

수자원·수질 종합관리를 위한 의사결정 전문가시스템

심순보¹⁾·고덕구²⁾·이희승³⁾

1. 서론

수자원의 최적관리를 통한 적시, 적소에서 활용은 물론, 재해 방지, 수생태계의 보존, 친수 공간의 확보에 이르기까지 현 사회가 요구하는 공공의 목표를 달성하기 위한 수자원 시스템의 계획 및 관리에는 매우 복잡하고 어려운 의사결정과정¹⁾이 요구된다. 이와 같은 의사결정은 서로 상충되는 이해관계 속에서도 최대의 공익을 추구할 수 있도록 내려져야 하며, 이를 위해서는 방대한 양의 정보와 이를 분석할 수 있는 도구, 그리고 이러한 과정을 손쉽게 수행할 수 있도록 지원하는 종합적인 의사결정 전문가 시스템의 도입이 절실히 요구되고 있다.

지금까지 이와 같은 목적 달성을 위해 이 분야의 전문가 및 기술자들은 보다 정교하고 신뢰성 있는 모델을 개발하는데 주력해 왔으며, 이를 통해 다양한 시나리오를 검토하고 그 결과를 해석해 제공함으로써 의사결정권자, 즉 정책입안자들로 하여금 시스템의 계획 및 관리에 있어서 적절한 의사결정을 내릴 수 있도록 협조해 왔다. 그러나 현재 세계적인 추세는 정책입안자들 스스로 그들의 의사결정에 필요한 분석이나 평가를 수행할 수 있는 방향이 모색되고 있으며, 따라서 이를 위한 적절한 도구의 개발이 요구되고 있다.

본고에서는 장차 보다 복잡해 지고 있는 수자원의 양적 및 질적 문제 해결에 보다 객관적인 바탕 위에 경제적, 효율적인 의사결정을 지원하기 위한 전문가 시스템에 대한 수자원 기술자 및 연구자들의 관심을 고취하고, 이 분야가 나아가야 할 방향을 제시하고자 한다.

2. 의사결정 전문가시스템의 개념

1 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수

2 충북대학교 수자원·수질연구센터 연구조교수

3 한국수자원공사 부사장

2.1 의사결정 지원시스템

의사결정 전문가시스템의 개념은 새로운 학문분야인 경영정보학을 주축으로 산업공학, 컴퓨터공학 등의 복합적인 배경에서 발달하여 왔으며, 일부 산업 분야에서는 이미 상당한 수준의 실용화가 이루어진 것으로 평가되고 있다. 토목공학 분야에 있어서도 국한된 목적을 위해서나마 일부 전문가 시스템을 개발하고자 한 연구들이 수행되어 왔으나 아직 실용 단계에 이른 것은 발견하기 어려웠다.

전문가시스템의 한 요소, 또는 초기 단계라 할 수 있는 의사결정 지원시스템(Decision Support System)은 의사결정자로 하여금 여러 가지 대안을 도출하고, 그 대안들을 평가할 수 있게 해주는 통합된 컴퓨터 소프트웨어 시스템이라 정의할 수 있으며, Loh and Rykiel (1992)가 지적하였듯이 인적, 물적 자원을 관리하는데 있어서의 의사결정은 정보 집약적인 과정이므로, 정보의 효율적인 활용을 추구하는 시스템이라 할 수 있다. 따라서 일반적인 DSS는 크게 데이터베이스, 모델베이스, 그리고 사용자 인터페이스로 구성된다.

최근의 연구로는 Martin (1994) 이 Lotus1-2-3과 선형계획법 모형을 이용하여 미국 콜로라도강 하류의 수력발전 시스템의 제어를 위한 DSS를 개발하여 발표한 바 있으며, Brazil *et al.* (1994)는 수자원의 효율적 배분과 재이용을 위한 수자원 시스템 최적운영 및 신규 수자원시스템의 건설, 수질관리를 위한 Colorado River Decision Support System (CRDSS)의 개발에 관한 연구를 발표한 바 있으나, 아직도 개발중이거나 시험 중으로써 실무에 직접 DSS를 활용하고 있는 경우는 찾기 어려운 실정이다. 한편 우리 나라에서는 심순보 등(1992, 1993) 이 충주댐의 최적운영을 위한 DSS를 개발한 바 있으며, 한강수계의 충주 및 소양강 다목적 저수지의 연계 운영 최적화를 위한 DSS의 연구도 수행한 바 있다.

