

Research Paper

도시 기후변화 재해취약성 분석방법의 가중치 조정에 따른 결과 비교 검토

- 해수면 상승 재해를 중심으로 -

김지숙* · 김호용**

부산대학교*, 동아대학교**

A Review on the Results of Adjusting Weight in Vulnerability Analysis of Climate Change Driven Disaster

- Focused on Sea-level Rise -

Jisook Kim* · Hoyong Kim**

Pusan National University*, Dong-A University**

요약 : 2012년에 도입된 도시 기후변화 재해취약성 분석은 현재 지침 제정으로 도시방재정책을 위한 제도적 기반으로 활용되고 있다. 그러나 실제 분석시 분석과정의 구조로 인하여 분석 지표의 가중치 불균형 및 지표의 다중 적용과 같은 문제점이 발생하는 등 개선의 여지가 남아 있다. 제도 도입시 전문가를 통해 도시 계획적 연관성이 높은 지표들이 선정되어 있는 상태라 하더라도 이러한 문제점들은 분석구조에 기인하여 지표들의 영향력이 반영되지 못한다는 결과를 낳는다. 따라서 본 연구에서는 도시 기후변화 재해취약성 분석의 구조를 살펴보고, 변수의 가중치를 조정하여 평준화시켰을 때 현 지침상의 분석결과와 차이가 발생하는지를 실증분석을 통해 검증하고자 하였다. 그 결과로 나타난 재해취약 정도가 두 방식에서 차이가 있음을 확인할 수 있었고 상대적으로 가중치 평준화 방식을 적용하였을 때 기존의 방식인 지침을 따를 때보다 재해취약지역이 더 넓게 나타났다. 이러한 차이는 분석의 구조적 틀을 개선하고 분석결과와 세밀한 검토를 통해 분석결과와 신뢰성 확보를 위한 노력이 필요함을 시사한다.

주요어 : 재해취약성 분석, 해수면상승, 가중치평준화, 재해예방형 도시계획

Abstract : The vulnerability analysis of climate change driven disaster has been used as institutional framework for the urban policies of disaster prevention since 2012. However, some problems have occurred due to the structure of vulnerability analysis, such as overweighted variables and duplicated application of variables of similar meaning. The goal of this study is to examine the differences of results between the method of current guideline and the method of weight

First Author: Jisook Kim, BK21 Plus "Urban planning education program for urban safety and climate change adaptation", Dept. of Urban Engineering, Pusan National University, Busan 46241, Korea, Tel: +82-51-510-2447, E-mail: kjisook@gmail.com

Corresponding Author: Hoyong Kim, Dept. of Urban Planning & Engineering, Dong-A University, Busan, 49315, Korea, Tel: +82-51-200-1033, E-mail: hykim@dau.ac.kr

Received : 15 December, 2016. Revised : 13 June, 2017. Accepted : 16 June, 2017.

equalization. For this, we examines the current structural framework of the vulnerability analysis, and performs empirical analysis. As a result, the extent and magnitude of vulnerability showed different spatial patterns depending on the weighting methods. Standardized weighting method relatively represented wider vulnerable areas compared to the pre-existing method which follows the current instruction manual. To apply the results of vulnerability analysis to urban planning process for disaster prevention, this study suggests that the reliability of the results should be ensured by improving analytical framework and detailed review of the results.

Keywords : Vulnerability analysis, Sea-level rise, Weight equalization, Disaster prevention urban planning

I. 서론

미국국립해양대기국(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 발간한 국가기후보고서(Blunden & Arndt 2016)에 따르면 2015년은 지구의 해수면 높이와 평균기온, 온실가스 모두 관측 사상 최고치를 기록한 해였다. 해수면 높이는 연간 평균 3.3mm씩 꾸준히 상승하여 1993년 평균과 비교하면 70mm가 높아진 상태이며, 지구 온난화에 따른 해수면 상승속도가 기존의 예측보다 훨씬 빨라 당장 이번 세기말에 저지대 해안도시가 침수될 수 있다는 연구결과도 발표된 바 있다(DeConto & Pollard 2016). 이렇듯 전 세계적으로 기후변화에 대한 관심과 대응이 요구되는 가운데, 우리나라에서는 2011년 우면산 산사태와 강남역 주변 침수 등을 계기로 기후변화의 심각성을 인식하고 재해에 효율적으로 대응하기 위해 도시계획수립지침의 개정을 통해 2012년에 도시 기후변화 재해취약성 분석을 도입하였다.

제도가 도입된 이후 내실 있는 제도 정착과 관련 업무 담당자 및 관련업계 종사자의 이해를 돕기 위해 “도시 기후변화 재해취약성 분석매뉴얼(Ver.3.0, 2013.8)”(이하 “매뉴얼”)이 보급되었으며, 2015년에 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」개정으로 재해취약성 분석이 의무화된 후, 2016년 5월에는 「도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침」(이하 “지침”)이 제정되어 도시방재정책을 위한 제도적 기반이 마련되었다.

