홍수위험도 평가를 위한 격자단위 공간분석자료의 적용성 분석

Analysis of Applicability of Grid-based Spatial Analysis Data for Flood Risk Assessment

왕원준* · 김수전** · 김경탁*** · 이충기**** · 김형수*****

Wang, Won-joon*, Kim, Soojun**, Kim, Kyung Tak***, Lee, Choongke****, and Kim, Hung Soo*****

Abstract

The risk assessment techniques currently used in Korea have proven to have limitations as they provide flood risk assessments only. Although these assessment techniques comprehensively evaluate various factors such as wind and flood damage and social disruption, the administrative task-handling capacity is limited at the local government level. In this study, using electronic maps (which include building and road name addresses) and number of buildings in 31 cities and counties in Gyeonggi-do, only the statistical values located within the impact range of flood damage were extracted and evaluated for flood risk. The differences in statistical values resulting from data types were supplemented by the use of correction factors in the grid data. As a result of calculating the detailed index of each local government in Gyeonggi Province using the corrected grid data, the index was calculated in this order: Hwaseong, Yongin and Pyeongtaek. However, when the flood risk map and the number of overlapping buildings were used, the index was calculated in this revised order: Goyang City, Gwangmyeong City, and Gimpo City. This provided results that are more accurate than that of the existing methodologies.

Key words : Flood Risk, Flood Risk Assessment, Road Name Address Electronic Map, Number of Buildings Grid Data

요 지

현재 국내에서 사용하고 있는 위험도 평가 기법들은 지자체단위 풍수해, 사회재난, 행정업무 처리능력 등 다양한 요소들을 종합해서 평가하기 때문에 홍수위험에 대한 평가만을 보여주는 데 한계를 가지고 있다. 본 연구에서는 경기도 31개 시군별 도로명주소 전자지도(건물)와 건축물수 격자자료를 사용하여 침수피해 영향범위 내에 위치한 통계값만을 추출하여 홍수위험도 평가를 수행하였다. 자료 유형에 따라 발생하는 통계값의 차이는 격자자료에 보정계수를 적용하여 보완하였다. 보정된 건축물수 격자자료로 경기도 지자체별 세부지표 지수를 산정한 결과 단순히 건축물수를 통계자료를 사용했을 때에는 화성시, 용인시, 평택시 순으로 지수가 크게 산정되었다. 하지만, 홍수위험지도와 중첩된 건축물수를 사용했을 때에는 고양시, 광명시, 김포시 순으로 지수가 크게 산정되어 기존 방법론 대비 정확한 결과를 얻을 수 있었다.

핵심용어 : 홍수위험, 홍수위험도 평가, 도로명주소 전자지도, 건축물수 격자자료

*정회원, 인하대학교 토목공학과 박사과정(E-mail: makelest@naver.com)

Member, Doctor's Course, Department of Civil Engineering, Inha University

**교신저자, 정회원, 인하대학교 사회인프라공학과 조교수(Tel: +82-32-860-7563, Fax: +82-32-876-9787, E-mail: sk325@inha.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Inha University

***정회원, 한국건설기술연구원 연구위원, 공학박사

Member, Research Fellow, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

****정회원, 인하대학교 토목공학과 박사과정

Member, Doctor's Course, Department of Civil Engineering, Inha University

*****정회원, 인하대학교 사회인프라공학과 교수

Member, Professor, Department of Civil Engineering, Inha University

1. 서 론

최근 국내에서는 시간당 50 mm 이상, 1일 300 mm 이상의 집중호우 발생빈도가 급격하게 증가하고 있다. 실제로 국립기상과학원(NIMS, 2018)에서 연구한 내용에 따르면 1912년부터 2017년까지 국내에서 발생한 강수량은 10년 간격으로 16.3 mm씩 증가하고 있는 추세이다. 이런 상황에서 주거건물과 사회기반시설 등이 밀집되어 있는 도시지역에 홍수가 발생할 경우 인명 및 재산 피해는 기하급수적으로 커지게 된다. 이에 따라 행정안전부에서는 자연재해로 인한 피해를 저감하는 방재대책의 일환으로 지역안전지수와 지역안전도와 같은 지자체별 위험도 평가를 매년 실시하고 있다. 하지만, 지역안전지수는 교통사고, 범죄, 전염병 등 지자체 위험과 관련된 다양한 세부지표를 사용하여 도출된 지수이기 때문에 홍수위험과의 연관성이 적다. 지역안전도도 홍수뿐만 아니라 풍수해 전반에 걸친 평가가 이루어지고 있으며, 행정업무 수행능력 등도 평가에 반영되기 때문에 지자체별 홍수위험에 대한 방재역량 평가가 제대로 이루어지고 있는지에 대해 의문점을 가지고 있다. 따라서 타당성 있는 홍수위험도 평가가 이루어지기 위해선 관련 세부지표를 선별한 후 침수피해 영향범위에 들어오는 세부지표별 통계값만을 추출하여 평가에 반영할 필요가 있다.

