

경험지식기반 전문가시스템에 의한 다목적 저수지 운영

심순보*, ○이희승**, 고덕구***, 김만식****

1. 서론

용수의 안정적 확보와 공급, 홍수의 조절, 수력발전, 하천환경의 보전 및 수변 위락시설의 확대와 보급 등 서로 상충되는 목적을 최대한 충족시키기 위해서는 저수지의 운영상 예민한 결정이 요구되는 때가 많다. 더욱이 기상 및 수문 현상의 불확실성으로 인해 다목적 저수지의 운영은 고도의 경험지식을 요구하고 있다.

본 논문에서는 다목적 저수지를 연계 운영하기 위한 전문가 지식을 객관화시켜 대화식으로 추론하여 판단할 수 있는 전문가시스템 원형을 개발하고, 구축된 시스템을 이용하여 가뭄시 한강수계의 충주 및 소양강 다목적 저수지의 연계 운영 방안을 도출하여 검증한 결과를 제시하고자 한다.

2. 전문가시스템

2.1 개요

전문가시스템(expert system)은 인공지능(artificial intelligence)의 응용 분야 중 하나로, 전문가가 가지고 있는 지식을 인위적으로 컴퓨터에 부여하여 비전문가라도 컴퓨터와의 대화를 통하여 컴퓨터에 입력된 전문가 지식을 이용, 의사결정에 필요한 정보를 제공받을 수 있도록 개발된 컴퓨터 소프트웨어 시스템이다.

전문가시스템은 크게 해당 분야의 전문가 지식을 저장하고 있는 지식기반(knowledge base)모듈과 일반적인 문제 해법에 관한 지식을 저장하고 있는 추론기관(inference engine)모듈, 지식획득(knowledge acquisition)모듈 그리고 사용자

* 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 충북대학교 대학원 박사과정 수료, 한국수자원공사 경인운하건설사업단 단장

*** 한국수자원공사 수자원연구소 선임연구원

**** 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정 수료

인터페이스(user interface)모듈 등 네 가지 요소로 구성되어 있다(김화수, 1995).

지식기반모듈은 전문가시스템에서 사용되는 특별한 주제에 대한 지식의 데이터베이스로서 이 데이터베이스는 문제를 해결하는데 필요한 사실(fact)과 그러한 사실들로부터 새로운 사실을 추론해 내는 규칙(rule)으로 구성된다. 추론기관모듈이란 지식베이스에 수록된 지식을 기초로 하여 사용자가 입력한 질문에 대한 해답을 찾아내기 위해 추론을 진행하는 프로그램 부분을 말한다. 전문가시스템의 효율성은 지식베이스에 저장되어 있는 지식을 이용하여 얼마나 효과적인 추론을 하는가에 달려있다. 지식습득모듈은 전문가, 서적, 데이터베이스, 직관, 경험 등으로부터 얻은 지식을 컴퓨터 내부에 주어져 있는 지식표현구조로 나타내는데 필요한 모듈이다. 사용자 인터페이스모듈은 시스템이 문제 해결을 하는 데 필요한 상황을 질의 응답을 통해 사용자로부터 입력받기 위한 것이다.

3. 전문가 시스템 개발

3.1 전문가시스템 구축 도구

본 연구에서는 전문가시스템 개발을 위한 소프트웨어로 CLIPS(C Language Integrated Production System) Version 6.0을 사용하였다(Giarratano, 1993).

CLIPS는 인간의 지식(knowledge) 또는 전문적 경험(expertise)들을 모형화시킬 수 있도록 개발된 소프트웨어로서, 경험지식(heuristic knowledge)을 표현하는 규칙(rules)의 정의, 절차적 지식을 표현하는 함수의 정의 및 함수의 생성(deffunctions and generic function), 객체 지향적 프로그래밍(object-oriented programming)기법을 이용하여 프로그래밍할 수 있다(Giarratano, 1994).

3.2 지식의 분류

본 연구에서는 주로 저수지 운영에 관한 선언적 지식을 이용하였으며, 다음과 같이 2가지 그룹으로 분류하였다(심순보 등, 1995).

- 1) 사실 및 결과간의 상관성 : 실제 발생한 사실과 그 결과, 상호간의 물리적 및 통계적 상관성 등으로서 유입량, 방류량, 저류량, 용수수요량 또는 물요구량, 수위, 물수지, 수력발전량 및 시기 등을 예로 들 수 있다.
- 2) 경험지식(heuristic) : 경험지식 또는 판단지식(judgemental rule)은 전문가의 경험을 통해 축적된 규칙들로서 구성된다.

3.3 운영규칙 설정

지식획득을 위한 첫 번째 단계는 해당 전문가를 선택하는 일이며, 지식의 수집은 전문가와의 면담을 통해 이루어지도록 하였다.