2.2 전문가시스템

전문가시스템 (Expert System)은 DSS에 더하여 인공지능기술을 통해 특정영역에 대한 인간의 전문지식 도출기법 (추론)을 응용하여 의사결정에 필요한 충고 또는 조언의 제공까지도 가능하도록 개발된 컴퓨터 소프트웨어 시스템이라 정의할 수 있다. 전문가시스템은 문제점을 해결하기 위한 과정을 기존의 축적된 자료 (data)나 사실 (fact), 그리고 정보 (information) 등 지식기반(Knowledge Base)과 각종 모델을 통해 도출된 법칙기반(Rule Base)을 이용하여 제어할 수 있도록 개발된다. 사용되는 지식은 DSS와는 달리 경험적(Heuristic)인 성격을 더 많이 가지므로 알고리즘(Algorithmic)적 방법보다 적은 비용으로 빠르게 안정된 해를 제공한다.

일반적으로 간단한 전문가 시스템은 지식기반 (knowledge-base), 추론기관 (inference engine), 작업을 위한 기억공간 (working memory)로 구성되어 진다. 이

들 중 기존의 컴퓨터 이용자들에게 다소 생소한 지식기반에서의 지식표현방법은 가장 보편적으로 사용되는 production rule이 있으며, 이외에 frame 또는 객체지향 프로그래밍을 통해 이루어지며, 추론기관은 기존의 정보로 부터 논리체계의 프로그래밍을 통해 새로운 정보를 파생시켜 상황에 맞는 적절한 작업 전개 방향을 지시해 줌으로써 시스템을 제어하는 별개의 컴퓨터 프로그램이다. 전문가 시스템에 있어서의 수학적 모델은 전문가가 경험(heuristic) 및 지식 (knowledge)을 축적하는데 소요되는 시간을 고속의 컴퓨터를 이용한 물리적 현상의 수많은 재현을 통해 획기적으로 단축해 주는 역할을 할 뿐 아니라 객관적이고 보편적인 유용하고도 정확한 지식만의 선별을 가능케 한다.

수자원관련 분야에 대한 전문가시스템 개발 연구로는 Jamison *et al.* (1995) 등이 개발한 Eureka EU487시스템을 들 수 있는데, 이는 유럽 연합의 합작 사업으로써 현재도 일부 개발이 진행 중이며, 부분적인 시스템이 영국의 Thames강 유역 및 멕시코의 Rio Lerma 유역에 적용되어 시험 중에 있다.

3. 수자원·수질 종합관리를 위한 의사결정 전문가 시스템의 개발

3.1 개발 전략

장차 수자원·수질 종합관리를 위한 의사결정 전문가 시스템 (이하 시스템)이 취급하여야 할 대상은 하천을 비롯하여 호소 및 저수지, 지하수는 물론 하구 또는 연안의 잠재적인 수자원까지를 포함하여야 하며, 수자원의 양적 및 질적인 문제를 동시에 다룰 수 있는 시스템이어야 한다. 또한 시스템은 의사결정권자로 하여금 다음과 같은 다양한 범주의 문제에 대한 해결책을 제시해 줄 수 있어야 한다.

- 1) 지속적인 개발의 한계를 결정하는 문제
- 2) 새로이 제정되는 환경 규제가 미칠 영향에 대한 평가와 이를 적용하는데 소요되는 비용의 산출하는 문제
- 3) 언제, 어디에, 어떤형태의 개발을 해야하는가를 결정하는 문제
- 4) 변화하는 산업환경 속에서의 농업용수량 및 공급능력을 평가하는 문제
- 5) 각종 수자원의 개발이 생태 및 환경에 미치는 영향을 평가하는 문제
- 6) 하천 및 지하수의 수질 제어 전략을 수립하는 문제
- 7) 기타

이와 같이 복잡, 다양한 문제에 대한 해결은 단 하나의 소프트웨어로는 거의 불가능할 것이다. 따라서 이와 같은 시스템을 개발하는데 있어서는 그 시스템이 포괄적인 자료를 취급하면서, 동시에 지역적인 특성과 여건, 관련 분야에 따라 쉽게 선택적으로 재구성이 가능하도록 유연성을 가지며, 모듈화가 되어야 한다.

