

포항시 화재 취약지역 예측 및 이에 따른 행정구역별 화재 피해 등급 측정

Pohang City Fire Vulnerable Area Prediction and Fire Damage Rating Measurement by Administrative District

임정훈*, 김현주**

한동대학교 경영경제학부*, 한동대학교 글로벌리더십학부**

Jung-Hoon Lim(21400641@handong.edu)*, Heon-Joo Kim(heonjkim@handong.edu)**

요약

도시화 및 산업화로 대형화재 예방 및 관리, 조치에 대한 중요성이 나날이 증가하고 있다. 하지만 인구 50만 이상 대도시인 포항시는 대형화재 피해를 최소화시킬 수 있는 요소인 골든 타임 내 화재 현장 도착율이 상대적으로 현저히 낮다. 그러므로 추가적인 소방력 배치 및 인프라 투자가 필요한 실정이다. 그러나 예산과 인력은 한정되어 있기에 선별적인 소방력 배치 및 인프라 투자를 해야 한다. 따라서 본 연구는 포항시 행정구역 간의 선별적인 소방 서비스 제공 및 관련 의사결정에 도움을 줄 수 있는 지표인 화재 발생 시 화재 피해 수준을 비교할 수 있는 화재 피해 등급을 제시하고자 하였다. 화재 피해 등급 측정을 위해 OD cost matrix를 사용하여 도로망에 따른 화재 발생 시 화재 규모가 커질 가능성이 높은 화재 취약지역을 예측하였으며, 인구와 건물 밀도, 소방차 접근성에 따른 화재 발생 시 화재 피해 수준을 예측한 화재 피해도를 측정하였다. 화재 피해 등급을 통해 포항시뿐만 아니라 다른 지역의 소방력 배치 및 소방 서비스 관련 다양한 의사결정에 도움 줄 수 있을 것이라 기대한다.

■ 중심어 : | 대형화재 | 골든 타임 내 도착율 | 화재 취약지역 예측 | 화재 피해 등급 측정 |

Abstract

Due to urbanization and industrialization, the importance of large-scale fire prevention, management and measures is increasing day by day. However, the fire site arrival rate in Golden Time, which is a factor that can minimize large-scale fire damage, of Pohang, a large city with a population of over 500,000, is relatively low. So additional fire fighting power deployment and infrastructure investment are required. However, as budget and manpower are limited, it is necessary to selectively deploy fire fighting power and invest in infrastructure. Therefore, this study attempted to present a fire damage rating that can compare the level of fire damage, which is an index that can help selectively provide fire fighting services in Pohang and make related decisions. For the index, the OD cost matrix was used to predict fire vulnerable areas with a high probability of increasing the fire scale in the event of a fire. Also fire damage was measured by predicting the level of fire damage in the event of a fire according to population, building density, and access of fire trucks. It is expected that the fire damage rating will be able to help in various decisions related to fire fighting service deployment and services not only in Pohang city, but also in other regions.

■ keyword : | Large-scale Fire | Arrival Rate in Golden Time | Fire Vulnerable Area Prediction | Fire Damage Rating Measurement |

I. 서론

도시화 및 산업화에 따른 건물들의 고밀도 건축은 대형화재에 대한 취약성을 증가시켰다. 2019년 기준 대형화재에 취약한 중점 관리대상물(대형 건축물과 가연성 물질을 대량 저장 및 취급하거나 다수 인원들이 출입 및 사용하는 대상으로서 화재가 발생할 경우 많은 인명 및 재산피해가 발생할 우려가 높아 특별한 관리가 필요한 소방대상물인)은 총 7097곳이며[1], 이는 매년 꾸준히 증가하고 있다. 즉 대형화재 예방 및 관리, 조치에 대한 다양한 시도들이 필요한 시점이다. 대형화재 예방 및 피해를 최소화하기 위해서는 무엇보다 화재가 플래시오버에 도달하기 전인 골든 타임 내 소방차 화재 현장 도착이 중요하다.

골든 타임은 화재 발생 후 플래시오버가 발생하여 화재가 크게 확대되기 전 화재 진화를 개시해야 하는 시간이다[2]. 소방관 개입시간이 5-8분 이내가 되어야 해당 건물을 화재로부터 보호할 수 있다는 전제 하에 국내에서는 119 신고접수로 인지한 상황에서 소방차가 차고를 나간 시간부터 현장 도착 시간까지의 총 소요 시간을 5분 이내로 권고하고 있다[3]. 소방차가 골든 타임을 넘겨 화재 현장에 도착한 경우, 골든 타임 전에 도착했을 때보다 화재 건당 평균 사상자 수가 1.48배(0.044명 → 0.065명), 피해 액수가 약 3.63배(292만원 → 1061만원) 증가한다[4]. 이는 화재가 플래시오버에 도달하게 되면 화재 규모가 급속도로 커져 인명 및 구조물을 화재로부터 보호할 수 없을 뿐만 아니라 인근 건물로 연소가 확대될 가능성이 높아지기 때문이다. 그러므로 화재가 플래시오버에 도달하기 전인 골든 타임 내 소방차가 화재 현장을 도착해야 화재로 인한 인명 및 재산 피해를 최소화할 수 있다.

그러나 2019년 기준 전국 골든 타임 내 평균 도착율이 0.6인 것에 비해 인구 50만 이상 대도시인 포항시 골든 타임 내 평균 도착율은 0.37로 매우 낮다. 이로써 포항시가 다른 지역에 비해 대형화재에 매우 취약하다고 판단된다. 따라서 골든 타임 내 도착율을 높이기 위해 추가적인 소방력 배치 및 119 안전센터 설치와 같은 인프라 투자가 필요하다[5]. 하지만 추가적인 소방력 배치와 인프라 투자는 많은 예산과 인력을 필요하기에 신

중하게 접근해야 한다. 현재 소방 서비스 및 화재 취약 지역 개선을 위해 주택가 밀집지역 화재발생 초기 드론 활용 연구, 소방서비스 취약지역 개선을 위한 소방권역 조성 연구, 도로터널 내 차량사고 화재조기감지 예방 연구, 소방차 출동 시 효율적인 골든타임 확보 연구, 소방조직 모형개발 연구, 소방차 골든타임 제도 개선방안 연구, 119 출동 시간 단축을 위한 서비스 디자인 연구와 같이 국내외 많은 연구들이 있다. 이처럼 개선 및 예방 방안에 대한 연구는 활발한 반면에 이를 어디에, 어떻게, 무슨 기준으로 배치할 것인지, 즉 소방력 배치 및 소방 서비스 관련 의사결정에 관한 연구는 빈약한 실정이다.

