

GIS를 이용한 수자원 관리

GIS for the Water Resources Management

고 덕 구*
Koh, Duck-koo

I. 머리말

GIS.

“GIS를 이용한...”, “GIS의 도입”, “GIS의 구축” 등 GIS라는 단어를 사용한 문구는 이제 전문학술지만이 아닌 일반 신문에까지 자주 등장하는 인기있는 단어가 되어 가고 있다.

GIS는 현대 산업사회 속에서 인간이 직면하고 있는 수많은 문제들, 즉 국토개발에 관한 문제, 환경관리 문제 등 거시적인 문제로부터, 도시의 가스관이나 상수도관 등 지하시설물의 관리, 또는 학교시설물의 관리와 같은 미시적인 문제에 이르기까지, 이와 같은 문제들을 해결하는데 필요한 방대한 양의 정보와 그 정보의 다양성에서 비롯된 어려움을 보다 손쉽게 단시간에 이해하고 해결할 수 있다는 점에서 급속하게 발전하고 있다.

또한 컴퓨터를 비롯하여 영상처리, 자료관리 및 자료분석 등 첨단 과학기술이 눈부시게 발달해 나가는 상황에서 GIS의 활용은 날로 보편화 되어갈 것이고, 이에 대한 인적·기술적 수요

가 폭주할 것으로 예상된다.

본 강좌는 이와 같은 배경에서 농업토목, 특히 수자원과 관련된 분야의 종사자들에게 GIS를 초보적인 수준이나마 기술적인 측면과 개념적인 측면에서 소개하고, 아울러 GIS 분야에 있어서의 최근의 국내외 기술동향, 특히 수자원 관리 분야에의 응용 사례들을 소개함으로써 GIS에 대한 보다 많은 관심과 참여를 유도하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 본 강좌에서는 크게 GIS의 역사와 기본 개념, GIS의 전반적인 응용 분야, 수자원 분야에서의 GIS응용, 그리고 결론과 함께 GIS를 도입하는데 있어서 고려해야 할 내용에 대한 제안의 순서로 기술해 나갈 것이다.

II. GIS의 개념

1. GIS의 정의

GIS(Geographic Information System)는 우리말로 ‘지리정보시스템’으로 해석되어 쓰이고 있으며, Dueker and Kjerne(1989)는 “지리

* 한국수자원공사 수자원연구소

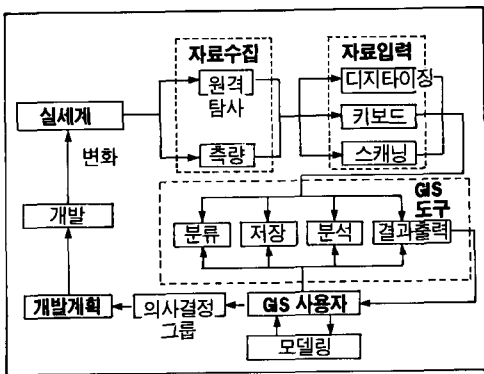
또는 공간에 관련된 정보를 수집·저장·분석·제공하기 위한 하드웨어, 소프트웨어, 자료, 인력, 조직 및 제도적 장치의 체계”라고 정의한 바 있다.

즉 GIS란 컴퓨터를 이용하여 지형, 지질, 지리, 토지 등과 관련된 다양한 정보를 그들 특성에 맞추어 자료로써 입력, 저장, 검색, 조작, 분석 및 출력하여 여러 목적에 맞게 활용할 수 있는 종합 정보체계라 할 수 있으며, 기존의 우리에게 익숙한 데이터베이스의 한 형태라고도 볼 수 있다.

GIS의 장점은 공간의 특성, 즉 도형과 같은 자료가 수치형태로 처리됨으로써 많은 양의 자료가 빠른 속도와 적은 비용으로 관리되고 검색될 수 있고, 사칙 연산 및 논리 연산에 의해 다양한 분석과 조작이 가능하며, 상대적으로 수작업에 의한 분석 작업과 비교하여 그 정밀성과 빠른 속도는 비교가 될 수 없을 정도이다(Arnoff, 1989).

GIS는 일부에서 지형정보시스템이라 혼용해서 쓰이기도 하며, 특히 과거의 일반적인 정보 형태와는 다른 성격의 공간 정보의 처리 능력이 부각되어 Geo-Spatial Information System (GSIS), 즉 지형공간정보시스템이라고 호칭하는 사람들도 있다(유복모, 1996 : 이사로, 1992).

일반적으로 GIS를 이용한 분석과정은 실세계로부터 자료를 수집하고, 이러한 자료를 컴퓨터에 입력하여 저장, 분류 및 분석한 후, 그 결과를 사용자가 쉽게 이해할 수 있도록 제공하여 사용자가 다시 실세계를 변화시키는 순서로 진행된다



〈그림-1〉 GIS를 이용한 계획 및 정책결정

〈그림-1〉.

2. GIS의 역사

GIS의 역사를 살펴보기 위해서는 우선 컴퓨터 및 컴퓨터 그래픽 기술의 역사를 돌아볼 필요가 있다.

컴퓨터는 원래 고속의 수치계산을 위해 등장하였으며, 오늘날 개념의 컴퓨터. 원조는 1946년 Eckert와 Mauchly에 의해 세계 최초로 미국에서 제작된 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer)을 들 수 있으며, 당시로서는 손 계산으로 매우 긴 시간이 소요되어 업무를 내지 못하던 포탄이나 유도탄의 탄도를 계산하는데 놀라운 속도의 위력을 발휘하였으나, 최근의 개인용 컴퓨터와 비교하더라도 그 크기와 전력 소모량, 고장율에 있어서는 수백 배에 달하고, 계산속도는 수천 내지 수백만 배가 느린 컴퓨터로서, 단지 수치계산만을 전용으로 처리하는 기계에 불과하였다.

그 후 기계, 전자 기술의 발달과 사회, 기술 분야의 수요에 맞추어 그 용도가 다양해져 오늘날에는 수치만이 아니라 기호, 즉 문자는 물론 음성 및 영상처리와 고속 정보 통신에까지 그 기능이 확대되었다. 1963년 MIT의 Sutherland는 세계에서 처음으로 컴퓨터에 음극선관과 Light Pen을 붙인 시스템을 개발하였는데 이것이 컴퓨터 그래픽 시스템의 효시라 할 수 있다. 인간이 정보를 받아들이는데 80~90%가 눈을 통해 이루어지며 그 정보를 두뇌에서 이해, 분석함으로써 그에 따른 여러 대응되는 행동을 하게 되는 것이다. 이와 같이 눈을 통해 전달되는 정보는 소리나 촉감 등과 같은 다른 정보들에 비해 훨씬 큰 양의 정보이며, 오늘날 음악을 즐기는데 이용하는 콤팩트 디스크(CD)의 예를 들어보더라도, 음악이외에 영상을 함께 수록할 경우 플레이할 수 있는 시간이 1/20 이하로 주는 것을 보더라도, 소리에 비해 훨씬 방대한 양의 정보임을 알 수 있을 것이다.

이와 같이 시작된 컴퓨터 그래픽 기술은 짧은

시간 안에 초고속의 발달을 거듭하여 CAD / CAM 분야, 새로운 예술표현의 한 분야인 컴퓨터 예술, 컴퓨터 애니메이션 등의 새로운 분야를 개척하게 되었으며, 최근에는 GIS라는 새로운 분야의 탄생을 가능하게 하였다.

컴퓨터 그래픽 기술을 이용하여 도형 처리하는 것을 시초로 하는 CAD (Computer Aided Design) 기술이 지형, 공간정보의 처리에 응용된 것을 GIS라고 할 수 있을 것이다. 순수하게 GIS의 기원을 논하자면 컴퓨터에 의한 지도제작 초기작업을 들 수 있겠지만, 이 역시 CAD의 도형 처리기술에 힘입은 바 크다.

컴퓨터가 지도 제작에 응용되기 전까지는 지형 정보는 종이나 필름에 기록되어 왔다. 기초적인 지형정보는 여러 가지 색깔, 문자 등을 이용하여 시각적으로 표현되며, 범례를 통하여 설명되도록 되어 있었다. 그러나 1960년대 이래 자원 및 토지의 평가, 계획 등의 분야에서 지표 상에 존재하는 서로 다른 성격의 정보들을 상호 연관하여 통합적으로 이해, 분석하려는 시도가 이루어지기 시작했으며, 여기에 컴퓨터를 사용하게 된 것이 진정한 GIS의 기원이라 할 수 있다. 이를 위해 미국의 Howard T. Fisher 등이 1963년 SYMAP이라는 컴퓨터 소프트웨어를 개발하게 되었으며, SYMAP은 SYnagraphic MAPping System의 약자이며, 자료의 분석, 등치선(예 : 등고선) 등을 만들어 내는 프로그램 모듈들로 구성되어 있다. SYMAP의 분석결과는 그 당시 보편적이던 라인프린터의 중복인쇄를 통해 분석된 지형, 공간 정보를 출력시킬 수 있도록 개발되어 최초의 컴퓨터 매핑시스템이라고 할 수 있었으며, 그 후 수많은 컴퓨터 매핑시스템이 그 기능을 확장 발전시켜가며, 오늘날까지 개발되어 왔다.

이외에도 GIS가 탄생되어 지금에 이르기까지 지도제작 및 공간분석을 위한 정보수집, 자료분석, 고품질 출력 및 입력 등 컴퓨터에 관련된 분야는 물론, 각종 지도의 제작 기술과 공간적 변화에 대한 수학적 해석 기법, 도시계획체계, 수도, 전기, 가스, 전화 등 기간시설 네트워크 분야, 영상정보 처리기술 등 각종 분야의 학문과 기술의

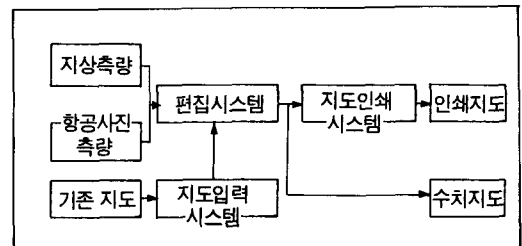
발전이 힘입은 바 크다고 할 수 있다.

