

연구노트

수치지도를 이용한 연안재해지도 작성 방안

정 종 철

남서울대학교 지리정보시스템공학과
(2007년 6월 9일 접수, 2007년 8월 20일 승인)

The Methods of Coastal Disaster Mapping Using Digital Map

Jong-Chul Jeong

Dep. Geoinformatics Eng. Namseoul Univ.

(Manuscript received 9 June 2007; accepted 20 August 2007)

Abstract

Natural hazards such as typhoon, flood, landslide affect both coastal and inland areas more often according to increasement of severe and unusual weather. To provide adequate coastal disaster mitigation strategies, coastal disaster prevention system using GIS is very useful. Application methods of digital map on this issue was discussed in this study. For developing of coastal disaster prevention system, the data structures related to disaster monitoring is needed to be revised for interdisciplinary framework. To improve the current coastal disaster mapping methods, GIS based new model for coastal disaster mapping was suggested. In this study, coastal GIS showed the attribute data and structures of coastal disaster mapping.

Key words : Coastal disaster digital mapping, GIS, Data model

1. 서론

우리나라는 자연-환경적 여건으로 인해 태풍의 주요 경로에 위치하여 연안재해에 취약하다. 또한 기후변화에 따른 연안재해의 다양한 변화가 일어나고 있어서 집중호우 등 이상기후 발생으로 인한 연안피해의 대규모화가 이루어지고 있으며 해일, 해수면상승 등으로 인한 연안 침수·침식현상이 빈번히 발생하고 있다. 사회·환경적 여건은 인구·산업의 지속적인 연안 집중화로 인해 11개 광역시·도 및

78개 시·군·구에서 인구의 약 27%가 연안에 거주하고 있으며 78개 시·군·구, 50개 항만, 410개 여항, 27개의 국가산업단지 및 40개소의 발전소가 연안에 위치하고 있다. 최근에는 간척·매립, 공단 조성 등으로 인해 연안환경이 더욱 악화되고 있으며 무분별한 개발·이용으로 연안의 훼손 및 환경파괴가 급격히 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 연안 환경변화와 지구기후변화는 연안재해가 빈번히 발생하는 원인이 되고 있다. 따라서 연안재해를 방제하기 위한 다양한 접근방법 중에서 연안재해지도의

작성이 제시되고 있다.

연안재해지도는 침수흔적도, 침수예상도 등의 재해정보지도를 통칭하며, 자연재해대책법 시행령 제18조의 규정에 의하여 침수흔적지도, 침수예상도(내륙지역 홍수범람위험도, 해안지역 해안침수예상도), 재해정보지도는 피난활용형, 방재정보형, 방재교육형 재해정보지도와 같이 구분하여 설명할 수 있다.

“자연재해대책법” 중에서 재난관련 GIS의 생산 활용을 위한 근거규정으로는 우선, 제21조(각종 지도의 제작 활용) 제1항에서 재난과 관련된 각종 지도의 제작 활용에 대해 규정하고 있다. 이를 위해, 지방자치 단체의 장은 하천범람 등 자연재해를 경감하고, 신속한 주민대피 등을 위하여 침수흔적도 등 각종 지도를 작성 보존 활용하도록 규정하고 있다. 제2항에서 지자체 장은 침수피해가 발생한 경우 침수흔적도를 작성 보존하고, 현장에 침수흔적을 표시 관리하도록 규정하고 있다. 또한, 제34조에서는 자연재해의 예방, 대비, 대응, 복구에 필요한 재해정보를 관리하고, 이용체계를 구축 운용하며, 재해영향평가나 재해위험지구를 지정할 때 지도사용을 의무화하도록 규정하고 있다.

연안방재GIS의 구축 활용과 관련된 근거규정으로는 제21조 제3항을 들 수 있다. 여기서는 사전재해영향성 검토 협의, 자연재해위험지구 지정 정비 계획 및 사업계획의 수립, 풍수해 저감 종합계획의 수립 등에 제1항의 규정에 의한 지도나 침수흔적도를 활용하도록 규정하고 있다(박종택 외, 2005).

연안재해는 조석, 기상해일, 지진해일, 파랑 등이 단독 또는 복합적으로 작용하여 해수위가 상승하고 해안지역이 침수하는 것을 말하는데 쓰나미와 같은 지진해일은 해저지진으로 해저면에 급격한 변위가 발생하고 에너지가 상부 해수층에 전달되어 해수위 변동으로 큰 피해를 발생시킨다. 따라서 급격한 연안의 피해상황을 신속하게 지도화하고 이를 통해 재난피해의 복구와 방재전략을 구축하기 위한 연안재해지도는 해안침수시 지역주민의 신속하고 안전한 피난을 돕고, 행정적으로는 방재대책 수립과 피난구조활동에 주목적을 두고 있으므로 자세하고 정

확한 침수정보가 필수적이다.

