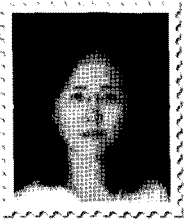


국내 재난 손실 평가 모델 개발을 위한 HAZUS-MH4 분석



유 순 영

국가수리과학연구소 계산수리과학연구부 연구원
s7yu@nims.re.kr

1. 서론

전 세계가 재난으로 인해 막대한 경제적, 인명적 피해를 입고 있다. 독일 재보험사 뮌헨리의 연차보고서에 따르면, 2010년 총 950개의 자연 재난이 발생하였으며, 이 중 아이티, 칠레, 중국의 지진, 러시아의 폭염, 파키스탄의 홍수가 최악의 피해를 초래하였다. 경제적 손실은 1300억 달러로 추정되고 인명피해도 크며, 아이티 지진의 경우 22만명이 넘는 사람들이 사망한 것으로 보고되고 있다(뉴욕타임즈, 2011). 2011년 4월 현재 가까운 일본에서는 3월에 발생한 지진해일로 수 천명이 사망, 실종되고 수십 만 명이 피난하는 상황에서 또 다시 지진이 발생하여 막대한 피해 집계가 예상된다. 국내에도 매년 홍수와 태풍으로 인한 피해가 반복되고 있으며, 2010년의 경우, 태풍 곤파스로 인해 충남 서산 등 7개 시, 군 지역이 특별재난지역으로 선포되어 831억원의 국고 지원을 받았다(당진군,

2010). 국내외 재난으로 인한 피해는 증가추세에 있으며, 이는 기후변화와 함께, 거주 영역 확대, 국토 개발, 부의 축적 등으로 인한 것이다. 인구 증가와 함께 인간의 사회적, 경제적 활동이 가속화되고 있음을 고려할 때, 재난으로 인한 피해는 앞으로도 계속될 것으로 보인다. 피해를 최소화하기 위해 구조적, 비구조적 방재 정책이 요구되며, 효율적인 방재 정책을 수립하기 위해서는 재난으로 인한 피해를 예측하는 것이 선행되어야 한다.

2. 국내외 재난 손실 평가 시스템

재난 손실 평가 시스템이 체계적인 구조 안에서 과학적으로 재난으로 인한 손실을 평가하는데 유용하게 활용될 수 있다. 재난 손실 평가 시스템은 1980년대 말과 1990년대 초, 미국을 중심으로 보험업계와 과학계의 기술이 만나, 컴퓨터를 이용하여 재난으로 인한 손실을 계산하는 모

델로 탄생하였다. 재난 모델(Catastrophe Models¹⁾)이라고도 불리며, 발생가능한 최악의 재난으로 인한 피해 규모를 예측한다는 점에서 방재시설물, 위험지구, 재난정보, 피해정보 등을 관리하는 국내 국가재난관리정보시스템과 다르다. 현재 북미나 유럽에서는 EQECAT, AIR Worldwide, Risk Management Solutions 등의 리스크 평가 기관이 자체적으로 재난 모델을 개발하여 보험업체, 기업, 정부기관 등의 재난 리스크를 자문해주고 있다. 정부기관에서도 홍수보험, 지진보험 등의 보험요율 산정과 국가 재난 정책 수립을 위해 재난 모델을 직접 개발하고 있는데, 그 대표적인 예가 미국의 HAZUS이다. 연방재난관리청의 주도하에 개발된 HAZUS는 미국에서 대규모로 자주 발생하는 지진, 홍수, 허리케인으로 인한 재산 손실을 평가하고 인명 피해를 예측하는데 사용될 수 있는 소프트웨어로, 대만, 이란, 한국 등에서 자국의 지진 손실 평가에 적용한 바 있다. 현재 HAZUS는 다재난 손실 평가 소프트웨어로 발전하였으며, 2011년 현재 HAZUS-MH5까지 공개되었다²⁾.

