

3D 안전상태지도 제작을 위한 건물 화재안전 평가항목 도출

윤준희, 김태훈*

한국건설기술연구원 미래융합연구본부

Derivation of Building Fire Safety Assessment Factors for Generating 3D Safety Status Map

Junhee Youn, Taehoon Kim*

Dept. of Future Tech. and Convergence Research, KICT

요약 화재예방 및 신속대응을 위한 다양한 기술, 시스템 및 법제도가 도입되고 있지만 매년 화재로 인한 인명 및 재산 피해는 줄지 않고 있다. 화재로 인한 재난을 관리하기 위해서는 공간정보 기반의 안전상태지도의 개발이 필요하며, 각 위치정보에 대한 속성정보의 적합성을 확보하는 것이 필요하다. 안전상태지도는 목적에 맞는 안전상태 평가의 평가항목을 도출하고, 지수화 한 후, 다양한 방법으로 조사한 결과를 위치정보에 정합시켜서 제작된다. 본 논문에서는 3D 안전상태지도 제작을 위한 건물 화재안전 평가항목을 도출한다. 우선, 국내외 안전평가 모델의 평가항목을 조사하여 한국 3D 안전상태지도로의 적용성을 분석한다. 다음으로 화재안전 평가모델의 평가항목을 도출한다. 평가항목은 정보수집 활동에 따라 '건물의 기본정보를 통하여 평가가 가능한 항목'과 '현장조사를 통하여 평가가 가능한 항목'으로 구별되어 도출된다. 항목 도출 결과, 다섯 개 카테고리(업종위험, 건물 안정성, 소방 설비 시설, 화재위험성, 화재대응상태)에 걸쳐 총 14개의 평가항목을 도출하였다.

Abstract Various technologies, systems, and legal systems are applied to prevent and quickly respond to fire disaster; nevertheless, the damages to life and property caused by fires are not reduced every year. For managing fire disaster, generating spatial information-based safety status map and procuring suitability of attribute information for each position information are essential. The safety status map is generated by deriving the fire safety status assessment factors, indexing, and locating the surveying results through various methods. In this paper, we deal with derivation of building fire safety assessment factors for 3D safety status map. At first, we survey the foreign and domestic fire assessment model cases and its factors, and analyze the applicability of Korean 3D fire safety status map. Next, assessment factors for fire safety assessment model are derived. Assessment factors are derived and categorized by their information collecting activity; factors that can be accessed through basic building information and factors that can be accessed through field survey. As a derivation result, 14 assessment factors were derived over five categories(Industry Risk, Structural Risk, Fire Fighting Facility, Fire Dangerousness, Fire Response Status).

Keywords : 3D Safety Status Map, Fire Safety Assessment, Safety Assessment Factor, Spatial Information, Building Fire

본 연구는 행정안전부 공간정보 기반 실감 재난관리 맞춤형 콘텐츠 제공 기술개발사업의 연구비지원(과제번호 20DRMS-B146826-03)에 의해 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Taehoon Kim(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)
email: kth@kict.re.kr

Received August 11, 2020

Revised September 10, 2020

Accepted October 5, 2020

Published October 31, 2020

1. 서론

최근 밀양 세종병원 화재(2018)나, 서울 종로 고시원 화재(2018), 김포 요양병원 화재(2019), 서울 중구 제일평화시장 화재(2019) 등 건물 화재 시 발생한 많은 인명 및 재산피해로 인해 대국민적 사회적 관심도와 불안감이 증가하고 있다. 이에 정부에서는 화재안전을 위해 주기적으로 소방훈련 및 소방안전교육을 실시하고, 관련 법규정을 강화하며, 화재안전특별조사와 소방장비 확충 및 재난 대응시스템 강화 등을 추진하고 있다. 그러나 건축물의 고층화, 복잡화, 대형화 및 고밀화 등으로 인해 화재위험성은 줄지 않고 있다. 2019년 소방청 통계연보에 따르면 매년 화재는 약 4만 건 이상 발생하고 있고, 인명피해도 약 2,000명 이상 지속적으로 발생하고 있으며, 소방시설을 설치하여야 하는 건축물인 특정소방대상물도 전국적으로 약 216만 건에 이르고 있다[1].