국내에서 진행된 홍수위험도 평가 사례를 살펴보면, Kim et al. (2012)에서는 침수취약성 평가를 위해 평가항목을 기후, 수문지질, 사회경제, 방어로 구분하고, 강우빈도, 침수흔적도, 재정자립도 등 9가지 세부 지표를 선정하여 평가를 진행하였다. Kim et al. (2013)은 홍수 취약성에 대한 구성요소를 기후요인, 민감도, 적응도로 분류한 후 1일 최대강우량, 인구밀도, 재정자립도 등 15개의 대표변수를 선정하여 서울시 행정동별 홍수 취약성을 분석하였다. Lee et al. (2019)은 전국 228개 시군구를 대상으로 최근 20년간 재해연보에 기재된 과거 자연재난 발생횟수, 이재민수, 사망·실종자수 등을 위해성, 노출성 지표로 사용하였다. 또한 의료적 요인, 행정적 요인, 정책적 요인 등을 저감성 지표로 사용하여 자연재난에 대한 위험성 평가를 수행하였다. Han et al. (2015)에서는 강우, 태풍, 홍수범람으로 발생하는 복합위험요소에 대해 인천지역을 대상으로 재해위험지수를 산정하였다. 해당 지수는 위해성, 노출성, 취약성, 대응·복구성 요소로 구성되어 있으며, 도시지역의 재해위험도를 평가하는 방안을 제시하였다.

해외의 경우 Bollin et al. (2003)은 Community Based Indicator System을 구축하여 지역별 위험도를 평가하기 위한 4개의 항목(Hazard, Exposure, Vulnerability, Capacity & measures)과 47개의 세부지표를 사용하였다. 해당 방법론은 Caribbean handbook에서 제시한 Indicator Based Approach (IBA)와 동일한 방법론을 사용하여 지역별 상대적인 위험도를 평가할 수 있다. Dwyer et al. (2004)에서는 재난에 대한

발생확률, 재난 피해에 대한 노출 정도, 재난 대응 부족에 대한 특성을 각각 위해성, 노출성, 취약성 항목으로 구분하여 위험도 평가를 수행하였다. Flax et al. (2002)은 교통·통신 시설, 상하수도, 병원, 대피소 등 주요시설에 대한 재해 취약성 평가모형을 개발하여 재해영향 및 물리적 취약성을 추정하였다. 또한, 스코틀랜드 환경보호국(Scottish Environment Protection Agency, SEPA)에서는 National Flood Risk Assessment (NFRA)를 개발하였는데, 홍수위험지도 범위 내에 있는 사람, 경제, 문화유산 및 환경에 대한 지표별 통계값을 선별하여 1 km × 1 km 격자자료로 홍수위험도를 나타내었다(SEPA, 2002).

본 연구에서는 IBA 기반 Community Based Indicator System의 평가방법을 참고하여 4개의 평가 항목인 Hazard, Exposure, Vulnerability, Capacity 중 Exposure에 해당하는 건축물수를 대상으로 경기도 31개 시군별 세부지표 지수를 산정하였다. 지자체별 건축물수 산정은 2018년 11월 기준 도로명주소 전자지도(건물)의 건물 폴리곤 shp 파일과 국토통계지도에서 제공하는 500 m × 500 m 건축물수 격자자료를 사용하였다. 공간분석을 통해 지자체별 건축물수가 산정되면, 환경부의 국가하천, 행정안전부의 지방하천, 소하천 홍수위험지도를 사용하여 침수피해 영향범위에 들어오는 건물들을 추출한 후 건축물수에 대한 지수 산정에 최종 반영하였다. 국내 기존 연구에서는 재해에 대한 위험도를 평가할 때 통계청 및 재해연보의 통계자료, 지자체별 침수흔적도 면적 등 세부지표별 단순 통계값만을 사용하였다. 이 경우 선정된 세부지표들의 통계값이 실제 홍수위험도와 어느 정도의 연관성을 가지고 있는지 제대로 보여주지 못했다. 하지만 본 연구에서는 하천재해에 대한 홍수위험지도를 사용하여 침수피해 영향범위 안에 들어오는 통계값만을 선별해서 사용했기 때문에 기존 대비 지자체별 정확한 홍수위험도 평가가 가능하다는 차별점을 가지고 있다.

