

# 풍수해 직·간접 피해를 고려한 피해산정 및 예측 기술 개발



**김형수**  
인하대학교  
사회인프라공학과 교수  
sookim@inha.ac.kr



**최용복**  
노아SNC  
공공사업 부사장  
adonis@noaa.co.kr



**김경탁**  
한국건설기술연구원  
수자원하천연구소  
연구위원  
ktkim1@kict.re.kr



**황의호**  
K-water 융합연구원  
책임연구원  
ehhwang@kwater.or.kr



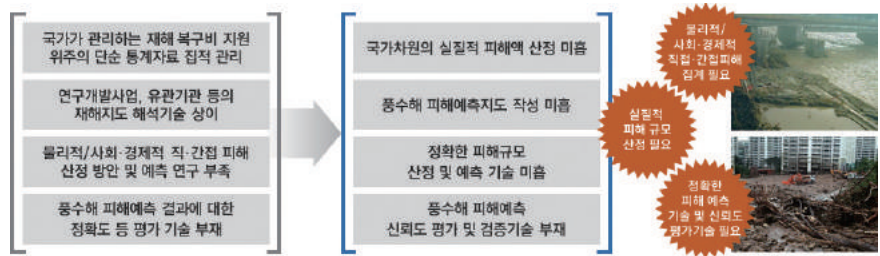
**이영근**  
(사)방재관리연구센터  
선임연구위원  
yklee@kodipa.or.kr

## 1. 서론

전 세계적인 기후변동과 기후변화의 영향으로 대규모 인명 및 재산피해를 유발하는 자연재난의 빈도와 강도가 증가하고 있다. 특히, 급격한 도시화로 인해 불투수층 면적과 자산가치가 증대되면서 재산피해가 급증하고 있는 추세이며, 도시의 발전과 더불어 사람들은 재난의 위험으로부터 안전하게 살고자 하는 욕구가 증가하고 있다. 이에 따라 방재 선진국으로 알려진 미국의 연방위기관리청(Federal Emergency Management Agency, FEMA)에서는 1992년부터 현재까지 총 개발금액 약 2조 2천억 원을 투입하여 자연재난으로 인한 피해를 산정하고 예측하기 위해 HAZUS-MH(HAZard US Multi-Hazard)를 개발하고 있다(국립재난안전연구원, 2013). 이는 미국 전역을 대상으로 홍수, 허리케인, 지진으로 인한 공공시설 및 사유시설의 손실을 평가하고 있으며, 국가 재난정책 수립을 지원하고 있다. 이에 비해 국내에서는 자연재난에 대한 정확한 피해 규모 산정 및 예측 기술 개발이 미흡한 실정이며, 재난관리 분야의 기술 수준은 선진국 대비 약 70%로 추격 그룹에 속해 있다(한국과

학기술기획평가원, 2013). 또한 물리적/사회·경제적인 직접·간접 피해를 산정 및 예측하는 미국, 일본 등의 방재 선진국과는 달리 우리나라는 국가가 관리하는 재해 복구비 지원을 위한 단순 통계자료만을 관리하고 있으며, 정확한 피해 규모 산정 및 예측 기술 개발이 시급한 상황이다(그림 1). 만약 실질적인 피해 규모 산정 및 예측을 통해 효과적인 재난관리 정책을 수립한다면, 매년 반복되는 재난으로 인한 피해와 복구비는 크게 감소할 것이다.

그림 1. 연구의 필요성



따라서 본 연구에서는 방재 선진국과 같이 풍수해로 인한 직접·간접 피해를 총망라하는 실질적인 피해 산정 및 예측을 위해 다음과 같은 연구를 수행한다. 먼저 물리적/사회·경제적 재해정보의 새로운 기본통계를 제시 및 구축하고, 새로운 통계자료와 과거 재해통계를 기반으로 기상원인별(호우, 태풍, 강풍, 풍랑, 대설) 피해 예측기술을 개발하고자 한다. 또한 전국 범위의 풍수해 피해예측지도를 작성하고, 작성된 지도의 침수심을 활용하여 한국형 재해손실·손상 추정함수를 개발하여 실질적인 피해를 산정하고자 한다. 본 연구의 성과는 한국형 HAZUS 개발을 위해 다부처 공동사업(국민안전처, 기상청, 국토지리정보원)으로 진행되는 「국가 수문기상 재난 안전 공동활용 시스템 구축 사업」의 “풍수해 피해예측 시스템”에 콘텐츠 및 핵심기술로 탑재될 예정이다(그림 2).

