

GIS를 이용한 수자원 시스템 분석

심 순 보 (충북대학교 토목공학과 교수)

김 주 훈 (충북대학교 토목공학과 박사과정)

1. 서 론

정보화시대의 개막에서 지리정보시스템 (Geographic Information System : GIS)은 많은 지표공간의 자료를 수집·관리하며 지구와 인류에게 주어진 현실적인 문제를 해결하는 바탕을 제공하는 강력한 수단으로 등장하고 있다.

GIS는 컴퓨터의 발달과 함께 급격히 성장하여 왔으며, GIS는 현대 산업화/정보화 사회 속에서 인간이 직면하고 있는 수많은 문제들, 즉 국토 개발에 관한 문제, 환경 관리 문제, 수자원 종합 개발과 관리 등 거시적인 문제로부터, 도시의 가스관이나 상수도관 등 지하 시설물의 관리, 또는 학교 시설물의 관리와 같은 미시적인 문제에 이르기까지, 이와 같은 문제들을 해결하는데 필요한 방대한 양의 정보와 그 정보의 다양성에서 비롯된 어려움을 보다 손쉽고, 단시간에 이해하고 해결할 수 있다는 점에서 급속하게 발전하고 있다.

또한 컴퓨터를 비롯하여 영상처리, 자료 관리 및 자료 분석 등 첨단 과학기술이 눈부시게 발달해 나가는 상황에서 GIS의 활용은 날로 보편화 되어 갈 것이고, 이에 대한 인적·기술적 수요가 폭증할 것으로 예상된다.

본 고에서는 이와같은 배경에서 수자원과 관련된 분야의 종사자들에게 GIS를 기본 개념적인 측면에서 소개하고, 아울러 GIS 분야에 있어서의 최근의 국내외 기술동향, 특히 수자원 종합 관리 분야에의 응용 사례들을 소개함으로써 GIS에 대한 보다 많은 관심과 참여를 유도하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 본 고에서는 크게 GIS의 기본 개념, 수자원 분야에

서의 GIS응용에서 실질적인 개발방안에 대하여 제안하고, 그리고 결론과 함께 GIS의 도입의 필요성과 고려해야 할 내용에 대한 제안의 순서로 기술하고자 한다.

2. GIS의 기본 개념

2.1 GIS의 정의

GIS(Geographic Information System)은 우리말로는 지리정보시스템으로 해석되어 쓰이고 있으며, Dueker and Kjerne(1989)는 "지리 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 정보 체계라 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, 사칙연산 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).

일반적으로 GIS를 이용한 분석과정은 실세계로부터 자료를 수집하고, 이러한 자료를 컴퓨터에 입력하여 저장, 분류 및 분석한 후, 그 결과를 사용자가 쉽게

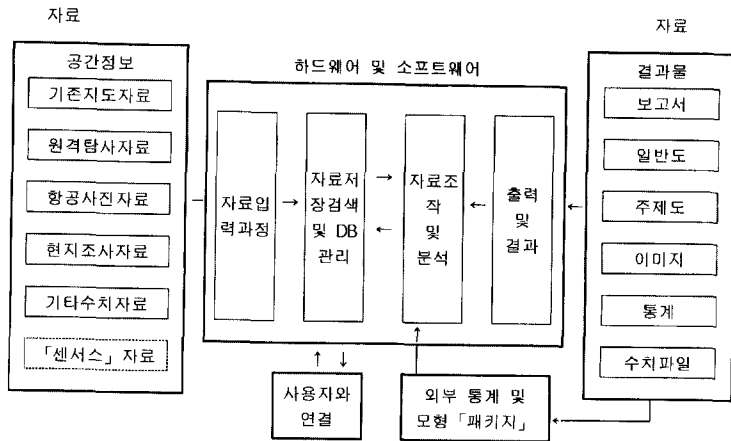


그림 1. GIS의 구성 및 요소간 연결

이해할 수 있도록 제공하여 사용자가 다시 실세계를 변화시키는 순서로 진행된다.

GIS의 현대적인 기원은 1960년대와 1970년대의 단순한 컴퓨터에 의한 지도제작에서 유래하고 있지만 GIS의 다양한 정의를 생각할 때 이 분야가 포함하는 영역은 자동화 지도작성의 범위보다 훨씬 광범위하다. GIS는 1960년대 초에 캐나다 정부에서 자연 자원 및 환경정보를 관리할 목적으로 설계되어진 것을 기원으로 하고 있다.

GIS의 의미는 컴퓨터의 기술을 이용하여 표준적인 좌표체계를 통하여 각종 지리정보를 입력, 보완, 처리, 출력하는 정보관리시스템 또는 공간자료의 획득, 저장, 검색, 분석 및 표시에 대한 컴퓨터 지원시스템이라 할 수 있으며 GIS의 기본적인 전제는 새로운 정보를 생성하는 공간분석과 공간중첩을 수행할 수 있는 능력을 가진 시스템이어야 한다. Crain 등에 의하면 성공적인 GIS는 인벤토리 툴(Inventory Tool)에서 시작하여 분석도구(Analysis Tool)를 거쳐 궁극적으로 관리도구(Management Tool)까지 발전해야 한다고 제안하였으며, GIS를 때로는 의사결정 지원시스템(Decision Support System)으로 부르기도 한다.

2.2 GIS의 구성

GIS의 정의에서도 언급된 바와 같이 GIS란 공간상 위치를 점유하는 지리 공간 요소(geographical

and spatial element)와 이에 관련된 속성 정보(attribute information)를 통합하여 처리하는 정보시스템으로서, 다양한 형태의 지리정보를 효율적으로 수집·저장·갱신·처리·분석·출력하기 위해 이용되는 하드웨어, 소프트웨어, 자료, 인적자원의 총체적 조직체라 할 수 있으며, 그 구성 및 요소간 연결은 <그림-1>과 같이 표현할 수 있을 것이다.