외국의 적용사례는 일본의 경우 건설성에서 재해위험도를 작성하여 지자체에 공급하고 있다. 연안침수실적도, 연안침수범람위험 구역도, 지진해일 침수위험도 등을 피난활용형, 재해학습형, 방재정보형 등으로 구분하여 보급하고 있다. 1993년 일본 홋카이도 연안의 지진해일 이후 보다 실용적인 연안재해위험도 작성의 필요성을 인식하여 1997년 지진해일 재해예측 매뉴얼을 작성하였고, 2004년 일본 내각부 방재담당은 농림수산성, 국토교통성과 공동으로 폭풍해일 지진해일의 피해를 저감하기 위한 위험도 정보제공 정책을 시행하고 있다.

미국의 경우 FEMA에서 연안침수실적도, 연안침수예상도, 해일피해예상도 등 다양한 홍수관련 정보를 웹을 통하여 국민에 제공하고 있으며, 홍수보험료 산정을 위한 표준제작절차를 제시하고 있다. 지진해일 재해저감을 위한 노력으로 진행해온 TIME project (Tsunami Inundation Mapping Efforts)를 통해 미국 서부지진해일 위험지구에 대한 지진해일 위험지도를 작성하고 배포하였다.

국가지진해일 위험완화 프로그램을 이용하여 지진해일의 국가안전체계 확립과 세계지진해일 정보를 공유하고, 지진해일의 위험을 최소화하기 위해 위험평가, 경고, 대응의 3단계로 추진하고 있으며, 태풍 카트리나 해일 범람 피해를 계기로 해일범람 예측도의 제작과 정보제공의 행정적 시행이 이루어지고 있다.

우리나라의 경우 연안지역에 대규모의 다양한 연안개발 사업이 이루어지고 있고 이는 연안지역의 환경변화를 유발하기 때문에 이에 대한 환경영향평가가 이루어지고 있어서 대규모 연안개발사업에 대한 사전환경성평가는 매우 중요한 의미를 갖는다(김임순 외, 2007). 또한 소방방재청은 각종 개발사업에 대해 자연재해대책법을 근거로 사전재해영향평가를 시행하고 있으며 이에 대한 분석 방법의 제시와 평가기준 등이 연구되고 있다. 그러나 환경영향평가와 재해영향평가의 본질적 의미와 평가 준거 틀에 대한 논의는 부족한 실정이다.

최근에 박종택 외(2005)는 방재국토 구축을 위한 GIS 활용방안 연구(I)를 통해 방재GIS 데이터의 통합 활용방안을 제시하였고, 건설교통부(2004)는 국가GIS 성과를 이용한 자연재해 모델링기법 개발 및 DB구축방안 연구를 수행하였다. 또한 국립방재연구소(2003)는 GIS를 이용한 재난관리체계 구축에 관한 연구를 통해 재해분야에 대한 지리정보체계의 분석 틀을 적용하는 방안을 제시하고 있으나 하천이나 도시재해에 관련된 연구 성과를 제시하고 있으며 연안재해에 대한 적용 연구는 미약한 실정이다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 연안재해의 발생과 피해 저감을 위한 연안재해영향평가와 연안방재의 기초 자료로 활용될 수 있는 연안재해지도의 작성과 적용 방법을 제시하는데 본 연구의 목적이 있다.

II. 연구방법 및 데이터

만조시에 홍수에 의한 침수나 연안해일이나 태풍에 의한 연안침수가 발생할 경우 예상침수심은 침수수치모의에 의해 결정되며, 침수수치모의의 정확성은 수치모형의 입력 자료인 지형 및 구조물 정보의 정확성에 따라 크게 좌우된다. 이러한 수치모형을 위한 자료는 과거의 침수실적에 의해 많은 변수를 추출하는데 그 동안 조사기록이 많이 남아있지 않아 주민탐문에 의해 작성하거나 과거 침수지도를 활용한다(소방방재청, 2006).

연안재해에 의해 발생한 침수정보를 지도에 표시하기 위해서는 작성대상구역이 기초지방자치단체 등의 공간 규모로 국한될 수밖에 없으며, 정도 높은 침수수치모의에 필수적인 자세한 지형정보 및 침수실적도 작성은 주민탐문 등을 고려하여 기초자치단체에서 작성한다.

