GIS 기반의 홍수위험지도 관리시스템 구축에 관한 연구

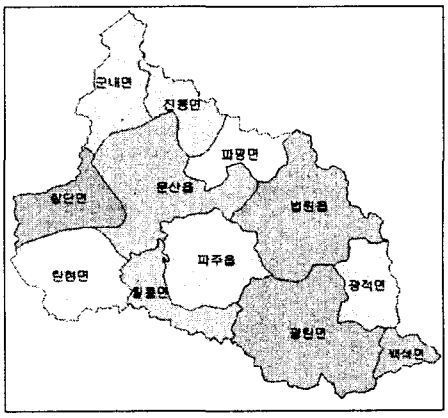
윤천주[1], 김계현[2], 이상일[3]

1. 연구의 배경 및 목적

주기적으로 반복되는 홍수에 의한 재산과 인명피해를 최소화하기 위해서는 홍수 피해 위험도가 높은 지역을 파악 관리하여야 하며, 지역의 주민에게도 지역의 특성을 주지하여야 한다. 이와 함께 홍수시 피난 경로와 피난 장소, 의약품과 식량 및 주요 구난 장비의 위치 등을 상세히 제공하여 신속한 재난 대처와 함께 인명과 재산의 피해를 최소화하여야 한다.

홍수위험지도는 태풍이나 집중호우에 의한 홍수 발생시 제방의 월류 및 붕괴로 인한 예상 침수 구역을 강우빈도(100년, 200년 등)별로 도시하고, 침수면적과 깊이를 표현한 지도로서 국외 선진국에서는 방재형 국토관리의 정책결정과 홍수피해에 대한 대민 홍보의 수단으로 활용되고 있다. 국내에서도 홍수에 의한 피해가 나날이 커지고 국토 개발에 따른 자연 재해가 많아짐에 따라 홍수에 의한 피해를 최소화하기 위한 노력의 일환으로 홍수위험지도의 제작 및 관리 시스템의 필요성이 증대되고 있다.

본 연구의 목적은 수문 모형과 입력 데이터의 연계를 바탕으로 홍수침수범위의 예측과 함께 결과물의 도시를 위한 홍수위험지도 관리시스템의 구축에 있다. 본 연구는 '99년 여름 경기도 북부지역에서 발생한 홍수 사상 등을 고려한 상습 침수지역인 문산천 유역을 대상으로 이루어졌다(그림 1).



<그림 1> 연구 대상 지역(문산천유역)

2. 사용자 요구분석

본 연구는 외국 사례의 분석과 함께 현행 홍수관리업무의 분석, 관련 업무 기능 및 처리절차 조사, 문제점 및 요구사항의 분석 등을 통하여 국내에 적합한 홍수위험지도 및 홍수위험지도 관리시스템을 위한 사용자 요구분석을 실시하였다. 국내 사용자 요구분석은 설문을 통하여 요구사항을 분석하였으며, 설문 대상은 공공기관과 산업체, 학술단체의 연구원 등을 대상으로 하였다(표 1).

국외 선진국에서는 위험관리의 구조적 문제점을 분석하여, 재발 방지책을 세우고 홍수 관련 위험으로부터 효과적으로 대처하기 위해 국가적인 관리체계를 구축하여 운영하고 있다. 홍수위험지도

1) 인하대학교 지리정보공학과 석사과정 · 032-875-4413(E-mail:g22001317@inhavision.inha.ac.kr)
2) 인하대학교 지리정보공학과 부교수 · 공학박사 · 032-860-7602(E-mail:kyehyun@inha.ac.kr)
3) 동국대학교 토목환경공학부 부교수 · 공학박사 · 02-2264-5216(E-mail:islee@dgu.ac.kr)

<표 1> 사용자 요구분석 및 일본의 홍수위험지도 비교

설문의 주요 내용	요구사항	일본의 홍수위험지도
사용목적	홍수재해관리, 재해피난	홍수재해관리재해피난
호우빈도	100년, 200년 빈도	100, 200년 빈도
DEM 해상도	1m, 5m, 30m	-
침수심 표시간격	0.2m, 0.5m	0.5m
지도의 축적	1:5,000, 1:50,000	1:10,000 ~ 1:12,000
홍수지도 공개여부	공개	주민배포

