풍수해 피해예측시스템 운용 지원방향 연구

A Study on the Support Strategy for Operating the Storm and Flood Damage Prediction System

박성제* · 박주이** · 유시생*** · 김우영****

Park, Sungje*, Park, Jui**, Ryu, Sisaeng***, and Kim, Wooyoung****

Abstract

Recently, as the frequency of storm and flood damage due to climate change has increased, a prediction system for flood damage utilized as a disaster response has been actively discussed. Therefore, this study suggests a support strategy for an operating system that derives key elements of the damage prediction system, reviews the legal basis of the technology development, and suggests improvement in the legal system to support system utilization and operation. The key elements can present the direction for R&D research and investment, which can be used to prioritize the technology development strategy when establishing the disaster prevention policy. An effective damage prediction system operation can be supported by developing a damage prediction technology and improving related laws.

Key words : Storm and Flood Damage, Damage Prediction System, Damage Prediction System Technology, Disaster Management, Legal System

요 지

기후변화로 인한 풍수해의 발생빈도가 증가함에 따라, 풍수해 피해예측시스템을 구축하여 재난대응에 활용하고자 하는 방안이 활발하게 논의되고 있다. 본 연구는 풍수해 피해예측시스템의 구축과 활용·촉진을 위한 시스템 운용 지원방향을 제시하고자 한다. 이를 위하여 피해예측시스템 구축의 핵심요소를 도출하였으며, 기술개발의 법적 근거를 검토하고 시스템 운용을 지원하기 위한 법제도의 개선방향을 제시하였다. 도출한 피해예측기술 핵심요소는 재난분야 R&D 연구 및 투자 방향성을 제시하며, 방재정책 수립 시 기술개발 전략 우선순위 선정에 활용이 가능하다. 이를 바탕으로 피해예측기술을 개발하고 관련 법·제도를 개선함으로써 효과적인 피해예측시스템 운용을 지원할 수 있다.

핵심용어 : 풍수해, 피해예측시스템, 피해예측기술, 재해관리, 법제도

1. 서 론

최근 기후변화의 영향으로 태풍과 국지성 집중호우가 빈번하게 발생함에 따라, 풍수해로 인한 인명 및 재산피해가 증가하고 있다. 최근 10년간 발생한 호우·태풍 등으로 인한 피해액은 5조원 이상이고 복구비용은 피해액의 2배에 달한

다(Ministry of the Interior and Safety, 2017). 이에 국가차원에서 재해정보 기본통계 정비하고 풍수해 피해예측시스템을 구축하여야 할 필요성이 대두되었다. 풍수해 피해예측시스템을 통해 정확한 피해규모를 산정함으로써, 풍수해 저감을 위한 예방·대비·대응·복구의 단계별 방재정책 수립할 필요가 있다.

*교신저자, 정회원, 미래자원연구원 연구개발본부장(Tel: +82-70-8290-7681, Fax: +82-2-3281-0427, E-mail: psungje@gmail.com)

Corresponding Author, Member, Ph.D. Director, Future Resources Institute

**미래자원연구원 전임연구원(E-mail: parkjui92@gmail.com)

Research Associate, Center for Resources Management, Future Resources Institute

***미래자원연구원 원장(E-mail: sisaeng@gmail.com)

Ph.D. President, Future Resources Institute

****미래자원연구원 전임연구원(E-mail: kwyng94@gmail.com)

Research Associate, Center for Technology Policy, Future Resources Institute

한편, 미국의 경우에는 국토안보부 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency: FEMA)에서 지진, 허리케인, 바람 및 홍수 등으로 인한 잠재적 손실을 예측하는 HAZUS-MH (이하 HAZUS)시스템을 개발하여 재난관리에 활용하고 있다. HAZUS는 취약성 지표 및 재해 매개 변수를 이용하여 지진 및 허리케인의 손실을 평가하기 위한 시스템으로 타 시스템에 비해 피해목적물 항목별 피해함수 및 직·간접 피해산정 방법론 등이 구축되어있다(Lowther, 2008). HAZUS를 통해 산출된 재해정보는 정부차원의 의사 결정, 침수저감계획 및 정책개발, 비상사태 대비·대응 및 복구 계획을 위한 기초자료로서 활용되고 있다(Han, 2016).

