

GIS를 이용한 화재진압 취약성 지도 제작*

- 대구광역시 달서구를 사례로 -

김성재^{1*} · 최갑용² · 장은미³ · 송완영¹

Producing Firefighting Vulnerability Maps Using GIS*

- A Case Study of Dalseo-gu, Daegu -

Sung-Jae KIM^{1*} · Gap-Yong CHOI² · Eun-Mi CHANG³ ·
Wan-Young SONG¹

요 약

매년 발생하고 있는 화재사고는 많은 재산과 인명의 피해를 안겨주고 있다. 이러한 피해를 최소화하고 적절한 사고대응을 하기 위하여 많은 시간과 비용을 투자해 오고 있으며, 최근 들어서는 공간정보 기술이 발달함에 따라 소방분야에서도 GIS(Geographic Information System)를 활용한 화재진압 관련 연구들이 많이 수행되어져 오고 있다. 그러나 대부분의 연구들이 소방 관련 요소들에 대한 개별적인 분석만 이루어지고 있을 뿐 소방 활동의 주요 임무인 화재진압 활동 취약요소들에 대한 종합적 분석 연구는 미진한 실정이다. 본 연구에서는 원활한 화재진압 활동을 함에 있어 방해되는 요소들을 파악 및 분석하고, 이와 관련된 데이터들을 수집하여 GIS DB화를 수행하였다. 이를 기반으로 GIS 중첩분석을 수행하여 화재진압 취약성 지도를 제작하였다. 본 연구를 통하여 화재진압 활동 저해 요소들에 대한 정량적 분석이 가능함으로써 골든타임 확보를 위한 화재진압 운영계획등과 같이 소방관련 종사자들에게 합리적인 의사결정을 지원할 수 있을 것으로 판단된다.

주요어 : 지리정보시스템, 화재진압, 취약성 지도, 중첩분석

ABSTRACT

Fire incidents, which occur every year, cause huge damage to properties and humans. Significant time and costs have been invested in minimizing and responding to such accidents. With the recent advances in the development of spatial information, in the firefighting field, studies have been conducted to effectively bring fires under control

2015년 4월 8일 접수 Received on April 8, 2015 / 2015년 6월 23일 수정 Revised on June 23, 2015 / 2015년 7월 28일 심사완료 Accepted on July 28, 2015

* 이 논문은 차세대 핵심소방 안전기술개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

1 대원항업(주) 공간정보기술연구소 Institute of Spatial Information Technology Research, Daewon Co., Ltd

2 국민안전처 Ministry of Public Safety and Security

3 (주)지인컨설팅 Ziinconsulting

※ Corresponding Author E-mail : kimsungjae97@hanmail.net

using GIS(Geographic Information System). Most of such studies, however, focused on individual analyses of firefighting-related factors, but comprehensive research on the vulnerability factors in fire control activities, a major part of firefighting activity, has yet to be done. This study sought to pinpoint and analyze the factors that obstruct fire controlling, and to gather relevant data and create GIS-based databases. Based on such database, GIS-based overlay analysis was conducted to produce a fire control vulnerability map. The findings of this study will enable a quantitative analysis of firefighting obstruction factors to assist the personnel engaging in firefighting in rational decision-making, such as in formulating a firefighting operation plan for securing golden time

KEYWORDS : GIS, Firefighting, Vulnerability Map, Overlay Analysis,

서론

화재, 폭발 등의 사고현장에는 예측할 수 없는 수많은 위험요소들이 존재하고 있으며 손상을 다루는 인명 구조나 초기 진압을 성공적으로 하기 위해서는 재난 현장까지 신속하고 빠른 시간 내에 이동을 해야 한다. 이러한 재난 현장까지의 이동시간은 골든타임(사고나 사건 현장에서 인명을 구조 혹은 대형사고 확산 방지를 하기 위한 최소한의 확보시간을 지칭함) 확보를 위한 중요한 요소로 작용하고 있다. 그러나 재난 현장까지 소방대원들이 투입될 때에는 주변 환경 및 공간적 저해 요소에 많은 제약을 받아 이동시간 지체에 따른 피해 확산으로 이어져 소중한 생명을 잃기도 한다.

지금까지 우리가 경험한 재난사례들을 살펴보면 사전예방과 관리보다는 상황이 발생하고 난 이후에 일어나는 현장처리에 주력하고 있는 실정이다(Jo *et al.*, 2003). 특히 화재의 경우 대부분이 사람의 관리 소홀 및 부주의에서 발생하고 있으며 사전예방 관리에는 현실적으로 많은 어려움을 겪고 있으므로, 화재 발생 시 현장 대응에 있어서 관련정보를 체계적으로 수집 분석하여 숙지한다면 화재 진압에 있어서 많은 도움이 될 것이다.

