

진주시 화재발생 패턴분석과 위험등급 산출

Fire Occurrence Pattern Analysis and Fire Risk Calculation of Jinju City

배규한* · 유환희**
Bae, Gyu Han · Yoo, Hwan Hee

要 旨

급속한 도시성장에 따라 도시지역에는 다양하고 복잡한 시설물들이 증가되고 있으며, 이에 따른 화재발생 피해에 대한 위험도도 증가되고 있다. 특히 화재사고는 인위적 재해 중 교통사고와 함께 도시지역에서 가장 높은 발생빈도를 나타내고 있다. 이에 따라 소방방재청에서는 효과적인 화재관리를 위하여 국가화재정보시스템을 운영하고 있으며 2007년부터 화재발생정보를 인터넷을 통해 제공하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이 시스템에서 제공하는 데이터와 진주시 소방서로부터 자료를 취득하여 진주시 화재데이터베이스를 구축하고, 2007년부터 2013년까지 화재발생 추이에 대한 시계열분석과 Moran's I, Getis-Ord G_i^* 분석을 통하여 진주시 공간상의 화재발생 밀도변화분석과 시설물별 화재위험도를 산출하였다. 그 결과 화재발생위치의 시계열적 변화와 화재발생 밀집도가 높은 Hot Spot 지역을 추출할 수 있었으며, 시설물별 인명피해 및 재산피해 매트릭스를 작성하여 화재위험등급을 산출함으로써 도시지역의 화재발생위험을 예측할 수 있는 방안을 제시하였다.

핵심용어 : 화재사고, 국가화재정보시스템, 시계열분석, Moran's I, Getis-Ord G_i^* , 인명피해 및 재산피해 매트릭스, 화재위험등급

Abstract

Diverse and complex facilities have been on the increase in urban areas in accordance with rapid urbanization. Along the lines of the increase in facilities, the risk of fire has increased. In particular, fire accidents as well as traffic accidents accounted for the highest rate in artificial disasters. Therefore, the National Fire Information Systems managed by the National Emergency Management Agency (NEMA) appeared for the effective fire management. The NEMA has provided the public with the Internet services regarding information about fire outbreak since 2007. This study acquired data from both NEMA and the Jinju City Fire Department. It constructed the fire data of Jinju City and calculated the change in spatial density targeting fire, occurred in Jinju city with a view to examining the fire risk of facilities by conducting a time series analysis on the trends of fire outbreak over a span of periods between 2007 and 2013. It also conducted an analysis of Moran's I, Getis-Ord G_i^* . Therefore, it came to select higher hot spots in terms of fire location and fire density. In addition, it attempted to calculate the levels of fire hazard by drawing up the matrix of personal injury and property damage, depending on facilities to present the methods, which can predict the risk of fire occurrence in urban areas.

Keywords : Fire, NFDS, Time Series Analysis, Moran's I, Getis-Ord G_i^* , Personal Injury and Property Damage Matrix, Fire Hazard Level

1. 서 론

우리나라는 도시화와 산업화로 인한 인구의 도시유

입이 꾸준히 증가하고 있어 도시의 규모는 시간이 흐를수록 거대해지고 있다. 많은 시설물이 도시지역에 집중되어 있어서 화재는 도시민들에게 큰 위협을 주는 재

Received: 2014.11.28, revised: 2014.12.12, accepted: 2014.12.16

* 정회원 · 경상대학교 도시공학과 석사과정(Member, BK21+, Member, Master student, Urban engineering, Gyeongsang National University, baego000@naver.com)

** 교신저자 · 정회원 · 경상대학교 도시공학과 교수(Corresponding author, Member, BK21+, ERI, Professor, Urban engineering, Gyeongsang National University, hhyoo@gnu.ac.kr)

