

강원도 화재의 공간적 군집 특성 분석*

배선학¹*

Spatial Clustering Analysis of Fire in Gangwon-Do*

Sun-Hak BAE¹*

요 약

본 연구의 목적은 장기적인 화재 발생 데이터를 이용하여 연구지역에서의 화재 발생에 대한 공간적인 군집 특성을 분석하는 것이다. 이를 위해 강원도 읍·면·동 단위에서 지난 40년 동안 발생한 화재 자료를 GIS 데이터로 변환하여 공간 분석을 수행하였다. 화재의 공간적인 군집 특성 파악에는 국지적 공간 연관성을 분석하는 방법인 Moran's I , Geary's C_i 그리고 Getis-Ord's G_i^* 를 활용하였다. 그리고 개별 분석방법이 지니는 장점을 연구 결과에 반영하기 위하여, 각각의 분석에서 도출된 결과를 통합하여 화재의 공간적 분포 특성을 해석하였다. 연구 결과 강원도에서는 화재 발생의 핫스팟 지역이 존재하였으며, 핫스팟 지역 중에서도 인접한 지역에 비하여 상대적으로 높은 화재 발생빈도를 보이는 지역을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 연구지역에서의 화재 발생 위험지역 예측과 소방 시설 재배치를 위한 자료로 활용될 수 있다.

주요어 : 국지적 공간 연관성 지표, 공간자기상관, 핫스팟 분석, GIS(지리정보시스템)

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the spatial cluster characteristics of fire using long-term fire data. For this, fire data which were broke out in the last 40 years were converted into GIS data and spatial analysis was performed at Gangwon-do province's minimum administrative district level. In order to grasp the spatial distribution of the fire, Moran's I , Geary's C_i and Getis-Ord's G_i^* , which are methods that analyze the local indicators of spatial association(LISA), were used. By integrating the characteristics of the spatial distribution of fire by integrating the results obtained from each analysis, the advantages of the individual analysis methods were reflected in the study results. As a result of the study, hotspot areas of fire in Gangwon-do was derived out. Among the hot spot areas, some areas, where the fire frequency is higher

2018년 08월 13일 접수 Received on August 13, 2018 / 2018년 09월 19일 수정 Revised on September 19, 2018 / 2018년 09월 19일 심사완료 Accepted on September 19, 2018

* 본 연구는 2016년도 강원대학교 대학회계 학술연구조성비(관리번호-520150222)에 의해 수행되었음.

1 강원대학교 지리교육과 Dept. of Geography Education, Kangwon National University

* Corresponding Author E-Mail : gis119@kangwon.ac.kr

than the adjacent areas, have been identified. The results of this study can be used as information for predicting the fire hazard area and relocating of fire-fighting facilities in the study area.

KEYWORDS : *Local Indicators of Spatial Association(LISA), Spatial Autocorrelation, Hot Spot Analysis, GIS*

서 론

인구가 증가함에 따라 거주지역 대부분은 그 규모에서 차이가 있을 뿐 도시화 과정을 거치면서 성장하거나 쇠퇴한다. 이러한 도시화는 인구와 자원의 집중을 일으킴으로써 공간적 불균형을 심화시키기도 하고, 시가지 확장과 표준화된 도시 체계의 전파 등으로 인하여 등질 지역의 확산을 유발하기도 한다. 이러한 도시화에 따른 토지피복의 변화는 화재 발생의 공간적인 분포에도 영향을 미친다. 즉, 화재 발생에 있어서 인접 지역과 유사한 경향을 보이는 지역이 있는가 하면, 특정 지역의 경우 다양한 원인으로 인하여 인접 지역과 차별화된 경향을 보이기도 한다. 화재로 인한 피해를 최소화하기 위한 소방 시스템 또한 이러한 화재 발생의 공간적인 특성을 반영하여 구축되어야 한다. 가장 바람직한 방향은 모든 지역에서 화재 발생 시 신속한 소방 서비스를 받을 수 있도록 소방 체계를 구축하는 것이다. 도시 지역의 경우 이러한 개념의 적용이 일정 부분 가능하지만, 한정된 소방 자원으로 인하여 도시화 비율이 낮은 읍·면 지역의 경우는 지역의 상황을 고려한 차별화된 소방 정책 수립이 필요하다. 특히 강원도와 같이 인구 규모에 비하여 면적이 넓고, 도로 교통을 통한 접근성의 지역적 편차가 크며, 시가지·산지·하천·해안 등 다양한 지리적 경관이 혼재된 경우에는 한정된 소방 자원의 효율적인 배치가 더욱 필요하다.

이러한 한정된 소방 자원의 배치에 있어서 가장 중요한 기준은 소방 서비스의 사각지대가 발생하지 않도록 하는 것이다. 소방 서비스 사각지대 해소를 위한 지속적인 소방 시설 확충으로

지역에 따라 정도의 차이는 있지만, 소방 서비스의 사각지대는 일정 부분 해소되었다. 강원도도 모두 14개 소방서, 53개 안전센터, 51개 지역대를 운영하여 소방 사각지대를 최소화하고자 하고 있다. 다음으로 중요한 것은 수요를 고려한 소방 자원의 배치이다. 즉, 지역의 화재 발생 빈도와 특성에 따라 소방 시설의 규모와 장비를 달리할 필요가 있다. 이를 위해서는 장기간의 화재 발생 자료에 근거하여 지역별 화재 발생 특징을 분석하고, 그 결과를 토대로 화재 발생 위험지역의 공간적 분포 경향을 찾아내는 것이 필요하다.