2. 홍수위험도 평가의 이론적 배경

2.1 공간분석자료 가공 및 전처리

과거에 건축물수, 총인구수와 같은 통계자료를 사용하여 공간분석을 수행할 때에는 구축된 자료의 해상도 문제에 행정경계, 유역경계, 집계구, 건물군 단위의 폴리곤 자료에 DB를 입력하여 분석을 진행하였다. 하지만, 기술이 발전함에 따라 인공위성 및 항공사진을 사용해 건물, 농경지 등을 객체단위 폴리곤으로 구현할 수 있게 되었고 관련 속성정보를 대상 객체 폴리곤에 매칭할 수 있게 되었다. 그중에서 건축물의 경우 구현하고자 하는 건물의 주소, 용도, 건물명, 건물층수(지상, 지하) 등의 입력데이터가 마련되면 건물별 위치를 주소를 이용해 포인트로 지도화(지오코딩)한다. 최종적으로 지오코딩을 통해서 건물별 DB가 입력된 포인트 자료가 만들어지면 사전에 구현한 객체단위 건물

폴리곤에 중첩여부 및 인접거리를 고려해 포인트의 데이터를 넘겨주면 도로명주소 전자지도와 같은 공간분석자료가 만들어진다.

최근 정부에서는 행정구역 단위로 집계되는 통계자료의 가공 및 활용의 어려움을 보완하고자 격자자료를 국토통계지도 형태로 가공하여 제공하고 있다. 해외에서도 EU에서는 1 km × 1 km GEOSTAT 인구밀도 지도를 2011년에 제작하여 모니터링 자료로 활용하고 있으며, 일본에서는 지역경제분석시스템(Regional Economy Society Analyzing System, RESAS)에서 인구수, 외국인 체류자수 등을 격자단위 자료로 구현하였다. 격자자료는 통계지표에 대한 원천자료를 가공하여 만들어 지는데 선행단계에서 통계자료의 유형(인구, 건물 등), 주소(구)주소, 도로명주소 등), 행정경계(법정경계, 용도지역 등) 등을 기준으로 구분하는 과정을 거친다. 분류가 완료되면, 단순 통계자료는 주소를 기준으로 지오코딩 하고, 폴리곤 자료는 포인트로 변환하여 1차원 공간분석 자료를 제작한다. 최종적으로 격자자료 생성 시 개별 격자 내에 위치한 통계지표별 포인트의 수를 합산하거나 격자별 속성데이터 값을 새로 산정하여 격자단위 통계지도를 구축한다. 격자자료는 원천 폴리곤자료와 달리 공간분석에 사용할 격자의 크기를 조절하여 작업의 부하가 줄일 수 있고, 행정경계에 구속 받지 않는 시계열 분석이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