국내 재난 관리 정책은 무상복구비 지원제도 하에 막대한 재난 피해가 발생할 때마다 우심지역 및 특별재난지역을 선포하고 피해를 보상해 주고 있으나, 국가는 예기치 못한 막대한 지출로 인해 재정적 어려움을 겪고, 지원받는 국민은 지원 규모에 만족하지 못하는 상황이 반복되고 있다. 무상복구비 지원제도를 보완하기 위해 풍수해보험과 같은 자연재해보험이 판매되기 시작하였으나 손실 추정의 어려움으로 민간보험사는 상품 개발 참여를 꺼려하고, 거래 또한 활발하지 못하다. 재난 손실 추정의 필요성으로 인해, 국내에 재난으로 인한 손실 평가는 다방면으로 이루어지고 있으나 아직 체계적이고 과학적인 손실 평가를 위

한 소프트웨어는 없다. 홍수의 경우, 국내 하천설계기준은 다차원 홍수피해 산정 방법을 적용하여 하천치수정제를 조사하도록 정하고 있다. 다차원법은 침수구역 예측 및 자산의 공간정보를 요구하며, 이에 지리정보시스템 기반의 홍수피해산정 기법이 연구된 바 있으며(이충성 등, 2006), 건설기술연구원에서 ArcGIS³⁾ 기반의 다차원 홍수피해산정 시스템의 프로토타입을 제시한 바 있으나(이준우, 2007), 직접피해액 산정 기술 및 홍수 위험도 평가 기술 등의 미흡으로 홍수 손실 평가 시스템으로는 활용될 수 없다. 현재 일부 대형 보험사를 중심으로 재난 손실 평가 시스템을 갖추고 있으나, 대형 보험사의 손실 예상 정보는 보험사가 손실예상치에 근거하여 보험수가를 산정함을 고려할 때 객관적이지 못할 수 있다.

재난으로 인한 국가의 경제 활동 마비 및 사회적 혼란을 막고, 지속가능한 국가 발전을 이끌기 위해 국내 재난 손실 평가 모델이 필요하다. 본 기사는 홍수보험 요율 산정과 재난 관리 정책에 활용되어 수 년 동안 검증되어 오고 있는 미국 HAZUS-MH4를 검토하고 이를 바탕으로 국내 재난 모델 개발 방안을 제안하고자 한다. 국내에 HAZUS 도입을 검토한 논문이나 HAZUS를 적용한 사례는 찾아볼 수 있으나 HAZUS와 유사한 소프트웨어 개발을 위해 HAZUS를 분석한 바는 없다.

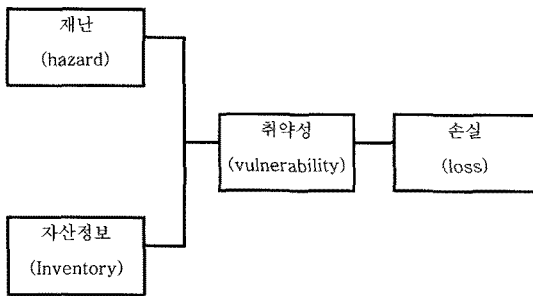
3. HAZUS-MH4 분석

3.1. 구조

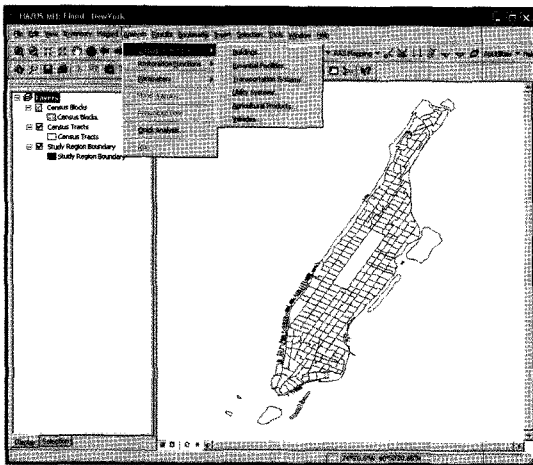
HAZUS-MH4는 재난 모듈, 자산정보모듈, 취약성모듈, 손실모듈 등 재난 모델의 기본 요소로 구성되어 있다