화재로 인한 재난을 관리(mitigation, preparedness, response)하기 위해서는 공간정보 기반의 안전상태지도의 개발이 필요하며, 각 위치정보에 대한 속성정보의 적합성을 확보하는 것이 필요하다. 재난으로 인한 피해를 줄이기 위해서는 안전성 또는 위험성을 평가하는 것이 재난 대응과 계획을 세우는 측면에서 매우 중요하며 [2-Masoumi] 이는 화재로 인한 재난에도 똑같이 적용된다. 또한 재난은 기본적으로 공간의 속성을 가지고 있으므로 공간정보과학은 재난관리에 핵심적인 역할을 한다[3]. 이에 따라 재난 또는 화재의 안전성 평가는 최근 공간정보 분석과학의 발달과 함께 안전지도(safety map 또는 hazard Map)의 형태로 표출되며 다양한 공간분석을 통해 재난관리에 활용되고 있다. Chio et al.(2013)은 도시 주거지 발생요인의 위계설정을 통한 화재발생위험 예측모델 및 위험지도를 개발하였다[4]. 해당 논문에서는 2007년 이후 4년간의 화재 발생이력을 조사하고, 전문가 설문을 통해 위계를 설정하여 발생 원인을 계층화 시켰다. 이를 통해 위험도를 예측할 지표를 만들고 이차원의 화재 위험지도를 제작하였다. Masoumi et al.(2019)은 무인비행체로 제작한 대상지의 위치정보와 각 건물의 속성정보(주로 업종)를 합성하고 공간분석을 통해 도심지역에 대한 이차원 화재 위험지도를 제작하는 방법을 제안하였다[2]. 해당 연구 역시 전문가 조사를 통해 각 평가항목에 대한 가중치를 결정하였다. 기술의 발전과 소방 방재활동의 전문화로 인해, 이차원 화재 위험지도는 삼차원 화재 안전상태 지도의 개발로 최근 연구가 진행되고 있다. Kim et al.(2019)은 삼차원 공간정

보를 기반으로 실감형 재난관리를 위한 3D 안전상태정보 플랫폼의 아키텍처 설계방안을 제시하였다[5]. 해당 플랫폼의 각 건물별 화재 안전상태 정보는 다양한 방법으로 취합될 화재 안전상태 평가항목과 그 항목의 평가기법의 분석 결과물일 것이다.

화재 안전성 평가는 평가 건물 및 국가별로 다양한 기법이 연구·적용되어 왔다. 대표적인 평가기법으로는 스위스의 Gretenner's Method, 미국 표준연구소의 FSES(Fire Safety Evaluation System), 한국화재보험협회의 KFRI(KFPA Fire Risk Index) 등이 있다. Santos et al.(2017)은 Gretenner's Method를 적용하여 포르투갈 Coimbra 구 시가지의 화재 위험 분석에 활용하였다[6]. FRAME(Fire Risk Assessment Method for Engineering)은 Gretenner's Method가 발전되어 개발된 평가 방법으로서, Guo(2019)는 해당 모델을 중국 Shijiazhuang 지역의 상업건물(commercial building)의 화재 위험 평가에 활용하였다[7]. Gretenner's Method와 FRAME은 Santana et al.(2007)에 의해 동일지역에 적용되어 졌다[8]. Santana et al.(2007)은 두 가지 모델을 사적지(historical area)인 Montemor-o-Velho 지역의 화재 위험성 평가에 활용하고 그 장단점을 언급하였는데, 결국 이 두 모델은 상호 보완적이며 목적에 맞게 평가항목을 변형하여 활용하여야 함을 주장하였다[8]. Koo et al.(2016)은 도시화재 위험성 평가 시스템의 구축 및 적용성에 관한 연구에서 일본의 도시화재 위험성 평가 방법의 국내 적용성을 검토하였으며, 건축물 DB 구축 및 시뮬레이션 개선을 통해 국내 실정에 적합한 평가방법의 구축이 필요함을 보였다[9]. 한국에서 개발된 화재위험 평가기법인 KFRI는 Lim et al.(2018)이 업무용 빌딩의 화재안전도가 건물 가치에 미치는 영향을 도출하는데 사용되기도 하였다[10]. 이상에서 살펴본 바와 같이 화재안전성 평가기법 및 평가항목은 주로 기존의 모델 및 항목을 기반으로 목적과 대상에 따라 변형되어 활용되어 왔다.

본 논문에서는 3D 안전상태 지도 제작을 위한 화재안전 평가항목의 도출을 제안한다. 다양한 논문에서 화재의 취약성 혹은 안전성을 표현하는 지도의 명칭을 '위험지도', '안전지도', 혹은 '안전상태지도'라 혼용하여 쓰이는데, 본 논문에서는 이후 '안전상태지도'라 통일하여 사용할 것이다. 논문의 구성은 다음과 같다. 우선, 국내외 화재 안전평가 등급을 구성하는 평가항목의 구성 사례를 조사, 분석하여 시사점을 도출한다. 다음 장에서는 분석된 시사점을 기반으로 최종적인 화재안전 평가항목을 도출한다. 화재안전 평가항목은 크게 세 가지 원칙에 의해