II. 선행연구

현재 소방력 배치 및 소방 서비스 관련 의사결정을 대상으로 진행된 연구 및 분석은 다음과 같다. 안영용 외(2020)는 대전시를 중심으로 소방서비스가 공간적·계층적으로 평등하게 제공되고 있는지 분석하였다. 유환희 외(2013)는 진주시를 대상으로 OD cost matrix로 소방권역을 분석하여 현 소방서 배치 문제점을 논의하였다. 국민안전처(2015)는 GIS 바탕으로 소방 상황인 지 역량 강화를 위한 소방취약지 유형별 분석 모델 개발, 대상지역에 대한 소방취약지 유형별 지도 제작 및 소방취약지 지도 제작·운동을 위한 운영지침서를 제작하였다. 연경환 외(2014)는 청주청원의 화재발생 분포를 파악하여 최근린 분석과 커널밀도 분석을 통해 119 안전센터의 위치와 화재다발지점의 위치관계를 파악하였다. 이달별(2017)은 서울시의 화재위험도와 소방서비스를 기반으로 지역의 유형을 구분하고, 적정 소방서비스 가능 지역과 취약한 지역의 사회적 특성을 비교하고, 소방서비스 취약지역 중 사회적 취약지역의 존재를 파악하여 공간적·사회적 형평성을 향상시키기 위한 방안을 제시하였다. 하지만 이 또한 대부분의 연구가 소방서비스 취약지역 및 소방서 위치 개선에만 집중되어 있다. 이를 통해 소방력 배치 및 소방 서비스 관련 의사결정에 관한 연구가 특히 빈약하다는 것을 알 수 있었다.

따라서 포항시를 대상으로 한 본 연구는 119 안전센터별 골든 타임 내 도착을 데이터 바탕으로 OD cost matrix를 사용하여 도로망에 따른 소방차가 골든 타임 내 도착하지 못 하는 지역, 즉 화재 발생 시 화재 규모가 커질 가능성이 높은 행정구역별 화재 취약지역을 예측하였고, 인구와 건물 밀도, 소방차 접근성에 따른 화재 발생 시 화재 피해 수준을 예측한 행정구역별 화재 피해도를 측정하였다. 이를 바탕으로 포항시 행정구역 간의 선별적인 소방 서비스 제공 및 관련 의사결정에 도움을 줄 수 있는 지표인 화재 발생 시 화재 피해 수준을 비교할 수 있는 화재 피해 등급을 제시하는데 연구 목적을 두었다. 이는 재난관리에 있어 민간 및 공공 영역에서 만들어지는 정형 및 비정형 데이터들을 의미 있는 정보로 가공한다는데 의의가 있다[11][12].

III. 연구방법 및 연구절차

1. 자료 구축 및 119 안전센터별 현황

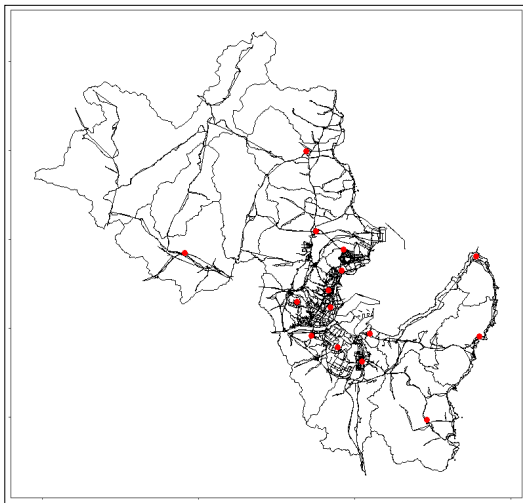


그림 1. 포항시 119 안전센터 (지역대 포함)

우선 소방차가 골든 타임 내 도착하지 못 하는 지역, 즉 화재 취약지역을 예측하기 위해 포항시 공간 정보 및 도로망, 119 지역대 포함 안전센터 위치를 [그림 1]에 나타냈다. 지방소방기관 설치에 관한 규정에 의하면 포항시는 대도시(광역시 또는 인구 50만명 이상의 시)

로서 관할면적 5km²이상 또는 관할인구 3만 명 이상마다 119 안전센터를 설치할 수 있다. 현재 포항시 119 지역대 포함 안전센터의 수는 총 15곳이며, 관할 인구 기준으로는 119 안전센터 한 곳 당 평균 3.4만 명을, 관할 면적의 기준으로는 평균 75.1km를 담당하고 있다. 관할 인구 기준은 대도시 119 안전센터 설치 기준을 충족하는 반면에 관할 면적 기준으로는 충족하지 못하고 있다.

2. 119 안전센터별 실질 골든 타임 내 도착거리

포항시 119 안전센터별 골든 타임 내 도착을 데이터 바탕으로 측정된 119 안전센터별 실질 골든 타임 내 도착거리를 OD cost matrix에 적용하여 화재 취약지역을 예측하였다.

화재 발생 시 화재가 플래시오버에 도달하게 되는 시간은 5분으로, 국내에서는 5분을 화재 골든 타임으로 규정하고 있다. 그러므로 화재 취약지역은 소방차가 화재 현장에 도착하는 시간이 5분을 초과하는 지역으로 정의한다. 즉 화재 취약지역은 소방차가 골든 타임 내 화재 현장에 도착하지 못 해 화재 규모가 커질 가능성이 높은 지역을 의미한다.

소방차의 화재 현장 도착시간 증가의 주된 요인은 교통혼잡, 교차로 신호대기시간 등 교통 환경이다[13]. 그러므로 119 안전센터별 실질 골든 타임 내 도착거리의 정확한 측정을 위해서는 교통환경 반영이 필수적이다. 포항시 119 안전센터별 골든 타임 내 도착을 데이터는 2010 - 2019년 119 안전센터별, 시간대별(2, 3, 4, 5, 7, 10, 20, 30, 60분 이내, 1시간 이상) 화재 현장 도착 건수를 포함하고 있다. 위 데이터 바탕으로 119 안전센터별 10개년 평균 골든 타임 내 도착율을 구하였다. 전체 화재 건수 중 5분 내 화재 현장에 도착한 건수를 '성공'이라 하면, 10개년 평균 골든 타임 내 도착율은 5분 내 화재 현장에 도착할 확률이라 할 수 있다. 또한 위 데이터의 시간에 따른 화재 현장 도착 건수는 당시의 교통 환경이 반영된 화재 현장 도착 건수이다. 그러므로 10개년 평균 골든 타임 내 도착율은 교통 환경이 반영된 5분 내 화재 현장에 도착할 확률이라 볼 수 있다.

