광역 단위 자연재해저감종합계획의 공간적 범위에 관한 연구 Spatial Scope of the Regional Hazard Mitigation Plan

염재원* · 강승원** · 정필성*** · 정주철****

Yeom, Jaewon*, Kang, Seungwon**, Jung, Pilsung***, and Jung, Juchul****

Abstract

This study suggests the spatial scope of the regional hazard mitigation plan, reflecting the feature of natural hazards occurring beyond the administrative zone boundary. The damage caused by natural hazards is not randomly distributed across a space but has interdependent characteristics with the nearby area; therefore, the spatial influence of an adjacent area should be considered. In particular, as damage due to natural disasters is increasing in Korea, it is necessary to establish a regional hazard mitigation plan considering the spatial characteristics of hazards. However, the current hazard mitigation plan sets the scope of the plan based on administrative boundaries. In this study, we measured the vulnerability index of each area using data spanning 10 years from 2008 to 2017 and verified spatial correlations through LISA (Local Indicator of Spatial Autocorrelation). According to LISA analysis, we found that a link exists between si/gun/gu and we identified the spatial characteristics of natural disaster damage. The results confirmed that natural hazard characteristics occur beyond the boundaries of administrative areas.

Key words : Hazard Vulnerability, Hazard Mitigation Plan, Spatial Autocorrelation, LISA

요 지

본 연구의 목적은 행정구역 경계를 넘어서 발생하는 자연재해의 특성을 반영하여 광역 단위 자연재해저감종합계획의 공간적 범위를 제시하는 것이다. 자연재해로 인한 피해는 공간에 무작위로 분포하지 않고 인근 지역과 서로 상호의존적인 특징이 내재되어 있어, 인접 지역의 공간적 영향력을 고려해야 한다. 하지만 현재 자연재해저감종합계획은 자연재해피해의 공간적 특성을 고려하지 않고 행정적 경계에 근거하여 계획의 수립 범위를 설정하고 있다. 본 연구에서는 2008년부터 2017년까지의 10년간 자료를 활용하여 자연재해 취약성 지수를 산출하였으며, LISA(Local Indicator of Spatial Autocorrelation) 분석을 통해 자연재해 취약성의 공간적 자기상관성을 분석하였다. 본 연구에서는 LISA 분석을 통해 자연재해취약성의 공간적 자기상관성을 탐색하고, 자연재해취약성이 비슷한 지역끼리 행정구역 경계를 넘어 유형화된다는 점을 확인하였다. 즉 광역 단위의 풍수해저감 종합계획은 행정적 경계가 아닌 공간적 특성을 고려한 재해권역별로 수립할 필요가 있다.

핵심용어 : 자연재해 취약성, 광역 자연재해저감종합계획, 공간적 자기상관성, LISA

1. 서 론

자연재해는 모든 지역에서 겪을 수 있을 정도로 흔하게 발생할 뿐만 아니라 행정구역의 경계를 넘어서 발생한다는

특징을 가지고 있다(Berke, 1996). 또한 기후변화의 영향으로 자연재해의 피해범위가 단일도시 경계를 넘어 광역적 규모로 나타남(Shim et al., 2012)에 따라 자연재해로 인한 피해를 저감하기 위한 월경성 차원의 접근이 필요해졌다(Boin et

*정회원, 부산대학교 도시공학과 박사과정(E-mail: jaywo7@naver.com)

Member, Ph.D Student, Department of Urban Planning and Engineering, Pusan National University

**부산대학교 도시공학과 박사과정

Ph.D Student, Department of Urban Planning and Engineering, Pusan National University

***부산대학교 도시공학과 석사

Master, Department of Urban Planning and Engineering, Pusan National University

****교신저자, 정회원, 부산대학교 도시공학과 교수(Tel: +82-51-510-3521, Fax: +82-51-513-9108, E-mail: jcjung@pusan.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Urban Planning and Engineering, Pusan National University

al., 2006). 이에 자연재해를 저감하기 위해 광역 단위의 공간 계획의 필요성이 강조되어 왔다(Berke and French, 1994).

국내에서도 1990년대 중반부터 자연재해로 인한 피해가 지속적으로 증가하고 있으며, 피해의 공간적 범위가 광역화되고 있다(Shim et al., 2012). 이에 따라 2005년부터 자연재해 저감대책을 수립하여 피해를 최소화하고 재해발생 시 대응체계를 구축할 수 있는 자연재해저감종합계획이 수립되었다. 자연재해저감종합계획은 「자연재해대책법」 제16조에 따라 수립되는 방재분야 최상위 계획으로 수립범위에 따라 도 및 시·군 자연재해저감종합계획으로 구분된다. 도 자연재해저감종합계획은 시·군 종합계획에 대한 광역차원에서 조정 및 보완의 역할을 수행하는데 목적이 있으며 행정안전부 고시 제2017-1호 「도 풍수해저감종합계획 세부수립기준」에 따라 도 단위 행정구역 경계를 공간적 범위로 설정하고 있다.