다목적 저수지의 최적운동을 위한 전문가를 선택할 경우 수년간 저수지의 운영을 담당해온 실무자 또는 모형의 운영과 그 해에 대한 지식을 가지고 있는 과학자 등을 들 수 있으며, 본 연구에서는 우리나라 대부분의 다목적 저수지를 관리하고 있는 한국수자원공사 댐운영 관련 부서 실무자 등을 도메인전문가(domain expert)로 선정하고 경험적 지식과 판단 지식을 도출하였으며, 저수지운영에서 실제 발생한 사실과 그 결과로 유입량, 방류량, 용수수요량, 수위, 불수지, 저류량, 발전 및 시기 등의 지식을 관련 데이터베이스나 보고서 등으로부터 획득하였다.

한편 도메인전문가(domain expert)의 판단지식은 시물레이션모형과 최적화모형에서 얻은 최적해로부터 획득할 수 있을 것으로 가정하였으며, 다음과 같은 규칙(rule) 관련 자료를 획득하였다.

- 1) 유입량-저류량-방류량 사이의 관련성에 대한 규칙
- 2) 저수지운영을 위한 전략의 선택에 대한 규칙
- 3) 물 공급 부족의 해결 규칙
- 4) 안정된 전력공급을 위한 저수지운영 규칙
- 5) 초과방류에 대한 규칙
- 6) 홍수조절을 위한 규칙

본 논문에서는 가뭄시의 한강수계의 소양강 및 충주 다목적 저수지의 연계운영만을 검증의 대상으로 연구 범위를 한정하였으며, 이를 위해 수집된 경험지식을 전제로 소양 및 충주댐의 현재 유효저수량(VS , VC), 6월말까지의 20년빈도 갈수 유입량(QS , QC), 기본계획공급량(QSP , QCP) 및 가능방류량(QSR , QCR)을 이용하여 식(1)에 따라 운영되도록 하는 규칙을 도출하였다.

$$A = \frac{VS + VC + QS + QC}{86400 \times (QSP + QCP) \times (\text{검토시점부터 6월말까지의 일수})} \quad (1)$$

$$A \geq 1 \text{이면} \quad QSR + QCR = QSP + QCP$$

$$A < 1 \text{이면} \quad QSR + QCR = A(QSP + QCP)$$

여기서 VS, VC, QS, QC의 단위는 MCM이고, QSP, QCP, QSR, QCR의 단위는 CMS이다. 기타 각 댐의 제한 요소들은 소양강 및 충주 다목적댐의 관리규정을 인용하였다(한국수자원공사, 1996).

3.4 시스템 구축

획득된 전문가의 경험지식과 이를 이용하여 가뭄시에 충주와 소양강댐의 연계운영시에 방류량을 결정하는 규칙을 CLIPS 6.0의 사실(facts)과 규칙(rule)들로 표현하였으며, 메뉴방식에 의한 질의-응답과 전향추론기법으로 수행할 수 있도록 추론엔진모듈을 구축하였다.

결정하고자 하는 월과 일에 대해 질의에 따른 응답을 수행하면 확률 갈수유입량과 댐하류 보장공급량이 결정되고, 충주댐 및 소양강댐의 저류량에 대한 질의에 응답하면 방류량이 계산되도록 하였으며, 이 산정 값으로부터 저수지 운영조건에 따라 충주댐 및 소양강댐 방류량을 결정하도록 구성하였다. 그 흐름도는 그림 1에 나타내었다.

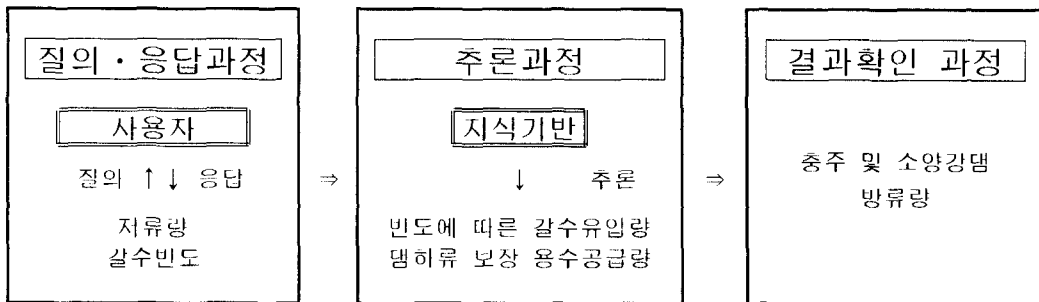


그림 1. 가뭄시 충주댐과 소양강댐 방류량 결정 과정

4. 시스템의 적용 및 검증

4.1 시스템의 적용

개발된 충주 및 소양강댐의 연계운영을 위한 전문가시스템을 적용하여 가뭄시 각 기간별 댐별 방류량 결정을 모의하고 그 실용적인 적용성을 검토하기 위하여 1994년 10월부터 1995년 6월까지 기간에 대해 5년, 10년, 20년, 100년 갈수유입량이 지속되는 상황을 가정하여 시스템을 적용하였다.