1) Catastrophe는 “참사” 또는 “재앙”으로 번역되나, 본 논문에서는 국가재난관리정책에서 통상 사용하는 “재난”으로 번역하여 Catastrophe Models을 재난 모델로 부르기로 한다. 재난은 “뜻밖에 일어나는 재앙과 고난”을 일컬으며 자연재난과 인재를 포함한다.
2) 연방재난관리청은 현재 미국 내는 물론 해외로도 HAZUS를 무료로 배포하고 있다. 신청서 양식을 팩스나 우편으로 보내면 HAZUS 설치 CD와 함께 데스크탑용 ArcGIS 평가판과 주(state)의 자산정보가 취합된 8개의 CD를 함께 받아볼 수 있다.
3) ArcGIS는 ESRI에서 개발한 GIS 제품군으로 ArcMap, ArcCatalog 등의 소프트웨어로 구성되어 있으며, View, Editor, Info의 세가지 라이선스 등급으로 나뉜다.

(그림 1). 재난 모듈은 재난의 위험도를 평가하는 단계로, 지진의 경우 지반운동 및 진동강도, 허리케인의 경우 최대 순간 풍속, 홍수의 경우 홍수심 및 홍수범위 등이 분석된다. 그림 2는 HAZUS-MH4의 사용자 인터페이스를 보여주고 있는데, Hazard 메뉴에서 재난의 위험도를 직접 입력하거나 평가할 수 있으며, 재난 평가 결과를 담고 있는 외부 파일을 불러들일 수도 있다. ArcGIS를 기반으로 개발된 HAZUS-MH4의 사용자 인터페이스는 ArcMap과 동일하다. ArcMap 위에 메뉴가 확장된 형태로 그림 2에서 기존 ArcMap에는 없는 Inventory, Hazard, Analysis, Results의 메뉴를 확인할 수 있다.



(그림 1) 재난 모듈의 구조 (Grossi and Kunreuther, 2005)



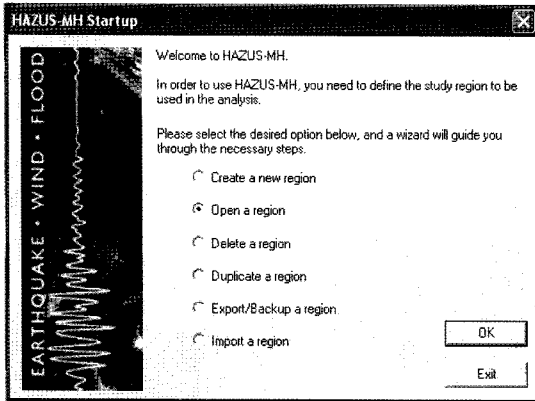
(그림 2) 뉴욕시의 홍수로 인한 손실을 평가하기 위한 HAZUS-MH4 인터페이스. ArcMap에 Inventory, Hazard, Analysis, Results 메뉴가 추가되어 있는 형태. Analysis 메뉴는 취약성 및 손실을 평가하기 위한 기초 정보를 가지고 있으며, 사용자 수정 가능.

그림 1의 자산정보 모듈은 최근 실시된 인구조사 자료를 바탕으로 구성되며, 건축물, 공공시설물, 인구분포, 대피소 등의 정보를 포함한다. 기초 자산정보는 주(state) 이름의 폴더 아래 mdb 파일로 저장되어 CD로 제공되고 있으며, 미국 전역의 자료가 총 8개의 CD로 제공된다. 이외에도 사용자는 정확한 손실 평가를 위해 HAZUS-MH4 Inventory 메뉴에서 직접 자산정보를 추가할 수 있으나 (그림 2), 연방재난관리청은 효율적인 데이터베이스 갱신 및 관리를 위해 Comprehensive Data Management System(CDMS)을 개발 제공하고 있다. HAZUS-MH4의 자산정보는 CDMS 2.5와 연동된다.