서 도출된다. 첫째, 기존 선행연구를 통해서 평가항목의 후보를 정한다. 둘째, 광역 지도제작을 전제로 정보의 수집 단계별 편이성을 기준으로 도출한다. 셋째, 층 별, 방 별 다양한 안전상태가 나오도록 평가항목을 도출한다. 제시된 평가항목 도출 방식 및 원칙은 기존 연구와 차별되는 부분이라 할 수 있다. 마지막으로 결론을 기술한다. 평가항목은 도출과정에서 손해보험 관련 기업체, 재난 대응 관련 학계, 연구원 등으로 구성된 자문인 들의 자문을 거쳐 수정 보완 되었다. 자문은 대면회의를 통해 이루어졌으며 주로 국내현실과의 괴리가 있는지 여부에 대한 의견을 수렴하였다(예: 흡연여부 판단의 어려움, 소화기 소화전은 법규에서 정하였기 때문에 따로 조사하는 것이 의미 없음, 수동화재 경보장치는 의무 장착이기에 평가 항목으로 의미 없음 등).

2. 국내외 화재안전 평가항목 분석

2.1 Gretener Method의 평가항목 및 적용성 분석

어떠한 건물에 대한 화재 발생 가능성과 화재로 인한 손해 발생률을 측정하기 위한 대표적인 정량적 방법으로는 Gretener Method가 있다[11, 12]. Gretener Method는 스위스 방화협회 회장인 M. Gretener에 의해 제시된 방법으로 우리나라에 도입되어 화재보험협회 등에서 다각적인 연구를 진행하여 왔다[12]. Gretener Method의 화재위험도는 식 (1)과 같이 화재위험인자 나누기 화재방호인자로 정량화 한다.

$$\text{화재위험도}(R) = \frac{\text{화재위험인자}}{\text{화재방호인자}} \quad (1)$$

화재위험인자는 두 가지 요소의 곱으로 구성되며 그 두 요소는 잠재위험요소와 활성위험요소이다. 잠재위험 요소는 일곱 개의 평가항목으로 구성되며 이동화재하중, 연소성, 연기위험, 독성위험, 고정 화재하중, 층 위치, 표면적 구조 등이다. 활성위험요소는 열적 위험, 전기위험, 기계위험, 화학위험, 정리정돈, 유지관리, 화기 취급, 흡연 여부 등이다. 화재방호인자는 일반대책, 특별대책, 그리고 건물 내화도 요소의 곱으로 구해진다. 일반대책의 평가요소는 소화기, 소화전, 수원 공급의 신뢰성, 급수 배관의 길이, 그리고 숙련된 직원 등이다. 특별대책의 평가항목은 화재 탐지, 정보 전달, 소방대 출동능력, 출동시간, 자동소화설비, 제연설비 등이다. 건물 내화도는 내화

구조, 외벽, 층간 구획, 내화실 크기 등이다.

Gretener Method의 평가항목을 분석해보면, 특히 활성위험요소, 일반대책 등에서 국내 건물의 평가항목으로 차용하기에 재고해야할 부분들이 존재한다. 활성위험요소 중, 정리정돈과 유지관리는 Kim(2010)에서 지적했듯이 절대 값이 아니고 비교 목적을 위한 상대적 위험요소로 전문가 간의 의견 불일치가 있어 본 연구에서 정량화 하여 도출하고자 하는 화재위험 평가지수에 반영하기에 어려움이 존재한다[13]. 또한 흡연 여부도 규정 상 존재하는 흡연여부와 실제 흡연여부를 판단하는 것이 현실적이지 않으므로 적용하기에 어려움이 존재한다. 일반대책의 소화기와 소화전의 경우, 국내 법규 상 모든 건축물에 의무적으로 장착되어 있기 때문에 따로 평가항목으로 정하는 것이 무의미하다고 판단된다. 수원 공급의 신뢰성, 급수 배관의 길이항목 역시 국내 법규에 따라 시공되는 건물의 해당 설비를 판단하는 자체가 무의미하여 평가지수에 반영하지 않아야 한다. Gretener's Method는 세계적으로 매우 많이 활용되는 평가항목이나, 재실자의 대피 용이성과 타 건물과의 이격거리가 고려되지 않음은 단점으로 지적되고 있다[8, 13]. Table 1은 Gretener's Method의 평가요소 및 평가항목[6]과 본 연구에서 도출하고자 하는 평가항목으로의 수용 여부를 나타내고 있다. Table 1의 항목 옆에는 각각의 항목명 뒤에 색인(P1~P7, N1~N5 등)을 두어 다음 장에서 도출될 최종 평가항목과의 연관성을 보이도록 한다. Table 1에서 O는 '적극 수용', X는 '수용하지 않음'을 의미한다.

