

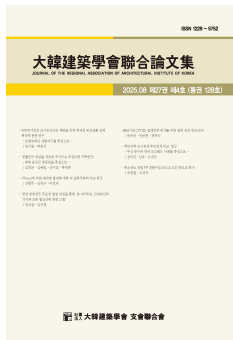
3-B-5-양-4

비SCIE

## BIM기반 CPTED 설계인증 평가를 위한 설계 개선 방안 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



대한건축학회연합논문집  
제27권 제4호 통권 128호

ISSN : 1229-5752(Print)

## BIM기반 CPTED 설계인증 평가를 위한 설계 개선 방안 연구

유은상, 안용한, 최종식

To cite this article : 유은상, 안용한, 최종식 (2025) BIM기반 CPTED 설계인증 평가를 위한 설계 개선 방안 연구, 대한건축학회연합논문집, 27:4, 43-51

- ① earticle에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 학술교육원은 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다.
- ② earticle에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포, 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우, 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

www.earticle.net

# BIM기반 CPTED 설계인증 평가를 위한 설계 개선 방안 연구

## A Research on the Design Improvement for BIM-based CPTED Certification Evaluation

유 은 상\*      안 용 한\*\*      최 중 식\*\*\*  
Yu, Eun-Sang      Ahn, Yong-Han      Choi, Jung-Sik

### Abstract

Design certification in architecture has traditionally relied on manual 2D drawing reviews, limiting consistency and efficiency while failing to reflect qualitative elements such as Crime Prevention Through Environmental Design (CPTED). As digital transformation accelerates, the need for automated evaluation using Building Information Modeling (BIM) is increasing. This study aims to improve CPTED design certification by quantifying evaluation criteria and applying a BIM-based automated methodology. The domestic CPTED certification structure was analyzed, and evaluation items were classified into quantitative and qualitative types. A methodology was developed to extract and assess BIM object data—specifically focusing on attributes like property, location, and geometry. The study explored how CPTED evaluation criteria could be mapped to BIM attributes for automated assessments. Results show the potential of BIM in enhancing CPTED certification through digital evaluation methods. This study contributes foundational insights for building practical, automated evaluation systems applicable to commercial, residential, and other facility types.

키워드 : 범죄예방환경설계, 건축정보모델링, 설계인증, 자동화 평가, 평가 프로세스  
Keywords : Crime Prevention Through Environmental Design (CPTED), Building Information Modeling(BIM), Design Certification, Automated Evaluation, Assessment Process

## 1. 서 론

### 1.1 연구 배경 및 목적

최근 건설산업 전반에 걸쳐 디지털 전환이 가속화되면서 BIM(Building Information Modeling) 기술의 도입이 활발히 이루어지고 있다. BIM은 건축물의 기획, 설계, 시공, 유지관리 전 과정을 통합적으로 관리할 수 있는 정보 플랫폼으로, 국내에서도 「2030 건축 BIM 활성화 로드맵」을 중심으로 표준화 및 시스템 도입이 추진되고 있다(Ministry of Land, Infrastructure 2020). 특히 건축설계 단계에서는 BIM을 활용하여 설계품질을 정량적으로 검토하거나 설계인증 기준을

자동화 방식으로 적용하려는 시도가 확산되고 있다.

그러나 현재 국내 설계인증 체계는 대부분 2D 도면 기반의 수작업 방식에 의존하고 있으며, 평가항목을 검토하고 결과를 도출하는 과정에서 인력의 해석에 따라 편차가 발생하고 있다. 이는 인증의 객관성 확보와 효율적인 평가 흐름 설계에 한계를 초래한다. 이러한 문제는 특히 CPTED(Crime Prevention Through Environmental Design, 범죄예방 환경설계) 인증에서 두드러진다(Kim & Kang 2022). CPTED는 물리적 환경의 설계를 통해 범죄 기회를 사전에 차단하고 심리적 안전감을 제공하는 것을 목표로 하며, 자연 감시, 경계 명확화, 접근 통제, 활동 활성화, 유지관리 등의 설계 원칙을 포함하고 있다.

하지만 CPTED 인증항목은 다수가 정성적 판단을 요구하며, 평가 기준도 명확하게 수치화되어 있지 않은 경우가 많아 평가자의 경험이나 주관에 크게 의존하고 있다. 또한 인증과정에서 설계 도면의 반복 검토와 현장 확인 절차가 병행되면서 시간과 인력 자원이 소모되는 업무이다. 이러한 한계를 해소하기 위해서는 BIM 모델을 활용하여 설계단계에서부터 CPTED 항목을 사전에 검토하고, 평가 기준을 정량화된 조건으로 변환하여 자동화된 방식으로 분석할 수 있는

\* 한양대학교 스마트시티공학과 박사과정  
\*\* 한양대학교 스마트시티공학과 교수, 공학박사  
\*\*\* 강원대학교 건설융합학부 건축학전공 부교수, 공학박사  
(Corresponding author, E-mail : jungsikchoi@kangwon.ac.kr)

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 2025년도 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2021-KA163269).  
이 논문은 2022년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2022S1A5A8054676)

기술이 필요하다(Min 2024).

최근에는 다양한 인증제도에서 BIM과 자동화 기술을 접목하여 효율적인 평가 시스템을 구축하고자 하는 연구가 이루어지고 있으며, CPTED도 마찬가지로 BIM 객체의 속성과 공간정보를 기반으로 평가항목을 구조화할 수 있는 가능성이 제기되고 있다(Cho et al., 2021). 시야 확보, 조명 위치, 출입 동선, 벽체의 재질 및 위치 등은 BIM 객체로 명확히 식별되며, 평가기준에 따라 비표 평가가 가능하다. 따라서 CPTED 항목 중 정량화가 가능한 요소를 중심으로 자동화 평가 방법을 구축하면, 설계자 또는 검토자가 사전에 인증 가능성을 확인하고, 설계를 효율적으로 조정이 가능하다.