이와 같은 문제를 근본적으로 대처하기 위해서는 화재진압에 필요한 관련 정보 입수와 과

학적인 분석 및 평가를 통하여 효과적인 화재 진압 및 관리를 손쉽게 제어할 수 있는 GIS(GIS: Geographic Information System)가 절실하게 요구되고 있는 상황이다. GIS는 재난의 위치를 알 수 있는 공간정보와 방재관련 속성 정보를 신속하게 수집하고 분석하며, 그 결과를 방재활동을 위한 의사결정에 활용할 수 있다는 장점으로 인하여 주목받고 있다(Jung *et al.*, 2002).

이에 따라 최근 들어 GIS를 이용한 소방관련 연구가 많이 수행되어져 오고 있으며 관련 유사 연구로는 Yoo and Koo(2013)가 진주시에 현재 설치된 119안전센터에 대해 소방서비스 취약지역을 분석하고 소방서비스 취약지역 개선을 위하여 기존의 센터의 이전이나 새로운 증설방안을 OD cost matrix분석을 통해 소방권역을 분석하였다. Lee and Lee(2011)는 효율적인 소방서비스 제공을 위하여 화재등 재난 발생의 취약성을 나타내는 인구, 건물을 색인화하여 지도를 구축한 후, 네트워크 분석을 통하여 소방서의 서비스 지역을 나타내는 지도를 도출하는 방법을 제시하였다. Choi *et al.*(2014)는 소방분야에서의 공간정보 활용을 통한 새로운 재난 현장 대응 모형을 제시하기 위하여 소방취약지 모델 구축 방법론과 지도제작 활용 방안을 마련하였다. 국외사례를 살펴보면, Martin(1996)은 GIS 분석기법을 이용하여 화재발생지 특성에 관하여 시공간적 패턴을 지

도화 하였으며, 화재와 관련된 정보들을 시각화 하고 사고형태, 공간분포, 시간대별 현황을 분석하였다.

소방분야에서의 GIS를 활용한 유사연구들은 대부분이 소방관련 정보 서비스 제공 방법론에 대한 연구들과 소방서라는 공간적 요소에 대한 입지분석 관련 연구에 초점을 맞추어 수행되어져 왔으며 실제 소방관들이 화재진압을 위하여 출동할 시에 취약한 요소들에 대하여 구체적인 데이터를 적용하고 종합적으로 분석해서 표출한 연구는 미진한 실정이다.

본 연구에서는 실제 소방대원들이 화재진압을 함에 있어 방해받을 수 있는 화재진압 취약 요소들을 명료하게 정의하고 이에 대한 데이터를 수집 및 분석하여 GIS DB로 변환하였으며, 이를 기반으로 GIS 중첩분석을 이용하여 소방 화재진압 취약성 지도를 제작하였다. 본 연구를 수행함으로써 화재 진압 저해 요소들에 대한 정확하고 정량적인 정보 파악이 가능할 뿐만 아니라 골든타임 확보와 더불어 소방 활동 운영계획등과 같이 소방관련 종사자들에게 합리적인 의사결정을 지원 할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 대상지는 화재진압 활동 저해요소 관련 결과물이 잘 구축되어 있는 대구광역시 달서구를 대상으로 하였으며, 본 연구 자료는 소방방재청 및 대구광역시 소방본부에서 제공하는 자료들을 활용하였다. 아울러 화재진압 활동을 저해하는 수많은 요소들이 있지만 본 연구에서는 데이터 수집이 가능하고 GIS DB화가 가능한 요소들만 우선적으로 고려하여 분석하였다.

본 연구에서의 화재진압 활동 취약요소는 화재 발생 시 소방관들이 출동하여 화재장소까지 이동하여 화재를 진압하는데 있어서 시간적/공간적으로 방해받을 수 있는 요소를 화재진압 활동 취약요소라 정의한다.

화재진압 활동 취약요소는 고가사다리차 공간 미확보 지역(고가사다리차 운용에 있어 공간적 제약을 받는 지역), 도로분리대 설치 지역(도로 분리대 설치로 인한 소방차 출동을 방해하는 지역), 소방차 접근불가 도로(폭이 협소하여 소방차가 접근 못하는 지역), 소방용수 활용 취약지(소방용수 위치와 거리가 먼 지역), 주·정차 상습구간(주·정차로 인하여 소방차 접근이 어려운 지역), 소방차 회전반경 취약지역(소방차 회전 시 도로 반경이 좁아 소방차가 회전을 못하는 지역)으로 설정하였다. 이와 같은 자