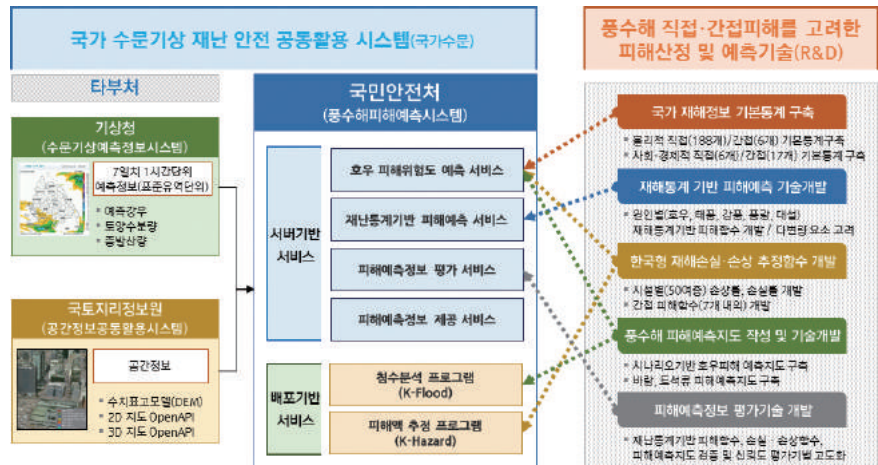
그림 2. 연구의 배경 및 목적



각 세부에서 도출되는 성과물들은 “풍수해 피해예측 시스템”에 콘텐츠 및 핵심기술로 탑재

가 되는데, 먼저 1세부에서는 물리적 직접/간접 기본통계와 사회·경제적 직접/간접 기본 통계항목을 구축하여 서버기반 서비스의 ‘호우피해위험도 예측 서비스’에 탑재된다. 2세부에서는 원인별(호우, 태풍, 강풍, 풍랑, 대설)에 대한 재해통계 기반 피해 예측함수를 서버기반 서비스의 ‘재난통계기반 피해예측 서비스’에 탑재된다. 3세부에서는 시설별 손상함수와 손실함수를 서버기반 서비스의 ‘호우 피해위험도 예측 서비스’와 배포기반서비스의 ‘침수 분석 프로그램’으로 탑재가 이루어진다. 4세부에서는 시나리오기반 호우피해 예측지도와 바람, 토석류 피해예측지도를 개발하여 서버기반 서비스의 ‘호우 피해위험도 예측 서비스’와 배포기반 서비스의 피해액 추정 프로그램에 탑재된다. 마지막으로 5세부에서 개발되는 신뢰도 평가기법은 서버기반 서비스의 ‘피해예측정보 평가 서비스’에 탑재된다. 이렇게 탑재되는 본 연구의 성과물은 국민안전처 및 지자체의 재난관리 공무원들이 재난관리 단계별로 의사결정을 하는데 사용될 예정이다(그림 3). 또한 2세부에서는 풍수해 법과 제도 개선 관련 연구를 수행하고 있으며, 5세부에서는 재해예방사업을 위한 경제성 모델 구축, 투자우선순위 및 투자효과분석 등에 관한 연구를 함께 수행하고 있다.