GIS가 훌륭한 기능을 발휘하기 위해서는 구성 요소들이 서로 균형을 이루어야 하며, GIS의 외형적인 구성인 하드웨어 및 소프트웨어, 인적 구성은 <표 1.>에 나타낸 바와 같다.

3. GIS를 이용한 수자원 종합관리시스템

3.1 시스템 설계

일반적으로 수자원 종합관리를 위한 시스템을 개발하기 위해서는 시스템을 설계하는 전문가, 시스템을 관리하기 위한 개개의 시나리오를 평가하고 결과를 해석할 수 있는 관리자를 필요로 하며, 수자원시스템을 종합 관리하기 위해서는 앞 절에서 설명한 GIS의

표 1. 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 designer & manager • GIS analyst • database manager • digitizer • end user

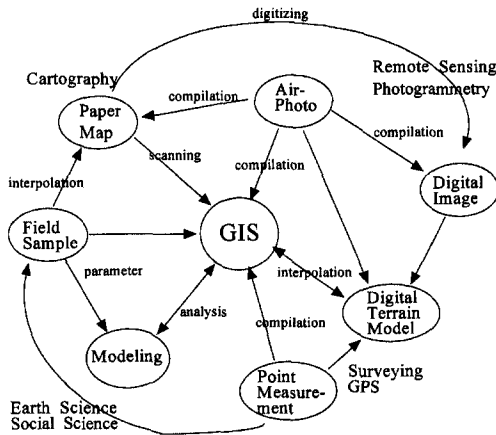
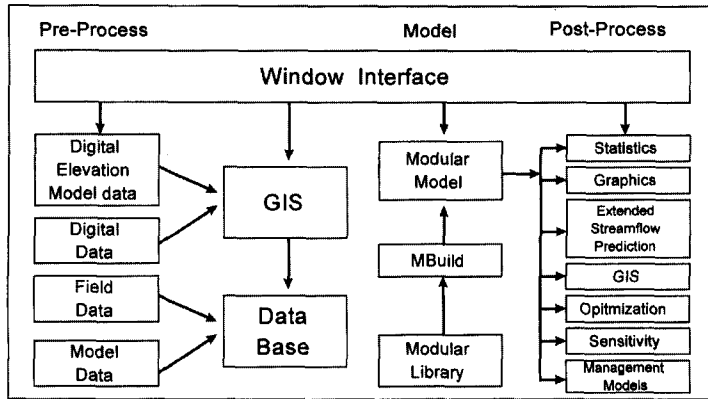


그림 3. 지형공간정보 데이터 처리 절차

구성요소 중에서 핵심적으로 인적자원의 중요도가 크다 하겠다.

수자원시스템 종합관리를 위한 시스템의 구성의 개념적인 설계는 수치지형정보, 수자원 및 수질환경 관련정보, 각종의 문자정보들을 통합한 데이터베이스를 근간으로 하여 모듈러베이스 모델과 각각의 정보를 의사결정의 도구로 이용한 후 이용된 정보가 다시 Feedback에 의한 데이터베이스 시스템으로 재사용될 수 있는 시스템으로 설계하는 것이 바람직하며 아래 <그림 2>와 같은 시스템으로 설계하는 것을 제시하고자 한다.

3.2 Data Base 구축

Data Base(DB)는 시스템의 종합운명을 위한 각종 모듈에 자료를 제공함과 동시에 효과적으로 자료를 저장할 수 있는 기능을 지니고 있는 독립된 자료관리 체제라 할 수 있다. 그리고 실제 모든 데이터에 사용자가 손쉽게 접근하여 검색, 추가, 호출 등을 포함하는 데이터 유지보수 기능을 갖는 관리체제가 포함되어야 하며, 모든 부분이 메뉴방식으로 프로그래머가 비전문가라도 사용하고 자하는 Data Base를 운영하는데 발

생될 수 있는 오류를 최대한 줄일 수 있도록 구축되어야 한다. 또한 모든 Data Base는 기능상에 있어서 물리적으로는 분리되어 관리되어야 하지만, Data Base 호출시에는 데이터의 상호 유기적 관련 및 객체 지향 관련성을 유지하여 효율적인 운영이 될 수 있도록 설계되어야 한다.

구축된 Data Base에는 생성, 추가 및 호출 등 유지보수 기능이 모두 포함되어야 하며, 사용자가 Data Base 운영시 오류를 최대한 줄이기 위해서는 필요한 자료만 직접 입력하도록 하고 나머지는 WINDOW 운영체제와 같은 메뉴방식으로 설계되는 것이 바람직할 것이다.

현대의 Data Base 시스템은 전통적인 문자 데이터뿐만 아니라 지형공간에 대한 정보를 포함하고 있어야 하며 GIS와 원격탐사는 공간정보의 수집, 분석, 저장뿐만 아니라 그 자체에도 정보를 포함하고 있으며, 개개의 지형공간정보와 그와 관련된 자료의 수집을 위한 방법론은 <그림 3>과 같이 나타낼 수 있다.

수자원 종합관리를 위한 각 Data Base의 구축 방안으로서 실시간 유역관리를 위한 모델과 모듈러 베이스 강우-유출 모델, 기존 데이터베이스의 통계분석을 위한 도구, GIS관련 지형자료, 실시간 자료처리 및 예측 시스템, 그리고 의사결정 지원시스템과 유기적으로 결합된 Hydrologic Data Base와 수자원 종합관리 시스템 구성을 <그림 4>와 같은 형태로 제시하고자 한다.

