

건축 및 구조물 화재에서 소화 기구 사용 여부에 따라 재산피해에 영향을 미치는 화재인자 분석에 관한 연구

정원일
호서대학교 컴퓨터공학부

A Study on Fire Factors Analysis Influencing Property Damage by the Use of Fire Extinguishing Equipment in Building and Structure Fires

Weonil Jeong
Division of Computer Engineering, Hoseo University

요약 화재 예방 및 안전에 관한 기술의 발전과 제도적인 보완에도 화재로 인한 재산피해와 인명피해 등 사회적 피해는 줄어들지 않고 있다. 본 연구는 건축 및 구조물 화재에서 소화 기구 사용 여부를 중심으로 재산피해에 영향을 미치는 화재 인자의 상관관계와 중요도를 평가하여 화재 안전 및 대응의 제도적 개선을 위한 빅데이터 분석 기반의 과학적 근거를 제시한다. 재산피해 분석에 사용된 독립 변수는 소방청 화재정보의 건물 정보, 현장 접근 시간 및 거리, 동원 장비와 인력 등을 활용한다. 분석과정에서는 재산피해와 화재 인자 간의 유의확률과 피어슨 상관관계를 분석하여 기계학습을 위한 독립 변수를 선정하고, 랜덤포레스트를 이용하여 소화 기구 사용 여부에 따른 재산피해에 영향을 미치는 화재 인자의 중요도를 도출하였다. 분석결과에서 재산피해에 대한 주요 영향 요인은 동원인력, 동원장비, 화재초진시간, 화재진압 시간 등으로 나타났으며, 화재 발생 시 소화 기구를 사용한 경우의 화재초진시간과 화재진압시간의 상대적 중요도가 사용하지 않은 경우에 비해 34.2%p, 3.9%p 높게 산출되었다. 이는 건축 및 구조물 화재에서 소화 기구 사용이 재산피해를 최소화할 수 있는 요인이라는 것을 의미하므로 소화 기구 설치 및 운영이 강화될 수 있는 정책적 제도개선의 필요성을 확인하였다.

Abstract Despite advances in fire prevention and safety technologies and institutional supplements, property damage and personal injury due to fires has not decreased. This study presents the scientific basis for a big data analysis of institutional improvements in fire safety and responses by evaluating the correlation and importance of factors that affect property damage based on whether sprinkler systems are used in buildings to fight structure fires. Independent variables used in property damage analysis utilize building information and the time and distance affecting site access by mobilized equipment and personnel from the Korean National Fire Agency. In the analysis process, independent variables for machine learning were selected by analyzing significance probability and the Pearson correlation between property damage and fire factors. Using random forest, the importance of factors affecting property damage is derived based on whether there was a sprinkler system inside the building or not. In the analysis results, the main factors influencing property damage included mobilized personnel, mobilized equipment, initial time needed to extinguish the fire, the total fire suppression time, etc. If a sprinkler system was installed, the relative importance of the initial fire exhaustion time and the total fire suppression time was calculated to be 34.2% and 3.9% higher, compared to not having a sprinkler system installed. These results show that the use of such fire extinguishing equipment can minimize property damage, so it confirms the need for policy system improvement that can strengthen the installation and operation of fire extinguishing equipment.

Keywords : Property Damage, Fire Factors, Fire Extinguishing Equipment, Correlation Analysis, Random Forest

*Corresponding Author : Weonil Jeong(Hoseo Univ.)

email: wncchung@hoseo.edu

Received April 23, 2021

Accepted August 5, 2021

Revised May 18, 2021

Published August 31, 2021

1. 서론

건축물의 고층화 및 고밀화 추세에 따라 건축물에서의 화재사고로 인한 재난 발생 위험도가 계속되고 있다. 이에 화재를 초기에 탐지하고 대응하기 위한 기술적 발전과 화재 예방과 안전을 위한 소방 법령 및 제도의 개선에도 불구하고 화재로 인한 인명피해나 재산피해 등 사회적 손실은 줄어들지 않고 있다[1-3]. 2020년 소방청 통계연보[4]에 따르면 최근 10년 동안 발생한 전체 화재는 연평균 42,652건으로 해마다 0.4% 감소 추세를 보였다. 그리고 동기간 건축 및 구조물에서 발생한 화재는 연평균 26,734건으로 0.3% 수준의 감소 추세를 나타내고 있다. 그러나, 공공데이터 포털의 2015년부터 2018년까지 화재 데이터에서는 건축 및 구조물에서의 화재로 인해 발생한 인명피해와 재산피해는 각각 9.5%, 9.1%의 증가세를 나타내고 있다[5].