2.2 홍수위험도 평가항목 및 세부지표

재난에 대한 위험도 평가 방법인 지표 기반의 Indicator Based Approach (IBA)에 대하여 살펴보면 선행 연구사례에서 언급한 Community Based Indicator System, 지역안전지수, 지역안전도 평가 외에도 홍수피해잠재능(Potential Flood Damage, PFD), 홍수피해지표(Flood Damage Index, FDI), 홍수취약성지수(Flood Vulnerability Index, FVI) 등과 같은 다양한 사례가 있다. 그중에서 본 연구에서 참고한 Community Based Indicator System은 Hazard, Exposure, Vulnerability, Capacity & measures와 같은 4가지 항목으로 구성되어 있다. Hazard 항목은 재해에 대한 위험요인을 나타내며, Exposure는 위험요인에 직접적으로 노출되는 자산, 인구 등의 세부지표를 포함한다. Vulnerability는 Exposure를 구성하는 세부지표와 연관된 취약성을 의미하며, Capacity는 피해 저감에 기여하는 지표로 구성되어 있다. 일반적으로 홍수위험도 평가에서는 항목을 구성하는 세부지표별 통계값을 표준화, 점수화 등의 방법론을 적용해 지수로 변환하고 가중치와 조합해 항목별 지수가 만들어 최종적으로 대상지역별 홍수위험도 평가지수를 산정한다. 본 연구에서는 Exposure 항목을 구성하는 세부지표인 건축물수를 연구 대상 지표로 선정하였고, 도로명주소 전자지도와 건축물수 격자자료, 홍수위험지도를 사용하여 세부지표 지수를 산정하였다.

3. 공간분석자료를 활용한 홍수위험도 평가

3.1 공간분석자료

3.1.1 도로명주소 전자지도(건물 폴리곤)

도로명주소 전자지도는 도로명주소 도움센터(<https://www.juso.go.kr/>)에서 제공하고 있는 공간분석자료로 기준 시점별 대상 행정구역 내에 존재하는 건물들이 객체단위로 구현되어 있다(Fig. 1). 또한, 건물에 대한 속성테이블에는 건물용도, 시군구, 읍면동, 번지, 건물명 등에 대한 정보가 기입되어 있다(Kim et al., 2019). 도로명주소 전자지도는 1개월 단위로 갱신된 자료가 shp 파일 형태로 개별 업로드 되어있기 때문에 자료신청을 통해 사용 가능하다.

Fig. 1. Road Name Address Electronic Map

3.1.2 건축물수 격자자료(그리드)

국토정보플랫폼(<http://map.ngii.go.kr/>)에서 제공하는 국토통계지도는 총인구수, 건축물수, 공시지가, 사용승인일 등 다양한 유형의 통계자료를 전국 지자체별 격자단위 공간분석자료(shp) 형태로 제공하고 있다. 제공하는 격자의 크기는 100 m, 250 m, 500 m, 1 km 등 다양하며, 본 연구에서는 격자단위 통계지도의 구현과 지자체별 통계값 산정에 필요한 작업 부하량을 고려하여 500 m × 500 m 건축물수 격자자료로 홍수위험도 평가를 수행하였다.

격자단위 공간분석자료는 행정구역 변화에 상관없이 시계열의 통계지표의 생산이 가능하고, 시도별 혹은 전국단위로 공간분석을 수행할 때 도로명주소 전자지도보다 작업 부하량이 적다는 장점을 가지고 있다. 아래 Fig. 2는 2018년 11월 기준 서울특별시의 건축물수에 대한 격자단위 통계지도를 나타낸 것이다. 건축물의 밀집도가 높은 지역의 격자는 붉은 색으로 표시하였으며, 낮은 지역은 초록색, 건축물이 존재하지 않은 지역의 격자는 회색으로 분류하였다. 격자단위 공간분석자료로 제작한 통계지도는 통계값의 크기에 따라 격자의 색을 다르게 지정해줄 수 있기 때문에 방재대책

Fig. 2. Grid Unit Statistic Map Showing the Number of Buildings in Each Grid Unit in Seoul

에 대한 담당자의 의사결정을 지원할 수 있다.

국토정보플랫폼에서 제공하는 건축물수 격자자료에 입력된 통계값은 도로명주소 전자지도와 건축물대장의 매칭 작업을 통해 얻어진다. 1차 매칭작업에선 도로명주소(상세주소 포함)를 기준으로 매칭하고 여기서 매칭되지 않은 건물은 2차 매칭에서 도로명주소(대표주소)로 매칭한다. 2차 매칭작업에서도 건축물 대장과 연계되지 않았다면 최종 매칭에서 지번정보(PNU)로 매칭을 시도하여 격자자료를 완성한다. 이러한 제작 과정을 거친 건축물수 격자자료는 도로명주소 전자지도 대비 통계값에서 차이가 발생할 수 있기 때문에 이를 보정해줄 필요가 있다.