그러나 매뉴얼이 도입된 이후에도 여전히 재해취약성 분석의 정확도에 영향을 미치는 분석지표, 분석

의 공간단위, 재해유형 등 분석방법의 고도화에 대한 논의가 이루어졌고(Lee 2016), 매뉴얼의 내용을 수정 및 보완하고 구체화한 지침에서도 그러한 논의는 유효한 것으로 보인다. 제정된 지침은 분석과정 및 행정절차 관련 부분을 구체화하고 결과의 검증과 정보관리 및 교육 등의 사항을 추가하는 등, 재해취약성 분석제도를 정착시키고 실무적용 과정에서의 문제점 개선을 위한 내용적 보완이라는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 그러나 재해 예방형 도시계획 수립과정에서 재해취약성 분석결과 활용을 위해서는 분석 결과의 신뢰성이 보장되어야 하지만 여전히 분석지표의 객관성 확보 방안과 분석절차상의 문제점이 존재한다. 따라서 분석결과 신뢰성 향상을 위해서는 현재까지 구축된 재해취약성 분석 방법의 수정·보완이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 도시 기후변화 재해취약성 분석 지표의 타당성과 분석의 틀 안에서 사용되는 지표 간 가중치의 합리성을 검토하고자 한다. 분석지표의 적용에 따른 분석결과 차이점을 검증하기 위하여, 현행 지침 방식의 재해취약성 분석 결과와 지표의 가중치를 평준화하였을 때의 분석결과를 실증적으로 비교함으로써 현 제도의 개선방안과 시사점을 도출하고자 한다.

II. 이론적 고찰 및 선행연구

1. 도시 기후변화 재해취약성 분석

전 세계적인 기후변화추세와 이로 인한 다양한 재해 영향에 적응하는 도시 조성을 위해 기후변화 취약

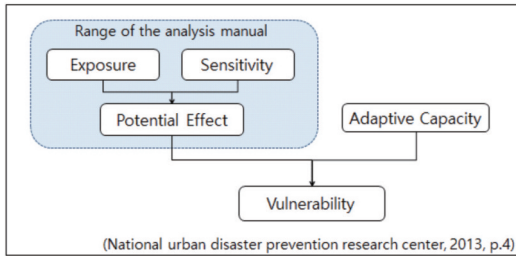


Figure 1. The range of the vulnerability analysis of climate change driven disaster

성 분석을 수행하여 도시의 적응력을 높이는 것이 중요하다는 인식이 커지는 상황에서, 우리나라에서는 광역 및 기초 지자체 단위의 취약성 분석의 체계적 정립과 지역특성을 고려한 적응방안 마련을 위해 이에 대한 가이드라인 수립이 요구되었다. 이러한 필요성에 의해 2012년 6월에 국토해양부에서는 최초의 「도시 기후변화 재해 취약성 분석방법 매뉴얼」을 배포하였다.

매뉴얼에 따르면 도시 기후변화 재해취약성 분석에서는 취약성을 노출(exposure)과 민감도(sensitivity), 적응능력(adaptive capacity)의 합수로 설명하는 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)의 기후변화 취약성 개념에서, 적응능력을 제외한 노출과 민감도를 통해 잠재적 취약성을 도출하는 것까지를 범위로 제한한다(Figure 1). 적응능력은 도시가 받는 기후변화 재해의 부정적인 영향을 저감시키는 정책 및 대책으로 나타낼 수 있으나, 이를 정량화하거나 지표를 도출하는 것이 매우 어려워 본질적인 재해 영향을 왜곡시킬 우려가 있기 때문이다. 또한 적

응능력 지표를 포함할 경우, 적응능력이 낮게 나타나면 적응능력 지표값만을 올리면 되므로 다양하고 종합적인 도시의 적응능력 제고방안을 모색하기 어렵다는 한계가 있는 것으로 매뉴얼은 설명하고 있다.

이러한 도시 기후변화 재해취약성분석의 결과는 광역도시계획, 도시·군 기본계획, 도시·군 관리계획 등 도시계획을 수립하는 과정에서 토지이용, 기반시설 배치계획 등 각 부문별 계획에 반영하도록 하고 있다. 이는 2012년 7월 이후 수립, 변경되는 모든 도시계획을 대상으로 시행되고 있으며, 지침의 제정으로 분석방법과 절차 및 분석대상과 범위 등이 규정되었다. 이후 두 번의 수정·보완 과정을 거쳐 2013년 8월에 배포된 매뉴얼 및 2016년 8월에 제정된 지침에서는 재해취약성분석 대상재해를 폭우, 폭염, 폭설, 가뭄, 강풍, 해수면상승의 6개로 구분하고 재해취약성 분석을 위한 재해유형별 지표와 지표 데이터 구축방법을 제시하고 있다.

2. 도시 기후변화 재해취약성분석의 구조

도시 기후변화 재해취약성 분석의 구조는 앞서 살펴본 바와 같이 IPCC 기후변화 취약성 분석의 노출, 민감도, 적응능력의 골격을 유지하면서 기후노출과 도시민감도를 고려하여 지자체 내 최소공간범위인 집계구에 대한 상대평가를 통해 재해취약지역을 도출하는 구조로(National Urban Disaster Prevention Research Center 2013), 다음 Figure 2와 같다. 현재 기후노출(present exposure)은 인근지역의 유인 관측소와 무인관측소의 기상관측자료를 활용하여 현재의 기후적 요소에 의한 영향을 분석하고, 현재 도