최대한 빠른 시간 안에 화재 현장에 도착해야 하는 소방차의 특성을 감안하여 소방차 주행속도를 일반도

로 편도 1차로의 법정 최대 속도인 60km/h로 가정하면, 소방차의 5분 내 도착거리는 5km이다. 하지만 이는 119 안전센터별 교통환경을 전혀 반영하지 않은 5분 내 도착 거리이다. 그래서 이를 교통환경이 반영된 5분 내 도착할 확률인 10개년 평균 골든 타임 내 도착율과 곱하여 교통환경이 반영된 5분 내 도착거리, 즉 골든 타임 내 실질 도착거리를 구하였다. 다음으로는 119 안전센터별 10개년 평균 골든 타임 내 도착율과 골든 타임 내 실질 도착거리를 [표 1]에 나타냈다. 다만 청하 119 지역대, 장기 119 지역대, 호미곶 119 지역대의 골든 타임 내 도착율은 해당 데이터가 없어 포항시 소방 조직도에 따라 속해 있는 119 안전센터(청하 119 지역대는 흥해 119 안전센터, 장기 119 지역대는 오천 119 안전센터, 호미곶 119 지역대는 구룡포 119 안전센터)의 10개년 평균 골든 타임 내 도착율로 반영하였다. 또한 기계 119 안전센터 경우, 골든 타임 내 도착율 데이터가 2019년도밖에 없기에 2019년 골든 타임 내 도착율만을 반영하였다.

표 1. 포항시 119 안전센터별 평균 골든 타임 내 도착율과 실질 도착거리

119 안전센터	평균 도착율	도착거리 (Km)
덕산	0.3867	1.933
두호	0.4986	2.493
흥해	0.1683	0.841
청하	0.1683	0.841
장량	0.5201	2.600
기계	0.0357	0.178
일월	0.4708	2.354
해도	0.4999	2.499
제철	0.3785	1.892
연일	0.4323	2.161
효자	0.3495	1.747
오천	0.4335	2.167
장기	0.4335	2.167
구룡포	0.3212	1.606
호미곶	0.3212	1.606

3. 포항시 화재 취약지역 예측

본 연구는 유환희, 구슬의 연구의 소방 서비스 권역 분석에 사용된 OD cost matrix 및 적용 방법을 사용하여 포항시 화재 취약지역을 예측하였다. 유환희, 구슬

의 연구에 사용된 OD cost matrix는 단순 유클리디안 거리가 아닌 도로망 네트워크에 따른 출발지에서 목적지까지 최단거리를 계산하는 모형이다[7]. 소방차가 도로망 네트워크에 따른 최단 거리로 목적지를 간다고 가정했기에 OD cost matrix를 119 안전센터별 골든 타임 내 실질 도착거리에 적용하여 도로망에 따른 119 안전센터별 골든 타임 내 실질 도착 반경을 도출하였다. 이를 기반으로 119 안전센터별 골든 타임 내 실질 도착 반경에 들어가지 못 하는 지역, 즉 화재 취약지역을 [그림 2]와 같이 예측 및 시각화 하였다.

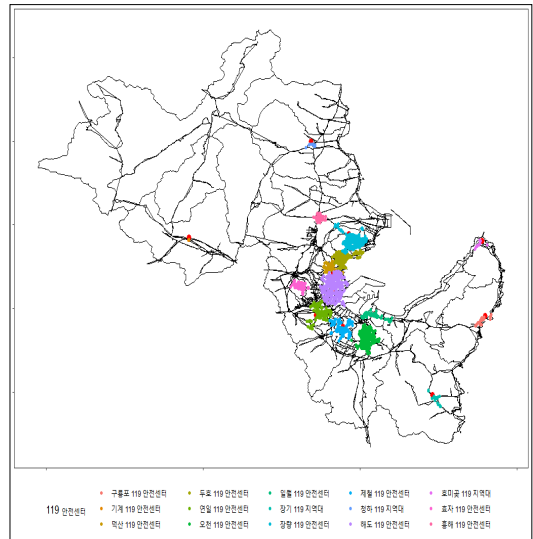


그림 2. 포항시 화재 취약지역

[그림 2]에 표시된 점들은 119 안전센터별 가장 인접한 도로 지점을 출발지로, 그 외 포항시 모든 도로 지점을 목적지로 설정하여 OD cost matrix를 통해 도로망 네트워크에 따라 계산된 출발지에서 각 목적지까지의 최단거리 중 해당 119 안전센터의 골든 타임 내 실질 도착거리 이내인 목적지들을 찍은 것이다. 즉 [그림 2]에 표시된 점들은 골든 타임 내 소방차가 도착할 수 있는 도로 지점을 의미한다. 반면에 그 외 부분들은 골든 타임 내 소방차가 도착할 수 없는 도로 지점들이며, 이는 화재 취약지역이다. [그림 2]를 보면 포항시 도심인 북구 및 남구를 제외하고 많은 외곽 지역들이 골든 타임 내 소방차가 도착할 수 없는 화재 취약지역으로

예측된다. 다음으로는 포항시 도심인 북구 및 남구의 화재 취약지역만을 [그림 3]와 같이 시각화 하였다.