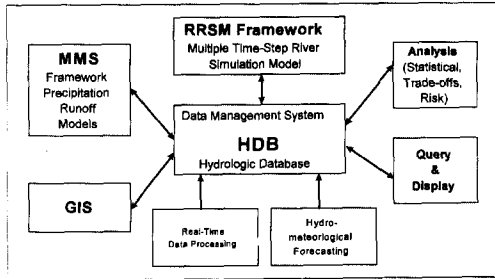


그림 4. 수자원 종합관리 시스템 구성

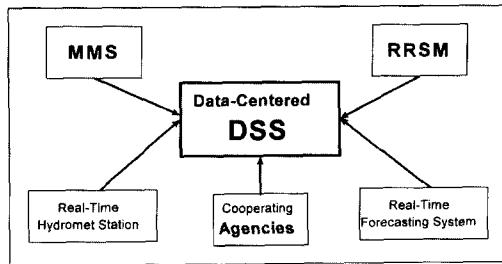


그림 5. 수자원시스템의 의사결정 지원시스템

3.3 의사결정 지원시스템

의사결정 지원시스템(DSS, Decision Support System)은 관리자 또는 의사결정권자(Decision Maker)로 하여금 여러 가지 대안을 선정하고, 그 대안들을 평가하여 적절한 의사결정을 수행 할 수 있게 해주는 통합된 컴퓨터 S/W시스템이다. Labadie와 Sullivan(1986)은 DSS의 구성요소로서 모형 부시스템(Model subsystem)과 데이터 부시스템(Data subsystem), 대화형 부시스템(Dialogue subsystem) 등을 제시하였다.

수자원 관련 DSS에 대한 초창기 연구로 Johnson(1985)과 Labadie와 Sullivan(1986), Koch와 Allen(1986), Courtney와 Whitlock(1988), Arnold와 Sammons(1988), Fredericks(1993)의 연구가 있으며, 1990년대에 들어서는 미국 토목학회(ASCE : American Society of Civil Engineers) 등 학술단체들을 중심으로 수자원 개발 및 관리에 관한 의사결정지원시스템 분과를 개설하고 전문 학술행사를 개최하는 등 활발한 연구와 개발이 이루어지고 있다. 국내에서는 심순보 등(1993,

1997)이 충주댐 및 대청댐 다목적 저수지 운영을 위한 DSS연구를 수행한 바 있다.

수자원 시스템에서의 의사결정 지원시스템은 모듈러 모델 시스템, 실시간 수문기상 및 수문예측 시스템, 하천 유역 관리 시스템, 그리고 관계기관과의 협력에 의한 데이터 중심형 의사결정 지원시스템으로 통합되어 구성되어야 하며 (그림 5)와 같은 형태를 제시하고자 한다.

4. 수자원시스템에서의 GIS의 응용

아직도 GIS를 지형이나 각종 지도를 보기 좋은 형태로 시각화 시켜주는 그래픽처리도구로 인식하는 사례가 많다. 또한 GIS와는 정확한 의미에서 구별되어야 하지만 비슷한 개념으로 혼용되고 있는 용어들로서 자동지도제작(AM : Automated Mapping), 시설물 관리(FM : Facility Management System)와 같은 것들이 있다.

GIS의 진정한 공학적 용도는 각종 시뮬레이션 패키지(simulation package)와 결합하여 의사결정에 있어서 많은 변화된 형태를 제시하는 것이다.

현재 수자원 개발과 관리에 대한 정책을 수립하는데 있어서, 각종 대안을 평가할 수 있는 기능을 가진 수학적 모형(주로 시뮬레이션 패키지)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 또 다른 정보를 제공할 수 있도록 개발되는 것이 일반적인 추세이다.

GIS란 유역의 지형공간 정보에 관한 관리 및 수자원 관리에 필요한 정보를 효율적으로 저장하고 각종 질의에 대한 지형공간적인 정보를 제공하기 위한 전산화 도구의 하나인 것이다. GIS에 저장된 모든 데이터 요소가 항상 필요한 것은 아니겠지만, 대체적으로 유역 관리나 수자원 관리에 필수적인 요소들만을 나

열하자면 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, Thiessen망, SCS curve number의 분포, Universal Soil Loss Equation의 각종 요소의 분포, 강우 및 수위 등 수문 관측 기록 등

4.1 외국의 적용 사례

수자원 분야에서의 GIS이용에 관한 모든 사례를 나열할 수는 없겠으나, 최근 수년간 필자가 참석하여 연구 논문을 발표했거나, 관심을 기울였던 몇몇 학술대회에서 발표되었던 사례들과 직접 관련 연구소를 방문·교류를 통하여 얻게된 자료만을 나열하더라도 좋은 참고 자료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

1994년 9월 네덜란드의 델프트(Delft)와 1996년 9월 스위스의 쾰리히(Zurich)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 또한 수자원의 GIS응용 연구가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 현상은 수자원 분야에서 GIS의 역할이 급속히 확산되고 있음을 단적으로 나타내 주는 것이다.

다음에 소개될 내용은 충북대학교 수자원·수질관리 연구실과 활발한 교류를 펼치고 있는 영국의 Newcastle 대학의 D. G. Jamieson교수팀의 연구프로젝트와 필자가 지역전문가로서 참여하고 있는 아시아개발은행(ADB, Asian Development Bank)에서

수행한 GIS의 응용사례는 수자원시스템에 실제로 GIS가 효과적으로 응용되고 있음을 보여주고 있다.

4.1.1 영국의 Water Resources

Management Information System : Thames Basin Project

본 프로젝트는 Tames Water International Ltd.의 협조아래 영국의 테임즈 유역에 적용한 연구프로젝트로서 개발되었다. 테임즈강 유역은 13,000 Km²으로 런던을 비롯해 1,200만 인구에게 하루 3백70만 톤의 공공용수를 공급하고 있으며, 본 유역으로 유출되는 유량이 공공용수의 55%를 차지하고 있다.

본 프로젝트의 시스템 구성은 지리정보시스템, 데이터베이스, 지식베이스 그리고 문자 정보를 포함하는 데이터베이스 시스템과 각종의 모델과 최적화 기법 그리고 전문가 시스템으로 구성된 분석툴, 이들이 상호 유기적으로 결합될 수 있도록 하는 사용자 인터페이스로 구성되어 있으며, 시스템의 구성도는 <그림 6>과 같다.