국내에서 수행된 화재 관련 연구는 대부분 도시 내부의 화재에 초점을 두고 수행되었거나 (Kang and Park, 2005; Koo *et al.*, 2010; Kim and Um, 2007; Kim *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2010; Heo *et al.*, 2009), 도시 이외의 지역에서는 산불을 대상으로 한 연구(Kim, 2014; Lee and Lee, 2006)가 대부분이다. 다만, Won *et al.* (2015)이 경상남도를 대상으로도 단위에서의 화재 발생에 대한 공간적 군집 특성에 대한 분석을 수행함으로써, 도시 내부를 벗어난 보다 넓은 범위에서의 화재 발생 특성에 관한 연구가 시작되고 있다.

따라서 본 연구에서는 도시 내부 화재 발생에 따른 소방 사각지대 최소화와 도시 화재 위험요인 분석이라는 기존 연구의 한계를 극복하고, 도 단위의 광역 범위에서의 화재 관리라는 관점에서 화재의 공간 분포 특성을 분석하고자 한다. 이를 통하여 화재의 유형에 따른 화재 발생의 공간적 분포 특성을 찾아냄으로써, 지역의 화재 예방에 활용될 수 있도록 하는 데 그 목적이 있다.

연구 범위 및 방법

1. 연구 범위

본 연구의 공간적 범위는 강원도이다. 강원도는 상대적으로 산지 비율이 높고, 태백산맥을 기준으로 영동지역과 영서 지역으로 기후 및 지형 특성이 구분된다. 또한, 인구와 행정 규모 등을 기준으로 할 때 춘천, 원주, 강릉 등 주요 거점도시들과 중소 규모의 시·군들로 구성되어 있으며, 도로 교통망에 의한 접근성에서도 지역적인 불균형이 상대적으로 크다. 따라서 이러한 다양한 지역적 특성에 따라 화재가 시·공간적으로 차별화된 분포를 보이는가를 분석하기에 적합한 지역이다.

시간적 범위와 내용적 범위는 1975년부터 2014년까지 40년 동안 연구지역인 강원도에서 발생한 화재 중 119 신고를 통하여 출동이 이루어진 화재 약 39,600건을 대상으로 하였다. 40년간의 연구자료는 국민안전처 중앙소방본부(구, 소방방재청)에서 화재 자료 전산화를 위하여 ‘국가화재정보시스템’을 구축한 2007년을 기준으로 전산화 이전과 전산화 이후의 두 시기로 구분된다. 본 연구에서도 상대적으로 다양한 속성 정보를 포함하고 있는 2007~2014년 사이의 화재에 대하여 추가적인 분석을 수행하였다.

2. 연구방법

전체 화재 발생 현황을 알아보기 위하여 화재 유형별 발생빈도 등 일반적인 기술통계 분석과 함께 공간통계 분석을 병행하여 수행하였다. 그리고 이 과정에서 연도별, 계절별, 요일별, 시간대별로 구분하여 분석을 수행함으로써 연구지역에서 발생한 특정 유형의 화재에 대한 시·공간적인 분포 특성을 파악하고자 하였다.

먼저 화재 발생 현황 분석은 빈도 분석 등 기술통계 분석 중심으로 진행하였다. 다음으로 화재 발생의 공간적 분포 특성을 파악하기 위해 유형별 화재 발생빈도에 대하여 공간통계 분석 방법인 공간자기상관(spatial autocorrelation) 분석을 수행하였다. 즉, 공간자기상관 분석을 통

하여 화재 발생지역 간의 공간적 연관성을 알아보았다. 전체 연구지역에 대한 공간자기상관의 유무와 그 정도를 알아보기 위한 전역적(global) Moran's I 분석을 수행하였다. 그리고 지역 단위에서 국지적으로 공간군집이 형성되는 지역을 찾기 위해 LISA(Local Indicators of Spatial Association) 분석을 병행하여 수행하였다.

국지적인 공간군집 현상을 알아보는 분석방법인 LISA로는 국지적(local) Moran's I (Anselin, 1995)와 국지적 Geary's C_i (Anselin, 1995), 그리고 Getis-Ord's G_i^* 분석(Getis and Ord, 1992) 등이 대표적이다(Lee *et al.*, 2010). Moran's I 와 Geary's C_i 는 관측값의 높고 낮음에 상관없이 유사한 값의 공간적 군집을 찾아내는 데에는 매우 탁월하지만, 전체적인 핫스팟(hot spot)과 콜드스팟(cold spot)을 구분하지 못한다는 점이 한계이다. 반면, Getis-Ord's G_i^* 는 공간적으로 유사한 값을 탐지하는 데는 다소 한계가 있지만, 핫스팟과 콜드스팟을 구분하는 데에는 탁월하다. Moran's I 와 Geary's C_i 는 모두 중심 객체와 주변 객체를 비교하여 그 차이를 계산한다는 점에서 공통점이 있다. 반면, Moran's I 는 전체 평균값과 각 객체 값과의 차이를 계산하고, Geary's C_i 는 중심 객체의 값과 주변 객체 값과의 차이를 계산한다는 점에서 차이가 있다. 이에 비하여 Getis-Ord's G_i^* 는 중심 객체와 주변 객체들을 모두 포함하여 공간군집을 보이는 지역을 탐지한다(이상일 등, 2010; Mitchel, 2005). 각 방법론의 이러한 특징으로 인하여, Moran's I 는 공간적 특잇값(outlier)을 찾아내는데 탁월하고, Geary's C_i 는 국지적인 분산의 측정에 탁월하다. 그리고 Getis-Ord's G_i^* 는 계산된 통계치로부터 핫스팟(양수 값)과 콜드스팟(음수 값)을 직관적으로 확인할 수 있다는 장점이 있다(Lee *et al.*, 2010). 따라서 본 연구에서는 화재 발생의 공간적 분포 특성을 파악하기 위해 Moran's I 와 Geary's C_i , Getis-Ord's G_i^* 방법을 모두 적용한 후 그 결과를 해석하였다. Won *et al.*(2015)의 연구에서는