국내 풍수해 피해예측기술 및 시스템 관련 연구로는 Ryang et al. (2008) 등이 홍수범람피해예측을 통한 풍수해 피해예측시스템 프로토타입을 제시하였으며 Yu and An (2013)은 HAZUS의 국내 적용성을 검토하여 국내 실정에 맞는 손상함수 및 피해목적물 DB구축의 필요성을 제시하였다. 또한, Jang et al. (2016)은 국외 풍수해 피해예측시스템을 조사하고 국내 실정에 맞는 시스템 개발을 위한 전략을 제시하였다. Lee et al. (2015)은 풍수해 위험도 평가시스템을 이용한 피해규모예측 및 분석을 통해 과학적인 피해저감 대책수립의 기틀을 마련하고 풍수해저감종합계획 수립 시 의사결정지원 도구로서 활용할 수 있을 것이라 하였다.

기존의 선행연구는 풍수해 피해예측시스템 개발의 필요성 및 방향성 제시에 초점을 맞추고 있어 시스템 활용에 관한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 피해예측시스템의 구축과 활용·촉진을 위하여 기술개발 및 시스템 운용 지원방향을 제시하고자 한다.

2. 풍수해 피해예측기술의 발전단계

풍수해 피해예측기술은 재해발생빈도가 증가함에 따라 관측 및 통계기술이 발달하면서 발전하게 되었다. 즉, 재난피해 대비를 위한 관측기술과 피해 자료의 누적을 통한 관련 통계기술 발달 등으로 발전하였다. 컴퓨터 등의 기술발전은 분석기술의 발달과 관측 자료의 전산화 및 수치화에도 영향을 미쳤으며, 정밀한 수치 모형 개발, 지도제작 등이 가능해졌다. 이후 컴퓨팅기술의 고도화로 데이터 분석기술 및 알고리즘 개발이 촉진되면서 풍수해 예측 및 분석기술도 더욱 발달하게 되었다. 따라서 풍수해 피해예측기술의 발전단계를 정리하면 Fig. 1과 같다.

이러한 발전단계에 따라 관련 연구동향을 살펴보면, 2005년 이전에는 주로 풍수해 요인의 영향력 및 피해예측 정확성을 분석하여, 과거 피해 자료를 바탕으로 재해위험을 평가하고 재해를 예측하는 연구가 주를 이루었다. 2006년에 접어들며 풍수해 예측의 불확실성을 감소하고 피해예측을 정량화하기 위한 수리모형을 사용하기 시작하였다. 그리고 최근까지 GIS, 위성영상 및 IT 기반 시스템의 활용, 피해함수 모델간

의 연계 등 다양한 기술을 활용하여 풍수해를 예측하는 연구가 진행 중인 것으로 조사되었다. 국내의 경우 한국형 도시방재 예측모형 개발, 과학적 피해원인 조사기법 개발 등 과학적 수해관리를 통해 반복피해를 방지하기 위한 중장기 연구를 진행 하고 있다. 세계적으로도 과학 기술을 융합하여 재난 위험도 및 재난 취약성을 평가하려는 연구가 활발하다. 최근에는 피해저감 및 복구 능력 등을 종합적으로 고려한 복원력(Resilience) 개념을 도입하여 취약성 및 적응력 분석을 수행하는 등의 연구의 필요성이 대두되고 있다.

Fig. 1. Development Stages of Storm and Flood Damage Prediction Technology

3. 풍수해 피해예측시스템 핵심요소 도출

3.1 피해예측시스템 기술정보

대표적인 자연재난 피해예측시스템은 미국의 HAZUS, 일본의 DIS (Disaster Information System), 대만의 TELES (Taiwan Earthquake Loss)가 있다. 이중에서도 가장 많이 사용되고 있는 미국의 HAZUS와 국내에서 개발 중인 피해예측시스템의 기술정보를 비교분석함으로써 공통적인 사항을 피해예측기술개발의 핵심요소로서 도출하였다.