3. GIS의 응용 분야

GIS의 응용분야 중 가장 흔히 거론되는 분야가 AM/FM이다. AM은 Automated Mapping(자동 지도제작), FM은 Facility Management(시설물 관리)의 약어이며, 엄밀한 의미에서는 GIS와 구분되어야 할 분야들이다.

GIS가 지형 및 공간 정보를 분석하여 다른 새로운 정보를 창출함으로써 그 이용의 폭을 넓혀가는 분야인 반면, AM은 과거의 종이 위에 선과 점, 기호 등을 그려 넣는 업무를 컴퓨터로 하여금 대신하게 하는 단순한, 단지 지도제작의 정밀성을 향상시킨 한 분야이고, FM은 각종 시설물에 관한 정보를 저장하고, 그 위치를 상대적인 지도 좌표로 기억하여 빠른 검색을 통해 사용자가 파악할 수 있도록 해주는 초보적인 수준의 GIS 응용분야 중 하나라고 할 수 있을 것이다.

하지만 GIS의 발전을 촉진하는데 AM/FM이 기여한 바는 매우 크다. <그림-2>에 나타낸 바와 같이 지도제작업무를 컴퓨터로 수행하므로



<그림-2> 컴퓨터 지도제작단계

<표-1> GIS를 이용한 시설물 관리 응용분야

응용분야	용도
도로	도로 및 부대시설, 교량의 유지 관리
상하수도	관망관리, 수원지 유지관리, 시설물 관리
전화·전력	선로유지관리, 인입선, 배전반관리, 사용자관리
가스	가스관의 유지관리
공항	공항설비의 유지관리
항만	항만설비의 유지관리

써 그 정밀성을 높일 수 있었으며, 뒤에 설명되겠지만 GIS의 구축에 기본이 되는 수치지도제작도와 밀접한 연관이 있다고 할 수 있다. <표-1>에서는 FM을 통한 시설물 관리의 응용 예를 나타내고 있으며, FM을 통한 시설물 관리의 목적 및 효과는 다음과 같다.

- 가. 도면관리 : 시설물 관리의 기본은 도면 정보의 관리이다. 도면과 관련 되는 대장을 데이터베이스화하여 관리함에 따라 도면과 대장의 연계 관리가 가능하고, 도면과 실제 시설물이 일치한다. 또한 컴퓨터 그래픽 기술을 응용하므로 도면의 수정 등이 용이하다.
- 나. 업무의 효율화 : 분류집계, 보고서 작성, 설계, 적산 등 종래 수작업으로 행했던 업무를 효율적으로 할 수 있게 된다.
- 다. 업무의 고도화 : 종래 처리할 수 없었던 분석, 해석, 계획 등이 시스템의 이용에 의해

가능해졌다.

- 라. 시설의 최적화 : 정확한 정보를 토대로 분석, 해석 기능을 이용하여 최적 시설의 계획을 시행할 수 있다.
- 마. 서비스의 개선 : 시설물의 최적관리를 통해 서비스의 질을 향상시키고 사용자의 요구에 적응할 수 있다.

그 외의 GIS 적용이 가능한 분야는 사실상 거의 모든 분야라고 할 수 있으며, 실제로 지리적 공간과 관련된 자료를 취급하는 모든 분야에서 GIS의 응용이 가능하다. 지금까지 전 세계적으로 GIS가 응용된 사례나 실제 그 적용을 위한 노력이 기울여지고 있는 분야와 적용 업무들을 <표-2>에 정리, 나열하였다.

4. GIS의 구성

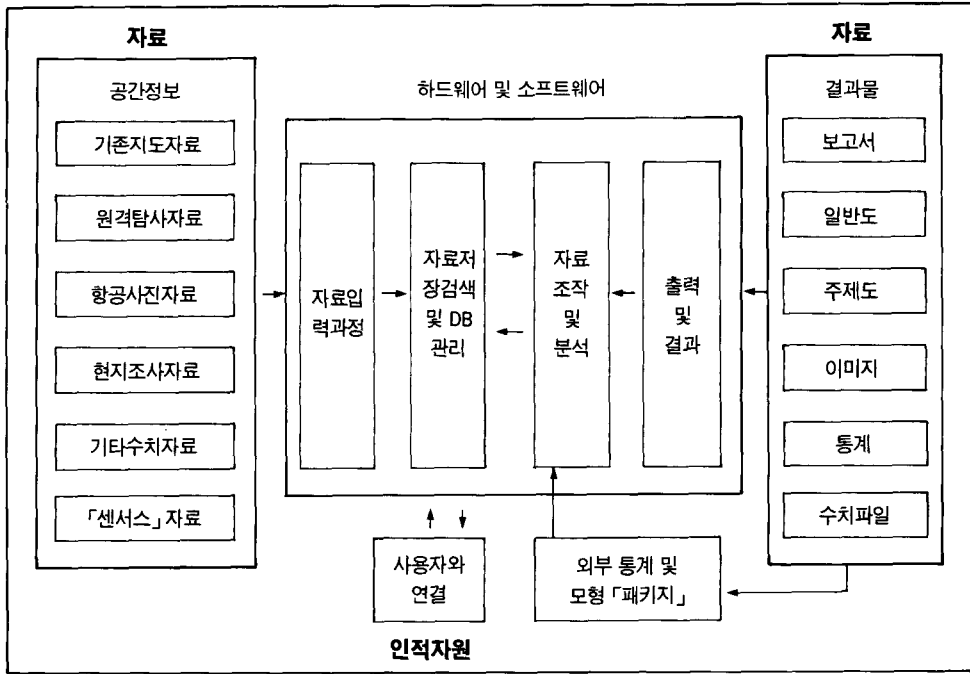
GIS의 정의에서도 언급된 바와 같이 GIS란 공간상 위치를 점유하는 지리 공간 요소(Geographical and spatial element)와 이에 관련된 속성정보(Attribute information)를 통합하여 처리하는 정보시스템으로서, 다양한 형태의 지리 정보를 효율적으로 수집·저장·갱신·처리·분석·출력하기 위해 이용되는 하드웨어, 소프트

<표-2> GIS의 적용이 가능한 분야

분 야	적 용 업 무
도 시 및 행정 분야	행정구역경계 설정, 국토종합개발계획, 지역개발 계획, 도시개발계획, 도시개발계획지역 설정, 시가지개발계획, 신도시계획 및 도시재개발계획, 교통망 구성, 교통량 분석, 교통량 분석, 상하수도망 계획, 지적도 관리, 지가분석 및 세금 책정, 토지대장 관리, 토지이용 분석, 재해예방, 치안정보체계 지원, 센서자료 수집, 인구변화 추세 분석, 지하시설물 관리, 상권 및 시장 분석, 지방자치단체 자료 통합관리 등
환경 관리 분야	환경영향평가, 환경모델링, 재해대책시스템 운영, 해양오염실태 분석, 자연보호 및 보호지역 관리, 환경오염원 추적, 삼림자원 관리, 동식물 보호 및 생태학적 분석 등
토 목 및 건설 분야	토공량 계산, 경사도 분석, 공공시설부지 선정, 대륙붕 분석, 도로 및 교량 적지 선정, 댐공사 적지 선정 및 저수량 예측, 시추지점 선정, 연안 시설물 관리, 도시건축공간설계 등
농 립 수 산 분야	농지개발계획 및 농업생산모델링, 농지정리, 토지이용도 분석, 토지경사도 분석, 삼림자원 관리, 벌목 및 식목계획, 대륙붕개발, 연안어업 및 양식업 분석, 관개 및 수자원 잠재력 분석 등
군사 분야	군사기지 선정, 지형 및 지세 분석, 훈련 및 행군로 계획, 전략정보 수집 및 관리, 방어계획 수립 등

<표-3> GIS의 하드웨어, 소프트웨어 및 인적 구성

구 성	요 소
하드웨어	<ul style="list-style-type: none"> · CPU & RAM · 출력장치 : Graphic color terminal & Plotter · 입력장치 : Keyboard, Digitizer & Scanner · 대용량 기억장치 : HDD, Tape drive, CD-ROM drive
소프트웨어	<ul style="list-style-type: none"> · 자료 입력 및 수정 모듈 · 자료 저장 및 데이터베이스 관리 모듈 · 자료 출력 모듈 · 자료 변환 모듈 · 자료 분석 모듈 · 기타 사용자 작성 모듈
인적 자원	<ul style="list-style-type: none"> · System manager · GIS analyst · Database manager · Digitizer · End user



〈그림-3〉 GIS의 구성 및 요소간 연결

웨어, 자료, 인적자원의 총체적 조직체라 할 수 있으며, 그 구성 및 요소간 연결은 〈그림-3〉과 같이 표현할 수 있을 것이다.

GIS가 훌륭한 기능을 발휘하기 위해서는 구성 요소들이 서로 균형을 이루어야 한다. GIS의 구성 중 자료에 관해서는 다음에서 보다 자세히 다루어질 것이며, GIS의 외형적인 구성인 하드웨어 및 소프트웨어, 인적 구성은 〈표-3〉에 나타낸 바와 같다.

5. 자료의 구성과 처리

기존의 인간이 취급해온 거의 모든 데이터는 어떤 지역적인 실체를 서술적으로 설명하고, 그 속성에 해당하는 자료도 문자화 또는 수치화된 형태로 기록되어 왔으며, 이러한 지리적 특성을 지닌 정보를 보다 효과적으로 파악하고, 기술하기 위한 수단으로 지도의 형태를 사용하여 왔다. 지도란 공원, 집, 거리 등과 같은 실세계의 객체 요소를 점, 선, 면과 같은 가상적인 도형으로 변환하여 종이 위에 표시한 수단이며, 이를 통일된

양식에 따라 전산기의 기억장치 속에 입력하여 각종 정보의 취급을 보다 용이하게 하고, 정밀·신속하게 해 주는 도구가 GIS라고 할 수 있을 것이다(Maksimovic, C., D. Prodanovic, J. Elgy, and L. Fuchs, 1994).

