

3-B-5-양-6

비SCIE

BIM 기반 CPTED 인증평가를 위한 라이브러리 활용방안에 대한 연구

2025. 10.

과제명	인공지능 기반의 건축설계 자동화 기술개발		
주관기관	경북대학교 산학협력단		
총연구기간	2021. 04 . 01 - 2025. 12 . 31(4년 9개월)		
해당연도(5차년)	2025. 01 . 01 - 2025. 12 . 31(1년)		
구성기술명	구성기술 3	설계 품질검토 자동화를 위한 지능형 설계서비스 보급·활용 기술개발	
세부과제명	3-B	지능형 설계인증 분석 및 평가 자동화 기술개발	
공동연구기관	한양대학교 에리카 산학협력단, (주)코스팩이노랩		
연구기관	한양대학교 에리카 산학협력단	연구책임자	이은주

BIM 기반 CPTED 인증평가를 위한 라이브러리 활용방안에 대한 연구

A Case Study on the Application of Digital-Twin to Small-size

유은상¹⁾, 안용한²⁾, 최종식³⁾

Yu, Eun-Sang¹⁾ · Ahn, Yong-Han²⁾ · Choi, Jung-Sik³⁾

Received July 28, 2025; Received September 2, 2025 / Accepted September 11, 2025

ABSTRACT: This Research proposes a BIM-based methodology to support automated evaluation for CPTED (Crime Prevention Through Environmental Design) certification. Traditional certification methods rely heavily on manual reviews of 2D drawings, which often result in subjective judgments and a lack of design-stage feedback. To address these limitations, this research develops a structured evaluation framework that maps CPTED criteria to specific BIM object attributes using a predefined library. Key evaluation factors—including territoriality, surveillance, access control, and lighting—are linked to BIM elements such as walls, fences, doors, lighting fixtures, cameras, and signage. Each object's parameters, including material, height, visibility, and placement, are used to automate the assessment process based on attribute rules and spatial data. The study also defines a library structure for these elements, enabling consistent use across various building types. Through this structured connection between BIM data and CPTED principles, the system can provide designers with immediate feedback and minimize the need for post-design modifications. Furthermore, the framework facilitates compatibility with other certification systems and enables scenario-based simulation in early design stages. This research demonstrates that BIM libraries, when structured with evaluation-relevant properties, can significantly improve the efficiency, reliability, and objectivity of CPTED certification. The proposed methodology forms a foundation for future development of fully automated certification support systems in the architectural domain.

KEYWORDS: CPTED, Design Certification, BIM, Automated Assessment, Library, Attribute Information

키워드: CPTED, 설계인증, 건설정보모델링, 자동화 평가, 라이브러리, 속성정보

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건축 산업에서는 물리적 공간의 기능성뿐 아니라 사용자의 안전과 삶의 질을 향상시키는 설계 전략의 중요성이 부각되고 있다. 특히, 도시화와 인구 밀집도가 증가하면서 공공 및 민간건축물에서 범죄 예방 요소를 사전에 고려한 설계가 중요한 이슈로 떠오르고 있다(Lee & Lee, 2021). 이러한 흐름 속에서 범죄예방환경설계(Crime Prevention Through Environmental Design)이하 CPTED)는 물리적 환경을 설계를 통해 범죄 발생 가능성을 줄이고 이용자의 심리적 안정감을 향상시키는 전략으로 주목받고 있다(Oh et al., 2023).

CPTED는 자연 감시, 접근통제, 영역성 확보, 조명 계획, 공간

활성화 등 다양한 평가항목으로 구성되어 있으며, 각 항목은 실제 건축 요소 및 공간 구성과 밀접한 관련이 있다. 그러나 현재 국내외 대부분의 CPTED 인증은 2D 도면 기반의 수작업 중심 평가 방식에 의존하고 있다(Kim & Kang, 2022). 이는 평가자의 주관적 판단 개입 가능성이 크고, 반복 평가 시 일관성 확보가 어려우며, 설계 변경 사항이 즉각 반영되지 않는다는 한계를 갖는다. 또한 설계 초기 단계에서 CPTED 기준을 체계적으로 반영할 수 있는 평가체계가 부재하여, 수정에 따른 비용과 시간이 증가하는 문제도 발생한다.

이러한 한계를 극복하기 위해 BIM (Building Information Modeling)의 활용이 주목받고 있다. BIM은 객체 단위로 설계 정보를 통합하고, 각 객체에 속성 데이터를 부여함으로써 설계 내용을 정량적이고 구조적으로 관리할 수 있다(Min, 2024). BF

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

²⁾중신회원, 한양대학교 ERICA 건축공학과 교수, 공학박사 (yhahn@hanyang.ac.kr)

³⁾중신회원, 강원대학교 건설융합학부 건축학전공 부교수, 공학박사 (jungsikchoi@kangwon.ac.kr) (교신저자)

(Barrier-Free), G-SEED, 에너지 인증 등 다양한 분야에서 BIM 기반 자동화 인증 시스템이 실현되고 있으며, 이를 통해 설계단계부터 인증 요건을 반영하고, 자동화된 기준 검토 및 피드백을 제공하는 시스템이 현실화되고 있다(Ma et al., 2022).

그럼에도 불구하고, CPTED의 경우 평가항목이 정성적 요소에 치중되어 있어 자동화 기반으로의 전환이 상대적으로 더디게 이루어지고 있다. 특히 CPTED 인증기준을 BIM 객체 및 속성과 연계하여 평가할 수 있는 프레임워크에 대한 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구는 CPTED 인증항목을 BIM 객체 속성과 연계하고, 해당 항목별로 요구되는 속성정보를 데이터화하여 BIM기반 평가가 가능하도록 BIM라이브러 활용방안을 제안하고자 한다. 특히 기존 연구에서 활용된 BIM기반 평가 로직과 속성 기반 태깅 구조를 CPTED 평가에 적용함으로써, 설계자와 평가자가 동일한 기준으로 BIM 모델을 검토하고 피드백할 수 있는 체계를 구축하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 설계 초기 단계에서부터 CPTED 요소를 반영하고, 설계 변경이나 기준 변경에 신속하게 대응할 수 있는 유연한 인증 환경을 실현하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 CPTED 설계인증 평가의 디지털 전환을 통해 BIM 기반 설계 데이터의 활용성을 높이기 위한 기초 연구로서, BIM 라이브러리를 기반으로 한 설계인증의 가능성을 제시하는 데 그 목적이 있다. 연구의 주요 범위는 다음과 같다.

- 1) 국내 CPTED 인증제도의 구조와 평가항목을 분석하고, 해당 항목을 정량적·정성적으로 구분하여 BIM 환경에 적용 가능한 평가 틀로 재정립한다. 이를 통해 평가기준을 구조화하고, 각 기준을 적용 가능한 속성 중심으로 세분화하여 BIM 데이터와의 활용성을 분석하였다.
- 2) 각 평가항목을 실제 설계 요소 또는 공간 요소 단위로 재분류한 후, 이를 BIM 객체군과 연결하여 자동 평가가 가능한 구조를 도출한다. 예를 들어, 접근 통제 항목은 출입문 및 게이트 라이브러리와 연결되고, 자연 감시 항목은 창호, CCTV 라이브러리와 연결되는 구조이다.
- 3) BIM 기반 평가 로직을 기반으로 BIM 데이터 내에서 평가 객체를 추출하고, 속성값을 기준과 비교하여 정량적으로 평가하는 방식을 제안한다. 이 과정은 인증평가의 산출기준을 BIM 라이브러리에서 평가를 위한 정보를 분류하여, 평가과정에서 필요한 정보를 BIM 데이터에서 평가를 할 수 있는 기반을 제공한다.
- 4) BIM 객체의 속성을 유형별로 정리하고, 이를 CPTED 평가항목과 일대일 또는 다대다로 매핑할 수 있는 속성 라

이브러리를 정의한다. 라이브러리는 평가 자동화의 핵심 도구로 활용되며, 향후 다양한 건축 유형에도 적용 가능한 확장성을 확보한다.