미국의 HAZUS 프로그램은 미국 연방재난관리청(FEMA)이 재난관리와 공공안전을 위하여 재해위험평가시스템으로서 개발하였으며, 재난재해 예측정보 및 재해지도를 산출함으로써 정부차원의 의사결정, 침수저감계획 및 정책 개발 등에 활용되고 있다. HAZUS는 인벤토리모듈, 재난모듈, 피해-손실모형기반 분석모듈, 재해지도 표출 및 Reporting 모듈로 구성되어 있다(FEMA, 2015). HAZUS의 주요 모듈 개발을 위하여 요구되는 기술요소로는 인벤토리모듈의 피해목적물 구축을 위한 데이터관리시스템의 연계와 데이터 호출, 피해목적물 및 함수 자동업데이트, 2D/3D 베이스맵 표출을 위한 GIS기술 등이 있다. 침수심 평가를 위하여 요구되는 기반 및 응용기술은 유역의 수계망계산, 빈도-유량 회귀식 기반 각 수계의 첨두유량(Peak discharge)산출 및 보정기술 등이 있다. 분석모듈에서는 손상·손실함수의 적용과 계산 및 분석하는 기술이 요구되며 Hazard Map 모듈에서는 GIS기반 풍수해예측지도 작성기술 및 POI (Point of

Interest) 표출기술 등이 필요한 것으로 분석되었다.

한편, 현재 연구개발 중인 국내 풍수해 피해예측시스템은 행정안전부 및 지자체 재난담당자의 풍수해 대비·대응 업무에 활용 가능한 웹시스템과 풍수해 예방업무를 지원하는 배포프로그램으로 구성되어 있다. 웹시스템은 호우피해 예측, 재해통계기반 피해예측으로 구분되며 각각 사전예측, 피해액예측, 피해예측정보표출, 각종 사용자편의기능 및 의사결정 지원기능을 포함한다. 또한 전국 호우피해예측현황 및 재해통계기반 피해예측현황, 피해액 예측결과, 침수심별 침수예상구역, 호우관리지역, 풍수해 위험지구 등 정보 제공 및 상황전파메시지 등의 기능이 있다. 배포프로그램은 지자체 재난담당자의 풍수해 예방업무 지원 프로그램으로서 침수피해예측프로그램과 피해액예측프로그램으로 구분된다. 전자는 빈도별 침수예상구역 정보를 제공하고 후자는 시나리오기반 침수피해액 정보, 사용자 설정 시뮬레이션 기반 침수피해액 예측정보, 유속을 고려한 유실피해 예측정보를 제공하여 경제성평가 및 방재산업 우선순위선정에 활용할 수 있도록 설계되었다(Ministry of Public Safety and Security, 2016).

이와 유사한 국내의 시스템으로는 도시홍수관리시스템과 내배수시설 유지관리시스템 등이 있다. 도시홍수관리시스템은 레이더강우 합성영상, 예측강우영상, 누적강우, 침수예상도, 도시홍수 정보 현황 등의 정보를 제공하고 있다. 내배수시설 유지관리시스템은 실시간 모니터링, 수리·수문 해석 등의 모듈이 유사하다고 볼 수 있다.

이러한 시스템을 정리하면, HAZUS는 홍수, 지진, 강풍, 허리케인 재해에 관한 위험도를 평가하며 국내 피해예측시스템은 호우, 태풍, 대설, 풍랑 등의 피해예측 및 재해위험도를 산정한다. 미국과 국내의 피해목적물 분류체계와 강우패턴 및 기상요소, 재난유형 등은 재난발생 매커니즘이 다르기 때문에, 두 시스템은 기능의 차이가 있으나, 전체적인 프레임워크는 유사한 것으로 분석되었다. 두 시스템은 피해예측 분석모듈 개발을 위하여 요구되는 관련 재해통계 DB구축, 재난유형별 피해예측 및 위험도평가 기술이 공통적인 필수요건인 것으로 분석되었다. 또한, 취약성 평가를 위한 직·간접피해 평가항목 기반 손실·손상함수 개발과 데이터 연계를 위한 컴퓨팅기술 및 GIS분석기술 등이 필수적인 것으로 분석되었다(Ministry of Government Legislation, 2013).