본 연구는 BIM 데이터를 기반으로 CPTED 인증항목의 설계정보를 구조화하고, 인증평가 기준으로 자동화 평가체계를 설계하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 CPTED 평가 기준을 항목별로 분석하고, BIM 객체와 속성정보를 도출하며, 평가유형을 구분하여 BIM기반 CPTED 인증 자동화 평가 방법을 제안하고자 한다. 또한 본 연구에서는 상업시설을 중심으로 BIM 모델을 적용하여 주요 항목에 대한 자동평가를 수행하고, 시스템의 유효성과 평가의 신뢰성을 검증하고자 한다.

### 1.2 연구 범위 및 방법

본 연구는 BIM기술을 기반으로 하여 CPTED 설계인증의 평가 프로세스를 정립하고자 한다. 이를 위해 BIM 객체의 속성 정보 및 공간 데이터를 활용하여 CPTED의 주요 평가항목에서 BIM데이터로 평가 가능한 부분을 정하여, 검토·판단할 수 있는 방법론을 제안하는 것을 주된 범위로 설정하였다.

CPTED의 핵심 평가요소인 자연 감시, 접근 통제, 영역성 확보, 조명 계획 등은 설계단계에서 사전에 고려되어야 하는 요소이며, 이들 항목을 BIM 데이터를 기반으로 평가기준을 분석하여 자동 평가가 가능하도록 구조화하는 것이 본 연구의 주요 목적이다. 본 연구는 BIM기반 자동화 평가를 통해 반복성과 객관성이 확보된 인증 검토 체계를 마련하고, 설계단계에서의 사전 검토 기능을 강화하는 실용적 도구를 제시하는데 의의를 둔다. 이를 위하여, 다음과 같은 연구 절차를 통해 평가체계 및 시스템을 구성하였다.

- 1) CPTED인증제도의 항목별 평가 흐름과 국내 인증기준의 구조를 분석하고, BIM 기반 적용 가능성을 검토하였다.
- 2) CPTED 평가항목을 BIM기반 데이터로 평가 가능 여부에 따라 분류하였다.
- 3) 평가에 활용 가능한 BIM 객체 정보(Door, Window, Wall, LightFixture 등)와 해당 객체의 속성값, 공간 배치 특성을 분석하여 CPTED 항목과의 매칭관계를 정리하였다.
- 4) 각 CPTED 항목에 대해 BIM 객체 속성과 연계하여 자동 평가 RuleSet 설계의 기반을 마련하였다.
- 5) 자동화 평가 로직 구현을 위한 평가 프로세스 및 처리 모듈 구조를 설계하였으며, 객체 탐색 및 평가 결과의 시각화 출력 구조를 포함하였다.
- 6) 제안한 방법론의 적용하여 상업시설 유형의 샘플 BIM 모델을 활용하여 평가의 효율성과 정확성을 분석하였다.

본 연구는 BIM 기반 CPTED 자동 평가가 설계 검토의 디지털 전환을 위한 기반 기술로 활용될 수 있음을 실증적으로 제시하고자 하며, 평가의 일관성과 신뢰성 확보, 2D 기반 수작업 검토의 한계 해소, 설계 초기단계 빠른 피드백이 가능한 측면에서 실제적인 활용 가능성을 제시한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 BIM기반 설계인증 평가 관련 연구

BIM은 건물의 형상정보 및 속성정보를 통합적으로 관리할 수 있는 3D 기반의 작업 체계를 가지고 있기 때문에 건설산업의 프로세스 개선을 위해 정부 차원에서 사용이 권장되고 있다. 또한 지속가능한 건축을 목표로 자체 기준을 반영한 친환경 건축물 인증제도들이 국내외적으로 실행되고 있다(Hussain et al., 2023). 친환경 건축물 인증제도는 건축물 전 과정에서 발생하는 환경부하를 줄이며 경제적 이익을 창출하는 것을 중점으로, 다양한 건설정보를 활용하고 관리하는 BIM 기술을 활용하는 연구가 국내외적으로 활발하게 이뤄지고 있다(Zhao et al., 2022).

특히 건축 프로젝트의 다양한 설계인증을 분석하여 평가에 필요한 정보를 데이터화하고, BIM 시스템에 적용하기 위한

Table 1. Research on BIM-Based Design Certification Evaluation

Subject	Researcher	Topic	Contents
Building a Design Certification Database	J. Růžička et al. 2022	BIM and Automation in Complex Building Assessment	Proposes an IFC-based structure for evaluating building certification data during the design stage. Emphasizes integration of data standards across BIM platforms.
	Ilhan et al., 2016	Green Building Assessment Tool (GBAT)	Develops a centralized framework integrating BIM for green building assessment. Enhances accuracy by linking BIM data with certification rules.
Automation Evaluation Tool	Yu and Cho,i 2023	BIM-Based Automated Evaluation System	Introduces an automated design assessment system for public buildings using rule-based logic and object search. Facilitates real-time design validation.
	Khoshdelnezhmeh et al., 2020	Automated Assessment for Green Building Index	Designs an evaluation tool that automates the certification process and risk assessment using BIM during early design phases.