Table 1. Gretener Method's fire risk assessment factors and acceptance

Category	Factor	Acceptance
Potential Fire Risk (P)	Dynamic Fire Load (P1)	O
	Combustibility (P2)	O
	Smoke (P3)	O
	Corrosion (P4)	O
	Static Fire Load (P5)	O
	Floor Level (P6)	O
	Surface Amplitude (P7)	O
General Countermeasure (N)	Portable Extinguisher (N1)	X
	Hydrant (N2)	X
	Water Supply (N3)	X
	Length of Pipe Line (N4)	X
	Experienced Staff (N5)	X
Special Countermeasure	Fire Detector (S1)	O
	Alert (S2)	O

(S)	Ability of Public Fire Brigade Dispatch (S3)	O
	Time of Fire Brigade Dispatch (S4)	O
	Automatic Fire Detecting System (S5)	O
	Smoke Evacuation System (S6)	O
Building Fireproof (F)	Fireproof Structure (F1)	O
	Facade (F2)	O
	Compartment (F3)	O
	Size of Fireproof Chamber (F4)	O
Active Risk (A)	Heat·Electric·Mechanic·Chemical Risk (A1)	O
	Arrangement (A2)	X
	Maintenance (A3)	X
	Fire Handling (A4)	O
	Smoking (A5)	X

2.2 FSES의 화재안전 평가항목 및 적용성 분석

FSES(Fire Safety Evaluation System)는 70년대 미국 표준연구소의 소방안전 엔지니어링 팀에서 개발한 화재 안정성 평가시스템으로서, 미국 NFPA (National Fire Protection Association) 101 인명안전 코드에 명시된 내용과 실제 건축물의 화재 안전 수준을 비교하는 정량적 평가방법이다. FSSE 평가항목은 구조(1층, 2층, 3층, 4층 이상 등), 복도와 피난통로의 내장재, 실내 내장재, 복도의 벽, 복도로 향한 문, 방화구획의 크기, 수직 개구부, 위험지역, 제연, 비상 이동경로, 수동 화재경보장치, 연기감지 및 경보장치, 그리고 자동 스프링클러의 여부 등으로 구성된다[14].

FSES 평가항목은 수동 화재 경보장치를 제외한 대부분의 항목이 국내에 적용 가능할 만하다. FSES의 경우 구체적인 인명안전기준에 따른 화재안전 수준 비교를 위한 평가 법으로 평가기준의 선정 방식과 각 평가항목에 대한 정량적 지표의 설정 및 가중치 설정에 대한 기술적 자료를 제공한다는 점에서 본 연구에서의 활용가능성이 높다고 볼 수 있다. 그러나 현행 FSES는 의료시설 및 유치장, 교정시설, 숙소, 보호시설, 업무시설 등에 대한 평가시스템으로[14] 공장이나 다중이용시설 등의 일반적 도시 건축물 전반에 적용하기 어려운 측면이 존재한다. 예를 들어 복도의 벽, 복도로 향한 문, 방화구획의 크기, 수직 개구부 항목의 경우, 의료시설, 유치장, 교정시설, 숙소 등에는 적용이 가능하거나 중요한 요소이나, 일반적 도시 건축물 전반에 적용하기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 해당 항목들의 취지를 살리면서 '피난 용이성'항

목으로 부분 반영하고자 한다. 국내 건축물의 경우, 수동 화재 경보장치는 국내 법규 상 모든 건축물에 의무적으로 장착되어 있기 때문에 따로 평가항목으로 정하는 것이 무의미하다고 판단된다. Table 2는 FSES 화재 안전 평가항목과 본 연구에서 도출하고자 하는 평가항목으로의 수용 여부를 나타내고 있다. Table 2의 항목 옆에는 각각의 항목 뒤에 F1부터 F13까지의 색인을 두어 다음 장에서 도출될 최종 평가항목과의 연관성을 보이고자 한다. Table 2에서 O는 '적극 수용', △는 '부분 수용', 그리고 X는 '수용하지 않음'을 의미한다.

Table 2. FSES fire safety assessment factors and acceptance

Factor	Acceptance
Structure - Floor Level (F1)	O
Interior Material - Corridor, Evacuation Passage (F2)	O
Interior Material - Room (F3)	O
Corridor Wall (F4)	△
Gate toward Corridor (F5)	△
Size of Fire Compartment (F6)	△
Vertical Opening (F7)	△
Dangerous Zone (F8)	O
Smoke Venting (F9)	O
Emergency Routing (F10)	O
Manual Fire Alarm System (F11)	X
Fire(Smoke) Detecting System (F12)	O
Automatic Sprinkler (F13)	O

