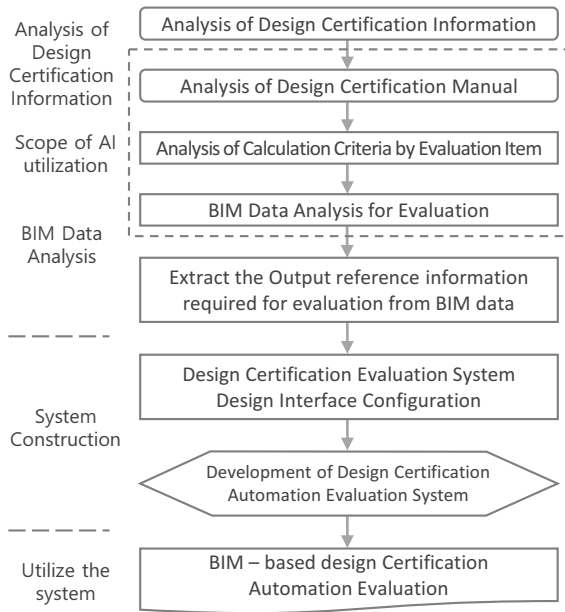


Figure 3. BIM-based design certification evaluation system development process

제공하였다. 본 논문에서 언급한 BIM 기반 설계인증 자동화 평가 시스템에서 ChatGPT API를 사용하여 사용자는 산출 기준의 변경 사항을 대화형으로 작성하였다. 변경 내용은 기존의 기준보다 0.1m씩 기준으로 강화하는 내용이다. 로직 변경사항으로 “유효폭 평가 기준을 아래와 같이 변경해줘, 최우수 조건은 유효폭 1.1m이상에서 1.1m이상으로 변경하고, 우수조건은 1m이상에서 1m미만인 경우로 변경해줘, 나머지는 모두 부적합으로 작성해줘”라고 입력하였다. 입력한 결과값을 기반으로 기존에 작성된 프로그래밍 코드에서 변경 사항을 고려하여 산출 기준을 수정하고 <로직 변경 설명>처럼 답변하였다. 그리고 변경된 프로그래밍 코드를 적용하여 프로그램 산출 결과를 확인하였다. 기존 평가방법은 평가 객체의 문의 유효폭값에 따라서 결과를 평가하였다. 0.9m이상 1.0m미만은 우수등급이고, 1.0m이상은 최우수등급으로 측정하고 있었다. 하지만 연구과정에서 유효폭 값을 상향 조정하여 Table 4 <로직 변경>의 내용으로 0.1m 상향 조정하여 1m이상 1.1m미만은 우수등급이고, 1.1m이상은 최우수등급으로 로직이 변경되었다. 변경된 로직으로 평가 결과를 확인한 결과 Table 4에서 로직 변경 전과 후로 구분하여 최우수, 우수, 평가가 안된 부분(n/a)로 정리하였다. 로직을 변경하기 이전에는 최우수 등급 84개, 우수 등급 36, 부적합 104개로 평가되었다. 산출기준을 0.1m씩 상향 조정하여 로직을 변경하였을 때 결과값은 최우수 등급 83개, 우수 등급 1개, 부적합 140개로 평가되었다. 평가 기준을 상향 조정하면서 최우수 등급은 1개가 줄어들고 우수등급은 하향되었고, 기존 우수등급 36개는 모두 부적합으로 하향되었다. 위 결과와 프로그래밍 코드를 확인했을

Table 4. Change program logic to conversation

Logic changes and results using ChatGPT

<로직 변경>

유효폭 평가 기준을 아래와 같이 변경해줘, 최우수 조건은 유효폭 1.1m이상에서 1.1m이상으로 변경하고, 우수조건은 1m이상에서 1m미만인 경우로 변경해줘, 나머지는 모두 부적합으로 작성해줘

<로직 변경 설명>

Rating	Number of grades before change	Number by grade after change
The best	84	83
Excellent	36	1
n/a	104	140

때 ChatGPT를 활용하여 프로그래밍 코드가 변경된 것을 확인하였다. ChatGPT에게 변경 사항을 요청하는 경우 해석을 통한 논리의 순서에 맞춰서 변경 사항을 작성하고, 수정하고자 하는 Input 및 Output 데이터를 명확하게 설명하면 정확한 정보를 얻을 수 있었다. 하여 사용자는 사전에 평가 산출기준의 로직을 ChatGPT에게 분석을 요청하여 논리순서를 이해한 상태에서 변경할 사항을 작성하면 오류를 줄일 수 있다.