데이터베이스를 구축하고 해당 국가의 실정에 맞는 기준을 통해 라이브러리를 개발하고 활용하는 방안에 대한 연구가 진행되고 있다(Yu et al., 2023). 또한 기존의 2D 기반의 평가 프로세스의 스마트화를 목표로 인증평가 과정을 BIM 기술과 접목하여 자동화하기 위한 연구가 진행되고 있다. 국내의 경우 BIM을 설계단계에서 적극적으로 활용하기 위한 라이브러리 개발, DB 구축 방식 등 이론적인 연구가 중점적으로 이루어지고 있다(Kim et al., 2022). 하지만 해외의 경우 BIM을 통해 설계인증 자동화 평가도구 개발과 활용 방법, 평가도구의 사용 범위 확장을 위한 기반 연구가 중점적으로 이루어지고 있다(Di et al., 2023). 특히 미국의 LEED 인증의 경우 평가에 필요한 정보를 BIM에서 자동으로 추출하여 활용하는 연구가 진행되었고, 이를 통해 등급 및 점수를 산출하기 위한 자동화 평가도구가 개발되었다(Jalaci 2014). LEED 인증을 국내 실정에 맞는 기준으로 개편한 G-SEED의 항목과 요구정보를 분석하여 BIM 데이터로 활용하기 위한 연구는 진행된 바 있지만(Lee et al., 2016), 자동화 평가도구를 개발하려는 시도는 미미한 실정이다. 현재 BIM 기술을 기반으로 다양한 건축인증제도의 자동화 평가 및 데이터 구축 관련 국내외 선행연구가 진행되고 있다.

### 2.2 BIM을 활용한 CPTED 평가 연구

BIM은 3차원 모델 기반의 설계 데이터를 통해 공간정보, 객체 속성, 관계 구조를 체계적으로 관리할 수 있는 기술로, CPTED 인증과정에서 BIM 데이터를 활용하여 평가하는 방식과 자동화 평가를 위한 데이터 체계 분석과 시스템을 구축을 위한 연구를 통해 작업의 효율성을 높이고자 한다. 기존의 수작업 방식은 2D 도면상에서 판단자의 경험에 의존하는 방식이었다면, BIM은 객체를 통해 평가 대상 요소를 명확히 정의하고, 속성값을 정량적으로 추출할 수 있다는 점에서 자동화 가능성이 높다.

CPTED 항목 중 자연 감시, 경계 명확화, 접근 통제, 활동 지원과 같이 물리적 공간 및 시각적 노출도에 기반한 항목은 BIM 데이터를 통해 정량 분석이 가능하다. 예를 들어, 창호 면적과 위치, 조명 설비 배치, 펜스의 재질 및 높이 등은

BIM 객체 속성과 연결해 Rule 기반 평가 조건으로 전환이 가능하다. 또한 공간 통로 폭, CCTV 시야 확보 거리 등은 공간 내 연산을 통해 판단할 수 있어, 정량화 가능한 요소로 분류될 수 있다.

다수의 선행연구에서는 표2와 같이 BIM 데이터를 활용한 BF 인증, G-SEED 인증, 방재 설계 등의 자동 평가 사례를 통해 RuleSet 기반 자동화 구조의 실현 가능성을 입증하였다. CPTED 영역에서도 공간정보 기반 시뮬레이션, 거리 분석, 시야 가시성 판단 등에 대한 기술이 개발되고 있으며, 향후 CPTED 전용 평가 알고리즘으로 확장될 수 있음을 제시한다.

이러한 기술 흐름은 CPTED 설계 기준을 설계 초기단계에서 실시간으로 적용할 수 있도록 하며, 설계자에게 피드백 가능한 자동화 도구로서의 시스템 구현 가능성을 보여주고 있다. 따라서 BIM과 CPTED를 연계한 자동화 인증 시스템의 개발은 향후 설계인증단계에서 이전보다 정확하고 효율적으로 평가 및 검토가 가능할 것으로 사료된다.

## 3. BIM기반 CPTED 인증 자동화 평가 설계

### 3.1 국내 CPTED 개요 및 현황

국내 CPTED(Crime Prevention Through Environmental Design, 범죄예방 환경설계)는 「범죄예방환경설계 조례」, 「도시재생특별법」, 지자체별 「범죄예방 건축기준」 등에 따라 도시계획 및 건축설계 전반에 적용되고 있다. 서울, 부산, 인천, 대전 등 광역 지자체를 중심으로 CPTED 조례가 제정되었으며, 특히 공동주택, 교육시설, 공공청사, 어린이공원 등을 주요 적용 대상 시설로 지정하고 있다(Kim 2017). 표3에서 이러한 제도적 기반은 지역별 범죄예방 목표를 작성하였다. 실질적으로 도시환경의 안전성을 제고하기 위한 설계 가이드라인 역할을 하고 있다.

국내 CPTED 인증은 일반적으로 설계 초기 단계에서 ‘예비평가’를 수행한 후, 실시설계 완료 이후 ‘본 평가’를 진행하는 이원화된 인증 프로세스를 따른다. 인증 방식은 주로 체크리스트 기반의 서면 평가와 현장 점검으로 구성되며, 평가자는 도면과 현장 자료를 기준으로 항목별 체크 및 정성

Table 2. Summary of Case Studies: Analysis of BIM-based Automated Evaluation Possibilities

Main Keyword	Author & Year	Application Field	Automated Evaluation Description
CPTED rinciple Review	Cozens & Love, 2015	Theoretical and policy-level review of CPTED	Provides a comprehensive overview of CPTED principles, their evolution, and application in urban design.
BIM-based CPTED Simulation	Cozens et al., 2018	Burglary prevention using BIM	Explores the use of BIM to visually simulate CPTED elements for evaluating building-level vulnerabilities.
Smart CPTED Evaluation	Choi et al., 2024	Municipal surveillance and smart crime prevention	Proposes an intelligent CPTED decision-making support model using CCTV, AI-based analysis, and IoT sensors.
CPTED Benefits & Limits	Umer et al., 2023	Review of CPTED implementations in construction sites	Summarizes advantages and challenges of applying CPTED, based on case studies and literature analysis.