해로 인식되고 있다. 인간생활에서 다양한 위험요인은 항상 존재하고 있으며 재해는 인명 및 재산에 막대한 피해를 가져온다. 재해는 태풍, 가뭄 등이 속하는 자연적 재해와 화재, 교통사고, 건축물 붕괴 등의 인위적 재해, 그리고 의료, 교통문제와 같은 사회적 재해 등으로 분류되고 있다. 이러한 재해 중 화재는 자연재해와 달리 시민의식의 전환과 방재기술의 진보로 인하여 미리 예방하고 발생을 감소시킬 수 있다. 화재는 비정상적인 상태의 발생이라는 점에서 재해와 사고의 경계가 애매하지만 사고의 규모가 커져서 사회적으로 공포 분위기를 조성하게 되어 재해로 분류된다. 재해 중에서 화재는 인명을 잃고 많은 재산의 손실을 발생시킴에도 불구하고 우리 생활에서 자주 접하게 되어 일반적으로 재해가 아닌 것으로 생각하기도 하고, 태풍과 같이 재해유발충격이 불시가 아닌 매년 계절적으로 발생함에도 불구하고 재해로 구분하는 것도 있다. 화재의 경우 전체 인위적 재해 중에서도 교통사고를 제외하고 80% 이상을 차지하고 있으며 도시는 더욱 고층화, 고밀화 되고 있어서 화재피해에 아주 취약한 부분을 지니고 있다. 우리나라는 최근 3년간(2011년~2013년) 총 12만8천여 건의 화재가 발생하였으며 6,269명의 사상자와 9,800억원의 재산피해가 발생하였다. 화재발생 건수는 감소하는 추세였지만 사망자의 수와 재산피해는 증가하고 있는 추세이므로 화재의 대형화와 위험성은 갈수록 증가하고 있다(Bae and Yoo, 2014a).

화재의 위험도에 관한 선행연구로는 건축물의 화재 위험도 수준평가를 위한 지수 개발에 관한 연구가 있다(Chung, 2009). 이는 화재위험도를 지수화 하였으며 화재위험속성에 관한 가중치를 측정하여 상대위험도를 평가하고 상대적 평가결과를 이용하여 평가대상 모집단의 순위화를 통한 화재안전등급을 분류할 수 있는 새로운 모델을 개발하고자 하였으며, 가중치를 산출하는 방법으로 계층 분석적 과정을 활용하였다. 시설물의 통계자료를 활용한 건축물 용도별 화재 위험도 분석에서는 건축물 용도별 화재 위험도를 정량적으로 분석하였으며 화재위험도 범위를 활용한 절대평가와 리스크매트릭스를 활용한 상대평가를 하였다(Shin et al., 2012). 선행연구와는 달리 본 연구에서는 도시공간에서의 화재의 발생패턴을 분석하고 시설물의 재분류를 통해 화재위험도를 산출하여 재해피해 저감을 위함을 목적으로 둔다.

소방방재청은 국가화재정보시스템을 구축하여 화재 자료를 관리하고 있으며, 본 연구에서는 국가화재정보시스템에서 최근 7년간 진주시 자료를 다운받고 진주시 소방서와 통계연보에서 추가 자료를 취득하여 데이

터베이스를 구축하였다. 그리고 2007년부터 2013년까지 화재발생 추이에 대한 시계열분석과 Moran's I, Getis-Ord G_i^* 분석을 통하여 진주시 도시공간상에서 발생한 화재발생밀도변화를 분석하고 시설물별 화재위험도를 산출하였다. 따라서 본 연구에서는 진주시에서 화재발생의 시공간적 분포를 분석하여 토지이용에 따른 화재발생분포특성을 분석하고 시설물 종류에 따른 화재발생빈도를 기반으로 위험도를 예측하여 화재관리에 필요한 정보를 제공하는데 연구 목적을 두었다.

2. 연구이론

2.1 Moran's I와 Getis-Ord G_i^*

Arc GIS 10.1에서 공간분석에서의 Moran's I와 Hot spot(Getis-Ord G_i^*) 분석기능을 이용하여 진주시 공간에 대한 화재위치패턴분석을 실시하였다.