본 연구는 연안재해와 관련한 지도의 GIS 작성기법과 관련하여 요구되는 속성정보의 수집과 수치지도 작성에 의한 재해방재정보시스템의 활용을 위한 지도 작성 방안을 제시하는데 연구의 목적이다. 따라서 연안재해와 관련한 지도의 종류와 재해분석을 위한 속성자료의 개념과 수집 및 분석에 대한 내용을 해석하

였다. 특히 발생하지 않은 재해의 영향을 사전에 모의하거나 발생한 재해의 특성과 이력을 정보시스템으로 구축하기 위한 자료 구축방안을 살펴보았다.

본 연구에서 사용된 자료는 연안재해가 연안환경변화와 밀접한 관계를 가지고 있을 것을 예상하여 환경변화적인 측면과 연안재해가 발생하는 경우 이를 방재하고 복구하는 가능한 시나리오를 예측하여 GIS와 연계하는데 필요한 자료의 목록과 작성방안 및 구축자료의 해석에 대한 적용 기법을 본 연구에서 비교하여 제시하였다.

III. 연구결과 및 고찰

우리나라의 연안재해는 각각의 발생 및 거동특성이 다르고, 표 1과 같이 연안재해의 유형도 다양하다. 특히 서해안, 남해안, 동해안 등의 장소에 따라 주요 침수원인이 다르다.

그러므로 이들 연안재해지도는 침수요인별로 (천문)고조재해지도, 기상(폭풍)해일재해지도, 지진해일재해지도 등으로 분류할 수 있다. 또한 활용측면에 따라서는 주민이 활용하는 지도와 행정적으로 활용하는 지도 등 2가지로 대별된다. 주민이 활용하는 지도는 다시 피난에 유용한 것을 목적으로 한 피난활용형지도와 재해학습형 지도로 분류된다(표 2).

행정적으로 활용되는 지도는 주민의 피난유도나 수방활동과 구조활동 등에 유용한 것을 목적으로 한 방재정보형 지도이며 그림 1은 시흥시 오이도 지역에 설치된 주민대피형 방재지도이다. 시흥시 오이도지역의 해일방재에 대한 대피경로와 위험지역

표 1. 연안재해유형과 속성

구 분	GIS 적용 속성자료
연안침식재해	연안지형의 변화와 연안매립지역에 대한 위치, 지형변화, 지질도, 침식의 피해정도에 대한 조사
연안시설물 재해	연안시설물의 위치와 시설현황 재해에 대해 위험 정도, 재해피해 지역 지도
해일범람재해	해일의 주요 피해지역에 대한 빈도와 피해 조사, 해일범람에 대한 시뮬레이션, 3차원 지형정보와 범람 시설방지

표 2. 연안방재지도의 종류

구 분	종 류
침수 요인별	(천문)고조재해지도, 기상(폭풍)해일재해지도, 지진해일재해지도
활용 측면	주민이 활용하는 지도 행정적으로 활용하는 지도
주민 활용	피난활용형지도 재해학습형 지도
행정 활용	주민의 피난유도나 구조활동 등에 적용하는 방재 정보형 지도

을 계시판 형태로 나타내고 있다. 또한 그림 2와 그림 3은 행정정보의 이용을 위한 연안침수범람도의 제작사례이다.

연안재해지도를 작성하기 위해서는 태풍·호우·해일 등 풍수해로 인한 피해지역에 대한 침수흔적을 조사하여 침수흔적을 보존·관리하고 침수흔적도 작성 등 재해지도를 작성하는데 기초 자료로 활용하기 위하여 침수흔적조사를 실시한다. 침수흔적조사 시기는 자연재해대책법 제21조 제2항의 규정에 의거 시장·군수·구청장은 침수피해가 발생한 경우 침수 범람 등의 침수흔적을 조사하여야 하고, 침수흔적조사는 침수피해 발생 후 가능한 빠른 시일 내에 조사비용 등을 포함한 침수흔적조사 계획을 수립하여 신속한 침수흔적 조사를 실시한다.