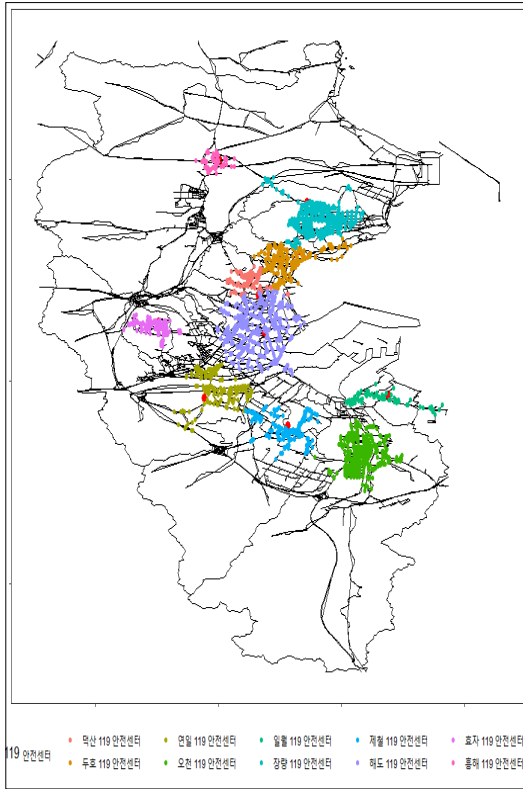


그림 3. 포항시 도심 화재 취약지역

[그림 3]를 보면 포항시 도심인 북구 및 남구 대부분 지역들이 골든 타임 내 소방차가 도착할 수 있는 지역으로 예측된다. 하지만 이를 보다 정확하게 예측하기 위해서는 포항시 행정구역별 화재 취약지역을 객관적인 수치로 나타낼 필요가 있다. 그러므로 위와 같이 예측한 화재 취약지역을 바탕으로 골든 타임 내 도착율을 119 안전센터가 아닌 행정구역 기준으로 측정하였고, 이를 [표 2]에 나타냈다.

표 2. 포항시 행정구역별 골든 타임 내 도착율

행정구역	도착율	행정구역	도착율
괴동동	0.102	상원동	1
구룡포읍	0.179	송내동	0.814
기계면	0.0014	송도동	1

기북면	0	송라면	0
남빈동	1	송정동	1
대도동	0.841	신광면	0
대송면	0.457	신흥동	1
대신동	1	양덕동	1
대점동	0.005	여남동	0.328
대흥동	1	여천동	1
덕산동	1	연일읍	0.511
덕수동	1	오천읍	0.55
동빈1가	1	용흥동	0.813
동빈2가	1	우현동	0.695
동춘동	0.464	이동	0.609
동해면	0.057	인덕동	0.263
두호동	1	일월동	0.804
득량동	0.077	장기면	0.23
상도동	0.363	장성동	1
장흥동	0.672	학산동	0.988
죽도동	1	학잠동	0.12
죽장면	0	항구동	1
중앙동	1	해도동	1
지곡동	0.785	호동	0.79
창포동	0.419	호미꽃면	0.175
청림동	0.741	환호동	1
청하면	0.033	효자동	0.129
흥해읍	0.71	-	-

[표 2]에서 나타낸 포항시 행정구역별 골든 타임 내 도착율은 소방차가 골든 타임 내 갈 수 있는 해당 행정구역의 도로 지점 수를 해당 행정구역의 전체 도로 지점 수로 나누어 구하였다. 도로법 제 48조에 따르면 도로 신설 또는 개량은 도로 교통량이 현저히 증가하여 차량의 능률적인 운행에 지장이 있는 경우 및 도로의 일정한 구간에서 원활한 교통소통이 필요한 경우에 가능하다. 이는 현재 도로망이 해당 지역의 도로에 대한 실질적인 수요, 즉 해당 지역의 인구 및 사회적 인프라에 따라 신설되었다는 것을 의미한다. 그러므로 해당 지역의 면적을 기준으로 한 골든 타임 내 도착율보다 도로망을 기준으로 한 골든 타임 내 도착율이 인구 및 사회적 인프라가 있는 지역, 즉 실질적으로 소방 서비스가 필요한 지역에 골든 타임 내 도착할 수 있는가에 대한 확률이기에 면적이 아닌 도로망에 따른 행정구역별 골든 타임 내 도착율을 구하였다. 예를 들어 골든 타임 내 도착율이 0.23이라면, 해당 지역의 23% 정도가 소방차가 골든 타임 내 도착할 수 있다는 것을 의미한다.

다. 다음은 [그림 4]와 같이 포항시 행정구역별 화재 취약지역을 시각화 하였다.

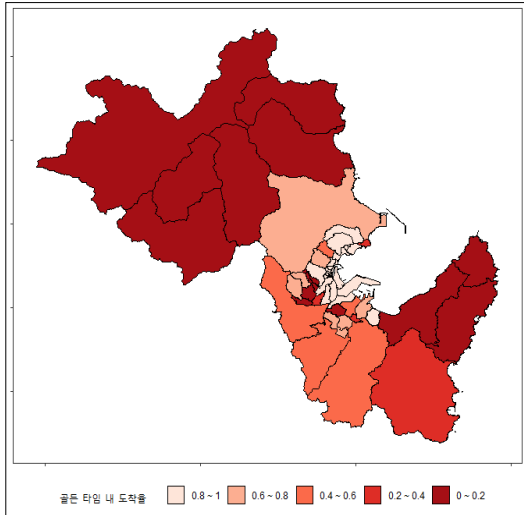


그림 4. 포항시 행정구역별 화재 취약지역

[그림 4]를 보면, 포항시 도심인 북구 및 남구 몇몇 행정구역, 흥해읍을 제외한 나머지 23곳 행정구역의 골든 타임 내 도착율은 0.6 이하이다. 2019년 기준 골든 타임 내 도착율 전국 평균이 약 0.6인 것을 감안했을 때, 포항시 많은 행정구역들이 골든 타임 내 도착율 전국 평균에도 미치지 못하는 화재 취약지역이라 볼 수 있다. 특히 동해면, 기북면, 송라면, 신광면, 죽장면, 기계면, 청하면, 호미곶면, 구룡포읍과 같은 포항시 외곽 행정구역들은 골든 타임 내 도착율 0.2 이하로 다른 지역에 비해 화재에 매우 취약한 지역이다. 또한 119 안전센터가 주로 위치하고 있음에도 불구하고 북구 및 남구 몇몇 행정구역들도 화재 취약지역으로 예측된다. 다음은 포항시 도심인 북구 및 남구 행정구역별 화재 취약지역만을 [그림 5]와 같이 시각화 하였다.