3.2 행정구역별 자료 유형에 따른 건축물수

본 연구에서는 경기도 31개 시군별 건축물수를 산정할 때 도로명주소 전자지도와 건축물수 격자자료를 포인트

(point)로 변환하여 시군별 건물 포함여부를 판정하였다 (Fig. 3). 그 결과 2018년 11월 기준 경기도 31개 시군별 건축물 수는 Table 1과 같다.

분석해본 결과 모든 시군에서 도로명주소 전자지도로 산정한 결과가 건축물 격자자료를 사용한 것보다 건축물수가 크게 산정되었다. 성남시, 군포시의 경우 결과값의 비율 차이가 5% 이내이지만, 이천시, 양주시, 가평군은 100% 이상의 차이를 보였다. Fig. 3에서와 같이 건물의 시군별 소속여부를 포인트를 기준으로 판정하면 건물이 객체별로 구분된 도로명주소 전자지도는 행정경계를 기준으로 정확히 분할된다. 하지만, 격자자료의 경우 Fig. 3의 (b)에 표시된 A 격자와 같이 다른 지자체의 건축물도 포인트가 소속된 지자체의 건물로 일괄 판정된다. 본 연구에서는 이러한 특성들을 고려하여 두 공간분석자료의 차이를 보정해주기 위해 단순선형회귀분석을 적용하였다(Fig. 4, Table 2).

Fig. 4. Simple Linear Regression Analysis of the Number of Buildings

(a) Road name address electronic map

(b) Number of buildings grid map

Fig. 3. Determining Whether the Buildings are Included by Administrative District using Spatial Analysis Data

Table 1. Number of Buildings by Administrative District in Gyeonggi-do

Administrative District	Number of Buildings (Grid)	Number of Buildings (Road name)	Difference	Difference Ratio	Administrative District	Number of Buildings (Grid)	Number of Buildings (Road name)	Difference	Difference Ratio
Suwon-si	60,900	75,195	14,295	23%	Uiwang-si	6,537	9,245	2,708	41%
Seongnam-si	54,792	57,311	2,519	5%	Hanam-si	14,861	21,128	6,267	42%
Uijeongbu-si	23,214	34,319	11,105	48%	Yongin-si	63,933	98,145	34,212	54%
Anyang-si	22,567	29,192	6,625	29%	Paju-si	54,315	89,991	35,676	66%
Bucheon-si	35,211	45,846	10,635	30%	Icheon-si	37,154	78,742	41,588	112%
Gwangmyeong-si	13,180	16,293	3,113	24%	Anseong-si	41,184	65,435	24,251	59%
Pyeongtaek-si	61,704	102,182	40,478	66%	Gimpo-si	44,814	65,842	21,028	47%
Dongducheon-si	11,149	18,350	7,201	65%	Hwaseong-si	86,398	121,981	35,583	41%
Ansan-si	39,319	44,433	5,114	13%	Gwangju-si	42,767	55,443	12,676	30%
Goyang-si	56,196	78,698	22,502	40%	Yangju-si	27,521	61,954	34,433	125%
Gwacheon-si	2,598	5,147	2,549	98%	Pocheon-si	46,870	81,453	34,583	74%
Guri-si	9,951	13,136	3,185	32%	Yeoju-si	31,920	62,249	30,329	95%
Namyangju-si	49,895	68,821	18,926	38%	Yeoncheon-gun	14,966	27,780	12,814	86%
Osan-si	11,567	16,326	4,759	41%	Gapyeong-gun	22,562	50,544	27,982	124%
Siheung-si	26,467	38,554	12,087	46%	Yangpyeong-gun	40,517	70,076	29,559	73%
Gunpo-si	9,438	9,619	181	2%					

Table 2. Simple Linear Regression Analysis Result

Regression Equation	R^2	F	p	RMSE
$y = 1.4889x$	0.971	4.69336E-24	1.26793E-24	10,268

독립변수는 건축물수 격자자료(x축), 종속변수는 도로명주소 전자지도(y축), y절편은 0으로 설정한 결과 결정계수(R^2)가 0.971인 회귀식이 만들어졌다. 만들어진 회귀식은 Fig. 4와 같이 높은 적합도를 보였으며, 기존 건축물수 격자자료의 통계값에 회귀식을 적용했을 때 도로명주소 전자지도의 통계값과 차이가 감소했음을 확인하였다. 건축물수는 세부지표의 특성상 연도별 통계량의 변화가 크지 않기 때문에 경기도 시군을 대상으로 도로명주소 전자지도 대신 건축물수 격자자료를 사용하고자 한다면 회귀식을 사용한 통계값 보정이 가능하다.