그림 3. “풍수해 피해예측 시스템”과의 연계방안

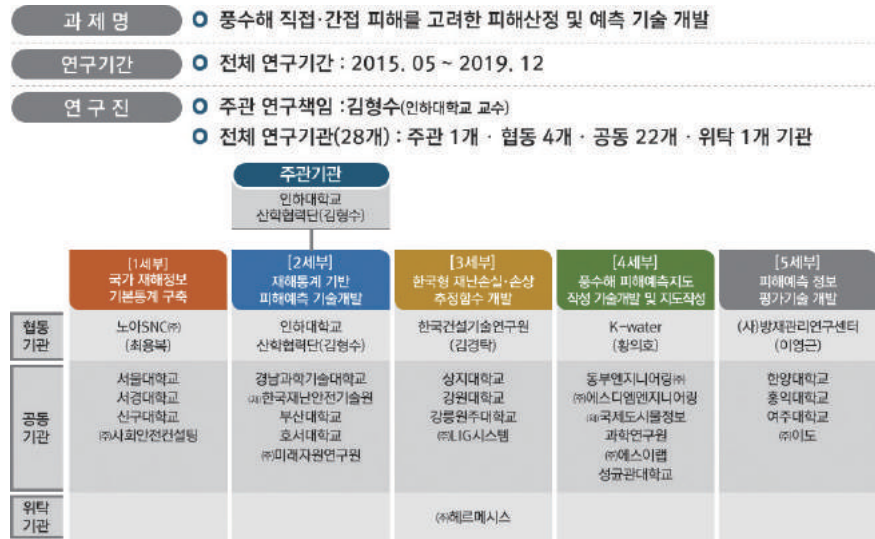


## 2. 연구진 구성 및 연구 목표

본 연구과제는 “풍수해 직접·간접 피해를 고려한 피해산정 및 예측 기술 개발”과제로 국내 재난안전 총괄부처인 국민안전처의 “자연재해예측 및 저감연구개발사업”의 일환으로 2015년 5월부터 2019년 12월까지 수행된다. 전체 연구진은 주관 연구기관(연구책임자 인 하대학교 김형수 교수) 1개, 협동 연구기관 4개, 공동 연구기관 22개, 위탁 연구기관 1개로

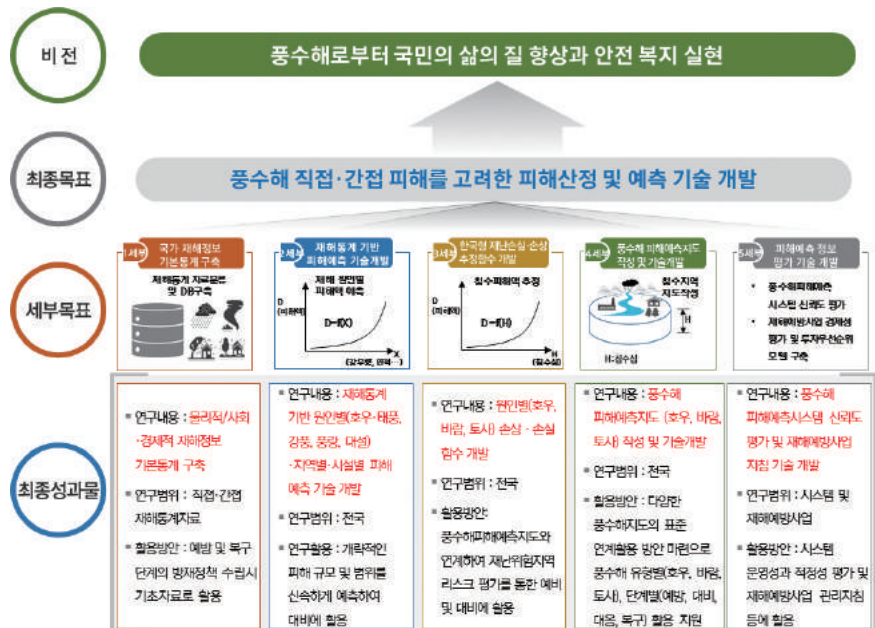
총 28개 연구기관으로 구성되어 있다(그림 4).

그림 4. 연구진 구성



본 연구에서는 풍수해로부터 국민의 삶의 질 향상과 안전 복지를 실현하기 위해, 풍수해 직·간접 피해를 고려한 피해산정 및 예측 기술 개발을 최종 목표로 설정하였다. 또한, 효과적인 연구 수행을 위해 세부목표를 “국가 재해정보 기본통계 구축”, “재해통계 기반 피해예측 기술개발”, “한국형 재난손실·손상 추정함수 개발”, “풍수해 피해예측 기술개발 및 지도작성”으로 설정하였다.