Moran's I 계수는 공간적 자기 상관분석 기법으로서 두 변수간의 공분산을 사용하며 산출식은 다음 식 (1)과 같다.

$$I = \frac{N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^N z_i^2} \quad (1)$$

N : 지역의 수

w_{ij} : 지역 i 와 j 간의 강도를 표현하는 가중치

z_j : 중심에 있는 지역 I 에서 발생하는 비율

S_0 : 가중치의 합

Moran's I는 상관계수에 가중치를 두고, 가중치는 지리적인 인접정도를 반영한다. Moran's I의 값이 0보다 크면 정적인 공간 자기상관을, 0보다 작은 것은 부정적인 공간 자기상관을 나타낸다(Jeong, 2009).

Getis-Ord G_i^* 지수는 연구 지역 내의 공간객체의 z 값을 계산하여 높은 값과 낮은 값들의 집중도를 보여준다. 이를 통하여 지도상에 Hot Spot으로 표현하는 Getis-Ord G_i^* 지수를 이용한 분석을 실시하였으며 식 (2)와 같다.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=i}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\left[\frac{n \sum_{j=i}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=i}^n w_{i,j} \right)^2}{n-1} \right]}} \quad (2)$$

- x_j : 지역 j 에 대한 속성값
- \bar{X} : 모든 변수에 대한 평균 값
- S : 표준편차
- $w_{i,j}$: 지역 i, j 사이의 가중치
- n : 전체 지역의 개수

G_i^* 값은 각 지역별로 z 값을 도출하는데 통계적으로 유의한 양의 z 값일 경우 값이 클수록 양의 속성 값의 군집경향이 크다. 유의한 음의 z 값일 경우 값이 작을수록 음의 속성 값의 군집경향이 크다(Jung and Son, 2009).

2.2 화재위험등급 평가

국내 화재위험등급 평가방법은 정성·정량적 위험분석 방법과 상대순위 방법이 있다. 정성적 위험분석은 위험의 존재를 확인하는 방법으로 위태(hazard)의 발생 메커니즘을 해석, 분류하기에는 용이하나 위험을 계량화하는데 제한이 따른다. 정량적 위험분석은 사고의 발생확률의 분석이나 사고에 따른 영향의 크기 또는 범위의 분석을 정량적으로 평가하는 방법으로 전문지식과 많은 자료를 필요로 하는 대신 위험을 구체적으로 표현함으로써 제반 대책을 강구할 수 있다는 것이 장점이다. 다음으로 상대순위방법은 위험의 크기를 지수로 표현하는 방법으로 위험 속성의 확인 및 크기의 산출이 가능하여 실용성이 높다. 위험의 절대평가 보다는 상대평가에 초점을 두고 있으며 순위화하여 위험도 수준을 평가한 것이다(Shin, 2012).

미국의 소방기술사회(Society of Fire Protection Engineer)에서는 화재위험도 산출을 위하여 건축물별 화재발생 위험빈도(화재발생건수/시설물의 수)를 산출하여 정량적으로 산출하며(Brian, 2002), 시설물별 화재발생 위험등급 평가는 식(3)에 의해 산출된다.

$$\begin{aligned}
 \text{화재발생빈도}(F) &= \text{화재발생건수} / \text{시설물 수} \\
 \text{인명피해} &= \text{사상자 수} / \text{화재발생건수} \quad (3) \\
 \text{재산피해} &= \text{피해액} / \text{화재발생건수}
 \end{aligned}$$

식 (3)에서 시설물별 화재발생빈도와 인명피해, 재산피해를 계산하여 그 값을 1~5단계로 나누어 화재발생 매트릭스를 구축한다(Bae and Yoo, 2014b).

3. 결과분석

3.1 연구 대상지

본 연구에서는 경상남도 서부에 위치한 진주시를 대상으로 선정하였다. 동쪽으로는 창원시, 남쪽으로는 사천시, 서쪽으로는 하동군, 북쪽으로는 산청군과 인접해

있으며 남해안 고속도로, 대전-통영 고속도로를 바탕으로 바다와 육로로 연결시킬 수 있는 경상남도 교통의 요충지로 경제 및 사회 등 다양한 부분의 중심지 역할을 하고 있다. 2013년 기준 인구는 33만 7천여명, 1개 읍, 15개 면, 16개동으로 구성되어 있다.