기존의 화재 예방 및 대응 연구로는 화재발생빈도가 높은 주거지를 대상으로 화재발생확률을 예측하는 모델에 관한 연구[6], 공동주택에서 화재 취약요인과 인증제도를 분석하여 화재안전성능 평가항목 도출 및 인증제도에 관한 연구[7], 도시형 생활주택에서의 화재 안전강화를 위해 모의실험을 통해 위험성을 분석하는 화재영향도평가 제도의 도입에 관한 연구[8] 등이 수행되었다. 그러나 화재 원인은 다수의 화재 인자들이 복합적으로 연관되므로 효율적인 화재 예방과 대응을 위해서는 화재인자 간의 상관성을 고려할 필요가 있으며, 최근 소방청에서 화재정보 데이터를 개방함에 따라 데이터 분석을 통해 화재 예방 및 안전을 강화하기 위한 연구들이 제시되고 있다. 이러한 연구로는 재산피해액과 화재 발생 여부를 중심으로 건물 특성, 건물이 속한 행정동 특성과 소방시설 접근성 등 다양한 인자를 고려한 건물별 화재 위험도의 예측 방안에 관한 연구[9]가 제시되었으며, 이 연구는 화재 위험도의 예측 과정에서 화재 발생 신고 이후 화재 진압에 이르는 시간이나 인력, 장비 등 다양한 상황정보의 고려가 필요하다. 데이터 분석을 이용한 다른 연구로 다중이용업소의 화재 발생을 최소화하기 위한 예방대책 마련을 위해 통계적 기법을 활용하여 소방안전교육의 효과성을 검증하는 연구[10] 등이 수행되었는데, 해당 연구는 유의확률 기반의 해석만을 포함하고 있어 분석인자 간의 상관관계 표현에 한계가 있다.

본 연구는 건축 및 구조물 화재에서 소화 기구의 사용 여부에 따라 재산피해에 영향을 미치는 화재 인자들을 분석하고 평가하여 화재 예방의 제도적 개선을 위한 빅

데이터 분석 기반의 과학적 근거를 제시하였다. 이를 위해 기존 데이터 분석 기반의 연구에 비해 건물 및 행정정보 이외에 출동준비시간, 출동소요시간, 화재초진시간, 화재진압시간, 동원장비, 동원인력 등 화재가 발생한 이후 화재진압에 이르는 변수를 반영하여 화재로 인한 재산피해를 분석하고자 하였다. 또한, 랜덤포레스트(random forest) 알고리즘을 활용하여 재산피해에 대한 상대적 변수 중요도를 도출하여 효과적인 화재 예방 및 대응 활동을 위한 제도적 개선의 지원을 목적으로 하였다.

본 연구에서 데이터 분석 변수로 공공데이터 포털에서 CSV 파일로 제공하는「소방청_화재발생 주소정보」[11]로부터 재산피해, 출동준비시간, 출동소요시간, 화재초진시간, 화재진압시간, 건물층수지상, 건물층수지하, 발화층, 소방서거리, 안전센터거리, 동원인력, 동원장비, 연면적, 바닥면적 인자를 추출하여 사용하였다. 상기 변수에서 시간 값을 갖는 인자는 시분초를 초로 환산하여 처리하였으며, 출동준비시간 변수의 경우 소방청 화재 데이터의 화재 접수 이후 출동에 이르는 소요시간을 추가하여 구성하였다. 소화 기구 사용 여부에 따른 재산피해 분석과정은 데이터의 분포 분석, 유의확률(p-value) 및 피어슨 상관관계(pearson correlation) 분석, 랜덤포레스트를 이용한 재산피해 영향평가, 그리고 도출 결과에 대한 제도적인 대응 방안을 제시하는 과정으로 수행하였다. 데이터 분포 분석과정은 모두 숫자 형인 분석 변수의 기술통계량(descriptive statistics)으로 변수별 최소값, 1사분위값, 중위값, 3사분위값, 최대값을 제시하였다. 유의확률 및 피어슨 상관관계 분석과정에서는 종속 변수인 재산피해와 독립 변수 간의 95% 신뢰구간에 alternative는 양쪽 꼬리 검정 방식(two.sided), method는 pearson 방식을 적용하여 유의확률과 피어슨 상관계수를 산출하였다. 피어슨 상관계수의 결과에서는 재산피해와 독립 변수 간의 선형적 상관관계를 분석하였고, 유의확률이 제안 증거(0.05)를 만족하는 독립 변수는 이후 화재영향평가 대상이 되고, 그렇지 않으면 화재영향성 평가에서 제외하였다. 랜덤포레스트를 이용한 재산피해 영향평가 과정은 먼저 tuneRF 함수를 이용하여 알고리즘에 적용할 주요 파라미터의 최적값을 산출하였다. 이어 독립 변수 데이터에 대해 동일 모델 계수에 같은 가중치가 부여되도록 표준화를 통해 정제한 후 80%의 훈련 데이터와 20%의 검증 데이터로 분류하였다. 재산피해에 영향을 미치는 독립 변수들의 중요도는 최적의 인자 값과 분류된 학습 데이터를 입력으로 하는 랜덤포레스트 예측 모델의 결과에서 IncNodePurity를 기준으로 산정하였으

며, 예측 모델의 성능은 RMSE(평균제곱근오차)를 사용하였다. 그리고 산출된 변수들의 중요도에 대한 효과적인 해석을 위해 상대적 중요도를 계산하여 분석하였다.

