

# ChatGPT를 활용한 BIM 소방 설계 규정의 의미 기반 자동 검토 연구

김승한\*, 최제호\*\*, 조윤찬\*\*\*, 서강진\*, 진주완\*

\*건양대학교 방재보안학과, \*\*건양대학교 스마트농산업학과, \*\*\*건양대학교 재난안전소방학과  
e-mail:25858501@konyang.ac.kr

## Semantic-Based Automated Verification of Fire Protection Design Regulations in BIM Using ChatGPT

SeungHan Kim\*, Je-Ho Choi\*\*, Yun-Chan Jo\*\*\*, Gang-Jin Seo\*, Juan Jin\*

\*Dept. of Disaster Prevention and Security, \*\*Dept of Smart Agricultural Technology and Innovation, \*\*\*Dept of Disaster Safety & Fire Fighting, Konyang University

### 요약

최근 건축물의 대형화, 기후위기 속 화재 위험 증가에 따라 소방 설계 초기 단계에서의 법규 검토 중요성이 커지고 있다. 특히 “잘 보이는 위치에 설치”, “장애물이 없어야 할 것”과 같은 공간 배치 의도를 포함한 조항은 수치 기준만으로는 검토가 어려워, 설계자의 해석에 의존하고 있는 실정이다. 본 연구는 이러한 의미 기반 조항을 ChatGPT를 통해 해석하고, BIM 모델의 객체 속성과 연계하여 자동 검토 가능한 프레임워크를 제안한다. 이를 위해 시야 확보, 접근 용이성, 장애물 회피, 위치 인지의 네 가지 의미 분류 체계를 구성하고, Dynamo를 활용한 자동 검토 로직을 구현하였다. 그 결과, 의미 기반 문장을 속성값과 매핑하여 PASS/FAIL 여부를 확인할 수 있는 프로세스를 도출하였으며, 이는 향후 소방뿐 아니라 다양한 비정형 규정의 자동화 기반 마련에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 본 연구는 GPT의 일반 언어 해석 기능에 기반하고 있어 시각 인지, 사용자 행동 등은 반영되지 않았으며, 검토 정확도는 BIM 모델의 완성도와 속성 설정에 따라 달라질 수 있다는 한계가 있다.

## 1. 서론

건축물의 대형화 및 복잡화, 그리고 기후위기 속 화재 위험이 증가함에 따라 소방 설계 초기 단계에서의 법규 검토 중요성이 커지고 있다. 특히 특정소방대상물에 대한 설비 기준을 명확히 반영하는 것은 화재 피해를 예방하고 설계 오류를 최소화하는 핵심 요건이다. 그러나 현장에서는 여전히 사람이 수작업으로 법규를 해석하고 도면에 반영하는 방식이 일반적이며, 이로 인해 오류 발생 가능성과 검토 누락 사례가 빈번하게 나타난다.

예를 들어, 속초의 ‘D’ 아파트에서는 간이스프링클러, 단독경보감지기 등 필수 소방 설비 9종이 미비한 상태에서 불법 허가가 이루어졌다[1]. 이는 법규 검토의 실패가 실제 화재 안전성 저해로 이어질 수 있음을 단적으로 보여준다. 또한, 2022년 소방산업 통계조사에서는 소방 분야 종사자의 48.5%가 인력 채용에 어려움을 겪고 있다고 응답하며, 구조적인 인력 부족 문제 역시 법규 검토 프로세스에 부정적인 영향을 미치고 있다[2].

기존의 BIM 기반 자동 검토 기술은 주로 수치 기준에 의존한 Rule-based 접근이며, “1.5m 이하일 것”과 같은 정량적 조항은 판별이 가능하나, “보기 쉬운 장소에 설치”와 같은 문장은 설계 의도를 포함하고 있어 기계적 판단이 어렵다.

이에 본 연구는 생성형 AI인 ChatGPT를 활용하여 소방 법규

의 문장에 내재된 공간 배치 의도(접근성, 시야 확보 등)를 해석하고, 이를 BIM 모델의 객체 속성과 연계하여 실제 배치의 적합성을 검토하는 자동화 방식을 제안한다.

## 2. 공간적 설계의도 기반 소방 법규 특성 및 검토 한계 분석

### 2.1 공간배치 의도를 포함한 소방 법령의 문장 특성

기존의 자동화 검토 기술이 수치 기준에 국한된 반면, 소방 관련 화재안전기준에는 “잘 보이는 곳”, “보기 쉬운 장소”, “장애물이 없어야 할 위치”와 같은 공간 배치 의도를 포함한 문장이 반복적으로 등장한다. 예를 들어, 『NFPA 304』 제5조는 휴대용 비상조명등을 “잘 보이는 곳”에 설치할 것을 요구하며, 『NFPA 301』은 피난기구 위치 표지판을 “가까운 곳의 보기 쉬운 곳”에 부착할 것을 명시한다.