화재진압 활동 취약요소 분석 및 GIS DB 구축

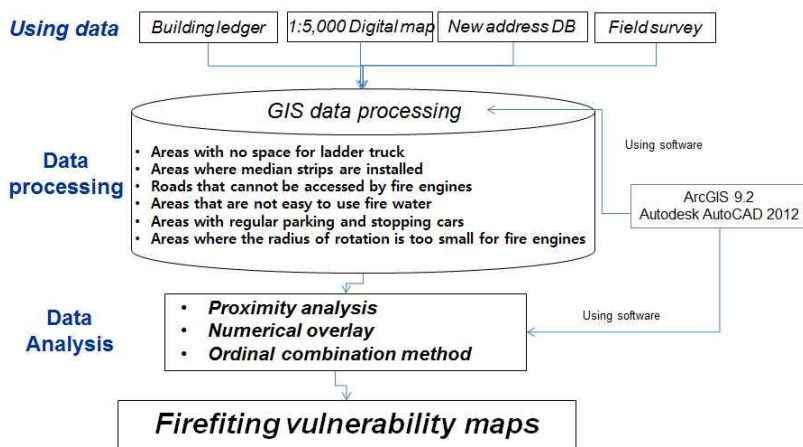


FIGURE 1. Study flow chart

TABLE 1. Space range of ladder truck parameter(Korea Industrial Development Institute, 2008)

Parameter	Fire truck turning radius vulnerable areas	
Detailed definition	Model	Distance : $W = \frac{H}{\tan\theta}$
	Criteria	W=distance, H=building height, θ =climb angle
	Data	Dimensions of ladder truck of the competent fire station (distance)

TABLE 2. Radius of movement of ladder truck according to distance(between building and ladder truck)

Radius of movement of ladder truck according to distance								
Building height	18m	26m	33m	41m	50m	50m	49m	48m
Distance	5m	7m	9m	11m	13.5m	14m	17m	20m
Fixed angle (75°)						Out of distance		

료를 구축하기 위한 참조자료로 건축물대장, 1:5,000 수치지도, 새 주소 DB, 현장조사 자료 등을 활용하여 구축하였으며, 자료 처리 및 분석을 위하여 Autodesk AutoCAD 2012 및 ArcGIS 9.2 소프트웨어를 이용하였다. 취약성 지도 제작을 위한 GIS 분석은 ArcGIS 9.2 소프트웨어의 Spatial Analysis 분석 툴을 이용하여 Overlay Analysis, Buffering Analysis 등을 수행하였다(그림 1).

고가사다리차 공간 미확보 지역 DB의 구축 방법은 다음과 같다. 고가사다리차 출동 대상지는 5층 이상 건물로 정의한다. 이는 2013년 대구광역시 소방본부 대응구조과에서 작성한 출동 및 현장대응 지침(5층 이상의 화재발생시 고가사다리차의 1차 출동을 의무화)을 반영하였다. 이에 따라 대구광역시 달서구 건물대장을 활용하여 5층 이상 건물을 추출하여 고층건물 DB를 우선적으로 구축하였다.

고가사다리차 공간 확보 영역 분석을 위해서는 고층건물과 고가사다리차의 이격거리 분석이 필요하며 고가사다리차의 제원을 알아야한다. 본 연구 대상지의 달서구 관할 소방서의 52M 고가사다리차의 제원 값(전장 12m, 전폭 25m, 전고 3.9m 이며 8° 이하의 지면 경사각에서 출입 및 전개가 가능)을 기반으로 분석을 수행하였으며 고가사다리차의 건물과의 이격거리를 구하는 매개변수는 표 1과 같다.

표 1에서 정의된 모델을 사용하였으며 달서구 관할 소방서의 52M 고가사다리차의 최대전개 각도인 75° 로 고정하여 이격거리를 구하였다. 이에 대한 결과 값은 표 2와 같으며 고가사다리차 공간 확보 영역과 도로와의 근접성 분석을 실시한 결과는 그림 3의 A와 같다.

소방차 접근불가 도로는 현행법상 소방도로에 대하여 어느 법령서도 특별히 정의된 바가 없으며 건축법에서 도로의 기준을 4m 이상으로 하였으므로 소방도로 또한 4m 이상이 되어야 한다. 다만 주택건설 기준 등에 관한 규정 제 10조 3항에서 주택단지에는 화재 등 재난 발생 시 공동주택의 각 세대로 소방 자동차의 접근이 가능하도록 통로를 설치하여 소방 활동에 지장이 없도록 하여야 한다고 규정 하고 있으므로 새 주소 DB를 이용하여 4m 미만 도로를 추출하여 DB를 구축하였다.

소방차 접근불가 도로 분석에 사용된 도로 DB의 경우 속성 값으로 도로 폭을 포함하지 않는다. 따라서 이를 구하기 위하여 도로중심선을 포인트(Vertex)로 전환하고 도로 경계는 선(Line)으로 전환하여 두 DB간의 인접성 분석을 통해 각각의 도로 Feature 별로 평균적인 도로 폭을 산출하였다(그림 2). 그림 3의 B는 소방차 접근불가 도로 결과를 나타내고 있다.