재산피해에 영향을 미치는 주요 요인 분석 결과에서 중요도가 가장 높은 독립 변수가 100일 때 상대적 중요도는 소화 기구를 사용한 경우 동원인력(100), 동원장비(93.3), 화재초진시간(73.1), 화재진압시간(59.8) 등의 순으로 나타났으며, 그렇지 않았을 때 동원장비(100), 동원인력(65.9), 화재진압시간(48.3), 화재초진시간(46.0) 등의 순으로 분석되었다. 화재 규모에 비례하는 동원인력과 장비는 공통으로 중요도가 높았으며, 화재진압에 직접적인 영향을 미치는 화재초진시간과 화재진압시간의 경우 소화 기구를 사용한 경우가 사용하지 않았을 때 비해 화재초진시간과 화재진압시간의 상대적 중요도가 34.2%p, 3.9%p 수준으로 높게 나타났다. 따라서 건축 및 구조물 화재에서 소화 기구를 사용할 경우 재산피해가 최소화된다는 분석결과로부터 건축 및 구조물에서의 화재 예방 및 안전을 위해 소화 기구 설치율을 높이는 제도개선 등이 필요함을 제시하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구에 대해 기술하고, 3장에서는 재산피해에 영향을 미치는 인자에 관한 영향도 평가 및 분석과정을 논의하고, 4장에서 결론을 맺고 향후 연구를 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 유의확률

유의확률은 모집단의 표본으로부터 가설의 합당성 여부를 판단하는 과정인 통계적 가설검증 과정에서 귀무가설이 참이라 가정한 경우 산출 결과와 비교하여 실제로 관측된 결과가 극단적으로 나타날 확률이다[12,13]. 실측 데이터가 귀무가설과 양립하는 정도를 0과 1 사이의 값으로 수치화한 유의확률은 0에 가까울수록 신뢰할 수 있는 값으로 해석하고, 1에 가까울수록 도출 결과보다 극단적 실측 결과가 생길 가능성이 크다는 것을 의미한다. 이때 유의수준은 귀무가설이 참이어도 대립가설을 선택하는 오류에 대한 최대 허용 한계를 의미한다. 제안 증거로 표현되는 유의수준은 분석과정에서 임의로 설정할 수 있으며, 일반적으로 유의수준은 0.05를 사용한다.

2.2 피어슨 상관관계

상관관계는 하나의 변수가 변화할 때 다른 변수가 연

동하여 변화하는 관계를 나타내며, 피어슨 상관관계 분석 과정에서 연속하는 두 변수 사이의 선형적인 상관관계를 계량화한 수치가 피어슨 상관계수이다[14,15]. 이러한 피어슨 상관계수는 간격 척도나 비율척도로 표현되는 데이터에서 두 변수의 공분산을 각각의 표준 편차의 곱으로 나눈 값으로 산출된다. 두 변수 X , Y 간의 피어슨 상관계수(r)는 두 변수의 선형적 상관관계에 따라 $-1 \leq r \leq 1$ 의 값을 가지며, $|r|$ 이 1에 가까울수록 두 변수 간에 명확한 선형 상관관계가 존재하고, 0에 가까울수록 두 변수의 선형 상관관계가 약해진다. 또한, $|r|$ 이 0.1 이하이면 그 선형 상관관계는 무의미하다. 본 연구에서 재산피해와의 유의확률이 유의수준을 만족하는 화재 인자에 대해 상관관계를 분석하였다.

2.3 기계학습

기계학습(Machine Learning)은 경험적 데이터를 기반으로 학습하여 미래의 결과를 예측하는 알고리즘을 개발하는 연구 분야로, 본 연구에서는 기계학습에서 분류, 회귀 분석에 사용되는 랜덤포레스트를 이용하여 화재 영향도 분석 및 평가를 수행한다. 랜덤포레스트[16-18]는 검출, 분류, 회귀 분석 등에 사용되는 앙상블 학습방법의 한 부류로, 랜덤화(randomness)에 의해 서로 다른 구조와 성능을 갖는 다수의 결정 트리(decision tree)를 앙상블 형태로 결합된다. 각 결정 트리의 훈련 과정에서 포레스트(forest)를 구성하는 개별 결정 트리에 결점 데이터로 인한 영향을 받지 않도록 랜덤화를 진행하여 결정 트리의 예측값이 상관화되지 않도록 함으로써 최종 예측 결과에 대한 일반화 성능을 향상시킨다. 개별 결정 트리에서의 훈련은 분할 기준에 따라 훈련 데이터 집합을 여러 부분 집합들로 나누어 부분 집합 내 이질성은 낮추고 부분 집합 간에는 이질성을 높이도록 예측을 진행하는 하향식 결정 트리 귀납법이 일반적으로 사용된다. 이와 같은 훈련 과정은 부분 집합의 노드가 목표값에 이를 때까지 의사결정을 재귀적으로 반복하고, 각각 도출된 결정 트리의 예측 결과를 기반으로 랜덤포레스트로 결합하여 최종적인 결과로 변수의 중요도를 산출한다.