2.3 국내 화재안전 평가항목 적용성 분석

KFRI(KFPA Fire Risk Index)는 한국화재보험협회(KFPA; Korea Fire Protection Association)에서 실시하는 특수건물 안전점검에 기반을 두어 개발된 화재위험 평가기법을 말한다. KFRI의 화재안전도 결정요인은 기본지수, 잠재위험지수, 그리고 신뢰도로 구별된다. 기본지수를 산출하기 위한 평가항목은 과거 5년간의 업종별 실제 화재통계자료에 근거한 발화빈도와 소손율(K1)이다. 잠재위험지수를 산출하기 위한 평가항목은 화기(K2)·위험물(K3)·가스시설(K4)·전기시설(K5)의 위험도이며, 신뢰도를 산출하기 위한 평가항목은 자동화재탐지설비(K6), 비상경보설비(K7), 방호면적(K8), 자동소화설비(K9), 수동소화설비(K10) 등이다[10]. KFRI의 평가항목은 실제 화재보험협회에서 보험계약 체결 시 활용되는 항목으로써 수동소화설비 항목을 제외한 모든 항목이 본 연구에서 도출하고자 하는 평가항목에 적용이 가능하다.

수동소화설비 항목의 비적용 사유는 Gretner Method의 경우와 같다. KFRI의 단점으로는, 건물 구조적 측면에서 불연성, 가연성 측면을 고려하지 않은 점과 단일건물에 대한 화재 위험성 평가만을 다루기에 주변 건물과의 이격거리 및 화재 시 재실자의 피난 용이성, 화재진압 소방대의 접근성 등을 고려하지 않은 부분을 들 수 있다.

3. 화재안전 평가모델의 평가항목 도출

본 장에서는 정보수집 활동에 따라 2단계에 걸친 화재안전 등급 산정 방식을 제안하고 이를 위한 평가항목을 그룹핑한다. 첫째는 건축물 대장 정보 등 일반적으로(관리 시스템 등으로) 획득 가능한 '건물의 기본 정보를 통하여 평가가 가능한' 항목의 도출이다. 본 연구에서 도출하고자 하는 화재안전 평가모델의 평가항목이 전장에서 분석한 기존 평가항목과 다른 점은 광역단위 3D 안전상태 지도 제작을 목표로 하고 있다는 점이다. 광역 단위의 화재안전 지도가 제작되기 위해서는 그 정보의 수집시간의 제약을 생각하지 않을 수 없다. 따라서 현장 방문 없이 낮은 수준의 화재안전 평가가 가능하기 위해서 일반적으로 획득 가능한 평가항목을 도출하여 그룹핑한다. 둘째는 현장 서베이를 통한 평가가 가능한 항목의 도출이다. 건물의 건축연도를 알고 있다면 그 시기 법에서 규정하고 있는 시설물들의 설치가 어떠한 것이었는가를 유추할 수 있다. 그러나 그러한 시설들의 정상이 정확히 작동하고 있는지의 여부는 알 수 없으며 건물의 노후도로부터 유추할 수밖에 없다. 따라서 보다 자세한 평가를 위해서는 현장 방문 조사가 불가피 하다. 따라서 두 번째 단계는 '현장 정밀조사를 통해 평가가 가능한' 항목을 도출하여 그룹핑 하는 것이다.

건물의 기본정보를 통한 평가항목은 업종위험과 건물안정성으로 구분하여 도출한다. 국내 건축환경은 규제 준응도가 매우 높은 시장특성을 지니고 있다. 대규모 산업시설 등을 제외하고 일반 건축물의 경우 건축 인허가 시 요구되는 당시 규제수준에 맞춰 안전시설을 설치·운영하는 경우가 대부분이며, 추후 관련 규제가 강화 또는 개선될 경우에도 대부분의 안전관련 시설과 설비는 소급적용되지 않는 시장특성이 있다. 특히, 다중이용시설 등의 용도별 사용에 따른 화재안전 규제가 적용되지 아니하는 주거, 상업, 공장 등의 일반 시설물의 경우 기술기준의 변화와 무관하게 사용승인일 기준의 법적규제 수준을 유지하는 정도의 유지관리가 이뤄지기 때문에 동일용도 또는

동일 구조의 최신 건축물과는 상이한 화재안전도를 가진 건축물이 다수 존재한다. 화재안전과 관련된 기술기준 등 관련 규제의 경우 대형화재사고 발생에 따른 사회적 요구가 대두되는 시점에서 해당 관련 시설 및 용도에만 한정하여 규제를 강화한 경우가 일반적이며, 이는 동일 건축물 또는 공간상의 배치에도 불구하고 상이한 화재안전도를 적용해야하는 경우가 다수 존재한다. 또한 건축물의 구조, 층수, 면적에 관련한 기준에 따라 적용되는 규제의 종류 및 수준도 상이하다.