화재가 발생하게 되면 소방관서는 이를 진압하는데 있어 정예화 된 소방관과 각종 상황에

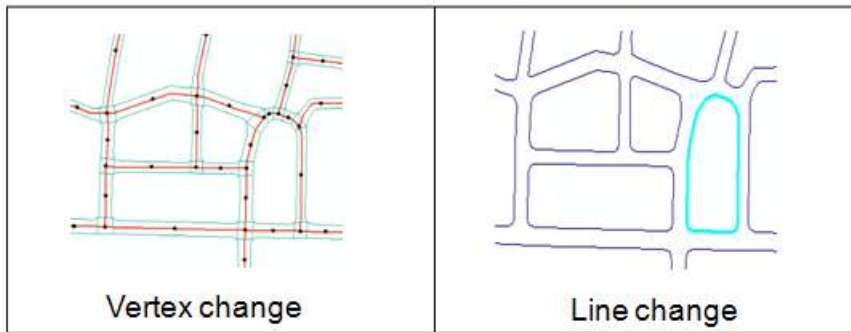


FIGURE 2. Process to extract the width of road

적극적으로 대처할 수 있는 소방장비, 소방용수가 절대적으로 필요하게 되는데 본 연구에서의 소방용수 활용 취약지는 소방용수를 활용하기 어려운 지역을 소방용수 활용 취약지라 정의하며, 활용 취약성 평가는 소방기본법을 참고하여 분석하였다.

소방기본법 시행 규칙 제6조 제2항(소방용수 시설의 설치기준)에 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 제36조 제1항 제1호의 규정에 의한 주거지역·상업지역 및 공업지역에 설치하는 경우 소방대상물과의 수평거리를 100m이하, 그 외 지역은 소방대상물과의 수평거리를 140m 이하가 되도록 설치기준을 정의하고 있다.

아울러 용도지역 지구도를 사용하여 상업지역, 공업지역, 주거지역, 녹지지역 등의 각지구별 소방용수 위치자료를 추출하였으며 소방용수의 위치를 기준으로 하는 140m의 버퍼링분석(Buffering Analysis)을 실시하여 버퍼링외의 지역을 소방용수 활용 취약지로 구분하였으며 결과는 그림 3의 C와 같다.

소방차 회전반경 취약지역 소방 활동에 있어서 주거 밀집지역과 같은 좁은 길에서의 대형차량들에 대한 회전반경은 소방 활동을 저해하는 주요 요인이 된다. 본 연구에서는 달서구 소방서에서 운영하고 있는 대형차량들의 규모를 감안하여 외부회전반경을 기준으로 11m 이하의 지역을 소방차 회전반경 취약지로 분류하였다. 외부회전반경 11m 이하 지역을 추출하는

기준은 다음과 같다.

새주소 데이터중 도로 DB를 교차로가 있는 점의 폴리곤만 추출하여 교차로 폴리곤 꼭짓점을 포인트로 추출하였으며 교차로의 꼭짓점을 중심으로 3개 이상의 면이 인접해 있으면 소방차가 회전해야 하는 교차로로 간주하였다.

ArcGIS가 제공하는 기능인 Near-dist 분석을 통하여 같은 도로선상에 있는 교차로와 인접 포인트, 교차로와 인접 라인은 제외하였으며 꼭짓점의 거리가 0인 지점을 제외한 최소 거리를 회전 반경으로 정의하였다. 그림 3의 D는 회전 반경 지역을 포인트로 추출한 소방차 회전반경 취약지를 나타낸다.

주정차 정보는 지도의 정확성을 높이기 위하여 본 연구에서는 야간 현장조사를 실시하였다(그림 3의 E). 달서구 전 지역을 대상으로 조사하였으며, 시간은 밤 10시 이후부터 새벽까지 진행하였다.

도로분리대는 대구광역시의 시도별 구조적 출동 장애요소 관리카드 내용을 분석하여 도로 분리대를 정의하였다. 분석결과 교통정체, 중앙분리대로 인한 일부방향 출동지연, 불법주정차, 좌회전 금지구역 등의 문제 중 65%이상의 비중을 차지하는 것이 중앙분리대로 나타났으며 이를 기초로 1:5000 수치지형도에서 중앙분리대를 추출하여 도로분리대로 정의하였다(그림 3의 F).