3. 본론

3.1 실험 데이터 현황

소방청 화재 데이터[11]에서 2017년 발생한 화재는

44,178건이며, 본 연구에서는 건축 및 구조물에서 발생한 27,714건의 화재를 대상으로 한다. 건축 및 구조물 화재에서 소화 기구를 사용한 경우는 8,165건으로 29.5%, 소화 기구를 사용하지 않은 경우는 19,549건으로 70.5%를 보였다. 개별화재 정보는 화재발생년월일, 출동 일시, 인명피해, 재산피해 등 183개의 칼럼으로 구성된다. 소방청 화재 데이터에서 분석에 사용하는 변수는 재산피해(property damage), 출동준비시간(Preparation time), 출동소요시간(Arrival time), 화재초진시간(Initial extinguish time), 화재진압시간(Total extinguish time), 건물층수지상(Ground floor level), 건물층수지하(Basement level), 발화층(Fire outbreak floor), 소방서거리(Fire station distancing), 안전센터거리(Safe center distancing), 동원장비소계(Mobilized equipment), 동원인력소계(Mobilized personnel), 연면적(Total floor area), 바닥면적(Floor area) 등이다. 소화 기구 사용 여부의 판단은 '소화기구(사용/미사용여부)' 칼럼에서 '사용' 값을 갖는 경우 소화 기구 사용한 것으로 해석하고, '고장', '노후', '소화약제 부족', '소화약제 미충진', '미상' 등 나머지 경우에는 사용하지 않은 것으로 구분한다. 그리고, 소화 기구 사용 여부에 대상이 되는 소화 기구 종류는 수동식소화기, 소화약제에 의한 간이 소화용구, 자동화산 소화용구, 자동식소화기, 캐비넷형 자동소화기기로 구분된다.

재산피해를 포함한 14개 변수의 통계 정보를 분석하기 위해 R을 사용하였으며, 결측값(missing value)에 대해 평균값(mean value)보다 극단값(extreme outliers)에 민감도가 낮은 중간값(median value)을 이용하여 조정하였다. Table 1에서는 분석에 이용하는 변수들의 최소값, 1사분위수, 중간값, 3사분위수, 최대값의 통계량

Table 1. Variables Summary

Fire factor	Min	First Qu.	Median	Third Qu.	Max
Property damage	0	134	810	4,584	8,323,780
Preparation time	0	60	60	60	59,400
Arrival time	0	202	276	406	14,232
Initial extinguish time	0	60	240	540	86,160
Total extinguish time	0	112	420	1,095	86,388
Ground floor level	0	1	2	4	66
Basement level	0	0	0	1	12
Fire outbreak floor	-8	1	1	2	41
Fire station distancing	0	3	5	12	99
Safe center distancing	0	1	2	5	99
Mobilized personnel	0	21	32	47	1,090
Mobilized equipment	0	8	11	15	185
Total floor area	0	100	396	1,621	209,811,284
Floor area	0	71	150	477	9,715,310

요약정보를 나타낸다.

Table 1에서 재산피해, 출동소요시간, 화재초진시간, 화재진압시간, 건물층수지상, 발화층, 소방서거리, 안전센터거리, 연면적, 바닥면적 등은 중간값이 1사분위수에 비교적 치우쳐진 분포를 보였고, 건물층수지하, 출동준비시간은 중간값이 1사분위수에 더욱 치우친 왜곡 분포를 나타내고 있다. 상대적으로 동원인력과 동원장비는 중간값이 1사분위수와 3사분위수에 중앙에 분포하고 있다.

3.2 분석 인자 선정

재산피해에 영향을 미치는 화재 인자의 선정을 위해 재산피해와 독립 변수 간의 유의확률(P-value)을 통해 유의수준을 만족하는 독립 변수를 선정하고, 피어슨 상관관계를 통해 재산피해와 화재 인자 간의 선형적 상관관계를 분석하였다.

재산피해와 독립 변수 간의 유의확률(P-value)을 분석한 결과는 Table 2와 같다. Table 2에서 출동소요시간, 화재초진시간, 화재진압시간, 건물층수지상, 발화층, 소방서거리, 안전센터거리, 동원인력, 동원장비는 유의확률이 유의수준 0.05를 만족하는 독립 변수로 이후 분석의 입력으로 활용하고, 출동준비시간, 건물층수지하, 연면적, 바닥면적 독립 변수는 분석 인자 대상에서 제외하였다.