4.2 적용성 평가

가뭄시 충주 및 소양강댐의 연계운명을 위하여 1994년 10월부터 1995년 6월까지의 한국수자원공사의 댐운영결과로부터 각 댐별 저수위자료로부터 각 월별 가용 저수용량을 산정하여 적용, 기 개발된 가뭄시 전문가시스템을 평가하여 보았다. 갈수유입량 빈도 20년에 대해 전문가시스템을 통해 모의된 댐별 식 (1)의 A값, 방류량과 부족량 산정 값들은 표 1과 같았다.

표 1. 94~95년도 월평균 가용저수량을 이용한 충주-소양강댐 연계운영 결과
(20년빈도 갈수유입량 예상시)

지속기간	충주댐 가용 저수량 (MCM)	소양강댐 가용 저류량 (MCM)	A값	충주댐 방류량 (CMS)	소양강 댐 방류량 (CMS)	방류량 합계 (CMS)	충주댐 부족량 (MCM)	소양강 댐 부족량 (MCM)	총 부족량 (MCM)
10월~6월	918.99	629.34	1.47	99.00	52.50	151.50	134.45	-134.45	0.00
11월~6월	1125.76	738.78	1.28	97.78	53.02	150.80	142.60	-142.60	0.00
12월~6월	146.93	711.24	0.99	95.62	54.52	150.14	182.80	-152.40	30.40
1월~6월	887.32	638.49	0.99	94.67	57.07	151.74	194.36	-169.99	24.37
2월~6월	702.86	552.11	0.99	95.51	59.77	155.28	176.13	-175.87	0.26
3월~6월	552.82	485.85	1.04	99.83	63.87	163.70	179.93	-179.93	0.00
4월~6월	477.30	460.15	1.16	94.67	69.43	164.10	174.78	-174.78	0.00
5월~6월	427.02	444.34	1.31	91.42	77.78	169.20	161.17	-161.17	0.00
6월~6월	252.37	379.90	1.59	73.37	99.03	172.40	134.34	-134.34	0.00

충주 및 소양강댐의 부족량들은 각 댐별 설계공급계획량에서 전문가시스템이 산정한 공급계획량을 빼 값으로 이 값은 두 댐의 가용용량별로 배분된 값이며 그림 4에 도시되었다. 위 표에서 비록 지속기간 12월~6월, 1월~6월 및 2월~6월에서는 총 부족량이 발생하기는 하였지만 이 값은 각 지속기간동안 총량에 비해 아주 미미한 값으로 무시할 수 있는 값이라고 판단되었으며, 따라서 본 연구를 통해 개발된 전문가시스템은 가뭄시의 충주 및 소양강댐 연계운명을 위한 의사결정에 활용될 수 있을 것으로 평가되었다.

5. 결론

가뭄시 충주 및 소양강댐 저수지 연계운명을 위한 경험지식기반에 의한 전문가가시스템을 개발하고, 개발된 전문가시스템을 적용 평가하기 위해서 빈도별 극대갈수 상황을 설정하고, 여기에 시스템을 적용하여 그 결과를 검토하는 과정에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 갈수기 저수지 운영을 위한 전문가 시스템 지식기반의 사실자료로써 갈수기 지속기간별 유입량과 댐하류 보장 공급량 자료를 이용하였다.
- 2) 도메인전문가로부터 가뭄시 저수지운영 경험지식 또는 판단지식을 획득하였는 바, 소양강 및 충주댐의 현재 유효저수량, 6월말까지의 20년빈도 갈수유입량, 기본계획공급량 및 소요방류량을 상태변수로 하여 댐별 방류량을 산정하는 식을 유도하였다.
- 3) 가뭄시에도 공급계획량의 안정적 공급을 위한 빈도별 가용 저수요구량을 도출할 수 있었으며, 1994년 10월부터 1995년 6월까지 한국수자원공사의 실제 댐운영 자료를 이용한 검증 결과, 20년빈도 갈수유입량을 전제로 한 전문가시스템의 운영결과에서 댐의 안정적 용수공급계획을 수립할 수 있었다.

참고 문헌

1. 김화수·조용범·최종욱(1995). 전문가시스템. 집문당.
2. 심순보 등(1996). “하천 및 저수지의 수자원·수질 종합 최적관리를 위한 의사결정 전문가 시스템 개발,” 한국학술진흥재단 ‘94 대학부설연구소지원과제 연구보고서, 충북대학교 수자원·수질연구센터.
3. 심순보·심규철·고덕구·김만식(1995). “다목적저수지의 최적운명을 위한 Hybrid 전문가 시스템”. 1995년도 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 370-377.
4. 심순보·폰테인·고덕구·심규철·김만식(1995). “Hybrid 전문가시스템 개념에 의한 충주 및 소양강댐의 연계운명을 위한 사용자 중심의 GUI개발”. 1995년도 춘계학술대회 논문집, 한국전문가시스템학회, pp. 171-172.
5. 한국수자원공사(1996). 다목적댐 운영 실무편람. 한국수자원공사.
6. Giarratano, J.C.(1993). CLIPS Reference Manual Vol. I, Vol. II, Vol. III, CLIPS Version 6.0. Software Technology Branch.
7. Giarratano, J.C. and Riley, G.(1994). Expert Systems Principles and Programming. PWS Publishing Company, Boston.