

# 방재형 국토관리를 위한 GIS의 활용

김 계 현 (인하대학교 공과대학 지리정보공학과 부교수)

## 1. 서론

근래에 들어 정부에서는 홍수를 비롯한 각종 재해로부터 국민의 재산과 생명을 보호하고 국토의 효율적 개발과 보존을 위한 방재형 국토관리의 구현을 위하여 노력하고 있다. 이를 위하여 연구개발사업의 실시와 함께 일부 지역을 대상으로 시범사업을 벌이고 있으며, 관련 사업의 지속적인 추진을 위한 예산 확보에 노력을 기울이고 있는 실정이다. 이러한 방재형 국토관리에 있어서 우선적으로 필요한 것은 적정 방재 대책을 제시하기 위한 의사결정을 지원할 수 있는 시스템의 구축이라 할 수 있다. 이러한 의사결정지원시스템은 국토 전반에 걸쳐 지형을 근간으로 세부적인 재해 관련 정보를 구축하고 재해의 유형별 위험도를 지역별로 분석하여 실제 재해의 상황에 대비한 다양한 피해 시나리오를 분석할 수 있어야 한다. 따라서 이러한 시스템의 구축은 XY나 XYZ의 지형공간상의 위치를 기반으로 구축되는 지형이나 도로, 하천, 행정구역 등의 도형정보에 지역별 홍수 침수위, 인구밀도, 건물 현황 등의 관련 속성정보를 혼합하여 분석할 수 있는 지리정보시스템(Geographical Information System)기술을 기반으로 하는 것이 필수적이다. 본 논문에서는 이러한 GIS 기술을 기반으로 선진 외국에서의 재해관리 사례를 살펴보고 우리나라에 있어서 GIS 기반의 방재형 국토관리를 위한 추진 현황을 살펴보고자 한다.

## 2. 해외 GIS 기반의 재난관리 현황

### 1) 미국

#### ① FEMA의 방재관리용 GIS DB

미국의 연방재난관리국(FEMA)에서는 재난에 의한 피해 예측 및 효율적인 방재를 위한 의사결정지원에 GIS의 활용이 매우 높은 실정이다. GIS 관련 자료의 제작과 공급, 관리를 위하여 지도제작분석센터(MAC-GIS; Geographic Information System's Mapping and Analysis Center)를 설립하였으며, MAC-GIS에서는 다양한 방재 관련 GIS 데이터의 제공(표 1)과 함께 침수위 분석을 포함한 모델링의 지원과 피해산정자료 등을 포함하는 다양한 용도의 관련 자료를 제공하고 있다.

제공되는 주요 GIS 수치지도의 형태는 일반적으로 재난의 발생에서부터 진행과정에 보다 효율적으로 대처하기 위하여 개략적인 정보에서부터 세부적인 정보를 제공하는 계층구조의 수치지도를 제작하여 공급하고 있다. 이러한 계층구조의 수치지도는 사전재난지도(pre-disaster map)와 초기단계지도(introductory map), 이단계지도(secondary map) 및 삼단계지도(tertiary map) 등으로 분류된다. 사전재난지도는 1:500,000에서 1,000,000의 소축척의 지도로서 전반적인 허리케인이나 열대폭풍우가 육지에 도달하기 이전부터 궤도를 추적하여 모니터링하기 위한 용도의 지도로서 육지에 근접할수록 관련 모형을 이용하여 예상 상륙지역, 피해 지역의 범위를 예측하기 위하여 사용된다. 이와 함께 피해 대상지역의 인구 및 건물 상태, 도시 개발상태 등을 GIS DB로부터 추출하여 피해액을 산정하는데 사용된다. 사전재난지도

에서 제공되는 세부적인 정보로는 허리케인의 세부적인 위치, 이동 경로, 향후 예상 이동 경로, 각 도달지점의 일자와 시간, 지도의 제작 시기 등을 나타낸다. 주요 사용자로는 FEMA의 관리와 주요 정부부처의 관리자 등을 들 수 있다.