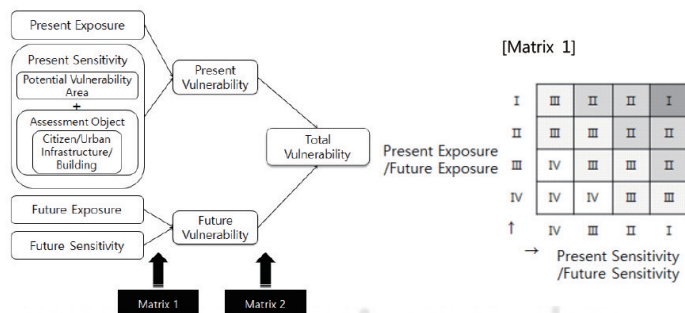


Figure 2. Analytical structure of the climate change vulnerability analysis

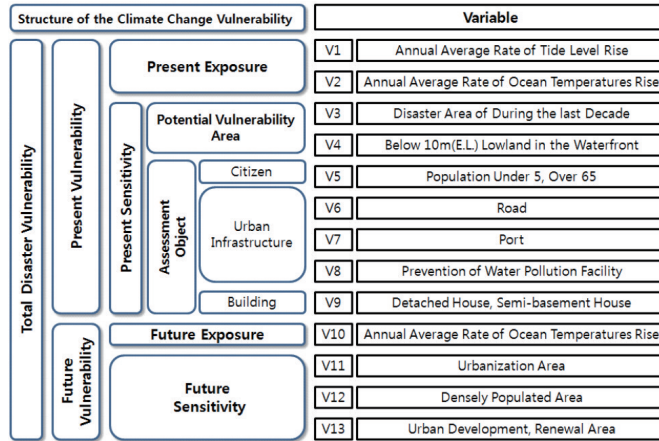


Figure 3. List of variables

시민감도(present sensitivity)는 잠재취약지역과 도시 취약구성요소로 구분하여 분석한다. 미래 기후노출(future exposure)은 기후변화 시나리오에 의한 전망치를 활용하여 미래의 기후적 요소에 의한 영향을 분석하며 미래 도시민감도(future sensitivity)는 도시개발 전망을 고려하여 미래의 기후적 요소에 의한 영향을 분석하게 된다.

분석 자료들은 공간정보로 변환하여 GIS 분석을 수행하고 최종결과물은 shape 파일로 도면화하며, 각 지표는 표준화하여 값을 산출하고 최종 결과는 등급으로 표현된다. 현재 기후노출, 현재 도시민감도, 미래 기후노출, 미래 도시민감도 등 분석구조에 따라 도출된 점수를 기준으로 GIS의 등급구간 분류방법인 자연적 구분법(Jenks의 최적화 방법)을 활용하여 취약성 분석 값을 I~IV등급(I 등급이 가장 취약)으로 구분하여 부여한다. 현재 취약성 등급 및 미래 취약성 등급은 매뉴얼 및 지침에서 제공하는 매트릭스(Figure 2의 Matrix 1)를 이용하여 도출하고, 도시종합재해취약성은 현재 취약성 등급과 미래 취약성 등급을 중첩하여 높은 등급을 반영(Matrix 2)하도록 되어 있다. 이처럼 Matrix기법은 정수(I~IV) 형태로 도출된 기후노출과 도시민감도의 결과를 역시 정수형태인 재해취약성 분석 결과로 표현하기 위하여 결과값을 비교·조정하는 과정이다. 하지만 종합재해취약성 결과 도출 과정에서 두 번이나 적용되는 Matrix 기법은 조정과정에서 최초의 값이 왜곡될 가

능성이 있다는 구조적 한계를 갖는다.

본 연구의 내용적 범위인 해수면 상승 재해는 매뉴얼 및 지침에 따라 Figure 3과 같은 변수를 사용하여 도시 기후변화 재해취약성 분석을 하도록 되어 있다.

3. 도시 기후변화 재해취약성 분석에 관한 선행연구

Ionescu et al.(2009)와 Füssel & Klein(2006)는 취약성을 확인하는 데 있어서 표준화된 평가와 비교 가능한 결과를 산출하게 하는 일반적인 방법론들이 부족하다는 점을 지적한 바 있다. 특히 Lissner et al.(2012)의 연구에서는, 취약성은 가능한 영향력들을 모두 고려하고 비교 가능한 상황들의 설명을 가능하도록 한다는 점에서 개념적으로는 강력하지만, 수학적 바탕의 관점에서 본다면 약한 개념이라고 보았다. 결과적으로, 다양한 방법론들을 적용하여 일관되지 못한 결과들을 산출하는 수많은 취약성 연구가 존재한다는 것이다.

우리나라의 경우도 기관별, 목적별로 다양한 취약성 분석 연구가 존재하며, 분석 도구에 대한 지표의 객관성과 유용성에 대한 논란이 끊이지 않고 있는 실정이다. Lee(2017)의 연구에서는 환경부가 제공하는 VESTAP (Vulnerability assessment tool to build climate change adaptation plan)에서 실질적 취약계층을 반영하지 못하는 등의 지표들에 대한 문제점을 제기하였다. 이를 개선하기 위해 지표를 삭제 및

수정하고 가중치 비율을 조정하여 폭염에 의한 건강 취약성을 평가하여 결과의 정합성을 확인하는 연구를 수행하였다. Kang & Lee(2012)의 연구에서도 기존의 기후변화 취약성 평가 연구들이 지표들의 통합 방법에 수학적 근거가 미약했다는 점을 지적하였다. 기후변화 취약성을 정량적으로 평가하는데 통일되고 합의된 방법론이 있는 것은 아니나 지표의 표준화, 통합방법은 이해하기 쉽고 과학적인 지식을 기반으로 결정될 필요가 있음을 강조하였고 그에 따라 퍼지 모형을 활용하여 홍수취약성을 평가하였다.