<그림 7>에서 <그림 9>는 테임즈 유역을 관리를 위한 수자원 관리 시스템의 사용자 인터페이스와 수행 결과들을 보여주고 있다.

4.1.2 아시아개발은행(ADB)의 메콩강 개발 프로젝트

본 프로젝트는 메콩강 유역의 개발에 따른 환경영

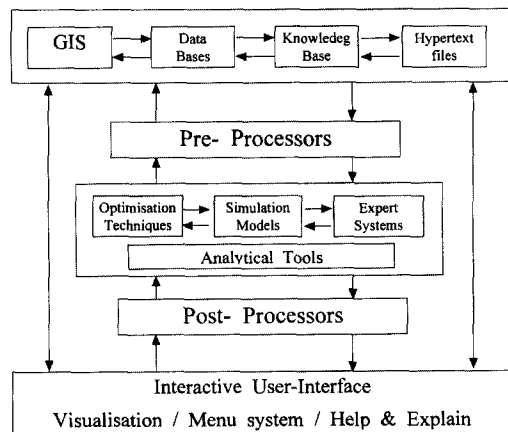


그림 6. 시스템 구성도

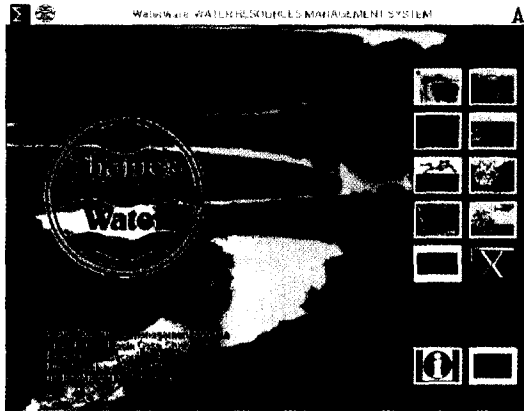


그림 7. 테임조강 유역 수자원 관리 시스템 Cover Page

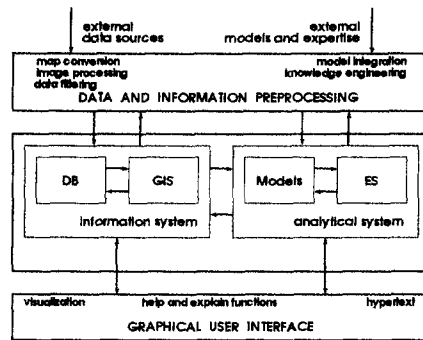


그림 10. 수자원 관리 의사결정지원 시스템

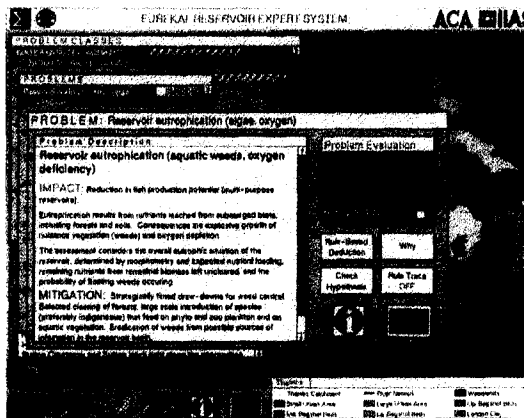


그림 8. 수자원 관리시스템의 저수지의 부영양화 평가 시스템



그림 11. EIA 시스템의 GUI

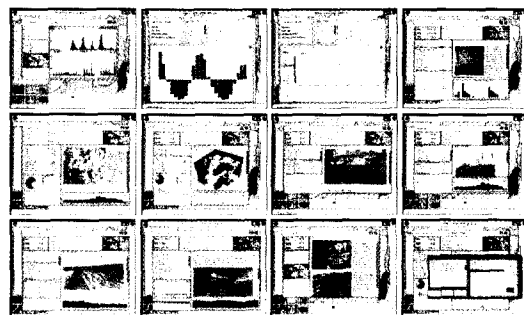


그림 9. 수자원 관리시스템의 운영결과 예

향 평가를 위한 전문가 시스템으로 개발되었으며, 계층적 위치 선택(hierarchical checklists covering site selection)과 프로젝트의 설계와 운영(project

design & operation), 구조물의 상태(construction phase), 환경 친화(environmental mitigation), 그리고 비용 이익 분석(cost benefit analysis) 등에 EIA(Environmental Impact Assessment) 시스템을 구성하고 있다.

본 시스템은 객체지향형 데이터베이스 시스템으로 구성되어 있으며 각종의 이용 가능한 정보로부터 프로젝트를 개발하고 대안을 설정할 수 있도록 되어 있다. 또한 Data base는 계층적 GIS DB와 연계하여 정보를 이용, 분석, 재저장하고 다른 개개의 프로젝트 단위로도 이용할 수 있도록 되어 있다. 메콩강 유역의 수자원 관리를 위한 의사결정지원 시스템의 기본 구조는 <그림 10>과 같다. <그림 11>과 <그림 12>는 메콩강유역의 GUI와 프로젝트 수행결과의 예를 보여주고 있다.

4.2 국내의 사례

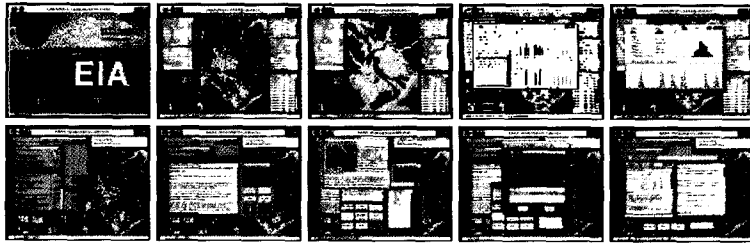


그림 12. EIA 시스템의 운영결과 예

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

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 최적노선을 선정하고, 수도 시설의 적정 규모 및 위치를 선정하기 위한 연구와 댐의 최적 위치와 규모를 결정하기 위한 의사결정 지원시스템 등을 개발하고 있는 단계에 있다.