초기단계의 지도는 1:500,000에서 1:300,000 정도

의 중축척의 지도로서 주로 피해 대상지역의 주(state) 단위의 행정구역, 댐의 위치, 주요 하천, 주요 시설물 위치, 근접한 주의 현황 등을 보여주며, 주로 허리케인에 의한 신속한 대처와 피해를 최소화 하기 위한 대안의 수립에 사용된다. 이단계지도는 1:250,000에서 1:100,000정도의 초기단계지도보다는 대축척의 지도

표 1. FEMA의 국가방재관리를 위한 기본 GIS DB 내역

데이터 유형	세부 데이터 내역	데이터 유형	세부 데이터 내역
Atlas Data	US city centroids US atlas roads US atlas states	Facilities	Airports DOT highway bridges Federally administered lands Hospitals within the US Midwest historical buildings & landmarks
Atlas Water Body Data	US atlas streams US atlas water bodies US atlas water body lines	FEMA Compiled Data	Damage assessment Disaster-related unemployment claims Helpline calls Housing inspections Service center applicants Teleregistrants
Boundary Data	Block group centroids Congressional districts County boundaries Ocean boundary files	State Extract Data	State housing extract State population extract
Census Block Group Data	1990 census housing type&value block group 1990 census Housing by year built by block group 1990 census income demographics by block group 1990 census language demigraphics by block group 1990 census people demographics by block group	Street Data	County areas County cities County points County streets County water
County Data	County boundaries County housing extracts of year built County languages extract County population, housing, and income extracts County totals of facilities	Utilities	Natural gas pipelines Nuclear plants by plant Nuclear plants by reactor locations Public water supply plants Sewer treatment plants
Experimental Data	Super fund sites Toxic release inventory sites		

로서 주로 피해지역의 시군 현황을 보여주는 것으로 거리구획별 인구, 시 경계, 고속도로와 주요 도로 현황, 주요 하천, 호수, 철도망, 세부 도로망, 시설물의 위치, 재난구조센터 등의 위치를 나타내며, 도시내의 피해관리 및 인구 밀집 지역 등의 파악을 위하여 사용된다. 삼단계지도는 1:50,000에서 1:25,000의 가장 대축척지도로서 구조 요청자의 세부적 위치 파악과 함께 구조의 용도로서 주로 사용되는 지도이다. 따라서 다른 지도에 비하여 세부적인 도로망의 표시와 함께 건물의 상세 위치 등이 표시되어 세부적인 지형정보의 제공이 가능하다.

② FEMA의 홍수위험지도

이와 함께 FEMA에서는 보다 효율적인 방재형 국토관리를 위하여 홍수위험지도(Flood hazard map)를 구축하여 제공하고 있다(그림 1). 이는 1950년대에서 60년대에 발생한 일련의 대홍수가 계기가 되어

연방정부에서 시행하는 홍수보험을 위한 것으로서 자연재해 관련 전세계적으로 유일하게 국가에서 주관하는 공영보험의 형태를 취하고 있다. 홍수위험지도의 제작을 위하여는 우선적으로 홍수 재해 대상지역의 재해범위가 확정되면 100년 빈도 홍수위를 결정하기 위한 홍수위험도 조사를 시행하게 된다. 조사는 매우 세부적인 지형데이터를 기반으로 범용적인 GIS 개발 도구인 Arcview를 이용하여 지형모델링을 거쳐 하천의 중심선, 좌우하천의 경계, 제방 및 하천단면을 이용하여 수문학적 분석과 수리학적 분석을 거쳐 홍수위험도를 산정하게 된다. 현재 홍수범람지의 경계 작성을 위하여 공식적으로 HEC-RAS와 HEC2 등을 사용하고 있으며, 홍수위는 50년과 100년, 500년 빈도를 제시하게 되며, 100년 홍수위를 기본홍수위로 사용한다. 이러한 분석의 결과로서 나타난 대상지역의 홍수위험도를 홍수재해계수로 표현하여 홍수위험 지도에 표현하게 되며, 토지나 건물의 구입시에 홍수