〈표-4〉 지리요소의 종류

사상	특 징	형 태	지형요소
점	선이나 면으로 나타나지 않으며, 한 쌍의 X, Y좌표 값을 가지는 지도부호로 표시된다.		우물, 학교, 교회, 정류장, 측후소 등
선	면적을 가지지 않는 길이로 나타나며 일련의 X, Y군으로 표시된다.		등고선, 도로망, 상하수도 관망, 가스 관망, 수계망 등
면	면적과 경계를 가지며 폐합된 선 내부의 X, Y좌표 군으로 표시된다.		행정구역, 지질, 식생분포, 토지이용, 토양분포, 저수지, 지목 등

지형 및 공간정보를 표현하거나, 저장·구현하는 방법 및 컴퓨터에 이와 같은 정보를 구축하기 위해 규정한 자료 구조와 구성 요소, 처리 방법 등을 알아봄으로써 GIS의 기능을 보다 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

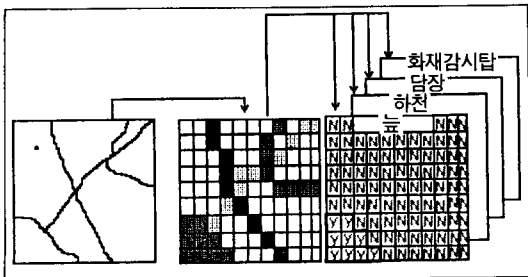
가. 자료 구조

지도상의 모든 요소, 즉 지리 요소들은 점, 선 또는 면의 사상으로 표시될 수 있다. 각 요소의 특징과 형태, 그리고 예는 <표-4>에 나타난 바와 같으며, 이들을 저장하고, 표현하는 방법에 따라 크게 래스터(Raster) 형태와 벡터(Vector) 형태의 자료 구조로 구분하고 있다. 각 자료 구조의 특징은 다음과 같다.

1) 래스터 자료

래스터 자료의 가장 간단한 형태는 그리드(Grid), 셀(Cell), 또는 픽셀(Pixel)로 구성된 배열(Array, Raster, Matrix, or Lattice)이다. 각 셀은 행과 열의 값으로 참조되며, 지도화되는 속성의 값이나 유형을 나타내는 수치를 가지고 있다.

래스터 구조에서 점은 하나의 셀로 표현된다. 또한 선은 한 방향으로 배열되어 인접하고 있는 셀들의 집합으로 표현되며, 면은 사방으로 인접하고 있는 셀의 집합으로 표현된다. 이 자료 구조는 행과 열의 배열을 쉽게 저장·조작하고 표현할 수 있으나, 표현되는 사상에 비하여 셀의 크기가 클 때 자료의 정밀도가 떨어지는 경향이 있다. 래스터 자료의 구조를 나타내는 간단한 예는 다음의 <그림-4>와 같다.



<그림-4> 래스터 자료의 구조

2) 벡터 자료

벡터식 자료 표현의 목적은 사상을 가능한 한 정확하게 표현하고, 자료의 크기를 최소화하는데 있다. 래스터 자료의 경우 자료 공간 전체에 대해 모든 Cell의 속성을 일일이 기술하는 것이 아니라, 대상으로 하는 특정 사상에 대해서만 위치, 길이, 연결만을 표현함으로써 자료의 크기를 줄이고, 원하는 만큼의 정확도로 코드화하는 것이 가능한데 그 정확도는 측량의 정확도와 같은 실제적인 데이터의 정확도에 따라 좌우된다.

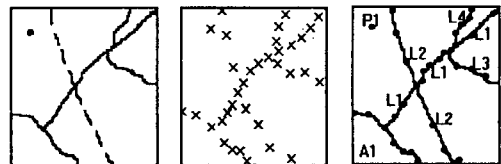
벡터자료로서 취급될 수 있는 대상은 <그림-5>에 나타난 바와 같이 점, 선, 면사상으로 구분될 수 있으며, 각각의 특징은 다음과 같다.

가) 점사상

점사상은 하나의 X, Y좌표로 위치가 정의되는 지리적 사상이라고 할 수 있다. X, Y좌표 이외에도 이 점이 무엇이고 어떤 속성을 가지고 있는가를 나타내는 정보가 추가되어야 한다.

나) 선사상

선사상은 두개 이상의 연결되어 있는 점의 좌표로 구성되어 있는 선형(Linear feature)이다. 가장 단순한 선은 시작점과 끝점, 그리고 그 선의 속성을 나타내는 레코드로 구성되어 있다.



Feature	Number	ID	Location
Pont	1	P1	$X_1 Y_1$
Line	4	L1	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_n Y_n$
		L2	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_n Y_n$
		L3	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_n Y_n$
		L4	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_n Y_n$
Polygon	1	A1	$X_1 Y_1, X_2 Y_2, \dots, X_n Y_n$

<그림-5> 벡터 자료의 구조

다) 면사상

다각형(Polygon 또는 Region)은 벡터 데이터 베이스에서 여러 가지 방법으로 표현될 수 있다. 지리정보시스템에서 대부분의 주제도는 다각형을 사용하여 제작하기 때문에 사상을 다루고 표현하는 방법에 관심이 집중되어 있다. 다각형 자료구조의 목적은 면사상의 형태, 인접 다각형과의 위상관계 등을 효율적으로 운용하여 공간조직의 기본 단위인 다각형이 가지고 있는 특정한 속성을 주제로 표현하고 조작하는데 있다.

3) 속성 자료

지리 요소에 관련된 속성데이터는 자료의 구조에 따라 저장 및 표현 방법을 달리하고 있다. 래스터 자료의 경우 각 Cell의 값 자체가 나타내고자 하는 사상의 속성 값이 될 수 있는데 반해, 벡터 자료의 경우 속성 자료는 각 벡터 사상을 구분하는 ID값을 기준으로 별도의 표 형태 파일로 처리된다. 또한 속성 자료는 지리좌표 관련 문서자료와 비관련 문서자료로 구분되며, 관련자료는 구성된 도형 자료와 연계하여 취급되는데 반해, 비관련 자료는 별도로 구축, 보관, 관리한다.

나. 자료의 처리

1) 자료의 획득 및 입력

GIS에서 사용할 수 있는 자료를 획득할 수 있는 자료원으로는 기존의 각종 지도를 비롯하여, 인공위성 및 항공촬영사진 영상자료, 대상 지역에 대한 현장 야외 조사자료, 각종의 통계자료를 들 수 있으며, 그 외에 CAD를 통해 작성된 자료도 GIS 자료로 활용이 가능하다. 수집·획득된 자료를 수치화하여 입력할 수 있는 장비로는 가장 초보적인 키보드로부터, Digitizer, Scanner, Video camera 등이 있으며, 그 입력 수단의 선택은 비용과 목적에 따라 결정하여야 한다.

자료의 획득과 입력이 전체 GIS 작업의 80% 이상을 차지하며, GIS 성공의 성패를 좌우하는 요인이 된다.

2) 자료의 변환

사용 목적에 맞도록 자료를 조작하는 과정에서 래스터 자료를 벡터 자료로, 또는 벡터 자료를

래스터 자료로 변환하는 단순 자료 형태의 변환, Cell의 크기를 조절하여 자료의 크기를 조작하는 작업, 오차의 수정, 여러 쪽의 지도를 통합하거나 특정 영역을 선택적으로 갈라내는 작업, 투영방법을 변경하거나 좌표계를 변환하는 작업 등이 수행될 수 있다.

3) 자료의 관리

대부분의 GIS 소프트웨어는 일괄적인 자료의 입력, 수정, 검색 및 저장 등을 통해 데이터베이스에 대한 특별한 지식이 없더라도 자료에 접근이 가능하도록 되어 있다.

4) 자료의 분석

논리연산을 통해 사용자의 질의나 요구에 따라 자료를 검색하거나, 사칙연산을 통해 지도를 중첩함으로써 새로운 지도를 합성하고, 네트워크 연결을 추적하거나, 방향이나 거리를 측정할 수 있으며, 통계적인 분석도 가능하다.

5) 자료의 출력

출력이란 자료 또는 처리결과를 사용자가 이해할 수 있는 형태로 다른 컴퓨터 시스템에 전송할 수 있는 형태로 만드는 것을 가리킨다. 사람들이 이해할 수 있는 출력은 지도, 그래프, 도표와 같은 형태이며, 컴퓨터와 호환성이 있는 출력은 다른 시스템이 읽을 수 있는 마그네틱 테이프의 형태이거나 통신망(Communication network), 전화선, 무선통신망 등을 통해 전자 송신되는 형태이다.

6. GIS 소프트웨어의 동향

현재 GIS 구축과 응용을 위한 범용 소프트웨어로는 ArcInfo, Intergraph, GenASYS, SPANS, GEOVISION, GRASS 등 다수가 존재하며, 상업용 S/W들은 다양한 기능을 갖고 있으나, 대부분은 가격이 고가이다.

이들 상업용 소프트웨어 중 전세계적으로 가장 널리 보급되어 상용화된 소프트웨어로서 Arc-Info를 들 수 있으며, 이 소프트웨어는 주로 벡터 자료의 처리에 적합하도록 개발되어 있으며, 수많은 분석도구 소프트웨어가 개발되어 그 사용의

폭이 점차 넓어지고 있다.