그림 5. 연구 목표



도 작성”, “피해예측정보 평가기술 개발”로 설정하였다(그림 5).

또한 본 연구의 최종 목표를 달성하기 위하여 세부 연구목표를 연차별로 구분하여 설정하였다(그림 6). 1세부는 가장 먼저 “풍수해피해예측시스템”과 R&D간의 효율적인 업무 진행을 위해 마스터플랜을 수립하고, 물리적 직·간접, 사회·경제적 직·간접 손실 재해통계를 구축한다. 이후 풍수해 피해조사 관리시스템의 프로토타입을 개발하고 국가재해정보 기본통계 공동활용 전략을 수립한다. 2세부에서는 원인별 피해 발생패턴을 분석하여 프로토타입을 개발하고, 재해연보·재해대장 등 관련지침에 대한 개선방안을 제시한다. 이후 기투자 요소(예방비 및 복구비 등)와 사회·경제적 요소를 고려하여 재해통계기반 피해예측 합수를 고도화하고 해외기술이전 전략을 제시한다. 3세부에서는 4년에 걸쳐 전국을 대상으로 호우·바람·토사피해 예측 시나리오를 설정하여 직접피해 손실·손상합수를 개발하고, 1년에 걸쳐 고도화를 진행한다. 4세부는 풍수해피해예측지도의 구축방안을 수립하여 시범지역에 대한 피해예측지도를 작성하며, GIS 기반 호우·바람·토사피해 예측지도 작성기술을 개발한다. 마지막으로 5세부는 풍수해 피해예측지도와 피해예측 결과를 평가하는 기법을 개발하고, 재해예방사업의 경제성 분석기법과 피해저감성 평가기법을 이용한 투자우선순위 기법을 개발한다.

그림 6. 연차별 세부 연구목표

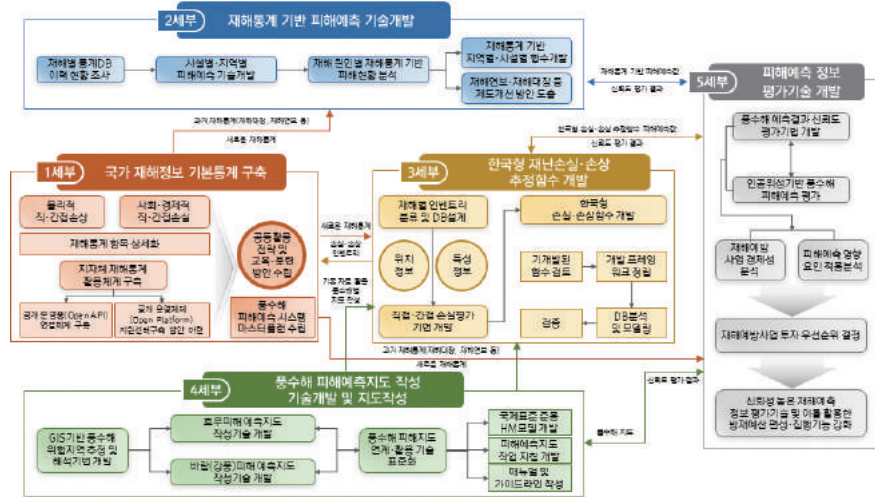
구분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
1세부	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍수해 피해예측시스템 마스터플랜 수립</li> <li>풍수해 직·간접 재해정보 기본통계 마스터플랜 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍수해 물리적 직·간접 손실(시설물/비시설물) 재해정보 기본통계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍수해 사회·경제적 직·간접 손실 재해정보 기본통계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍수해피해조사관리시스템 프로토타입 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>국가 재해정보 기본통계 공동활용 전략 수립</li> <li>국가 재해정보 기본통계 데이터베이스 구축 및 교육·훈련 방안 수립</li> </ul>
2세부	<ul style="list-style-type: none"> <li>호우·태풍·강풍·홍수·대설 피해 발생 패턴 분석</li> <li>호우·태풍 피해 예측합수 프로토타입 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>호우·태풍·강풍·홍수·대설 피해 지역별·시설별 예측합수 개발</li> <li>강풍·홍수·대설 피해유발인자 파악 및 프로토타입 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재해연보·재해대장 등 관련지침 개선방안 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전국 시군구 단위 기상원인별 피해예측합수 개발</li> <li>새로운 재해통계기반 피해예측합수 개발(고도화)</li> <li>제도개선 및 해외기술이전 전략 제시</li> </ul>	
3세부			<ul style="list-style-type: none"> <li>전국의 호우피해예측 시나리오 설정 및 유형별 직접 피해 손실·손상합수 개발</li> <li>전국의 바람(강풍)피해예측 시나리오 설정 및 유형별 직접 피해 손상합수 개발</li> <li>전국의 토사피해예측 시나리오 설정 및 유형별 직접 피해 손실·손상합수 개발</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>호우·바람·토사·피해 손실·손상합수의 정확도 및 정밀도 향상을 위한 고도화</li> </ul>
4세부	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍수해 관련기관 추진 연구성과 표준화 연계 전략 수립</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GIS 기반 호우·바람·토사 피해 예측지도 작성기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍수해 피해예측지도 표준화(데이터)도식 개발</li> <li>풍수해 피해예측지도 작성기술 표준화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍수해 피해예측지도 작성 지침 개발</li> </ul>	
5세부	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍수해 피해예측정보 기준조사 및 호우피해 예측결과 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍수해 피해예측결과 평가 기법 개발</li> <li>재해예방사업 투자 경제성 분석기법과 피해 저감성 평가기법으로 마련한 투자우선순위기법 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>풍수해 지도 및 예상 피해액 평가 기법 검증</li> <li>풍수해 피해예측기술 실증 및 평가</li> <li>인공위성자료 활용 신뢰도 평가기법 개발·검증</li> <li>재해예방사업 경제성 평가모델, 재해 저감성 평가기법 고려한 투자우선순위기법 사본 제출 및 고도화</li> </ul>		