3.2 전문가 설문조사¹⁾

전문가 설문조사 결과, 풍수해 피해예측기술 발전단계별 핵심 기술요소로서 지도(맵핑기술), 하천홍수해석(HEC-RAS), HAZUS 개발 등 재해정보의 가공 및 산출기술이 중요하다는

응답(25.0%)이 가장 많았으며 다음으로 DB구축(19.4%)이 많았다. 이 외에도 재해 특성 알고리즘 및 피해예측기법의 개발이 중요하다는 응답(11.1%)과 GIS 등의 컴퓨팅기술과 모형분석 및 예·경보시스템 발달, 해당분야 전문가 육성 등의 의견도 있었다.

한편 풍수해 유형별로 피해예측기술의 핵심이 되는 기술 요소에 대한 설문에 대해서는 다음과 같은 의견이 있었다. 호우는 모형개발, 피해예측 함수개발 등 피해발생 위험지역 추정에 적용 가능한 기술들이 언급 되었으며, 실시간 자료 및 DEM, 건물 현황 등 발생지역 정보에 대한 DB구축이 중요한 것으로 나타났다. 풍랑은 규모예측이 가장 중요하다는 의견이 많았으며, 상습피해지역의 기상요소 조합, 피해액 산출 등이 중요하다는 의견이 있었다. 태풍부분에서 핵심이 되는 기술은 피해예측 및 경로파악 알고리즘개발이라는 의견이 가장 많았다. 강풍의 경우에는 바람의 방향, 강도 등과 관련된 바람 해석 기술이 핵심요소라는 의견이 많았다. 대설은 적설량 및 적설하중 예측기술, 피해액 산출, DB구축 등이 핵심요소인 것으로 조사되었다.

3.3 시스템 구축 및 활성화 방향

상기의 내용을 종합하여 풍수해 피해예측시스템 구축을 위한 핵심요소로서 ① 피해함수(모형)의 개발, ② 지리정보시스템의 활용, ③ 컴퓨팅기술의 고도화, ④ 실시간 관측기술의 4가지를 도출하였다(Table 1). 이러한 핵심요소는 시스템 구축 및 활성화를 위한 기술개발 전략수립에 활용할 수 있다. 또한 향후 재난분야 R&D 연구 및 투자 방향성 설정 시에 중점적으로 고려하여야 할 사항이다.

첫 번째 핵심요소는 피해함수(모형)개발로서, 직·간접 피해 손실 및 손상함수, 풍수해 유형별 모형개발, 취약성 분석 등과 관련된 기술을 말한다. 대표적으로 홍수량 산정을 위한 수문분석 모형, 홍수위 계산을 위한 수리분석 모형 등이 있다. 홍수량 산정모형은 도심지의 경우 SWMM 모형이 가장 활발하게 적용되고 있으며 산지, 농경지 등의 미개발지는 HEC-HMS와 같은 집중형 모형을 사용하는 것이 일반적이다. 수리해석 모형으로는 1차원 모형인 HEC-RAS, FLDWAV, NETWORK 등이 있으며, 2차원 모형인 RMA, CCHE2D FLUMEN, DHM 모형 등이 있다. 이러한 피해함수(모형)의 개발은 피해예측시스템 구축을 위한 사전단계로서 피해함수(모형)의 정확도 및 신뢰도가 전체 피해예측시스템에 영향을 미치기 때문에 신뢰성 있는 피해함수 및 모형개발이 중요하다. 더불어 국내 여건에 적합한 피해함수의 개발이 필요하며 각 함수의 개발목적에 따른 평가 및 검증기술 개발이 요구된다. 이때, 피해함수개발 및 검증을 위한 기초자료로서 과거 재해이력과 직·간접적 손실·손상정보 등이 필요하다. 따라서 풍수해 피해예측시스템은 신뢰성 있는 재해통계자료를 기본으로 구축된 체계적인 재해정보기본통계시스템과의 연계가 중요한 요소다.