의 활용에 있어서 일본의 경우에는 홍수 위험도가 높은 지역에 대하여 강우사상에 따른 침수 예상 지역을 표시하고, 침수시 피난을 위한 피난경로 등 상세 정보를 표시한 홍수위험지도를 만들어 일반 주민에게 공급하고 있다. 또한 평상시에는 이러한 홍수위험지도를 이용하여 주민에게 홍수시의 행동 요령 및 나아가 산불이나 대형 화재, 지진 등의 재난 발생시 행동요령의 숙지와 함께 재난에 대한 국민의 인식을 고취하는데 활용하고 있다. 미국의 경우에도 홍수위험지도를 만들어 홍수에 대처는 물론 홍수에 따른 피해 보상을 위한 홍수보험을 실시하고 있다. 이러한 홍수보험의 실시를 위하여 지역별 홍수위험도를 홍수위험지도에 정량화하여 표기함으로써 보험회사에서 홍수보험을 판매하는데 기본 평가자료로 활용하고 있다(국립방재연구소, 2000).

홍수위험지도 관리시스템의 주요 사용자는 중앙재해대책위원회 등의 중앙정부의 홍수관련 업무 담당자로서 홍수관련 정책을 수립하는 사람이나 지도를 조회하여 재해업무나 행정업무(건축허가, 도시계획, 하천관리업무)를 하는 사람, 또는 홍수위험지도를 제작하는 사람으로 정의하였다.