### 3. 세부별 연구 내용

1세부 과제는 “국가 재해정보 기본통계 구축”이라는 세부목표에 따라, 물리적 직·간접손상항목 및 사회·경제적 직·간접 손실항목을 분류하고 재해정보 기본통계자료를 구축한다. 또한, 구축한 국가 재해정보 기본통계자료를 손쉽게 활용할 수 있는 체계를 구축하고,

타세부에 새로운 재해통계자료를 공급한다. 2세부에서는 “재해통계 기반 피해예측 기술개발”이라는 세부목표에 따라 원인별(호우, 태풍, 바람(강풍), 풍랑, 대설) 피해현황을 분석하고 예측기술을 개발한다. 이를 위해 재해연보 및 재해대장 등의 재해통계자료를 활용하고, 다양한 통계적 기법을 적용하여 원인별·지역별·시설별로 재해 발생 전 예측이 가능한 피해예측 함수를 개발한다. 3세부 과제는 국외 손실·손상함수를 사용하던 국내 연구의 한계를 극복하기 위해 “한국형 재해손실·손상 추정함수 개발”을 실시한다. 재해유형별(호우, 토사, 바람) 주요 피해목적물의 손실(피해액) 예측을 위한 국내 실정에 맞는 방법론을 개발하기 위한 연구로서, 피해목적물에 대한 피해액 산정 절차와 이때 필요한 세부기술(인벤토리, 자산가치 산정, 손실·손상함수)을 정립한다. 4세부에서는 “풍수해 피해예측 기술개발 및 지도 작성”을 위해 GIS 기반 풍수해 위험지역 추정 및 해석기법을 개발하고, 이를 통해 풍수해 피해 예측지도를 작성한다. 또한 연구개발사업, 유관기관 등의 재해지도별 해석기술이 상이한 문제점을 해결하기 위해, 활용 기술 표준화 방안을 도출한다. 5세부에서는 “풍수해 피해예측 시스템”에서 도출된 결과의 신뢰성 평가를 위해 “피해예측정보 평가기술 개발”을 실시한다. 또한 국민안전처에서 실시하는 재해예방사업별 경제적 평가와 사업효과를 분석하여 재해예방사업의 투자 우선순위 결정 모델을 구축한다(그림 7).