그러나 GRASS(Geographic Resources Analysis Support System)는 미국 공병대가 Public domain으로 개발하여, 저가 또는 무료로 공급하고 있는 소프트웨어이다. GRASS는 원시프로그램(Source code)이 제공되며, Programming language로 되어 있기 때문에 전체를 파악하지 않고도 일부 모듈을 사용하거나 특수한 목적을 가진 모듈을 직접 작성하여 반복 사용하는데 효율적이다. 현재 GRASS 사용시 문제점의 하나는 이 S/W가 상업용이 아니고 사용자들의 공동 협력으로 개발되고 있는 S/W이므로 사용 지침서가 불완전하여 S/W 사용시 어려움이 있다는 점이다. GRASS는 기본적인 영상처리 기능 외에도 다음과 같은 GIS 기능을 가지고 있다.

- 래스터 GIS기능 : Overlay, Filters, Proximity analysis, Measurements(Length, Area, Volume counts), Clustering, Import/Export, Line-of-sight, Cost analysis, Transform to vector, Rotation, Patching, Reclassification, Network flow analysis, Thinning, Elevation transformation

- 벡터 GIS기능 : Digitizing, Editing, Labelling, Measurements, Import/Export, Full topological linking, Display, Patching, Transform to raster, Grid generation, Contour labelling

Ⅲ. 수자원 분야에서의 GIS응용

아직도 GIS를 지형이나 각종 지도를 보기 좋은 형태로 시각화시켜주는 그래픽 처리도구로 인식하는 사례가 많다. 그렇지만 GIS의 진정한 공학적 용도는 각종 시뮬레이션 패키지(Simulation package)와 결합하여 많은 변화된 형태를 제시하는 것이다.

유역의 수자원 개발과 관리에 대한 정책을 수립하는데 있어서, 각종 대안을 평가할 수 있는 기능을 가진 수학적 모형(주로 시뮬레이션 패키

지)에 의해 생성된 자료에 의존하는 경우가 점차 늘고 있다. 이와 같은 수학적 모형은 방대한 양의 정보를 요구할 뿐 아니라, 또한 사용자에게 방대한 양의 정보를 제공하고 분석하기를 요구하게 된다. 즉 이와 같은 모형들은 어떤 시스템의 일부로써 개발되어(예를 들자면 의사결정 지원시스템), 그 시스템 내에서 이와 같은 정보가 흘러 다닐 수 있도록 개발되는 것이 일반적인 추세이다.

관개 배수 및 수자원 분야에 관련된 업무에 종사하는 이들에게 있어서 GIS란 유역의 관리 및 수자원 관리에 필요한 정보를 효율적으로 저장하기 위한 전산화 도구의 하나인 것이다. GIS에 저장된 모든 데이터 요소가 항상 필요한 것은 아니겠지만, 대체적으로 유역 관리나 수자원 관리에 필수적인 요소들만을 나열하자면 다음과 같은 것들을 들 수 있을 것이다(Ball, J.E., 1994).

- 유역의 지형자료(Topology) : 등고선과 같은 유역의 고도, 지표면 경사, 토양, 지리학적 특성 등

- 유역의 토지이용(Landuse) : 인구밀도, 토지형질 및 지목, 산업의 종류 및 산업체의 위치, 도로 및 교통체계 등과 같은 인문 특성

- 유역의 수문학적 요소(Hydrologic factor) : 강우 및 수위 관측소의 위치와 제원, Thiessen 망, SCS curve number의 분포, Universal Soil Loss Equation의 각종 요소의 분포, 강우 및 수위 등 수문 관측 기록 (반드시 GIS에 포함될 필요는 없음) 등

본 장에서는 수자원 분야에서의 GIS 응용 사례와 이를 응용하는데 있어서 기본이 되는 각종 기본 수치 지도의 의미 및 작성 방법을 소개하고, 실제 응용 과정을 예로 들어 설명함으로써, 장차 이 분야 종사자가 각자의 업무에 GIS를 도입함에 있어서 참고가 될 수 있도록 하였다.

1. 국내의 응용사례

가. 국외

최근 몇 년간의 국제적인 수자원 관련 학회 및 학술대회에서 발표되고 있는 논문이나 포스터 세

선에 전시된 프로젝트들을 보면 상당수가, 경우에 따라서는 절반 이상이 GIS를 응용하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 수자원 분야에서 GIS의 역할이 급속히 확산되고 있음을 단적으로 나타내 주는 것이다.

수자원 분야에서의 GIS이용에 관한 모든 사례를 나열할 수는 없겠으나, 최근 수년간 필자가 참석했거나, 관심을 기울였던 몇몇 학술 대회에서 발표되었던 사례들만을 나열하더라도 좋은 참고자료가 될 수 있을 것으로 생각된다. 1994년 9월 네덜란드의 델프트(Delft)와 1996년 9월 스위스의 쾰리히(Zürich)에서 개최된 제1회 및 제2회 "Hydroinformatics에 관한 국제 학술대회(International Conference on Hydroinformatics)"와 1994년 5월 미국토목학회(ASCE)주최로 미국 콜로라도주 덴버에서 개최된 제21회 수자원 분과 연례 학술대회 "수자원 정책과 관리-문제와 해결책(Water Resources Policy and Management : Problems and Solutions)" 운영에서 발표된 연구 논문들 중에서 대표적인 수자원 관련 GIS응용 사례들을 분야별로 정리한 결과는 다음과 같았다.

1) 수문모형과 GIS의 통합 : 가장 보편적인 수자원분야 GIS 응용 사례로 강우-유출 수문모형과 GIS의 통합을 들 수 있다. GIS는 지형분석도구로서 사용자로 하여금 지표면 고도정보 등으로부터 유역경계와 하천망을 쉽게 분할할 수 있도록 해주기도 하고, 지표면의 경사도를 파악하고 순서대로 정렬된 하천망 모형을 용이하게 구성할 수 있도록 해준다. 이와 같은 자료들은 그대로 수문 모형의 입력 데이터로 사용될 수 있으며, 모형의 출력 결과는 GIS기법에 의해 그래픽 처리되어 분석이 용이하게 된다. GIS와 연결되어 쓰이고 있는 대표적인 수문모형의 사례로 MODFLOW, MODPATH, AGNPS, HEC-1, HEC-2, TOP Model과 SWMM 등을 발견할 수 있다. 최근에 SCS curve number를 사용하는 수문모형과 GIS의 통합에 관한 사례가 특히 많이 소개되고 있으며, 특히 분산형 수문모형의 경우 GIS를 응용함으로써 많은 이점이 있는 것

으로 입증되고 있다. 수문모형과 연계되어 토사 유출을 모의하는데 있어서도 GIS를 이용하고 있는 사례가 있었다(Zhang, et al., 1996 ; Shim, et al., 1996).

2) GIS를 응용한 홍수 관리 : Bangladesh에서는 홍수관리계획 및 운영을 위해 GIS와 유체 동력학적 하천망 시뮬레이션 모형인 MIKE-11을 통합하여 홍수의 범위, 수심, 주기 등을 파악할 수 있는 홍수지도를 제작하였다(Rasul, et al., 1994). 뉴질랜드, 대만 등에서도 홍수의 확산 범위를 예측하고, 홍수에 의한 피해 규모를 산정 하는데 GIS를 이용하고 있다.

이 외에도 전세계적으로 GIS를 이용한 홍수피해의 예측과 관리에 관한 사례가 많이 발표되었다(Djokic, et al., 1994 ; Doull and Bright, 1996 ; Wilkening et al., 1994 ; Yang, et al., 1996). 이와 유사한 분야로 댐 안전과 관련된 각종 공간 자료를 관리하고, 댐 붕괴시의 피해 범위를 모의 예측하는데 있어서도 1차원 또는 2차원 수리학적 모형의 적용과 함께 GIS를 응용한 사례들이 발표되었다(Santos, et al., 1996).

3) 상·하수도 관망에 대한 GIS 적용 : 영국의 Wessex Water Service사는 1백만명 이상의 소비자에게 식수를 공급하는 상수관망의 실시간 최적 운영 관리를 위해 Telemetry와 GIS를 도입하였다. 여기서 GIS는 관망 해석 모형의 입력 자료를 지원하는 등 모형의 운영만을 지원하는 것이 아니라, 응급시 사고 관망의 재원과 위치를 파악하는 등 다양한 기능을 수행하고 있다(Snoxell, 1994). GIS를 이용한 도시 상수도 관망의 설계 및 정책 수립을 위한 의사결정 지원시스템의 도입도 활발히 추진되고 있는 한 분야이다. 또한 구체적인 사례로 Haloun et al.(1994)은 도시의 통합 배수 관망을 계획, 설계, 관리하기 위한 도구로 SAMBA, NAM, MIKE-11 등 시뮬레이션 모형을 GIS와 결합하여 시스템화하는 과정에 대해 발표하였다. 도시 하수관망의 계획, 설계는 물론 기존 관망의 평가 등에 GIS를 응용하는 사례도 점차 늘고 있다(MacMurray and Barnett, 1996).

4) GIS를 응용한 수질 오염 관리 : GIS를 이용함으로써 획기적인 발전을 보게 된 분야로 비점원 오염의 감시와 규제를 들 수 있다. 수질 채취 자료와 GIS의 모델링 기능을 이용하여, 오염원의 위치를 파악하는 것이 가능하기 때문이다. 미국에서는 각종 오염 물질을 취급하는 기업들에 대해 그 물질의 표준산업코드정보(Standard industrial code information)와 그 소재지 주소를 입력함으로 잠재적인 오염원의 파악을 가능하게 하고, 각 업체에 대한 허용량을 결정하는데 이용하고 있으며, 또한 수질 사고시 이 정보와 GIS의 공간 정보 분석 능력을 활용하여 오염 배출원의 위치와 책임 소재를 즉각 검색하여(Back tracking) 적절한 조치를 취할 수 있도록 하고 있다. 수질 문제는 대부분 정치 또는 사회적 측면에서 비롯되는 매우 어려운 난제인 경우가 대부분으로, 엄정하고 객관적인 현상의 파악과 예측을 필요로 하며 여기에 GIS를 이용한 수질관리 시스템의 도입이 좋은 해결책이 될 수 있는 것이다.