건물의 기본정보를 통한 평가항목 도출결과 총 네 가지의 평가항목을 결정하였다. 업종위험 기준으로 업종별 위험도를 그리고 건물 안정성 측면에서 건물구조, 건물층수, 그리고 노후도를 도출하였다. 업종별 위험도는 34개 업종으로 나뉘어서 보험요율 및 인명피해 발생 통계 기반의 위험도를 측정할 것이다. 구조적 위험도는 건물구조, 건물 층수, 노후도를 평가항목으로 선정하였다. 건물구조는 내화, 불연, 가연, 드라이비트 유무 등을 판단하여 레벨을 선정할 것이다. 건물구조는 Gretner's method, FSES, KFRI에 모두 포함된 평가항목이다. 건물 층수는 Gretner's method와 FSES에서 제시하고 있는 평가항목이기도 하다. Table 3은 본 연구에서 도출한 평가항목을 표로 보여주고 있다. Table 3의 셋째 열은 앞장에서 분석한 기존 평가항목과(Table 1, Table 2)의 연관성을 나타낸다. Table 3에서 Industry Risk와 Structural Risk가 건물의 기본정보를 통한 평가항목에 해당한다.

현장 정밀조사를 통해 평가가 가능한 항목은 소방설비 시설, 화재위험성, 그리고 화재대응상태로 구분하여 도출한다. 화재발생 초기에 화재를 감지하고 건축물 내 재실자에게 적절한 경보를 발생하고 동시에 신속한 신고를 실시하여 조기대응을 가능하게 하는 소방시설(자동화재탐지설비 및 자동화재소축설비 등)은 화재발생시 화재피해 규모를 경감하는데 큰 역할을 한다. 자동소화설비의 경우에도 화재의 초기진압을 가능하게 하며 화재에 대한 직접 감시가 어려운 경우에도 자동으로 화재를 진압할 수 있다는 점에서 높은 수준의 화재방호 성능을 확보할 수 있다. 이와 더불어 화재 및 연기의 거동을 제어하고 재실자의 피난활동을 지원하는 제연설비 등은 화재 발생시 인명피해 발생 저감에 큰 효과가 있다. 따라서 이러한 액티브 설비(소방시설)의 유무와 작동여부는 건축물의 화재위험도를 결정짓는 주요한 요소로 작용할 수 있다. 화재의 발생가능성에 큰 영향을 미치는 가연물의 양과 위험성에 대한 고려는 화재로 인한 피해에 결정적 영향을 미칠 수 있는 요소이며 동시에 화재의 크기 및 피해발

생 규모에 영향을 주기 때문에 주요 화재특성으로 분류하여 화재위험도 산정요소 반영이 요구된다. 가연물의 양과 분포는 동일 건축물 내부에서도 구획실에 따라 차이를 가지며 이에 대한 관리 상태와 가연물 자체의 위험성에 있어서도 큰 차이를 보인다. 화재위험도 산정에서는 이를 반영하여 각 구획실 및 건축물의 화재위험도 산정에 반영하여야 한다. 건물의 실 별 화재화중 및 위험물의 유무는 3D 안전상태 지도를 제작하는데 있어 중요한 공간정보이다. 공간정보는 위치정보와 속성정보로 구별된다. 각 실의 위치정보에 속성정보로써 화재화중 및 위험물의 유무에 대한 평가항목을 입력함으로써 한 건물에서도 층별, 실 별 위험도가 다른 3D 안전상태 지도를 만들 수 있는 것이다. 위상관계를 고려하는 공간정보 분석의 특성을 감안한다면, 주변의 위험, 즉 건물 간 이격거리라든가 타 건물구조와의 조합 또한 중요한 평가항목의 하나이다. 건물 간 이격거리나 방화구조 등은 주변건물로의 화재확산 및 피해발생의 주요한 원인으로 작용할 수 있으며, 2차 피해발생의 주요한 원인을 제공할 수 있다. 이러한 주변위험이 고려되지 않음은 Gretener's method의 한계로서 Kim(2010)이 제기한 바 있다[13].

화재 대응상태 측면에서는 화재 발생 시 신고가 신속히 이루어지는지, 신고 후 피난이 용이한지, 그리고 화재 신고 후 소방대의 접근이 용이한지를 평가하여야 한다. 대부분의 대형 화재사고의 경우 재실자 및 관계자에 의한 직접 진화가 어려운 상황이 다수 존재하며 피해가 발생하는 대부분의 화재가 외부 소방대의 출동과 진압 및 구조 활동이 요구되는 상황임을 고려하였을 때 피해발생 저감을 위해서 외부 소방대의 접근과 출동소요시간, 그리고 피난 용이성에 대한 고려가 요구된다.