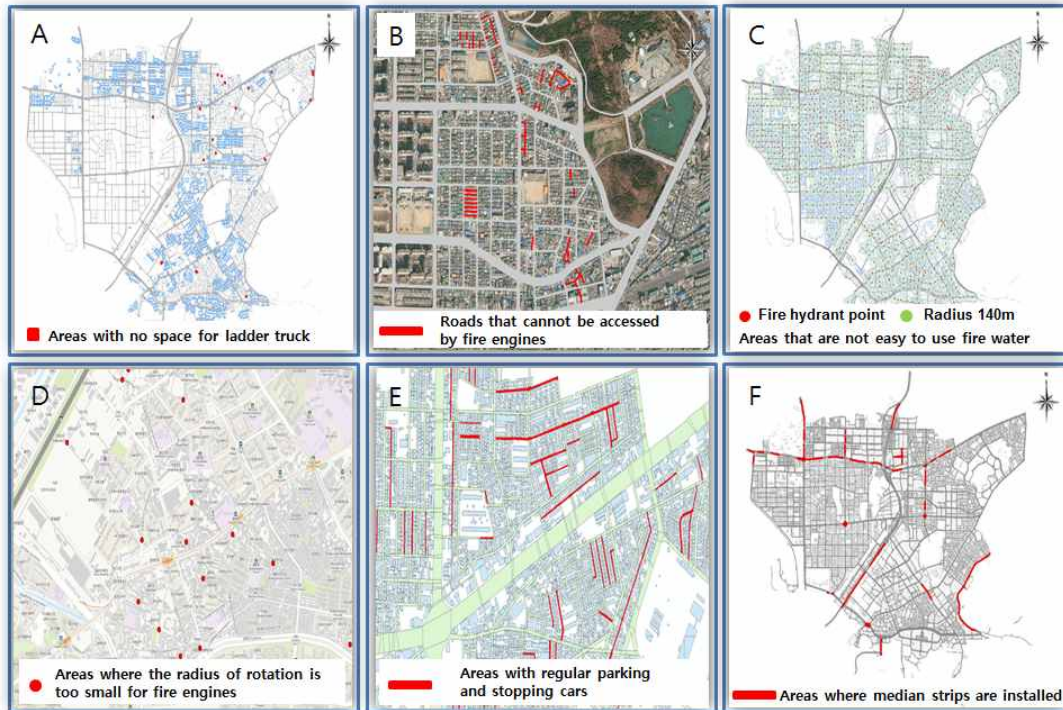


FIGURE 3. Factor of firefighting vulnerability analysis

중첩분석을 통한 화재진압 취약성 지도 제작

화재진압 취약성 지도란 소방대원들이 화재진압 활동에 있어 밀접한 상관이 있는 공간적 저해요소 및 환경적 저해 요소등과 같은 주제도를 구축하여 저해요소가 많은 지역이 취약성이 높으며 저해요소가 적은 지역이 취약성이 낮게 표현되는 지도를 말한다. 화재진압 취약성 지도 제작을 위하여 우선 화재진압 취약요소 Vector 레이어들을 10m Raster 격자로 변환시킨 후 점수 중첩법(Numerical Overlay)을 이용하여 합산된 값들을 보여주는 하나의 레이어로 생성하였다.

점수 중첩법이란 일종의 도면 중첩법의 하나로 도면에서 색깔이나 명암대신 점수를 부여하는 것으로서 서수식 기법(Ordinal Combination Method), 선형조합기법(Linear Combination

Method), 비선형조합기법(Nonlinear Combination Method), 요소조합기법(Factor Combination Method) 등 있다 Kim *et al.*,(2012). 본 연구에서는 서수식 기법을 이용하여 화재진압 취약성 지도를 제작하였다.

본 연구에서 구축하고자 하는 화재진압 취약성 지도는 등급구간을 설정해야 되기 때문에 단계 구분도를 적용하였으며, 단계구분도의 경우 등급분류법에 따라서 표현되는 지도패턴이 매우 다르게 나타나므로 단계 구분도를 구축하는데 있어서 등급분류는 가장 핵심적인 요소라고 볼 수 있다.

등급의 분류화는 지도제작자가 단계 구분도를 통해 정보를 전달하게 하는 수단이라고 볼 수 있으며 지도제작자가 주어진 지리적 현상의 분포를 얼마나 잘 이해하고 있는냐에 따라서 분류화의 방법이 달라진다.