그러나 행정구역 분류에 따른 자연재해 대비방안의 수립은 지역이 가지는 피해 특성을 합리적으로 반영할 수 없기 때문에 효율적이지 못하다는 비판이 존재한다(Jun et al., 2008). 효율적인 광역 단위 자연재해저감종합계획을 수립하기 위해서는 현재 수립되고 있는 계획의 공간적 범위에 대한 검토가 필요하다. 이에 본 연구는 지역별 피해 특성을 반영하여 도 자연재해저감종합계획의 공간적 범위를 재설정하고자 한다.

2. 광역 자연재해저감종합계획의 필요성 및 공간적 범위 설정

2.1 광역 자연재해저감종합계획의 필요성

최근 자연재해 발생의 가장 큰 특징은 상호 연계적 효과의 자연스러운 증가에 있으며(Boin et al., 2006), 이에 따라 자연재해가 발생하는 공간적 범위가 행정구역 경계를 넘어 광역화되고 있다. 특히 미래 재난이 기존의 제한된 시·공간적 특성에서 벗어나 복합적으로 발생할 가능성이 높은 만큼(Hur and Lee, 2014) 광역 단위 자연재해저감종합계획의 필요성이 증대되고 있다(Berke et al., 2012). 실제로 미국에서는 자연재해 완화와 관련해서 지방 정부에게 부여했던 계획의 책임과 권한이 주 정부로 다시 옮겨가고 있다(Berke, 1996). 즉 광역 차원의 자연재해저감종합계획의 중요성이 증대되고 있는 것이다. 국내에서도 기후변화로 인한 재난의 영향이 광역화될 것이라는 점을 고려할 때 광역 차원의 자연재해저감종합계획의 중요성이 점차 커지고 있다(Moon, 2017).

우리나라에서는 시·군 자연재해저감종합계획을 기초로 광역 차원의 검토가 필요한 사항에 관한 내용을 다루는 도 자연재해저감종합계획을 수립하고 있다. 도 자연재해저감종합계획은 광역차원에서 시·군 저감대책의 조정이 필요한 경우 협의체를 통해 시·군 종합계획의 내용을 변경하거나 조정한다. 또한 2개 이상의 시·군 또는 타 시·도와 연계된

지구·수계·유역에 대해서는 지자체간 협의를 통해 저감대책의 실효성을 확보하도록 한다. 그러나 시·군의 지역적 특성을 반영할 수 있는 광역적 전략이 제시되고 있지 않아 시·도 자연재해저감종합계획이 지자체 저감대책 조정 역할을 수행하지 못한다는 비판이 존재한다(Kim et al., 2015). 최근에는 기후변화에 따른 자연재해 영향이 광역화됨에 따라 시·군 및 시·도의 경계를 넘어 국가적 차원의 자연재해저감종합계획의 필요성도 대두되고 있다(MOIS, 2017). 특히 국가 자연재해저감종합계획에 관한 설문조사 결과에 따르면 동일수계의 저감대책에 대한 협의 및 조정의 역할을 수행하는 국가 종합계획의 필요성이 높다는 것을 알 수 있다(Kim et al., 2015).

국내의 경우 자연재해로 인한 피해의 범위가 넓어짐에 따라 시·군 자연재해저감종합계획의 조정의 역할을 수행할 수 있는 광역 자연재해저감종합계획의 필요성이 꾸준히 제기되어 왔다. 이러한 요구에 맞춰 행정안전부에서는 도 풍수해저감종합계획을 수립하고 있고, 국가 단위 계획의 필요성도 제기해왔다. 그러나 행정구역 경계를 기준으로 수립되는 현재의 계획은 지역의 일반적 특성 및 풍수해 특성을 반영하지 못해 광역적 계획의 역할을 수행하지 못한다는 비판이 존재한다. 따라서 본 연구에서는 도 자연재해저감종합계획이 광역적 계획의 역할을 수행할 수 있도록 지역의 일반 및 풍수해 특성을 반영한 광역 도시권을 유형화함으로써 공간적 특성을 고려한 재해권역을 공간적 범위로 제시하고자 한다.

2.2 광역 자연재해저감종합계획의 공간적 범위

지역권역 설정 방법은 어떤 공통적 특성을 기준으로 하는 등질지역과 서로 다른 요소간의 상호의존을 기준으로 하는 기능지역을 기준으로 하는 방법이 있다(Lee and Kim, 2012). 호우, 태풍 등 모든 유형의 자연재해는 공간적 자기상관성이 나타나고(Lee, 2015) 자연재해 취약성은 공간적 자기상관성으로 인해 인접지역 간 상호 영향을 미치기 때문에(Jeong and Yoon, 2018) 자연재해를 저감하기 위한 계획의 공간적 범위는 등질지역 구분을 따라야 한다. 이는 Tobler 지리학의 제1법칙 “세상의 모든 것은 서로 관련되어 있지만, 먼 것보다는 가까운 것과 더 밀접하게 관련되어 있다.”에 따른 일반적인 현상이다. 즉 광역 자연재해저감종합계획의 공간적 범위는 자연재해 피해 및 취약성의 공통적 특성을 기준으로 하는 등질지역 구분에 따라 이루어져야 한다.