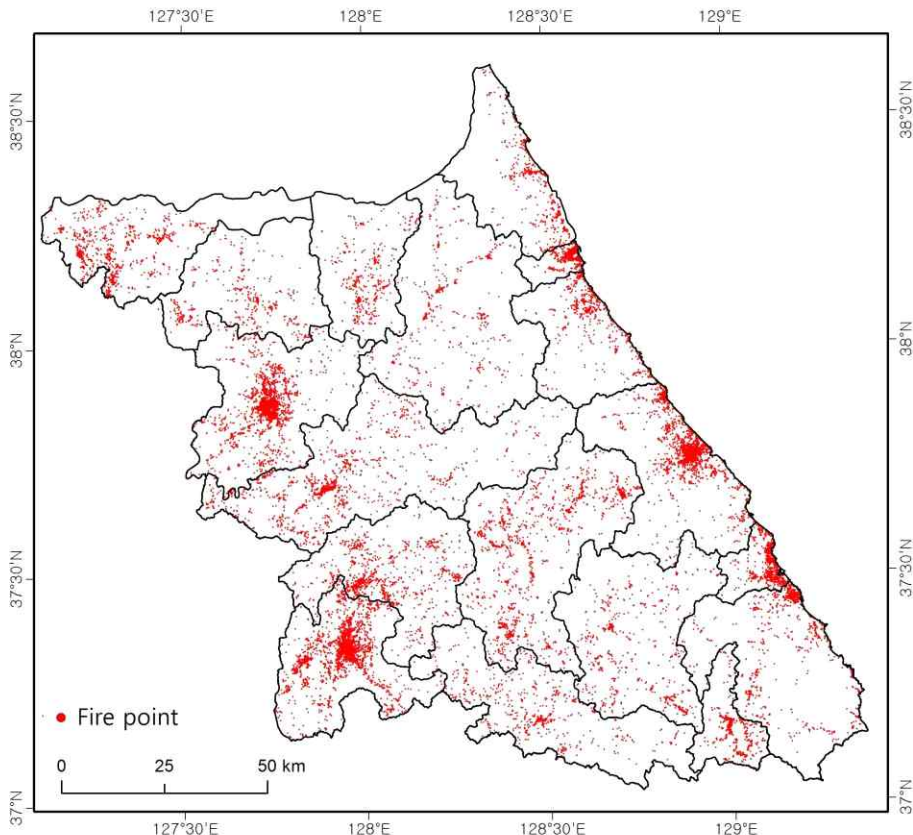
Getis -Ord's G_i^* 방법만을 적용하여 화재를 분석하였지만, 본 연구에서는 세 가지 LISA 분석방법의 장점을 활용하여 화재 분석을 하였다 는 점에서 차이가 있다.

국지적 공간군집 분석은 점(point) 객체가 아닌 면(polygon) 객체에 대한 분석이다. 따라서 연구지역의 최소행정구역 단위인 읍·면·동 단위로 화재 발생빈도를 계산하여 공간군집 여부를 분석하였다. 공간군집 분석을 위하여 GeoDa 1.12[Exploring Spatial Data with GeoDaTM]를 사용하였다. 인접 지역에 대한 공간가중치 적용 방법에서는 인접한 모든 객체에 대하여 가중치가 반영되는 Queen contiguity를 적용하였고, 가중치 적용 범위를 결정하는 Order of contiguity는 '1' 을 적용

하였다. 그리고 공간정보 구축, 편집, 기본적인 공간 분석, 지도화 등은 ESRI사의 ArcGIS 10.2를 사용하였다. 국지적 공간 분석과 전역적 공간자기상관 분석은 모두 전체 화재와 임야 화재, 차량 화재로 구분하여 분석을 수행하였다.

3. 연구자료

연구자료는 강원도에서 1975~2014년 사이에 119 소방 출동이 이루어진 화재 39,626건을 대상으로 하였다. 국가화재정보시스템이 구축되기 이전인 1975~2006년 사이에 발생한 화재 19,314건은 화재신고 대장에 기재되어 있는 자료를 입력하여 구축하였다(강원소방본부, 2016). 지오코딩(2007년 이전 데이터) 방법과 좌표값을 이용한 공간정보 데이터로의 변환 과



정을 거쳐서 1975년부터 2014년까지 발생한 개별 화재들을 점(point) 객체의 GIS 데이터로 구축하였다. 화재 발생 데이터에 포함된 주요 정보로는 화재 발생연월일, 시간, 요일, 사망 및 부상자 현황, 재산피해, 화재 유형, 발화요인, 주소 등이 있다. 그리고 국가화재정보시스템이 구축된 2007년 이후의 데이터에는 추가로 출동 소방서, 동원된 인원, 날씨, 발화 관련 정보, 건물 층수 등 보다 자세한 정보가 포함되어 있다. 본 연구에서는 화재 발생 위치 정보를 이용한 행정구역별 화재 발생빈도에 대하여 분석을 수행하였다.