- 5) 기존의 2D 기반 수작업 평가 방식과 본 연구에서 제안하는 BIM 기반 평가 방식을 비교하여, BIM 방식의 효율성, 일관성, 평가 신뢰도 향상 가능성을 분석한다.
- 6) 연구 결과를 바탕으로 BIM기반 설계 데이터를 활용하여 CPTED 인증을 단순한 사후 검증이 아닌 설계의 일부로 통합하여, 설계 품질 향상 및 인증 대응력 향상에 기여할 수 있도록 한다.

이상의 방법을 통해 본 연구는 CPTED 인증평가 단계에서 BIM 설계 데이터의 활용성을 높이기 위해 BIM 라이브러리의 구조와 평가유형을 분석하여 구조화 하였다. 향후 설계인증 단계에서 실무 적용 가능성과 기술 확장성을 높이는 데 기여하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 BIM 기반 설계인증평가 선행연구

BIM은 건축물의 전 생애주기에서 발생하는 정보를 통합·구조화함으로써 설계 정확도와 운영 효율성을 높이는 핵심 플랫폼으로 자리 잡고 있다. 특히 설계 인증평가 영역에서는 기존의 2D 도면 기반 수작업 평가 방식이 갖는 주관성과 비효율성을 극복하고, 정량적 속성 기반의 자동 평가로 전환하려는 다양한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 흐름 속에서 BIM 객체 속성과 RuleSet 간의 정합성을 구축하고, 평가대상 항목을 자동으로 분류·분석하는 프레임워크가 주요 연구 주제로 부각되고 있으며, 각 연구는 목적과 기술 방식에 따라 다섯 가지 유형으로 분류된다.

기존 연구들을 Table 1과 같이 유형별로 정리할 수 있다. 시스템 통합(System Integration) 영역에서는 Shu et al. (2020)이 BACnet과 IFC를 연동한 자동화 시스템을 통해 건물 자동화와 인증 연계를 시도하였다. BAS 데이터의 IFC 기반 통신을 통해 상호운용성과 실시간 데이터 연동을 구현하였으나, 객체 속성과 Rule 간의 비교 로직은 구현되지 않았다. 설계 자동화(Design Automation) 영역의 Sacks et al. (2019)은 다양한 인증 기준을 BIM 모델에 연계하여 자동 검토가 가능한 설계 시스템을 개발하였지만, CPTED와 같이 공간 중심 평가체계와의 호환성은 부족했다.

규정 기반 평가(Rule-based Evaluation) 분야에서는 Kim et al. (2021)이 BIM 객체 속성과 법령 기준을 비교하는 Rule 기반 검토 시스템을 제시하였다. 해당 구조는 규정 일치 여부를 평가

Table 1. Analysis of prior research on BIM-based automated certification evaluation

Subject	Topic	Author	Content	The differentiation of research
BIM system development	BIM system development	Shu et al., 2020	Presents a BIM-assisted building automation system framework that uses BACnet and IFC to represent BAS data within IFC models, facilitating interoperability and automation across platforms.	Limited to proposing a system-level automation framework; lacks checklist-based evaluation of individual design items.
BIM certification evaluation	BIM-based design certification evaluation	Sacks et al., 2019	Proposes a framework to automate design review using BIM and AI, facilitating compliance checks across different certification criteria.	Suggests automatic linkage to certification standards but lacks structured CPTED-specific criteria and object mapping.
BIM-based design rule evaluation	Rule-based evaluation using BIM	Wawan et al., 2024	Develops BIM-based compliance checking logic using rule sets and object attributes for building codes.	Focused on legal rule-based criteria; insufficient reflection of CPTED spatial attributes such as visibility and territoriality.
BIM library structuring	BIM object library for certification	Pasini et al., 2017	Introduces a structured BIM object library for integrating certification standards with design elements.	Emphasizes structuring object libraries without presenting attribute-standard linkage and automated evaluation processes.
IFC-based interoperability	BIM data exchange using IFC	Ali et al., 2023	Demonstrates IFC-based BIM data exchange for certification systems and model validation.	Focuses on data integration but lacks connection to evaluation system configuration and automation methodology.

하는 데 효과적이거나, CPTED에서 중요하게 여겨지는 시야 확보, 출입제어, 구역 구분 등 공간성과 맥락성 요소는 다루지 않았다. 라이브러리 구조화(Library Structuring) 영역에서 Pasini et al. (2017)은 표준화된 BIM 객체 라이브러리를 제안하였고, 이는 인증 항목의 매핑에 유용하지만 평가 기준과의 자동 연결 조직은 부재하였다. 마지막으로, 데이터 연계(Data Integration) 측면에서 Liu et al. (2020)은 IFC 포맷을 기반으로 시스템 간 BIM 데이터 교환 구조를 설계하였으며, 이는 확장성과 호환성을 확보하는 데 효과적이거나, 자동화된 평가 수행 체계와의 직접 연결성은 미흡하였다.

이와 같이 기존 선행연구들은 BIM 데이터 구조, 시스템 통합, 속성 정의 등 자동화 평가 기반 마련에 기여하였으나, 대부분은 시스템 플랫폼 또는 구조적 가능성에 집중되어 있고, 설계인증 과정에서 CPTED 인증평가 항목을 분류하여 BIM 라이브러리를 활용한 객체 중심의 평가 방식의 연구는 부족하였다.

반면, 본 연구는 CPTED 평가체계의 공간 원칙을 BIM 객체의 속성정보와 정량화 기준으로 변환하여, BIM 기반 평가를 구현하는 구조를 제안한다. 예를 들어, '자연 감시' 항목은 창호 투명도, 시야각, 벽체 재료와 같은 BIM 속성과 직접 연결되며, '접근 통제' 항목은 출입구 위치, 개폐 방향, 조명 유무 등의 속성을 통해 비교 분석이 가능하다. 이처럼 본 연구는 기존의 BIM 기반 인증을 다루지 않았던 CPTED 특화 평가항목을 실질적으로 구현하고자 하며, 속성 정의-객체 추출-산출기준 비교를 통해서 BIM 라이브러리를 활용하여 설계인증 단계에서 CPTED인증 평가 방법론을 제시한다.

2.2 BIM 라이브러리를 활용한 설계 인증평가 연구

BIM 기반 설계인증 평가는 설계 데이터 내 객체 속성과 평가 기준 간의 구조적 연결성을 통해 실현될 수 있다. 특히, BIM 라이브러리를 활용한 평가는 정형화된 객체 속성정보를 기반으로 하여 정량적 기준 충족 여부를 체계적으로 판단할 수 있는 장점이 있다. 이에 따라 본 논문에서는 BIM 라이브러리 활용 및 자동화에 관련된 주요 선행연구를 Table 2와 같이 정리하고, 본 연구의 차별성과 기여점을 논의하고자 한다.