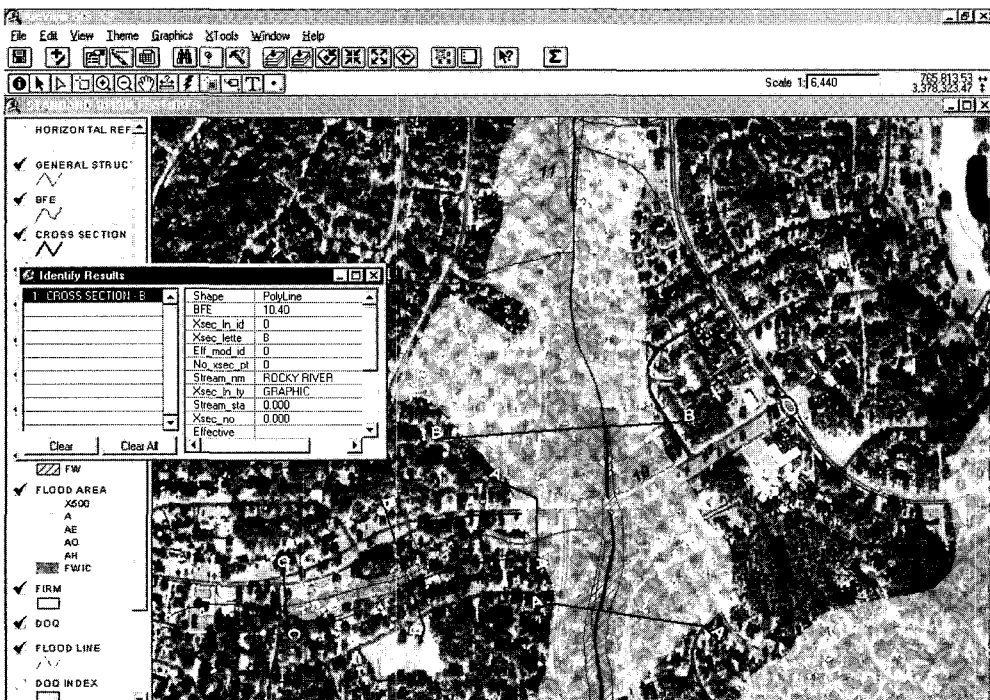


그림 1. 홍수발생빈도별 침수지역을 위성영상과 중첩한 FEMA의 홍수위험지도

위험에 대비한 보험료의 산정에 활용하고 있다.

현재 FEMA에서는 10개의 지역 사무소를 중심으로 외부 업체와 함께 홍수위험지도를 제작하여 공급 중이며, 홍수의 피해에 대비하여 What-if 시나리오를 다양하게 분석하고 있다. 현재 미국 전체 지역의 1/3인 3,200여 county에 대하여 홍수위험지도가 제작되었다. 이러한 홍수위험지도의 제작을 위하여 사용되는 데이터는 모두 GIS 기반의 지형데이터가 주를 이루며 GIS와 수문수리모형의 연계를 기반으로 홍수위험분석을 거치게 된다. FEMA에서는 보다 정확도 높은 홍수위험 분석을 위한 정밀한 표고데이터의 구축을 위하여 LIDAR 등의 신기술을 활용하여 원격탐사기술과 연계된 지형DB의 구축을 추진중이다.

### ③ USGS의 재난관리센터

FEMA와 함께 미국지질조사소(United States Geological Survey)의 국가재난정보센터(Center for Integrated National Hazard Information)에서는 실시간 기반의 운용 가능한 재해 정보의 제공과 함께 재해를 예측하고 피해를 최소화하기 위한 연구개발을 수행중이다. 주요 대상 재해로는 화산, 홍수, 산사태, 해저지진 등을 포함하며, 현재 재해 관련 기반정보 구축을 추진중이다.