취약성과 손실 모듈은 각각 특정 강도의 재난에 대한 자산의 취약성과 직접적, 간접적 피해 규모를 평가하는 단계로, HAZUS-MH4는 Analysis 메뉴에서 취약성 정보를 손상 함수로 표현하여 다루고 있으며(그림 2), 직접적 및 간접적 경제 손실을 추정하기 위해 기업자산, 복구시간, 소득손실자료 등의 인자를 고려하고 있다.

3.2. 사용 방법

HAZUS-MH4를 이용하여 재난 손실을 평가하기 위해서는 먼저 연구지역을 설정해야 한다. 사용자는 연구지역 설정 마법사를 통해 연구지역의 이름을 부여하고, 분석 재난(홍수, 태풍, 허리케인) 및 분석 수준(aggregation level: 주(state), 군(county), 센서스트랙(census tract), 센서스블락(census block))을 결정한 후, 데이터베이스를 이용하여 연구지역을 설정하게 된다. 정확한 주와 군명을 모르거나 센서스트랙 및 센서스블락 번호를 모를 경우, 지도를 통해 연구지역을 선택할 수도 있다. 데이터베이스는 미국 주별 자산정보를 가진 CD로, 연구지역 설정 마법사는 자동으로 CD를 검색하며, 앞서 결정된 분석 재난 및 분석 수준에 따라 일부 주 정보는 누락시킨다. 예를 들어 분석재난으로 허리케인이 선택되면, 캘리포니아는 연구지역 설정 목록에서 찾아볼 수 없다. 연구지역 설정 마법사는 CD에서 연구지역의 데이터베이스만을 자동 분류하



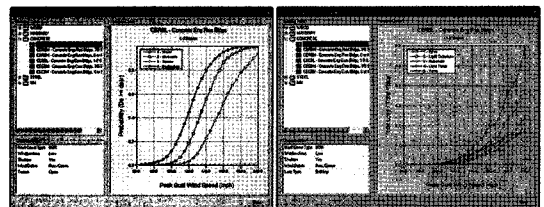
〈그림 3〉 HAZUS-MH4의 첫화면. Create a new region를 선택하면 연구지역 선정 마법사 시작.

여 분석 수준에 따라 연구 지역의 자산 정보를 정리하게 되는데, 현재 HAZUS-MH4에서 연구지역을 생성하는 데는 연구지역의 크기 및 분석 수준에 따라 수십 분에서 수 시간이 소요된다. 그림 3은 HAZUS-MH4가 사용자의 편의를 위해 갖추고 있는 마법사 목록을 보여주고 있다.

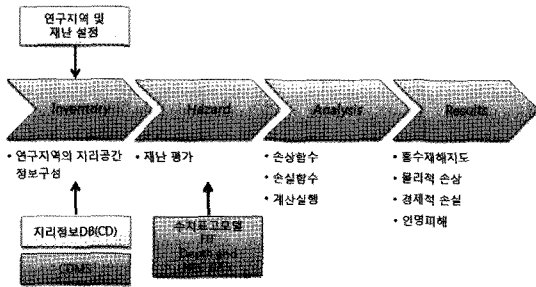
연구지역이 생성되면 연구 지역 열기 마법사(Open a Region)를 통해 연구지역을 열게 되는데, 새로 생성한 연구지역 이외에도 기 생성된 연구지역을 열어볼 수 있다. 그림 2와 같이 연구지역을 열기 위해서는 먼저 분석 재난을 선택해야 한다. 연구지역이 열린 후에도 분석 재난은 변경 가능하나 한번에 한 재난 분석만 이루어진다. 이는 분석 재난에 따라 고려되는 자산 목록이 다르고, 일반구조물(General Building Stock)과 같이 모든 재난이 고려하는 자산이더라도 재난의 형태에 따라 자산의 분류 형식이 달라지기 때문이며, 무엇보다 Hazard 메뉴에서 요구하는 자료가 다르기 때문이다. 홍수의 경우 하천성 또는 해안성의 홍수 타입이 선택되어야 하고 수치표고모형과 같은 자료가 요구되며, 미공병단의 홍수평가모델인 HEC-RAS의 분석 결과를 불러올 수도 있다. 지진의 경우, Hazard 메뉴 아래 Data Maps 메뉴를 통해 미국지질연구소의 ShakeMap을 불러들일 수 있으며(HAZUS.org, 2011), 시나리오 선정 마법사를 이용하여 지진 형태를 생성할 수도 있다. HAZUS-MH4 지진의 시나리오 선정 마법사는