3.2 화재발생 데이터 패턴 분석

ESRI의 ArcGIS 10.1를 이용하여 화재발생 위치데이터의 공간분포 패턴분석과 시계열 분석을 진행하였다. 시계열 분석은 2007년부터 2013년까지 화재발생위치 자료를 이용하여 진주시 기본도에 좌표로 표시하고 이들 점자료들의 계절별, 시간대별, 연도별 변화를 분석하였다. 연구에 필요한 데이터들은 국가화재정보시스템과 진주소방서의 화재발생데이터를 취득하였으며 진주시청의 통계연보 및 사업체 조사 보고서에서 시설물 현황을 수집하였다.

Fig. 1은 진주시의 2007년부터 2013년까지의 화재발생건수를 도식화 한 도표이다. 대상기간 내 진주시의 화재는 공업단지의 토지이용분포가 높은 상평동에 인접해있는 상대동에서 155건의 화재가 발생하였으며 진주시 인구의 15%가 거주하는 천전동과 성북동에서 2,3 순위를 기록하였다. 시외지역에서는 대곡면이 105건, 문산읍에서 104건의 화재가 발생하였다.

Fig. 2의 그래프는 화재발생현황을 월별로 분석한 자료이다. 총 발생건수는 2, 3월에 가장 많은 화재가 발생한 것으로 나타났으며 여름인 8월에 가장 적은 화재건수를 기록하였다. 진주시의 30년간 평균 습도는 2월이 61.8%로 가장 낮은 값을 가지며 8월이 81.0%로 나타났으며 이는 화재와 연관성이 존재한다고 볼 수 있다. 강수량은 8월이 316.9mm로 가장 높은 수치를 기록하여 화재 예방에 도움이 되는 것으로 보인다.