CINHI에서 다루어진 재해의 사례로는 혼두라스의 허리케인 Mitch를 예로 들 수 있으며, 허리케인에 의한 피해 및 사후 복구를 위한 과정을 Arc/View S/W 기반의 시스템을 이용하여 분석되었다. 이 경우에 실시간 유량관측을 통한 매우 불안정한 강어귀의 침식 등에 관한 분석이 수반되었다. 여기에 사용된 원시데이터로는 인공위성 영상과 항공사진 등을 들 수 있으며, 수치표고자료로는 30미터의 수치정사자료(Digital Ortho Quad)가 사용되었다. 30미터 해상력이 재해 관리 목적으로는 충분치 못한 관계로 보다 정확도 높은 DEM의 제공을 위한 방안을 연구중이며, FEMA와 함께 LIDAR와 같은 신기술을 이용한 일미터 간격의 DEM자료 구축을 추진중이다.

## 2) 일본

일본에서는 건설성을 중심으로 홍수나 토사재해, 지진해일(tsunami) 등의 자연재해에 의한 피해를 최소화하고 주민의 방재의식을 고취시키기 위하여 홍수 침수실적도와 홍수범람위험구역도, 토사재해위험구역도 등의 위험지도를 제작하여 활용중이다. 이러한 일본의 홍수위험지도는 미국의 홍수위험지도와는 개념이 조금 상이한 것으로 홍수보험료의 산정보다는 홍수 위험을 주민들에게 알리고 방재대책을 수립하며 실제 상황발생시에는 피난활동에도 활용할 수 있도록 침수나 피난 관련 정보 등을 알기 쉽게 지도상에 표시한 것이다(표 2). 따라서 주로 수방계획이나 지역방재계획 등의 수립이나 피난유도, 구조 등 방재활동에 활용되며, 침수위험도를 근거로 한 토지이용이나 건축양식, 비상시 필요한 물품의 준비 등 홍수 발생시의 피해경감을 위한 사전 방재활동을 위한 활용이 주요 제작 목적이다.

이러한 홍수위험지도는 시군구의 촌장의 주도하에 관련 전문가와 주민 대표, 하천관리자, 방재담당자, 수방관계자들로 구성된 검토위원회에서 제작된다. 홍수위험지도에 포함되는 주요 정보에는 GIS 기반의 1:2,500 이상의 대축척 지형정보와 과거의 재해실적의 시뮬레이션을 통하여 설정된 재해위험구역, 예상되는 피해의 정도를 지표로서 나타낸 재해위험도, 위험구역을 제외한 학교나 회관 등의 공공시설, 혹은 민간시설을 이용한 피난장소 등이 포함된다. 아울러 피난장소에 도달하기 위한 피난경로와 주요 위험개소, 재해 실적 등도 나타난다(그림 2).

건설성에서는 홍수피해지도의 작성요령이 배포된 이후 작성 경험을 토대로 1997년에 하천정보센터에서 홍수위험지도의 작성요령 해설과 운용을 개정하여 발행하였다. 이러한 개정의 주요 배경은 기존의 하천개수 등의 구조적 대책을 통한 홍수피해의 경감에서 보다 위기관리 의식의 형성이나 관측과 경계체계의 정비, 지역주민과의 밀접한 정보전달과 피난체계의 확립 등을 통한 비구조적인 방안을 통한 피해의 감소