3.3 행정구역별 침수피해 영향범위 내 건축물수

본 연구에서는 경기도 시군별 침수피해 영향범위 내에 위치한 건축물을 선별하기 위해 환경부와 행정안전부의 상위빈도 하천재해 홍수위험지도를 사용하였다. 건축물이 침수피해 영향범위 내에 들어오는 판정여부는 행정구역별 판정법과 마찬가지로 포인트의 포함여부를 기준으로 판정하였다. Fig. 5는 수도권 내에 위치한 국가하천, 지방하천, 소하천 홍수위험지도의 분포를 나타낸 것이며, Table 3은 경기도 31개 시군별 홍수위험지도와 중첩된 건축물수를 나타낸 것이다.

Fig. 5. Metropolitan Area Flood Risk Map Distribution

앞에서 경기도 31개 시군별 건축물수를 산정했을 때에는 모든 시군에서 도로명주소 전자지도의 통계값이 건축물 격자자료보다 크게 산정되었다. 하지만 홍수위험지도와 중첩된 건축물만 추출했을 경우에는 다른 결과가 도출되었는데, 부천시, 연천군, 안양시 등 7개의 시군에선 오히려 건축물 격자자료의 통계값이 도로명주소 전자지도보다 크게 산정되었다. 이러한 현상이 발생한 이유는 홍수위험지도와 중첩

Table 3. Number of Buildings Within the Impact Range of Flood Damage by Administrative District in Gyeonggi-do

Administrative District	Number of Buildings (Grid)	Number of Buildings (Road name)	Difference	Difference Ratio	Administrative District	Number of Buildings (Grid)	Number of Buildings (Road name)	Difference	Difference Ratio
Suwon-si	1,814	2,772	958	53%	Uiwang-si	133	240	107	80%
Seongnam-si	155	228	73	47%	Hanam-si	1,332	1,569	237	18%
Uijeongbu-si	702	1,922	1,220	174%	Yongin-si	2,904	6,610	3,706	128%
Anyang-si	1,208	911	-297	-25%	Paju-si	1,177	1,749	572	49%
Bucheon-si	557	275	-282	-51%	Icheon-si	4,717	6,607	1,890	40%
Gwangmyeong-si	5,874	5,570	-304	-5%	Anseong-si	5,328	7,557	2,229	42%
Pyeongtaek-si	3,890	4,174	284	7%	Gimpo-si	5,506	7,758	2,252	41%
Dongducheon-si	775	1,894	1,119	144%	Hwaseong-si	3,964	3,390	-574	-14%
Ansan-si	338	601	263	78%	Gwangju-si	2,637	3,671	1,034	39%
Goyang-si	10,575	14,928	4,353	41%	Yangju-si	1,576	4,141	2,565	163%
Gwacheon-si	144	567	423	294%	Pocheon-si	4,847	6,218	1,371	28%
Guri-si	1,927	2,598	671	35%	Yeoju-si	3,823	5,098	1,275	33%
Namyangju-si	3,473	6,307	2,834	82%	Yeoncheon-gun	167	99	-68	-41%
Osan-si	209	191	-18	-9%	Gapyeong-gun	2,112	6,839	4,727	224%
Siheung-si	246	609	363	148%	Yangpyeong-gun	3,493	7,309	3,816	109%
Gunpo-si	546	451	-95	-17%					

된 포인트만 추출한 결과 대상 지자체에서 소규모 포인트만 추출되었을 경우 격자별 포인트(중심점)의 중첩여부에 따라 산정되는 통계값의 차이가 크게 발생하기 때문이다. 침수피해 영향범위 내 건축물수 통계값의 차이를 보정해주기 위해 단순선형회귀분석을 적용한 결과는 Fig. 6, Table 4와 같다.