결과 분석

1. 40년간 화재 발생 현황

지난 40년 동안 강원도에서 발생한 화재는 도시 지역과 주요 도로를 따라 형성되어 있는 거주지를 중심으로 높은 빈도를 보임을 확인할 수 있다(그림 1). 화재 유형별로는 건축물에서 발생한 화재 빈도가 가장 높았으며 차량, 임야의 순으로 높은 빈도를 보였다. 화재 발생 유형

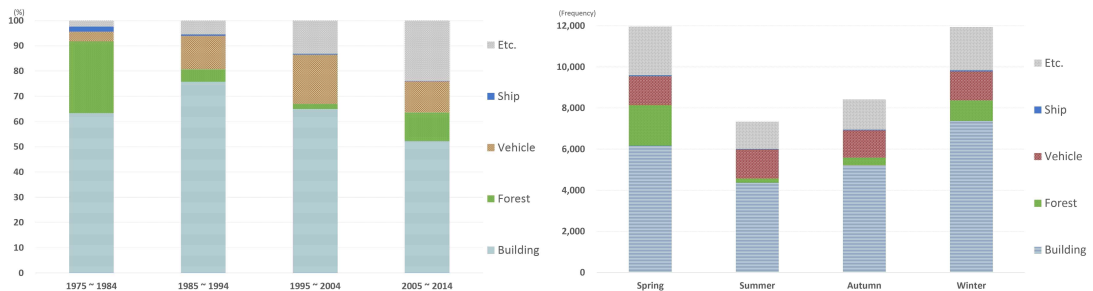
을 10년 단위로 구분하여 보면 전체적인 화재 빈도는 매 10년 단위로 2배 이상씩 증가하고 있음을 확인할 수 있었다(표 1). 화재 유형에서는 건축물 화재 비율이 가장 높지만, 그 비중은 점차 감소하는 추세이다. 임야에서의 화재도 연구 기간의 초기(1975~1984년)에 높은 비율을 보이다가 급격히 감소한 후 최근에는 다시 증가세를 보인다. 반면에 차량 화재와 기타 화재의 경우 빠른 증가세를 보이는 것이 특징적이다(그림 2).

월별 화재 현황에서는 12월에 화재 발생빈도가 가장 높았으며, 계절로는 봄철과 겨울철의 화재 빈도가 상대적으로 높았다(그림 3). 시간대별로는 사람들의 활동이 활발한 10~20시 사이에 화재 발생빈도가 높게 나타났으며 14시에 정점을 보였다(그림 4).

최근의 화재 경향을 알아보기 위해 국가 차원의 화재 자료 전산화로 데이터의 신뢰도가 상대적으로 높은 2007~2014년 화재 발생 현황을 추가로 분석하였다. 이 기간 강원도에서 발생한 화재는 모두 19,284건이다. 월평균으로는 201건의 화재가 발생하였다. 이 기간의 연도별 화

TABLE 1. Fire in Gangwon Province

Type	1975 ~ 1984	1985 ~ 1994	1995 ~ 2004	2005 ~ 2014	Total
Building	1,114	2,610	7,234	12,151	23,109
Forest	501	173	227	2,656	3,557
Vehicle	67	456	2,175	2,849	5,547
Ship	36	20	42	61	159
Other	42	188	1461	5,563	7,254
Total	1,760	3,447	11,139	23,280	39,626



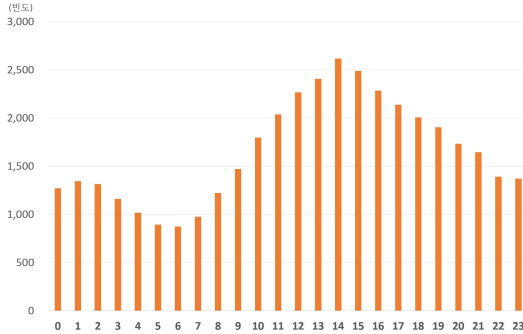


FIGURE 4. Frequency of fire by time

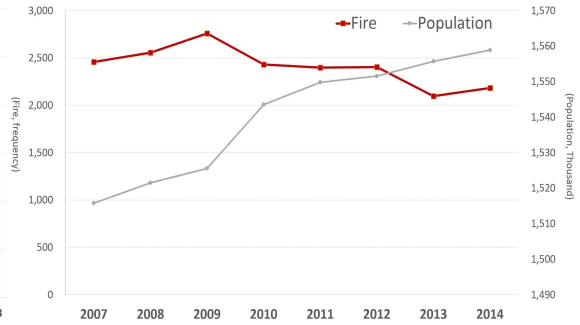


FIGURE 5. Fire and Population Change by Year

재 발생 변화 추세는 지난 40년간의 10년 단위 화재 발생빈도와는 다른 양상을 보였다. 인구는 증가하고 있지만, 화재는 점진적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다(그림 5).