행정안전부 고시 제2017-1호 「도 풍수해저감종합계획 세부수립기준」의 “1-2-2 계획의 범위”에 따라 광역 자연재해저감종합계획을 수립하는 과정에서 풍수해 발생특성 및 위험요인 분석을 통한 공간적인 등질성 지역 구분의 필요성을 인정하고 있다. 또한 국가 자연재해저감종합계획의 권역 구분(안)에서도 재해 특성이 동질한 권역 산정의 필요성을 제시하고 있다(MOIS, 2017). 그럼에도 불구하고 현재 도

자연재해저감종합계획은 행정구역 경계를 공간적 범위로 설정하고 있고, 국가 계획의 공간적 범위도 유역차원 또는 행정 권역을 중심으로 제시되고 있다. 이에 따라 행정구역 경계로 수립하고 있는 현재 자연재해저감종합계획의 공간적 범위에 대한 비판(Moon, 2017)이 제기되고 있다. 또한 효율적인 자연재해저감종합계획을 수립하기 위해서 비슷한 피해 특성을 보이는 지역을 하나의 권역으로 설정해야 할 필요성이 제기되고 있다(Jun et al., 2008). 특히 광역 규모의 자연재해 피해에 대응하기 위해서는 인구·사회·경제 측면을 모두 고려한 자연재해 취약성을 기준으로 광역권 유형화가 필요하다(Shim et al., 2012). 그럼에도 불구하고 자연재해 취약성을 기준으로 등질권역을 설정하여 광역 단위 자연재해저감종합계획의 공간적 범위를 제시하는 연구는 부족하다. 따라서 본 연구에서는 시군구 자연재해 취약성 지수를 산출하여 지역 간 상호연관성 분석을 통해 지역의 특성을 반영한 광역 자연재해저감종합계획의 공간적 범위를 제시하고자 한다.

본 연구에서는 광역 자연재해저감종합계획에 관한 선행연구 고찰을 통해 다음과 같은 연구가설을 수립했다.

- 연구가설 1: 자연재해 취약성의 특성으로 인해 시·군·구 간 취약성의 공간적 자기상관성이 나타날 것이다.
- 연구가설 2: 광역화되고 있는 자연재해 피해로 인해 시·군·구 자연재해 취약성의 등질지역이 행정구역 경계와 다르게 나타날 것이다.

3. 연구 방법

3.1 연구의 범위 및 분석자료

본 연구에서는 자연재해와 관련된 지역의 특성이 비슷한 지역권을 설정하여 광역 자연재해저감종합계획의 공간적 범위를 제시하는데 목적을 두고 있다. 본 연구에서는 자연재해와 관련된 지역의 특성을 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제20조 제2항 및 제27조 3항에 따라 도시·군기본계획을 수립하거나 도시·군관리계획을 입안하는 경우에 실시하는 재해취약성분석에서 활용하고 있는 개념으로 한정하고자 한다. 재해취약성분석의 자연재해취약성은 기후변화에 따라 대형화·다양화되고 있는 재해에 효율적으로 대응하기 위하여 기존의 방재대책과 함께 도시의 토지이용, 기반시설 등의 자연재해와 관련된 지역적 특성을 반영한 개념이다. 특히 「도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침」에 따라 자연재해취약성분석이 재해저감대책 수립을 위한 기초자료로 활용되는 만큼 자연재해저감종합계획의 공간적 범위를 설정하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재해취약성 지수는 폭우, 폭염, 폭설, 가뭄, 강풍, 해수면상승의 재해유형별 ‘현재 기후노출’ 및 ‘현재 도시민감도’로

구성되었으며, ‘현재 도시민감도’는 잠재취약지역 및 도시취약구성요소로 구성되었다(Fig. 1). 행정안전부 2007-2018년 재해연보에 따르면 호우로 인한 피해(약 1조 6,302억원)가 전체 자연재해 피해 중 가장 많은 것으로 집계된 만큼 본 연구에서는 폭우로 인한 자연재해취약성으로 연구의 범위를 한정하였다.

Fig. 1. Disaster Vulnerability Index

본 연구의 공간적 범위는 2019년 2월 기준 전국 기초자치단체 226개와 제주특별자치도, 세종특별자치시를 포함한 228개 시·군·구이다.

본 연구의 시간적 범위는 2017년으로 한정하였다. 다만 재해취약성 분석지표 내 잠재취약지역을 분석하는 과정에서 최근 10년간 피해지역을 반영하고 있는 만큼 80mm/일 이상 강수일수, 호우피해액 등 기후노출자료는 2008년부터 2017년까지의 10년간 자료를 평균하여 활용하였다. 최종적으로 분석과정에 활용한 변수는 Table 1과 같다.

3.2 분석방법

3.2.1 자연재해취약성 분석

본 연구의 자연재해취약성 분석은 국토교통부훈령 제852호 「도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침」에서 제시하고 있는 자연재해취약성 분석 방법을 기반으로 진행되었다. 본 연구에서 활용한 자연재해취약성 지수의 도출 과정은 다음과 같다.