Fig. 6. Simple Linear Regression Analysis for the Number of Buildings Within the Impact Range of Flood Damage

Table 4. Simple Linear Regression Analysis Result (2)

Regression Equation	R^2	F	p	RMSE
$y = 1.4037x$	0.9337	7.80941E-19	3.13447E-19	1,268

먼저 진행했던 선형회귀분석과 동일한 조건 하에서 분석을 진행한 결과 결정계수(R^2)가 0.9337인 선형회귀식이 만들어졌다. 31개 시군 중 고양시의 경우 건축물수 통계값이 크게 산정되어 다른 시군들의 분포와 차이를 보이지만, Fig. 6에서 확인할 수 있듯이 회귀식의 적합도에 크게 영향을 주진 않았다. 경기도 시군에서 격자자료로 침수피해 영향범위 내 건축물수를 산정할 때에도 해당 회귀식을 통해 통계값을 보정할 수 있다.

3.4 세부지표(건축물수) 지수 비교분석

홍수위험도 평가에서 세부지표에 대한 지수를 산정하는 방법으로는 표준화, 구간별 점수화 등 다양한 방법론이 있다. 본 연구에서는 세부지표(건축물수) 지수의 정규성을 고려하여 Eq. (1)과 같이 도로명주소 전자지도와 격자자료에서 집계한 지자체별 건축물수 통계값을 root 변환 후 min-max 표준화를 적용하였다.

$$f(x) = \frac{\sqrt{x} - \min(\sqrt{x})}{\max(\sqrt{x}) - \min(\sqrt{x})} \quad (1)$$

min-max 표준화를 적용하여 산정한 지수는 0~1 사이의

값을 가지며, 산정된 지수를 기준으로 지자체별 홍수위험에 노출된 건축물수를 비교할 수 있다. Fig. 7은 지자체별 도로명 주소 전자지도와 건축물수 격자자료(보정계수 적용)의 건축물수를 표준화하여 통계지도로 나타낸 것이다. 또한 동일한 방법으로 침수피해 영향범위 내의 건축물수를 표준화하여 작성한 통계지도는 Fig. 8이다.

두 공간분석자료의 건축물수에 대한 표준화 지수를 산정한 결과 Fig. 7에서는 파주시, 가평군, 남양주시 등 일부 시군에서 차이를 보였으며, Fig. 8에서는 용인시, 양평군, 남양주시 등에서 차이가 발생하였다. 하지만 무엇보다 두드러지는 차이는 Fig. 7과 Fig. 8 사이의 비교에서 발생하는데,

단순히 대상 시군별 총 건축물수를 나타낸 Fig. 7과는 달리 Fig. 8에서는 홍수위험지도와 중첩된 건축물 수만 통계값에 반영했기 때문에 홍수위험이 높은 시군의 표준화 지수가 크게 산정된다. 즉 Fig. 7에서는 경기도 시군 중 건축물수가 많은 화성시, 용인시, 평택시 등에서 지수가 크게 산정된 반면, Fig. 8에서는 홍수위험에 노출된 건물이 많은 고양시, 포천시, 안성시 등의 지자체에서 지수가 크게 산정되었다. 본 연구에서 서로 다른 유형의 통계자료를 사용하여 도출된 결과를 비교했을 때 홍수위험지도와 중첩된 건축물수로 집계한 통계값이 홍수위험도를 평가하는데 더 타당성이 높음을 확인할 수 있었다.

Fig. 7. Comparison of Standardization Index for the Number of Buildings

Fig. 8. Comparison of Standardization Index for the Number of Buildings using Overlapped Flood Hazard Map

4. 결 론

전 지구적 기후변화의 영향으로 2020년에도 집중호우 및 태풍 피해가 크게 발생함에 따라 중앙정부 및 지자체에서는 홍수위험에 대한 관심이 높아지고 있다. 정부에서는 지자체별 재난에 대한 위험도를 평가하기 위해 지역안전지수, 지역안전도 평가 등을 시행하고 있지만, 홍수에 대한 위험도를 보여주는 데에는 여러 가지 보완점을 가지고 있다. 본 연구에서는 격자단위 공간분석자료와 홍수위험지도를 활용한 분석에서 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있었다.

첫째는 홍수위험도 평가에서 격자단위 공간분석자료의 유용함이다. 지자체별 건축물수 산정에서는 도로명주소 전자지도를 사용하는 것이 건축물수 격자자료보다 정확한 통계값 산정이 가능하지만 자료 가공 및 결과값 산정에 어려움이 크다. 예를 들어 본 연구에서 사용한 경기도 도로명주소 전자지도는 160만개 이상의 건물 폴리곤을 가지고 있는데 만약 연구범위를 서울특별시를 포함한 전국 지자체로 확대한다면 작업 난이도는 크게 상승한다. 반면 건축물수 격자자료는 도로명주소 전자지도 대비 자료가공 및 통계값 산정이 간편하고 통계지도를 작성하여 의사결정을 지원할 수 있기 때문에 홍수위험도 평가에 적합하다.