1) 본 연구에서는 2016년 8월, 풍수해 피해예측기술 개발(자연재해예측 및 저감연구개발사업) 연구진을 대상으로 풍수해 피해예측기술 핵심요소 도출과 관련하여, ①풍수해 피해예측기술 발전단계별 핵심기술요소, ②풍수해 유형별 핵심기술 요소에 대한 설문을 진행하였다.

두 번째 핵심요소는 지리정보시스템(GIS)과의 연계기술로, 피해예측지도 작성, GIS기반 피해상황시물레이션, 취약성 평가 및 분석 등이 해당된다. GIS를 활용하면 위험성 평가 및 취약성 평가를 위한 모델링, 데이터 융합 및 분석 등이 가능하며, 이를 통해 풍수해 피해예측지도를 작성할 수 있다. 또한, 통계자료 및 속성정보(보험료, 인구수 등)의 지리정보화를 통해 풍수해 피해예측 및 피해액 산정에 활용하는 정보의 생산도 가능하다. 따라서 풍수해 피해예측기술의 고도화 및 피해예측시스템 활용촉진을 위하여 GIS기반기술의 확보가 중요하다. 「안전혁신 마스터플랜」(15년)에서도 정보통신기술(ICT)과 국가지리공간정보(GIS)를 활용한 ‘과학적 재난예방 강화’를 강조하기도 하였다.

세 번째 핵심요소는 컴퓨팅기술로서 데이터 연계 및 Open API 연계기술, 풍수해 피해예측시스템 및 배포프로그램 개발, 피해예측현황 관련 보고서 Reporting기술, 상황전파 메신저 연계기술 등이 해당된다. 컴퓨터의 발전은 풍수해를 비롯한 각종 자연재해 데이터의 전산화·수치화를 촉진하였으며 재해 분석기술의 발달에 핵심적인 역할을 하였다. 빠르고 효율적인 재해정보 업데이트와 프린트 및 화면 출력의 편리성 때문에 시스템과 사용자 사이의 상호작용을 원활해졌고 이는 프로그램의 사용을 더욱 용이하게 함으로써 피해예측기술의 다각적 활용에 기여하였다. 컴퓨팅기술을 기반으로 지리정보시스템, 인공위성자료, 온라인 데이터베이스 등 정보 과학 기술과의 융합을 통해 피해예측기술의 고도화 및 예측의 정확성을 지속적으로 확보하여야 한다. 특히, 최근의 빅데이터 기반 클라우드 컴퓨팅 기술은 기관별로 산재되어 있는 재난 관련 시스템의 방대한 정보를 연계 및 통합시킨다. 이를 통해 재난취약요인 분석 및 사전대비와 예방사업에 활용가능하기 때문에, 풍수해를 비롯한 각종 재해재난 관리를 위하여 컴퓨팅기술의 역할은 더욱 중요해질 것이다.

네 번째 핵심요소는 실시간관측기술로서 인공위성 및 UAV 기반 풍수해 모니터링기술, 유역별 강우량사전예측기술 등이 해당된다. 최근에는 실시간 모니터링 시스템을 연계한 수문예측모형의 개발도 이루어지고 있다. 풍수해 피해예측을 위하여 정확한 기상예측 및 사전 예측시간 확보는 중요한 부분이다. 국내 피해예측시스템은 호우의 경우 전국을 대상으로 현재시각으로 1시간부터 최대 6시간까지의 사전예측을 목표로 하고 있다. 그 외 재난(호우·태풍, 풍랑, 대설)의 경우 전국 228개의 시군구를 대상으로 1일부터 최대 7일까지의 사전예측을 목표로 하고 있다. AWS의 개발은 실시간 기상 측정뿐만 아니라 데이터연산, 저장, 표출 등의 일련의 과정을 자동 처리할 수 있게 하였다. 따라서 자동기상관측장비의 고도화를 통한 사전예측시간 축소와 CCTV, 인공위성, UAV (Unmanned Aerial Vehicle) 등을 활용한 실시간 관측 및 모니터링기술에 대한 지속적인 개발과 투자가 필요하다.