수질 오염의 관리를 위한 GIS 응용 사례의 또한 분야로 수학적 시뮬레이션 모형과 GIS의 통합을 예로 들 수 있으며, Ruland와 Rouv(1994)는 객체 지향적 GIS(Object oriented GIS)라는 새로운 개념을 소개하고, 이를 1차원 또는 2차원 수리학적 모형과 통합하여 하도 흐름, 물질 운송, 수질을 모의하는데 적용함으로써 복잡한 수학적 모형을 운영하는데 사용자 편의성을 부여하고, 컴퓨터 사용시간 등 경비를 절감할 수 있었으며, GIS가 시뮬레이션 패키지에서 요구되는 각종 정보를 수집 분석하는데 매우 유용한 도구임을 보고하고 있다.

5) GIS를 응용한 관개용수의 최적 운영 : Schuurmans and Krogt(1994)는 일별 관개용수관리를 위한 의사결정지원시스템 OMIS(Operational Management of Irrigation System)을 개발하고, 이를 인도네시아, 이집트, 인도와 네팔 등지에 적용한 바 있으며, 여기에 GIS를 응용함으로써 시스템의 운영이 매우 용이해지고, 계산 결과 및 포장의 조건을 파악하고, 분석하는

데 매우 편리했었던 것으로 밝히고 있다.

6) GIS를 응용한 수자원 정보 시스템의 구축 : 네덜란드의 물 관련 기업 들은 전세계에서 벌어지고 있는 수자원 관련 프로젝트의 수주, 설계, 관리 등의 업무에 있어서 기존의 기술 우위를 유지하기 위한 새로운 방향으로 수자원 정보 기술 개발을 위한 새로운 프로젝트 "Land Water Impulse(LWI)" 및 WATERBOS 프로젝트를 수립하여 착수했으며, 이를 통해 GIS를 응용하는 수자원 정보시스템을 구축함으로써 이를 사회간접자본(infrastructure)화 해 나가는 과정에 있다(Beek, et al., 1994).

나. 국내

국내에서도 GIS는 1980년대에 소개되어 많은 사람들의 관심을 불러일으키고는 있지만, 기본 자료인 전산화된 기본도의 부재로 인해 실제 사업의 추진이 아직은 활발한 편이 되지 못하고 있다. 기존도의 제작에는 막대한 비용이 소요되어 국가적인 사업으로서 추진되어야 하나, 그 출발이 늦어 각 기관이 독자적인 기본도를 일부 제작하여 사용하고 있다. 그러나 그 공유가 이루어지지 못하고 있는 실정이며, 표준화와 자료의 운용 등 관련 법규의 미비로 인하여 아직까지 활발한 자료의 교환과 응용이 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

지금까지 추진된 국내의 기본도를 비롯한 공간 정보의 대표적인 입력 사례들은 <표-5>에 나타낸 바와 같다.

국내의 수자원관련 GIS 응용 사례들을 살펴보면, 우리 나라에서도 세계적인 추세와 맞추어 수문모형과 GIS의 통합을 비롯하여, 상하수도의 계획과 관리, 운영, 농업용수의 관리와 운영 등 다양한 분야에서 GIS의 응용이 이루어지고 있다.

농어촌진흥공사는 1992년 농어촌 종합지형정보시스템을 개발하여 각종 자료를 GIS로 데이터 베이스화하고, 수문곡선의 산출, 수문계수의 산출, 확률강우량 산출, 시간별 확률강우분포도 작성, 수문 모형에 의한 홍수량 산정 등을 수행할

〈표-5〉 우리 나라 각종 공간 정보 제작 현황(예)

1996년 10월 현재

제작기관	종류	축적	도엽수	비 고
NGIS (국립지리원, 국토개발원)	기본 지형도	1/ 1,000	6,292	73개 도시지역 (1997년까지 완료, 6대도시 1996년 완료)
		1/ 5,000	11,430	산악을 제외한 전국, 1997년 완료
		1/ 25,000	285	산악지역, 1997년 완료
임업연구원	임상도	1/ 25,000	761	'78~'80(1단계), '86~'92(2단계), 남한전역, 국립지리원 지형도를 편집하여 제작
	산지이용 계획도	1/ 25,000	761	'80~'85(1단계), '90~'91(2단계), 남한전역, 국립지리원 지형도를 편집하여 제작
자원연구소	지질도	1/ 1,000,000	1	'81년 발간, 남북한전역
		1/ 250,000	15	'73년 발간, 남한전역
		1/ 50,000	245	1924년 시작, 1년에 2도엽 제작, 1도엽 제작기간 2년, 남한 내륙 95%완료, 북한 35도엽
		1/ 25,000	6	1986년 시작, 1년에 2도엽 제작, 1도엽 제작기간 2년
수로국	해도	축적 다양		연안 해역의 수로도 제작, 남한전역, 지역에 따라 도엽크기와 축적 적용
육군지도창	군사지도	축적 다양		각종 군사작전지도 제작, 남북한전역, UTM좌표계 사용
환경처	녹지도	1/ 50,000	245	임상도와 비슷하나 수종을 줄임, 남한전역
농촌진흥청	토양도	1/ 25,000	761	국립지리원 지형도를 편집하여 제작, 남한전역

(출처 : 김창호, 1996)

수 있도록 하였으며(농어촌진흥공사, 1992), 1993년에는 농어촌용수 통합데이터베이스 시스템을 구축하면서, GIS를 도입하여 기존의 데이터베이스에 공간 분석 기능을 추가하고, 기존의 모형에 입력자료를 자동으로 추출하여 제공할 수 있도록 하였다(농어촌진흥공사, 1993).

한국건설기술연구원(1993)에서는 건설부의 용역 의뢰에 의해 GIS에 의한 하천공간 데이터베이스 시스템을 개발하였다. 하천공간에 관련된 정보들을 통합하고, 하천공간의 관리 및 정비에 필요한 정보를 정리, 저장 및 분석하여 사용자가 쉽게 활용할 수 있게 함으로 하천공간 정비와 개발담당자들로 하여금 신속하고 객관적인 의사결정이 가능하게 하고, 지속적 갱신과 관리를 할 수 있도록 하였다.

한국수자원공사(1992)는 상수도 관리에 GIS를 도입하기 위한 시범사업으로 일산상수도 도형정보시스템을 개발하였다. 이 시스템의 목적은 시설물 운영에 효율을 기함은 물론, 향후 한국수자원공사 전체의 도형정보시스템과의 연계와 타

기관과의 자료교환 체계 구축을 위한 방향을 제시하고, 관련 각종 도형 및 비도형 자료를 종합하여 데이터베이스를 구축함으로써 상수도 시설 관리를 위한 자료를 신속히 검색, 처리하여 효율적인 의사결정을 지원하는데 있다. 이와 유사한 분야로 한국수자원공사(1995)에서는 상수도 계획을 위한 의사결정 지원시스템을 개발하여 공간 분석을 통해 광역상수도 공급 최적 노선을 선정하고, 수도 시설의 적정 규모 및 위치를 선정하기 위한 연구와 댐의 최적 위치와 규모를 결정하기 위한 의사결정 지원시스템 등을 개발하고 있는 단계에 있다.

유니써스코리아(1993)는 제주도 수자원의 보호와 관리 전반에 걸쳐 필요한 관련 정보를 GIS를 통해 체계적으로 저장, 검색, 분석 및 도시함으로써 업무의 일관성 확보에 따른 능력의 향상과 신속한 의사결정에 따른 생산성 향상을 도모할 수 있는 제주도 수자원 관리시스템을 개발한 바 있다. 특히 이 시스템은 지형 분석을 통해 지하수계의 해석이 가능하도록 하는 등 지하수자원

에서는 국가 G-7과제의 일환으로 여러 관련기관과의 공동 노력을 통해 수질종합관리시스템을 개발하였다. 이 시스템은 각 유역의 수질환경용량을 평가하고, 이로부터 수질 관리를 위한 적절한 대안을 제시할 수 있도록 하기 위하여, GIS를 이용하여 유역내 환경기초시설에 관한 정보와 오염발생에 관한 정보를 GIS 데이터베이스화하고, 수질모의예측 모형, 수질 관리를 위한 각종 대안에 관련된 자료와 연계하여 그 목표를 달성할 수 있도록 개발되었다.

그러나 위의 사례들은 아직 기본 자료의 미비, GIS에 관한 기술자들의 관심 부족 등으로 인하여 대부분의 경우 아직 실용화되지 못한 채, 계속적인 연구의 차원에 머물고 있는 실정이다.

그 외에 학술적인 연구 등을 통해 분산형 수문 모형과 GIS의 통합에 관한 연구(한국수자원공사, 1994; 김진택, 1995), 수도권 지역 개발에 따른 자연재해 특징을 분석하여 잠재적 수해를 예측하기 위한 연구(성효현, 1996) 등, 관련된 연구 사례가 점차 늘어나고 있는 추세이다.

2. DEM의 구축

GIS 구축을 위한 하드웨어와 소프트웨어가 도입되고, 전문 인력이 확보된 후 가장 먼저 추진되어야 할 업무는 기본도의 구축이다. 기본도라 하는 것은 여타의 각종 공간 정보를 저장하기에 앞서 그 기본 틀을 이루는 공간 정보라 할 수 있으며, 대부분의 수자원 관련 프로젝트에 있어 대상 영역에 대한 지형도, 특히 영역의 형상과 고도 분포를 나타낼 수 있는 수치고도도(Digital Elevation Map : DEM)가 기본도가 되는 경우가 많다.

현재 국내의 실정에서 DEM은 고도데이터를 나타내는 등고선을 기존 지도로부터 직접 디지털화(Digitize)시켜 입력하거나, SPOT과 같은 인공위성, 또는 항공기에 의해 촬영된 스테레오(Stereo) 영상(Image)을 이용하여 생성해 내는 방법이 있으며, 이외에 가장 손쉽게 획득할 수 있는 자료로는 USGS (United States Geological

Survey)가 전세계를 대상으로 작성해 놓은 3" 단위의 래스터형 DEM자료가 있다. 또한 여러 기관에서 각각의 목적에 따라 기존 지도를 바탕으로 부분적으로 구축한 지형도가 일부 있으나, 자료의 규격이 통일되어 있지 않고, 정확성에 대한 신뢰성이 검증되어 있지 않을 뿐 아니라, 기관 간 서로 자료의 공유를 기피하고 있는 실정이다.