둘째는 침수피해 영향범위 내 통계값 사용의 타당성이다. 기존 홍수위험도 평가에서 사용하는 통계자료는 통계연보, 재해연보 등에서 얻은 통계값을 가공 없이 그대로 사용하기 때문에 홍수피해에 대한 연관성에 의문이 제기되어 왔다. 하지만 본 연구에서처럼 홍수위험지도와 격자자료를 사용하여 통계값을 선별하면 연도별로 홍수위험에 취약한 지자체를 평가하는 데 타당한 지표가 될 수 있다.

셋째는 도로명주소 전자지도와 건축물수 격자지도의 통계값 비교분석을 통해 오차를 보정할 회귀식을 발견한 점이다. 건축물수 격자지도는 도로명주소 전자지도 대비 자료의 가공 및 통계지도 작성에 유용하지만 격자자료가 가진 특성 때문에 동일한 기준 시점에서 실제 건축물수와 차이가 있다는 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구에서 제시한 경기도 시군별 보정계수를 적용하면 격자단위 통계값의 오차를 보정할 수 있다.

본 연구에서는 IBA 평가방법을 기준으로 Exposure 항목에 해당하는 건축물수를 대상으로 경기도 지자체별 홍수위험도 평가를 수행하였다. 하지만, 현재 국토정보플랫폼에서는 건축물수 외에도 총인구수, 공시지가, 유아·고령 인구수 등 다양한 시군구별 통계값을 격자자료 형태로 제공하고 있다. 이를 응용하여 추후 연구에서 홍수위험도를 Hazard, Exposure, Vulnerability, Capacity 항목으로 구성하고 격자자료를 활용한 지자체별 홍수위험도를 평가한다면 더 나은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원

으로 수행되었음(과제번호 20AWMP-B121100-05).

References

- Bollin, C., Cárdenas, C., Hahn, H., and Vatsa, K.S. (2003). *Disaster risk management by communities and local governments*. Washington D.C.: Inter-American Development Bank. Retrieved from <https://publications.iadb.org/handle/11319/4642>
- Dwyer, A., Zoppou, C., Nielsen, O., Day, S., and Roberts, S. (2004). *Quantifying social vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards*. Geoscience Australia Record 2004/14, Department of Industry, Tourism and Resources, Australian Government.
- Flax, L.K., Jackson, R.W., and Stein, D.N. (2002). Community vulnerability assessment tool methodology. *Natural Hazard Review*, Vol. 3, No. 4, pp. 163-176.
- Han, S.R., Kang, N.R., and Lee, C.S. (2015). Disaster risk evaluation for urban areas under composite hazard factors. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 15, No. 3, pp. 33-43.
- Kim, G., Kim, K., Kim, D., and Park, S. (2019). A study on construction of building inventory map using road name address map and registered building data. *Proceedings of KSCE 2019 Convention*, pp. 133-134.
- Kim, J.S., Sung, H.H., and Choi, G.Y. (2013). Spatial patterns of urban flood vulnerability in Seoul. *Journal of the Korean Association of Regional Geographers*, Vol. 19, No. 4, pp. 615-626.
- Kim, S.S., Jeong, G.S., Lee, J.W., Park, Y.J., and Kim, E.M. (2012). Inundation vulnerability map generation for storm-flood disaster vulnerability assessment. *Proceedings of 2012 Annual Conference*, Korean Society of Civil Engineers, pp. 415-418.
- Lee, J.M., Kim, S.W., and Kim, Y.S. (2019). Natural disaster risk assessment in local governments for estimating disaster management resources. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 19, No. 1, pp. 331-340.
- National Institute of Meteorological Sciences (NIMS). (2018). *100 years of climate change on the Korean Peninsula*.
- Scottish Environment Protection Agency (SEPA). (2002). *National flood risk assessment methodology*.

Received	October 8, 2020
Revised	October 12, 2020
Accepted	October 15, 2020