[그림 5]를 보면, 골든 타임 내 도착율이 학잠동, 득량동, 대잠동, 효자동, 괴동동은 0.2 이하, 인덕동, 여남동, 상도동은 0.4 이하, 동춘동, 창포동은 0.6 이하로 119 안전센터가 주로 위치한 북구 및 남구에서도 골든 타임 내 도착율이 전국 평균에도 미치지 못하는 화재 취약지역이 있다는 것을 알 수 있다. 위 결과를 바탕으로 포항시 23곳의 행정구역이 소방차가 골든 타임 내 도착

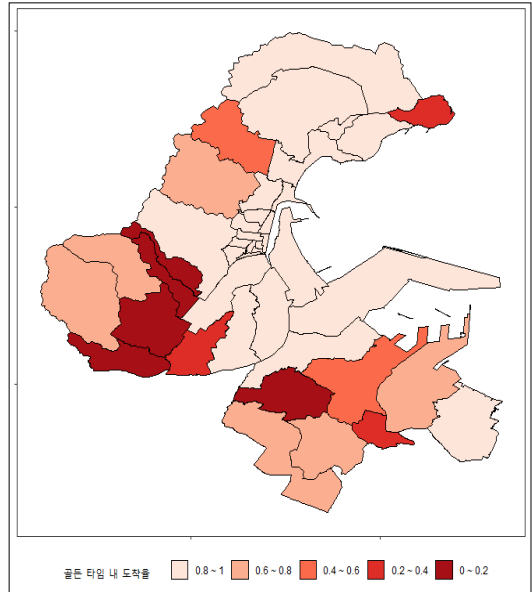


그림 5. 포항시 도심 행정구역별 화재 취약지역

하지 못 해 화재 규모가 커질 가능성이 높은 지역인 화재 취약지역임을 알았다. 이에 따라 해당 화재 취약지역에는 119 지역대 및 안전센터 설치 등 다양한 조치들이 필요하다고 판단된다. 하지만 예산과 인력은 한정되어 있기에 효율적인 조치를 위해서는 현재 소방 서비스가 가장 시급한 곳, 즉 화재 발생 시 실질적으로 화재로 인한 피해가 가장 높은 지역 순으로 조치를 취해야 한다. 그러나 위와 같이 예측된 화재 취약지역은 화재 발생 시 화재 규모가 커질 가능성이 높은 지역이지 화재 피해가 클 지역은 아니다. 그러므로 화재 발생 시 화재 피해 수준을 비교할 수 있는 화재 피해 등급을 측정하기 위해서는 화재 취약지역뿐만 아니라 해당 행정구역의 인구 및 사회적 인프라, 소방차 접근성에 따른 화재 발생 시 화재 피해 수준을 예측할 수 있는 화재 피해도를 측정해야 한다.

4. 포항시 행정구역별 화재 피해도

포항시 행정구역별 인구 및 건물 밀도와 교통량, 폭 3m 이하 도로 비율을 바탕으로 행정구역별 화재 피해도를 측정하였다. 여기서의 화재 피해도는 각 지역의 소방차 골든 타임 내 도착율이 같다고 가정 하에 해당

지역의 인구 및 건물 밀도와 소방차 접근성에 따른 화재 발생 시 화재 피해 수준을 예측한 것이다.

화재조사 및 보고규정 제 3조에 따르면 화재로 인한 인명과 재산 피해를 화재 피해로 규정한다. 그래서 화재 피해도에 해당 지역의 인구 및 건물 밀도를 반영하였다. 또한 소방차가 골든 타임 내 화재 현장에 도착해야 화재 피해를 최소화할 수 있다는 점은 골든 타임 내 소방차 도착 여부가 화재 피해 수준을 결정한다고 볼 수 있다. 그러므로 화재 피해 수준의 정확한 측정을 위해서는 화재 피해 수준을 결정하는 요소인 해당 지역의 소방차 접근성을 반영해야 한다. 소방차 접근성은 소방차의 화재 현장 도착시간 증가 주된 사유인 교통량과 소방청에서 규정한 소방차 진입근란 지역인 폭 3m 이하 도로 비율로 정하였다.

인구 밀도는 행정동별 인구 수를, 건물 밀도는 행정구역별 건물 수를 QGIS 프로그램으로 구한 해당 행정구역 면적으로 나누어 구하였다. 다만 현재 시청은 법정동별이 아닌 행정동별 인구 수 데이터만을 관리하고 있어 행정동별 인구 수로 인구 밀도를 구하였다. 교통량은 포항시 버스 정류장 위치 데이터 바탕으로 측정하였다. 버스 노선이 교통 수요에 따라 결정된다는 점은 버스 정류장 수가 해당 지역의 교통량을 반영한다고 볼 수 있다. 그래서 해당 행정구역의 버스 정류장 수를 해당 행정구역 면적으로 나누어 이를 해당 행정구역의 교통량으로 반영하였다. 폭 3m 이하 도로 비율은 포항시 도로망 데이터 바탕으로 해당 행정구역의 폭 3m 이하인 도로 수를 해당 행정구역의 전체 도로 수로 나누어 구하였다. 다음으로는 각 요인들의 가중치가 화재 피해도에서 같다고 가정했기에 단위가 다른 인구 및 건물 밀도, 교통량, 폭 3m 이하 도로 비율을 단위 통일화를 위해 다음과 같이 표준화 하였다.

$$y = \frac{x - \min}{\max - \min} \quad (1)$$

이를 바탕으로 화재 피해도를 다음과 같이 인구밀도, 건물밀도, 교통량, 그리고 도로폭을 가중치를 주지 않은 평균으로 설정하였다.

$$firedamage = \frac{1}{4}(pop. + buld. + tf. + rw.) \quad (2)$$

여기서의 *firedamage*는 포항시 행정구역별 화재 피해도를, *pop.*는 포항시 행정구역별 표준화된 인구 밀도

를, *buld.*는 포항시 행정구역별 표준화된 건물 밀도를, *tf.*는 포항시 행정구역별 표준화된 교통량을, *rw.*는 포항시 행정구역별 표준화된 도로 폭 3m 이하인 도로 비율을 의미한다. 다만 표준화된 요인들을 통해 화재 피해도를 구했기에 이는 절대적인 지표가 아닌 상대적인 지표이다. 다음으로는 포항시 행정구역별 화재 피해도를 [표 3]에 나타냈으며, [그림 6]와 같이 시각화 하였다.