이러한 조항은 단순한 거리나 높이 비교가 아닌, 사용자의 위치 인지도, 시야 확보, 동선 간섭 최소화 등의 공간적 판단을 요구한다. 즉, 설계자의 해석과 의도가 개입되는 문장들로서, 기존 자동화 시스템에서는 검토 대상에서 제외되거나 수동 검토에 의존해 왔다.

## 2.2 기존 연구의 자동화 한계와 문제점

BIM을 활용한 법규 자동 검토는 주로 건축법, 피난 규정, 장애인 편의시설 기준 등 정량화된 수치 기준을 중심으로 발전해 왔다. Solibri, FORNAX, Revit Code Checking Extension 등 다양한 Rule-based 시스템이 활용되고 있으나, 이들은 객체의 수치 속성에 근거한 조건 비교에 국한되며, 규정에 포함된 모호하거나 해석이 필요한 문장에 대해서는 자동화 적용이 어렵다.

최근 국내 연구에서는 이러한 비정형 문장 처리의 가능성을 탐색하기 위한 다양한 시도가 이루어지고 있다. 자연어로 서술된 건축법규 문장을 워드임베딩 기법으로 벡터화하고, 의미 유사도 기반으로 문장을 분류하여 Rule Set 작성에 활용한 연구가 수행된 바 있다[3].

해외 연구에서도 규정 내 모호성 문제를 다룬 사례가 보고되었으며, 전체 규정의 약 53%가 정량화되지 않은 표현으로 구성되어 자동화 적용이 어렵다는 분석과 함께, 해석 가능한 모호성과 그렇지 않은 경우를 구분할 필요성이 제기되었다[4].

그러나 이러한 시도들은 대부분 건축 일반 규정 또는 구조 설계 중심에 머물러 있으며, 소방 설계 분야, 특히 공간 배치의도나 시야 확보 등 사용자 인지 반응을 유도하는 문장에 대한 해석과 BIM 연계 자동 검토는 부족한 실정이다. 본 연구는 생성형 AI 기반의 의미 해석과 BIM 객체 연동을 통해, 기존 Rule 기반 시스템이 다루지 못하던 의미 기반 설계 검토의 자동화 가능성을 제시하고자 한다.

## 2.3 의미기반 해석을 위한 생성형 AI의 가능성 검토

본 연구에서 ‘의미 기반 자동 검토(Semantic-based automated verification)’란, 소방법규 조항 중 단순 수치 기준이 아닌, 설계자의 공간 해석이나 사용자의 인지 반응을 유도하는 표현을 ChatGPT를 통해 해석하고, 그 해석 결과를 BIM 객체의 위치, 방향, 주변 조건 등과 비교하여 의도 충족 여부를 자동 판단하는 방식을 의미한다.

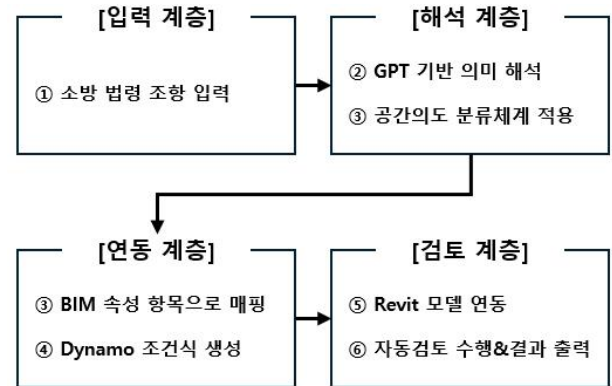
ChatGPT와 같은 대규모 언어모델은 자연어 문장을 구성하는 단어 간의 관계, 문맥, 행위 유도 목적 등을 해석하는 데 탁월한 능력을 보유하고 있다[5]. 기존의 Rule-based 시스템이 정량적인 조건만을 처리할 수 있는 것과 달리, 생성형 AI는 복합적인 문장 구조와 의미적 함의를 이해하고 이를 정리하거나 분류할 수 있는 장점을 지닌다[6].

이에 본 연구는 이러한 비정형 문장을 의미 단위로 구조화하기 위해 ChatGPT를 활용하고자 한다. 예를 들어, “보기 쉬운 위치에 설치”라는 문장을 GPT는 ‘시야 확보가 가능한 방향에 설치해야 함’이라는 공간적 의도로 해석할 수 있으며, 이는 BIM 객체의 위치, 방향, 주변 장애물 유무와 연결되어 배치의 적합성을 판단할 수 있게 한다.