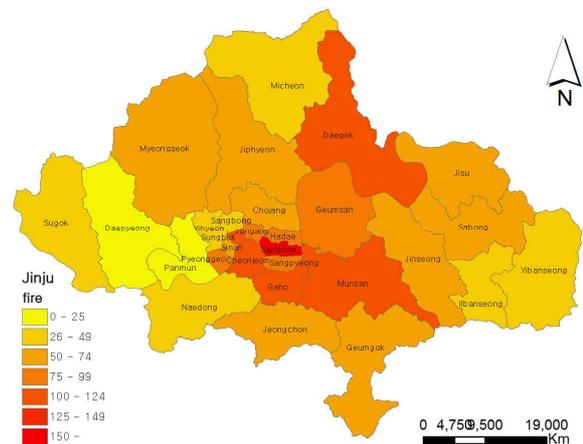


Figure 1. Fire Occurrence Status of Jinju City

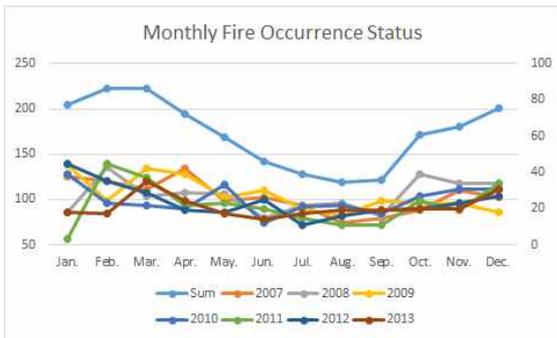


Figure 2. Monthly Fire Occurrence Status

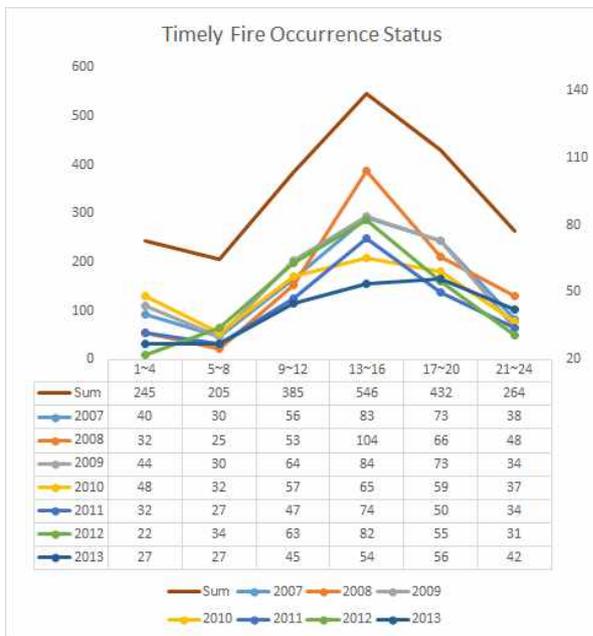


Figure 3. Timely Fire Occurrence Status

Fig. 3에서는 진주시의 시간대별 화재발생 현황을 분석하였다. 24시간의 구간을 4시간씩 총 6개의 구간으로 분류하여 분석한 결과 13시~16시까지인 오후의 화재발생이 가장 많은 분포가 나타났으며 새벽시간인 5시~8시까지의 화재가 가장 적게 나타났다. 아침부터 오후로 진행 될수록 화재건수는 증가하였으며 17시를 기준으로 낮은 화재건수가 발생하였다.

다음으로 ESRI의 Arc GIS 10.1을 활용한 분석이다. 화재자료를 바탕으로 Moran's I 지수와 Getis-Ord Gi*를 산출하였다. 인구 1,000명당 화재발생률을 산출한 다음 Moran's I 지수를 산출한 값과 그래프는 Fig. 4와 같다.

Moran's I 분석 결과 지수는 0.503에 수렴하는 값을 가지며 z 값은 3.996, 분산값은 0.0182의 값을 가진다.

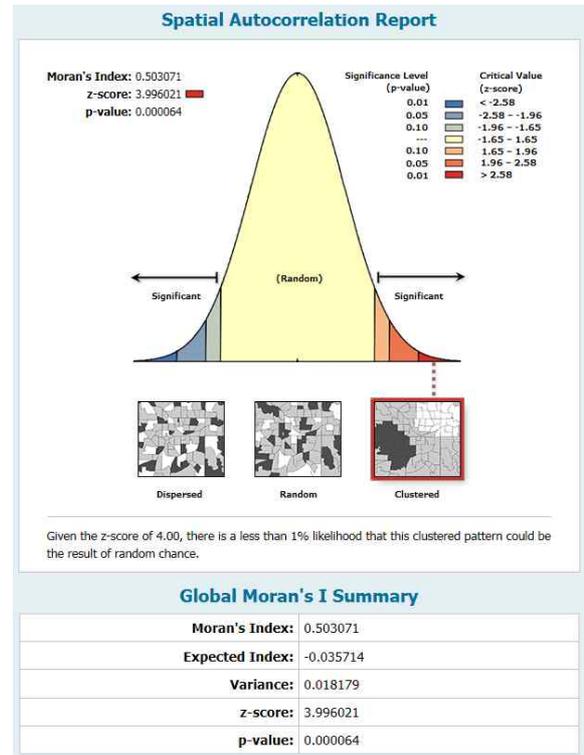


Figure 4. Moran's I index

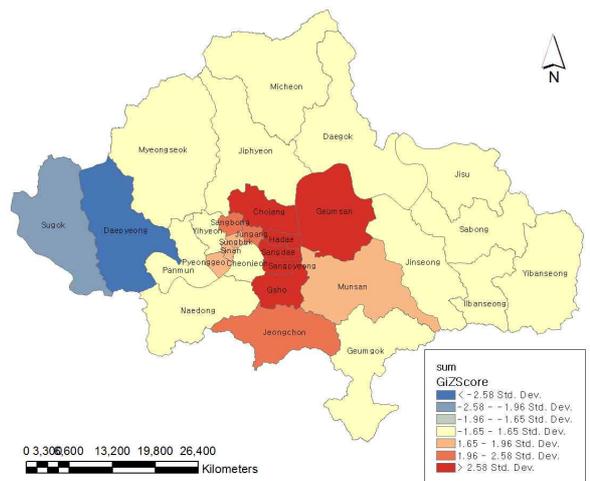


Figure 5. Hot Spot Analysis(Total)