우리나라에서 법제화되어 제도로 도입된 도시 기후변화 재해취약성 분석은 제도의 시행역사가 비교적 짧은 편으로 다양한 측면의 연구가 이루어지지 않았으며, 제도의 시행 초기부터 분석 방법론 및 실제 적용에 따른 문제점이 지적되어 왔다. Kim et al.(2014)의 연구에서는 기후변화 재해취약성 분석에서 공간분석 단위에 의해 분석결과에 차이가 발생하는 공간단위 수정가능성의 문제(MAUP, Modifiable Areal Unit Problem)를 제기하면서 제도적 문제점과 개선방안을 도출하였다. 객관적인 등급산정을 위해서는 분석단위의 조정이 필요하며, 분석단위의 면적에 따라 분석결과가 달라지므로 점수산정방식의 조정 필요성을 언급하였고, 이와 더불어 최종등급 산정 과정에서 변수간의 영향력을 고려한 가중치 적용의 필요성을 설명하였다. Choi et al.(2014)의 연구에서는 기존의 취약성 분석이 기후변화에 의해 커지는 토사재해의 위험성을 고려하지 않는 실정임을 지적하면서, 토사재해를 분석의 항목으로 추가하여 기후변화에 따른 토사재해의 위험도를 고려할 수 있는 방안을 제시하였고, 또한 토사재해를 반영할 시 집계구의 공간분석 단위를 한계점으로 들었다.

Hong et al.(2015)는 기후변화 재해취약성 분석의 분석단위를 격자단위(100m×100m)로 변경한 분석결과를 기존의 방식과 비교분석하여 결과의 효율성을 검증하는 연구를 수행하였다. 현행 집계구 단위의 분석시 발생하는 과대분석결과 지역도출문제를 격자단위 분석을 통해 해소할 수 있으며, 1년 주기로 변경되는 집계구 경계 특성을 단일 위치 정보인 격자단위로 분석함으로써 장기적 결과 검토와 계획 활용지원

가능성에서 연구의 의의를 찾을 수 있다. Lee(2016)는 도시 기후변화 재해취약성 분석 제도정착 및 활성화 방안을 제시하면서 제도의 추진경위와 현황을 살펴보고 정책방안을 제안하였는데, 재해취약성 분석의 정확도 향상을 위한 분석지표 수정, 분석 공간단위 변경, 재해유형검토 등의 분석방법 고도화연구 추진에 관한 사항도 향후과제로 언급하고 있다.

폭우 재해를 대상으로 한 최근의 연구(Lee 2017)에서도 재해취약성 분석 매뉴얼에 제시된 분석은 공간단위, 재해취약성 등급, 기후적 요소의 조건에 따라 분석의 경향이 변화할 우려가 많고 분석방법에 따른 공간적 분포의 차이를 정량적으로 설명하고 있지 않아 분석결과에 대한 신뢰도가 비교적 낮은 것으로 판단하였다.

이상을 살펴보면 도시계획적인 접근을 통하여 재해에 대응하기 위한 도시 기후변화 재해취약성 분석의 의의와 필요성에는 대체로 공감하고 있으나, 제도가 도입된 초기의 재해취약성 분석에는 분석지표, 분석구조상의 문제, 대상재해, 공간분석단위 등 여러 가지 문제점을 내포하고 있는 것으로 나타났다. 이에 많은 연구자들이 여러 논의들을 지속적으로 제기하고 제도의 개선방향을 제시하는 등 도시 기후변화 재해취약성 분석 결과의 신뢰성 확보 및 효율적 활용을 위해 지속적으로 노력 중에 있다.