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

유니써스코리아(1993)는 제주도 수자원의 보호와 관리 전반에 걸쳐 필요한 관련 정보를 GIS를 통해 체계적으로 저장, 검색, 분석 및 도시함으로써 업무의 일관성 확보에 따른 능률의 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 관리를 위한 시범시스템으로 개발되었다.

한국과학기술연구원 시스템공학연구소(1995)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 오염 발생에 관한 정보를 GIS 데이터베이스화하고, 수질모의예측 모형, 수질 관리를 위한 각종 대안에 관련된 자료와 연계하여 그 목표를 달성할 수 있도록 개발되었다.

한국수자원공사/충북대학교 수자원·수질연구센터(1995)에서는 충주댐 오염부하량 산정 연구를 통하여 다목적 저수지로 유입하는 점오염원 및 비점오염원에 대한 분석을 원격탐사기법을 도입하고 각종의 수문자료 및 수질자료 그리고 문자자료를 데이터베이스화하여 유역의 수자원·수질 종합관리를 위한 시스템의 도입을 시도하였다.

그러나 위의 사례들은 아직 기본 자료의 미비, GIS에 관한 기술자들의 관심 부족 등으로 인하여 대부분

의 경우 아직 실용화되지 못한 채, 계속적인 연구의 차원에 머물고 있는 실정이다.

그 외에 대학 연구기관의 GIS에 의한 수자원 시스템 분석 및 하천유역 수자원 종합관리를 위한 연구 사례를 살펴보면 충북대학교의 수자원·수질 관리 연구실의 최근의 연구성과 등을 들 수 있을 것이다. 즉, GIS를 이용한 상수관망해석(심순보 등, 1994), 원격탐사(Remote Sensing)를 이용한 다목적 저수지의 유입오염부하량 산정을 위한 지상인자 도출(심순보 등, 1995), 오염부하량 산정 지형공간 데이터베이스 구축(심순보 등, 1996), GIS를 이용한 강우-유출 모의 모형(심순보 등, 1997) 등 관련된 연구 사례가 점차 늘어가고 있는 추세이나 실용적으로 활용 가능한 수자원 종합관리를 위한 시스템의 개발은 미진한 실정이다.

5. 유역의 수자원·수질 관리 시스템

본 절에서는 필자와 충북대학교 수자원·수질 관리 연구팀이 그 동안의 GIS 및 Remote Sensing과 관련하여 연구 발표한 여러 연구성과 중에서 대표적인 연구실적을 중심으로 요약 소개하고자 한다.

5.1 저수지 유역의 오염부하량 산정 시스템 개발

본 연구는 강우시 지표수의 흐름을 통해 유출되는 오염부하 산정 시스템을 개발하고, 정상류 흐름의 성격을 띠는 점원오염의 월별, 수기별 오염부하를 산정하기 위한 각종 수질 인자별 발생부하와 배출부하 사이의 관계를 규명하여, 각 지천 소유역의 월별 및 수기별 오염부하를 산정하는 모형시스템을 개발하는 것을 목적으로 하였다.

지리정보 관련 Database시스템에서는 인공위성 원격탐사 이미지 분석에 의한 토지이용분포 규명하고, 지표수의 유출거동과 관련된 수치고도도, 경사도, 경사방향도, 하천고도도, 하천

경사도 등을 Database화하여 모형의 입력자료로 사용될 수 있도록 하는 일련의 과정을 체계화하였다. 또한 개발된 개개의 모형을 체계적으로 결합하여 사용을 쉽게 하기 위하여, GIS-모형간의 인터페이스 모듈과 그래픽 출력시스템 등 응용소프트웨어를 개발하였다.

원격탐사 기법에 의한 저수지 오염 부하량 산정을 위한 여러 가지 작업들을 하나의 체제로 통합하여 저수지의 오염부하 산정을 보다 용이하게 하기 위한 시스템 통합을 실시하였다.

통합된 시스템은 GIS DB는 IDRIS를 사용하였고, 문자 DB와 GUI는 Quattro Pro for Windows를 사용하여 구현하였다. 개발된 통합 시스템은 <그림 13>과 같다.

사용자 편의의 그래픽 인터페이스(GUI, Graphic User Interface)에 의한 저수지 유역의 오염부하량 산정 시스템은 <그림 14>와 같다.