Table 3. Domestic Major Municipalities' CPTED Ordinances and Certification Status

Municipality	Year Established	Main Target Facilities	Certification Process Type
Seoul	2013	Apartment housing, parks, schools, etc.	Preliminary + Main Certification
Incheon	2015	Apartment housing, educational facilities, public facilities	Preliminary + Main Certification
Busan	2014	Residential areas, urban regeneration zones, etc.	Main Certification
Daejeon	2016	Public buildings, elementary schools, etc.	Preliminary + Main Certification

적 판단을 수행한다. 그러나 현행 시스템은 도면 기반 수작업 평가에 의존하고 있어 시간 소모가 크고, 평가자 간 기준 해석의 차이로 인한 결과의 일관성 저하 문제가 지속적으로 제기되고 있다.

특히 공동주택과 같은 대규모 단지의 경우, CPTED 항목 간 적용 범위가 중첩되거나 설계자의 설명 의존도가 높아 실질적인 설계 반영 여부를 정량적으로 판단하기 어렵다는 한계가 존재한다. 예를 들어, 자연 감시 항목은 창호의 위치, 시야범위, 외부 조명 등의 요소를 포함하지만, 이를 정량화한 기준 없이 단순 '적용 여부'로 평가하는 경우가 많다(Oh 2020). 이러한 이유로 제도의 실효성 제고를 위해서는 평가 기준의 명확화, 정량화된 판정 기준 도입, 디지털 기반 검토 체계의 마련이 필요하다.

이러한 배경에서 BIM 기반의 자동화 평가 시스템은 유의미한 대안이 될 수 있다. BIM은 객체 단위의 속성정보를 포함하고 있어 CPTED 평가항목 중 다수가 요구하는 '공간 배치', '시야 확보', '진입 경로의 명확성' 등의 요소를 객체 및 속성으로 추출·분석할 수 있다(Yeon & Kim 2018). 이에 따라 본 연구는 국내 CPTED 인증항목을 BIM 데이터로 전환 가능한 구조로 재정의하고, 자동화 평가가 가능한 시스템 프로세스를 제시하고자 한다.

### 3.2 CPTED 평가항목 체계 및 평가과정

범죄예방 환경설계(CPTED)는 물리적 환경을 조성하여 범죄를 예방하고 사용자의 심리적 안전감을 확보하려는 설계 인증이다. 국내에서는 이를 건축 및 도시설계 기준으로 반영하고 있으며, 최근에는 설계 검토의 정량성 확보와 평가의 효율성을 위해 BIM 기반 자동화 적용 가능성을 확인하기 위해서 CPTED의 평가항목 체계와 평가과정을 비교하였다.

CPTED 인증평가 항목은 일반적으로 •자연 감시•경계 명확화•접근 통제•유지관리 등으로 구분되며, 각 항목은 자동화 가능성과 평가방식에 따라 구조화될 수 있다(Choi & Kim 2019). 예를 들어, '시야 확보'는 객체의 위치, 창호 면적, 조명 배치 등과 관련되어 자동화 가능성이 높은 항목이다. 반면, '유지관리'는 관리 상태나 정성적 판단이 요구되며, 현재의 기술로는 자동화 적용이 어렵다.

이러한 평가항목별 특성과 BIM 모델의 객체 속성을 연결하기 위해, 본 연구에서는 BIM 객체와의 매핑 관계를 정리하였다. 아래 표는 각 평가항목의 자동화 가능 수준과 평가 방식, 관련 객체의 예시를 요약한 것이다.

표에서 볼 수 있듯이, '시야 확보' 항목은 Window, LightFixture와 같이 시야 범위 및 조명 관련 BIM 객체를 통해 자동화 평가가 가능하며, 거리 기준이나 가시성 연산을 통해 분석이 가능하다(Kim & Park 2019). 반면, '접근 통제'는 동선 분석과 객체-센서 연계를 요구하므로 부분 자동화 또는 외부 기술 연계가 필요한 항목으로 분류된다.

이처럼 BIM 데이터를 기반으로 CPTED 항목을 구조화함으로써, 설계단계에서 정량적 조건에 따라 자동 평가가 가능한 시스템 구현의 기반을 마련할 수 있다. 특히 공간 유형에 따라 항목별 우선순위를 조정하고, BIM 객체 속성과 조건 비교를 통해 자동 평가 로직의 실현 가능성을 확보할 수 있다(Kim & Kim 2019). 이는 CPTED 설계를 초기단계에서 반영하고, 평가의 객관성과 효율성을 확보하는데 기초 자료가 될 것이다.

Table 4. Research on Green Building Certification and BIM Technology

CPTED Item	Automation Feasibility	Example Evaluation Method	Linked BIM Object
Visibility Assurance	High	Analysis of visibility based on window location and lighting arrangement	Window, Light
Territorial Reinforcement	Medium	Analysis of wall and fence location and property data	Wall, Fence
Access Control	Medium to Low	Analysis of entrances, circulation flow, object + sensor linkage	Door, Space
Activity Support	Medium	Analysis of presence and usage of public spaces	Space
Maintenance	Low	Requires linking data such as lighting maintenance history, facility condition	LightFixture, External

### 3.3 CPTED 핵심항목과 자동화 평가 체계 분류

CPTED 인증항목의 효과적인 자동화를 위해서는 평가항목 간의 구조적 연계성과 체계적 분류가 우선되어야 한다. 다양한 공간 유형에서 항목 간 중복 또는 누락이 발생할 경우, 설계자와 평가자 모두에게 혼란을 야기할 수 있으며, 평가 기준이 명확하지 않을 경우 자동화 시스템의 적용 또한 한계에 직면한다. 이러한 배경에서 본 연구는 CPTED의 평가 요소를 기본 원칙에 따라 정리하고, 표 5와 같이 핵심 항목군을 유형별로 재구성하였다.