침수흔적조사 방법은 피해발생 후 침수흔적을 정



그림 1. 주민 방재정보형 지도



그림 2. 행정자치부의 연안침수범람도 제작사례

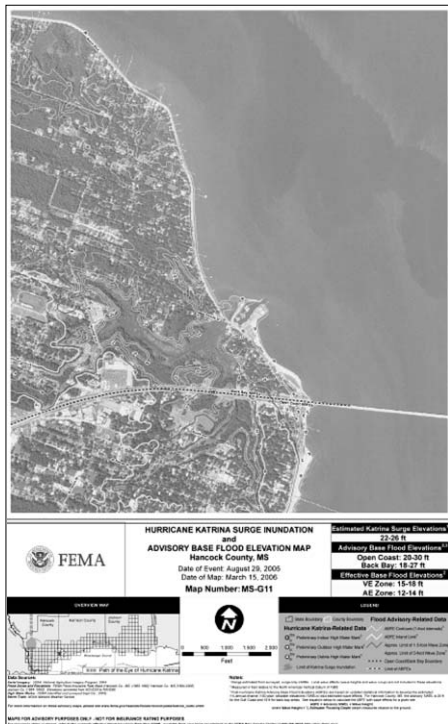


그림 3. 미국의 연안침수범람지도 제작 사례

밀하게 일제 조사하는 데는 많은 시간과 비용이 소요되므로 피해발생 후 즉시 시행하는 초동조사와 정밀조사로 구분하여 실시할 수 있다. 그림 3의 위성영상에 의한 침수흔적 표기방안은 현장조사 자료의 위치와 침수발생 지역의 공간적 자료를 구축하기 용이하고 이를 바탕으로 과거 연안침수지역의 이력 자료를 데이터베이스로 구축하고 침수 통계 및 예측을 위한 침수흔적 조사결과의 공간분석기법

의 활용을 제시할 수 있다.

재해지도의 작성 범위는 원칙적으로 관할 행정구역 전체를 대상으로 작성한다. 침수흔적 및 침수예상 범위가 2개 이상의 행정구역에 걸쳐있는 경우와 대피장소 및 대피경로 등 대피계획을 수립할 때 인접 행정구역을 통합하여 대피계획을 수립하는 것이 타당하다고 판단되는 경우에는 행정구역을 통합하여 재해지도를 작성한다.

재해지도는 단순히 지도만을 제작하는 것이 아니라 침수지역에 대한 침수흔적조사, 침수예상분석, 대피계획 수립 등 종합적인 검토 분석이 실시되어야 한다. 또한 침수흔적조사 및 침수흔적도의 작성은 침수흔적자료의 연속적인 누적관리가 필요하므로 침수흔적 관리를 지속적으로 수행할 수 있는 자료구축 방안이 제시되어야 한다. 이를 위해 수치지도의 중첩방안을 제시할 수 있다.

침수예상도와 재해정보지도의 작성은 지도의 작성 목적에 따라 지역방재분야, 수자원분야, 지리정보시스템(GIS)분야, 해일 및 해양 측량분야(해안침수예상도)의 종합적인 방안을 적용하여 작성되어야 한다. 표 3에서는 이러한 지도의 작성방안을 제시하였다.

연안재해수치지도의 자료 생산과 데이터베이스 구축방법은 재해예방 대비와 대응, 복구 세 가지 단계로 구분할 수 있다. 첫째, 재해위험 지역관리를 위한 수치지도작성 방법은 행정경계, 도로, 건물, 등고선, 표고점, 지적, 수계, 저수지, 관공서 위치정보와 기상정보(강수량, 풍향, 풍속 등)를 포함하게 되며, 재해위험지역경계, 고립예상지역에 관련한

표 3. 연안재해지도 작성의 수치지도 자료

구 분	연안침수흔적도	연안침수예상도	재해위험도 정보지도
주 제 도	1: 5000, 1: 1000	1: 5000	1: 5000
재해지도 적용	대응-복구 단계	예방대비 단계	대응-복구 단계
원시자료	현지조사, 지자체, 지역소방본부에서 사진, 피해원인, 범위, 시설, 경로 등과 침수 지도, 침수이력 데이터, 침수범위, 침수심	해일발생지점, 이동경로, 침수예상지역, 도로망도, 의료기관 위치, 대피로, 대피소위치, 자체 장비 위치현황 데이터 행정	토양 및 지질도, 해도, 수치지형도, 기상자료, 산림청, 환경부, 해양수산부, 지자체, 국토지리정보원, 기상청
속성정보	침수발생지점, 피해내용의 피해원인, 범위, 시설, 경로 등과 침수 지속시간, 침수이력 데이터, 침수범위, 침수심	경계, 도로, 건물, 등고선, 표고점, 지적, 수계, 저수지, 관공서 위치정보와 기상정보 침수범위, 침수심, 재해위험지역경계, 고립예상지역	해일침수 발생지점, 강수량, 조위자료, 해일이동경로, 예상 피해방향 및 경로, 해도, 지층구조, 방조제높이, 예상 침수심, 토지이용도, 토양도 데이터, 대피정보, 행정정보