## 3. 의미 기반 해석 및 BIM 자동 검토 프로세스 설계

### 3.1 의미 기반 BIM 자동 검토 프레임워크 구성

본 절에서는 소방 법령의 공간적 설계 의도를 GPT를 통해 해석하고, BIM 모델과 연계하여 자동 검토를 수행하기 위한 전체 프레임워크 구조를 제시한다. 그림1과 같이 입력-해석-연동-검토의 4단계 계층형 구조로 구분하여 설명하며, 각 계층은 역할에 따라 모듈화되어 구성된다.



[그림 1] 의미 기반 소방 법규 자동 검토 프레임워크

입력 계층에서는 화재안전기준의 원문 조항을 기반으로 의미 해석을 위한 데이터를 확보한다. 해석 계층은 생성형 AI(ChatGPT)를 활용하여 문장을 분석하고, 설계 의도를 사전 정의된 의미 분류 체계에 따라 태깅한다. 연동 계층에서는 해석된 의미를 BIM 속성으로 변환하고, Dynamo를 통해 자동 검토가 가능한 조건문으로 구조화한다. 검토 계층에서는 BIM 모델(Revit)과 연동하여 실제 설계 요소에 대한 자동 검토를 수행하고, PASS/FAIL 여부를 시각적으로 도출한다.

### 3.2 의미 기반 검토 대상 조항 선정 기준

의미 기반 자동 검토를 구현하기 위해서는 먼저 소방법규 중에서 정량 기준이 아닌 공간적 설계 의도나 사용자 반응 유도와 관련된 문장을 선별할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구는 다음의 네 가지 기준을 설정하여 검토 대상 조항을 추출하였다.

첫째, 문장 내 수치 기준이 명확히 제시되지 않은 경우이다. 예를 들어, “잘 보이는 위치”, “장애물이 없는 장소”와 같이 해석의 여지가 존재하는 문장은 정량 조건 기반 Rule Set으로 처리하기 어려우며, 의미 해석 기반 접근이 요구된다.

둘째, 사용자의 시야 확보나 인지 가능성을 직접적으로 요구하는 표현이 포함된 경우이다. “보기 쉬운 장소”, “쉽게 식별할 수 있는 위치”와 같은 표현은 단순 좌표 정보로는 판단할 수 없으며, 설계자의 시각적 고려가 필요하다.

셋째, 접근성이나 동선 간섭 여부 등 사용자 행동 유도와 관련

된 공간 배치 목적이 내포된 경우이다. 이는 “출입구로부터 가까운 위치”, “접근에 방해가 없는 곳” 등과 같이 규정의 본질적 목적이 사용자의 빠르고 안전한 이용에 있다는 점에서 해석이 요구된다.

넷째, 규정 문장이 판단의 일관성을 확보하기 어려운 주관적 표현을 포함한 경우이다. 이는 설계자나 감리자 간의 판단 차이를 야기할 수 있는 요소로, GPT와 같은 생성형 AI의 의미 통일 기능을 통해 해석 기반 표준화를 시도할 수 있다.

이러한 기준을 기반으로 본 연구에서는 「NFPC 301」, 「NFPC 304」 등의 조항 중에서 공간 배치 의미가 내포된 문장을 중심으로 분석을 진행하였다. 조항 선정은 규정에 포함된 문장의 표현 방식과 의도 해석의 필요성 여부를 중심으로 하였다.

### 3.3 의미 분류 체계 및 ChatGPT 프롬프트 설계

의미 기반 자동 검토를 수행하기 위해서는 먼저, 법령 문장에 내재된 설계 의도를 해석하고 이를 명확한 분류 체계로 구조화할 필요가 있다. 본 연구에서는 GPT의 자연어 이해 능력을 활용하여 조항 문장을 의미 단위로 분류하고, 해당 의미를 BIM 속성과 연결하기 위한 기반 작업으로서 다음의 과정을 수행하였다.

#### 3.3.1 의미 분류 체계

화재안전기준에서 의미 기반 해석이 필요한 문장을 표1과 같은 4가지 범주로 분류하였다. 이 분류는 공간의도적 설계 판단이 요구되는 법령 표현을 중심으로 정의되었으며, 각 항목은 BIM 모델에서의 자동 검토 항목으로 전환 가능하다.