본 연구에서는 CPTED의 다섯 가지 주요 원칙-자연 감시, 접근 통제, 영역성 확보, 활동 활성화, 유지관리-를 기준과 서울시 CPTED 가이드를 기반으로 설계 요소별로 구체화된 핵심 평가 항목군을 도출하였다. 각 항목군은 해당 원칙의 설계 목적을 반영하고 있으며, BIM 객체 정보와 연결되어 자동화 평가의 기준으로 활용될 수 있다. 예를 들어, 자연 감시 항목은 창문과 CCTV의 배치를 중심으로 시야 확보를 평가하며, 접근 통제는 출입구 위치와 진입 동선을 중심으로 분석된다. 영역성 확보 항목은 울타리, 펜스, 경계 구조의 배치와 재질을 통해 물리적 구획을 확인하는 방식으로 설정된다. 이러한 항목별, 원칙별로 구분하고, 각 항목이 대응하는 설계 요소, 평가 목적, 활용 기술 유형까지 체계적으로 정리함으로써, CPTED 자동화 평가 시스템의 적용 가능성과 구현 방향에 대한 구체적인 기초자료로 활용할 수 있다.

Table 5. Classification of Core CPTED Evaluation Items

CPTED Principle	Main Evaluation Factors
Natural Surveillance	Windows, openings, CCTV location, visibility distance
Access Control	Entrances/exits, flow of circulation, fences, doors
Territorial Reinforcement	Boundaries, fences, outer walls
Activity Support	Location of public spaces, usability
Maintenance	Facility condition, lighting management, perceived safety

### 3.3 CPTED 자동화 평가의 필요성과 핵심 항목군 구조

BIM 기반 CPTED 인증 자동화를 실현하기 위해서는 각 평가항목이 요구하는 정보 유형과 그 처리방식에 대한 정밀한 분석이 필요하다. CPTED는 다양한 공간적·물리적 요건을 포함하기 때문에 모든 항목이 동일한 방식으로 평가될 수 없다. 이에 본 연구에서는 BIM 데이터에서 활용 가능한 속성 유형에 따라 자동화 적용 방식을 구조화하였다. 표 6은 CPTED의 대표적인 평가항목들을 데이터 처리 방식에 따라 세 가지 유형으로 구분하고, 각 유형에 적합한 자동화 적용 방법과 관련 BIM 객체 예시를 제시한다.

첫 번째 유형은 ‘공간정보 기반 거리조건 평가항목’으로, 객체 간 위치, 거리, 방향 등의 관계를 분석하여 평가하는 방식이다. 예를 들어, CCTV와 조명기구는 설치 위치 간 간격이 일정 조건을 충족해야 시야 확보나 조도 기준을 만족할 수 있으며, 이러한 거리 계산은 BIM 모델의 객체 위치 정보 및 좌표값을 활용하여 자동화할 수 있다.

두 번째 유형은 ‘객체 속성 기반 명확성 조건 항목’이다. 이 항목군은 객체의 속성값을 기반으로 평가가 이뤄진다. 예컨대 펜스의 높이, 문 폭, 재료의 투명도 등은 해당 객체의 속성값인 Height, Width, Material을 통해 판별할 수 있다. 경계 구분이나 출입 제어 기능이 요구되는 항목들은 이와 같은 방식으로 평가가 가능하다.

세 번째는 ‘시야 분석 기반 평가항목’으로, 공간 내 시각적 노출도와 가시성을 중심으로 분석된다. 창문이나 출입구의 개방 정도, 내부 시야의 연속성, 감시 사각지대 등의 요소가 이에 해당된다. 이러한 평가는 일반적으로 VGA(Visibility Graph Analysis), VAE(View Accessibility Evaluation) 같은 시야 해석 알고리즘을 통해 구현이 가능하다. BIM에서 해당 객체의 위치와 방향, 개구부 면적, 내부 장애물 위치 등을 형상정보를 제공할 수 있다.

이와 같은 속성 유형 분류는 각 항목에 적합한 자동화 평가방식을 사전에 정의함으로써, BIM 데이터와의 연계성을 높여 설계 초기 단계에서 CPTED 평가 충족 여부를 확인한다. 인증을 위한 설계데이터를 디지털 전환을 위한 기반 로직으로 기능하며, 설계자, 평가자, 시스템 개발자 간 공통 데이터를 제공하고 설계인증 평가 및 검토를 가능하도록 한다.

Table 6. Classification of CPTED Evaluation Attributes by Type for Automated Application

Type	Description	Example	Application Method
A. Distance Conditions Based on Spatial Information	Judgment based on distance and location between objects	CCTV coverage range, visibility coverage	RuleSet + Distance Calculation
B. Attribute-Specific Conditions Based on Object Properties	Judgment based on property values	Fence height, door width, material	Attribute Filtering and Condition Comparison
C. Visibility Analysis-Based Items	Judgment of visibility coverage within space	Window placement, entrance openness	Visibility Graph, Simulation

#### 4. CPTED인증을 위한 BIM기반 자동 평가 설계

##### 4.1 CPTED 인증평가를 위한 데이터 분석

본 연구는 CPTED 평가 자동화를 위해 평가항목별로 BIM 객체 속성과의 연계 가능성을 분석하고, 각 요소가 시스템 내 자동화 평가 방법이 활용될 수 있는 구조를 제안한다. 특히 설계단계에서 모델 내 객체 속성값을 기반으로 항목별 분석을 수행수 있도록 평가 구조를 정리하였다.

표 7은 CPTED의 다섯 가지 평가항목을 중심으로 평가 요소, 연결 가능한 BIM 객체, 활용 가능한 속성정보, 그리고 시스템 적용 시 사용될 수 있는 객체 이미지를 통합적으로 제시한다. 이 구조는 평가항목별 분석 가능성과 자동화 평가 구현의 기초가 된다.

예를 들어, ‘자연 감시(Natural Surveillance)’ 항목은 창문, 조명 객체와 연결되며, 창 면적, 배치 위치, 조도, 시야각 등의 정보를 통해 감시 범위를 분석할 수 있다. 이는 시야 확보 조건을 분석하여 평가에 활용할 수 있다.