2. 전역적 공간자기상관 분석

본 연구에서는 지역별 화재 발생빈도의 공간 자기상관 유무와 그 정도를 알아보기 위해 전역

적 Moran's *I* 분석을 수행하였다. 먼저 전체 화재 발생 데이터에 대하여 공간자기상관 분석을 수행하였으며, 다음으로 건축물 화재보다 도심 지역 집중도가 낮은 임야와 차량 화재에 대한 공간자기상관 분석을 추가로 수행하였다.

화재 발생빈도에 대하여 읍·면·동 단위로 수행한 공간자기상관 값을 살펴보면, 지난 40년 동안 강원도에서 발생한 전체 화재의 경우는

TABLE 2. Global Moran's *I* by fire type

Fire type	All		Forest		Vehicle	
	1975~2014	2007~2014	1975~2014	2007~2014	1975~2014	2007~2014
Moran's <i>I</i>	0.025	0.068	0.322	0.297	0.080	0.127
Plot						

0.025로 상대적으로 낮은 값을 보였다. 전체 화재 중 2007년 이후의 발생한 화재를 대상으로 분석한 공간자기상관 값은 0.068로 전체 기간(1975~2014년) 보다는 상대적으로 큰 값을 보였다. 임야에서 40년 전체 기간 발생한 화재의 공간자기상관 값은 0.322로 공간자기상관이 높았다. 2007년 이후에 발생한 임야 화재도 0.297로 공간자기상관 값이 낮아지기는 하지만, 여전히 높은 공간자기상관 경향을 보여주었다. 차량에서 전체 기간 발생한 화재의 공간자기상관 값은 0.080으로 나타났으며, 2007년 이후의 차량 화재에서는 0.127로 공간자기상관이 높아졌다(표 2).

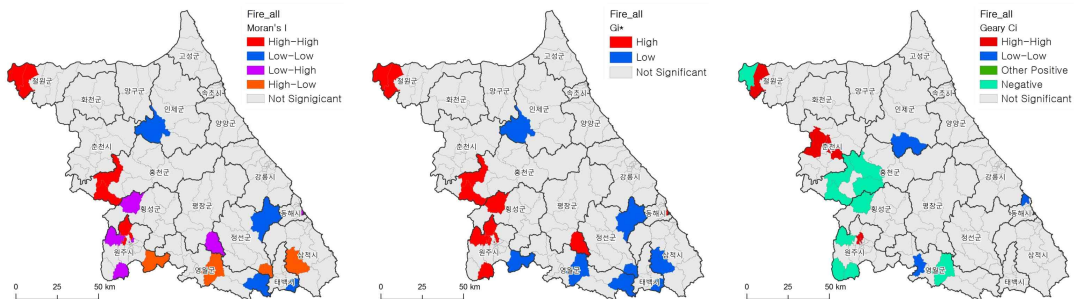
이러한 결과는 상대적으로 최근 10년 동안에 발생한 화재 빈도에서 인접 공간과의 유사성이 과거에 비하여 높아졌음을 의미한다. 다만, 높은 공간자기상관 경향을 보이는 산림의 경우는 과거보다 인접 공간과의 유사성이 다소 낮아졌음을 확인할 수 있었다.

3. 국지적 공간군집 분석

Moran's I 에 의한 국지적 공간자기상관 분석의 결과는 H-H(높은 값이 높은 값에 의해 둘러싸여 있음), L-L(낮은 값이 낮은 값에 의해 둘러싸여 있음), H-L(높은 값이 낮은 값에 의해 둘러싸여 있음), L-H(낮은 값이 높은 값에 의해 둘러싸여 있음)의 네 가지 유형으로 범주화 된다(Anselin and Bao, 1997; Lee *et*

al., 2010). Geary's C_i 의 분석 결과는 H-H, L-L과 분산된 유형으로 범주화된다. 그리고 Getis-Ord's G_i^* 의 분석 결과는 핫스팟과 콜드스팟으로 범주화된다. 따라서 국지적 Moran's I 에서 H-H로 범주화 되면서 동시에 Getis-Ord's G_i^* 에서 핫스팟을 형성하는 지역은 관심을 가져야 하는 화재 발생 위험 지역일 가능성이 높다. 또한 Geary's C_i 에서 분산이 큰 것으로 나타난 지역들(Negative)은 해당 지역이 공간상으로 인접된 지역들과 비교할 때, 특정 요인으로 인하여 화재 발생빈도가 주변 지역과 큰 차이가 있음을 의미한다.

분석 결과 국지적 공간군집에서는 일반적으로 Moran's I 분석 결과와 Getis-Ord's G_i^* 분석 결과는 유사하게 도출되었고, Geary's C_i 분석 결과에서는 차이를 보였다. 화재 유형에 따라서도 차별화된 핫스팟 분포 경향이 나타났다. 핫스팟의 경우 전체 화재에서는 원주, 홍천, 철원에 분포하며, 임야 화재의 경우는 홍천, 춘천, 철원, 고성, 인제에 분포한다. 차량 화재의 경우는 강릉, 원주 지역이 핫스팟에 해당하였다. 콜드스팟의 경우 전체 화재에서는 오지에 해당하는 태백, 영월, 정선, 인제의 외곽지역에 분포하며, 임야 화재에서는 태백과 삼척 지역에 집중적으로 분포한다. 차량 화재의 경우는 시·군 경계지역이면서 지형적인 요인으로 차량 접근이 어려운 지역을 중심으로 분포하였다(그림 6, 그림 7, 그림 8).