Table 2. Analysis results of P-value

Fire factor	P-value
Preparation time	0.2
Arrival time	0.00005
Initial extinguish time	<0.0000000000000002
Total extinguish time	<0.0000000000000002
Ground floor level	0.04
Basement level	0.5
Fire outbreak floor	0.03
Fire station distancing	0.000000004
Safe center distancing	0.000002
Mobilized personnel	<0.0000000000000002
Mobilized equipment	<0.0000000000000002
Total floor area	0.9
Floor area	0.8

재산피해와 독립 변수 간의 피어슨 상관계수(Cor)를 분석한 결과는 Table 3과 같다. Table 3의 피어슨 상관계수 결과에서 동원인력, 화재초진시간, 동원장비, 화재진압시간 순으로 높은 양의 선형관계가 존재함을 알 수

있으며, 나머지 화재 인자들은 재산피해와의 유의미한 상관관계를 나타내지는 않는다.

Table 3. Analysis results of Cor

Fire factor	Cor
Arrival time	0.045
Initial extinguish time	0.32
Total extinguish time	0.29
Ground floor level	0.023
Fire outbreak floor	-0.025
Fire station distancing	0.065
Safe center distancing	0.053
Mobilized personnel	0.35
Mobilized equipment	0.3

3.3 화재 영향도 평가

종속 변수인 재산피해에 대해 독립 변수의 영향도 평가를 위해 사용된 환경은 MS Windows 10 64비트 운영체제, Intel Xeon 3.5Ghz cpu, 128GB로 구성된 워크스테이션에서 RStudio를 사용하였다.

기계학습을 위한 데이터 정제과정에서 종속 변수인 재산피해는 학습 알고리즘에 영향을 주지 않으므로 정제 대상에서 제외하고, 독립 변수에 대해서는 독립 변수의 값이 모델 계수에 같은 가중치(weight)를 갖도록 변수값을 조정하는 표준화 과정을 수행한다. 독립 변수의 표준화 과정은 해당 변수의 값에서 평균값을 빼서 중앙화하고, 이 값을 해당 변수의 표준편차로 나누어 스케일링을 수행한다.

	ArrivalTime	InitialExtinguishTime	TotalExtinguishTime
1	389	900	900
2	554	120	243
3	410	0	2
4	115	0	0
5	519	120	161

Fig. 1. Sample of variable's value list before scaling

	ArrivalTime	InitialExtinguishTime	TotalExtinguishTime
[1,]	0.16443	0.260	-0.06188
[2,]	0.76592	-0.277	-0.33052
[3,]	0.24099	-0.360	-0.42906
[4,]	-0.83440	-0.360	-0.42988
[5,]	0.63833	-0.277	-0.36405

Fig. 2. Sample of variable's value list after scaling

Fig. 1은 스케일링을 수행하기 이전 독립 변수의 값을 목록화한 예시이며, Fig. 2는 스케일링을 수행한 후 독립 변수의 값을 목록으로 예시하고 있다.

데이터 정제과정의 스케일링을 적용한 화재 인자 데이

터로부터 랜덤포레스트를 영향평가를 분석하기 위해 전체 데이터에서 훈련 데이터(train set)와 검증 데이터(test set)로 분리한다. 훈련 데이터와 검증 데이터는 각각 80%와 20% 비율로 분리하여 랜덤포레스트 알고리즘으로 예측 모델을 생성하였다.

랜덤포레스트 알고리즘에 적용할 파라미터 최적화를 위해 재산피해를 포함한 학습 데이터와 독립 변수들을 포함한 학습 데이터에 대해 stepFactor는 1.5, improve는 1e-5를 입력으로 tuneRF 함수를 이용하였다. Fig. 3은 mtry 값의 변화에 따른 OOB 오차(out-of-bag error)의 산출한 결과를 나타낸다.

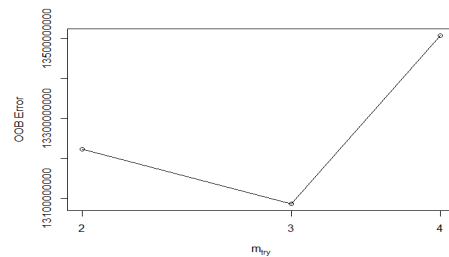


Fig. 3. OOB error progress of mtry

Fig. 3의 결과로부터 mtry가 3인 경우 OOB오차(13086875411)가 가장 낮게 나타났으므로, mtry 파라미터의 최적값은 3으로 설정하였으며, ntree의 경우에는 500을 적용하였다.

소화 기구 사용 여부에 따른 재산피해에 대한 독립 변수들의 중요도 산출 과정은 최적화 과정을 통해 얻은 파라미터값과 재산피해 및 독립 변수 훈련 데이터를 입력으로 회귀 형식의 랜덤포레스트 모델을 생성하였으며 모델의 성능은 실제값과 예측값의 편차를 나타내는 RMSE를 활용하였다. 그리고 예측 모델에서 독립 변수의 중요도 선정을 위해 계산된 %IncMSE(정확도), IncNodePurity(중요도)를 확인할 수 있으며, 최종적인 중요도는 varImpPlot 함수로 시각화하고 IncNodePurity를 기준으로 도출하였다.