본 연구는 BIM기반 설계인증 자동화 평가 프로그램을 활용하여 인증평가 기준이 상향되었을 때를 가정하여 진행하였다. 문의 유효폭의 기준을 0.1m씩 상향된 내용을 프로그래밍 비전문가인 설계자가 ChatGPT를 활용하여 평가 로직을 변경하였다. 평가 프로그램의 결과를 확인하였을 때 평가 기준이 상향된 만

컴 기준에 부적합 개수가 증가한 것으로 ChatGPT를 활용하여 평가 로직이 잘 적용된 것으로 확인되었다. 설계 데이터 평가 기준이 변경되었을 때, ChatGPT를 통해 평가 로직을 분석을 요청하고, 변경된 로직을 작성하고 적용하여, 프로그램 수정 및 업데이트 과정과 시간을 단축하였다.

5. 결론

본 연구에서는 BIM기반 설계데이터 평가 시스템을 사용하는 중에 설계데이터 검토 및 평가 기준이 달라지는 경우 시스템 개선을 위해 ChatGPT를 활용하는 방법론을 연구하였다.

BIM기반 설계 데이터 평가 시스템에 ChatGPT API를 연동하여 평가 시스템의 프로그래밍 코드를 분석하고 프로그래밍 비전공자도 이해하기 쉽게 해석하는 기능을 활용하였다. 그리고 ChatGPT의 대화형으로 평가 기준 및 산출 기준 변경 사항을 입력하여 프로그래밍 코드를 변경하는 활용 방안을 제시하였다.

본 연구에서는 BIM기반 설계인증 시스템에서 장애물 없는 생활환경 인증제도 평가 내용으로 진행하였다. 인증평가 항목에서 산출 기준이 변경되는 경우 시스템에 반영하기 위해서는 프로그램 개발자에게 변경 사항을 요청하고 적용하는 기간 동안에 시스템을 활용하지 못하게 된다. 이러한 시간의 문제를 줄이고자, 시스템에 ChatGPT 연동하여, 비전공자도 쉽게 프로그램 코드를 변경이 가능하도록 방법론을 연구하였다.

ChatGPT API를 활용하여 사용자는 설계인증 평가 시스템에 대화형으로 질문도 가능하고 평가 항목의 로직 분석과 변경된 로직을 적용 가능하도록 시스템을 연구 개발하였다. 본 연구에서는 유효폭을 평가하는 항목을 분석했다. ChatGPT를 활용하여 평가 항목에 대한 설명을 입력하고, 설계인증 해설서와 유사한 답변으로 출력 받았다. 그리고 평가항목의 자동화 평가 로직을 분석 요청을 입력하면, 프로그래밍 코드를 비전공자도 해석하기 쉽게 설명하는 내용을 출력하였다. 이후에 설계인증 평가 산출기준을 상향 조정하여 변경된 로직 내용을 대화형으로 입력하고 프로그램에 적용되어 있는지 확인하였다. 그 결과, 로직 변경 전과 로직 변경 후의 결과값이 달라진 점을 확인하였다. 기존 로직으로 평가 했을때는 우수등급이 36개로 평가되었지만, 로직이 변경되고 결과값은 우수등급은 1개이고, 우수등급이었던 나머지 35개는 부적합 등급을 받았다. 실제로 변경된 로직은 기존 평가 방법보다 상향된 것을 고려한다면, 상향된 평가 조건이 시스템에 적용된 것을 확인할 수 있다. 그리고 평가 시스템에서 평가 객체들의 속성정보를 검토한 결과 변경된 로직에 맞춰서 결과를 제공하였다.

본 연구를 통해 설계자 또는 설계검토자는 BIM기반 설계인증

평가 시스템을 활용하면서 설계 데이터의 평가 기준 및 검토 기준이 변경된 경우 ChatGPT를 활용하여 시스템에 직접 수정이 가능하도록 하였다. 또한 쉬운 접근성을 위해서 대화형으로 평가항목 분석, 로직 분석, 로직 변경이 가능하도록 하였다. 그 결과 시스템 평가 변경 사항이 발생 되어도 사용자가 직접 변경이 가능하여 시스템 개발 시간을 단축하였다. BIM 데이터의 검토 및 평가 기준이 변경되어도 사용자가 직접 시스템 로직이 변경하여, 개발 대기 시간이 줄어들어 빠른 대응이 가능하며, 프로그램 활용성과 BIM 데이터 활용성이 높아지고 효율적인 데이터 검토가 가능하다.

향후 연구 방향으로는 BIM기반 설계인증평가 시스템에서 다양한 항목들을 ChatGPT를 활용하여 로직 분석과 로직 변경을 진행하여 다양한 사례를 만들어 분석 및 분류할 필요가 있다. ChatGPT API는 지속적으로 기술개발이 되고 있으므로, 연구자와 개발자는 ChatGPT를 활용하기 위한 지속적인 연구가 필요하며, 대화형 입력 방식의 한계성을 확인하고, 정확한 답변을 받기 위한 작성 가이드를 구축하여 시스템의 활용성과 신뢰성을 높여야 한다.