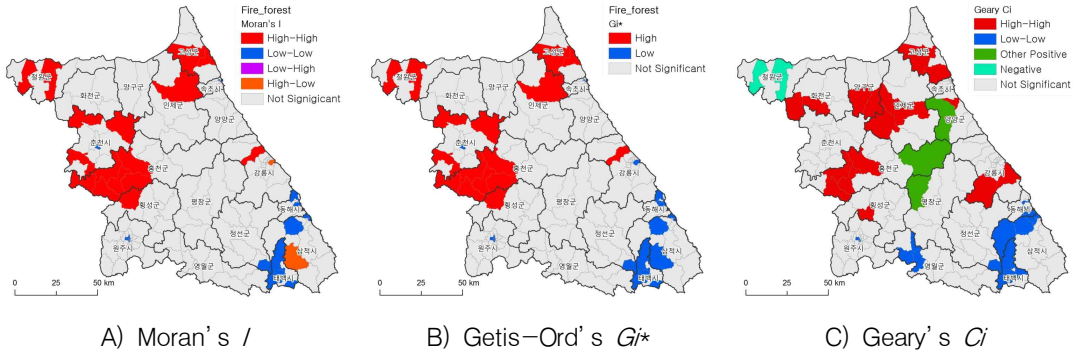


FIGURE 7. LISA for forest fire

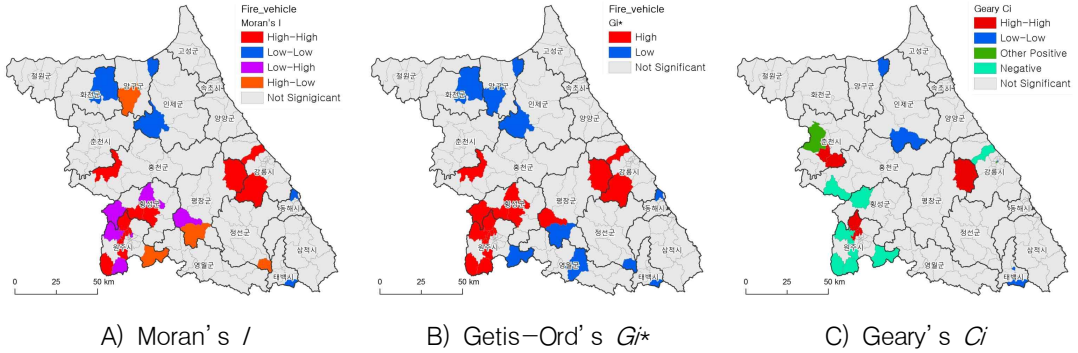


FIGURE 8. LISA for vehicle fire

국지적 공간군집 분석 결과가 활용될 수 있는 분야는 다양하며, 그중 하나는 한정된 소방 자원을 효율적으로 배치하는데 참고할 수 있는 자료로 활용하는 것이다. 그림 9는 전체 화재에 대한 Getis-Ord's G_i^* 분석 결과와 소방서의 위치를 중첩한 지도다. 이 결과만으로 볼 때, 핫스팟에 해당하는 지역은 최소한 안전센터 이상의 소방 시설을 입지시키는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 또한 콜드스팟 지역의 경우 대부분 안전센터 이상의 소방 시설이 입지하고 있으므로, 핫스팟과 콜드스팟 지역의 소방 시설에 대한 조정이 필요하다.

결론 및 고찰

본 연구는 강원도에서 지난 40년 동안 발생한 화재를 GIS 데이터로 구축한 후, 전체 화재

와 유형별 화재에 대하여 공간통계 분석을 수행함으로써, 화재의 공간적 분포가 어떠한 특징을 보이는 가를 분석한 것이다. 지난 40년 동안 강원도에서 발생한 화재 빈도를 10년 단위로 살펴보면 전체 화재 발생빈도는 꾸준히 증가하고 있음을 확인할 수 있었다. 화재 유형별로 보면 차량 화재와 기타 화재가 꾸준히 증가하고 있다. 또한, 임야에서 발생한 화재가 최근 10년 사이에 급격한 증가세를 보였다는 점이 특징적이다. 다만, 최근 10년 동안의 전체 화재 발생 빈도를 1년 단위로 살펴보면 화재 발생빈도가 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 소방 관련 규정의 강화, 건축물 시설개선, 홍보와 기초 소방 시설 보급 등에 따른 결과로 분석할 수 있다.