등급구간의 분류방법이란 계급의 간격과 등급

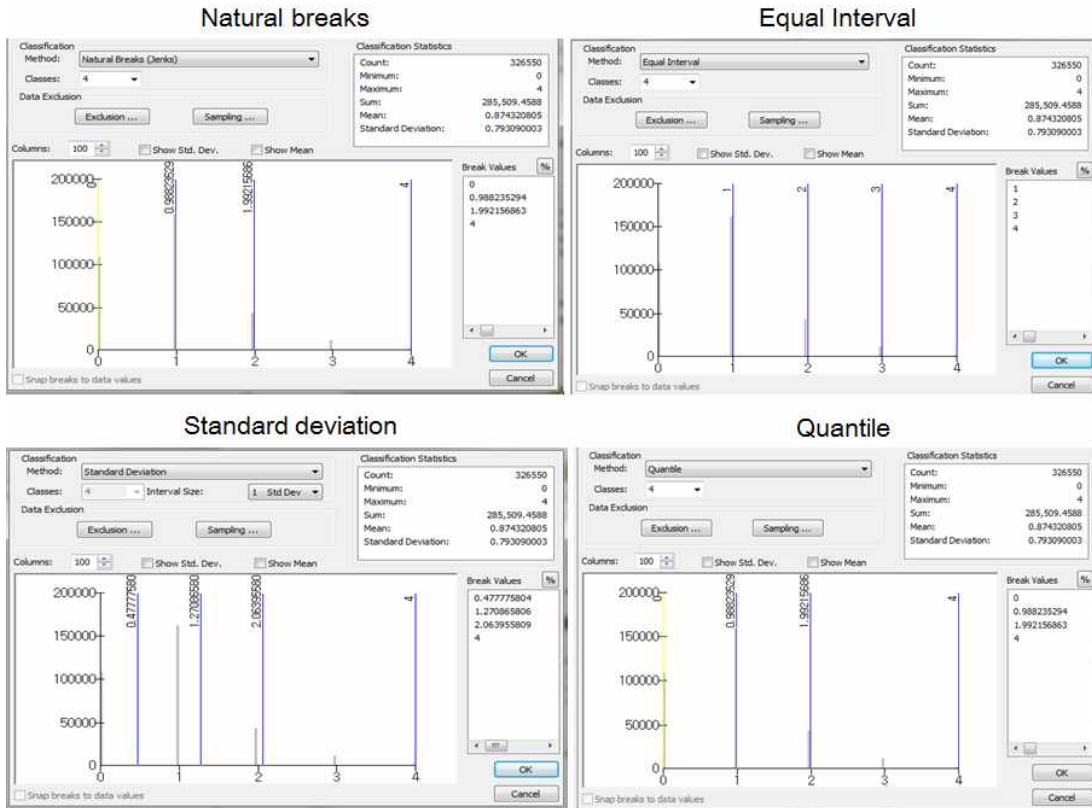


FIGURE 4. Results of sensitivity analysis

구간의 경계를 결정하는 방법이라고 할 수 있으며, 여러 가지 방법이 있으나 대표적으로 자연적 구분법(Natural Breaks), 등간격법(Equal Interval), 표준편차법(Standard Deviation), 사분법(Quantile) 등이 있다. 자연적 구분법은 자료의 도수분포도를 토대로 자연적으로 구분될 수 있는 지점들을 중심으로 하여 분류하는 방법이며, 표준편차법 또한 정규분포 자료집단의 경우 평균을 중심으로 하여 표준편차의 크기에 따라 구분하는 방법이다. 사분법은 각 계급에 같은 수의 관측치가 포함되도록 분류하는 방법이며, 등간격법은 도수분포상의 자료배열이 동일하거나 누적되는 형태로 나타나고 행정구역도 거의 같은 크기일 때 사용하는 분류법이다(National Disaster Management Institute, 2011).

본 연구의 데이터는 자연적으로 구분될 수 있는 형태가 아니므로 자연적 구분법을 적용하기에는 무리가 따르며, 결과 분포가 정규분포를 나타내고 있지 않기 때문에 표준편차법 또한 적용시키기에는 무리가 있다. 아울러 6개의 취약요소 레이어들의 관측치가 모두 상이함으로써 사분법 적용 또한 부적합하다. 데이터의 자료배열이(Level 1은 제외 : 분석 결과치가 반영되지 않은 데이터) 누적되어 나타내는 형태를 나타내고 있으며, 데이터를 포함하고 있는 행정구역도 같은 크기이므로 등간격법이 가장 적절하다고 판단된다.

아울러 각 분류법에 대하여 민감도 분석을 수행하였다. 그림 4에서 보듯이 Level 3에 대한 값이 전체 비율에서 상대적으로 낮은 값을 지니고 있기 때문에 자연적 분류법과 사분법에