Table 1. Key Factors of the Damage Prediction System

Key Factors	Details
Damage Model Development	<ul style="list-style-type: none"> • Direct/indirect damage loss function • Flood volume calculation model • Hydraulic analysis model • Disaster Cause Model / Damage Model / Predictive Model by Type
GIS	<ul style="list-style-type: none"> • Prediction of storm damage • Simulation of GIS-based storm damage • Flood risk / vulnerability assessment
Computing	<ul style="list-style-type: none"> • Data / Open API linkage technology • Development of deployment programs • Reporting & Visualizing function • Cloud computing technology (including situation spread messenger)
Real-Time Monitoring Technology	<ul style="list-style-type: none"> • Satellite-based storm surge monitoring • UAV based monitoring • Precipitation prediction (automatic weather observation equipment: AWS)

4. 풍수해 피해예측시스템 운용 지원방향

상기에서 도출한 핵심요소를 기반으로 풍수해 피해예측시스템이 구축되면, 관련 법·제도의 정비를 통해 시스템 운용을 지원할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 풍수해 피해예측기술 개발 관련 법령을 검토하고 시스템 운용을 지원하기 위한 법·제도적 정비방향을 제시하였으며, 이를 요약한 결과는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2. System Operation Supporting Strategy

첫째, 피해예측기술개발 관련 법규정의 세부적인 검토를 통한 전반적인 법제정비가 필요하다. 피해예측기술개발 관련 법조항은 자연재해대책법 제58조(방재기술의 연구개발 및 방재 산업의 육성), 제58조의 2(방재기술 진흥계획의 수립), 제58조의 3(방재기술 개발사업 추진), 제63조(방재기

술정보의 보급 등) 등이 있다. 관련 법조항을 검토한 결과 피해예측시스템 및 재해정보체계의 필요성에 비해 관련 조항들이 포괄적이고 일반적인 사항을 다루고 있는 것으로 분석되었다. 2012년 방재기술 관련 조항의 개정이 있었으나 피해예측시스템 관련 규정에 관하여 검토가 이루어지지 않았다. 기술개발이 빠르게 이루어짐과 동시에 기술 및 시스템 관련 규정에 대한 검토가 주기적으로 이루어질 필요가 있다.

둘째, 풍수해 피해예측시스템의 효과적인 운용을 위하여 재해정보 공유와 관련된 법제도의 개선이 필요하다. 풍수해 피해예측시스템은 재난 관련 DB를 타 시스템, 타 기관과 연계 및 공유하는 것이 필수적이기 때문이다. 현행 규정에서 재난관리정보는 재난관리책임기관·긴급구조기관 및 긴급구조지원기관에서 재난관리를 위하여 수집·보유하고 있는 정보와 그 밖에 효율적인 재난관리를 위하여 행정안전부장관이 공동이용이 필요하다고 인정하는 정보로 규정되어 있다. 그러나 이에 대하여 별도로 그 내용을 정하지 않아 재난관리정보의 범위가 명확하지 않다. 또한 비공개정보의 범위도 국가안전보장 또는 국방·통일·외교관계 등에 관한 사항이라는 불명확한 개념을 사용하여 그 범위가 모호하다. 따라서 비공개 정보를 명확히 하고, 이 외의 정보에 대해서는 모두 공개하도록 하는 방향으로 세부조항의 개선이 필요할 것이다.

셋째, 피해예측시스템 활용 매뉴얼을 작성·보급하고 관계 공무원 교육을 실시하여야 한다. 자연재해대책법 시행규칙 7조 2항에 따르면 풍수해 피해예측시스템을 활용하여 피해 예상시설의 대응체계를 신속하게 구축·운영해야 한다고 규정하고 있다. 이의 하위 법인 피해예측시스템 운용과 관련된 지침 및 매뉴얼을 제정함으로써 피해예측시스템 활용체계를 구축할 필요가 있다. 관련 지침은 피해예측시스템 운용개념 정립 및 시스템 활용을 위한 활용 매뉴얼 보급, 관련 공무원 기술교육 등의 세부 내용을 포함하도록 한다.