Moran's I의 값이 0보다 큰 값을 가지므로 객체는 공간 상에서 군집되어 있으며 비슷한 속성을 가진다. 이는 군집된 분포를 형성 하고 있음을 확인 할 수 있다.

Getis-Ord Gi*분석은 2007년~2013년까지의 화재발생건수로 분석을 진행하였다. 도표는 2007년~2009년, 2010년~2013년으로 3개년, 4개년으로 묶은 도표와 총합건수를 분석하였다.

Fig. 5는 대장기간 내 진주시에서 발생한 총 화재건

수를 분석한 자료이다. 가호동과 상평동, 상대동, 하대동 등에서 Hot Spot이 도출되었으며 수곡면과 대평면 지역에서 Cold Spot을 이루었다. Hot Spot이 형성된 지역은 단독주택 및 공동주택이 많은 주거지역과 산업단지 조성 등과 같이 사람들의 활동이 활발히 이뤄지는 곳이며, Cold Spot 지역은 남강댐이 위치한 지역으로 분석되었다.

Fig. 6은 2007년~2009년의 분석 자료이다. 총 건수 자료와는 달리 금산면이 1순위의 Hot Spot을 나타내었으며 가호동, 초장동, 상평동 순으로 나타났다. Cold Spot은 Fig. 5와 동일한 수곡면과 대평면으로 나타났다.

Fig. 7은 2010년~2013년 분석 자료로 총 발생건수 분석(Fig. 5)과 동일한 가호동이 1순위로 분석 되었다. 2, 3순위 또한 상평동, 하대동으로 분석되었으며 앞선

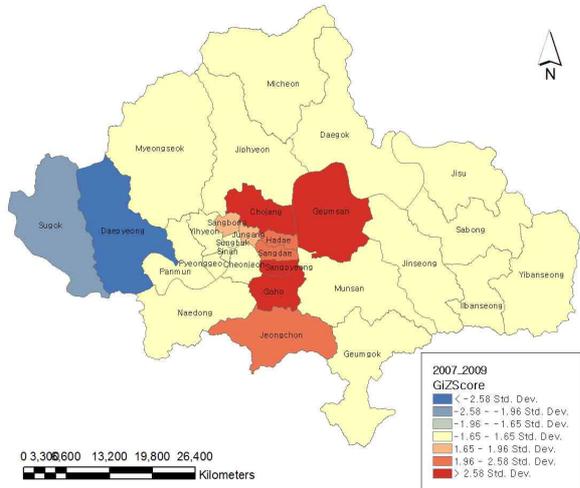


Figure 6. Hot Spot Analysis(2007~2009)

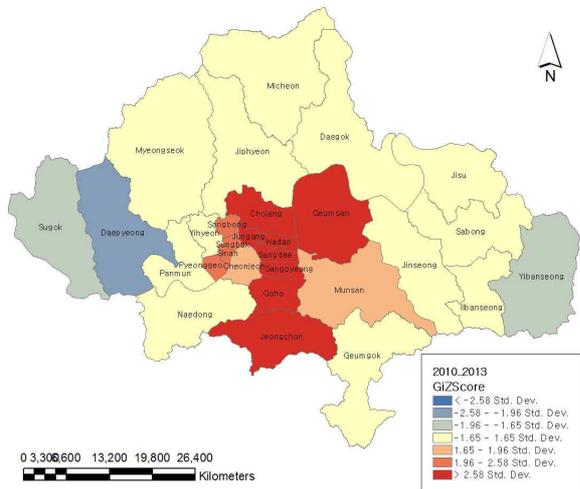


Figure 7. Hot Spot Analysis(2010-2013)

Fig. 5와 6과는 다른 지역이 도출되었다. 대평면의 Cold Spot 지수가 낮아졌으며 수곡면과 더불어 이반성면에서 새로운 Cold Spot이 도출되었다.