Farzad et al. (2020)은 BIM과 LEED 인증 시스템을 통합한 프레임워크를 제안하며, 객체 속성을 기반으로 초기 설계 단계의 인증평가를 가능하게 하였다. 그러나 이 연구는 CPTED와 직접 연계된 공간 범주나 방법 설계 요소에 대한 분석은 부족하였다. Yu & Choi (2023)는 유니버설 디자인 기준에 기반한 BIM 자동 평가 시스템을 제안하였지만, CPTED와 같은 범죄예방 요소를 고려한 평가체계는 반영되지 않았다.

Pasini et al. (2017)은 INNOVance 프로젝트를 통해 자동화를 위한 구조화된 객체 라이브러리를 제안하였으며, 이는 설계 평가의 기초 구조를 마련하는 데 기여하였다. 다만 CPTED 체크리스트 항목과의 구조적 연결 방식은 구현되지 않았다. Růžicka et al. (2022)의 연구는 BIM 기반 인증 수명주기 평가 효율화 방안을 제안하였으나, 객체 자동 추출이나 속성 기반 비교 평가 등 자동화 체계 구성을 하였다.

Shu et al. (2020)은 IFC 기반의 BIM과 BACnet 간 데이터 연계 구조를 통해 시스템 간 자동 정보 전송 방식을 구현하였지만, 구체적인 평가항목과 BIM 객체 속성 간의 직접적 매핑은

Table 2. Review of previous studies on BIM library utilization

Subject	Topic	Author(s)	Content	The differentiation of research
Certification automation	BIM-based certification model for sustainable buildings	Farzad et al., 2020	Proposes a BIM-LEED integration model for early-stage automated certification using mapped object attributes.	Few cases directly link BIM certification with CPTED spatial elements.
Design compliance	BIM for universal design automation	Yu & Choi, 2023	Develops a BIM-based evaluation method by classifying architectural information and mapping it to certification standards.	Focuses on universal design; lacks crime prevention focus.
Library structuring	INNOVance BIM object library framework	Pasini et al., 2017	Presents a structured BIM object library with automation logic for design and certification compliance.	Does not offer CPTED checklist-linked approach.
Certification automation	Digital BIM certification workflow	Růžička et al., 2022	Defines how BIM tools and object-level automation enhance lifecycle assessment and certification efficiency.	Lacks automated object extraction; relies on manual input.
BAS integration	IFC-based BIM automation for BAS	Shu et al., 2020	Demonstrates automated exchange of BAS data via IFC-enabled BIM objects, supporting certification systems.	Focuses on system integration, lacks direct item comparison.
Information gap	BIM and certification process bottlenecks	Renato et al., 2020	Identifies missing attribute definitions in BIM libraries that limit automation of certification workflows.	Emphasizes need for object attribute enhancement.

이루어지지 않았다. Renato et al. (2020)은 인증 프로세스상에서 속성 정의 부족이 자동화의 병목으로 작용함을 지적하며, BIM 라이브러리의 데이터 구조 보완 필요성을 강조하였다.

이처럼 기존 연구들은 다양한 분야에서 BIM을 활용한 인증 자동화 가능성을 모색해왔으나, 대부분이 에너지 효율, 접근성, 설계 적합성 등 일반적인 평가항목에 초점을 맞추고 있으며, 범죄예방환경설계(CPTED) 요소를 중심으로 한 연구는 부족할 실정이다.

이에 반해 본 연구는 CPTED 설계 기준을 BIM 객체 속성과 직접 연계할 수 있는 구조를 구현하고, BIM 라이브러리 기반 평가방법을 통해 속성 비교 로직을 기반으로 BIM기반 평가 절차를 구성하였다. 특히 객체 식별, 속성 추출, 정량 비교, 시각화하는 구조를 제안함으로써 CPTED 인증체계를 실현하고자 한다. 이를 통해 BIM 기반 설계 인증평가의 새로운 적용 가능성을 제시하고, 설계인증 검토 및 평가 단계에서 BIM 데이터 활용성을 강화하는 데 기여할 수 있다.

3. CPTED 인증을 위한 정보와 BIM 데이터 활용

3.1 CPTED 인증평가 개념과 구조

CPTED는 건축·도시환경에서 범죄를 예방하기 위해 물리적 공간구성과 시각적 특성에 기반한 설계 전략을 중심으로 구성된다(Kim, 2017). 이러한 접근은 공간과 객체의 속성에 기반하여, 범죄의 기회를 사전에 차단하고 이용자의 인식을 통해 안전을 강화하는 데 목적이 있다. 이에 본 절에서는 CPTED 평가에

활용되는 주요 공간 요소들을 정의하고, 이를 BIM 환경에서 어떻게 구조화하여 활용할 수 있을지를 고찰한다.

CPTED의 핵심 평가항목은 5가지 항목으로 구분할 수 있다. 자연 감시, 접근통제, 경계 명확화, 조명 계획, 공간 활성화 등으로 구성되며, 각각의 항목은 특정 공간요소로 구분이 가능하며, 공간요소에 속하는 객체와 직결되어 평가 객체들을 추출하고 평가정보를 확인할 수 있다.

예를 들어, 도로 및 진입 경로는 가시성 확보와 경계 구분 항목과 연결되며, CCTV 및 조명기구는 감시 체계 구축과 조명 균일성 확보 항목에서 중심적인 역할을 수행한다(Cozens & Love, 2015). 이러한 공간 요소들은 설계단계에서 BIM 객체로 구현될 수 있으며, 각 객체의 속성정보는 해당 평가 기준 비교를 가능하게 한다.

따라서, 공간 구성의 명확성, 접근 동선의 효율성, 안내 체계의 적절성 등은 BIM 객체속성을 통해 평가항목으로 전환될 수 있으며, 이는 BIM기반 평가 프로세스 구축의 기반이 된다(Cozens et al., 2018). 특히 BIM의 Rule 기반 속성정보를 통해 객체 간 상호 관계를 판단할 수 있어, 단순한 객체 존재유무 확인을 넘어 평가항목의 실행 가능성을 검토할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 요소들을 CPTED 관점에서 BIM 기반 평가에 적합하도록 재구조화하였다. 더불어, 공간 요소별 적용 객체의 속성을 명확히 정의함으로써, 자동화 알고리즘의 정확도를 높이고 일관성 있는 평가체계 수립이 가능하도록 유도한다.

3.2 CPTED 인증 주요 평가항목 기준

범죄예방환경설계의 효과적인 설계인증을 위해서는 요소별

로 정의된 핵심 평가 기준에 따라 체계적인 검토가 이루어져야 한다(Oh, 2020). CPTED는 시야 확보, 영역의 명확한 구분, 접근 통제, 심리적 안정성 등 다양한 목적을 포함하며, 이러한 요소들은 공간 설계의 세부 항목에 반영되어야 한다. CPTED 인증을 위해서 평가 요소를 도로, 조경, 안내체계, 조명, 공공시설, 용도 구획, 공간배치, 주차장, 외곽 경계 등 총 9개의 구분하여 주요 공간 요소를 기준으로 평가 기준을 도출한다.

Table 3에서 9개의 평가요소들을 분류하고 각각 평가과정에서 필요한 정보들을 예시로 작성하였다.

도로(Road)는 보행자와 차량의 흐름을 고려한 배치와 함께 가시성과 영역성 확보를 위한 계획이 핵심이다. 조경(Landscape)은 수종과 시설물의 선택을 통해 개방감을 유지하면서 시야를 가리지 않도록 설계해야 하며, 시각적 방해요소가 되지 않는지를 고려한다. 안내체계(Signage System)는 명확한 안내와 시인성 높은 재료 사용 여부가 중요한 판단 기준으로, 특히 취약지역 내 사용자 동선을 유도하는 역할을 수행한다.