이는 향후 기술 발달에 따른 새로운 모델이나 요소 기술이 등장하더라도 능동적으로 수용할 수 있도록 하기 위한 방안이기도 하며, 또한 가용한 정보의 종류, 요구되는 정밀도에 따라 적절한 모델을 선택할 수 있도록 하는 것이 바람직하기 때문이다.

3.2 시스템 구성에 대한 제언

3.2.1 소프트웨어

위에서 언급한 바와 같이 시스템은 각 사용자가 고유한 업무 및 지역적 환경에 쉽게 적용시킬 수 있도록 개방적이어야 하며, 다양한 정도 및 수준의 단위요소를 수용할 수 있도록 단위화 (module화)되는 것이 바람직 할 것이다. 또한 특정한 소프트웨어 환경에 의해 지배되지 않도록 함으로써 사용의 폭을 넓힐 수 있다.

반면 시스템의 핵심부는 철저한 규약과 표준을 정하여 구성함으로써 여기에 수용되는 수 많은 단위요소의 개별적인 특성으로 부터 독립적이어야만이, 사용자 입장에서 시스템 사용에 대한 학습을 최소화시킬 수 있을 것이다.

최신의 컴퓨터 공학기술과 함께 시스템에 포함되어야 할 기본적인 소프트웨어 구성 요소는 다음과 같다. (Fig. 1)

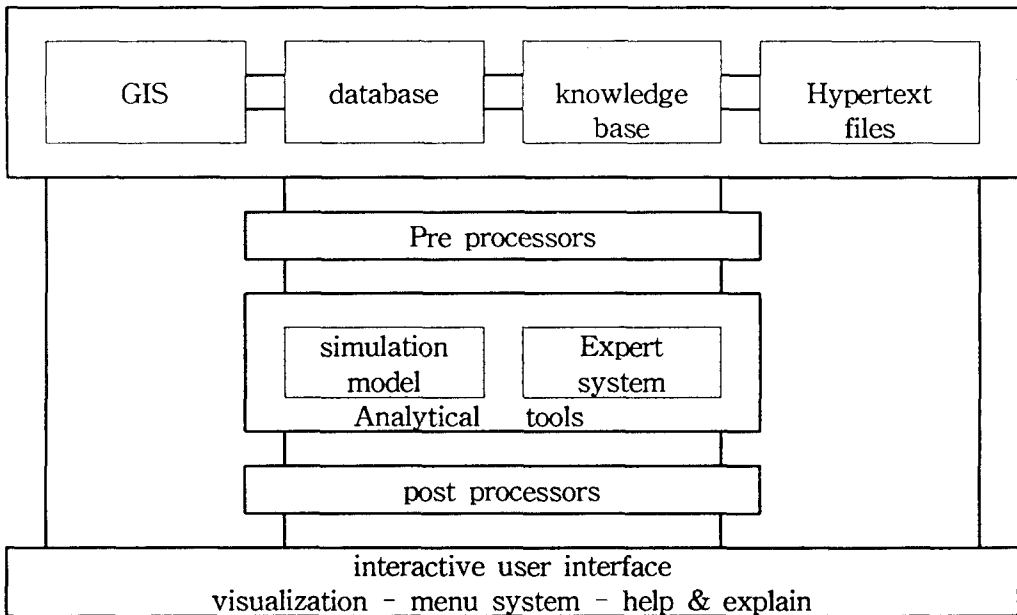


Fig. 1 Architecture System

- 1) 주프로그램; 메뉴화면을 제공하며, 상황에 맞는 전문가시스템 모듈 또는 모델프로그램을 연결하여 작동시키는 기능
- 2) 지리정보시스템 (Geographic Information System); 수자원·수질 환경에 관련된 지리정보를 저장, 관리하는 기능
- 3) 데이터베이스 관리시스템 (Database Management System); 전문가 지식을 포함하는 비지형정보를 체계적으로 저장, 관리하는 기능
- 4) 모델베이스 (Modelbase); 복수의 시뮬레이션 모델, 최적화 모델, 전문가 시스템 모델로 구성하며, 지식 기반의 도출 기능
- 5) 전·후처리시스템 (Pre- and Post-processor); 각종 모델의 입력자료 작성 및 출력결과의 시각화 및 분석 기능
- 6) 사용자 인터페이스 (user interface); 사용자의 모든 기능을 쉽게 수행할 수 있도록 하고, 도움말이나 설명을 제공하는 기능