이러한 화재발생위치의 분포패턴분석은 소방서 119센터의 위치선정에 중요한 요소가 될 것으로 판단된다. 진주시 전역에 걸친 소방서비스도 중요하지만 화재발도가 집중된 지역을 중심으로 효과적인 소방서비스를 제공하기 위한 119센터 위치선정 시 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

3.3 시설물별 화재위험등급 산출

3.2절에서의 분석을 통해 진주시의 화재발생 군집 정도와 Hot Spot을 확인 할 수 있었으며 진주시에 위치한 각종 시설물별 화재발생 위험도를 등급화하기 위하여 화재발생자료를 시설물별로 분류하고 이에 따라 위험도 매트릭스를 작성하였다.

건축법 시행령(별표1)을 참고하여 시설물의 용도 및 토지이용을 고려하여 시설물의 재분류를 하였다. 시설물별 화재발생 현황을 재정리하였으며 시설물 종류에 따른 화재발생 순위를 산출하였다. 그 결과 단독주택의 화재발생 건수가 가장 높았으며, 운수·자동차시설, 숙박 및 음식시설, 공장, 창고시설 등의 순서로 화재 발생 순위가 분류되었다. 화재피해 현황과 시설 수에 대해

Table 1. The Matrix of Personal Injury

o c c u r r e n c e f r e q u e n c y	5	Sanitary	Warehouse Transportation			
	4		Factory	Gathering	Education	Manufacturing of dangerous materials
	3	Medical Entertainment	Accommodation & food			
	2	Cultural property			Public institution	
	1	Daily service				
	1	Sales	Detached house Public house			
						Personal injury

Table 2. Property Damage Matrix

occurrence frequency	5	Warehouse Transportation		Sanitary		
	4	Manufacturing of dangerous materials		Education	Gathering Factory	
	3		Medical	Accommodation & food Entertainment		
	2		Public institution	Daily service		Cultural property
	1		Detached house Public house		Sales	
		1	2	3	4	5
		Property damage				

인명피해, 재산피해 매트릭스를 작성하였고, 발생빈도와 인명피해 및 재산피해의 값을 구하는 식은 식 (3)을

Table 3. Risk Rating (Class)

Division	Dangerous stages (5 stages)			Matrix (5 classes)		Risk class
	Fire occurrence	Personal injury	Property damage	X=b	X=c	
	(a)	(b)	(c)	Y=a	Y=a	
Detached house	1	3	2	2	1	I
Public house	1	3	2	2	1	I
Daily service facility	2	1	3	1	2	I
Sales facility	1	1	4	1	3	II
Medical facility	3	1	2	2	2	II
Public institution	2	4	2	3	2	III
Accommodation and food facility	3	2	3	2	3	III
Cultural property facility	2	1	5	1	4	III
Recreational facility	3	1	3	2	3	III
Education facility	4	4	3	4	4	IV
Gathering facility	4	3	4	4	4	IV
Factory facility	4	2	5	3	5	IV
Warehouse facility	5	2	2	4	4	IV
Sanitary facility	5	1	4	3	5	IV
Transportation and automotive facility	5	2	2	4	4	IV
The manufacturing facility of dangerous material	4	5	1	5	3	IV

이용하였다. 시설물별 화재발생빈도는 화재발생건수를 시설수로 나눈 값이며, 인명피해는 사상자를 발생건수, 재산피해는 피해액을 발생건수로 나눈 값이다. 이러한 값을 1~5단계로 나누어 화재발생 매트릭스를 구축하였다. 세로축에는 발생빈도를 등급화하여 구성하고 가로축에는 인명피해와 재산피해등급을 구성하여 Table 1, 2와 같은 매트릭스를 구성하였다.