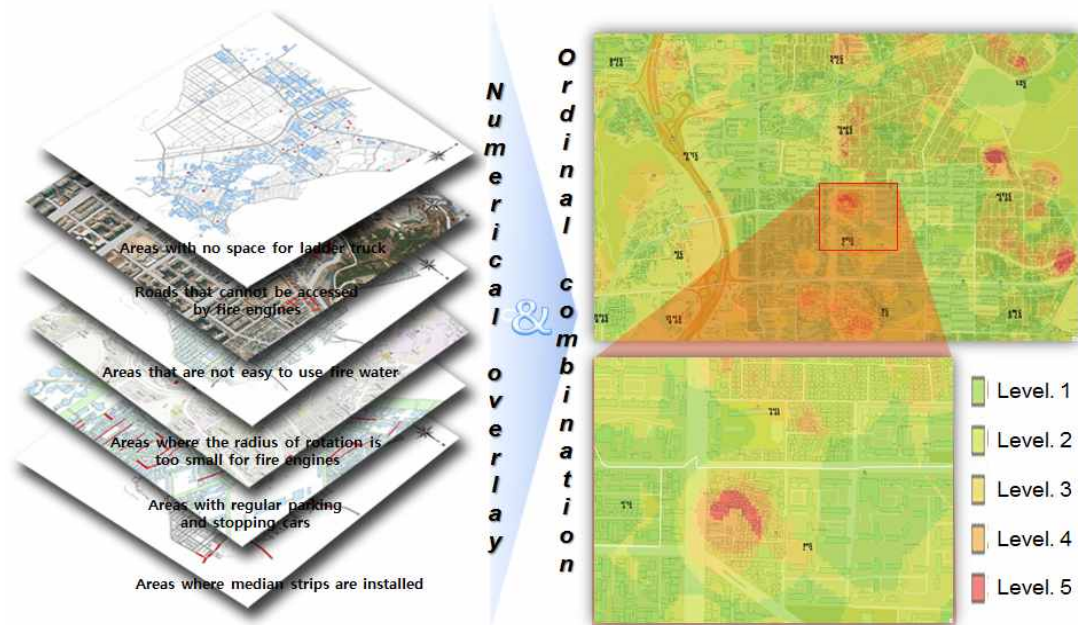


FIGURE 5. Producing firefighting vulnerability maps using GIS analysis

서는 표현이 되지 않고 있으며, 표준편차 분류법에서는 전체 값의 빈도에 따라 표준편차로 나타내고 있으며 등간격법은 자료 배열이 동일하게 나타내고 있다.

등간격법은 자료를 분류화 하는데 가장 일반적으로 쓰이는 방법은 각 등급의 구간을 등간격으로 나누는 방법이다. 등간격법은 다음과 같은 절차를 통해 산출된다.

첫째, 자료집단의 범위를 계산한다. (범위=최고치(H)-최저치(L))

둘째, 이미 정해진 등급의 수로 범위를 나누어서 각 등급구간의 차이(CD)를 다음식과 같이 산출한다.

$$CD = \frac{\text{범위}}{\text{등급의 수}}$$

셋째, 각 등급구간의 경계를 정한다.

- L+1 · CD=Level 1(제 1등급구간의 경계)
- L+2 · CD=Level 2(제 2등급구간의 경계)
- L+(n-1) · CD=Level 7(마지막 등급구간

의 경계)

본 연구에서는 6개의 화재진압 취약요소들로 구성되어 있으므로 취약요소에 포함되지 않는 곳을 포함하여 총 7개의 구간으로 나눌 수 있다. 취약성을 나타내는 점수는 다음과 같이 나타낸다. 취약요소 레이어를 중첩하여 중첩되는 지역이 없는 지역 즉, 가장 취약성이 낮은 지역을 Level 1, 1개의 레이어가 중첩되는 지역을 Level 2, 가장 많은 6개의 레이어가 모두 중첩되는 지역을 Level 7로 구분 지었다. 그러나 본 연구 대상지에서는 6개의 취약요소가 중첩되는 지역은 나타나지 않았다.

분석결과 4개의 취약요소가 중첩되는 지역이 Level 5로 가장 취약한 등급으로 구분 할 수가 있었으며 Level 1은 6개의 취약요소 지역에 모두 해당하지 않은 곳으로 상대적으로 취약성이 가장 낮은 곳으로 나타났다. 그림 5는 대구시 달서구를 대상으로 제작된 화재진압 취약성을 나타내고 있다.

결 론

본 연구에서는 화재 진압을 위한 소방 활동에 초점을 맞추어 출동에서부터 진압·구조까지의 소방 활동 전주기를 대상으로 소방 활동 저해 요인을 종합적으로 분석할 수 있는 새로운 화재 현장 대응 모형개념을 정립하였다. 아울러 화재 진압 활동을 저해하는 요소인 고가사다리차 공간 미확보 지역, 도로분리대 설치 지역, 소방차 접근불가 도로, 소방용수 활용 취약지, 주·정차 상습구간, 소방차 회전반경 취약지역 유형들을 정의하고 이를 자료 처리 및 분석을 통하여 GIS DB화를 수행하였다. 이를 기반으로 GIS 점수 중첩법을 이용하여 점수가 부여된 하나의 레이어를 만들고, 등간격법을 사용하여 화재진압 취약성 지도를 제작하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기존에는 단순 GIS 데이터를 이용하여 소방관련 연구가 많이 수행되었지만 본 연구에서는 소방관련 모델/현장조사자료/공간정보 등을 통합하여 연구를 수행함으로써 GIS기반 화재진압 분석개념을 새롭게 제시 할 수 있었다. 아울러 화재진압 활동에 저해되는 공간요소에 대한 개념을 명확히 하였으며, 화재진압 저해요소에 대한 개념을 정립하고 소방 활동에 있어서의 활용성을 구체화 하였다.