3. 시스템 설계 및 데이터베이스 구축

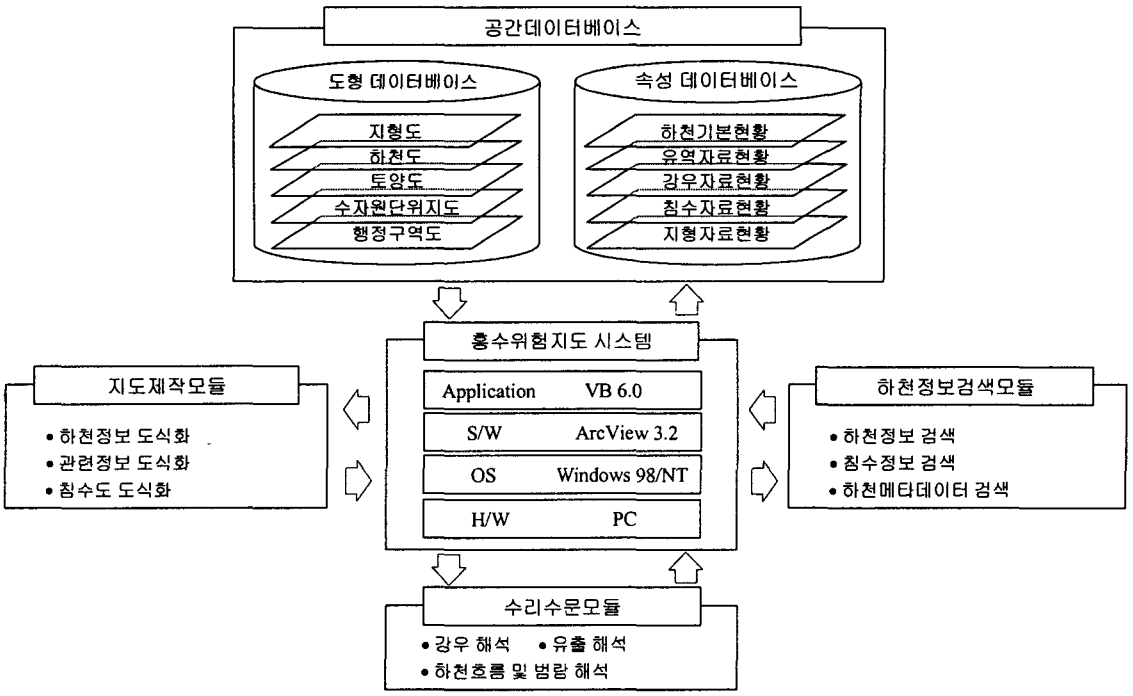
3.1 시스템 설계

홍수위험지도 관리시스템은 하천관리자나 재해업무관리자의 업무의 효율성과 시스템의 확장성을 확보하기 위하여 시스템 기능 표준 설계가 이루어 진 후, 주요 하위 기능을 도출하였다. 도출된 주요 하위 기능은 하천정보 검색 모듈, 수리·수문 모듈, 홍수위험지도 제작 모듈로 설계되었다. 하천정보 검색 모듈은 도형 및 속성 데이터베이스를 이용하여 사용자가 하천 및 홍수관련 정보의 조회가 가능하도록 설계되었다. 수리·수문 모듈은 강우해석, 유출해석, 범람해석 등의 모형과 연계가 가능하도록 설계되었으며, 특히 범람해석의 경우에는 해석 결과를 GIS 데이터로 변환하여 조회를 가능하도록 설계하였다. 지도제작 모듈은 사용자를 위해 화면 출력뿐 아니라, 주민 홍보를 위한 홍수위험지도를 출력할 수 있도록 구성하였다(그림 2).

3.2 데이터베이스 설계 및 구축

(1) 데이터베이스 설계

데이터베이스 설계는 본 연구와 병행하여 추진된 "하천정보표준화" 연구의 결과로서 정립된 표준 하천 데이터모델을 근간으로 하였다(한국수자원공사, 2001). 홍수범람 모델링과 관련 정보의 분석을 위한 레이어의 구조가 단순한 만큼 확장성을 고려한 도형정보와 속성정보의 연계를 강조하였다. 또한, 설계된 GIS 데이터베이스는 문산천의 시범지역을 대상으로 구축되어 수리·수문 모델링과 하천의 홍수 관련 제반 데이터를 포함하였다.

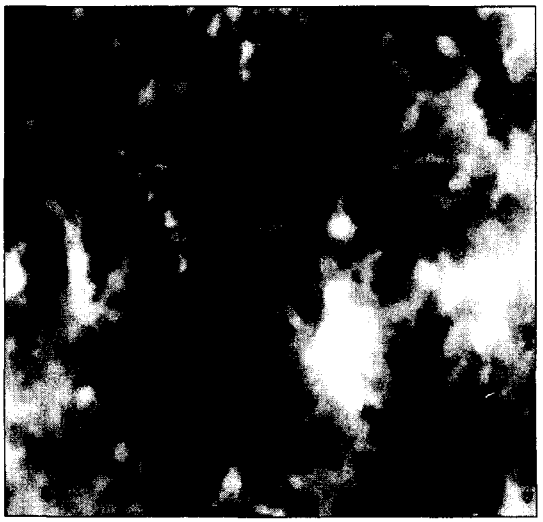


<그림 2> 시스템 구성도

(2) 시범지역의 데이터베이스 구축

본 연구에서는 범람구역 모델링을 위한 다양한 지형자료의 구축방안을 비교·분석하여 보다 경제적이고 효율적인 지형정보의 구축방안을 고려하였다. 아울러 지역적 특성을 고려하여 기구축된 데이터를 이용하는 방법과 신규제작하는 방법을 이용하여 구축하였다(표 2).

연구 대상지역인 문산유역의 경우 북한과 인접한 지역의 특성으로 인해 국립지리원의 수치지도가 구축되지 않은 지역이며, 종이 지도의 경우도 1:5,000이상의 대축척 지도가 존재하지 않는 지역이다. 따라서 인구가 밀집한 문산읍의 경우는 1:25,000의 종이지형도를 사용하였으며, 문산천 유역의 경우에는 1:50,000의 종이지형도를 사용하여 도형 데이터를 구축하였다. 신규로 구축한 데이터베이스의 종류는 DEM, 하천도, 도로, 철도, 행정구역도, 교량·철교, 호수·저수지이며, 기존에 구축된 데이터를 활용한 레이어로는 수자원 단위 지도, 지질도, 토양도, 녹지 자연도 등을 들 수 있다.