III. 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

연구의 범위는 크게 내용적 범위와 공간적 범위로 설정하였다. 먼저 내용적 범위는 재해취약성 분석 방

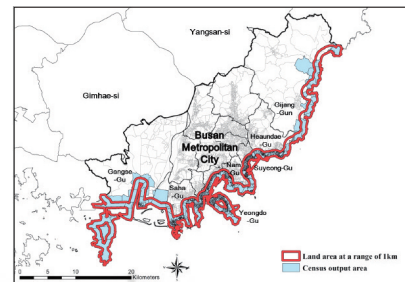


Figure 4. Study area and spatial range

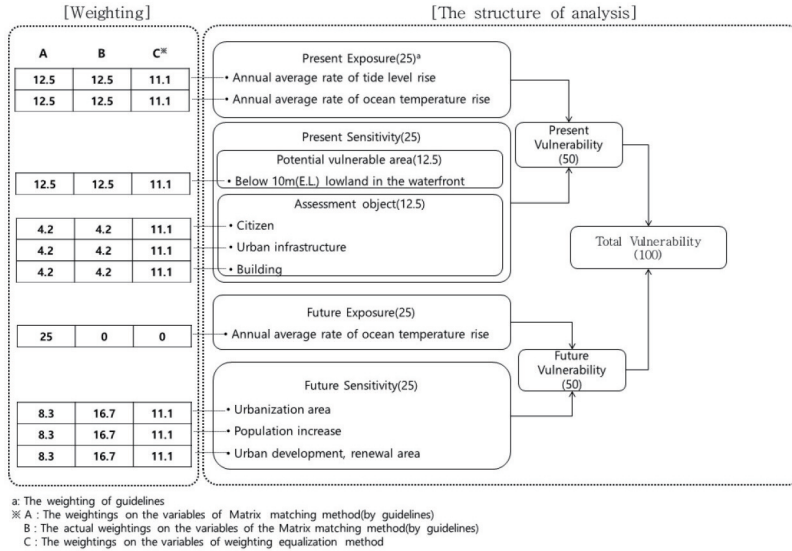


Figure 5. The problem of weighting in the structure of vulnerability analysis

법에서 다루는 6가지의 재해 유형 중에서 해수면 상승재해에 대한 기후변화 재해취약성 분석을 다룬다. 공간적 범위는 해수면 상승재해에 노출된 해안지역 중에서 가장 인구가 많이 분포하고 있는 지방자치단체인 부산광역시를 선정하였다. 분석단위로 사용하는 집계구는 지침에 따라 연안 해역으로부터 1km 범위 내의 집계구를 공간분석단위로 사용하였다. 대상지의 집계구는 총 1,190개소로 나타났으며, 대상지의 위치 및 분포는 Figure 4와 같다.

2. 연구의 방법

해수면 상승재해의 취약성분석 구조는 Figure 5와 같다. 그림 왼쪽은 변수들의 비중을 100이라고 가정하였을 때 현행 재해취약성 분석에서의 가중치(A)와, 조정을 통해 가중치를 평준화(C)하였을 때 각각의 분석방법에 따른 가중치의 차이를 나타내고 있다. 재해취약성 분석의 구조에서는 현재 취약성과 미래 취약성을 구성하는 지표들의 수에 따라 계산과정에서 의도치 않은 가중치가 부여되게 되고, 이로 인해 지표의 영향력이 과대평가되는 등의 문제점이 발생하게 된다(B). 즉, 지침 및 매뉴얼 상의 A방식에서는 모든 변수들이 투입되는 것을 가정하지만, 해수면 상승재해의 경우 실제 분석 수행시에는 미래 기후노출

의 변수 누락이 발생하여 가중치 적용에 차이가 발생하게 된다. 본 연구에서는 그림의 C 방식, 즉 가중치들을 모두 평준화하여 재해취약성 분석을 수행한 뒤, 기존의 B방식으로 수행한 분석 결과와의 비교를 통해 시사점을 도출한다.

IV. 도시 기후변화 재해취약성 분석 및 결과 고찰

1. 데이터 구축

연구대상지역에 해수면상승 재해취약성 분석을 위해서는 Figure 5와 같이 10개의 변수가 필요하며, 본 연구에서는 데이터를 제공하지 않는 연평균 해수온 상승률 데이터를 제외한 9개의 데이터를 구축하였다. 분석에 이용되는 지표들은 현재 시점(2016년)에서 획득 가능한 최근의 자료들을 활용하였다.

현재 기후노출 변수인 연평균 조위 상승률과 연평균 해수온 상승률은 국립해양조사원의 자료를 이용하였다. 관측소의 점 데이터로 제공되는 장기간 데이터는 대상지 및 인접 지자체의 관측 자료를 활용하여 공간보간법(interpolation)의 일종인 IDW (Inverse Distance Weight) 보간법을 실시하여 집계구별 기후노출값을 계산하였다. 취약인구(5세미만 65세 이상)

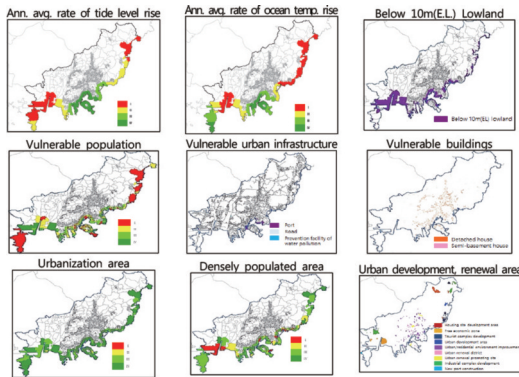


Figure 6. The construction of data for analysis

와 최근 10년간 증가 인구수는 통계지리정보서비스(SGIS, Statistical Geographic Information Service) 데이터를 활용하였다. 해안변 저지대지역(EL 10m 이하)과 취약도시기반시설, 취약건축물은 한국토지정보시스템(KLIS, Korea Land Information System) 데이터와 건축대장, 수치지도의 결합을 통하여 구축하였으며, 최근 10년간 시가지지역은 EGIS(환경공간정보서비스) 토지피복도를 활용하였다. 도시개발관련 개발예정지구는 관련 지방자치단체의 협조를 통하여 구축하였다.