현장 정밀조사를 통한 평가항목 도출 결과 총 아홉 가지의 평가항목을 결정하였다. 소방 설비 시설 측면에서 자동소화설비, 자동화재탐지시설, 제연설비, 그리고 화재위험성 측면에서 화재화중, 위험물, 주변위험을 도출하였다. 또한 화재대응 상태 측면에서 피난용이성, 신고신속성, 그리고 접근성을 도출하였다. 화재 하중(fire Load)은 가연성 물질의 발열량을 의미하며, 위험물(dangerous substances in indoor)은 유류 등 화재에 위험한 물질의 적재 정도를 의미한다. 주변위험(Dangerous Zone)은 타 건물 구조와의 결합된 건물인지 또는 타 건물과의 이격거리를 나타내는 지표로 활용된다. 피난 용이성은 피난통로에 장애물이 있는지 여부, 시건장치가 있는지 여부로 판단 가능하다. 신고신속성은 상시 관리자가 존재하는지, 화재속보기 등이 동작하는지 등의 유지관리 측면을

판단한다. 소방대접근성은 소방대의 접근로의 확보, 소방대와의 거리 등을 판단한다. 자동소화설비와 자동화재탐지설비, 그리고 신고 신속성은 Gretener's method, FSES, KFRI에 모두 포함된 평가항목이다. 제연설비, 화재화중은 Gretener's method와 FSES에 포함된 평가항목이기도 하다. 주변위험은 전장에서 분석한 사례 중 FSES에만, 피난용이성은 FSES에만, 소방대접근성은 Gretener's method에만 포함되어있는 항목이다. Table 3에서 Fire Fighting Facility와 Fire Dangerousness, 그리고 Fire Response Status 가 현장 정밀조사를 통한 평가항목에 해당한다.

Table 3. Derived building fire safety assessment factors

Category	Factor	Correlation
Industry Risk	Risk Level by Industrial Classification	K1
Structural Risk	Structure and Interior Material (Fireproof, Non-combustible, Combustible, Dry Bit etc.)	P2, P3, P4, F2, F3, K8
	Floor Level	P6, F1
	Building Deterioration Rate (Construction Year)	
Fire Fighting Facility	Structural Area	P7
	Automatic Fire Extinguishing Equipment	S5, F13, K9
	Automatic Fire Detecting System	S1, S2, F12, K6
Fire Dangerousness	Smoke Evacuation System	S6, F9
	Fire Load (Dynamic-Static)	P1, P5, F10
	Dangerous Substances	A1, A4, K2, K3, K4, K5
Fire Response Status	Dangerous Zone	F8
	Ease of Evacuation	F4, F5, F6, F7
	Alert Promptness	N5, F11, K7
	Fire Fighting Accessibility	S3, S4

4. 결론

본 논문에서는 3D 안전상태지도 제작을 위한 건물 화재안전 평가항목을 도출하였다. 국내의 대표적인 화재안전 평가모델인 Gretener's Method, FSES, KFRI의 평가기법과 평가항목을 분석하여, 한국의 삼차원 안전상태 지도 제작을 위한 평가항목에 적용할 수 있는지 여부를 조사하였다. 화재안전 평가항목 도출은 건물의 기본정보를 통하여 평가가 가능한 항목과, 현장조사를 통하여 평

가가 가능한 항목으로 구별되어 도출하였다. 이렇게 함으로써, 기존 건축물 대장정보 시스템 등으로부터 얻을 수 있는 낮은 정확도의 평가와 현장 조사를 통하여 얻을 수 있는 높은 정확도의 평가가 가능하도록 하였다. 도출 결과 다섯 개 카테고리에 걸쳐 총 14개의 평가항목을 도출하였다. 향후 본 연구에서 도출된 평가항목을 기반으로 각 요소별 전문가 설문조사와 AHP 분석 등을 통하여 각 항목 간 가중치를 산정하고, 평가등급지수를 산출함으로써 최종적인 평가모델을 완성할 수 있을 것이다.