가로등(Street Lighting)은 야간의 시야 확보와 방범을 위해 조도의 적정성, 내구성, 설치 높이 등을 기준으로 평가된다. 공공시설(Public Facilities)은 범죄 취약지역에서의 시설 배치와 활용성에 따라 평가되며, 용도에 따라 적절한 규모와 위치 조정이 필요하다. 용도구획(Use Zoning)은 공간 사용 목적에 따라 명확한 영역성을 갖추는 것이 핵심이며, 이는 공간 활성화와 연계되어 범죄 예방 효과를 높인다.

공간배치(Facility Layout)는 시야 확보와 공간 활용의 효율성을 고려해 주요 시설이나 장비가 사각지대를 유발하지 않도록

배치하는 것이 평가 기준이 된다.

주차장(Parking Lot)은 출입구의 가시성, 접근성, 차량 및 보행자 동선의 명확성 여부가 평가에 반영된다.

외곽경계(Perimeter)는 울타리, 펜스, 조경시설 등을 활용해 경계 구분과 동시에 시야 확보가 가능하도록 구성하는 것이 중요하며, 이때 재료의 투명성이나 개방성도 고려된다.

이와 같은 핵심 평가 기준의 CPTED 설계요소를 BIM 데이터와 연계하여 평가하게 된다. 각 요소는 설계 초기 단계에서부터 기준에 따라 공간계획이 수립되어야 하며, 이를 통해 인증기준을 효과적으로 충족할 수 있다.

3.3 CPTED 인증을 위한 BIM 활용 체계

CPTED 인증평가를 BIM기반으로 전환하기 위해서는 평가항목에 필요한 정보가 BIM 모델 내에서 구조화되어 있어야 하며, 이를 효과적으로 추출 및 활용할 수 있는 데이터 체계가 필요하다. BIM은 건축요소를 객체 단위로 구성하며, 각 객체는 속성정보를 포함하므로 설계정보의 정량화 및 분석이 가능하다(Choi & Kim, 2020). 이러한 특성은 Table 3에서 CPTED의 평가요소를 구분하고, 평가기준 정보와 평가 방법을 기반으로 BIM데이터에서 평가객체의 카테고리별로 구분하거나 객체의 유형을 분류하고, 평가기준에 맞춰서 속성정보를 검색하고 추출하거나, 형상정보를 산출기준과 비교 분석을 통해서 평가한다. 평가요소를 구분하고 객체별로 평가에 필요한 정보를 사전에 파악한다면 초기 BIM 설계과정에서 설계인증을 위한 라이브러리 체계를 계획할 수 있으며, 인증단계에서는 평가 기준에 적합한 정보

Table 3. CPTED evaluation criteria by spatial element and BIM application strategies

Spatial element	Key evaluation criteria	BIM data utilization approach
Road	Environmental planning and facility placement for visibility and territoriality; road shape planning	Analyze shape and location attributes of pedestrian paths, vehicle lanes, and access roads to assess circulation and visibility
Landscape	Plant species and facility selection considering visibility and spatial openness	Evaluate planting type, location, and area data to simulate visual openness and green coverage
Signage System	Clear signage and durable material selection	Assess material and placement data using Tag properties of signage objects
Street Lighting	Lighting plan based on visibility, durability, and appropriate height	Use attributes of LightFixture objects (e.g., illuminance, height, location) for compliance checks
Public Facilities	Adjust scale based on purpose, manage placement in vulnerable areas	Evaluate facility type and location properties to analyze appropriate public service coverage
Use Zoning	Location selection for territorial clarity and activation	Use spatial zoning and Tag attributes to verify building usage and functional zoning effectiveness
Facility Layout	Spatial and facility arrangement for visibility and efficiency	Assess efficiency and visibility using layout geometry and object placement attributes
Parking Lot	Ensure accessibility, entry/exit visibility, and optimal layout	Use entry point location and parking space count to evaluate accessibility and visibility effectiveness
Perimeter	Plan boundary design and material selection for safety and visibility	Analyze fence, landscaping, and outer boundary attributes to assess territoriality and surveillance support

들을 보다 검색하고 추출할 수 있다.

예를 들어, Window, Door, Wall, LightFixture 등의 객체 유형은 감시 시야, 접근 통제, 경계 인식성, 조명 상태 등 CPTED 핵심 평가항목과 직접적으로 연관될 수 있다. 창문 객체(Window)의 위치와 면적, 개수는 자연 감시 항목에 활용될 수 있으며, 출입문 객체(Door)의 위치, 개폐 방식, 폭은 접근 통제 항목에 대한 검토 기준으로 사용될 수 있다. 조명 객체(LightFixture)는 밝기(Luminance)나 설치 위치 등의 속성을 통해 공간 내 조도 확보 여부를 검토할 수 있다.

또한 BIM 모델은 공간 정보와 물리적 요소가 통합되어 있으므로, 시야 분석, 영역 구분 판단, 동선 추적 등 시뮬레이션 기반의 정량적 평가를 수행할 수 있다(Kim & Park, 2019). 이를 통해 기존의 도면 기반 수작업 평가에서 발생하는 오류와 시간 소모를 줄일 수 있으며, 사전 설계단계에서 CPTED 기준을 만족하는 설계안을 도출할 수 있다.

CPTED 인증을 위한 BIM 활용의 핵심은 평가항목과 BIM 객체 간의 매핑 구조를 정립하고, 해당 객체에 포함된 속성 데이터가 기준에 적합한지를 자동으로 판별할 수 있는 구조를 마련하는 것이다. 이러한 매핑은 태그기반의 속성 라이브러리로 정리될 수 있으며, 객체 속성과 평가 기준 간의 일대일 또는 다대다 대응 관계를 설정함으로써 시스템화가 가능하다.

또한, 본 연구에서는 BIM 모델 내에 포함된 객체 및 속성 데이터를 활용하여 CPTED 항목별 평가방법을 구성하고, 이를 평가 시스템과 연계하여 자동화된 분석이 가능하도록 한다. 향후 CPTED 인증의 디지털 전환과 평가 신뢰도 향상에 기여할 수 있으며, BIM 기반 설계 검토의 효율성을 제고할 수 있다.

4. BIM 기반 CPTED 평가 및 라이브러리 활용방안

4.1 CPTED 평가를 위한 BIM 라이브러리 활용 구조화

CPTED 설계인증을 BIM 기반으로 평가하기 위해서는 평가 기준을 명확히 정의하고, 이에 대응하는 BIM 객체를 속성정보와 연계 평가가 가능하도록 체계적인 구조화가 필요하다(Park et al., 2023). BIM 라이브러리를 활용하여 CPTED 평가를 수행하는 절차를 Figure 1과 같이 여섯 단계로 구분하고 활용방안을 제시한다.

첫째, 평가기준 분석 단계에서는 CPTED 인증제도에서 요구하는 주요 항목을 정리하고, 이를 속성 기반 평가가 가능하도록 재정의한다. 시야 확보, 자연 감시, 영역성 확보 등 공간 행위 요소를 명확히 구분하고, BIM 데이터로 평가 가능한 조건을 도출한다.