지침에서 제공하는 방식에 따라 측정 단위가 서로 다른 지표 간 비교를 위하여 분석지표를 Z-score법을 이용하여 계산한 후, 지표값이 0~1사이에 분포하는 표준화지수(re-scaling)로 변환하여 집계구의 값을 산출하였다. 지표별 표준화지수를 활용하여 Figure 2의 취약성 분석구조에 따라 현재 기후노출, 현재 도시민감도, 미래 기후노출, 미래 도시민감도의 점수를 산정하였다. 분석구조에 따라 도출된 점수는 자연적 구분법(Jenks의 최적화 방법)을 활용하여 I~IV등급으로 구분하여 부여한 후, Figure 2의 Matrix 1에 따라 현재 취약성과 미래 취약성을 도출하였다. 도시종합재해취약성은 현재 취약성 등급과 미래 취약성 등급을 중첩하여 높은 등급을 반영(Matrix 2)하였다. 실질적인 도시종합 재해취약성 분석 결과는 분석결과를 바탕으로 현장조사 및 전문가 의견수렴 등의 절차를 거쳐 등급조정이 이루어지나, 본 연구에서는 분석방법에 대한 문제제기 및 개

선방안 제시가 목적이므로 등급조정 이전의 결과를 반영하였다. 연구를 위해 최종적으로 구축된 데이터 현황은 Figure 6와 같다.

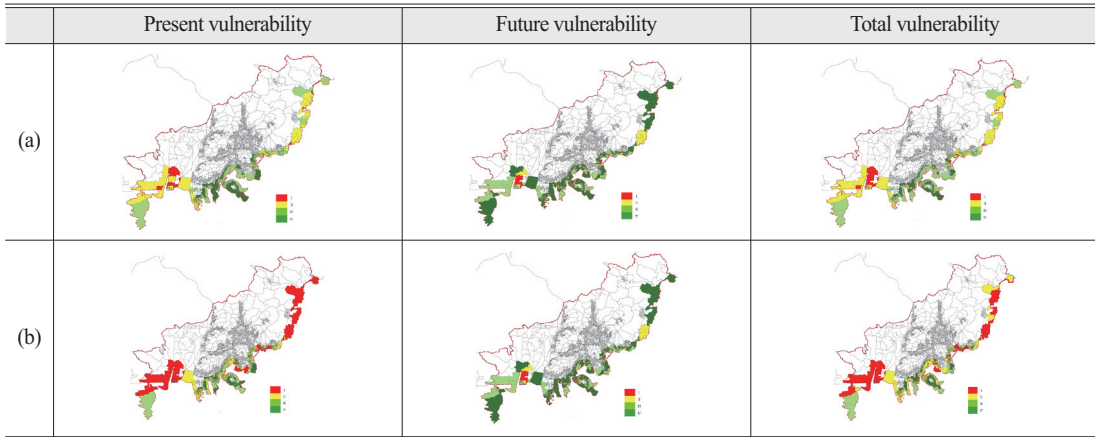
2. 분석 결과

Table 1와 Table 2는 지침방식에 따른 분석결과(a)와 가중치 평준화 방식에 따른 분석결과(b)를 정리한 것이다. 지침 방식에 따라 분석한 결과 전체 대상지의 절반인 50.2%가 재해취약성 I, II 등급(매우 취약, 취약)으로 나타났으며, 이들 지역은 강서구와 기장군, 해운대구 지역에 집중적으로 분포하고 있다. 재해취약지역 중에서 I 등급지역(8.6%)보다 II 등급지역(41.6%)이 월등히 높은 비율을 보이고 있는데, 이러한 결과는 현재 취약성의 결과값이 대부분 반영된 것으로, 미래 취약성에서 일부 지역의 지표값이 타 지역에 비해 월등히 높음으로 인해 Jenks의 최적화 방법론에서 재해취약지역이 최소한으로 도출된 결과가 반영된 것으로 판단된다.

지침 방식과 달리 모든 변수에 동일한 가중치를 적용하는 경우, 즉 가중치평준화 방식을 적용하였을 때는 결과가 다르게 나타났다. 가중치 평준화 방식에서 재해취약지역(재해취약성 I, II 등급)은 69.5%로 지침방식보다 약 19.38%가 증가하였고, 특히 II 등급지역은 12.4% 감소하였으나 I 등급지역이 31.7%로 대폭 증가한 것을 알 수 있다. 등급 변화지역을 살펴보면 지침 방식에서 재해취약지역 II 등급으로 나타난 강서구와 기장군, 해운대구 지역이 가중치 평준화 방식에서 I 등급지역으로 등급 상향된 지역이 다수 확인되었다. 또한 지침방식에서 상대적으로 덜 취약한 것으로 나타난 수영구와 남구지역의 III, IV 등급지역은 가중치평준화 방식으로 분석한 결과 재해취약지역은 I, II 등급으로 나타났다.

이러한 분석결과를 바탕으로 차이가 발생하는 원인을 살펴보고 그에 따른 시사점을 도출하면 다음의 세 가지로 정리할 수 있다. 첫째, 앞서 지적한 문제로 분석에서 사용되는 지표의 가중치 문제를 들 수 있다. 도시 기후변화 재해취약성 분석에서 다루는 재해 중 해수면상승 재해에서는 기상청에서 미래노출지표

Table 1. Comparison between the results of guideline and weighting equalization



※ (a)Method of guideline, (b)Method of weighting equalization

Table 2. Total Vulnerability of guideline and weighting equalization

Grade	(a)Method of guidelines			(b)Method of weighting equalization		
	Area(km ²)	Ratio(%)	The number of census output area	Area(km ²)	Ratio(%)	The number of census output area
I	14.54	8.6	137	68.29	40.3	182
II	70.59	41.6	223	49.41	29.2	352
III	66.17	39.1	485	36.40	21.5	312
IV	18.04	10.7	345	15.24	9.0	338
Total	169.34	100.0	1,190	169.34	100.0	1,190