개발된 시스템을 이용하여 1991년에서 1993년 사

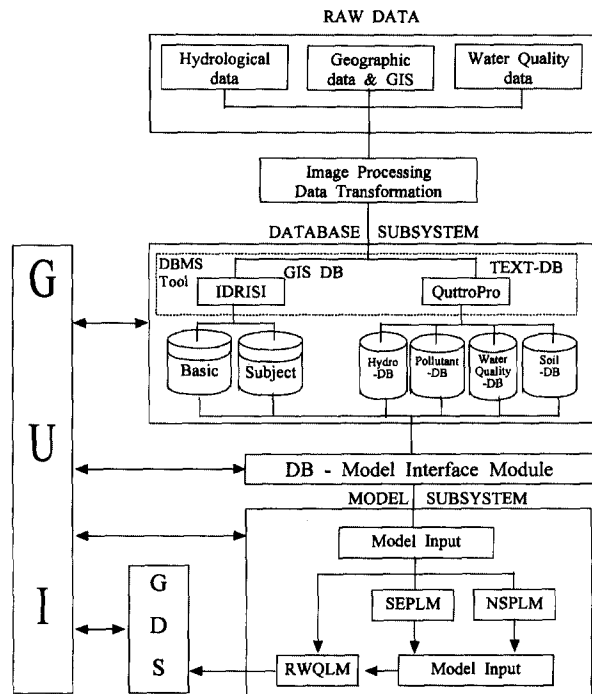


그림 13. 원격탐사를 이용한 저수지 유역의 오염부하량 산정 시스템

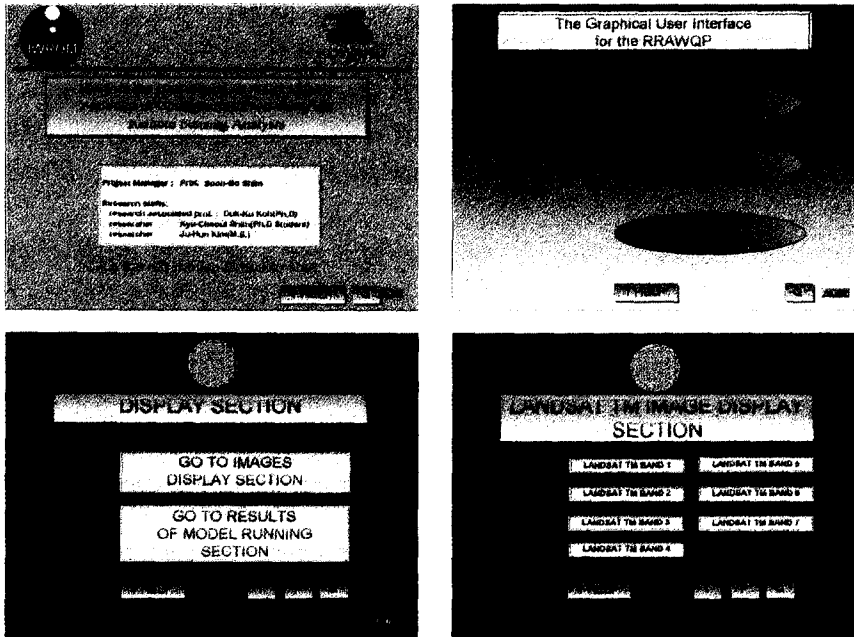


그림 14. 저수지 유역의 오염부하량 산정 시스템의 GUI

정하여 적용하였다. 저수지 운영은 현재의 홍수조절 용량과 주요 하류 지점의 수위상황 등 실시간별로 변화하는 유입량, 저류량 및 하류의 상황과 다음회기의 용수수요를 위한 저수 등 여러 다른 목적들을 동시에 고려하면서 기존의 모의기법에 의한 운영보다 훨씬 좋은 대안들을 제시할 수 있었다.

본 연구에서 개발한 한강유역의 홍수조절을 위한 저수지

이에 관측된 4개 호우사상에 대한 비점오염원의 부하를 시험적으로 산정하였으며, 충주댐의 월별 및 수기에 따른 오염부하도 아울러 산정하였다.

5.2 한강유역의 홍수조절을 위한 저수지군의 실시간 연계운영 시스템 개발

5.2.1 시스템 개요

홍수시 유역관리를 위한 저수지군들의 실시간 연계운영 모형은 시시각각으로 변화하는 저수지군들의 유입량, 현재 저수지군들의 상태 및 하류지역의 상황정보 등 다양한 실시간 자료들을 한눈에 파악하고 그들을 이용하여 시기 적절한 방류량을 결정하는 문제이다.

본 연구에서는 실시간 수문자료관리시스템구축, 지리정보시스템개발 및 저수지군들을 실시간 연계운영하여 최선의 방류량을 할 수 있는 모형개발과 이를 통합하여 유역 홍수조절을 위한 저수지군의 실시간 최적 연계운영 시스템을 개발하는 것을 목적으로 하였다.

시스템의 적용유역은 한강유역으로 하였으며, 연계운영을 위한 수문사상은 1995년의 8월의 홍수로 선

군의 실시간 연계운영 시스템은 <그림 15>와 같다.

5.2.2 저수지군의 실시간 연계운영을 위한 Module 개발



그림 15. 한강유역의 홍수조절을 위한 저수지군의 실시간 연계운영 시스템

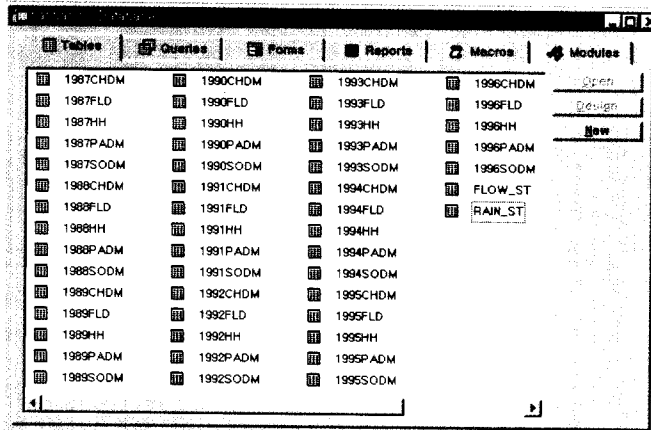


그림 16. 한강유역의 홍수조절을 위한 자료관리 시스템

1) 연계운영 모형 개발

CSUDP의 동적계획법에 의한 연계운영 모형은 소양강댐과 충주댐의 저류량, 유입량, 방류량 등을 상태 방정식으로 구성하였고, 다음회기 연도의 용수공급을 목적함수식을 이용해 모델을 구성하였으며, 주요지점의 하류의 수위상황을 벌칙함수로 지정하여 현재의 방류량을 결정할 수 있는 모형을 구성하였다.

2) 자료관리 시스템

수계와 관련된 모든 수문정보를 관리할 수 있는 자료관리 시스템을 구축하기 위하여 윈도우 95에서 널리 사용되는 마이크로소프트사의 ACCESS 97을 사용하였다. 이 자료관리 시스템은 한강홍수통제소에서 제공한 최근 10년간(1987년부터 - 1996년까지)의 홍수기(6월 1일부터 - 10월 31일까지)에 한강유역의 82개 우량관측소, 28개 수위관측소, 3개 댐운영자료(소양강댐, 충주댐, 팔당댐)의 매 시간별 자료와 지형정보시스템을 위한 우량관측소 및 수위관측소 정보들로 구성되어 있다.