[표1] 의미 기반 분류 체계

| 의미 분류  | 설명                        | 예시 표현               | BIM 검토 요소        |
|--------|---------------------------|---------------------|------------------|
| 시야 확보  | 사용자가 시각적으로 인지할 수 있는 위치 요구 | 잘 보이는 곳, 보기 쉬운 위치   | 시야각, 장애물 간섭 여부   |
| 접근 용이성 | 신속한 접근이나 비방해 위치 요구        | 가까운 곳, 접근이 쉬운 장소    | 사용자 경로 거리, 진입 방향 |
| 장애물 회피 | 기능 작동을 방해하지 않는 설치 조건      | 장애물이 없어야, 방해되지 않도록  | 전방 장애물 존재 여부     |
| 위치 인지성 | 위치 식별이나 인식 유도를 위한 조건      | 쉽게 식별할 수 있는, 명확한 표지 | 시선 유도 거리, 표지 위치  |

#### 3.3.2 ChatGPT 프롬프트 설계 및 적용 결과

의미 기반 해석을 수행하기 위해, 본 연구에서는 생성형 AI인 ChatGPT에 특정 형식의 프롬프트를 구성하였다. 해당 프롬프트는 화재안전기준의 원문 조항을 입력으로 하여, 문장 내 공간적

설계 의도를 사전 정의된 분류 체계(시야 확보, 접근 용이성, 장애물 회피, 위치 인지성)에 따라 분석하도록 유도하였다.

프롬프트는 다음과 같은 구조를 따른다.

입력: “피난기구의 위치표시등은 해당 피난기구가 설치된 장소의 보기 쉬운 곳에 설치하여야 한다.”

질문: 위 문장에서 설계자의 공간적 의도는 다음 중 어느 것에 해당하는가? [① 시야 확보, ② 접근 용이성, ③ 장애물 회피, ④ 위치 인지성]

출력: 시야 확보, 위치 인지성

또한, 해석의 일관성과 정확도를 높이기 위해 GPT에게 사전 역할을 부여하는 지시문을 함께 구성하였다. “당신은 소방 설계 전문가입니다. 입력되는 문장은 화재안전기준의 조항입니다. 해당 문장의 설계 의도를 공간적 분류 기준에 따라 분석하고 분류해 주세요.” 이와 같이 구성된 프롬프트를 기반으로, 본 연구는 의미 기반 검토가 필요한 대표 조항에 대해 실제 해석 결과를 도출하였으며, 결과는 아래 표2와 같이 정리된다.

[표2] 의미 기반 문장 분류 예시

| 조항명                    | 원문 문장                                                                                 | 분류된 의미         |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| NFPC 304 제4조 제2항 1호 가목 | 숙박시설 또는 다중이용업소에는 객실 또는 영업장안의 구획된 실마다 잘 보이는 곳(외부에 설치 시 출입문 손잡이로부터 1미터 이내 부분)에 1개 이상 설치 | 시야 확보, 접근 용이성  |
| NFPC 201 제9조 제2항       | 발신기의 위치표시등은 함의 상부에 설치하되, 부착지점으로부터 10미터 이내의 어느 곳에서도 쉽게 식별할 수 있는 적색 등으로 할 것             | 위치 인지성, 시야 확보  |
| NFPC 103A 제11조 제1항     | 송수구는 소화작업에 지장이 없는 장소에 설치하여야 한다                                                        | 접근 용이성, 장애물 회피 |
| NFPC 103A 제9조 제5호      | 간이헤드는 보의 수평거리 등을 고려하여, 살수에 장애가 없도록 설치할 것                                              | 장애물 회피         |

## 4. 의미 기반 BIM 자동 검토 프로세스 구현

본 연구에서는 의미 기반으로 분류된 소방법규 조항을 BIM 속성과 연결하여 자동 검토할 수 있는 Dynamo 기반 구현을 수행하였다. 먼저, 의미 분류 체계(시야 확보, 접근 용이성, 장애물 회피, 위치 인지성)를 기준으로, Revit 객체의 위치, 거리, 방향, 시야각 등의 속성 항목과 연계되는 매핑 전략을 구성하였다. 이 매핑 구조는 의미 해석 결과를 설계 데이터와 연결하는 핵심 연결고리로 작용한다.

예를 들어 “시야 확보” 조항은 객체 기준 전방 1.5m 범위 내에 장애물(가벽, 기둥, 설비 등)이 존재하는지를 시야각 및 거리 조건 노드를 통해 자동으로 판단하였으며, ‘FAIL’ 시 해당 객체의

속성에 결과 값을 기록하고, Revit과 연동된 색상 필터를 활용하여 시각적으로 표현하였다. 또한 “접근 용이성” 항목은 출입구와의 거리(20m 이하 조건) 및 경로 장애물 여부를 거리 측정 및 경로 간섭 확인 노드를 이용해 검토하고, 결과값은 Revit 필터 조건과 연결되어 객체에 대한 PASS/FAIL 상태를 시각적으로 확인할 수 있도록 구현하였다.