국립지리원을 주축으로 국토개발원 등이 참여하는 국가 GIS사업으로서 현재 전국을 망라하는 1:250,000 축적의 지도가 수치지도화된 데 이어 산악지를 제외한 전 국토에 대해 1:5,000 축적의 기본 지형도를 1997년 완료할 목표로 입력하고 있고, 73개 도시 지역에 대해서도 1:1,000 축적의 지형도가 1997년 완료를 목표로 입력되고 있는 상황이다. 그러나 이와 같은 자료를 일반이 용이하게 이용하기 위해서는 관련 법규의 정비와 고속통신망의 완비 등이 선결되어야 할 과제로서 앞으로 몇 년이 더 걸릴 것으로 생각된다.

3. 토지이용도 작성

DEM에 이어 유역의 수문 분석은 물론 유역의 종합적인 계획을 수립하는 등의 업무에 필요한 자료로서 토지이용도를 들 수 있다. 그러나 우리나라의 경우 사회, 경제의 발전 속도가 빨라 토지이용의 분포도 매우 급하게 변해 가는 실정므로 DEM과는 달리 정기적인 자료의 갱신이 요구된다. 우리나라의 토지이용도는 1960년대에 조사된 자료가 아직도 그대로 쓰이고 있는 경우도 있으며, 일부에서는 각자의 필요에 의해 기존 지형도로부터 임의로 추출하여 입력, 사용하고 있기도 하나, 이것 역시 현장에서의 검증이 이루어지지 않아 정확성을 기대하기 어려운 실정이다.

오래 전부터 토지이용을 감시하기 위한 목적으로 항공사진이 사용되어 왔다. 최근에는 Landsat과 SPOT과 같은 위성자료들도 그 효용성이 인정되어 적극적으로 활용되고 있다. 이 위성자료들은 이미 디지털의 형태로 되어있고, 넓은 지역의 자료들을 주기적으로 얻을 수 있으며, 값이 비교적 저렴하고, 또한 기하학적 보정 등을 통하

여 비교적 쉽게 지도와 맞출 수 있는 장점이 있다. 높은 해상도의 위성자료는 기본 지도(Base map)를 작성하는데 중요한 역할을 하는데, Landsat TM 데이터는 1:50,000의 지도를, SPOT은 1:24,000 정도의 지도를 제작하는데 사용하기도 한다. 이러한 위성자료를 이용하면, 광범위한 지역의 토지 이용도를 쉽게 구할 수 있으므로 계절적인 토지 이용의 변화 등을 관측하는데 유용하게 사용할 수 있다.

최근에 토지이용도를 작성하는데 있어서 세계적으로 널리 쓰이고 있는 방법으로서 인공위성에 의한 원격탐사이미지를 이용하는 것이며, 이러한 목적에 비교적 적합한 자료로서 다양한 파장을 가지고 있는 Landsat위성의 TM 센서(Sensor)에 의해 촬영된 이미지를 꼽고 있다.

4. 수문요소의 분석

수문학의 많은 분야가 지표면에서의 수문과정과 연관되어 있으므로 GIS의 공간 분석 기능과의 결합을 통해 장차 수문학 발전은 더욱 가속화될 것으로 예상된다. GIS는 수문학적 모형화에 사용되는 지역의 특성을 수치적으로 나타내며, 각종 수문요소를 지배하는 지표면 자료들을 지리좌표로 표현되는 다양한 속성정보에 연결시켜 준다. 수문학 시스템에서의 속성 정보는 경사도, 경사 방향, 토양, 토지이용, 토지피복, 토양 조건 및 인공적인 구조물 등을 포함한다.

지표수는 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐른다는 기본 원리로부터 출발하여 DEM에 의한 지형 모델링을 통해 유역 경계의 추출이나 유역의 분할, 지표류의 흐름 방향, 유로장 등의 결정이 이루어지며, DEM과 토양도 또는 토지이용도 등을 중첩(Overlay) 분석함으로써 표면의 조도, SCS Durve number 등의 자료 추출이 가능해진다.

5. 수문모형의 GIS응용

본 절에서는 GIS의 수자원 분야 관련 공학적 이용의 대표적인 예라 할 수 있는 수문모형과

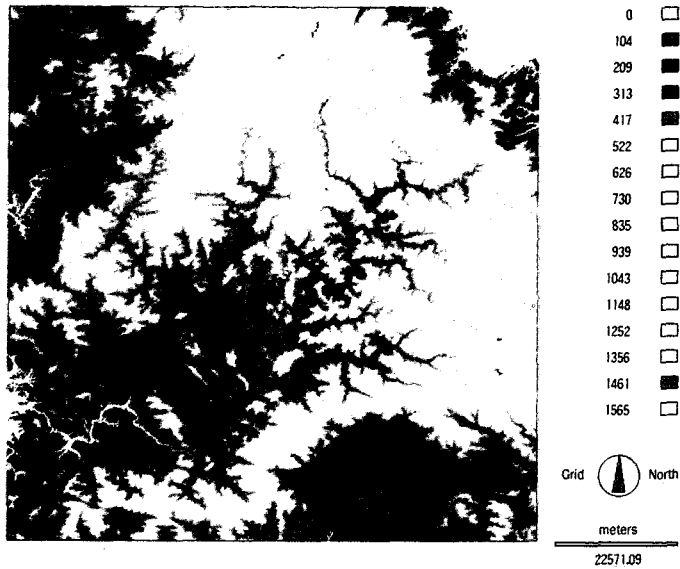
GIS의 결합을 통해 우리가 얻을 수 있는 이점을 구체적인 사례를 중심으로 설명하고자 한다.

위에서 설명한 바와 같이 하드웨어와 소프트웨어가 갖추어진 상태에서 가장 기본이 되는 것은 DEM과 같은 수치지형도이다. <그림-6(a)>는 우리나라 충주댐 유역을 포함하는 지역의 3초간격 격자의 수치고도를 나타내는 DEM을 색채로 표시한 예로서, 각각의 격자는 UTM 좌표계로 참조되고, 색채는 각 고도 값을 나타내는 수치를 대신하는 형태로 저장된 자료이다. 실제로 컴퓨터에서는 색채를 비롯한 모든 정보를 수치로 저장하고 있어, 수치 고도의 색채 표현은 매우 편리한 방법인 것이다. <그림-6(b)>는 기본도를 분석하여 얻어낼 수 있는 주제도의 예로 경사방향도를 예시한 것이다. 이외에 지형 분석을 통해 얻을 수 있는 1차적인 주제도로서는 유역의 경사도, 수계도 등을 들 수 있으며, 사용자의 창의적인 기법에 따라 2차, 3차의 다양한 분석이 가능하다.

유역에 수문모형을 적용하는데 필요한 수치지도로는 일반적으로 <그림-7>에 나타난 바와 같은 DEM자료를 비롯하여, 토양도, 토지이용도가 이용되고 있다. 본 강좌에서 예시하고 있는 유역은 미국 New York주 북 Catskill 지역의 Crowe Road 유역이며, <그림-7>은 GRASS 소프트웨어를 이용해 출력한 결과이다. 한편 <그림-7(b)>는 직접적으로 모형의 입력자료로 이용되지는 않으나 유역의 형상을 이해하는데 용이한 3차원 지형도이며, 이는 일반적인 GIS소프트웨어를 이용하여 DEM으로부터 작성될 수 있다.

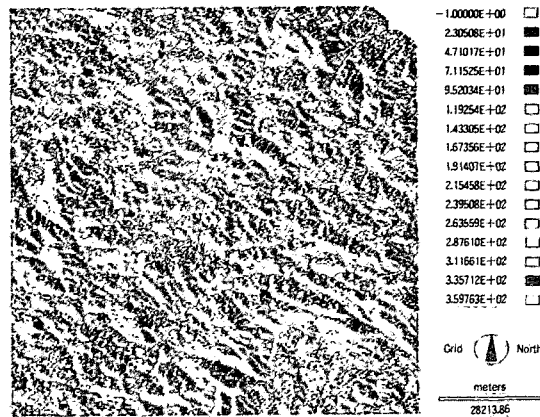
<그림-8>은 기본도를 1차 분석한 예로, 토양도를 분석하여 추출한 토양공극률 및 포장용수량의 분포도를 보여주고 있다. 이외에 지형도로부터 분석된 유출경로도, 토지이용도로부터 추출된 조도계수분포도 등으로부터 수문모형의 입력자료를 작성하고, <그림-9(a)>와 같이 초기 토양수분을 가정 입력하여 수문모형을 실행시킬 수 있다. 수문모형의 실행결과로서 <그림-9(b)>와 같은 강우 후 토양 수분분포도, <그림-10>과 같은 시간대별 지표류 수심 분포도 등을 들 수 있으며,