인명피해에서 높은 위험도를 갖는 시설은 운수·자동차시설, 교육시설, 위험물 제조시설, 집합시설, 창고시설로 분류되었으며, 재산피해에서 높은 위험도를 갖는 시설은 위생시설, 공장시설, 창고시설, 운수·자동차시설, 교육시설, 집합시설, 문화재이다(Table 1, 2). 또한 창고시설, 운수·자동차시설, 교육시설, 집합시설은 인명피해와 재산피해 모두 높은 위험도를 가지는 것으로 나타났다. 앞서 제시한 Table 1, 2의 매트릭스를 바탕으로 산출한 위험등급은 Table 3과 같다.

4개의 위험등급으로 분류되었으며 낮은 등급인 I 등급에는 단독주택, 공동주택, 생활서비스 시설이 분류되었으며 II등급에는 판매시설, 의료시설, III등급에는 공공기관, 숙박 및 음식점 시설, 문화재, 오락시설, IV등급으로는 교육시설, 집합시설, 공장시설, 창고시설, 위생시설, 운수·자동차시설, 위험물제조시설로 분류되었다.

4. 결 론

진주시의 화재발생패턴을 시계열 분석과 Moran's I, Getis-Ord G_i^* 를 통하여 분석한 결과는 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 진주시 화재발생자료를 2007년부터 2013년까지 분석한 결과 토지이용이 다름에 따라 동별 화재발생 분포특성이 다르게 나타났으며, 그 중 발생빈도가 집중되는 Hot Spot 지역을 추출할 수 있었는데 공업단지에 인접하고 노후된 단독주택이 많은 상대동과 인구밀집도가 높은 천전동과 성북동에서 Hot Spot이 발생하였다. 또한 시계열적 분석에서 2월에 가장 많은 화재가 발생한 반면 8월에 적은 수치를 기록하였다. 화재발생 시간대는 4시간 간격으로 6구간을 나누어 분석한 결과 13시에서 16시 구간의 화재가 가장 많이 발생하였고 5시부터 8시까지 가장 적은 화재가 발생하였다.

둘째, 시설물별 화재위험등급을 산출한 결과 인명피해 및 재산피해 모두 높은 위험도를 가지는 시설로는 창고시설, 운수·자동차시설, 교육시설, 집합시설로 분류되었다.

셋째, 화재발생위치의 군집도를 분석하기 위해 Moran's I, Getis-Ord G_i^* 를 적용하였는데 진주시지역의 화재발생빈도가 높은 지역과 낮은 지역에 대한 Hot Spot과 Cold Spot을 추출하였으며, 이러한 결과는 진주시의 화재발생 패턴을 파악할 수 있어서 소방대책을 수립하고 예방하는데 중요한 자료가 될 것으로 판단된다.

References

1. Bae, G. and Yoo, H. 2014, Fire characteristics analysis of urban facilities in jinju, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, pp. 73-74.
2. Bae, G. and Yoo, H. 2014, Fire risk assessment on the land use zoning in Korea, Proc. of the 35th Asian Conference on Remote Sensing, CD, file no. PS-048.
3. Brian, J.M., 2002, Building fire risk analysis, the Society of Fire Protection Engineers copyright, SEPE Handbook of Fire Protection Engineering, pp. Sec. 5.153-175.
4. Chung, U. 2009, A study on the development of risk index for the fire risk assessment of the buildings, Myeongji University Graduate School.
5. Jung, D. and Son, Y. 2009, A analysis on the spatial features of the neighborhood trade area using positive spatial autocorrelation method, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, Vol, 17. No. 1, pp. 141-147.
6. Shin, J., Jeong, S., Kim, M. and Kim, H. 2012, Analysis of fire risk with building use type using statistical data, Journal of the Korea Society of Hazard Mitigation, Vol, 12. No. 4, pp. 107-114.