소화 기구를 사용한 경우 재산피해에 대한 독립 변수들의 영향 정도는 Table 4에서 랜덤포레스트 모델의 importance 속성으로 확인할 수 있으며, RMSE는 124475로 산출되었다.

Table 4는 소화 기구를 사용한 경우 재산피해에 대한 독립 변수인 화재 인자들의 정확도와 중요도를 나타내며, 중요도 값이 클수록 재산피해에 미치는 영향이 증가함을 의미한다.

Table 4. Variables Summary: using fire extinguishing equipment

Fire factor	%IncMSE	IncNodePurity
ArrivalTime	7.9E+08	8.9E+12
InitialExtinguishTime	9.6E+09	2.2E+13
TotalExtinguishTime	1E+10	1.7E+13
GroundFloorLevel	4.3E+08	3.2E+12
FireOutbreakFloor	1.9E+08	7.7E+11
FireStationDistancing	-2.5E+08	6.5E+12
SafeCenterDistancing	7.4E+08	8.4E+12
MobilizedPersonnel	7.6E+07	2.5E+13
MobilizedEquipment	1.8E+09	2.8E+13

Fig. 4에서는 분석결과로부터 재산피해에 대한 독립 변수인 화재 인자의 중요도를 시각화하였다.

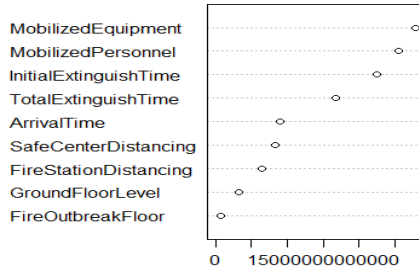


Fig. 4. Importance of independent variables - using fire extinguishing equipment

Fig. 4에서 소화 기구를 사용한 경우 재산피해에 대한 화재 인자 중요도는 동원장비, 동원인력, 화재초진시간, 화재진압시간, 출동소요시간, 안전센터거리, 소방서거리, 건물층수지상, 발화층수의 순으로 나타났다.

Table 5. Variables Summary: not using fire extinguishing equipment

Fire factor	%IncMSE	IncNodePurity
ArrivalTime	1.3E+08	1.5E+13
InitialExtinguishTime	-1.2E+09	2.6E+13
TotalExtinguishTime	2.4E+09	3.2E+13
GroundFloorLevel	7E+08	4.6E+12
FireOutbreakFloor	1.9E+08	1.3E+12
FireStationDistancing	1.8E+09	1.9E+13
SafeCenterDistancing	1.3E+09	1.5E+13
MobilizedPersonnel	-4.3E+08	3.5E+13
MobilizedEquipment	-2.7E+07	5.7E+13

소화 기구를 사용하지 않았을 때 재산피해에 대한 독립 변수들의 영향 정도는 Table 5에서 확인할 수 있으며, RMSE는 107981로 산출되었다. Table 5는 소화 기구를 사용하지 않은 경우 재산피해에 대한 독립 변수인 화재 인자들의 정확도와 중요도로, 중요도 값이 클수록 재산피해에 미치는 영향이 증가함을 의미한다.

Fig. 5에서 재산피해에 대한 독립 변수인 화재 인자의 중요도를 시각화하였으며, 소화 기구를 사용하지 않았을 때 재산피해에 대한 화재 인자의 중요도 결과는 동원장비, 동원인력, 화재진압시간, 화재초진시간, 소방서거리, 안전센터거리, 출동소요시간, 건물층수지상, 발화층수의 순으로 나타났다.

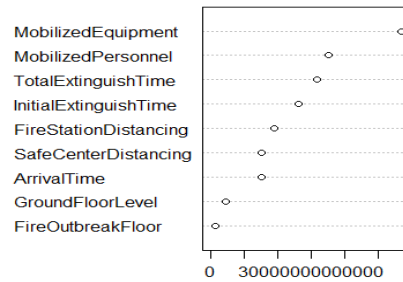


Fig. 5. Importance of independent variables - not using fire extinguishing equipment

소화 기구 사용 여부에 따른 재산피해의 화재 영향도 비교를 위해 Fig. 4-5의 결과 수치를 Table 6에서 제시하였다. Table 6에서 동원장비와 동원인력은 소화 기구 사용 여부와 관계없이 가장 중요도가 높은 것을 알 수 있으며, 다음으로 높은 중요도를 보인 독립 변수는 화재 진화에 걸리는 시간과 관련된 화재초진시간 및 화재진압시간으로 나타났다. 중요도가 높은 상위 4개의 독립 변수

Table 6. Importance of independent variables

Independent variables	Importance	
	Use	NotUse
Mobilized equipment	2.79E+13	5.66E+13
Mobilized personnel	2.55E+13	3.5E+13
Initial extinguish time	2.25E+13	2.63E+13
Total extinguish time	1.67E+13	3.17E+13
Arrival time	8.9E+12	1.52E+13
Safe center distancing	8.39E+12	1.53E+13
Fire station distancing	6.49E+12	1.89E+13
Ground floor level	3.23E+12	4.57E+12
Fire outbreak floor	7.69E+11	1.29E+12

는 Table 3의 피어슨 상관관계 분석결과에서 높은 상관관계를 보인 4개의 독립 변수와 순위는 다르지만 일치한다.