첫째, 측정 단위가 서로 다른 분석지표 간 직접적인 비교를 위해 분석지표를 정규분포에 의한 스케일 재조정법인 Min-Max 법을 이용하여 계산한 후 표준화지수로 변환하여 각 지역의 값을 산출한다.

$$z = \frac{\chi - \min(\chi)}{\max(\chi) - \min(\chi)}$$

둘째, 분석지표별 표준화지수를 취약성분석 구조에 따라 평균하여 현재 기후노출, 현재 도시민감도 지수를 산정한다.

Table 1. Variables

	Variable Name	Explanation	Unit	Sources
Present Exposure	Rain	Over 80mm precipitation days	Day	https://data.kma.go.kr
	Flood	Heavy rain damage	Won	Statistical Yearbook of Natural Disaster
Present Sensitivity	Disaster Prevention	Disaster prevention zone	m ²	National Spatial Data Infrastructure Portal(https://www.nsdi.go.kr)
	Hazard Zone	Natural disaster improvement zone	m ²	
	Senior	Population over 65	Pop	
	Child	Population under 5	Pop	
	Road	Road length	m	
	Railroad	Railroad length	m	
	Water Supply	Water supply facility	m ²	
	Electric Supply	Electric supply facility	m ²	
	Gas Supply	Gas supply facility	m ²	
	Heat Supply	Heat supply facility	m ²	
	Oil Supply	Oil storage and supply facility	m ²	
	Water Pollution	Water pollution prevention facility	m ²	
	Oldhouse	Old detached house	Num	

셋째, 최종 재해취약성 지수는 현재 기후노출, 현재 도시민 감도 점수의 합계로 계산한다.

3.2.2 LISA

자연재해 데이터와 같이 공간을 기반으로 하는 데이터들은 공간에 무작위로 분포하지 않고, 서로 상호의존적인 특징을 가진다. 이를 공간자기상관(Spatial autocorrelation)이라고 하며, 본 연구에서는 자연재해 취약성의 공간자기상관을 분석하기 위해 국지공간상관지표 분석을 실시하였다.

국지공간자기상관지표(Local Indicators of Spatial Association, LISA) 분석은 특정지역을 중심으로 주변에 유사한 지수 값들에 대한 공간적 군집패턴을 나타내는 통계량이다(Chae et al., 2014). 본 연구에서는 LISA 분석을 위해서 Geoda 프로그램을 활용하였다.

LISA 분석은 대상지역의 국지적 차원에서 공간적 연관 정도를 측정할 때에 모란산포도(Moran scatter plot)를 통해 공간적 연관성을 4가지 유형으로 구분할 수 있다. 공간적 연관성이 존재하는 경우 지수 값이 높은 지역주변에 높은 값이 인접하는 HH유형(High-High), 지수 값이 낮은 지역주변에 낮은 값이 인접하는 LL유형(Low-Low), 지수 값이 높은 지역 주변에 낮은 값이 인접하는 HL유형(High-Low), 마지막으로 지수 값이 낮은 지역 주변에 높은 값이 인접하는 LH유형(Low-high)으로 구분되어 나타난다. 국지적인 차원에서의 공간적 군집은 주로 HH와 LL유형이며, LH와 HL은 공간적 이례지역이라고 볼 수 있다(Lee and Shim, 2011). 본 연구에서는 LISA를 통해 공간상에 나타나는 자연재해 취약성 간의 유사성 또는 이질성과 같은 공간적 상관관계를

유형별로 분석하였으며, 이를 통해 자연재해와 관련된 지역의 특성이 공간적으로 인접한 지역과 상호의존적 특징을 지니고 있음을 증명하였다.

4. 연구결과

4.1 기초 공간분석

LISA 분석을 통해 지수들의 공간적 의존성을 탐색하기에 앞서 재해취약성지수를 구성하고 있는 기후노출, 도시민감도 등의 변수들을 활용한 기초 공간분석을 수행하였다.

기초 공간분석은 GIS 프로그램의 등급구간 분류방법인 자연적 구분법(Jenks의 최적화방법)을 활용하였으며, 5개 등급으로 나누어 분석하였다. 자연적 구분법은 등급평균으로부터 편차의 제곱의 합이 최소가 되는 지점을 찾아 그룹화하는 방법으로 그룹 내에서는 동질성을, 각 그룹 간에는 이질성을 최대화하는 방법이다(도시 기후변화 재해취약성 분석 및 활용에 관한 지침, 국토교통부훈령 제852호). 변수들에 대한 기초공간 분석결과는 Fig. 2와 같으며 짙은 색상일수록 해당 지표의 값이 높다는 것을 의미한다.

4.2 LISA 분석

본 연구에서는 LISA 분석을 통해 공간상에 나타나는 자연재해 취약성 간의 유사성 또는 이질성과 같은 공간적 상관관계를 유형별로 분석하였으며, 이를 통해 자연재해 취약성이 행정경계를 넘어 공간적으로 인접 지역과 상호의존적 특징을 보이며 영향을 미치고 있음을 증명하고자 하였다.