‘접근 통제(Access Control)’ 항목은 출입문 및 실 객체를 통해 진입 가능 위치, 내부 동선 연결 등의 흐름을 분석한다.

BIM 데이터의 공간 연계 속성을 활용하면 출입 통제의 구조적 설계 상태를 판단할 수 있다.



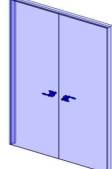
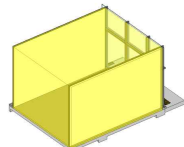
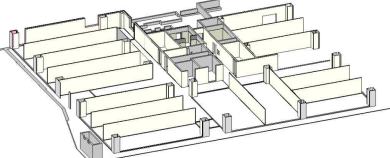
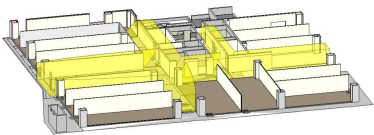
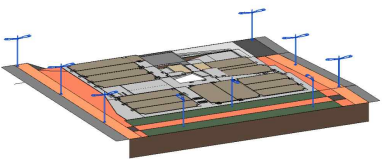
‘영역성 확보(Territorial Reinforcement)’ 항목은 울타리 Fence, 벽체 객체와의 연계를 통해 경계의 명확성 평가에 활용된다. 좌표, 높이, 재질 속성 등의 정보는 경계 구분 및 시각적 분리 조건에 대한 자동 분석을 가능하게 한다.

‘활동 활성화(Activity Support)’는 공용 공간의 사용 태그, 면적, 배치 정보를 기반으로 분석되며, 공간의 사용 가능성과 배치 적정성을 사전에 검토할 수 있다.

‘유지관리(Maintenance)’ 항목은 조명 설비(LightFixture)의 설치 연도, 상태 정보 등 관리 속성과 연결된다. 이는 설계도면상에서 직접 추출되기 어려운 항목이지만, BIM 모델 내 유지관리 연계 정보와 사용 시간을 고려한 수식을 적용하여 사용 시간을 계산하여 유지관리가 가능하다

이와 같이 CPTED 평가방식에서 평가항목을 기반으로 평가를 위한 정보를 분류하고 평가기준을 정리하고 BIM기반 평가객체를 분류한다. 평가 객체에서 분석이 필요한 정보 또는 형상정보를 표7과 같이 정리하여 비슷한 유형을 구분하여 일관성있는 자동화 평가가 가능하도록 한다.

Table 7. Research on Green Building Certification and BIM Technology

CPTED Item	Evaluation Factors	Linked BIM Object	Example of Utilized Data Attributes	Evaluation Object Image	
Natural Surveillance	Windows, lighting, visibility coverage	Window, Light	Window area, location, illuminance, visibility angle		
Access Control	Entrances, circulation	Door, Space	Number of entrances, location, internal connections		
Territorial Reinforcement	Fences, walls	Wall, Fence	Coordinates, height, material properties		
Activity Support	Public spaces, rest areas	Space	Usage tag, area, layout information		
Maintenance	Lighting condition, facility aging	LightFixture, etc.	Maintenance history, installation year, condition info		

#### 4.2 CPTED 인증평가 자동화를 위한 프로세스

기존의 CPTED 설계인증은 체크리스트 기반의 수작업 중심 평가로 진행되어 왔으며, 이는 2D 도면 해석과 현장 확인을 통한 주관적 판단에 의존함에 따라 평가의 일관성과 신뢰성 확보에 한계가 있었다. 본 연구에서는 CPTED 자동 평가 프로세스를 그림 1과 같은 절차로 구성된다.

첫 번째 단계는 CPTED 항목 분석이다. 여기서는 인증기준에 포함된 항목별 요구사항을 파악하고, 이를 BIM 객체와 매칭 가능한 기준으로 재구성한다. 이후 두 번째 단계에서는 BIM 모델 내에서 평가 대상이 되는 객체를 탐색하고, 객체가 위치한 공간 및 주변 조건을 분석한다. 예를 들어 ‘자연감시’ 항목의 경우, 출입구(Door)를 기준으로 반경 4M 내의 감시 공간을 설정하고, 조명기구(LightFixture) 및 CCTV 객체(Camera)의 설치 여부와 조도 속성값 등을 기반으로 평가 기준 충족 여부를 검토한다.

세 번째 단계에서는 설정된 감시 영역과 객체 간의 관계를 기반으로 평가 조건을 비교 분석하고, 속성정보(예: 창 면적, 조도, 시야각 등)를 정량적으로 추출하여 기준치와 비교한다. 마지막으로 판단된 결과는 자동으로 시각화되어 평가 보고서 형식으로 출력되며, 해당 도면상의 객체는 평가 여부에 따라 시각적으로 구분되어 표시된다.

이러한 자동화 프로세스는 BIM 데이터 내 포함된 객체 정보와 평가항목 간의 관계를 체계적으로 정리하고, BIM기반 자동화 평가 분석을 통해 평가자의 수작업 개입을 최소화한다는 점에서 설계인증단계의 효율성을 향상시킨다. BIM기반 평가방식은 CPTED 설계인증과정을 개선할 수 있다.