인 연평균해수온상승률 예측치를 제공하고 있지 않는다는 이유로 분석에서 제외된다. 이로 인해 분석구조상 미래 취약성을 도출하는 과정에서 미래 도시민감도의 변수에 가중치가 과다하게 적용되는 문제점이 발생한다. 추후 연평균 해수온 상승률 예측치가 제공된다 하더라도 미래 도시민감도의 세 가지 지표와 미래노출 지표의 가중치가 같아져, 미래취약성 도출과정에서 미래 기후노출 변수의 가중치가 과다하게 적용된다. 현재 도시 민감도에서 도시취약구성요소의 세 가지 변수(취약인구, 취약도시기반시설, 취약건축물)와 잠재취약지역 변수간의 관계에서도 유사한 가중치 불균형이 발생한다. 본 연구에서는 기존 방식과의 비교를 위하여 가중치를 평준화하여 분석하였고, 기존 방식과 비교하였을 때 평준화 방식에서 취약지역이 더 넓게 나타나는 것을 확인하였다.

이는 등급구간 분류방법으로 적용한 자연적 구분법(Jenks의 최적화방법)이 데이터 값이 크게 변하는

구간을 기준으로 등급을 나누는 방식을 적용하기 때문에, 가중치가 과다하게 적용되는 변수가 등급구간의 중요한 기준으로 작용하는 구조에 기인한 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 적용한 사례와 같이 동일한 가중치로 평준화하는 방법이나 재해취약성 분석구조 내에서 변수의 가중치가 편중되지 않게 적용되도록 변수 조절이 필요할 것으로 보인다.

둘째, 분석과정에서 개발지역은 변수가 다중으로 적용되는 것으로 나타났다. 예를 들어 인구증가가 예상되는 대규모 택지개발지구는 물론이고, 대상지역과 같이 대규모 주택지 개발 행위가 이루어지지 않는 지역에서도 새로운 아파트 건설지역은 인구증가로 인해 최근 10년간 증가인구수 변수뿐만 아니라 취약인구 변수도 같이 증가하는 것으로 나타났다. 대규모 택지개발지구는 앞선 인구관련 변수뿐만 아니라 최근 10년간 시가화지역 변수 및 도시개발관련 개발 예정지구 변수에서도 다중으로 적용되었다.

이러한 현상은 첫 번째 원인인 가중치의 불균형 문제와 연계되어 있을 뿐만 아니라, 상대적으로 가중치가 높은 미래 기후노출에 다중으로 적용되면서 결과를 왜곡시키는 것으로 나타났다. 신규 개발지역은 상대적으로 방재시설을 고려하여 건설되는 경우가 많으나, 지침의 분석방식대로라면 변수가 다중으로 적용되어 위험지역으로 나타났다. 또한 주변지역과의 월등한 등급격차로 인하여 차후 등급조정 과정에서 연속성 저해 문제로 대부분 등급조정 대상이 될 수 있다. 따라서 변수들 간에 상관성이 있는 변수는 조정과정이 필요할 것으로 보인다.

셋째, 매트릭스를 통해 등급을 산정하는 과정에서 결과에 영향을 미칠 수도 있다. 매트릭스 매칭 과정은 두 단계에 걸쳐 적용되는데 이 과정에서 산정된 값들이 뭉쳐지면서 지표의 영향이 단계적으로 완화되는 것으로 판단된다. 특히 첫 번째 매트릭스 적용단계에서는 두 등급의 평균에서 소숫점 아래 내림을 적용하고, 두 번째 매트릭스 적용단계에서는 높은 등급을 반영하는 서로 상반된 조정과정에서 지표의 최초 값이 왜곡될 가능성이 매우 클 것으로 판단된다. 따라서 최초 변수 값이 최대한 반영될 수 있도록 일관적인 매트릭스 적용 방식이 필요한 것으로 판단된다.

III. 결론

본 연구에서는 현행 도시기후변화 재해취약성 분석의 실제 분석시 분석과정의 구조로 인해 가중치의 문제가 발생한다는 점을 문제로 제기하였다. 제도의 도입을 위해 전문가를 통해 도시 계획적 연관성이 높은 지표들이 선정되어 있는 상태라 하더라도 이러한 문제점은 분석구조에 기인하여 지표들의 실제 영향력이 제대로 반영되지 못한다는 결과를 낳는다. 따라서 본 연구에서는 변수들의 가중치를 조정하여 평준화시켰을 때 현 지침상의 분석결과와 차이가 발생하는지를 실증분석을 통해 검증하고자 하였다. 그 결과로 나타난 재해취약정도가 두 방식에서 차이가 있음을 확인하였으며 상대적으로 가중치 평준화 방식을 적용하였을 때 기존의 방식인 지침을 따를 때보다 재해취약지역이 더 넓게 나타났다.