1898년부터 강도 5이상의 지진 정보를 가지고 있어 과거 지진으로 인한 영향 분석을 용이하게 하고 있다. 허리케인의 경우, 허리케인 시나리오 관리 마법사가 허리케인 이동 경로 시나리오 설정을 도와준다. HAZUS-MH4의 허리케인 시나리오 관리 마법사는 1900년부터 2005년까지 미국을 강타한 카테고리 3 이상의 허리케인 정보를 가지고 있어, 과거에 발생한 허리케인 시나리오에 의한 영향 분석을 도와주고 있으며, 새로운 허리케인 진로 시나리오를 생성하는 것도 용이하게 한다. 허리케인 시나리오 관리 마법사는 연구지역 생성 단계에서도 사용 가능하다. 분석 재난을 선택한 후 연구지역을 열면 ArcMap이 실행되고, 그림 2와 같은 HAZUS-MH4 인터페이스가 나타난다. 그림 2는 홍수를 분석 재난으로 선택하고, 군 단위의 분석 수준을 설정한 후 생성된 뉴욕시를 보여주고 있다.

그림 2와 같이 연구지역이 열리면 Inventory 메뉴에서 자산정보를 수정하고, Hazard 메뉴를 통해 재난 시나리오를 설정한 후 Analysis 메뉴에서 손상함수 인자 및 손실함수 인자를 입력, 수정한 후 재난으로 인한 손실을 계산한다. HAZUS-MH4는 디폴트값을 가지고 있어, 기 입력된 손상함수 및 손실함수를 활용하여 개략적인 파손 정도 및 경제적 손실을 추정할 수 있다. 계산 결과는 Results 메뉴에서 보고서 또는 지도 형태로 확인 가능하다. 그림 4는 HAZUS-MH4 허리케인에 콘크리트로 이루어진 1-2층 주거용 건축물에 대해 디폴트값으로 입력된 손상함수 및 손실함수를 보여주고 있으며, 그림 5는 HAZUS-MH4 홍수를 이용한 손실 평가 과정을 정리하고 있다.



〈그림 4〉 HAZUS-MH4 허리케인에 콘크리트로 이루어진 1-2층 주거용 건축물에 대해 디폴트값으로 입력된 손상함수(왼쪽) 및 손실함수(오른쪽)



(그림 5) 홍수로 인한 손실 평가 과정. 회색 상자는 정확하고 정밀한 홍수 손실 평가를 위해 HAZUS-MH4에 불러들일 수 있는 외부 자료 및 외부 자료 입력 도구를 보여줌. FIT은 Flood Information Tools의 약자로 홍수 관련 정보를 HAZUS용 자료(홍수심)로 바꾸어 줌.

4. 국내 재난 손실 평가 모델 개발을 위한 제언

국내 재난 모델 개발을 위해서는 우선적으로 재난 손실 평가 시스템을 직접 개발하고 지속적으로 보완할 수 있는 기관을 지정할 필요가 있다. 시스템의 개발자와 관리자가 동일할 경우, 지속적인 모델 발전이 용이해지며, 시스템의 효율적인 운영도 기대할 수 있다. 국내 재난 리스크 거래 시장의 규모가 크지 않음을 고려할 때, 국내 재난 모델의 수요자는 대부분 재난 담당 공무원일 것으로 보이며, 이에 리스크 평가 기술을 갖춘 정부기관이 재난 손실 평가 시스템 구축 및 관리와 모델 사용자 교육을 주도하는 것이 효율적일 것이다.