학술 기사

에 주요 목적이 있다. 1994년에는 11개소의 시정촌, 95년도에는 18개소, 96년 12월말에는 20개소에 달

표 2. 일본 홍수위험지도의 주요 용도

비교 항목	피난활용형	방재정보형	재해학습용
활용 목적	수해시 안전, 적절, 확실한 피난행동	(평상시) • 적정 토지이용 • 내수건축의 검토 (수해시) • 피난, 피난 유도 • 구호 및 복구 활동	평상시의 재해학습과 재해의식의 고양
주요 정보	피난구역 피난장소 피난경로상의 위험장소 피난시 마음가짐 침수 실적 등	홍수범람위험구역 침수실적 피난장소 피난경로상의 위험장소 병원, 수방시설 등	수해의 발생구조 홍수위험성, 피해 내용 기상정보, 하천 정비현황 침수예상, 침수실적 수해발생시 마음가짐 등
지도의 성격	수해시 피난정보를 중심으로 간결하게 작성	평상시 수해대책, 피난, 복구활동 등에 활용	학교에서 재해교육에 활용할 책자 형태의 지도
대상 범위	피난범위 또는 지자체	피난 범위 또는 지자체	지자체 전역
지도 축척	1:2,500 - 1:10,000	1:2,500 - 1:10,000	1:10,000 - 1:25,000

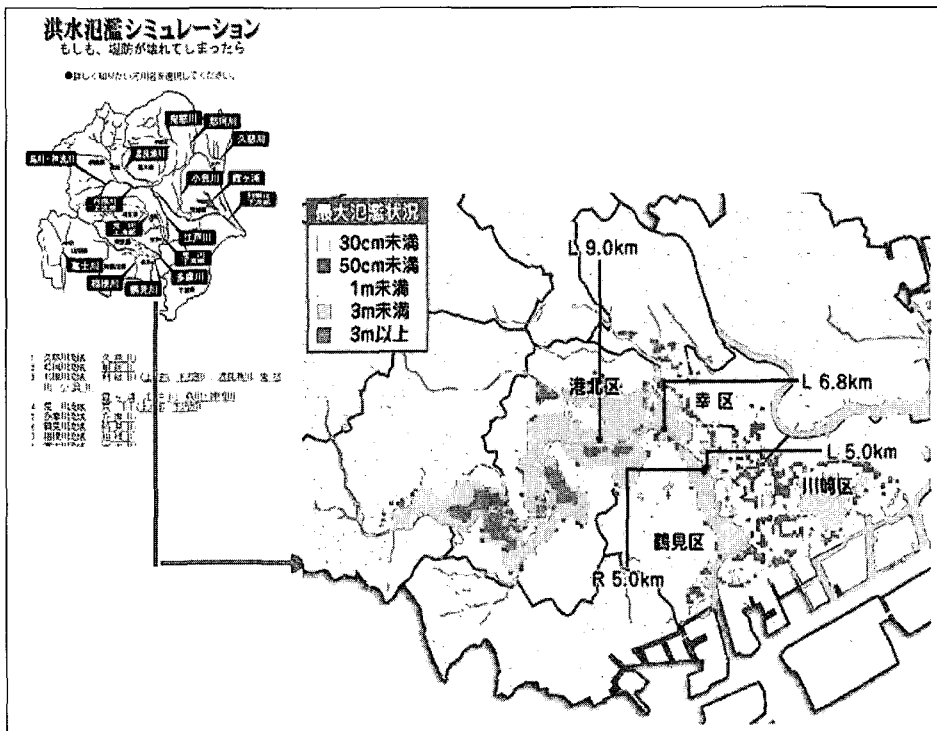


그림 2. 일본의 홍수위험지도

하는 시정촌에 대하여 홍수위험지도가 작성되었다.

### 3. 국내 현황

#### 1) 방재연구소와 수자원공사의 추진 현황

국내에서는 아직 미국이나 일본에 비하여 체계적이고 광범위한 방재 목적의 활용을 위한 위험지도나 자료의 제공은 이루어지지 못한 실정이다. 최근에 들어 수해로 인한 피해를 최소화 하기 위한 시범사업의 추진과 함께 필요한 시스템이 시범적으로 구축되고 있으며, 관련 연구도 산 학 연의 전문가를 중심으로 수행중이다. 국립방재연구소의 방재연구실에서는 서울의 광진구를 대상으로 84년과 87년, 90년과 98년의 홍수를 대상으로 홍수정보관리시스템을 설계하여 시범구축하였다. 본 연구에서는 대상 지역에 대한 과