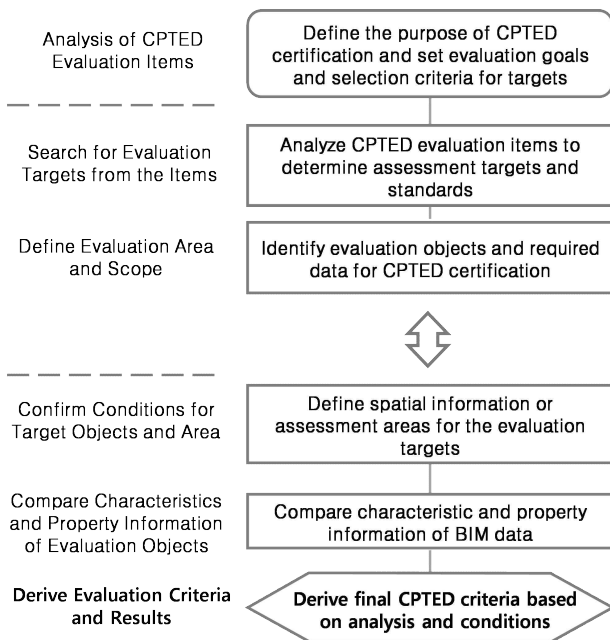


Figure 1. Automation Evaluation Methodology

#### 4.3 CPTED인증 평가 자동화 시스템

CPTED 인증은 기존에 수작업 중심의 평가방식과 체크리스트 기반의 평가과정으로 인해 일관성과 효율성 측면에서 한계를 지니고 있다. 특히 설계 초기단계에서 인증기준을 반영하기 어렵고, 평가자 간 판단의 편차로 인해 인증 결과의 신뢰성 확보에도 문제가 제기된다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 BIM 데이터 기반으로 CPTED 인증항목을 자동 분석하고, 평가 결과를 시각화하는 자동화 시스템을 구현하였다.

본 시스템은 그림 2와 같이 BIM 모델 내 객체 속성과 공간정보를 기반으로 평가 대상 항목을 자동 추출하며, 평가 기준 충족 여부를 자동화 평가 방법을 기반으로 판단한다. 또한 3D 뷰어와 2D 도면을 동시 연동하여 시각적으로 객체와 평가 결과를 검토할 수 있으며, 속성정보(예: 문 폭, 위치, 조명 조도 등)는 BIM 데이터 탭을 통해 실시간 확인이 가능하다. 이를 통해 설계자는 객체별 인증기준 적합 여부를 즉각적으로 확인하고, 설계 피드백으로 반영할 수 있다.

하단 영역에는 CPTED 평가항목별 검토 결과(PASS/FAIL)가 테이블 형태로 출력되며, 항목별 문제 메시지와 연결된 객체 ID 정보도 함께 제공된다. 이 기능은 특정 평가 기준 미달 원인을 직관적으로 파악하고 즉시 설계 수정으로 연결할 수 있도록 설계되어 있다. 또한 좌측의 3D 뷰, 우측의 도면 기반 2D 뷰, 하단의 평가 결과 요약 화면이 통합된 환경을 통해 설계자는 인증항목을 동시에 검토하고 판단할 수 있으며, BIM 기반 인증 자동화의 실효성을 입증하는 사례로 활용될 수 있다.

다만 본 시스템은 개념적 프레임워크와 기능 중심의 구현에 초점을 두고 있어, 향후 실제 프로젝트 데이터를 통한 평가 정확도 검증과 사용자 피드백 기반의 인터페이스 개선이 필요하다. 또한 자동화 평가 결과의 신뢰도와 현장 적용성을 높이기 위한 실증적 비교 실험과 기능 확장 연구가 후속 단계로 요구된다.

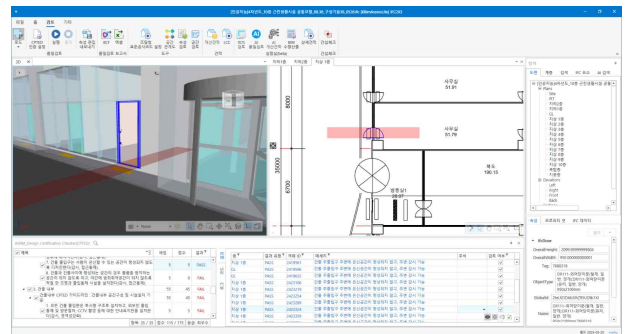


Figure 2. Automation Evaluation System Interface

## 5. 결론

본 연구는 범죄예방 환경설계(CPTED) 인증의 설계단계 적용성과 평가 효율성을 제고하기 위해 BIM 데이터를 기반으로 하는 자동화 평가 시스템의 적용 방안을 제안하였다. 기존 CPTED 인증이 2D 도면 및 현장 중심의 정성적 검토에 의존해왔다는 점을 고려할 때, 본 연구는 BIM의 정보를 활용하여 평가 기준을 분석하여, 자동화 평가가 가능하도록 방법론을 연구한 것이 핵심이다.

연구에서는 CPTED의 핵심 평가항목을 ‘자연 감시’, ‘접근 통제’, ‘영역성 확보’, ‘활동 활성화’, ‘유지관리’의 다섯 가지 범주로 구조화하고, 각 항목에 연계되는 BIM 객체와 속성정보를 정리하였다. 이후 해당 속성정보를 자동으로 분석하는 평가 로직을 설계하였으며, 평가 결과는 시각화 기반의 인터페이스로 구현되어 설계자와 평가자가 실시간 피드백을 받을 수 있도록 하였다. 특히 본 연구에서 구현한 자동화 시스템은 3D·2D 도면 연동, 객체 속성 자동 인식, 평가 항목별 PASS/FAIL 판정 출력 기능을 포함하고 있어, 설계단계에서 인증 적합성을 사전 검토하고 수정 설계에 반영할 수 있는 실질적 도구로 활용될 수 있다.

이를 통해 설계 초기단계에서 CPTED 인증항목을 사전에 반영할 수 있는 실효적 기반이 마련되었으며, 평가자 의존적 절차에서 발생할 수 있는 편차와 오류를 줄이고 평가의 일관성과 객관성을 확보할 수 있었다. 또한 BIM 기반 평가 구조는 향후 다른 유형의 설계인증 평가로 G-SEED, 장애물 없는 생활환경 인증, 유니버설 디자인 등으로 확장 가능하며, 인증 자동화 시스템의 통합 관리체계 구축에도 활용될 수 있을 것이다.