5. 결 론

본 연구는 풍수해 피해예측시스템 구축의 핵심요소를 도출함으로써 향후 기술개발 및 시스템 구축의 방향성을 제시하였으며, 시스템 운용지원을 위한 법·제도적 정비방향을 제안하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 피해예측기술의 발전단계를 다음과 같이 제시하였다. 피해예측기술은 관측 및 통계기술의 발달, DB 전산화·수치화기술의 발달, 데이터 분석기술의 발달, 알고리즘 개발, 수치모형 및 지도제작, 피해예측시스템 구축의 단계로 발전하였다.

둘째, 피해예측시스템 구축을 위한 핵심요소로 서 4가지

(① 함수(모형)의 개발, ② 지리정보시스템(GIS)의 연계, ③ 피해예측시스템 구축 및 모형분석을 위한 컴퓨팅기술, ④ 실시간 관측기술)를 도출하였으며, 이를 바탕으로 피해예측기술 개발 및 피해예측시스템 구축의 방향성을 제시하였다.

셋째, 풍수해 피해예측시스템의 활용촉진을 위하여 관련 법령의 개선을 통한 운용 지원방안을 다음과 같이 제시하였다. 첫째는 피해예측기술개발 관련 법제 정비, 둘째는 재해정보 공유에 대한 법제도의 개선, 셋째는 피해예측시스템 활용 매뉴얼 작성·보급 및 관계 공무원 교육을 실시하는 것이다.

본 연구에서 도출한 피해예측기술 핵심요소는 재난분야 R&D 연구 및 투자 방향성을 제시할 수 있으며 방재정책 수립 시 기술개발전략 우선순위선정에 활용가능하다. 이에 따라 피해예측시스템 및 예측기술을 개발하고 관련된 법과 제도를 개선함으로써 효과적인 시스템 운용을 지원할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 정부(행정안전부)의 재원으로 재난안전기술개발 사업단의 지원을 받아 수행되었습니다. [MOIS-재난-2015-05]

References

- FEMA (2015) *Hazus 2.1 Technical and User's Manuals*.
- Han, W.S. (2016) *Regional Resilience Improvement Coped with Flooding Disaster by Climate Change Effect (I): Development and application of resilience assessment methods* (KRIHS Special Report 36). Korea Research Institute for Human Settlements.
- Jang, H.S., Oh, K.Y., Kim, W.H., and Sim, O.B. (2016) A Study on Establishment of Strategy for Development of Storm and Flood Damage Prediction System. *J. Korea Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 16, No. 3, pp. 117-124.
- Lee, D.H., Kim, J.H., Koo, J.S., and Byun, C.I. (2015) Application of Storm and Flood Disaster Mitigation Plan using IT-Based System of Wind Damage Risk Assessment. *Proceedings of 2015 Conference*, Korean Society of Hazard Mitigation, p. 52.
- Lowther J.L. (2008) *Application of the Hazus-MH Risk Assessment Tool in Planning for Continuity of Operations*. Master's thesis, Arkansas Tech University.
- Ministry of Government Legislation (2013) *A Study on Disaster Related Legal System for Climate Change Response*. Human Culture Arirang.
- Ministry of Public Safety and Security (2016). *Methodology Development for the Estimation and Prediction of*

Direct and Indirect Damages/Losses from Flood and Wind Disasters. Vol. 1, pp. 30-31.

Ministry of the Interior and Safety (2017) *2016 Disaster Annual Report*.

Ryang, D.H., Chang, D.W., and Yoon, J.H. (2008) A Study on Storm and Flood Damage Prediction System. *Journal of Korean Society of Disaster & Security*, Vol. 1, No. 2, pp. 13-18.

Yu, S.Y., and An H.U. (2013) Study of Flood Loss Estimation using Hazus-MH 2.1. *The Journal of Risk Management*, Vol. 24, No. 1, pp. 29-58.

Received	October 13, 2017
Revised	October 17, 2017
Accepted	March 14, 2018