감사의 글

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

References

- Alex, K., Kenrick, C. (2023). ChatGPT Birth Story and Competition between Super-giant AI Companies, *Forbes Korea*, pp. 60-65.
- Avyay, C., Archit L.i, Kanishk R., Kaushik, S., Kathiravan, S. (2024) A Contemporary Review on Chatbots, AI-powered Virtual Conversational Agents, ChatGPT: Applications, Open Challenges and Future Research Directions, *Computer Science Review*, 52.
- Choo, S. Y. (2019). Convergence of BIM-based Architectural Design with AI Technology, *Review of Architecture and Building Science*, 63(6), pp. 44-47.
- Farzad, J., Sephr, M. (2020). An Integrated BIM-LEED Application to Automate Sustainable Design Assessment Framework at the Conceptual Stage of Building Projects, *Journal of Sustainable Cities and Society*, 53, 101979.
- Hong, S. C., Kim, S. T. (2018). A Basic Study on Review BIM

- Guidelines for an Automatic Review of Certification Method of Health and Barrier Free Environment – Focused on the LOD (Level of Development) –, *Journal of the Korean Institute of Interior Design*, 27(4), pp. 104–117.
- Horvath, A. S., Poulidou, A. S. (2024). AI for Conceptual Architecture: Reflections on Designing with Text-to-Text, Text-to-Image, and Image-to-Image Generators, *Frontiers of Architectural Research*, 13(3), pp. 593–612.
- Hussain, M., Zheng, B., Chi, H. A., Hsu, S. C., Chen, J. H. (2023). Automated and Continuous BIM-based Life Cycle Carbon Assessment for Infrastructure Design Projects, *Resources, Conservation and Recycling*, 190.
- Hwang, J. K., (2023). A Study on BIM Utilization Technology at the Basic Design Stage Applying OpenAI: Focusing on Process Planning and Quantity Calculation, Master's Thesis, Korea University.
- Kang, K. J., Kim, G. T. K., Ma, J. H., Yu, E. S., Choi, J. S. (2022). Development of openBIM-based BF Certification Evaluation Rule Interoperation, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 27(3), pp. 259–268.
- Kang, T. (2019). Rule-Based LEED Evaluation Method Considering BIM Linkage and Variability, *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24(1), pp. 110–121.
- Kim, I. H., Lee, S. J., Choi, J. S. (2019). A Basic Study on the Application of Quantitative Construction Assessment based on openBIM, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 24(4), pp. 393–401.
- Kim, I. H., Lee, S. J., Choi, J. S. (2021a). Proposal of Development and Application of the Buildings by Use Classification System for openBIM-based Automatic Rule Checking, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 26(4), pp. 408–417.
- Kim, I. H., Jang, J. M., Choi, J. S. (2018). A Study on the Additional Properties Management Method for Building Code Automated Checking by BIM, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 23(2), 92–104.
- Kim, I. H., Kim, J. Y., Lee, S. J., Lee, A. J., Choi, J. S. (2021b). A Study on Escape Stairs Classification Method for openBIM-based Automated Building Code Checking, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 26(3), pp. 172–182.
- Kim, I. S., Jun, H. J. (2013). The Study on Creating Evaluation Environment for Evaluation Criteria of the Green Building Certification Criteria using a BIM-based Template, *Proceedings of the Architecture Institute of Korea*, 33(1), pp. 47–48.
- Lee, D. H., Ko, S. H. (2023). Experiment and Evaluation of Architectural Image Generation through Artificial Intelligence-Based Text Image Generation Tool, *Korea Institute of Ecological Architecture and Environment Journal*, 23(5), pp. 13–22.
- Lee, H. Y., Kim, J. G., Choi, J. S., Won, S. Y. (2022). Basic Research on BIM-based Design Certification Evaluation and Operating System, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 27(4), pp. 425–434.
- Lee, J. K., (2023). Gen AI and Visualization in Architecture, *Review of Architecture and Building Science*, 67(11), pp. 36–39.
- Ma, J. H., Yu, E. S., Ahn, Y. H., Choi, J. C. (2022). A Study on Evaluation Item Data Classification for BIM-based BF Certification Evaluation, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 27(2), pp. 126–136.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2022). Smart Construction Activation Plan.
- Park, J. J., Kim, E. Y., Lim, S. Y., Jun, H. J. (2022). Development of a Customized BIM-based Architectural Design Service Platform for Architectural Design Practitioners, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 38(1), pp. 59–66.
- Ploennings, J., Berger, M. (2022). AI art in Architecture, *arXiv:2212.09399v1 [cs.AI]*, pp. 1–21.
- Yoon, J. D., Cho, H. S., Lee, J. H., Shin, J. Y., Kim, E. (2020). A Comparison of Quantity Take-Offs of RC Structures based on BIM, *Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, 33(1), pp. 35–44.
- Yu, E. S., Ma, J. H., Choi, J. S., (2021). A Study on the Automation Application of BIM-based BF Certification Evaluation Process, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 26(4), pp. 418–427.