Fig. 2. Spatial Analysis Results of Each Variable

자연재해 취약성에 대한 LISA 분석은 기후노출도, 도시민 감도지수와 두 개 지수의 합으로 산출된 자연재해 취약성 지수에 대해 실시되었다. 분석에 앞서 각 지수에 대한 Moran's I 값을 산출하였다. Moran's I는 공간적 의존성을 탐색하기 위한 통계량 검정으로, 본 연구에서 사용된 지수들이 공간적

의존성을 가지고 있는지 탐색할 수 있다. 산출되는 Moran's I 계수는 -1인 부적 공간자기상관에서 +1인 정적 공간자기상관까지의 값을 가지는데, 0에 가까울수록 약한 공간적 자기상관을 가지고 있다고 볼 수 있다(Kim, 2003). Moran's I 계수의 공간자기상관 정도에 관한 선행연구를 살펴보면,

Castillo et al. (2011)은 0.37의 Moran's I 계수값이 높은 공간자기상관을 나타낸다고 제시하였으며, Hu and Rao (2009)는 0.267의 Moran's I 계수값은 공간자기상관을 나타낼 수 있다고 판단하였다. 본 연구의 통계량 검정결과 기후노출도 지수, 도시민감도 지수, 자연재해취약성 지수는 각각 0.398, 0.607, 0.483으로 높은 공간적 상관을 가지고 있는 것으로 나타났다 (Fig. 3). 각 지수들이 공간적 자기상관을 가지고 있음을 나타내는 Moran's I 값을 통해 자연재해 취약성이 인접지역과 공간적 의존성을 가지며 분포하고 있다는 본 연구의 가설이 증명될 수 있다.

Moran's I 통계량 검정을 통해 지수의 공간적 자기상관을 확인한 후 LISA분석을 통해 각 지수들이 공간적 의존성을 가지며 분포하고 있는 형태를 시각화하였다. 각 지수들의 228개 시군구 지역에 대한 LISA분석 결과 Fig. 4와 같이 기후노출도지수, 도시민감도지수, 자연재해취약성지수 모

두 행정경계를 넘어 공간적으로 인접 지역과 상호의존적 특징을 보이며 영향을 미치고 있었다.

기후노출도 지수의 시군구 분포를 보면 LL유형 군집이 서울 및 수도권 지역, 대구광역시, 부산광역시 일부지역에서 나타났다(Table 2). 반면 강원 및 경기 지역, 전라북도 남원시, 임실군, 전라남도 광양시, 구례군, 경상남도 하동군, 함양군 지역은 HH유형 군집이 나타났다. 이는 1인당 호우피해액과 1인당 연평균 80 mm 강수일수가 공통적으로 강원도 지역에서 높게 나타났고, 서울특별시에서는 낮게 나타났기 때문에 이 같은 군집이 나타난 것으로 해석된다.

도시민감도 지수의 시군구 분포를 보면 LL유형 군집이 서울 및 수도권 지역, 부산광역시에서 나타났다(Table 3). 반면 HH유형은 강원도 삼척시, 영월군부터 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경상남도 일부지역에 이어진 형태의 분포를 띠는 하나의 군집과 충청남도 서산군, 홍성군, 예산군에서

Fig. 3. Moran's I Results (Climate Exposure Index, Urban Sensitivity Index, and Disaster Vulnerability Index)

Fig. 4. Results of LISA analysis

Table 2. LISA Distribution of Climate Exposure Index

	si/do	si/gun/gu
HH	Gyeonggi-do	Dongducheon-si, Pocheon-si, Gapyeong-gun
	Gangwon-do	Chuncheon-si, Cheorwon-gun, Hwacheon-gun, Yanggu-gun, Inje-gun, Goseong-gun, Yangyang-gun, Yangpyeong-gun, Hongcheon-gun, Hoengseong-gun, Yeongwol-gun
	Jeollabuk-do	Namwon-si, Imsil-gun
	Jeollanam-do	Guangyang-si, Gurye-gun
	Gyeongsangnam-do	Hadong-gun, Hamyang-gun
LL	Seoul	Jongno-gu, Jung-gu, Yongsan-gu, Seongbuk-gu, Mapo-gu, Seodaemun-gu, Yeongdeungpo-gu, Yangcheon-gu, Gangseo-gu, Guro-gu, Seongdong-gu, Gwangjin-gu, Jungnang-gu, Nowon-gu, Geumcheon-gu, Gangnam-gu, Songpa-gu, Gangdong-gu.
	Incheon	Jung-gu, Bupyeong-gu, Gyeyang-gu, Seo-gu, Nam-gu, Yeonsu-gu, Namdong-gu
	Gyeonggi-do	Bucheon-si, Goyang-si, Gimpo-si, Suwon-si, Anyang-si, Gwangmyeong-si, Pyeongtaek-si, Ansan-si, Guri-si, Siheung-si, Gunpo-si, Uiwang-si, Hwaseong-si
	Busan	Seo-gu, Dongnae-gu, Buk-gu, Gangseo-gu
	Daegu	Jung-gu, Dong-gu, Seo-gu, Nam-gu, Buk-gu, Suseong-gu, Dalseo-gu, Dalseong-gun
	Gwangju	Seo-gu
	Daejeon	Daedeok-gu
	Chungcheongnam-do	Dangjin-si
	Gyeongsangbuk-do	Chilgok-gun
LH	Gyeonggi-do	Paju-si
	Gangwon-do	Sokcho-si, Gangneung-si, Taebaek-si
	Gyeongsangnam-do	Jinju-si, Geochang-gun
HL	Gyeonggi-do	Gwacheon-si

