

다기준 의사결정시스템 구축을 위한 농업용저수지 가중치산정 Evaluate Weighting Factors for Multicriteria Decision Making System of Agricultural Reservoir

최은혁*, 배상수**, 지홍기***

Choi, Eun Hyuk · Bae, Sang Soo · Jee, Hong Ki

요 지

현재 그리고, 미래의 지속가능한 수자원 확보를 위해 수자원 계획 및 관리에 관한 제반 문제는 기술적인 측면과 사회적인 측면에서의 위험요소들에 대한 불확실성이 고려되어야 할 뿐만 아니라 이와 관련된 다양한 집단들의 이해관계도 상호작용하기 때문에 문제해결을 위한 다양한 기준과 내재적 갈등이 상존한다.

이에 본 연구는 농업용저수지의 연계운영 및 관리를 위한 다기준 의사결정시스템 구축을 하고자 하였으며 환경여건, 지형여건, 홍수위험도, 주민호응도, 용수수요량을 고려하여 농업용저수지의 연계운영에서 다수의 의사결정 요소들에 대한 가중치를 산출하였다.

이는 기존의 우선순위에 의한 용수배분이 최하순위의 용도나 지역에서 모든 물 부족분에 대한 위험을 부담하는데 반하여 의사결정 요소들의 상대적 가중치에 의한 용수배분은 전체 용도와 지역의 용수배분에 대한 위험이 분산되므로 보다 합리적인 것으로 판단된다.

핵심용어 : Multicriteria Decision Making System, AHP

1. 서론

우리나라 농업용 용수공급체계는 과거 논 관개 위주의 용수공급에서 식생활의 서구화와 농촌지역 생활양식의 변화로 인해 발작물 수요량이 증가하고 있으며, 지역주민의식이 향상되고 농어촌지역 생활환경이 개선됨에 따라 생활용수, 공업용수, 환경용수 등 농촌지역에 과거와는 다른 형태의 수요가 지속적으로 발생하고 있는 실정이다. 또한 근래에는 4대강사업의 본격적인 시행과 더불어 용수공급의 신규수요는 더욱 증가하게 되었으며, 단일목적이 아닌 다양한 그리고 다수의 수요를 만족시켜야 하는 상황에 이르렀다. 하지만 농촌지역의 제한된 수자원량과 환경과파 및 적지부족 등의 이유로 신규 수자원개발이 어려워지고 있는 상황에서 수자원량에 대한 다양한 목적의 수요를 만족시키기 위한 의사결정의 중요성이 부각되기 시작했다.

2. 이론적 배경

다양한 목적의 수요를 만족시키기 위해 어떤 결정을 선택하느냐 하는 것은 의사결정자들의 견해와 상황에 따라서 달라질 수 있는 문제이고 평가관점에 따라 달라지기 때문에 수자원 계획과 관련하여 불확실성과 함께 고려해야 할 중요한 요소로 다기준, 다목적 특성을 들 수 있다. 즉 이론적인 모델이 추구하는 단일 목

* 정회원·한국농어촌공사 기술본부·영남대학교 대학원·박사과정 · E-mail : ehchoe@ekr.or.kr

** 정회원·한국농어촌공사 기술본부·공학박사 · E-mail : ssbae@ekr.or.kr

*** 정회원·영남대학교 건설시스템공학과·교수 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

적에 의한 최적화와는 달리 여러 상충되는 목적 및 구성 요소들 간의 타협, 조정을 위한 다기준, 다목적 운영을 필요로 한다. 이러한 이유로 수자원계획과 관련하여 다기준 의사결정(Multi-Criteria Decision Making, MCDM)기법이 유용한 분석 기법으로 사용되어 왔다. 다기준 의사결정기법은 현실 문제에 대해 여러 기준에 입각해서 대안들에 대한 선호의 순서를 결정하거나 하나의 최적 대안을 선택하는 방법론이며, 다양한 의사결정기법 중 1970년대 초반 Saaty에 의해 개발된 AHP(Analytic Hierarchy Process)는 계층적 수치로 나타내기 어려운 요소를 고려하여 조직화, 구조화, 계층화함으로써 평가 요소의 가중치를 정하는 계층화 의사결정기법이다.