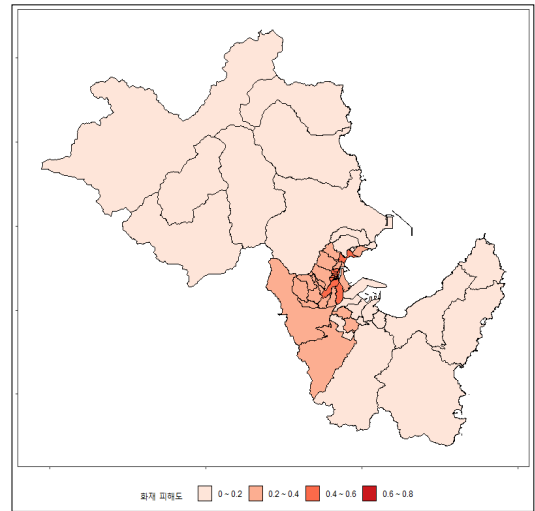


그림 6. 포항시 행정구역별 화재 피해도

[그림 6]을 보면, 포항시 외곽 행정구역의 화재 피해도가 0.2 이하인 것에 비해 도심인 북구 및 남구 대부분 행정구역들의 화재 피해도는 0.4 이상이다. 화재 피해도가 0.4 이상인 행정구역들은 화재 발생 시 화재 피해가 다른 지역에 비해 상대적으로 클 것으로 예측된다.

표 3. 포항시 행정구역별 화재 피해도

행정구역	화재 피해도	행정구역	화재 피해도
괴동동	0.215	상원동	0.404
구룡포읍	0.127	송내동	0.128
기계면	0.114	송도동	0.383
기북면	0.11	송라면	0.153
남빈동	0.571	송정동	0.073
대도동	0.386	신광면	0.045
대송면	0.216	신흥동	0.52
대신동	0.533	양덕동	0.182
대점동	0.245	여남동	0.177

대흥동	0.523	여천동	0.703
덕산동	0.457	연일읍	0.219
덕수동	0.448	오천읍	0.14
동빈1가	0.46	용흥동	0.307
동빈2가	0.534	우현동	0.27
동촌동	0.171	이동	0.34
동해면	0.172	인덕동	0.15
두호동	0.446	일월동	0.108
득량동	0.306	장기면	0.081
상도동	0.352	장성동	0.186
장흥동	0.192	학산동	0.334
죽도동	0.553	학잠동	0.35
죽장면	0.106	항구동	0.367
중앙동	0.493	해도동	0.455
지곡동	0.274	호동	0.269
창포동	0.318	호미곶면	0.108
청림동	0.143	환호동	0.205
청하면	0.121	효자동	0.268
흥해읍	0.169	-	-

다음은 포항시 도심인 북구 및 남구 행정구역별 화재 피해도만을 [그림 7]와 같이 시각화 하였다.

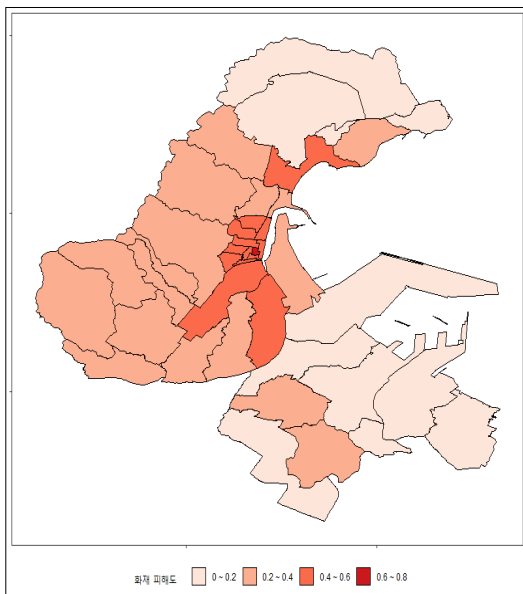


그림 7. 포항시 도심 행정구역별 화재 피해도

[그림 7]을 보면, 화재 피해도가 여천동은 0.6 이상, 남빈동, 죽도동, 동빈 2가, 대신동, 대흥동, 신흥동, 중

양동, 동빈 1가, 덕산동, 해도동, 덕수동, 두호동, 상원동은 0.4 이상으로 해당 지역들은 다른 지역에 비해 상대적으로 화재 발생 시 화재 피해가 클 것이라 예측된다. 이는 해당 지역들이 모두 포항시 도심 지역이며, 그 중에서도 인구 및 건물밀도와 교통량이 많은 도심 중심 지이기 때문이다. 특히 여천동 같은 경우, 건물 밀도 및 교통량, 폭 3m 이하 도로 비율이 다른 지역에 비해 상당히 높아 화재 발생 시 화재 피해가 가장 클 것으로 예측된다.

IV. 연구결과

1. 포항시 행정구역별 화재 피해 등급 측정

위와 같이 측정된 포항시 행정구역별 골든 타임 내 도착율과 화재 피해도를 바탕으로 행정구역별 화재 피해 등급을 측정하였다. 앞서 구한 화재 피해도는 화재 피해를 최소화하는 요인인 소방차 골든 타임 내 도착율을 반영하지 않았다. 그러므로 화재 발생 시 해당 지역의 실질 화재 피해 수준을 알기 위해서는 해당 지역의 화재 피해도와 화재 피해를 최소화하는 요인인 소방차 골든 타임 내 도착율을 반영해야 한다. 이는 다음과 같이 식을 통해 구하였다.

$$firedamage * (1 - arrivalpro) \quad (3)$$

여기서 *firedamage*는 행정구역별 화재 피해도를, *arrivalpro*는 행정구역별 골든 타임 내 도착율을 의미한다. 실질 화재 피해도를 측정하기 위해 1에서 *arrivalpro*를 뺀, 즉 골든 타임 내 도착하지 못 하는 비율을 화재 피해도에 곱하였다. 실질 화재 피해도를 상대적 지표인 화재 피해도로 구했기에 실질 화재 피해도 또한 상대적 지표이다. 다음으로는 실질 화재 피해도를 5 분위수로 나누어 화재 피해 등급을 측정하였다. 이는 화재 피해 등급이 높을수록 화재 발생 시 다른 지역에 비해 실질적인 화재로 인한 피해가 클 가능성이 높다는 것을 의미한다. 다음으로 포항시 행정구역별 실질 화재 피해도를 [표 4]에, 화재 피해등급을 [그림 8]와 같이 시각화 하였다.