<그림 3> 제작된 DEM

범람구역을 예측하기 위한 모델링을 지원하기 위해서는 정확도와 경제성, 객관성 및 현실성이 높은 지형공간자료의 효율적인 구축이 매우 중요한 사항이다(Sugumaran, 2000). 연구 대상지역은 지역의 특성상 정보의 확보가 어려워 제내·외지를 구분할 수 있는 DEM 제작에 애로사항이 많았다. 여러 대안의 검토 결과 경제성과 현실성, 정확성 등을 고려하여 고해상도 위성자료를 활용하여 sub-meter 단위의 DEM을 구축하여 홍수범람 모

<표 2> GIS 데이터베이스 목록

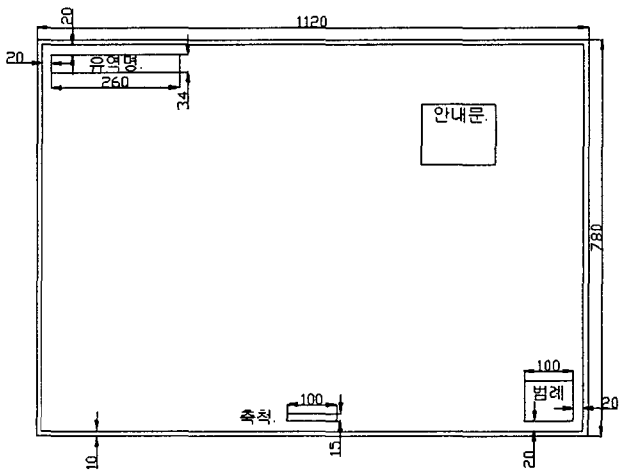
분류	축척	원시데이터	구축방법	비고
DEM	10m×10m	인공위성영상	Z-SPACE프로그램	TK-350, 한국수자원공사
등고선·표고점	1:25,000 1:50,000	종이지형도	종이지도 벡터라이징	'74년 항공측량 '96년 제작
하천				
도로				
철도				
행정구역도				
교량/철교				
호수/저수지				
수자원 단위지도	1:5,000	수자원단위지도	기 구축자료 획득	한국수자원공사
지질도	1:1,000,000	지질도	기 구축자료 획득	한국자원지질연구원
	1:250,000	지질도	기 구축자료 획득	한국자원지질연구원
녹지자연도	1:25,000	녹지자연도	기 구축자료 획득	환경부
토양도	1:25,000	토양도	기 구축자료 획득	농업기반공사

델링을 통한 침수 지역의 경계 작성 및 수리 수문 입력데이터로 활용하였다. 본 연구에서 사용된 고해상도의 위성영상은 러시아의 TK-350이며, 이는 한국수자원공사의 협조로 제작되었다(그림 3).

4. 홍수위험지도 관리시스템 개발

4.1 홍수위험지도 설계

홍수위험지도의 제작은 일반 주민들에게 배포할 내용이므로 전문적인 내용을 배제하고 일반적인 종이지도와 유사하게 제작되어 손쉽게 이해되도록 하였다. 제안된 홍수위험지도의 규격은 기본형과 게시형의 두 가지를 들 수 있다. 도면의 규격은 기존의 지도제작시스템과 호환을 위해서 기본형의 경우에는 국립지리원에서 발행되고 있는 국가기본도의 도면과 동일한 규격으로 하였으며, 게시형의 경우에는 일본의 홍수범람규역도의 크기를 참조하였다. 따라서 기본형의 경우 550mm×440 mm, 게시형의 경우 1120mm×780mm로 정의하였다(그림 4). 아울러 사용자에게 지도 사용이 편리하도록 유역 명칭, 안내문, 축척, 범례 등에 대한 정보를 제공할 수 있도록 설계하였다.