전역적 공간자기상관 분석 결과 최근 10년 동안 발생한 화재에서 상대적으로 공간자기상관

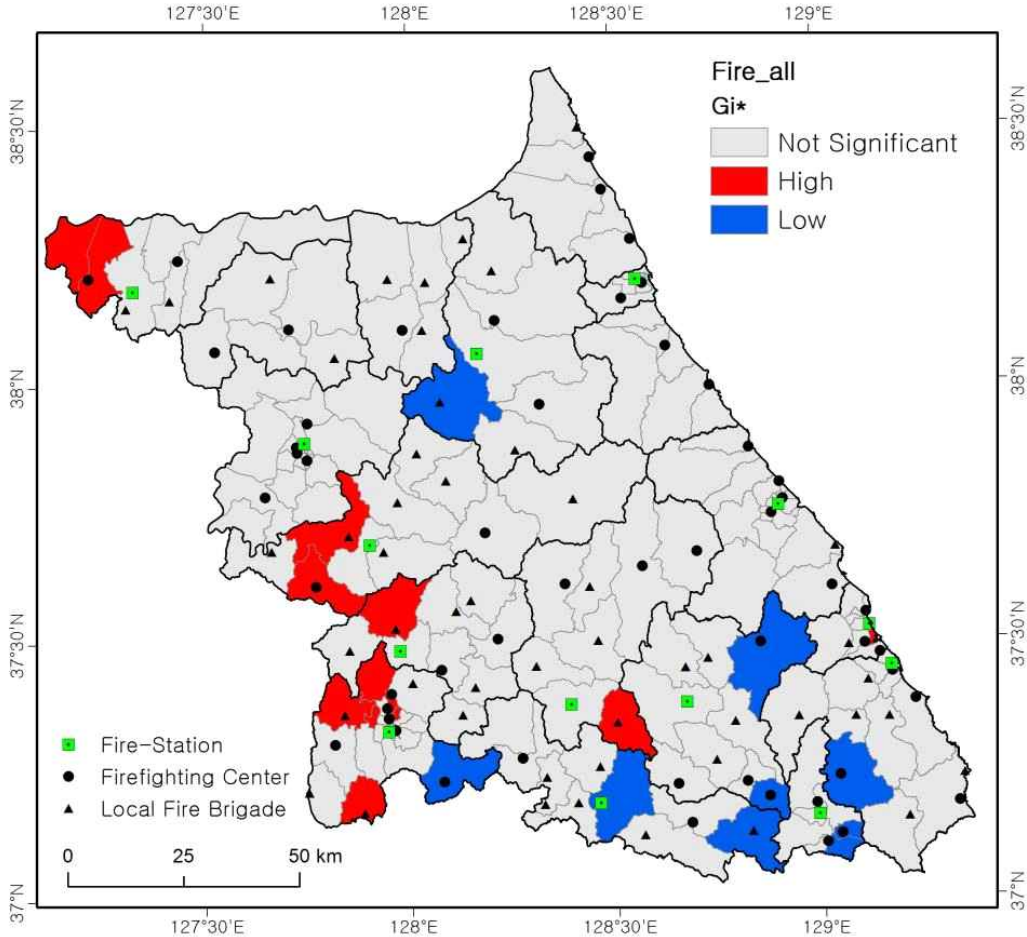


FIGURE 9. Fire station location and Getis-Ord's G_i^* for all fire


경향이 더 높게 나타났다. 이러한 경향은 도시화 등으로 등질 지역이 증가함으로써 화재 발생빈도 또한 인접 지역과 유사한 경향을 보인 결과로 해석된다. 다만, 임야의 경우는 반대의 경향을 보였다는 점이 특징적이며, 이 부분에 대하여서는 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

국지적인 공간군집 분석 결과인 핫스팟의 분포를 보면, 전체 화재에서는 시·군의 외곽지역에서 핫스팟이 나타났다. 임야 화재에서는 홍천의 서쪽 지역과 춘천의 분지 외곽지역, 고성과 인제의 태백산맥 지역, 철원에서 핫스팟이 나타났다. 그리고 차량 화재에서는 횡성과, 원주, 강릉에 핫

스팟이 집중되었는데, 이들 지역은 모두 영동고속도로 노선과 관련이 있을 것으로 판단된다. 그 외 홍천 지역도 서울-양양 고속도로가 지나는 구간에 해당한다. 특이한 점은 영동고속도로 노선에 해당하지만, 차량 화재의 핫스팟은 나타나지 않고 있는 평창지역이다. 이러한 결과로 볼 때 급경사 지역에 해당하는 도로에서 주로 차량 화재가 발생하는 것으로 해석할 수 있다.

국지적 Moran's I 분석 결과와 Getis-Ord's G_i^* 분석 결과는 화재 발생의 핫스팟 지역을 찾는 데 활용하였고, Geary's C_i 분석 결과는 인접한 지역에 비하여 화재 발생빈도에서 큰 차이를 보이는 특이 지역을 찾는 데 활용하

었다. 즉, Moran's I 분석 결과와 Getis-Ord's G_i^* 분석 결과에서 핫스팟이고, Geary's C_i 분석 결과에서 인접한 지역과 값 차이가 큰 지역(그림 6, 그림 7, 그림 8의 C) Geary's C_i 의 Negative 지역은 화재 발생빈도에서 주변 지역과 비교하면 비정상적인 값을 보임으로써 화재 관리가 필요한 지역에 해당한다. 이러한 지역은 전체 화재를 대상으로 한 분석에서는 흥천, 원주, 철원에 분포하였고, 임야 화재에서는 철원에 분포하였으며, 차량 화재에서는 원주와 강릉에 분포하였다.

분석 결과는 소방 시설의 입지 선정과 평가에 활용할 수 있다. 본 연구에서 수행한 분석 결과만을 고려할 때, 강원도의 경우 소방 시설의 재배치가 필요할 것으로 판단된다. 핫스팟 지역이 집중하는 원주의 북부지역은 소방 시설을 보강할 필요가 있으며, 콜드스팟이 집중하여 분포하는 태백 인접 지역의 경우는 소방 시설이 상대적으로 집중된 경향을 보이므로 조정이 필요하다. 강원도의 화재 발생 분석 결과는 강원도의 한정된 소방 자원을 활용한 최적의 소방 서비스를 제공하는데 필요한 자료로 활용될 수 있다. 특히, 시·군별 화재 현황 및 특성 분석 결과는 지역 단위의 맞춤형 소방안전 정책 수립에 이바지할 수 있다. 다만, 본 연구는 화재 발생 지점만을 대상으로 분석을 수행하였다는 점에서 한계가 있다. 따라서 계절, 기온, 인간활동 등 다양한 화재 요인을 공간 분석방법에 접목하기 위한 후속 연구가 필요하다. 