Elevation Map of Chungju Dam Watershed



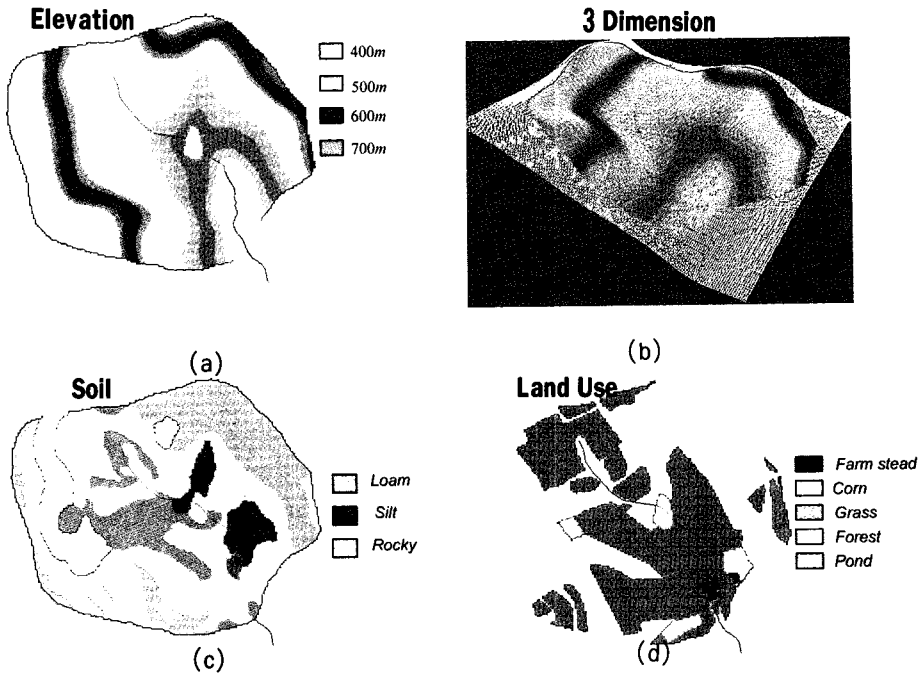
(a)

Slope Aspect Map of Chungju Dam Watershed

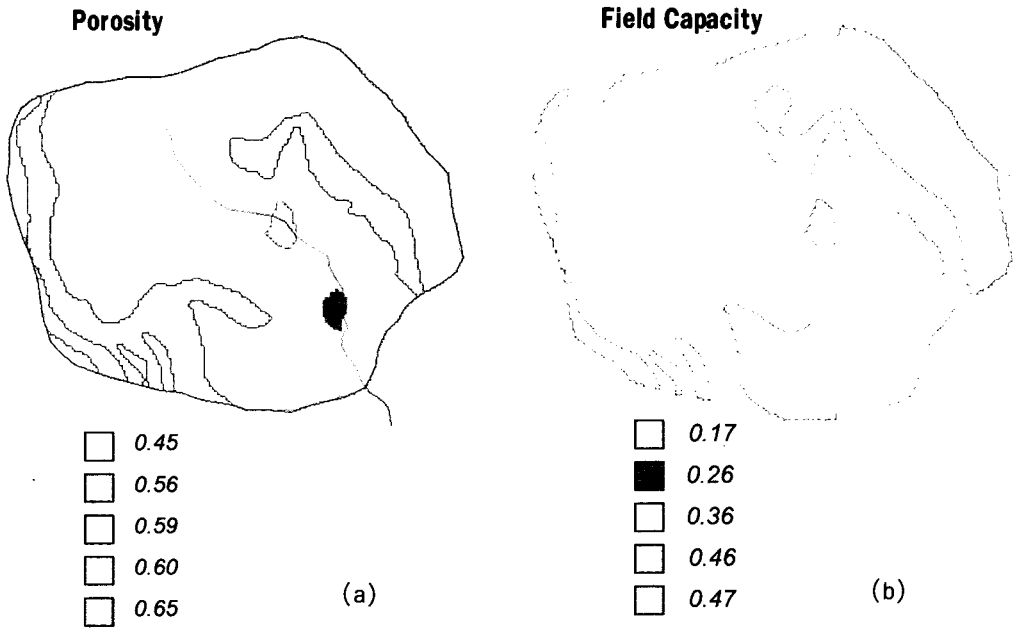


(b)

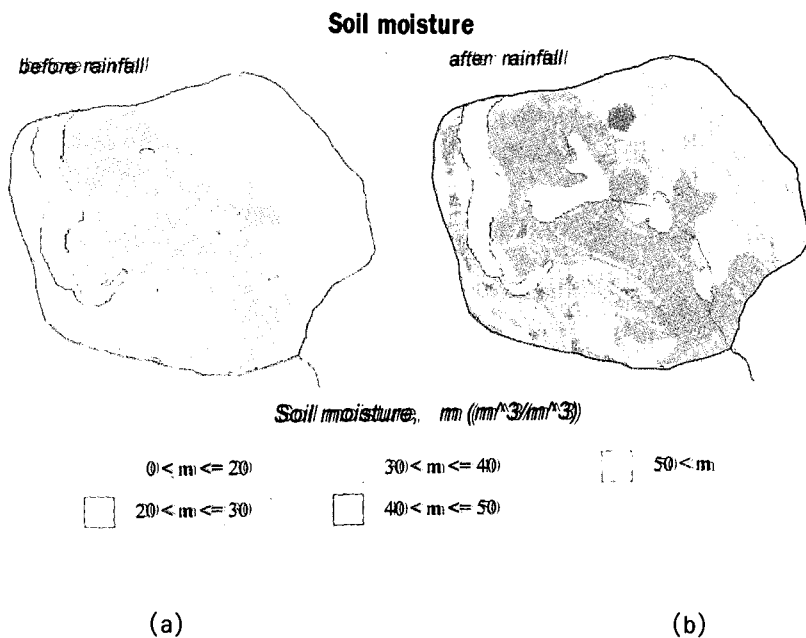
〈그림-6〉 우리나라의 충주댐 유역을 포함하는 강원도 및 충북 일부 지방의 래스터 수치고도도의 색채 표현(a) 및 수치고도도의 지형 분석을 통해 구해진 경사방향도의 색채 표시(b)의 예



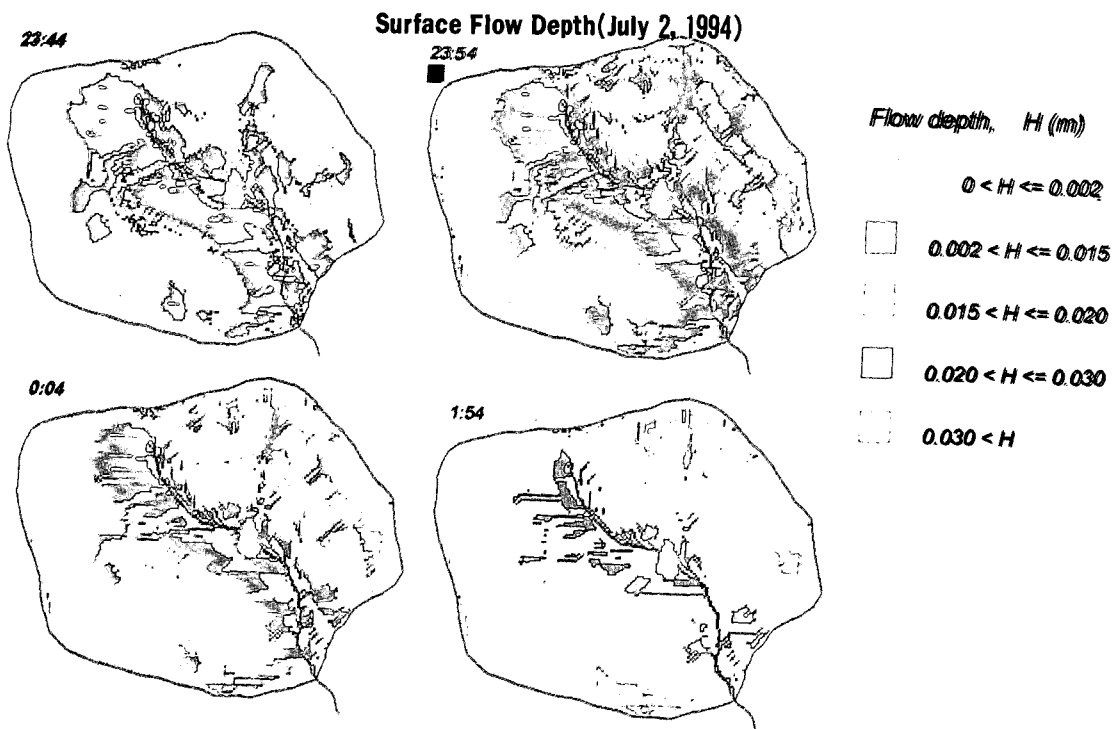
<그림-7> 미국 New York주 북 Catskill 지역의 Crowe Road 유역에 대해 구축한 기본도의 예시 : (a)는 수치지형도, (b)는 수치지형 도의 3차원 도시, (c)는 토양도, (d)는 토지이용도를 나타내고 있다.



<그림-8> 기본도를 1차 공간 분석한 예 : 토양도와 관련 속성데이터베이스로부터 추출된 토양의 공극률 분포도(a) 및 포장용수량 분포도(b)



〈그림-9〉 수문모형의 적용을 위해 가정한 초기 토양수분 분포도(a)와 모형의 결과로써 산정된 토양수분 분포도(b)의 예시



〈그림-10〉 모형의 결과로써 산정된 시간대별 지표류 수심 분포도

그 결과는 위 그림에서와 같이 도시되어 사용자가 쉽게 파악할 수 있게 된다(자료제공 : 김성준, 한국수자원공사 수자원연구소).

IV. 결 론

유역의 지형자료 분석, 토지이용 분석 및 유역의 수문학적 요소 추출 등 GIS는 수자원 관리에 필요한 정보를 효율적으로 저장하고, 분석하는 도구이다. GIS는 수문모형 뿐 아니라 홍수 관리, 상·하수도관망 관리, 수질오염 관리, 관개용수 관리에 이르기까지 그 응용의 폭이 점차 확대되어 가고 있다. 국내에서도 수자원 관리를 위해 GIS를 도입하기 위한 노력들이 점차 증가하고 있다.

수자원 관련 분야에 GIS를 도입하는데 있어서의 문제점에 대해서는 위에서 언급한 바와 같이 기본적인 여건 조성에서부터 실질적인 기본 자료의 구축에까지 아직도 많은 문제들이 산재해 있는 것이 현실이다. 그러나 이와 같은 문제점들은 시간이 경과하고 필요한 재원이 확보되어 소프트웨어 및 하드웨어가 갖추어지고, GIS 전문인력이 배출되면 외부로부터 촉차적으로 해결이 가능한 문제일 것으로 생각된다.