3.2.2 하드웨어

급격히 변해 가는 하드웨어 환경에 대응한다는 것은 매우 어려운 일이다. 현 시점에서 이러한 시스템을 적용하기 위해서는 우선 대용량의 정보를 수용할 수 있어야 하며, 이에 적합한 처리속도를 가지고, 무엇보다도 하드웨어의 운영환경, 즉 운영체제 (Operating System) 및 통신, 데이터베이스에의 접근방식이 표준화되어 있어야 할 것이다. 또한 GIS와 같은 고해상도의 그래픽 환경을 지원할 수 있는 시스템이 바람직할 것이다. 이와 같은 전제 위에 현 시점에서 가장 바람직한 하드웨어 환경을 다음과 같이 제안하고자 한다.

- 1) 16MB이상의 주기억장치
- 2) 1280×1024×full color를 지원하는 그래픽 장치
- 3) 5GB이상의 대용량 하드디스크
- 4) A3규격이상의 인쇄가 가능한 color 프린터
- 5) UNIX version SVR4, X11R4 SQL, 표준 통신 인터페이스인 TCP/IP, ANSI C 및 FORTRAN-77 또는 90 등의 지원이 가능한 시스템

4. 결론 및 제언

한정된 수자원의 최적 관리, 수질의 관리 등을 위한 수자원 및 수질관리 시스템의 종합 최적 운영 등 목적 달성을 위해서는 하천유역 종합관리적 프로젝트를 통해 데이터베이스 및 지형정보시스템(Geographic Information System), 각종 모델링 테크닉, 최적화 기법, 인공지능에 의한 전문가 시스템, 사용자 중심의 고속 정보통신

망, 등 최신의 첨단기술과 이를 효율적으로 종합하는 SI(System Integration) 기술을 동원하여 수자원·수질 종합관리를 위한 의사결정 전문가 시스템의 개발이 시급한 실정이다. 본고의 내용을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 의사결정 전문가 시스템의 개념 및 연구동향을 조사·기술하였다.
- 2) 수자원·수질 종합 최적 관리를 위한 의사결정 전문가시스템의 개발 필요성 및 그 구성에 대한 제안사항을 정리, 기술하였다.
- 3) 수자원·수질 종합관리를 위한 의사결정 전문가 시스템에 대한 구미 선진국의 연구, 개발 동향과 수자원·수질 종합관리목표 달성을 위한 장차 국내 연구 개발의 방향을 제시하였다.
- 4) 양질의 의사결정이 이루어질 수 있도록 보다 많은 포괄적인 정보를 수용하고, 날로 다양, 복잡화 되어 가고 있는 문제에 대한 다양한 대안의 검토가 가능하도록 유연성을 갖도록 하며, 동시에 사용자 중심의 첨단 그래픽 기술을 활용하여 보다 손쉽게 시스템의 운용이 가능하도록 해야 할 것이다.
- 5) 장차 이와 같은 연구가 결실을 거두기 위해서는 먼저 방대한 관련된 자료의 체계적인 수집과 정리, 저장이 선행되어야 할 것이며, 다수의 관련 분야 전문가가 그룹을 이루고, 경영학, 전산화 등의 다학문 분야의 협조를 통해 시스템을 개발하는 것이 필요하다.

참고문헌

1. 심순보 등, "한강수계 충주저수지 시스템의 실시간 최적운영을 위한 의사결정 지원시스템", 한국수자원공사 연구보고서 (수자연-92-WR-3-1), 1992.
2. 심순보 등, "충주댐 및 소양강댐 연계운영 Hydro-scheduling 모형 개발", 한국수자원공사/수자원연구실 연구보고서 (WRRI-WR-92-5), 1993
3. Brazil, L., and R. Bethel, "Colorado River Decision Support System," Proceedings of the 21st Annual Conference of Water Resources Planning and Management Division, ASCE, Denver, Colorado, USA, 1994, pp. 307-310.
4. Jamison, D. G, "EUreka EU 487 : A Decision support for integrated river-basin planning, unpublished paper, 1995
5. Martin, Q.W., "Design and Implementation of an Optimal Real-Time Hydropower Generation Scheduling System for the Lower Colorado River in Texas," Proceedings of the 21st Annual Conference of Water Resources Planning and Management Division, ASCE, Denver, Colorado, USA, 1994, pp. 169-172.