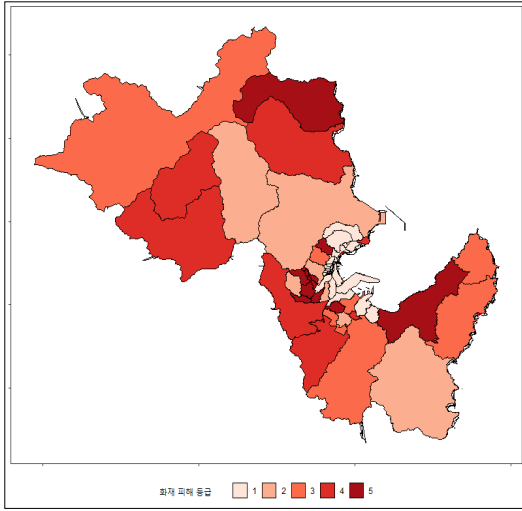


그림 8. 포항시 행정구역별 화재 피해 등급

표 4. 포항시 행정구역별 실질 화재 피해도 및 화재 피해 등급

행정구역	실질 화재 피해도	화재 피해 등급
과동동	0.1934	5
구룡포읍	0.1049	3
기계면	0.1133	4
기북면	0.1101	4
남빈동	0	1
대도동	0.0611	2
대송면	0.1173	4
대신동	0	1
대정동	0.2326	5
대흥동	0	1
덕산동	0	1
덕수동	0	1
동빈1가	0	1
동빈2가	0	1
동촌동	0.0919	3
동해면	0.1624	5
두호동	0	1
득량동	0.2828	5
상도동	0.2243	5
상원동	0	1
송내동	0.0238	1
송도동	0	1
송라면	0.1532	5
송정동	0	1
신광면	0.0456	2
신흥동	0	1
양덕동	0	1
여남동	0.1189	4
여천동	0	1
연일읍	0.1073	4
오천읍	0.0633	3
용흥동	0.0573	2
우현동	0.0823	3
이동	0.1331	5
인덕동	0.1108	4

일월동	0.1108	1
장기면	0.0625	2
장성동	0	1
장흥동	0.0631	3
죽도동	0	1
죽장면	0.1065	3
중앙동	0	1
자곡동	0.0589	2
창포동	0.1849	5
청림동	0.0371	1
청하면	0.1174	4
학산동	0.0038	1
학삼동	0.3079	5
항구동	0	1
해도동	0	1
호동	0.0565	2
호미곶면	0.0897	3
환호동	0	1
효자동	0.2335	5
흥해읍	0.049	2

[표 3]을 보면, 포항시 외곽 행정구역의 화재 피해도가 0.2 이하로 낮은 것에 비해 [그림 8]을 보면 흥해읍, 장기면, 신광면을 제외한 외곽 행정구역들의 화재 피해 등급은 3 이상으로 화재 발생 시 상대적으로 화재 피해가 높을 것이라 예측된다. 이는 화재 피해도가 낮을지라도 화재 피해를 최소화하는 요인인 소방차 골든 타임 내 도착을 또한 현저히 낮기에 나온 결과로 판단된다. 다음은 포항시 도심 북구 및 남구 행정구역별 화재 피해 등급만을 [그림 9]와 같이 시각화 하였다.

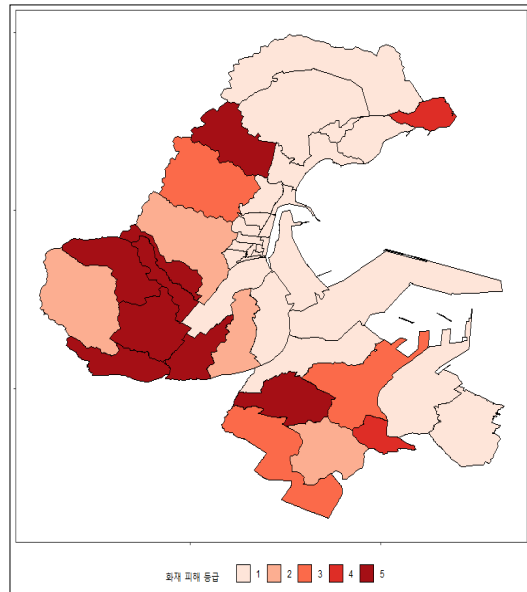


그림 9. 포항시 도심 행정구역별 화재 피해 등급

[그림 9]을 보면, 화재 피해 등급이 창포동, 학잠동, 득량동, 이동, 대잠동, 상도동, 효자동, 괴동동은 5, 여남동, 인덕동은 4, 동촌동, 장흥동, 우현동은 3으로 상대적으로 화재 발생 시 화재 피해가 높을 것이라 예측되는 지역들이다. 다만 특이하게도 화재 피해 등급 1인 지역들은 모두 화재 피해도가 높은 지역인 포항시 도심 북구 및 남구에 모여 있다. 이는 해당 지역들의 골든 타임 내 도착율이 모두 높기에 다음과 같은 결과가 도출되었다고 판단된다.

화재 피해 등급은 화재 발생 시 상대적 화재 피해 수준 예측할 수 있는, 즉 현재 소방 서비스가 우선적으로 필요한 지역에 대한 상대적 지표이다. 이를 통해 화재 피해 등급이 5인 괴동동, 대잠동, 동해면, 득량동, 상도동, 송라면, 이동, 창포동, 학잠동, 효자동은 다른 지역에 비해 119 지역대 및 안전센터 설치 등 추가적인 조치가 시급하다고 판단된다.

V. 결론

포항시를 대상으로 한 본 연구는 OD cost matrix를 사용하여 도로망에 따른 소방차가 골든 타임 내 도착하지 못 하는 지역, 즉 화재 취약지역을 예측하고, 행정구역별 화재 피해도를 측정하여 이를 바탕으로 행정구역별 화재 피해 등급을 측정하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, OD cost matrix를 사용하여 화재 취약지역을 예측한 결과 북구 및 남구, 흥해읍을 제외한 나머지 23곳 행정구역들은 골든 타임 내 도착율 전국 평균에도 미치지 못 하는 화재 취약지역이라는 것을 알 수 있었다. 특히 기북면, 송라면, 신광면, 죽장면, 기계면, 청하면, 호미곶면, 구룡포읍, 대잠동, 동해면, 득량동, 효자동, 괴동동은 다른 지역에 비해 화재 발생 시 화재가 커질 가능성이 높기에 소방차 도착율을 높일 수 있는 119 지역대 및 안전센터 추가 설치와 소방서비스 디자인 연구[14] 및 자체 소화 능력을 갖출 수 있는 스프링클러 설치[15], 드론 활용[16]과 같은 조치들이 요구된다.