이 시스템은 한강홍수통제소로부터 입수한 우량관측소, 수위관측소 및 댐운영자료를 그들의 결측치를 프로그램을 작성하여 보완하였고, 자료관리시스템의 구성요소인 테이블로 만들었다.

3) 한강유역의 홍수조절을 위한 지리정보 시스템 구축

한강유역의 홍수조절을 위한 저수지군의 실시간 연

계운영을 위한 지리정보시스템 구축을 위해 사용된 S/W는 Arc/Info를 이용하여 국립지리원에서 제공한 한강하천유역도를 근간으로 직접 Disitizing 하였으며 우리나라 군사지도 좌표계인 TM 좌표계로 변환하였다. 수치지도는 유역경계, 소유역경계, 북한강, 남한강, 한강분류, 수문관측소 위치 등을 구축하였다.

본 연구에서 개발된 지리정보시스템은 저수지 운영자가 저수지 상류 및 하류의 전 유역 전반에 걸쳐 시시각각으로 수집되는 실시간 자료를 한눈에 파악할 수 있도록 함으로써 보다 나은 방류량을 결정할 수 있도록 하였으며, 마이크로소프트사의 VISUAL BASIC 5.0을 이용하여 개발하였다.

4) 사용자 중심형 인터페이스 설계

저수지군 연계운영 모형을 위한 사용자 중심형 인터페이스는 저수지군의 연계운영을 위한 기본 자료들은 초기 또는 현재의 저수지군의 저류량에 대한 정보와 저수지 운영자가 홍수시 저류량을 원하는 수위로 조절하거나 홍수기가 끝나고 난 다음 이수시 용수공급을 위한 목표 저수량, 앞으로 24 시간동안 예상되는 저수지군의 유입량 예측자료, 하류의 주요지점별 예측 국지유입량 및 벌칙함수들의 가중치 값 등이며 이는 본 연구에서 개발된 사용자 중심형 인터페이스를 사용하여 쉽게 생성할 수 있도록 설계하였다.

자료생성단계에서는 현재 저류량은 현재의 자료관리시스템으로부터 바로 추출할 수 있으며 또한 사용자가 수정이 가능하도록 설계하였다. 유입량 예측 자료나 하류의 주요지점별 예측 국지유입량자료에 대해서는 첫째로 사용자 매뉴얼 입력, 둘째 예측자료관리 시스템으로부터 추출, 셋째 외부파일로부터 입력등 세가지 옵션에 의해 생성할 수 있도록 설계하였으며 역시 둘째와 셋째옵션을 선택시 사용자가 직관에 의해 수정할 수 있도록 하였다. 자료생성단계를 마치고 나면 저수지 운영 모듈로 가서 생성된 자료를 외부자료파일로 저장하고 저수지군 연계운영 모형을 수행할 수 있도록 하였다. 저수지군의 연계운영 모형을 수행

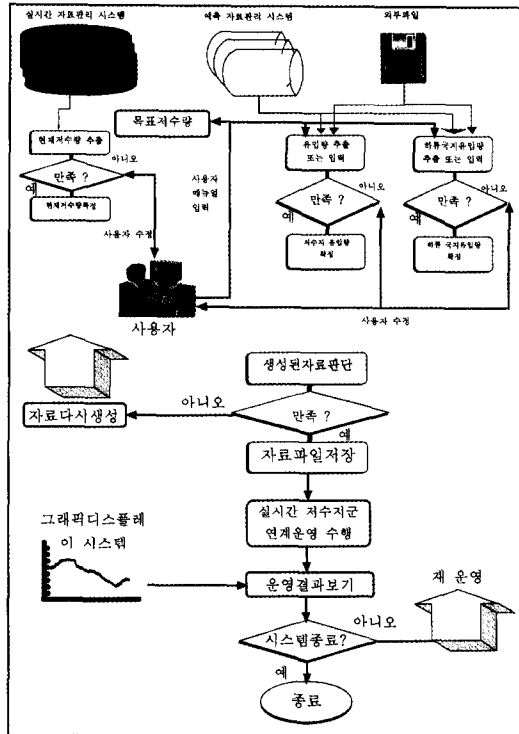


그림 18. 사용자 중심형 인터페이스 설계

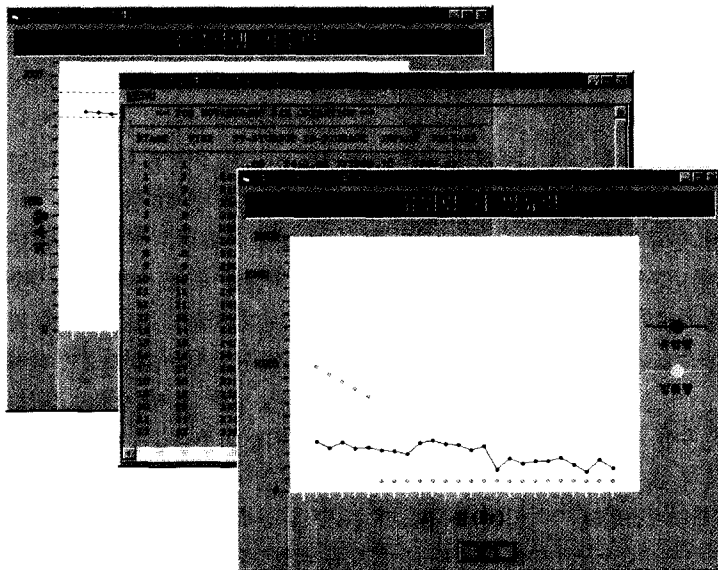


그림 19. 그래픽 디스플레이 시스템

하여 운영결과를 그래프와 테이블형태로 사용자가 원하는 대로 볼 수 있도록 설계하였다. 이상 기술된 내용은 (그림 18)에 자세히 도시하였다.