Table 3. LISA Distribution of Urban Sensitivity Index

	si/do	si/gun/gu
HH	Gangwon-do	Samcheok-si, Yeongwol-gun
	Chungcheongnam-do	Seosan-si, Hongseong-gun, Yesan-gun
	Jeollabuk-do	Jeongeup-si, Namwon-si, Jinan-gun, Muju-gun, Jangsu-gun, Imsil-gun, Sunchang-gun, Gochang-gun, Buan-gun
	Jeollanam-do	Naju-si, Damyang-gun, Gokseong-gun, Gurye-gun, Hwasun-gun, Jangheung-gun, Gangjin-gun, Haenam-gun, Yeongam-gun, Muan-gun, Hampyeong-gun, Yeonggwang-gun, Jangseong-gun
	Gyeongsangbuk-do	Gimcheon-si, Andong-si, Yeongju-si, Sangju-si, Mungyeong-si, Uiseong-gun, Cheongsong-gun, Yeongdeok-gun, Yecheon-gun, Uljin-gun
	Gyeongsangnam-do	Sancheong-gun, Hamyang-gun, Geochang-gun, Hapcheon-gun
LL	Seoul	Jongno-gu, Jung-gu, Yongsan-gu, Seongbuk-gu, Gangbuk-gu, Seodaemun-gu, Mapo-gu, Yangcheon-gu, Gangseo-gu, Guro-gu, Yeongdeungpo-gu, Dongjak-gu, Seongdong-gu, Gwangjin-gu, Dongdaemun-gu, Jungnang-gu, Dobong-gu, Nowon-gu, Geumcheon-gu, Gwanak-gu, Gangnam-gu, Songpa-gu, Gangdong-gu
	Incheon	Bupyeong-gu, Gyeyang-gu, Seo-gu, Nam-gu, Yeonsu-gu, Namdong-gu
	Gyeonggi-do	Bucheon-si, Goyang-si, Namyangju-si, Gimpo-si, Yangju-si, Seongnam-si, Anyang-si, Gwangmyeong-si, Ansan-si, Gwacheon-si, Guri-si, Siheung-si, Gunpo-si, Uiwang-si, Hanam-si, Yongin-si, Hwaseong-si, Gwangju-si
	Busan	Seo-gu, Busanjin-gu, Dongnae-gu, Nam-gu, Buk-gu, Haeundae-gu, Geumjeong-gu, Gangseo-gu, Yeonje-gu, Suyeong-gu, Sasang-gu, Gijang-gun
	Daegu	Jung-gu
	Ulsan	Jung-gu, Nam-gu
	Daejeon	Daedeok-gu
	Gyeongsangnam-do	Yangsang-si
LH	Gangwon-do	Donghae-si, Taebaek-si
	Jeollabuk-do	Iksan-si, Suncheon-si, Gwangyang-si
	Gyeongsangbuk-do	Gumi-si
	Gyeongsangnam-do	Jinju-si

군집이 나타났다. HH유형의 커다란 하나의 군집은 도시민 감도를 이루고 있는 변수 중 노후단독주택의 영향을 크게 받아 이러한 분포가 나타난 것으로 해석된다. LL유형은 도시민감도 지수의 대부분의 변수들이 공통적으로 서울 및 부산지역에서 낮게 나타나는 경향을 보여 이 같은 두 개의 군집이 나타난 것으로 보여진다.

재해취약성 지수의 시군구 분포를 보면 LL유형 군집이 서울 및 수도권 지역과 부산, 대구광역시에서 나타났다(Table 4). 한편 HH유형은 강원도 경기도 일부지역과, 전남, 전북, 경남 일부지역을 중심으로 군집이 나타났다. 강원도 지역의 HH군집은 기후노출지수의 영향으로 생성된 것으로 보이며, 전라남도를 중심으로 생성된 HH군집은 도시민감도의 영향을 받은 것으로 보인다. 재해취약성 지수의 LL군집은 기후노출지수와 도시민감도 지수가 공통적으로 서울 및 부산지역에서 LL군집을 형성하였기 때문에 생성된 것으로 보인다.

5. 결 론

5.1 연구요약 및 가설검증

본 연구는 효율적인 광역 단위 자연재해저감종합계획 수립을 위한 근거를 마련하고자 자연재해취약성 지수를

산출하여 국지공간자기상관지표 분석을 수행하였다. 본 연구에서는 광역 자연재해저감종합계획에 관한 선행연구 고찰을 통해 두 가지 연구가설을 도출하였으며, 연구결과를 바탕으로 한 연구가설의 증명은 다음과 같다.