Table 6의 결과에서 소화 기구 사용 여부에 따라 독립 변수의 중요도가 다른 변화폭을 보이므로, 소화 기구 사용 여부에 따른 독립 변수의 상대적인 중요도를 비교할 수 있도록 모두 가장 높은 중요도를 보인 동원장비를 기준으로 백분율로 환산한 분석결과를 Fig. 6에서 도식화하였다. Fig. 6에서 건축 및 구조물 화재에서 재산피해에 영향을 미치는 독립 변수의 상대적인 중요도는 소화 기구를 사용한 경우를 기준으로 소화 기구를 사용하지 않았을 때 동원인력(29.6%p), 화재초진시간(34.2%p), 화재진압시간(3.9%p), 출동소요시간(5.2%p), 안전센터 거리(3.1%p), 소방서거리(-10.1%p), 건물층수지상(3.5%p), 발화층수(0.5%p)로 나타났다.

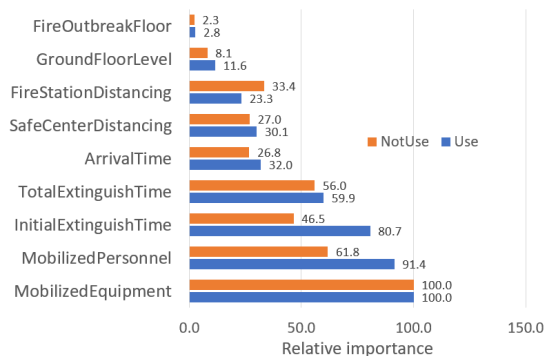


Fig. 6. Relative importance of independent variables on whether or not fire extinguishing equipment is used

이러한 결과에서 건축 및 구조물 화재에서 동원장비와 동원인력에 비례하여 재산피해가 감소하고 있으나, 실제 화재현장에 동원장비나 동원인력 등 화재진압을 위한 자원을 과도하게 투입할 수 없으므로, 화재 규모에 따른 적절한 자원 투입에 대한 방안이 모색되어야 한다. 화재초진시간은 사용 여부에 따라 가장 큰 차이를 보이며, 이러한 결과는 화재현장에서 소화 기구를 사용할 경우 화재 초기 진압에 매우 효과적임을 입증한다. 이에 건축 및 구조물에서의 화재 예방 및 안전대책 강화를 위해 효과적인 소화 기구의 신규 개발 및 소화 기구의 설치 의무화를 확대할 수 있도록 화재 안전기준에 대한 개정 등 정책적인 제도 개선이 필요하다. 다음으로 화재진압시간은 화재초진시간의 중요도를 고려하면 소화 기구를 사용한 경우에 비해 사용하지 않았을 때 그 차이가 3.9%p로 크지 않

게 분석되었는데 이는 화재를 초기에 진압하더라도 완전한 화재진압에는 차이가 없음을 의미한다. 출동소요시간은 소방서나 안전센터와의 거리 및 교통 상황 등과 관련성을 가지므로 소방서나 안전센터의 확충은 장기적인 관점에서 고려되어야 한다고 할 때 화재현장의 도착 지연을 최소화하기 위해 소방차량에 대한 우선 통행 신호시스템을 확대하여 시행하고, 소방차 주차구획 위반 차량에 대한 법적 처벌을 강화할 필요가 있다. 기타 건물층수나 발화층수의 경우 재산피해에 미치는 영향이 미미한 것으로 분석되었다.

4. 결론

제안 연구에서는 2017년 건축 및 구조물 화재에서 소화 기구의 사용 여부에 따라 재산피해에 미치는 화재 인자의 영향도를 평가하였다. 분석결과에서 건축 및 구조물의 화재에서 재산피해에 미치는 영향도는 동원장비, 동원인력, 화재초진시간, 화재완진시간 등이 상대적으로 높은 중요도를 보였다. 이로부터 건축 및 구조물 화재에서 가장 우선하여 화재 진압 인력과 장비가 화재현장에 초기 투입의 중요함을 알았다. 그러나, 인력과 장비가 화재현장 도착에는 물리적인 출동 시간이 요구되는 현실적인 상황을 고려할 때, 인력과 장비가 화재현장에 출동하여 화재 진압을 실행하기에 앞서 소화기, 스프링클러 등 소화설비를 활용하여 화재를 이룬 시간에 진압하거나 화재 확산을 지연시키는 화재 대응방안이 중요하다는 것을 확인하였다. 이에 건축 및 구조물 화재의 재산피해를 최소화하기 위해서는 화재초진시간을 줄일 수 있도록 소화설비의 설치기준 확대 및 운영 관리에 관한 제도적인 뒷받침이 강화되어야 함을 제시하였다. 향후 연구로는 건물 및 구조물의 행정 정보, 도로 정보, 소방시설 정보 등 환경적인 인자를 추가하여 화재 영향도 평가의 정확도를 향상할 수 있는 연구가 필요하다.