둘째, BIM 객체 정의 단계에서는 평가항목과 연결되는 대상

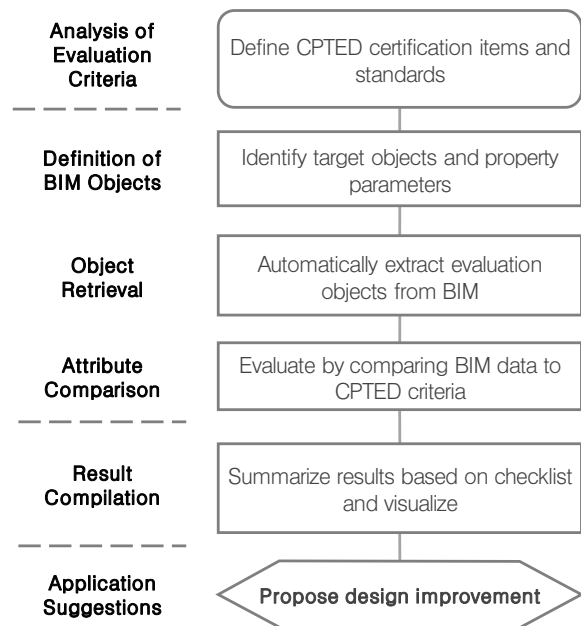


Figure 1. System development and research flowchart

객체군을 선별하고, 각 객체에서 활용 가능한 속성 항목을 정의한다. 예를 들어, 조도, 높이, 재료, 위치, 방향성 등은 인증기준과 정량 비교 가능한 주요 속성으로 분류된다.

셋째, 객체 추출 단계는 BIM 모델 내 평가 대상 객체를 자동으로 추출하는 과정이다. 객체명, 타입, 카테고리 등 사전 정의된 조건에 따라 속성정보를 필터링하여 일관된 평가 대상 데이터를 구성한다.

넷째, 속성비교 단계에서는 추출된 BIM 속성과 CPTED 기준을 비교하여 항목별 충족 여부를 자동 판정한다. 설계 오차나 누락된 항목은 속성 불일치로 표시되며, 규정기준 대비 수치 부족이나 재료 미적용 여부가 즉시 파악 가능하다.

다섯째, 결과도출 단계에서는 평가 체크리스트에 기반한 점수 및 판정 결과를 종합하고 시각화하여 결과를 쉽게 해석할 수 있도록 지원한다. 속성값 누락이나 불일치 항목은 분류되도록 한다.

마지막으로 설계제안단계에서는 평가 결과를 바탕으로 취약 항목에 대한 개선 방향을 제시하며, BIM 객체 수정 또는 설계 변경을 통해 CPTED 기준에 적합한 설계 방안을 제안한다. 이 과정을 통해 설계인증 과정에서 CPTED인증 산출기준에 따라 BIM 데이터를 활용하여 효율적인 인증평가가 가능할 것으로 사료된다.

4.2 평가항목 유형별 BIM 기반 평가 정보분류

BIM 기반 CPTED 설계인증 자동화는 각 평가항목을 BIM 데이터와 연계해 정량적 분석을 가능하게 한다. Table 4에서는 평가항목을 여섯 가지 유형으로 분류하고, BIM정보를 분류하

Table 4. Examples of BIM-based automated evaluation by evaluation type

Evaluation method	BIM evaluation method	Application examples
Installation, Object	Presence of family object	Automatically check for installation of CCTV, lighting devices, signboards, entrances
Area	Space code	Evaluate space classification code for entries, pedestrian pathways, and parking lots
Information	Properties, materials	Compare standard values with lux level, door width, and material tags (e.g., fireproofing)
Placement	Spatial analysis	Analyze lighting placement, CCTV viewing angles, and circulation between entries
Visibility	Material tags, checklist	Evaluate usage of transparent entry doors, see-through fences based on visibility checklist
Planning, Accessibility	Algorithmic analysis	Automatically assess number of entrances, CCTV sightlines, and access distance via algorithms

여, 평가 방안을 제시한다.

설치 및 객체 유무를 확인은 CCTV, 조명, 출입문 등 평가 대상 객체의 존재 여부를 BIM 라이브러리 정보를 통해 검토한다. 이는 객체 누락이나 도면 오류를 사전에 방지하고 설계 일관성을 높인다.

공간 면적 평가는 보행로나 출입구 등 공간의 용도와 면적이 기준에 부합하는지 분석한다. 공간 코드와 연결성 정보 등을 활용하여 접근성, 흐름, 안전성을 정량화한다. 속성정보 분석은 문 폭, 조도, 재료 등 수치 기반 속성을 통해 규정 충족 여부를 자동 비교한다. 예를 들어 출입문 너비, 조명 밝기 등의 기준은 속성값으로 직접 검토할 수 있다. 배치 평가는 CCTV 시야, 조명 위치 등의 배치 정보를 기반으로 사각지대나 조명 균일성 등을 확인한다. 속성정보와 좌표 데이터를 활용해 공간별 감시 효과를 분석한다. 가시성 평가는 재료 투명도나 개방 여부 등을 통해 시야 확보 여부를 검토하며, 이는 자연 감시 항목과 직접 연결된다. 접근성 및 계획 평가는 알고리즘 기반 분석을 통해 출입구 위치, 경로 효율성, 감시 범위를 종합적으로 평가한다. 이를 통해 설계 흐름과 보안 수준을 동시에 검토할 수 있다.

이처럼 BIM 데이터는 CPTED 평가항목의 구조화를 가능하게 하고, 객체 속성 기반 평가방법을 적용함으로써 설계 초기 단계부터 인증 요건을 반영할 수 있도록 한다. 각 유형별 자동 평가 방식은 설계자의 업무 효율을 높이는 동시에 인증기관과의 협업 과정에서도 일관된 기준 제공이 가능하다는 점에서 실질적인 효과를 기대할 수 있다. 이러한 구조는 향후 CPTED 평가 플랫폼의 구축이나 인증 연계 시스템과의 통합에도 유용한 기반이 될 것이다.

4.3 BIM 라이브러리별 CPTED 평가정보 및 평가방법

CPTED 설계인증의 자동화를 실현하기 위해서는 평가항목과 직접적으로 연결되는 BIM 객체를 구조화하고, 각 객체의 속

성정보를 명확하게 정의하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 Table 5와 같이 BIM 기반 설계환경에서 자주 활용되는 주요 라이브러리 객체들을 분류하고, CPTED 평가항목과 어떻게 연계될 수 있는지 분석하였다. 표6에서는 BIM객체에서 비슷한 유형을 분류하고 CPTED 평가과정에서 평가 분석을 진행하는 객체의 특성에 맞춰서, 평가되는 방법과 평가를 위한 산출기준 정보들을 작성하였다. 이를 통해 설계자가 BIM 데이터를 활용하여 평가에 필요한 정보를 효과적으로 반영할 수 있는 기반을 마련하고자 한다.

먼저 벽체(Wall)와 펜스(Fence)는 외부 공간과 내부 공간의 물리적 경계를 구분하거나 자연 감시를 유도하는 역할을 한다. 해당 객체는 재질(Material), 높이(Height), 설치 위치(Location) 등의 속성을 통해 영역의 개방 여부, 시야 차단 또는 유도 여부를 정량적으로 판단하는 데 활용된다.

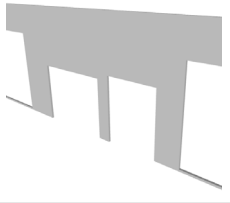
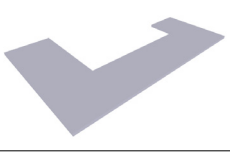




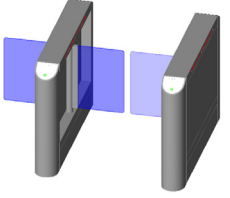
바닥(Floor)과 보행통로(Pathway)는 안전한 이동 동선과 공간의 연결성을 평가하는 항목과 밀접하게 연관되며, 면적(Area), 거리(Distance), 연결성(Connectivity) 등의 속성을 통해 공간 흐름을 분석할 수 있다. 이는 시각적 가시성과 이동 간섭 여부를 사전 시뮬레이션으로 검토할 수 있도록 하며, 기존 2D 도서보다 신뢰도 높은 평가를 가능하게 한다.