감사의 글

화재 발생 데이터를 제공해 주신 강원도소방본부에 감사드립니다.

REFERENCES

- Anselin, L., 1995. Local indicators of spatial association—LISA. *Geographical analysis* 27(2):93–115.
- Anselin, L. and S. Bao. 1997. Exploratory spatial data analysis linking SpaceStat and ArcView. In *Recent developments in spatial analysis*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gangwon Fire Headquarters <https://fire.gwd.go.kr> (강원도소방본부 <https://fire.gwd.go.kr>)
- GeoDa <https://geodacenter.github.io>
- Getis, A. and J.K. Ord. 1992. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical analysis* 24(3): 189–206.
- Heo J.E., G.Y. Jeon and W.H. Hong. 2009. A Study on the Fire Risk Assessment in CBD based on the Characteristic Features of Fire Damage. *JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Planning & Design* 25(3):247–253 (허정은, 전규엽, 홍원화. 2009. 도시 중심상업지역의 건축물 용도별 화재피해특성 기반의 화재위험도 평가에 관한 연구. *대한건축학회 논문집* 25(3):247–254).
- Kang, Y.O. and M.R. Park. 2005. Guidelines for the construction of vulnerability map of fire in Seoul. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation* 5(1):1–12 (강영옥, 박미라. 2005. 서울시 화재위험지도 구축방안에 관한 연구. *한국지형공간정보학회 학술대회* 195–200).
- Kim, D.Y. 2014. Spatial Analysis for Forest Fire Using GIS. *The Korean Association of Professional Geographers* 48(3):325–36 (김대영. 2014. GIS 를 이용한 산불발생의 공간적 분석. *국토지리학회지* 48(3): 325–36).
- Kim, H.B., D.M. Kim and S.H. Oh. 2002. A Study of Evaluating a Disaster-vulnerable Area and Locating Optimal Emergency Facilities Based on GIS Spatial Analysis Techniques. *Korean*

- Journal of Civil Engineering 22(4): 607-616 (김황배, 김동문, 오승훈. 2002. GIS 공간 분석기법을 적용한 화재경계지구 설정과 소방서의 적정위치 평가에 관한 연구. 대한토목학회논문집 D 22(4D):607-16).
- Kim, J.T. and J.S. Um. 2007. The Urban Fire Prediction Mapping Technique based on GIS Spatial Statistics. Fire Science and Engineering 21(2):14-23 (김진택, 엄정섭. 2007. GIS 공간통계를 이용한 도심화 예측지도 제작기법 탐색. 한국화재소방학회 논문지 21(2):14-23).
- Koo, I.H., Y.C. Shin, Y.J. Kwon, Y. Hayashi and Y. Ohmiya. 2010. A Study on the Development of Assessment Technologies of Urban Fire Risk in Korea. In Proceedings of the Korea Institute of Fire Science and Engineering Conference. Korean Institute of Fire Science and Engineering 48-52 (구인혁, 신이철, 권영진, 林吉彦. 2010. 우리나라 도시화재 위험성 평가기법구축에 관한 연구. 한국화재소방학회 학술대회 논문집 48-52).
- Lee, S.I., D.H. Cho, H.G. Sohn and M.O. Chae. 2010. A GIS-based method for delineating spatial clusters: A modified AMOEBA technique. Journal of the Korean Geographical Society, 45(4): 502-520 (이상일, 조대현, 손학기, 채미옥. 2010. 공간 클러스터의 범역 설정을 위한 GIS-기반 방법론 연구 -수정 AMOEBA 기법-. 대한지리학회지 45(4):502-520).
- Lee, S.Y. and H.P. Lee. 2006. Analysis of forest fire occurrence in Korea. Fire Science and Engineering 20(2):54-63 (이시영, 이해평. 2006. 한국의 산불발생 실태분석. 한국화재소방학회 논문지 20(2):54-63).
- Lee, Y.H., J.H. Choi and W.H. Hong. 2010. A Study on Ranking Fire Factors in Residential Areas using the AHP Method and Designing a Fire Probability Prediction Model. Korea Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems 243-237 (이용희, 최준호, 홍원화. 2010. 계층화 분석법을 이용한 주거지 화재 발생요인의 위계설정 및 화재 발생확률 예측모델 개발에 관한 연구. 한국건축친환경설비학회 학술발표대회 논문집 234-237).
- Mitchel, A., 2005. The ESRI Guide to GIS analysis, Volume 2: Spatial measurements and statistics. ESRI Guide to GIS analysis.
- Won, T.H., G.H. Bae and H.H. Yoo. 2015. Analysis of the Spatial Clustering Distribution of Fire Occurrence - Focused on Gyeongsangnam-do. Korean Society of Civil Engineers CIVIL EXPO & CONFERENCE 37-38 (원태홍, 배규한, 유환희. 2015. 화재 발생의 공간적 군집특성 분석. 대한토목학회 학술대회 논문집 37-38). **KAGIS**