그림 7. 세부별 연구 내용



#### 4. 기대효과

본 연구의 기대효과는 기술적 측면과 경제·산업적 측면으로 나타난다. 우선 기술적 측면으로 먼저 기존의 복구비 산정을 위한 직접 피해액 중심의 재해통계자료 구축에서 벗어나, 물리적/사회·경제적인 직접·간접피해 항목을 도출하여 선진국형 재해통계 프레임워크를 구축할 수 있다. 두 번째로 통계기반의 활용성 높은 피해예측 기술 개발, 한국형 재해손상·실함수 개발, 풍수해 피해예측지도 작성 기술 개발을 통해 풍수해 피해 산정 및 예측기술 수준을 방재분야 선진국 수준으로 향상 시킬 수 있을 것이다. 세 번째로 개발된 방법론을 이용하여 풍수해저감종합계획, 소하천설계기준 등에 적용될 것이며, 방재예산 투자 효율화 등의 재해통합평가 기술을 확보할 수 있을 것이다. 경제·산업적 기대효과로 “풍수해 피해예측 시스템”과의 연계를 통한 재난관리 단계별 효율적인 의사결정을 통해 피해액 및 복구비용이 절감되어 국가 예산을 효율적으로 집행 할 수 있다. 두 번째로는 선진기술의 해외수출 전략을 통해 부가가치를 창출할 수 있다. 세 번째로는 전문화되어지는 재난업무 관련 일자리 창출 및 산업구조 개선 그리고 방재산업 분야 기술 발전의 다양성과 고도화 및 창의적인 재난관리에 기여할 것으로 기대된다(그림 8).

그림 8. 기대효과



## 5. 맺음말

본 연구과제는 국내 재난관리의 가장 큰 문제점으로 대두되는 물리적 직접 피해액 중심의 재해통계자료를 극복하기 위하여, 물리적/사회·경제적인 직접·간접 피해의 새로운 기본통계 항목 구축을 통해 국가차원의 실질적 피해 집계와 미재 지향적인 재난정보 구축이 가능하도록 할 것이다. 또한 재난피해 산정 및 예측 방법에 대한 기존의 국외 기술을 국내실정에 맞게 개발하고, 한국형 HAZUS로 불리는 “풍수해 피해예측시스템”에 연구성과를 탑재하고자 한다. 향후 최종 성과물은 “풍수해 피해예측시스템”을 통해 실제 재난관리 담당자(국민안전처 및 지자체 공무원)가 재난관리 단계별로 사용할 수 있고, 방재예산을 투입하는데 있어 의사결정을 지원하는데 활용될 수 있다. 국내의 재난관리는 사후 복구 중심으로 진행되어 왔으나, 본 연구결과를 활용하면 사전 예방·대비 중심의 재난관리로 개선될 수 있을 것이다. 자연재난에 대한 연구사례는 국내·외를 막론하고 최대의 이슈사항이지만, 불확실성이라는 문제점이 지속적으로 지적되고 있다. 그러나 불확실성이란 모든 분야에서 발생하는 것이고, 불확실성을 줄이기 위한 노력은 인류가 지속적으로 추구해야 하는 본질적인 것이다. 따라서 본 과제와 같은 연구가 성공적으로 이루어지고, 재난분야에서 지속적으로 계속해서 고도화와 기술발전을 위한 투자가 이루어진다면 불확실성 감소와 자연재난 피해 저감에 크게 기여할 것이라고 생각된다. 끊임없는 투자를 토대로 관과 산업계, 학교와 연구원 등 모든 연구 주체들의 열정과 창의적인 노력이 지속되어 대한민국이 전 지구의 자연재난 저감을 위한 방재분야의 선두에 서서 세계를 선도하는 날을 기대해본다.

## 감사의 글

본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구입니다[MPSS-자연-2015-79].

## 참고문헌

1. 국민안전처 (2016). 2015 재해연보.
2. 한국과학기술기획평가원 (2013). 2015년 기술수준평가
3. 국립재난안전연구원 (2013). 재난손실 추정시스템 세부 설계 및 재난지역 조사·분석