둘째, 소방(화재진압 관련)분야의 화재진압 활동관련 모델과 공간정보 분야의 GIS 공간분석과의 접목을 통하여 대구광역시 달서구를 대상으로 화재진압 취약성 지도를 제작함으로써, 정확하고 정량적인 정보 수집, 관리, 분석이 가능한 새로운 소방분야에서의 화재진압 관련 정보 제공체계 구축의 전환점이 마련되었다.

셋째, 화재진압에 있어 취약요소에 대한 상태를 확인하고 이를 개선하기 위한 방안 및 활동을 전개함으로써 관할 구역 내 화재진압 취약 유형 상태를 인지함은 물론이며, 지속적인 관리 및 개선을 통하여 취약 요소를 감소시킴으로써 대응역량이 개선될 수 있을 것으로 판단되며 화재 현장의 취약 유형 및 장애요인을 사전에 인지하고 관련 정보를 활용하여 사고 현장에 대응

한다면 지역 소방서의 현장 대응 역량 및 소방대원의 안전 확보에 기여할 것으로 기대된다.

향후 소방관들의 화재 진압 활동에 있어 보다 정확하고 효율적으로 활용되기 위해서는 화재진압 취약성 지도 작성에 사용되는 저해요소 인자들의 확장을 통한 다양한 분석 수행과 인자들에 대한 가중치 부여를 통한 정확한 분석이 이루어져야 할 것으로 사료된다. 아울러 화재진압 취약 관련 이론 및 방법론 적인 접근에서 벗어나 이를 현실에 적극 반영하여 실현할 수 있는 구체적이고 방안을 제시하여야 될 것으로 판단된다.

KAGIS

REFERENCES

- Baek, D.S. 2004. Fire emergency response system based on GIS - Daegu metropolitan city FGIS -. The Korean Association of Geographic Information Studies 7(4):109-118 (백동승. 2004. GIS를 이용한 도시방재시스템 구축방안 연구 -대구광역시 소방지리정보시스템을 중심으로-. 한국지리정보학회지 7(4): 109-118).
- Choi, G.Y., E.M. Chang, S.G. Kim and K.H. Jo. 2014. Utilization and excavation practices of fire-fighting vulnerable zone model. Journal of Korea Spatial Information Society 22(3):79-87 (최갑용, 장은미, 김성근, 조광현. 2014. 소방취약지 모델의 활용 및 적용사례 발굴. 한국공간정보학회지 22(3):79-87).
- Jo, M.H., J.B. Kim, Y.W. Jo and D.H. Shin. 2003. Constructing the forest fire extinguishment helicopter management system by integrating GPS and GIS. The Korean Association of Geographic Information Studies 6(1):48-51 (조명희, 김준범, 조운원, 신동호. 2003. GPS와 GIS

- 를 통합한 산불진화 헬기관리시스템 구축. 한국지리정보학회지 6(1):48-51).
- Jung, D.Y., H.B. Bang and Y.C. Shin. 2002. Establishment of automatic response system for disaster prevention using GIS. The Korean Association of Geographic Information Studies 5(1):69-73 (정대영, 방희봉, 신영철. 2002. GIS를 이용한 재해 상황 자동음성통보시스템 구축. 한국지리정보학회지 5(1):69-73).
- Kim, K.D., C.Y. Yun, M.H. Jo and S.J. Kim. 2012. Mapping solar photovoltaic energy resource using LiDAR data. The Korean Association of Geographic Information Studies 15(3):148-157 (김광득, 윤창열, 조명희, 김성재. 2012. LiDAR Data를 이용한 태양광에너지 자원도 제작. 한국지리정보학회지 15(3):148-157).
- Korea Industrial Development Institute. 2008. Studies on the standard arrangement firefighting-power report. 97pp (한국산업개발연구원. 2008. 소방력 배치기준에 관한 연구 보고서. 97쪽).
- Lee, S.J. and J.Y. Lee. 2011. Vulnerability analysis on fire service zone using map overlay method in GIS. Journal of the Korean Society for Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography 29(1):91-100 (이슬지, 이지영. 2011. GIS 기반 중첩기법을 이용한 소방서비스 취약지역 분석. 한국측량학회지 29(1):91-100).
- Martin Dodge. 1996. The Visualisation and Analysis of Fire Incidents using GIS, Joint European Conference and Exhibition on Geographical Information, March 27-29 th, Barcelona. pp.14-20.
- National Disaster Management Institute. 2011. Advancement of operation system for disaster prevention GIS report. 115pp (국립방재연구원. 2011. 소방방재 지리정보시스템 운영체계 구축 보고서. 115 쪽).
- Yoo, H.H. and S. Koo. 2013. Fire district adjustment for improving fire service vulnerable areas in Jinju. Journal of the Korean Society for Geospatial Information System 21(1):19-26 (유환희, 구슬. 2013. 진주시 소방서비스 취약지역 개선을 위한 소방권역 조정. 한국지형공간정보학회지 21(1):19-26). **KAGIS**