해당 조건문은 의미 해석 결과(GPT의 출력)와 직접 연동되는 구조로 구성되며, Dynamo 스크립트의 핵심 로직은 ① Revit 요소 필터링 → ② 위치/거리 속성 추출 → ③ 조건 비교 노드 구성 → ④ Boolean 판정 → ⑤ 시각화 출력 단계로 이루어진다.

이와 같은 자동 검토 구조는 기존 수작업 중심의 공간 배치 판단을 BIM 기반 속성 비교 방식으로 전환함으로써, 설계자의 해석 개입을 최소화하고 검토의 일관성과 시각적 직관성을 확보할 수 있다. 또한, 의미 기반 조건이 구조화됨으로써 향후 유사 규정에 대한 Rule Set 확장도 가능하게 된다.

## 5. 결론

본 연구는 소방 설계 법규 중 공간 배치 의도를 포함한 문장을 생성형 AI(ChatGPT)를 통해 해석하고, 이를 BIM 모델의 속성과 연계하여 자동 검토하는 프로세스를 제안하였다. 기존의 Rule-based 시스템이 처리하지 못하던 “잘 보이는 곳”, “장애물이 없어야 할 위치”와 같은 비정형 표현을 의미 기반 분류 체계를 통해 구조화하고, Dynamo 스크립트를 활용하여 자동 검토 가능 조건으로 전환하였다.

시스템 구현 과정에서는 시야 확보, 접근 용이성, 장애물 회피, 위치 인지성의 4가지 분류 기준을 설정하고, 각 기준에 적합한 BIM 속성(객체 전방 거리, 진입 경로 거리, 시야각 등)과 매핑하여 검토 로직을 구성하였다. 이를 통해 설계자 주관에 의존하던 판단을 자동화 구조로 전환하고, 설계 오류의 사전 발견과 품질 향상 가능성을 제시하였다.

이러한 의미 기반 자동 검토 방식은 Revit-Dynamo 환경에서 실무자 수준에서도 구현 가능하다는 장점이 있으며, 향후 소방뿐 아니라 피난, 장애인 편의시설, 보건시설 등 공간적 의도가 포함된 다양한 규정에도 적용할 수 있다. 또한 의미 해석 기능이 GPT를 통해 확장 가능하다는 점에서, 법령 개정 시에도 유연한 대응이 가능하다는 특징을 지닌다.

그러나 본 연구는 GPT의 일반적 언어 해석에 의존하고 있어, 시각 인지 정보, 실제 사용자 행동 패턴 등은 반영되지 못하였으며, BIM 모델의 완성도와 속성 구조에 따라 자동 검토의 정확도도 달라질 수 있다는 한계가 있다.

향후에는 GPT의 역할을 단순한 의미 해석에 그치지 않고, BIM 속성 매핑, 자동 조건문 생성, API 연동을 위한 룰셋 구조 변환 등으로 확장함으로써 완전 자동화된 검토 시스템으로의 전

환 기반을 마련할 수 있을 것이다. 또한 의미 기반 해석의 정확도를 높이기 위한 커스터마이징 모델 학습, 시야 확보 조건의 실증 검증을 위한 시뮬레이션 기반 시야 분석, 사용자 인지 반응을 반영한 AR/VR 기반 공간 인지 실험 등의 보완 연구도 요구된다.

## 참고문헌

- [1] 설악투데이, 소방설비 누락되었는데 허가한 속초소방서...설치 항목 임의 삭제한 서식 사용, 2023년 8월 14일, <https://www.srtoday.co.kr/>
- [2] 소방청, 2022년 소방산업 통계조사집, 2023년 2월
- [3] 송재열, 이진국, “BIM기반 설계품질 자동검토를 위한 워드임베딩 활용 의미분석 접근방법”, 한국CDE학회 논문집, 제 23권 4호, pp. 384-393, 12월 2018년
- [4] hang, Z., Ma, L. and Nisbet, N., “Unpacking Ambiguity in Building Requirements to Support Automated Compliance Checking”, Journal of Management in Engineering, 39(5), pp.1-11, Jul 2023
- [5] OpenAI, GPT-4o System Card, Aug 2024
- [6] 최중식, 김구택, 황혜빈, 안용한, 유은상, “BIM 기반 설계인증 자동화 평가 시스템의 ChatGPT API 연계 프로세스 연구”, 한국CDE학회 논문집, 제 29권 3호, pp. 221-231, 9월 2024년