둘째, 현존하는 많은 양의 지리공간정보 형식을 통일하는 작업이 절실하다. 방재를 위한 지리공간정보의 중요성이 부각되면서 여러 기관에서 산별적으로 지리 정보 구축에 매진하고 있으며, 국가공간정보유통센터를 통해 일부 지리 정보를 거래하고 있다. 그러나 이들 정보가 재난 모델과 같은 한 시스템에서 통합 운영되기 위해서는 좌표체계, 파일형식 등이 통일될 필요가 있다. 현재 국가공간정보유통센터에서 제공하는 무상 지리 정보는 공급처마다 자료형식이 다르며, 공급처는 개별적으로 지리정보시스템을 운영하고 있다. 국내 공간정보의 표준화는 표준화기술기준분과위원회를 중심으로 시작되었으나, 아직 표준화되지 못하고 있으며, 국가공간정보유통센터에서 제공

하는 자료는 파일에 상세한 설명이 없어 자료가 의미하는 바를 이해하기 위해서 정보 공급처에 직접 문의를 하여야 한다. 재난 모델에서 지리공간정보가 중요함을 고려할 때 지리정보 공급처의 개별 지리정보시스템이 활용하는 최신 정보는 표준화된 형식으로 만들어져 국가공간정보유통센터에 취합되어야 할 것이며, 또한 파일 자체로 해석이 가능하도록 파일에 상세한 설명이 덧붙여져 있어야 한다.

셋째, 재난위험 평가기술의 중요성이 부각되어야 한다. 현재 국내 재난 손실 평가는 GIS 기술을 중심으로 이루어지고 있으며, 재난위험도평가 단계는 단순화되는 경향이 있다. 홍수 다차원법의 경우, 계산이 어렵고 시간이 소요된다는 이유로 인해 일차원의 홍수범람모형이 홍수위험 평가에 사용되고 있다. 재난위험평가는 재난 손실 평가에 있어 매우 중요한 요소로 단순 평가되어서는 안되며, 이에 과학계에서 개발된 재난평가기술과 계산자원 및 계산기술이 재난 모델 개발에 적극 활용될 필요가 있다. 현재 과학계에는 홍수범람을 모사하기 위해 많은 수치 모델이 개발이 되고 있으며, 계산 기술 및 계산 자원 또한 크게 발전하고 있다. 이들 기술을 손실 평가 시스템 안에서 원활히 운영할 수 없다면, 재난 위험 평가 전문가가 정확하고 정밀한 재난위험평가를 손실 평가 시스템 밖에서 수행하도록 한 후 평가 결과를 손실 평가 시스템으로 불러올 수 있도록 시스템을 개발할 수 있다.

넷째, 손상함수 및 손실함수에 대한 연구가 필요하다. 국내에 HAZUS 도입이 검토되면서 취약성 및 손상함수에 대한 연구는 일부 이루어진 바 있으나(국립방재연구소 2006, 국립방재연구소 2007), 아직 국내 구조물에 대한 손상함수 정보는 충분치 않다. 또한 재난 발생 후 손실 평가가 이루어진 역사가 짧고, 정확한 손실 평가를 위한 현장조사가 이루어진 바도 적다. 손상함수는 실내실험 및 모의실험을 통해 얻을 수 있겠으며, 기존 공학계의 기술 정보가 크게 활용되어야 할 것이다. 손실함수의 경우 보험사의 자료와 경험이 활용될 수 있을 것으로 보이며, 재난 발생 후 실사를 통해 파손 정도와 경제적 손실 간의 관계를

연구할 필요가 있다.

다섯째, 재난 손실 평가 소프트웨어는 GIS에 기초하여 개발되어야 하며, 사용자 편의를 고려하여 HAZUS-MH4와 같은 사용자 편의 인터페이스를 사용하는 것이 효율적이다. 재난 손실 평가 시스템은 지리공간정보에 기초하므로 재난 모델은 지리정보자료의 관리에 효율적이어야 한다. 또한 사용자가 프로그램 전문가가 아니므로 비주요한 입력 및 출력 방식이 필요하다. 단, ArcGIS와 같은 상용 모델을 기반으로 재난 모델이 개발될 경우, 모델 사용자는 상용 모델의 개발자로부터 라이선스 구매가 필요하며, 라이선스 구매로 인한 비용 절감 방향을 고려할 필요가 있다.