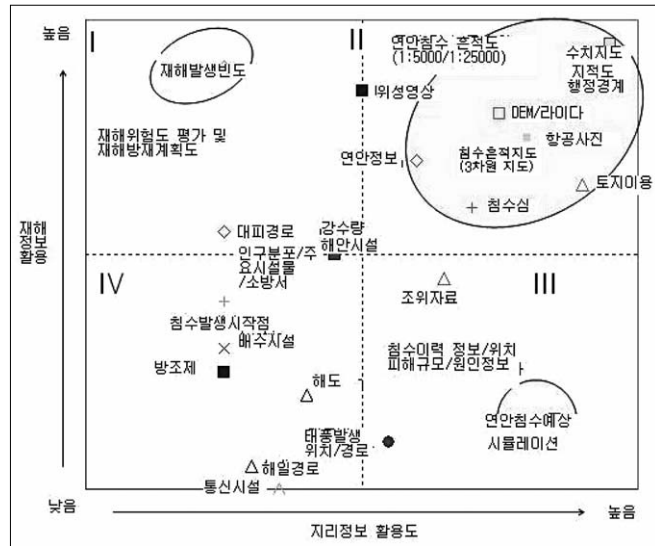


그림 4. 연안재해수치지도 작성과 활용 구분

수치지도와 속성정보를 구축하게 된다.

이러한 데이터는 국지 특성을 갖는 1:5000 이상의 대축적으로 구축하며, 원시자료는 수치지형도, 편집지적도, 기상자료에 의해 분석된 자료를 바탕으로 침수흔적도와 재해이력지도를 작성한다.

둘째, 연안침수 흔적도 작성은 침수발생지점, 피해원인, 범위, 시설, 경로 등과 침수 지속시간, 침수 이력 데이터를 1:5000 이상의 대축적으로 구축한다.

셋째, 연안재해 위험도 작성은 연안해일 발생지점, 강수량, 조위자료, 해일이동경로, 예상피해방향 및 경로, 해도, 지층구조, 방조제높이, 예상 침수심, 토지이용도, 토양도 데이터를 1:5000 이상의 대축적으로 구축하며, 원시자료는 토양 및 지질도, 해도, 수치지형도, 기상자료를 이용한다.

넷째, 연안재해 대피도는 해일발생지점, 이동경로, 침수예상지역, 도로망도, 의료기관 위치, 대피로, 대피소위치, 자재 장비 위치현황 데이터를 국지 특성을 갖는 1:5000 이상의 대축적으로 작성한다.

국내에서 연안재해지도의 작성과 GIS의 적용 사례에 대한 분석은 그림 4의 연안재해 작성과 활용 구분도를 통해 제시할 수 있다. 2007년 사천시에서 연안재해지도 작성에 대한 위성영상의 활용방안이 시도되었고 II영역, III영역에 속하는 해양수산부 연안 계획과의 연안위험취약지역분석은 연안의 다양한 환

경변화와 매립과 항만건설 등 인간 활동에 대해 사전 재해의 영향을 평가하고 사전환경영향에 대한 분석 요소를 고려하기 위한 GIS자료 구축을 추진하였다.

또한, 연안위험취약지역 정보시스템을 구축하여 78개 연안 시군구를 대상으로 고해상도 위성영상인 IKONOS를 기반으로 최근 10년 동안 발생한 태풍, 범람, 해일에 의한 피해 자료를 수집하여 피해지역의 위치와 속성정보뿐만 아니라 연안지형, 환경 및 각종 시설물 정보 등을 웹 환경에서 제공하고 있다.

실세계와 유사한 환경에서 다양한 정보 제공을 위해 육상과 해상부분을 통합한 3차원 지형정보를 제공하고 있으며, 고해상도 위성영상을 비롯한 대용량의 데이터를 분할압축 및 전송기법의 영상처리 기술을 이용하여 연안재해에 대한 위험지역을 위성 영상 지도로 제공하고 있다. 그러나 연안재해의 시스템 구축은 연안재해의 예방대비와 대응, 복구와 같은 접근방법을 적용하고 있지 못하고 예상침수지역의 모델적용이 지형 고도자료에 의한 단순한 시뮬레이션으로 제한되어 있다.