5) 그래픽 디스플레이 시스템

실시간 저수지군 연계운영 모형을 수행 후 사용자가 이 결과를 그래프 또는 테이블형태로 볼 수 있으며 이 시스템에 의해 저수량의 시간별 변화와 사용자의 선택에 따라서 유입량과 결정된 방류량의 시간별 변화등을 볼 수 있도록 되어 있다. 저수지군 연계운영결과의 한 예를 (그림 19)와 같이 나타내었다.

6. 결론

수자원시스템 분석 및 종합관리를 위한 GIS기법의 활용을 위한 기본적인 여건 조성과 실질적인 기본 자료의 구축에 아직도 많은 문제들이 산재해 있는 것이 현실이다. 그러나 이와 같은 문제점들은 GIS기법 활용의 필요성이 강조되고, 필요한 재원이 확보되어 소프트웨어 및 하드웨어가 갖추어지고, GIS 전문인력이 배출되면 활성화가 촉진되어질 것이다.

수자원시스템 분석 및 종합관리에서 GIS의 적극적인 활용을 위해서는

1. 수자원 분야의 교육·연구 및 응용분야의 전문인력 양성을 위한 적극적 실천 방안이 강구되어야 할 것이다. 즉, 대학 및 대학원 교육/연구에서 GIS관련 전문 교과목이 적극 개발 운영되어야 할 것이다.

2. 국가 지리정보시스템(NGIS) 사업의 표준화에 의한 구축이 하루속히 완수 되어야 할 것이다. 수자원 관리를 위한 시스템을 설계하고 구축한다고 할 때에 가장 많은 시

후 나중에 기술될 그래픽 디스플레이 시스템을 이용

간과 재원을 투자해야 하는 부분이 바로 GIS를 비롯한

Database 시스템의 구축부분이기 때문이다. ●

〈참 고 문 헌〉

- 고덕구, 1997, GIS를 이용한 수자원 관리, 수자원 종합정보지 1(2), 한국수자원공사
- 김창호, 1996, 사회간접 자본으로서의 GIS의 역할, GIS전문교육장 개소 기념행사 세미나 교재, 시스템공학연구소·정보기술교육센터
- 농어촌진흥공사, 1992, 농어촌종합지형정보시스템 개발보고서, 연구용역보고서(4/5)
- 농어촌진흥공사, 1993, 농어촌용수이용 합리화계획 자료정보 데이터베이스 구축연구(Ⅲ), 서울대학교 농업개발연구소 연구용역보고서.
- 심순보, 김선구, 박노혁, 고덕구, 1997, 홍수시 실시간 저수지 운영을 위한 의사결정 지원시스템, 한국수자원학회논문집, 30(5), pp431-439.
- 심순보, 김동필, 김주훈, 피완섭, 1997, 지리정보 시스템을 이용한 강우-유출 모의 모형", '97년 한국수자원학회 학술발표 논문집., pp168-173.
- 심순보, 김주훈, 고덕구, 1996, "오염부하량 산정 지형공간 데이터베이스 구축", '96년 한국수자원학회 학술발표회 논문집., pp533-538.
- 심순보, 김주훈, 고덕구, 1995, "R/S를 이용한 다목적 저수지의 유입오염부하량 산정을 위한 지상인자 도출", '95년 한국수자원학회 학술발표회 논문집., pp213-218.
- 심순보, 김주훈, 고덕구, 1994, "GIS를 이용한 상수관망해석", 제36회 수공학연구발표회 논문집., pp398-396.
- 오종우, 오승훈, 1994, 지구정보학 원론, 원탐문화
- 유복모, 1996, 용어의 중요성, GIS관리자과정 교재, 시스템공학연구소/정보기술교육센터
- 한국수문학회, 1994, GIS와 수문·수자원 관리, 제2회 수공학워크샵 교재.
- 한국수자원공사, 1995, 원격탐사를 이용한 총주담 오염부하량 산정 연구.
- 한국수자원공사, 1993, 일산상수도 도형정보시스템구축 보고서.
- 한국수자원공사, 1995, 상수도계획을 위한 의사결정 지원 시스템 연구, 수자원연구소 보고서 WRR-WS-95-5.
- 한국수자원공사, 1993, GIS를 이용한 수자원 관리 및 계획에 관한 연구, 수자원연구소 보고서 WRR-WS-93-10.
- 환경처, 1993, GIS 및 원격탐사 기법을 이용한 환경정보 추출 및 수질관리응용 시스템 개발.
- Arnoff, S. 1989, Geographic Information System: A Management Perspective, WDL Publications, pp.31-41, 103-188.
- 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.
- 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.
- 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
- 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.
- Doull, G.S., and J.C. Bright, 1996, Flood hazard in Palmerston North City, New Zealand, Proceedings of the 2nd International Conference on Hydroinformatics, Zurich, Switzerland, 9-13 Sept. 1996, pp.33-40.
- Environmental Systems Research Institute, Inc. Understanding GIS(The Arc/Info method).
- 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
- 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.
- Haloun, R., P. Ingeduld, K.Pryl, 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.
- 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, Zurich, Switzerland, 9-13 Sept. 1996, pp.877-883.
- MacMurray, H.L., and A.G. Barnett, 1996, Requirement for extreme storm analysis in urban drainage, Proceedings of the 2nd International Conference on Hydroinformatics, Zurich, Switzerland, 9-13 Sept. 1996, pp.41-48.
- 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.
- 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.
- 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, Zurich, Switzerland, 9-13 Sept. 1996, pp.137-142.
- 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.
- 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, Zurich, Switzerland, 9-13 Sept. 1996, pp.377-384.
- 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.
- 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.
- 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, Zurich, Switzerland, 9-13 Sept. 1996, pp.49-56.
- Zhang, J.Y., A.Dowley, and M.Brueen, 1996, Watershed runoff modelling and geographic information systems, Proceedings of the 2nd International Conference on Hydroinformatics, Zurich, Switzerland, 9-13 Sept. 1996, pp.293-298.