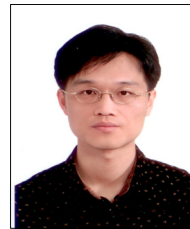
References

- [1] J. Lee, "A Study on Integrated Fire Protection System for high-rise Building", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.21, No.2, pp.39-47, Feb. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.2.39>
- [2] J. Chae, "A study on factors affecting fire prevention",

- Journal of Fire Science and Engineering*, Vol.34, No.3, pp.100-109, Apr. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.7731/KIFSE.323a98fe>
- [3] C. W. Lee, B. S. Son, "A study for performance improvement of fire detector and sprinkler head in apartment houses", *Journal of Fire Science and Engineering*, Vol.29, No.1, pp.38-44, Feb. 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2015.29.1.038>
- [4] National Fire Agency, 2020 National Fire Agency Statistical Year Book, July 2020.
- [5] National Fire Agency, 2019 National Fire Agency Fire Statistical YearBook, pp.38-40, Feb. 2021.
- [6] J. H. Choi, S. W. Lee, W. H. Hong, "A development of fire risk map and risk assessment model for urban residential areas by raking fire causes", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol.29, No.1, pp.271-278, 2013.
- [7] J. H. Ku, "A study on evaluation plan of fire safety performance for public building", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol.10. No.4, pp.25-32, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.15207/JKCS.2019.10.4.025>
- [8] D. W. Kim, S. Baek, J. H. Choi, "A study on plan for introduction of fire influence evaluation system through risk assessment of the urban lifestyle housing buildings", *Journal of Fire Science and Engineering*, Vol.31, No.1, pp.10-17, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.7731/KIFSE.2017.31.1.010>
- [9] I. Lee, *Risk prediction and analysis of building fires -based on property damage and occurrence of fires-*, Master's thesis, Yonsei University Business Analytics, Seoul, Korea, 2020.
- [10] B. Jeon, S. W. Lee, "Exploratory study on the based on big data for fire prevention of multiple shops", *Journal of Industrial Convergence*, Vol.16, No.4, pp.27-32, 2018.
<https://www.earticle.net/Article/A349811>
- [11] Open Data Portal, National Fire Agency_Address information of outbreak of fire,
<https://www.data.go.kr/data/15044005/fileData.do>, Oct. 2020.
- [12] R. L. Wasserstein, A. L. Schirm, N. A. Lazar, "Moving to a world beyond "p< 0.05"", *The American Statistician*, Vol.73, pp.1-19, 2019.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00031305.2019.1583913>
- [13] Y. Park, S. Jeon, T. Y. Kwon, "A sample size calibration approach for the p-value problem in huge samples", *Communications for statistical applications and methods*, Vol.25, No.5, pp.545-557, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.29220/CSAM.2018.25.5.545>
- [14] K. Pearson, Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, heredity and panmixia, *Philosophical transactions of the Royal Society A*, Vol.187, pp.253-318, 1896.
- [15] A. J. Bishara, J. B. Hittner, "Testing the significance of a correlation with nonnormal data: Comparison of Pearson, Spearman, transformation, and resampling approaches", *Psychological methods*, Vol.17, No.3, pp.399-417, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/a0028087>
- [16] L. Breiman, "Random forests", *Machine Learning*, Vol.45, pp.5-32, 2001.
- [17] V. Svetnik, A. Liaw, C. Tong, T. Wang, "Application of Breiman's random forest to modeling structure-activity relationships of pharmaceutical molecules", *Lecture Notes in Computer Science*, Vol.3077, pp.334-343, 2004.
DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-25966-4_33
- [18] K. S. Ko, D. H. Hwang, S. J. Park, G. G. Moon, "Electrical fire prediction model study using machine learning", *Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, Vol.11, NO.6, pp.703-710, 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17661/jkiect.2018.11.6.703>

정 원 일(Weonil Jeong)

[정회원]



- 1998년 2월 : 인하대학교 전자계산공학과 (공학사)
- 2004년 8월 : 인하대학교 컴퓨터정보공학과 (공학박사)
- 2004년 7월 ~ 2006년 7월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 컴퓨터공학부 교수

<관심분야>

데이터베이스, 빅데이터분석, 시스템 보안