III 영역의 경우 침수흔적도의 활용을 위한 적용 사례로 강원도 삼척 임원항이 지난 '83년과 '93년의 일본 서해 해저지진 발생으로 직접적인 피해가 발생하였는데, 동해안의 다른 항포구에 비해 임원항이 인명피해가 발생한 이유는 해저지형의 영향으

로서 임원항 전면의 동해해저는 다른 지역에 비해 얇은 천퇴로 구성되어 있어 해일 전파시 해일파가 수렴되어 임원항에 영향을 가한 것으로 나타났다.

따라서 우선적으로 과거 피해이력이 있는 지역을 대상으로 가급적 해저와 해상 모두 세밀한 수치지형도를 바탕으로 지진해일 거동에 대한 시뮬레이션을 실시하고 이를 토대로 예상되는 침수심도와 피해 가능 범위를 모의하고 지도를 작성하는 방안이 요구된다.

I과 IV영역은 침수예상도 및 재해정보 지도를 작성하는 경우로 과거 10년 주기의 침수흔적도와 침수흔적정보를 활용한다. 이는 사전재해영향성검토 협의, 자연재해위험지구의 지정, 자연재해위험지구 정비계획의 수립, 자연재해위험지구 사업계획의 수립, 풍수해저감종합계획의 수립 등에 침수흔적도를 활용하는 기반이 된다. 또한 2005년부터 건축법의 재해관리지구기" 국토의이용및계획에관한법률"의 방재지구로 통합되는 만큼(충남방재연구소, 2006) 해일피해 취약지구의 관리를 위해 지금까지 건축법에 의한 재해관리 지정이 침수흔적도와 침수예상도 작성에 의한 보다 효율적인 이용체계를 가질 것으로 판단된다.

IV. 결 론

연안재해수치지도의 활용은 단순히 재해지역의 이력관리를 목적으로 하는 것이 아니라 방재 및 응급복구의 기능을 갖고 있는 의사지원체계를 구축하는데 기초가 된다. 휴대폰과 같은 정보통신 기기의 발달은 불특정 다수로부터 재해정보를 수집하고 이를 통신시스템에 의해 위치정보를 포함한 GIS 재해 지도로 작성 및 분석하고 이를 재해예상지역에 전파하는 대응시스템으로 구축할 수 있다.

또한 연안재해의 예방 대응 복구 단계별 지도 활용을 위한 신속한 정보체계의 흐름을 구현하는데 있어서 GIS 기술에 의한 재해지도의 작성과 운영은 보다 효율적인 정보 전달체계를 지원하는 수단이 될 수 있다.

본 연구에서 구축되는 연안재해수치지도의 작성

은 다음의 세단계로 활용체계를 제시할 수 있다. 첫째, 연안재해 예방단계에서 부터 방재계획의 수립 및 재난대비를 위한 1차 단계에 활용된다.

둘째, 연안재해 대응단계에서는 긴급 상황에 신속히 대응할 수 있는 정보제공 및 지원에 활용된다.

셋째, 연안재해 복구단계에서는 구호물자 및 복구장비의 신속한 전달, 부상자 이송, 피해원인 분석 및 대책 수립에 활용된다.

연안재해의 수치지도는 지리정보시스템 기반의 재해정보 안내 콘텐츠를 서비스하는 시스템으로 어촌 및 해수욕장의 휴양객들을 대상으로 정보를 제공하도록 구축하는 방안이 제시될 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2006학년도 남서울대학교 학술연구비 지원에 의해 연구되었음.

참고문헌

- 건설교통부, 2004, 국가GIS 성과를 이용한 자연재해 모델링기법 개발 및 DB구축방안 연구. pp. 24-57.
- 국립방재연구소, 2003, GIS를 이용한 재난관리체계 구축에 관한 연구. pp. 24-52.
- 박종택 외, 2005, 방재국토 구축을 위한 GIS 활용 방안 연구(I) - 방재GIS 데이터의 통합 활용 방안, 국토연구원. pp.17 - 18.
- 소방방재청, 2006, 재해지도 작성 기준 등에 관한 지침, 소방방재청 고시 제2006-6호 (2006. 6. 30).
- 충남방재연구소, 2006, 울주군 방재전략 기본계획, pp.32-46.
- 해양수산부 연안계획과, 2007, 연안관리정보시스템, (<http://www.coast.kr>).
- FEMA(Federal Emergency Management Agency), <http://www.fema.gov>