이러한 결과는 분석의 구조적 문제뿐만 아니라 분석지표에 있어서도 개선이 필요함을 시사한다. 즉, 현행 지침상의 분석구조상 부여되는 가중치들은 실제 분석결과를 왜곡시킬 소지가 있으며 이러한 문제는 분석구조 때문이기도 하지만 분석지표의 누락과 중복에서도 발생하기 때문이다. 따라서 누락된 지표를 대체할 수 있는 대리지표의 선정이 우선적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 신규개발지역은 지표의 중복 적용으로 인하여 등급조정 과정에서 고려되는 경향이 강하므로 지표의 조정을 통한 분석방법의 수정이 요구된다. 또한 하나의 변수로 인한 변동이 커지는 것을 방지하기 위해 변수의 다양화가 필요하며, 변수간의 영향력도 함께 고려할 필요가 있다. 변수들의 객관성 여부도 꾸준히 제기되고 있는 문제이며, 이의 개선을 위해서는 앞서 선행연구에서 살펴본 바와 같이 분석방법의 과학적인 방법론 적용이 요구된다. 결과 왜곡의 원인이 될 수 있는 지표간 가중치를 부여하지 않고 합을 계산하거나, 전문가 AHP 조사를 기반으로 한 가중치 부여, 혹은 퍼지모형을 활용하는 사례를 예로 들 수 있다.

추가적으로 분석결과 등급조정과 관련하여 재해취약지역(재해취약성 I, II 등급)으로 상향이 고려되는 법정위험지구와 과거 피해지역, 저지대 침수지역 등 재해에 직접적인 영향 지역은 지역적 특성을 고려하여 취약성분석 이전에 우선 재해취약지역으로 분류하고 분석지표를 조정하는 절차가 추가된다면 분석지표뿐만 아니라 분석구조의 한계도 극복할 수 있을 것으로 보인다. 또한, 지침에서 도시 기후변화 재해취약성 분석 결과를 바탕으로 도시 종합 재해 취약성을 결정하는 과정에 현장조사를 통해 등급을 조정하도록 되어있다. 이때 현장조사 뿐만 아니라 현황특성을 반영할 수 있는 취약특성 분석결과를 반영하면 등급조정 결과의 정확도가 보다 향상될 것이며, 취약특성분석 수행을 위한 방법론과 가이드라인 제시가 선행된다면 효율적인 지역 맞춤형 결과 도출과 재해예방 도시계획 수립에 도움이 될 것이라 판단된다.

재해 예방형 도시계획 수립과정에서 재해취약성 분석결과를 사용하기 위해서는 분석방법에 대한 신뢰성 확보를 위한 신중한 검토가 필요하다. 도시 기

후변화 재해 취약성 분석은 이미 제도가 정립되어 있지만 향후 충분한 논의를 거쳐 지침을 조정해나갈 필요성이 있다. 본 연구에서 제시한 문제점 및 개선방안은 제도의 개선을 위하여 실증분석을 통한 기초적인 접근이었으며, 현 제도의 개선방안 도출을 위해서는 향후 분석결과 등급 차이에 대한 세밀한 검토와 차등 원인에 대한 심도 있는 연구와 함께 다양한 대안을 바탕으로 실증분석을 통한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 2016년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구지원사업의 지원을 받아 수행되었습니다(2015R1D1A1A01059446).

References

- Blunden J, Arndt DS. State of the Climate in 2015. Bulletin of the American Meteorological Society, 2016, 97(8): Si-S275.
- Choi JR, Jee YK, Park IC. 2014. A study on establishing methodology of integrated urban climate and disaster vulnerability assessment considering debris flow damage. J of Korean Soc. Hazard Mitig. 14(6): 185-192. [Korean Literature]
- DeConto RM, Pollard D. 2016. Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise. Nature. 531.7596: 591-597.
- Hong JJ, Lim HJ, Ham YH, Lee BJ. 2015. Grid unit based analysis of climate change driven disaster vulnerability in urban area. J of Korea Spatial Information Society. 23(6): 67-75. [Korean Literature]
- Ionescu C, Klein RJT, Hinkel J, Kumar KSK, Klein R. 2009. Towards a formal framework of vulnerability to climate change. Environ Model Assess. 14: 1-16.
- Kang JE, Lee MJ. 2012. Assessment of flood vulnerability to climate change using fuzzy model and GIS in Seoul. J of the Korean Association of Geographic Information Studies. 15(3): 119-136. [Korean Literature]
- Kim JS, Kim HY, Lee SH. 2014. A review on improvements of climate change vulnerability analysis methods: focusing on sea level rise disaster. J of the Korean Association of Geographic Information Studies. 17(1): 50-60. [Korean Literature]
- Lee BJ. 2016. The settlement and activation of the vulnerability analysis of climate change driven disaster in urban area. National Land Policy Brief. 575: 1-8. [Korean Literature]
- Lee TK. 2017. A study on improvement of climate change vulnerability index focused on heat wave. Master's Dissertation. Sejong University, Seoul. [Korean Literature]
- Lee WW. 2017. Relative assessment of disaster vulnerability analysis indicator from climate change of heavy rain. Master's Dissertation. Kumoh National Institute of Technology, Gumi. [Korean Literature]
- Lissner TK, Holsten A, Walther C, Kropp JP. 2012. Towards sectoral and standardised vulnerability assessments: the example of heatwave impacts on human health. Climate Change. 112: 687-708.
- National Urban Disaster Prevention Research Center. 2013. The manual for vulnerability analysis of urban climate change disaster (Ver.3.0). [Korean Literature]