- 연구가설 1: 자연재해 취약성의 특성으로 인해 시·군·구 간 취약성의 공간적 자기상관성이 나타날 것이다.

본 연구는 자연재해취약성의 공간적 특성으로 인해 나타날 것으로 예상되는 공간적 자기상관성을 확인하기 위해 Moran's I 통계량 검정을 실시하였다. 검정결과 분석에 사용된 지수들의 Moran's I 값이 각각 0.398, 0.607, 0.483으로 공간적 자기상관이 존재하는 것으로 확인되었으며, 또한 시군구에서 나타나는 공간적 자기상관의 분포를 LISA분석의 결과를 통해 확인할 수 있었다.

- 연구가설 2: 광역화되고 있는 자연재해 피해로 인해 시·군·구 자연재해 취약성의 등질지역이 행정구역 경계와 다르게 나타날 것이다.

본 연구는 시군구 자연재해의 취약성의 등질지역을 파악

Table 4. LISA Distribution of the Disaster Vulnerabilities Index

	si/do	si/gun/gu
HH	Gyeonggi-do	Pocheon-si, Gapyeong-gun
	Gangwon-do	Cheorwon-gun, Hwacheon-gun, Yanggu-gun, Inje-gun, Goseong-gun, Yangyang-gun, Samcheok-gun, Hongcheon-gun, Hoengseong-gun, Yeongwol-gun, Pyeongchang-gun
	Jeollabuk-do	Jeongeup-si, Namwon-si, Jinan-gun, Jangsu-gun, Imsil-gun, Sunchang-gun, Wanju-gun
	Jeollanam-do	Guangyang-si, Gokseong-gun, Gurye-gun
	Gyeongsangbuk-do	Yeongyang-gun, Uljin-gun
	Gyeongsangnam-do	Hadong-gun, Sancheong-gun, Hamyang-gun, Hapcheon-gun
LL	Seoul	Jongno-gu, Jung-gu, Yongsan-gu, Seongbuk-gu, Gangbuk-gu, Eunpyeong-gu, Seodaemun-gu, Mapo-gu, Yangcheon-gu, Gangseo-gu, Guro-gu, Yeongdeungpo-gu, Dongjak-gu, Seocho-gu, Seongdong-gu, Gwangjin-gu, Dongdaemun-gu, Jungnang-gu, Dobong-gu, Nowon-gu, Geumcheon-gu, Gwanak-gu, Gangnam-gu, Songpa-gu, Gangdong-gu
	Incheon	Bupyeong-gu, Gyeyang-gu, Seo-gu, Nam-gu, Yeonsu-gu, Namdong-gu
	Gyeonggi-do	Bucheon-si, Goyang-si, Gimpo-si, Suwon-si, Anyang-si, Ansan-si, Gwacheon-si, Guri-si, Siheung-si, Gunpo-si, Uiwang-si, Hanam-si, Yongin-si, Hwaseong-si
	Busan	Seo-gu, Dong-gu, Busanjin-gu, Dongnae-gu, Nam-gu, Buk-gu, Gangseo-gu, Yeonje-gu, Suyeong-gu, Sasang-gu
	Daegu	Jung-gu, Seo-gu, Nam-gu, Suseong-gu
	Gwangju	Seo-gu
	Daejeon	Daedeok-gu
	Ulsan	Buk-gu
LH	Gyeonggi-do	Dongducheon-si
	Gangwon-do	Chuncheon-si, Sokcho-si, Gangneung-si, Taebaek-si
	Jeollanam-do	Suncheon-si, Muan-gun
	Gyeongsangbuk-do	Andong-si, Yeongju-si
	Gyeongsangnam-do	Jinju-si, Sacheon-si, Geochang-gun

하기 위해 LISA분석을 수행하였으며, 그 결과 여러 유형의 등질 군집을 확인할 수 있었다. 기후노출, 도시민감도, 재해 취약성 지수 모두 행정경계를 넘어 영향을 미치고 있음을 확인하였다. 분석결과에서 주목할 점은 HH유형과 LL유형이 확연하게 군집을 나타내었다는 것이고, 이러한 결과를 통해 행정구역 경계가 아닌 광역 단위의 자연재해저감종합계획 수립을 위한 공간적 범위로 제시할 수 있을 것으로 보인다.