References

- [1] National Fire Agency, 2019 Fire Department Statistics Yearbook, Yearbook, National Fire Agency, Korea, p.315, 2019. Available From: https://www.nfa.go.kr/nfa/releaseinformation/statisticalinformation/main/?boardId=bbs_000000000000019&mode=view&cntId=20&category=&pageIdx=&searchCondition=&searchKeyword (accessed June 13, 2020)
- [2] Z. Masoumi, J. V. L. Genderen, J. Maleki, "Fire Risk Assessment in Dense Urban Areas Using Information Fusion Techniques", *International Journal of Geo-Information*, Vol.8, No.12, Open access journal, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi8120579>
- [3] G. Li, J. Zhao, V. Murray, C. Song, L. Zhang, "Gap Analysis on Open Data Interconnectivity for Disaster Risk Research", *Geo-Spatial Information Science*, Vol.22, No.1, pp.45-58, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/10095020.2018.1560056>
- [4] J. Choi, S. Lee, W. Hong, "A Development of Fire Risk Map and Risk Assessment Model for Urban Residential Areas by Ranking Fire Cause", *Journal of the Architectural Institute of Korea*, Vol.29, No.1, pp.271-278, 2013. Available From: http://www.auric.or.kr/User/Rdoc/DocRdoc.aspx?returnVal=RD_R&dn=293924#.XyvOPXCP5IU (assessed Aug. 25, 2020)
- [5] T. Kim, J. Youn, "A study on 3D safety state information platform architecture design for realistic disaster management based on spatial information", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.20, No.4, pp.564-570, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.4.564>
- [6] C. Santos, J. Correia, A. Correia, S. Meneses, P. Tavares, "Fire Risk Assessment in Old Urban Areas - Coimbra Old Town", *2nd International Fire Safety Symposium*, IFireSS, Naples, Italy, June 2017. Available From: https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/6499/1/ID_113.pdf (assessed Aug. 25, 2020)
- [7] S. Guo, "Fire Risk Assessment for Commercial Building Based on FRAME Method", *2018 International Conference on Advanced Technologies in Energy, Environmental and Electrical Engineering*, China, Qingdao, Vol.223, October 2018. Available From: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/223/1/012048> (assessed Aug. 25, 2020)
- [8] M. L. A. Santana, J. P. Rodrigues, A. L. Coelho, "Fire Risk Assessment of Historical Areas: the Case of Montemor-o-Velho", *WIT Transactions of Engineering Sciences*, Vol.58, pp.81-89, 2007. Available From: <https://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-engineering-sciences/58/18124> (assessed Aug. 25, 2020)
- [9] I. Koo, U. Yoon, D. Kim, B. Kim, Y. Kwon, "A Study on the Applicability and Development Utilization of Assessment System of Urban Fire Risk for Disaster Prevention City", *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol.16, No.6, pp.137-143, 2016. DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2016.16.6.137>
- [10] D. Lim, J. Cho, S. Keum, "A Study on the Effect of the Fire Safety of Office Building on the Building Asset Value" *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol.8, No.5, pp.23-32, 2018. Available From: http://journal.hsst.or.kr/DATA/pdf/v8_5_3.pdf (assessed Aug. 25, 2020)
- [11] W. Choi, Y. Kim, D. Jang, G. Kim, S. Yun, "A Study on Development of Fire Risk Prediction Model in Manufacturing Facilities Using Artificial Neural Network", *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol.17, No1, pp.161-167, 2017. DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2017.17.1.161>
- [12] Hansung University, "A Research on Development of Fire Risk Assessment Model", Research Report, Hansung University, Korea, pp.63-65, 2008. Available From: http://prism.go.kr/homepage/entire/retrieveEntireDetail.do?sessionid=E5970982E059827F7FC6B8AAAE4FDAE7.node02?cond_research_name=&cond_research_start_date=&cond_research_end_date=&research_id=166000-200800012&pageIndex=2510&leftMenuLevel=160 (assessed Aug. 25, 2020)
- [13] Y. D. Kim, *A Study on Developing Building Risk Assessment Model and Its Application : Focused on Nonlife Insurer's Risk Management and Underwriting Functions*, Ph.D thesis, University of Seoul, Korea, pp.90-104, 2010. Available From: http://m.riss.kr/search/detail/DetailView.do?p_mat_type=be54d9b8bc7c4b09&control_no=2abc6e78477f0050ffe0bdc3ef48d419 (assessed Aug. 25, 2020)
- [14] E. S. Chung, K. M. Yang, J. H. Ha, K. S. Kang, "A Study on Fire Risk Analysis & Indexing of Buildings", *Journal of the Korea Safety Management & Science*, Vol.10, No.4, pp.93-104, 2008. Available From: <https://www.earticle.net/Article/A155264> (assessed Aug. 25, 2020)

윤 준 희(Junhee Youn)

[종신회원]



- 1998년 8월 : 연세대학교 토목공학(공학석사)
- 2006년 8월 : Purdue University, Dept of Civil Eng. (Engineering Ph.D)
- 2007년 5월 ~ 2012년 1월 : 삼성 SDS 수석건설턴트
- 2012년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

GIS, Feature Extraction, Computer Vision

김 태 훈(Tae Hoon Kim)

[정회원]



- 2000년 2월 : 인하대학교 지리정보공학과 (공학사)
- 2002년 2월 : 인하대학교 지리정보공학과 (공학석사)
- 2009년 2월 : 인하대학교 지리정보공학과 (공학박사 수료)
- 2002년 2월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

지리정보, 정보통신, 방재/환경