출입문(Door)과 창호(Window)는 접근통제 및 감시 확보 항목과 연결된다. 출입문은 주요 진입로 여부, 위치, 방향 등으로 불필요한 출입 차단 여부를 판단할 수 있고, 창호는 투명도나 높이 등을 기준으로 외부 시야 확보 가능성을 정량화할 수 있다.

조명기구(Lighting Fixture)는 야간 환경에서의 범죄 예방과 관련하여 설치 위치, 조도 값(Lux), 간격 등의 속성을 통해 조명의 균일성과 적정 밝기를 평가하는 데 유용하다. BIM 데이터 기반 설계에서는 이를 시뮬레이션하여 사전에 검토할 수 있다.

CCTV(Camera) 객체는 감시 범위와 사각지대 여부를 분석하는 데 활용된다. 설치 위치, 시야 범위(Field of View), 존재

Table 5. Mapping of CPTED criteria and property information by BIM object type

Object type	Information	Evaluation / Information
Wall / Fence		Territorial boundary, visibility blocking, security
		Material, Height, Location, Type
Floor / Pathway		Accessibility, walkability, path safety
		Area, Distance, Connectivity Path
Door / Window		Entry control, visibility, circulation planning
		Width, Orientation, Location, Main Entrance, Material, Transparency
Lighting Fixture		Illumination level, spacing, simulation
		Luminance (Lux), Interval, Placement
CCTV Camera		Blind spot detection, installation validation
		Field of View, Camera Position, Existence
Signage / Wayfinding		Spatial identification, clear guidance
		Type, Text, Installation Location
Access Control Gate		Entry restriction, territorial reinforcement
		User Authentication, Intrusion Prevention System Presence

여부(Existence) 등을 바탕으로 특정 구역의 감시 사각을 자동으로 계산하고, 효과적인 설치 여부를 판단할 수 있다.

안내 표지판(Signage)은 영역 인지, 사용자 안내 등과 같은 평가항목과 연관된다. 설치 위치, 텍스트 내용, 유형 등으로 위험지역 안내와 공간 구조 인지도를 높이는 역할을 한다.

출입통제 게이트(Access Control Gate)는 보안 강화를 위한 필수 요소로, 사용자 인증 기능, 방법 시스템 존재 여부 등을

속성으로 포함하고 있어, 물리적 차단과 보안 시스템 존재 여부를 BIM 데이터에서 위치정보와 형상정보를 통해서 보안평가 관련 평가가 가능하다.

특히 CPTED 인증은 건물 사용자의 안전과 범죄예방을 위한 계획을 평가하기 때문에 BIM 라이브러리에서도 감시를 위한 CCTP 및 조명기구와 출입통제를 위한 보안 게이트의 특성을 특히 상세하게 평가된다.

이처럼 BIM 객체는 CPTED 평가와 직접적으로 연계 가능한 다양한 속성을 포함하고 있으며, 설계자가 이를 적절히 활용할 경우 평가 기준을 충족하는 결과물을 효율적으로 생성할 수 있다. 나아가 평가 객체를 활용한 BIM 데이터는 향후 인증기관과의 연동이나 시뮬레이션 기반의 평가 시스템 구축에 있어서도 핵심적인 데이터 자산으로 활용될 수 있다. 평가의 신뢰성과 설계 효율성을 동시에 향상시키는 데 기여할 수 있다는 점에서 BIM 라이브러리는 CPTED 설계인증 과정에서 필요한 정보를 추출하여 평가할 수 있다.

4.4 BIM기반 데이터를 활용한 CPTED 평가 방법론

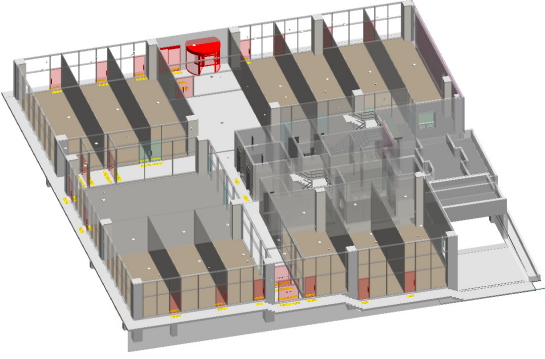
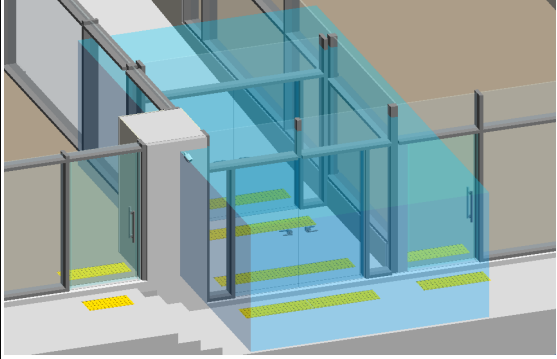
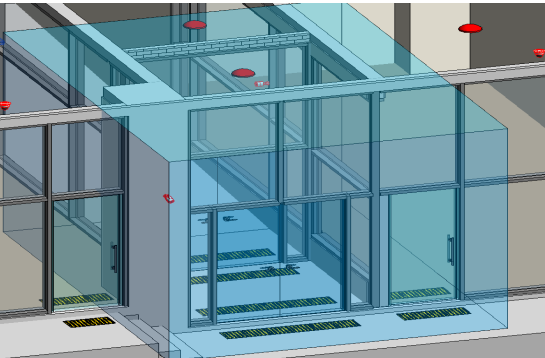
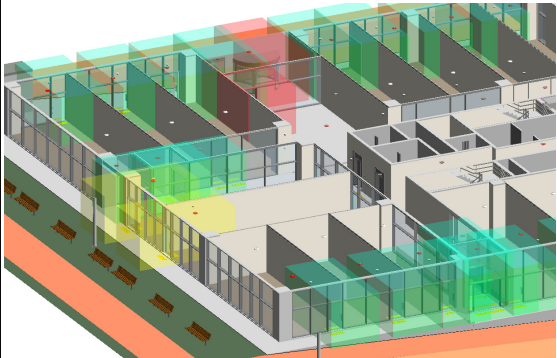
BIM 데이터는 객체의 물리적 속성뿐 아니라 공간 배치, 사용 재료, 기능 정보를 포함하고 있어, CPTED의 다양한 평가항목을 판별할 수 있는 기반을 제공한다. 본 연구에서는 BIM 기반 CPTED 인증을 효과적으로 수행하기 위해 Table 6과 같이 4단계의 절차를 정의하였으며, 평가과정을 BIM 데이터 활용되는 과정을 설명하였다. 이를 통해 평가항목의 자동 식별, 기준 비교, 시각화까지의 전 과정을 확인할 수 있다.

첫 번째 단계는 평가 객체의 추출 및 분류이다. 설계 BIM 모델에서 Family 유형과 Space Code 정보를 바탕으로 출입문, 창호, CCTV, 조명기기 등 주요 객체를 자동으로 식별한다. 특히 외부와 직접 연결된 출입문을 우선적으로 추출하며, 그 주변 요소들을 포함한 공간 범위를 분류함으로써 평가의 기초 데이터를 설정한다. 이 과정은 수작업 도면 판독 없이도 주요 보안 요소들을 자동으로 선별할 수 있는 기반을 마련한다.