GIS의 도입에 앞서 수자원 관련 분야의 종사자들이 먼저 선결해야 할 과제로서 다음과 같은 방향을 제시하고자 한다.

1. 현재 현업에서 사용되고 있는 각종 모형은 컴퓨터가 발명되기 이전의 개념에 의해 개발된 것들이 많은 실정이다. 현재 사용되고 있는 모형 등의 도구들은 컴퓨터 및 GIS 환경에 적응할 수 있는 형태로 진보시켜야 할 것이다.
2. GIS의 도입은 모형의 개선을 요구하고, 모형의 개선은 GIS의 개선을 요구하는 순환과정으로 나타난다. 자연 현상의 이해로부터 출발하는 것을 과학이라고 정의한다면, 공간정보의 분석도 새로운 사실의 파악과 이해를 제공한다는 측면에서 GIS도 과학의 도구 중 하나라고 정의할 수 있을 것이다. 공간자료의 분석을 통해 얻어진 더 많

은 지식은 그것을 활용할 수 있는 공학적 도구, 모형의 개선된 능력을 요구할 것이며, 이러한 모형에 의해 모의 발생된 결과는 더 많은 분석을 요구하게 될 것이다. 따라서 GIS의 또 다른 분석능력 개선이 필요하게 될 것이다.

이러한 과정은 계속해서 순환 반복될 것이고, 이 가운데 GIS는 수자원 관리 기술을 개선하는데 커다란 기여를 할 것이다.

3. GIS의 도입에 앞서 “어떤 Operation이 포함되어 있나?”, “어떤 것이 개발되어야 할까?” 등에 대한 전반적인 고찰이 요구된다. 수많은 범용 GIS시스템, 또는 방대하고 끊임없이 새로 발생하는 공간정보들을 가름하여, 각자의 목적에 적합한 시스템, 또는 정보를 적절히 취사 선택하기 위한 노력이 있어야 최대한의 효율을 얻을 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김성준, 1996. Grid-based Variable Source Area Soil-Water Erosion and Deposition Model, 1996년도 한국농공학회 국제심포지엄 및 학술발표회 발표논문집, 1996년 10월 18일 ~19일, 서울, pp. 92~98.
2. 김진택, 1995. 농업 비점원 오염 모형을 위한 지리정보시스템 호환 모형의 개발 및 적용, 서울대학교 박사학위논문.
3. 김창호, 1996. 사회간접 자원으로로서의 GIS의 역할, GIS전문교육장 개소 기념행사 세미나 교재, 시스템공학연구소·정보기술교육센터.
4. 농어촌진흥공사, 1992. 농어촌종합지형정보시스템 개발보고서, 연구용역 보고서(4/5).
5. 농어촌진흥공사, 1993. 농어촌용수이용 합리화계획 자료정보 데이터베이스 구축연구(Ⅲ), 서울대학교 농업개발연구소 연구용역보고서.
6. 성효현, 1996. 수도권지역 개발에 따른 자연재해특징분석 : 안양천 유역 분지에서 잠재적 수해특징 분석, 한국 GIS 학회지, 4(1), pp. 21~42.
7. 유복모, 1996. 용어의 중요성, GIS관리자과정 교재, 시스템공학연구소/정보기술교육센터.
8. 이사로, 1992. 지리정보시스템을 이용한 청주지역의 광역적 산사태 분석 연구, 연세대학교 대학원 석사학위논문.

- 해 특징분석 : 안양천 유역 분지에서 잠재적 수해 특징 분석, 한국 GIS 학회지, 4(1), pp. 21~42.
9. 한국수문학회, 1994, GIS와 수문·수자원 관리, 제2회 수공학워크샵 교재.
 10. 한국수자원공사, 1993. 일산상수도 도형정보 시스템구축 보고서.
 11. 한국수자원공사, 1995. 상수도계획을 위한 의사결정 지원 시스템 연구, 수자원연구소 보고서 WRRI-WS-95-5.
 12. 한국수자원공사, 1993. GIS를 이용한 수자원 관리 및 계획에 관한 연구, 수자원연구소 보고서 WRRI-WR-93-10.
 13. Arnoff, S, 1989. Geographic Information System: A Management Perspective, WDL Publications, pp. 31~41, 103~188.
 14. Ball, J.E., 1994. Hydroinformatics-Are we repeating past errors?, Proceedings of the 1st International Conference on Hydroinformatics, Delft, Netherlands, 19-23 Sept. 1994, pp. 25~30.
 15. Beek E. van, A. Verwey, and J.P.G. van de Kamer, 1994, Hydroinformatics programmes in the Netherlands, Proceedings of the 1st International Conference on Hydroinformatics, Delft, Netherlands, 19~23 Sept. 1994, pp. 31~36.
 16. Deuker, K.J., and D. Kjerne, 1989, Multipurpose cadastre : terms and definitions : Technical Papers, 1989 ACSM-ASPRS Annual Convention, Baltimore, Maryland, USA, 2~7 April 1989, Vol. 5, pp. 94~103.
 17. Djokic, D., M.A. Beavers, and C.K. Deshakulakarni, 1994. ARC/HEC2 : an ARC/INFO-HEC-2 Interface, Water Resources Policy and Management : Solving the Problems, Proceedings of the 21st Annual Conference, Denver, Colorado, USA, May 23~26, 1994, pp. 41~44.
 18. Doull, G.S., and J.C. Bright, 1996, Flood hazard in Palmerston North City, New Zealand, Proceedings of the 2nd International Conference on Hydroinformatics, Zürich, Switzerland, 9~13 Sept. 1996, pp. 33~40.
 19. Enayet Rasul A.Z., M. Fazle Rabbi, and Mustaga Kalmal, 1994. GIS in flood mapping for improved flood management in Bangladesh, Proceedings of the 1st International Conference on Hydroinformatics, Delft, Netherlands, 19~23 Sept. 1994. pp. 629~634.
 20. Frankoski, L., 1994. The Effects of Spatial Resolution in Modeling the North Fork Drainage of the Gunnison River Basin, Water Resources Policy and Management : Solving the Problems, Proceedings of the 21st Annual Conference, Denver, Colorado, USA, May 23~26, 1994, pp. 29~32.
 21. Haloun, R., P. Ingeduld, K. Pryn, and S. Van ek, 1994. Specific problems of hydroinformatics applications in the field of integrated urban drainage modelling, Proceedings of the 1st International Conference on Hydroinformatics, Delft, Netherlands, 19~23 Sept. 1994, pp. 295~300.
 22. Macek, L., and P. Koubsk, Integration of a geographic information system into hydraulic modelling : Use of SiteNet and SiteFlow, Proceedings of the 2nd International Conference on Hydroinformatics, Zürich, Switzerland, 9~13 Sept. 1996, pp. 877~883.
 23. MacMurray, H.L., and A.G. Barnett, 1996, Requirement for extreme storm analysis in urban drainage, Proceedings of the 2nd International Conference on Hydroinformatics, Zürich, Switzerland, 9~13 Sept. 1996, pp. 41~48.
 24. Maksimovic, C., D. Prodanovic, J. Elgy, and L. Fuchs, 1994. GIS(or GIM) in water projects-Tools or toys, Proceedings of the 1st International Conference on Hydroinformatics, Delft, Netherlands, 19~23 Sept. 1994, pp. 89~96.
 25. Ruland, P., and G. Rouv, 1994. Advantage of object oriented GIS for the integration of hydraulic models, Proceedings of the 1st International Conference on Hydroinformatics, Delft, Netherlands, 19~23 Sept. 1994,

- pp. 253~259.
26. Santos, M.A., J.P. Fernandes, R. Oliveira, M. Gamboa, and M.J. Andrade, 1996, An information system for emergency warning in a dam failure event, Proceedings of the 2nd International Conference on Hydroinformatics, Zürich, Switzerland, 9~13 Sept. 1996, pp. 137~142.
 27. Schuurmans, W., and W. N. M. van der Krogt, 1994, Decision support model for irrigation systems, Proceedings of the 1st International Conference on Hydroinformatics, Delft, Netherlands, 19~23 Sept. 1994, pp. 367~373.
 28. Shim, S.B., D.K. Koh, Y.S. Lee, J.H. Kim, and M.S. Kim, 1996, System development for pollutant loading estimation for a reservoir based on hydroinformatics, Proceedings of the 2nd International Conference on Hydroinformatics, Zürich, Switzerland, 9~13 Sept. 1996, pp. 377~384.
 29. Snoxell, J.D., 1994, Network modelling in water supply operational management, Proceedings of the 1st International Conference on Hydroinformatics, Delft, Netherlands, 19~23 Sept. 1994, pp. 671~677.
 30. Wilkening, C.R., L.E. Johnson, and J. Herr, 1994, Using GIS to Develop 2-D Hydraulic Models, Water Resources Policy and Management: Solving the Problems, Proceedings of the 21st Annual Conference, Denver, Colorado, USA, May 23-26, 1994, pp. 136-140.
 31. Yang, C.R., C.H. Tsai, and C.T. Tsai, 1996, Application of GIS linked flood inundation model to flood damages estimation, Proceedings of the 2nd International Conference on Hydroinformatics, Zürich, Switzerland, 9-13 Sept. 1996, pp. 49-56.
 32. Zhang, J.Y., A. Dowley, and M. Bruen, 1996, Watershed runoff modelling and geographic information systems, Proceedings of the 2nd International Conference on Hydroinformatics, Zürich, Switzerland, 9-13 Sept. 1996, pp. 293-298.

 약 력

고 덕 구



- 1980. 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
- 1982. 서울대학교 대학원 농학석사
- 1989. 서울대학교 대학원 수공학박사
- 현재 충북대학교 수자원·수질연구센터 연구 조교수
한국수자원공사 수자원연구소 연구원