둘째, 인구 및 건물 밀도, 소방차 접근성에 따른 행정구역별 화재 피해도를 측정된 결과 도심인 북구와 남

구, 특히 여천동, 남빈동, 죽도동, 동빈 2가, 대신동, 대흥동, 신흥동, 중앙동, 동빈 1가, 덕산동, 해도동, 덕수동, 두호동, 상원동이 화재 발생 시 화재 피해가 다른 행정구역에 비해 상대적으로 피해가 클 가능성이 높다. 그러므로 화재 예방에 효과적인 조기 화재 인식 CCTV[17] 및 화재조기감지 예고 시스템[18] 설치와 같은 사전 예방할 수 있는 조치가 필요하다.

셋째, 위를 바탕으로 행정구역별 화재 피해 등급을 측정한 결과 동해면, 송라면, 괴동동, 대잠동, 득량동, 상도동, 이동, 창포동, 학잠동, 효자동이 다른 행정구역에 비해 상대적으로 화재 발생 시 실질 화재 피해가 가장 높을 것이라 예측되기에 해당 행정구역에 우선적인 소방력 배치 및 관련 조치가 요구된다.

본 연구에서의 화재 피해 등급은 화재 발생 시 화재 피해 수준 예측 및 비교할 수 있는 지표이기에 지역간의 소방력 배치 및 소방 서비스 관련 다양한 의사결정에 도움을 줄 수 있을 것이라 기대한다.

이번 연구에서는 데이터 부족 및 119 안전센터별, 시간대별 소방차 실제 주행속도 미 반영, 인구 및 건물 밀도, 소방차 접근성만으로 화재 피해도를 측정한 한계점이 있다. 하지만 향후 연구에서는 위와 같은 요소 보완 및 화재 피해도 측정 요소로 인구나사회학적 특성과 같이 더욱 현실의 상황을 반영하기 위한 추가적인 다른 사회경제적 변수들을 고려할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] 소방청, 2020 소방청 통계연보, 소방청, p.80, 2020.
- [2] 서울연구원, *황금시간 목표제 검증 및 평가를 위한 학술용역*, 서울특별시 소방재난본부, p.127, 2016.
- [3] 황의홍, 최지훈, 최돈목, "소방차 출동 시 효율적인 골든타임 확보 방안"에 관한 연구, 한국방재학회논문지, 제18권, 제5호, p.120, 2018.
- [4] <https://news.joins.com/DigitalSpecial/200>
- [5] 백민호, 이해평, "한국 소방력 배치의 실태 분석," 한국화재소방학회, 제 20권, 제1호, p.60, 2006.
- [6] 안영용, 임운택, 이상호, "대전시 소방서비스의 공간적 형평성," 한국콘텐츠학회지, 제20권, 제20호, p.561, 2020.

- [7] 유환희, 구슬, “진주시 소방서비스 취약지역 개선을 위한 소방권역 조성,” 한국지형공간정보학회지, 제21권, 제1호, pp.21-22, 2013.
- [8] [주]지인컨설팅, *GIS기반의 소방취약지 분석관리를 위한 모델 개발*, 국민안전처, p.223, 2015.
- [9] 연경환, 황희연, 홍의동, “청주·청원 화재발생 분포에 따른 119안전센터 입지 분석,” J. Korean Soc. Hazard Mitig, 제14권, 제6호, pp.289-296, 2014.
- [10] 이달별, “서울시 소방서비스의 공간적·사회적 형평성에 관한 연구,” 한국방재학회논문집, 제17권, 제1호, pp.145-154, 2017.
- [11] 신동희, 김용문, “국내 재난관리 분야의 빅 데이터 활용 정책방안,” 한국콘텐츠학회지, 제15권, 제2호, pp.378, 2014.
- [12] 김연우, 김병훈, 고건식, 최민웅, 송희섭, 김기훈, 유승훈, 임종태, 북경수, 유재수, “실시간 기상 빅데이터를 활용한 홍수 재난안전 시스템 설계 및 구현,” 한국콘텐츠학회지, 제17권, 제1호, p.352, 2016.
- [13] 국민안전처, *소방차 골든타임 제도개선 방안*, 중앙소방본부, p.2, 2015.
- [14] 맹지영, 신은비, 안성희, “119 출동 시간 단축을 위한 서비스 디자인 연구,” 한국HCI학회지, 한국HCI학회 학술대회, p.273, 2020.
- [15] 이성우, “목조 문화재 건축물의 화재로 인한 초기 대응 능력에 관한 조사 연구,” 한국콘텐츠학회논문지, 제19권, 제9호, p.112, 2019.
- [16] 윤교회, “주택가 밀집지역 화재발생 초기 드론 활용 서비스디자인 연구,” 한국콘텐츠학회지, 제19권, 제11호, p.117, 2019.
- [17] 윤성욱, 김현기, “도로터널 내 차량사고 화재조기감지 예고 시스템,” 한국콘텐츠학회지, 한국콘텐츠학회 종합학술대회 논문집, p.292, 2012.
- [18] 장학주, 이순이, 강석원, 이동명, “적외선 열 영상 카메라 기반의 스마트 화재감지 시스템 및 자동소화 장치 인터페이스 플랫폼의 설계 및 구현,” 한국콘텐츠학회지, 한국콘텐츠학회 종합학술대회 논문집, p.7, 2014.

저 자 소 개

임 정 훈(Jung-Hoon Lim)

준회원



■ 2014년 2월 ~ 현재 : 한동대학교 경영경제학부

<관심분야> : 응용통계, 빅데이터분석, 데이터마이닝

김 현 주(Heon-Joo Kim)

정회원



■ 1989년 2월 : 경북대학교 통계학과 (이학사)

■ 1991년 2월 : 경북대학교 통계학과 (이학석사)

■ 1995년 2월 : 경북대학교 통계학과 (이학박사)

■ 1996년 ~ 1997년 : 미국 Purdue 대학교 Post.Doc

■ 1998년 ~ 1999년 : 창원대학교 국책교수

■ 1999년 ~ 현재 : 한동대학교 GLS학부 교수

<관심분야> : 빅데이터분석, 전산통계, 컴퓨터교육