두 번째 단계는 평가 범위의 설정이다. 식별된 출입문 주변을 중심으로, 해당 영역에 설치된 감시용 CCTV와 조명기구의 존재유무를 확인한다. BIM 모델 내 객체의 위치정보와 배치 관계를 활용하여 해당 지역의 감시 및 조도 확보 수준을 분석하며, 이 과정에서 주변 공간의 용도 및 보행 흐름도 함께 고려된다. 이를 통해 CPTED 기준 중 자연 감시와 보안 항목에 대한 초기 평가 범위를 정의한다.

세 번째 단계는 객체 속성 분석 및 평가기준 비교이다. CCTV 객체의 시야각, 조명기구의 조도(Lux), 문과 창호의 재료 투시율 등과 같은 속성값을 사전에 설정된 평가 기준과 비교 분석한다. BIM 데이터의 속성과 산출기준을 통해 선별한다. 이 단계는 평

Table 6. BIM-based CPTED certification evaluation procedure and examples

Evaluation	BIM-based CPTED certification evaluation procedure and examples	
Stage	[1] Extraction and Classification of Evaluation Objects	[2] Defining the Evaluation Scope
Image		
Method	Automatically identify main entrances and external doors using Family Types and Space Codes in the BIM model	Check the existence of surveillance (CCTV) and lighting devices around the entrance
Description	Locate doors facing exterior walls and define corresponding evaluation targets (Exterior door: red indication).	Analyze the surrounding zone of the exterior door to confirm presence of CCTV and lighting fixtures (Surveillance Evaluation Area: Blue Mass).
Stage	[3] Object Property Analysis and RuleSet Comparison	[4] Visualization and Feedback Delivery
Image		
Method	Compare property data such as CCTV viewing angle and lighting illuminance (Lux) with pre-defined RuleSet	Visualize evaluation results on the drawing and provide feedback for any non-compliant components
Description	Automatically determine whether CCTV coverage and lighting level meet CPTED criteria (Surveillance Evaluation Target: Red Object).	Highlight underperforming components and offer design guidance to the architect (Red mass : Nonconformity, Yellow mass : Caution, Green mass : Pass).

가 결과의 객관성과 일관성을 확보할 수 있는 핵심 과정이다.

네 번째 단계는 결과의 시각화 제공이다. 분석된 평가 결과는 BIM 데이터에 시각적으로 표시되며, 기준에 미달하는 요소는 강조 표기된다. 예를 들어 조도가 부족한 구역은 색상으로 표시되고, CCTV의 사각지대는 음영 처리되어 설계자에게 명확한 개선 방향을 제시한다. 이와 같은 피드백은 단순한 결과 전달을 넘어 설계보완을 유도하고, 실질적인 인증 대응력을 강화하는 역할을 한다.

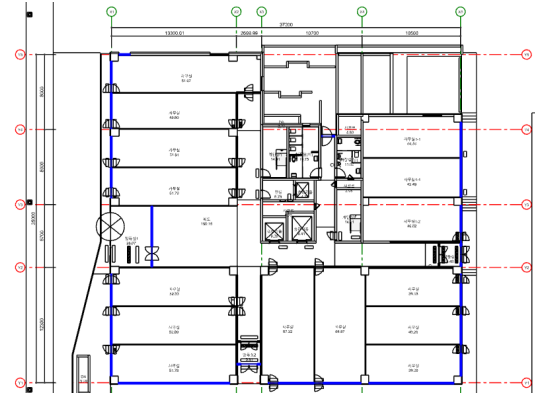
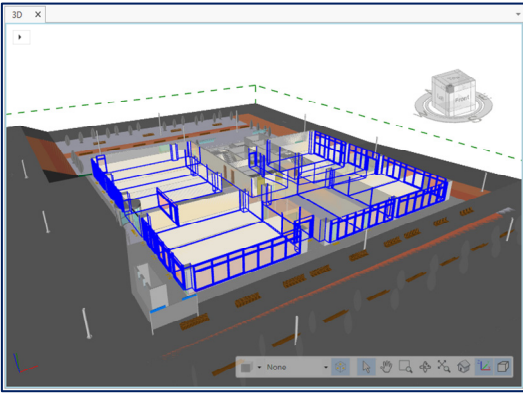
결과적으로, 본 연구는 BIM 데이터를 기반으로 CPTED 평가를 BIM 형상과 속성정보 기반으로 구조화하고, BIM기반 평가 방법을 통해 분석 결과를 시각화하여 통해 평가 절차의 효율화를 실현하였다. 또한 객체의 속성정보 명확화하여 평가자의 검

토 정확성과 설계자의 대응 효율을 동시에 향상시킬 수 있음을 입증하였다. 향후 BIM기반으로 설계인증 기준이 확립된다면, 타 분야 설계 평가에도 응용될 수 있으며, 2D도면 보다 정확한 건축정보를 활용하여, 형상정보와 속성정보를 통해 가상공간에서 평가하거나, 정확한 시뮬레이션 결과를 활용할 수 있다.

4.5 CPTED 인증평가 과정에서 BIM 데이터 활용방법

CPTED 인증을 위한 평가 수행 방식은 기존 2D 도면 기반의 수작업 방식과 BIM 기반 평가 방식을 비교가 가능하도록 Table 7과 같이 작성하였다. 전통적인 방식에서는 평가자가 CAD 기반의 도면을 참고하며 객체를 식별하고 평가항목에 부합하는지를 확인해야 하며, 평면도 · 입면도 · 단면도 등의 다양한 도서

Table 7. Comparison between 2D manual evaluation and BIM-based automated evaluation

Category	2D drawing-based evaluation	BIM-based evaluation
Image		
Evaluation method	Manual identification and assessment of objects by referring to 2D drawings	Automated object search and evaluation using BIM object rule sets
Evaluation documents	Plans, elevations, and sections required for evaluation are reviewed individually	Evaluation is performed using a single BIM model and its 3D viewer
Reference data	Information and indices are checked by reviewing the original tables and detail drawings	Parameter data embedded in BIM objects is used to verify required information and values

를 개별적으로 검토해야 했다. 또한 관련 수치나 속성정보는 일람표, 상세도면, 기술자료 등을 통해 수기로 대조해야 하므로 평가자의 경험과 숙련도에 따라 결과의 일관성과 정확성이 달라지는 문제점이 존재하였다.

반면 BIM 기반 인증평가 방식은 단일 BIM 모델을 활용하여 평가 대상의 객체를 식별하고, 속성값을 기반으로 설계인증 평가를 수행한다. 평가자는 사전에 정의된 인증평가를 위한 BIM 라이브러리 정보를 활용하여, BIM 객체를 검색하고, 해당 객체가 CPTED 기준을 충족하는지 여부를 속성값 비교를 통해 판별할 수 있다. 예를 들어 조명기구의 조도 값, 출입문 폭, CCTV 시야각 등은 사전에 입력된 객체 파라미터 정보를 활용하여 자동 평가되며, 기준값 미달 시 즉시 시각화된 피드백으로 설계 오류를 확인할 수 있다.

이러한 평가 방식은 수작업 중심의 오류를 최소화하고 평가 소요 시간을 단축시키며, 설계과정에서 반복적인 검토와 수정이 필요한 구조적 한계를 개선할 수 있다. 또한 BIM 기반 3D 뷰어를 활용하면 시각적으로 설계 요소를 확인하고 수정사항을 실시간으로 반영할 수 있어, 설계자와 평가자 간의 커뮤니케이션을 원활하게 한다. 결과적으로 CPTED 평가항목이 설계 초기부터 적용되어 설계 변경 없이 인증기준을 충족할 수 있으며, 인증 대응력 또한 강화된다.