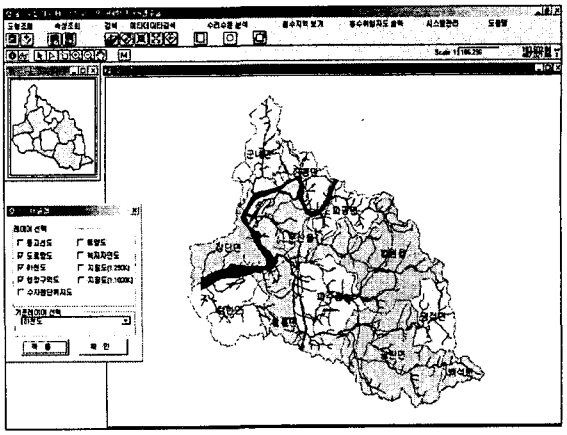
<그림 4> 홍수위험지도(게시형)

4.2 하천정보 검색 모듈

홍수위험지도 관리시스템의 도형조회 메뉴를 이용하여 사용자가 대상지역의 주제도를 조회 가능하도록 구성되었다. 도형조회 메뉴에서 레이어 중첩기능을 지원하여, 이 기능을 통하여 사용자가 원하는 레이어를 화면에 추가 또는 삭제할 수 있도록 하였다(그림 5).

속성조회 기능은 해당하는 지역의 레이어별 속성정보를 제공하도록 구현하였다. 하천 레이어의 경우 홍수위험지도에서 가장 중요한 레이어로서 일반 속성 이외에도 상세한 속성 정보를 조회할 수 있도록 하였다.

메타데이터 검색기능에서는 본 연구와 병행하여 수행된 "하천정보표준화"에서 개발된 메타데이터 편집기를 이용하여 하천 메타데이터를 검색 및 수정할 수 있는 기능을 제공하였다(수자원공사, 2001).

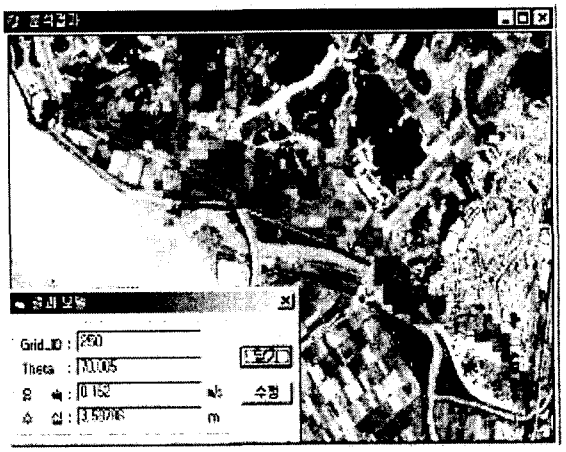


<그림 5> 도형정보의 검색

4.3 수리·수문 모듈

수리·수문모듈은 강우해석, 유출해석, 하도추적, 범람해석 등의 수리·수문모델링을 연계할 수 있도록 개발되었다. 각 모델링의 입력 및 출력 데이터의 조회는 사용자의 편의를 도모하기 위해 윈도우 형태의 GUI를 제공하도록 구현되었다. 또한 각 모델링마다 도움말 기능을 지원하여 입력데이터 및 출력데이터의 이해를 도울 수 있도록 하였다.

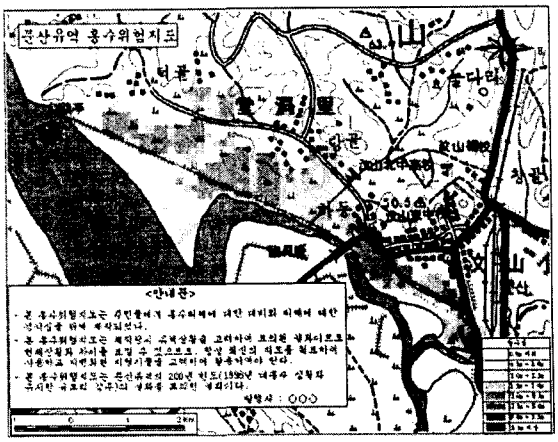
범람 해석의 경우는 범람해석의 결과인 침수지역을 GIS 데이터로 변환하여, 도형의 조회뿐 아니라 속성정보를 조회할 수 있는 기능을 제공하도록 구현되었다(그림 6). 효율적인 대민홍보를 위하여 2D, 3D 침수 애니메이션을 제공하였다.