거 홍수실적자료를 기반으로 제반정보를 구축하여 침수구역의 경계 설정 및 연도별 침수 면적의 산정, 침수구역내 병원 등의 공공기관과 주요 시설물의 검색, 침수로 인한 재산 피해의 산정, 구나 동 등의 행정구역별 가옥 침수 현황 등이 제공되도록 하였다(그림 3). 이러한 정보의 제공과 관리를 통하여 주민의 의식 고취와 함께 다양한 재해정보의 제공으로 재산과 인명 피해를 경감시키는데 활용이 가능하도록 하였다.

이와 함께 한국수자원공사에서는 수자원연구소를 중심으로 미국과 일본의 홍수위험지도 구축 사례를 연구하여 국내에 적합한 홍수위험지도를 구축하기 위하여 홍수침수위 분석을 위한 모형의 개발을 추진하고 있다. 아울러 모형의 개발을 지원하기 위한 GIS 데이터베이스 구축 방법 및 GIS 관련 자료의 표준화를 통한 방재 관련 정보의 활용 극대화 방안, 홍수위험지도의 시범제작을 위한 시범시스템의 구축을 위한 연구를 추진중이다.

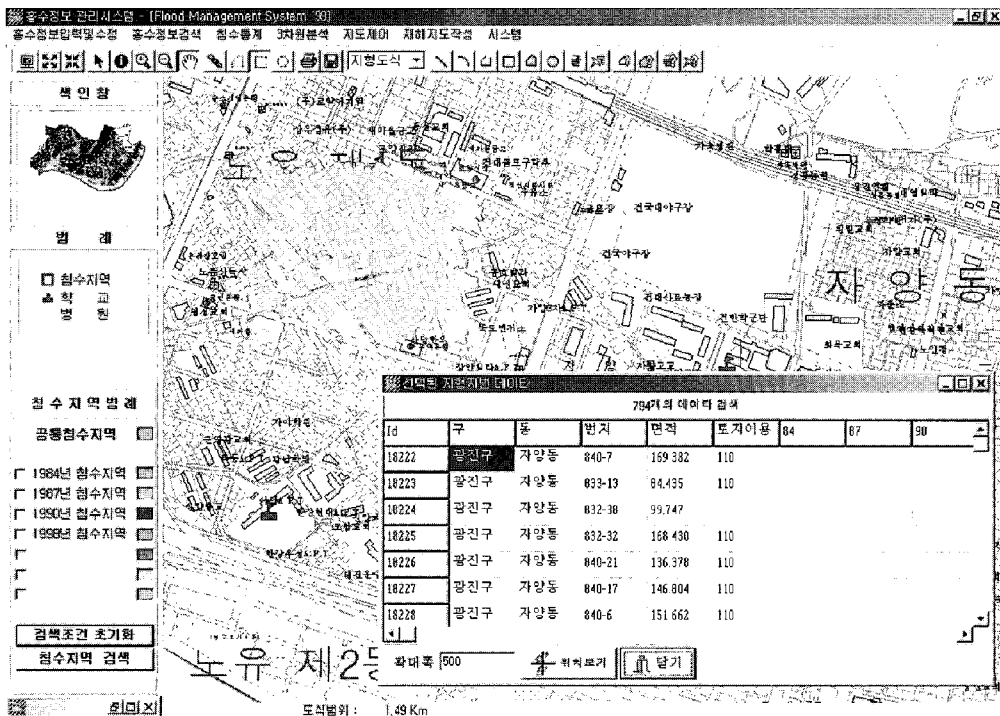


그림 3. 방재연구소에서 구축한 광진구일대의 홍수재해지도

## 2) NGIS 사업의 추진에 따른 국가방재인프라의 구축

95년도부터 시작된 건설교통부 주관의 국가 GIS(NGIS)구축사업에서는 국가적 차원의 방재관리에 필요한 다양한 수치지도 형태의 주제도를 구축하여 제공하고 있다. 일단계 NGIS사업('95-'00)에서는 1:5,000, 1:25,000, 1:50,000의 수치지형도 제작사업이 완료되었으며, 1:1,000의 수치지형도는 현재 67개 시가지에 대하여 구축이 완료된 실정이다. 수치지형도 이외에도 토지이용현황도와 토양도, 해도 등의 일부 주제도가 구축되었으며, 이와 함께 GIS의 원활한 활용을 위한 관련 기술개발과 표준화 제정이 이루어졌다.

이단계 NGIS사업('01-'05)에서는 일단계에서 구축된 수치지형도 사업을 바탕으로 보다 다양한 주제도 사업이 이루어 질 전망이다. 수치지형도의 주기적인 갱신도 이루어 질 예정이다. 이와 함께 공간데이터 유통기구(Spatial Data Warehouse)도 정립이 되어 국가적 차원의 원활한 GIS데이터의 공급과 활용이 이루어 질 예정이다. 따라서 향후 방재형 국토관리를 위한 가장 근간이 되는 지형데이터 등이 수치데이터의 형태로 공급되고, 관련 주제도가 수치화 됨에 따라 보다 용이한 방재형 국토관리가 이루어 질 전망이다.