이와 함께 운영체제나 GIS 버전에 독립적인 모델 개발 방향도 모색해야 한다. HAZUS-MH4는 마이크로소프트 윈도우 XP SP3 영문판에서만 설치되고, ArcView 9.3 SP1 이나 ArcGIS 9.3.1이 먼저 설치되어 있어야만 설치된다. 또한 HAZUS-MH4의 홍수 손실 평가 모델을 설치하기 위해서는 ArcGIS Spatial Analyst extension이 필요하며, 이러한 조건이 만족되어 있지 않을 경우 설치가 중단된다. 국내에 개발될 모델이 컴퓨터의 특정 운영 체제나 상용 모델의 특정 버전에 종속될 경우, 모델 사용자는 재난 모델 사용을 위해 운영 체제를 갱신할 수 없는 등 불편함을 겪게 되며, 결국 모델 수요가 줄어들 수 있다.

일곱번째, 재난 손실의 계산 속도를 향상시킬 수 있는 시스템 연구가 필요하다. 2009년 연방재난관리청은 국가 규모의 손실 자료를 평가하기 위해 Average Annualized Loss (ALE) Study를 시작하였고, 3개 지역 17주의 ALE를 부여받은 BakerAECOM 팀은 1117 군에서 군 단위의 Level 1⁴ 분석을 실시하였다. 약 9만개의 하도구간에 대한 홍수 손실 평가를 실시하였으며, 10년, 50년, 100년, 200년, 500년 빈도 홍수에 대한 당해연도 최대 가능 손실을 계산하였는데, 이 계산을 위해 3개월 동안 100대의 고성능 컴

퓨터가 사용되었다(Michael, S. and Zink, 2010). 재난 손실 평가는 많은 지리공간자료를 기반으로 운영되므로 대용량의 저장 공간이 요구된다. 미국의 경우, 주(state)마다 자산 목록 자료의 크기는 다르나 미국 전 지역 자료를 저장하기 위해서는 30GB 저장용량이 필요하다(연방재난관리청, 2011). 대용량의 자료를 이용하여 여러 가지 시나리오가 동시에 평가되어야 하는 재난 손실 평가는 상당량의 계산 자원이 요구된다. 비록 우리나라는 국토가 좁아 미국보다 지리공간정보가 크지 않을 것이나, 분석 수준이 상세화되면서 계산 속도 문제에 봉착할 수 있다. 또한 산지가 많고, 지역 경사가 심하며, 인구밀도가 높은 국내 여건에서 분석 수준이 높아지면 계산의 어려움을 겪을 수 있다. 현재 과학계에서는 병렬화, GPU 사용 등 계산 속도 향상을 위한 여러 가지 기술들이 개발되고 있다. 재난 모델의 개발 초기 단계에서 이들 기술을 활용한 효율적인 계산 구조가 고려되어야 할 것이다.

마지막으로 재난 모델의 수요 확보를 위해 재난 손실 평가를 권고하는 법제 마련이 요구된다. 재난 모델이 개발되기 위해서는 국가 기관의 시간과 연구비용이 소요되며, HAZUS의 사례에서 보듯이 지속적인 보완이 요구된다. 만약 법제적으로 재난 손실 평가를 권장하지 않는다면, 다양한 기술 정보가 요구되는 복잡한 재난 손실 평가는 이루어지지 않을 것이며, 재난 손실 평가 목적의 모델 역시 사장되기 쉽다. 이에 모델 개발 및 개발 시간과 비용이 헛되어 되지 않기 위해서는 지자체의 재난 손실 평가를 법제화할 필요가 있으며 검증된 재난 모델의 사용을 권장할 필요가 있다. HAZUS의 경우, 지방공무원들이 재난 대책을 세우고 경감책을 강구하는데 도움이 되기 위해 만들어졌으며 연방재난관리청은 ALE Study 등을 계획하여 HAZUS 사용을 의무화하고 있다.