<그림 6> 침수지역 도식과 침수정보 조회

4.4 지도출력 모듈

지도출력 모듈은 홍수위험지도의 출력을 지원하도록 구현되었다. 분석결과를 조회한 후, 사용자의 판단에 따라 원하는 지역의 홍수위험지도를 출력할 수 있도록 하였다. 또한 프린터에 대한 설정 기능을 포함하고 있어, 프린터의 설정, 용지의 크기, 공급 방식, 인쇄의 방법을 설정할 수 있도록 구현하였다(그림 7).



<그림 7> 홍수위험지도의 출력

5. 결 론

5.1 연구의 결과

홍수위험지도의 제작 및 관리를 위하여 구축된 홍수위험지도 관리시스템은 구축된 데이터베

이스를 이용한 도형 및 속성의 조회와 검색, 수리·수문모델링 결과의 도식화를 기본적인 목적으로 한다. 이를 위하여 기존의 수리·수문모델링과 GIS 데이터베이스, 홍수위험지도 출력 모듈 등을 연결하여 다양한 홍수 시뮬레이션을 손쉽게 지원할 수 있도록 개발되었다.

사용자 요구분석을 적극 반영하여 구축되었으며, 시스템 구조에 익숙하지 못한 현업 실무자들을 위하여 시스템의 난이도를 낮추는데 중점을 두어 개발되었다. 이를 위해 직관적으로 쉽게 판단할 수 있는 메뉴항목들을 적용하여 빠르고 손쉽게 작업을 할 수 있도록 하였다. 효율적인 홍수관리 및 홍수피해지역의 피해액 보상 등의 분석을 하는데 있어서 적은 비용으로 최상의 홍수관리 효과를 가져올 수 있는 경제성 높은 시스템의 구축이 이루어지도록 하였다.

홍수위험지도 관리시스템의 운용상의 효율성을 위하여 확장성, 호환성을 고려하여 시스템을 개발하였다. 홍수위험지도 관리시스템은 홍수위험지역(침수지역)에 대한 정보를 제공해야할 뿐만 아니라 홍수위험지역의 발생 원인과 예방대책 등의 의사결정에 필요한 정보를 제공할 수 있어야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 필요한 각종 데이터 및 모델링의 지원이 원활히 이루어질 수 있도록 시스템의 확장성을 고려하여 개발하였다. 기구축된 데이터베이스와 향후 구축될 다량의 정보는 데이터베이스의 형태로 저장되어야 하고, 다수의 사용자에게 효율적으로 전달·적용되어야 한다. 이러한 정보의 공유를 위하여 시스템의 호환성을 유지할 수 있도록 구현되었다.

5.2 활용 방안

홍수위험지도 관리시스템은 효율적인 재난관리를 위하여 다양하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다. 세부적으로는 주민의 홍수에 대한 경각심 고취와 사전 교육, 지방자치단체의 홍수위험 관리 업무의 활용, 홍수보험의 실시를 위한 기초 평가자료로 활용이 가능할 것으로 예견된다.

감사의 글

본 연구는 한국수자원공사 수자원연구소의 홍수위험지도 프로토타입 개발연구 (2000. 5. ~ 2001. 6.)의 일환으로 진행되었으며, 연구를 지원해주신 수자원연구소 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부·한강홍수통제소, 1998, "홍수관리 종합운영시스템"
2. 국립방재연구소·행정자치부, 2000, "지형공간정보체계를 이용한 재해관리방안 연구"
3. 한국수자원공사, 1999, "하천관리지리정보시스템 구축보고서"
4. 한국수자원공사, 2001, "하천정보 표준화에 관한 연구"
5. Sugumaran, R., J. Meyer, T. Prato, and C. Fulcher, 2000, "Web-Based Decision Support Tool for Floodplain Management Using High-Resolution DEM", PE&RS, Vol. 66, pp.1261~1265