## 4. 결론

본 글에서는 각종 재해에 신속한 대처를 통하여 국민의 생명과 재산을 보호하고, 복지국가를 실현하기 위하여 수치화된 지도자료의 저장과 분석을 통한 효율적인 의사결정 지원할 수 있는 GIS기반의 방재형 국토관리에 대하여 언급하였다. 방재에 있어서 우선

적으로 필요시 되는 것은 수치화된 자료이며 이러한 자료의 효율적 구축과 활용을 파악하기 위하여 해외 GIS 기반의 방재사례와 국내의 관련 추진 현황을 살펴보았다.

해외의 경우 벡터기반의 지도자료와 광역성과 현시성, 주기성을 가진 인공위성 영상과 항공사진 등을 연계하여 보다 현실적인 공간자료로 이루어진 데이터베이스를 기반으로 정확도 높은 홍수피해 예측이 가능한 모델을 사용하여 위험지도 등을 제작하여 효율적인 방재를 구현하는 실정이다.

국내에서도 이러한 현실성 있는 공간데이터베이스를 기반으로 보다 정확도 높은 홍수위험지도 등의 제공을 통한 방재를 위하여는 국내 지형에 적합한 홍수위험도 분석이 가능한 모형의 개발과 함께 이러한 모형의 운용을 위한 제반 GIS 자료가 구축되어야 한다. 모형의 개발을 위하여는 도시지역과 농촌지역 등 지역별 홍수위 분석이 가능한 모델연구가 지속적으로 추진되어야 한다.

이와 함께 이러한 모형의 운용을 위한 제반 GIS데이터의 구축에 많은 비용이 소요되는 것을 고려시 보다 효율적인 지형데이터와 주제도의 구축방법론이 정립되어야 한다. 이를 위하여는 기존에 추진중인 NGIS사업의 결과물을 최대한 활용하기 위한 방안이 연구되어야 한다. 아울러 광역시를 비롯한 규모가 큰 지자체에서 주민의 복지 향상 차원에서 추진되고 있는 도시정보화(Urban Information System)사업에서 구축되고 있는 도로망도와 상하수도를 비롯한 관련 지하시설물도 데이터베이스의 방재목적에 활용방안도 고려되어야 한다. 아울러 GIS데이터베이스와 홍수위험분석모형 등을 효율적으로 연계하여 지역별 홍수정보의 관리와 함께 홍수위험지도를 제작할 수 있는 시스템을 구축하기 위한 연구도 활발히 추진되어야 하리라 사료된다.