특히 BIM 데이터는 설계 요소별로 객체 단위의 속성정보를 정형화하여 포함하고 있기 때문에, 평가 기준을 구조화된 데이터로 변환하고 이를 자동 비교하는 체계를 구현하는 데 유리하다. 이는 향후 CPTED 인증 시스템의 디지털 기반 확장뿐 아니라, 시뮬레이션, VR 및 AR과 같은 가상공간에서도 보안성 평가

및 계획 개선 도구로도 확장될 수 있는 가능성을 제시한다. 본 연구에서 제안한 BIM 라이브러리 데이터를 활용하여 CPTED 평가체계는 기존의 평가 한계를 극복하고, 설계인증 평가의 품질을 높일 것으로 사료된다.

5. 결론

본 연구는 BIM 기반의 CPTED 설계인증 평가를 정량화하고 자동화하기 위한 구조적 기반을 마련하고자, 평가항목과 BIM 객체 속성 간의 체계적인 매핑 구조와 이를 반영한 라이브러리 기반 활용방안을 제안하였다. 기존의 도면 기반 수작업 방식은 설계 정보의 누락, 평가자의 주관성, 기준 변경에 대한 유연한 대응의 어려움 등 여러 한계를 가지고 있었다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해, BIM 객체 단위의 속성정보를 활용하여 자동화된 설계인증 평가가 가능하도록 구조를 정립하였다.

연구에서는 CPTED의 주요 항목을 자연 감시, 접근 통제, 영역성 확보, 조명 계획 등으로 분류하고, 이에 대응하는 BIM 객체와 속성을 정리하여, 정량화 및 BIM 기반 평가가 가능한 구조로 구성하였다. 특히, 객체 속성 기반의 라이브러리를 통해 평가기준과 연계된 태그 구조를 정의하고, 자동 평가 로직을 구현하였다. 이러한 구조는 설계 초기 단계에서부터 CPTED 요소를 반영하고, 설계 변경에도 신속하게 대응 가능한 시스템을 구축하는데 기여할 수 있다.

또한 본 연구는 설계자와 평가자가 동일한 기준으로 평가 결과를 해석하고, 설계에 즉시 반영할 수 있는 시각화 기반의

피드백 체계를 제시하였다. 이를 통해 설계 효율성과 평가 신뢰도를 동시에 향상시킬 수 있으며, 향후 다양한 건축유형에 적용 가능한 표준화된 CPTED 인증평가 시스템으로 확장될 수 있다.

향후에는 다양한 건축물 유형과 인증체계에 적용 가능한 확장형 라이브러리 개발과 함께, 알고리즘 기반의 실시간 검토 기능과 BIM기반 가상공간에서 평가하는 시스템 또한 추가 개발이 필요하다. 본 연구는 BIM 기반 CPTED 평가 자동화의 실현 가능성을 제시함으로써, 스마트 설계환경 조성 및 건축물의 설계 품질 향상에 실질적인 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 2025년도 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2021-KA163269).

이 논문은 2022년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2022S1A5A8054676).

References

- Ali, K., Haijiang L., Guoqian, R. (2023). Knowledge-based OpenBIM Data Exchange for Building Design, *Automation in Construction*, 156, 105135.
- Choi, H. S., Kim, M. C. (2020). Development of a Visibility Analysis Algorithm using Grasshopper, *Journal of the Korea BIM Society*, 10(1), pp. 53–64.
- Cozens, P. M., Love, T. (2015). A Review and Current Status of Crime Prevention through Environmental Design (CPTED), *Journal of Planning Literature*, 30(4), pp. 393–412.
- Cozens, P. M., McLeod, S., Matthews, J. (2018). Visual Representations in Crime Prevention: Exploring the Use of BIM to Investigate Burglary and CPTED. *Crime Prevention and Community Safety*, 20(2), pp. 63–83.
- Farzad, J., Farnaz, J., Sepehr, M. (2020). An Integrated BIM-LEED Application to Automate Sustainable Design Assessment Framework at the Conceptual Stage of Building Projects, *Sustainable Cities and Society*, 53, 101979.
- Kim, C. H. (2017). A Study on Legal Issues of Solving Urban Problems through Public Design – Focusing on Crime Prevention, *Police Policy Research*, 31(3), pp. 121–174.
- Kim, G. W., Kang, S. J. (2022). Analysis of legal system and research trends for application of CPTED in building based on BIM, *Journal of Community Safety and Security by Environmental Design*, 13(3), pp. 33–50.
- Kim, Y. S., Park, S. J. (2019). CCTV Placement Evaluation Simulation using Ray-Tracing Algorithm, *Journal of Korea CCTV Society*, 6(2), pp. 25–38.
- Kim, I.H., Lee, S.J., Choi, J.S. (2021). 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.
- Lee, G. U., Lee K. H. (2021). A Study on Crime and Environmental Characteristics in Residential areas – Comparison of Net Residential Street and Neighborhood Complex Street –, *Journal of Community Safety and Security by Environmental Design*, 12(3), pp. 243–276.
- 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.
- Min, K. S. (2024). A Study on the Utilization of Smart Technology for Effective CPTED in Construction Sites, *Journal of Community Safety and Security by Environmental Design*, 15(3), pp. 9–40.
- Oh, H. N., Son, D. P., Kang, S. J. (2023). The Effectiveness of CPTED Projects and Crime Prevention Facilities, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 39(8), pp. 79–90.
- Oh, M. A. (2020). A Study on Environmental Improvement through Living Lab Applying CPTED Principles and Design, *Journal of the Korea Institute of Spatial Design*, 15(2), pp. 1–12.
- Park, Y. K., Oh, J. H., Park, H. S. (2023). A Study on Management Methods to Improve Utilization of Civil Engineering BIM Library – Focusing on Library Development, Modification and Utilization –, *Journal of KIBIM*, 13(4), pp. 13–25.
- Pasini, D., Caffi, V., Daniotti, B., Lupica, S. S., Pavan, A. (2017). The INNOVance BIM Library Approach, *Innovative Infrastructure Solutions*, 2(1), 15.
- Renato, V., Paulo, C., Pedro, D., Antonio, A. C. (2020). Supporting Building Automation Systems in BIM/IFC: Reviewing the Existing Information Gap, *Engineering, Construction and Architectural Management*, ahead-of-print.
- Růžička, J., Veselka, J., Rudovský, Z., Vitásek, S., Hájek, P. (2022). BIM and Automation in Complex Building Assessment, *Sustainability*, 14(4), 2237.
- Sacks, R., Bloch, T., Katz, M., Yosef, R. (2019). Automating Design Review with Artificial Intelligence and BIM: State

- of the Art and Research Framework, *Computing in Civil Engineering*, pp. 353–360.
- Shu, T., Dennis S., Charles, E., Pardis, P. B., Ray, G. (2020). BIM Assisted Building Automation System Information Exchange using BACnet and IFC. *Automation in Construction*, 110, 103049.
- Wawan, S., Ziwen L., Yujie L., Lai W. (2024). BIM-based Automated Rule-checking in the AECO industry: Learning from Semiconductor Manufacturing, *Automation in Construction*, 162, 105406.
- Yu, E. S., Choi, J. S. (2023). Development of Building Information Modeling-Based Automation Assessment Process for Universal Design of Public Buildings, *Journal of Computational Design and Engineering*, 10(2), pp. 641–654.