5.2 정책적 제언 및 연구의 한계

우리나라는 자연재해로부터 국토를 보존하고 국민의 생명·신체 및 재산과 주요 기간시설을 보호하기 위해 자연재해대책법을 통해 자연재해저감종합계획 수립을 법적으로 명시하고 있다. 현재 자연재해저감종합계획은 행정구역 경계를 기준으로 계획 수립의 공간적 범위를 설정하고 있지만, 최근 기후변화의 영향으로 자연재해 피해 범위가 광범위해짐에 따라 행정구역 경계를 넘어선 계획 수립의 필요성이 증대되고 있다. 또한 효율적인 계획의 수립을 위해 자연재해 취약성을 기준으로 한 광역권 유형화의 필요성이 제기되어 왔다. 본 연구에서는 자연재해취약성의 공간적 자기상관성을 탐색하고, 자연재해취약성이 비슷한 지역끼리 행정구역 경계를 넘어 유형화된다는 점을 확인하였다. 특히 행정안전부의 자연재해저감종합계획 세부수립지침에 따라 자연재해 특성이 비슷한 등질지역의 분류가 필요한 만큼 본 연구와 같이 취약성을 기준으로 한 광역권 유형화 결과를 토대로 공간적 범위를 설정할 필요가 있다.

본 연구는 자연재해취약성의 공간적 특성을 분석하여 광역 자연재해저감종합계획 수립의 공간적 범위 설정근거를 마련하였지만, 여러가지 자연재해 유형 중 호우에 대한 취약성만 분석하였다는 점과 자연재해 취약성지수 도출시 데이터의 한계로 인해 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 20조 제2항 및 제2조 제3항에서 제시하고 있는 모든 변수를 사용하지 못했다는 한계점을 지니고 있다. 따라서 향후 폭염, 폭설, 가뭄, 강풍, 해수면 상승 등의 재해유형에 대한 추가적인 연구를 진행하여 재해유형별 자연재해저감종합계획의 수립 범위를 제시할 필요가 있다.

References

Berke, P., Smith, G., and Lyles, W. (2012). Planning for resiliency: Evaluation of state hazard mitigation plans under the disaster mitigation act. *Natural Hazards Review*, Vol. 13, No. 2, pp. 139-149.

Berke, P.R. (1996). Enhancing plan quality: Evaluating the role of state planning mandates for natural hazard mitigation. *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 39, No. 1, pp. 79-96.

Berke, P.R., and French, S.P. (1994). The influence of state planning mandates on local plan quality. *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 13, No. 4, pp. 237-250.

Boin, A., Ekengren, M., and Rhinard, M. (2006). Protecting the union: Analysing an emerging policy space. *Journal of European Integration*, Vol. 28, No. 5, pp. 405-421.

Castillo, K.C., Körbl, B., Stewart, A., Gonzalez, J.F., and Ponce, F. (2011). Application of spatial analysis to the examination of dengue fever in Guayaquil, Ecuador. *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 7, pp. 188-193.

Chae, J.E., Park, S.Y., and Byun, B.S. (2014). An analysis of spatial concentrated areas of single person households and concentrating factors in Seoul. *Seoul Studies*, Vol. 15, No. 2, pp. 1-16.

Hu, Z., and Rao, K.R. (2009). Particulate air pollution and chronic ischemic heart disease in the eastern United States: A county level ecological study using satellite aerosol data. *Environmental Health*, Vol. 8, Article No. 26. doi:10.1186/1476-069X-8-26

Hur, J.Y., and Lee, J.H. (2014). Study on building a disaster management system responding to future disaster. *Crisisonomy*, Vol. 10, No. 10, pp. 173-195.

Jeong, S., and Yoon, D. (2018). Examining vulnerability factors to natural disasters with a spatial autoregressive model: The case of South Korea. *Sustainability*, Vol. 10, No. 5, 1651. doi:10.3390/su10051651

Jun, H., Park, M., Kim, G., and Kim, J. (2008). Damage analysis of meteorological disasters for each district considering the characteristics of a district. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 8, No. 2, pp. 75-82.

Kim, J.E., Park, H.J., Lee, S.H., and Jung, J.C. (2015). Institutional improvements on Korean comprehensive plans for the reduction of damage from storm and flood. *Crisisonomy*, Vol. 11, No. 7, pp. 35-49.

Kim, K.G. (2003). Explore the spatial autocorrelation and utilize the spatial regression. *Korean Journal of Policy Analysis and Evaluation*, Vol. 13, No. 1, pp. 273-294.

Lee, H.Y., and Shim, J.H. (2011). *GIS Geoinformatics: Theory and practice*. Paju: Bobmunsa, pp. 394-402.

Lee, J. (2015). *Climate disaster resilience in municipalities*. Ph.D. dissertation, Seoul National University.

Lee, J., and Kim, S. (2012). Setting mega region by interregional human/material linkage analysis. *The Geographical Journal of Korea*, Vol. 46, No. 3, pp.

227-237.

Ministry of the Interior and Safety (MOIS). (2017).
Establishing national hazard mitigation planning.

Moon, C. (2017). A study on the operational status of disaster
preventing urban plan in the metropolitan plan. *Korean
Local Administration Review*, Vol. 14, No. 3, pp.
51-69.

National Law Information Center. Retrieved from <http://www.law.go.kr/>

Shim, J., Kim, J., and Lee, S. (2012). Classification of cities

in the metropolitan area based on natural hazard
vulnerability. *Journal of the Korea Academia-
Industrial cooperation Society*, Vol. 13, No. 11, pp.
5534-5541.

Received	September 4, 2019
Revised	September 23, 2019
Accepted	October 2, 2019