그러나 본 연구는 주요 항목 중 ‘자연 감시’ 및 ‘접근 통제’ 중심으로 실증 사례를 구성하였으며, ‘유지관리’와 같이 외부 데이터 연계가 필요한 항목에 대해서는 향후 IoT 센서 정보나 사용자 참여 기반의 연동 방안이 추가적으로 연구될 필요가 있다. 또한 평가 결과의 정확성과 현실성과의 비교를 위해 실제 프로젝트 적용 계획, 실측 기반의 검증 연구도 후속 과제로 제안된다. 이후에 연구의 평가과정에서 설계자 및 인증 검토자의 피드백을 반영하여, 사용자를 고려한 시스템 구축도 진행해야 한다.

궁극적으로 본 연구는 CPTED 인증평가의 객관화 및 자동화를 실현하기 위한 첫 단계로, BIM 기술의 구조적 장점을 활용한 평가방법론을 제시하였다는 점에서 의미를 가진다. 향후 본 시스템이 제도화와 연계될 경우, 설계 인증단계에서의 범죄예방 설계의 실효성과 신뢰도를 동시에 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

## REFERENCES

1. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020, Construction Industry BIM Basic Guide- lines, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Sejong-si, Korea.
2. Kim, G. W., & Kang, S. J. (2022). Analysis of Legal Systems and Research Trends for CPTED Application in Buildings Based on BIM. *Environmental Design and Safety*, 13(3), 33 - 50.
3. Min, K. S. (2024). A Study on the Utilization of Smart Technologies for Effective CPTED Application at Construction Sites. *Environmental Design and Safety*, 15(3), 9 - 40.
4. Cho, T. Y., Moon, J. J., & Kim, J. W. (2021). A Study on Practical Issues and Process of Design BIM for Safety Environment Review in Apartment Housing. *Environmental Design and Safety*, 12(3), 189 - 212.
5. Hussain, M.D., Zheng, B.W., Chi, H.L., 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.
6. Zhao, L., Zhang, W., Wang, W.S. (2022). BIM-Based Multi-Objective Optimization of Low-Carbon and Energy-Saving Buildings. *Sustainability*. 14(20).
7. Růžička, J.; Veselka, J.; Rudovský, Z.; Vitásek, S.; Hájek, P. BIM and Automation in Complex Building Assessment. *Sustainability* 2022, 14, 2237. <https://doi.org/10.3390/su14042237>
8. Ilhan, B.R.Y., Yaman, H.K. (2016). Green building assessment tool (GBAT) for integrated BIM-based design decisions. *Automation in Construction*, 70. pp26-37.
9. Yu, E., & Choi, J. (2023). Development of Building Information Modeling-Based Automation Assessment Process for Universal Design of Public Buildings. *Journal of Computational Design and Engineering*, 10(2), 641 - 654.
10. Khoshedlnezamiha, G., Liew, S. C., Bong, V., & Ong, D. (2020). A BIM-Based Automated Assessment Tool for Green Building Index. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 943(1), 012059.
11. Yu, E.S., Ahn, Y.H., Choi, J.S. (2023). A Research on the Systematization of BIM Library Requirement Information for Green Building Certification. *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 28(4), pp.408-419.
12. Kim, D.Y., Lee, S.W., Nam, J.H., Kim, B.S., Kim, S.J.

- (2022). Strategies for Activating BIM-data Sharing in Construction - Based on cases of defining practical data and a survey of practitioners -. *Journal of KIBIM*, 27(1), pp.72-8.
13. Di Gaetano, F., Cascone, S., & Caponetto, R. (2023). Integrating BIM Processes with LEED Certification: A Comprehensive Framework for Sustainable Building Design. *Buildings*, 13(10), 2642.
  14. Jalaei, F., & Jrade, A. (2014). Integrating Building Information Modeling (BIM) and Energy Analysis Tools with Green Building Certification System to Conceptually Design Sustainable Buildings. *Journal of Information Technology in Construction*, 19, 494 - 519.
  15. Lee, Y.J., Kim, M.K., Jun, H.J. (2016). A Study on the Application of BIM System for G-SEED Certification Assessment. *JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Planning & Design*, 32(12), pp.63-70.
  16. Cozens, P. M., & Love, T. (2015). A review and current status of Crime Prevention through Environmental Design (CPTED). *Journal of Planning Literature*, 30(4), 393 - 412.
  17. 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), 63 - 83.
  18. Choi, W. C., Na, J. Y., & Lee, S. (2024). Evaluating intelligent CPTED systems to support crime prevention decision-making in municipal control centers. *Applied Sciences*, 14(15), 6581.
  19. Umer, M., Wetzel, E. M., Azhar, S., & Leousis, K. (2023). Benefits and Limitations of Crime Prevention through Environmental Design (CPTED) - A Review of Literature. Retrieved from
  20. 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), 121 - 174.
  21. 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), 1 - 12.
  22. Yeon, Y. J., & Kim, D. H. (2018). A study on the improvement of CPTED evaluation and certification standards for residential facilities. *Korean Journal of Criminology*, 12(1), 67 - 90.
  23. Choi, H. S., & Kim, M. C. (2020). Development of a visibility analysis algorithm using Grasshopper. *Journal of the Korea BIM Society*, 10(1), 53 - 64.
  24. Kim, Y. S., & Park, S. J. (2019). CCTV placement evaluation simulation using Ray-Tracing algorithm. *Journal of Korea CCTV Society*, 6(2), 25 - 38.
  25. Kim, K. A., & Kim, S. Y. (2019). Crime risk analysis using GIS-based CPTED and selection of safety facility locations. *Space and Environment*, 29(2), 31 - 57.
- (Received:2025.07.07, Revised:2025.07.31, Accepted:2025.08.06)