4) 디폴트값을 활용한 간단한 재산 손실 평가

5. 결론

국내에 재난으로 인한 경제적, 인명적 피해를 줄이고, 지속가능한 국가 발전을 이끌기 위해 과학적이고 체계적인 재난 손실 평가 시스템이 요구되고 있다. 국내 재난 손실 평가 시스템 개발을 위해 미국 연방재난관리청의 다재난 손실 평가 소프트웨어인 HAZUS-MH4를 분석하고, 국내 재난 손실 평가 소프트웨어 개발 방향을 제안해 보았다.

지리공간정보, 재난위험도 평가 기술, 취약성 평가 기술, 경제적 손실 산출 기술 등이 한 시스템에 통합되는 재난 손실 평가 시스템이 원활히 운영되기 위해, 소프트웨어는 사용자에게 편리한 인터페이스를 가지고 원만한 계산 속도로 운영되어야 하며, 무엇보다 정확하고 과학적인 모듈 정보가 통합되어야 할 것이다. 또한 개별 모듈의 개발 및 재난 모델의 개발을 위해 자연과학, 공학, 지리공간정보, 보험업계의 전문가와 정부기관의 공조가 절실하며, 시스템의 지속적인 운영과 발전을 위해 재난 손실 평가를 의무화하는 법제 마련이 필요할 것으로 보인다. 다양한 기술 정보가 통합되는 재난 손실 평가 시스템의 개발은 장기 프로젝트가 될 수 있고, 개발 후에도 지속적인 보완이 필요한 만큼, 모델 개발은 시스템 개발 및 관리에 적합한 국가 기관이 주도할 필요가 있으며, 개발 기관의 주도 아래 재난위험평가기술, 지리공간정보, 취약성함수, 손실함수에 대한 연구도 지속적으로 이루어져야 한다. 국내 재난 손실 평가 시스템 구축 경험은 미국의 사례에서처럼 해외 재난 손실 평가 기술의 발전에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 국립방재연구소, 2006, 태풍위험도 추정을 위한 알고리즘 분석 연구
2. 국립방재연구소, 2007, 산업용 시설물의 풍해 취약도함수 국산화 연구 -산업용 건축물을 중심으로-
3. 뉴욕타임즈, 2011, Munich Re: Costs of Catastrophes Jumped in 2010. via
4. http://www.nytimes.com/aponline/2011/01/03/business/AP-EU-Germany-Munich-Re-Disasters.html?_r=1&hp
5. 당진군, 2010, 제7호 태풍 "곶파스" 피해지역 "특별재난지역" 선포. Via http://janghak.dangjin.go.kr/_prog/gboard/board.php?code=kr_notice&GotoPage=1&no=43802&parentno=43802&code_group=&sk=&sval=&tmp=&linkid=060104&code_default=&order=&mode=view
6. 연방재난관리청, 2011, HAZUS Hardware and Software Requirements. via
7. http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/hz_reqmnts.shtm
8. 이진우, 2007, GIS 기술을 이용한 하천치수사업관리 효율화 연구, 건설기술정보 2007. 11., pp.25-31.
9. 이충성, 최승안, 심명필, 김형수, 2006, GIS 기반의 분포형 홍수피해산정 기법. 대한토목학회논문집, 26(3B) pp.301-310.
10. Grossi and Kunreuther, 2005, Catastrophe Modeling: a new approach to managing risk, Springer, 2005.
11. Michael, S. and Zink, S., 2010, Mastering the logistics of a large scale hazus project. via <http://www.hazus.net/conference/docs/Wed-Zink-Michael.pdf>
12. HAZUS.org, 2011, Using Shakemap Data in a HAZUS-MH Earthquake Scenario. via http://www.hazus.org/HELP/Importing_Shakemaps_to_HAZUS.pdf