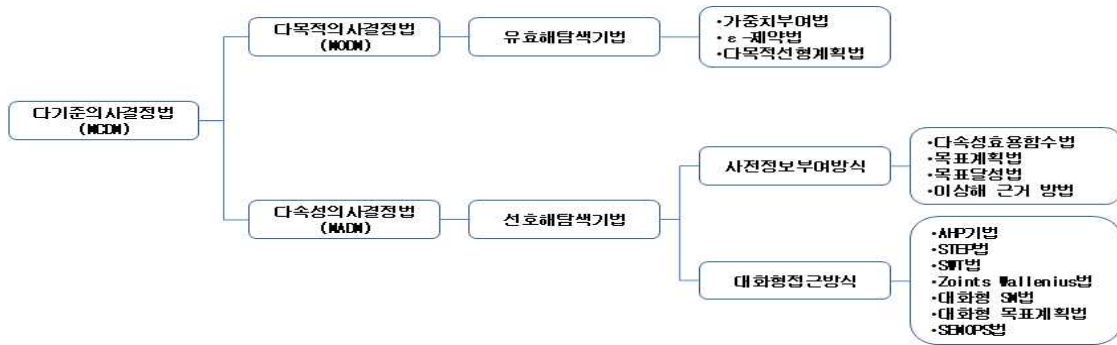


그림1. 해 탐색 방법에 따른 다기준 의사결정 분류(한국수자원공사, 2002)

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 다속성의사결정기법의 하나로서 자원배분, 비용대 효과분석 및 기타 이해가 상충되는 문제의 해결도구로 많이 사용되고 있다. AHP는 복잡한 의사결정 문제를 계층구조(hierarchy)로 표현하고 그 성분들에 대한 쌍대비교를 통하여 계층구조 내의 관계를 비율척도로 표시하고 최선의 대안을 도출해낸다. 일반적으로 의사결정문제는 서로 상반된 기준과 불완전한 정보 및 제한된 자원 하에서 최적의 대안을 선택해야 하며, 다수 기준 하에서 평가되는 대안들의 우선순위를 선정하는 문제를 다룬다. AHP는 먼저, 상위계층에 있는 요소를 기준으로 하위계층에 있는 각 요소의 가중치를 측정하는 방식을 통하여, 상위계층의 요소 아래 각 하위요소가 다른 하위요소에 비하여 우수한 정도를 나타내 주는 수치로 구성되는 쌍대비교행렬(pairwise comparison matrix)을 작성하게 된다. 그리고 이 행렬로부터 고유치 방법(eigenvalue method)을 이용하여 계층의 각 레벨마다 정규화된 하나의 우선순위벡터를 산출한다. 마지막으로 계층의 최상위에 위치한 의사결정의 목적을 달성할 수 있도록 도와주는 최하위 단계에 있는 대안들의 상대적인 우선순위를 나타내 주는 전체 계층에 대한 하나의 복합 우선순위벡터(priority vector)를 산출하게 되며 그림 2의 4가지 공리를 이론적 배경으로 그림 3과 같은 절차를 거쳐 분석이 이루어진다.

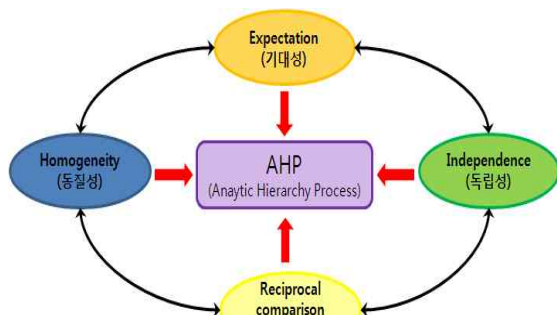


그림2. AHP분석의 4가지 공리

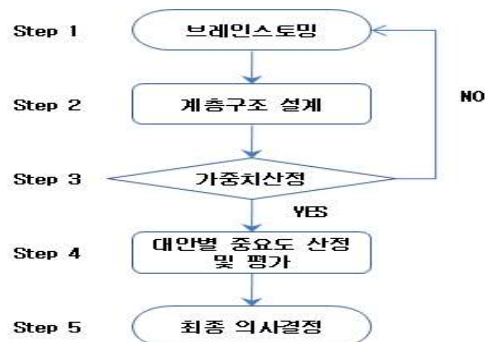


그림3. AHP분석 과정

3. AHP를 이용한 가중치 산정

3.1 의사결정계층(Decision Hierarchy) 구성

AHP의 적용에서 가장 중요한 단계라 할 수 있는 첫 번째 단계에서 의사결정 분석자는 상호 관련되어 있는 여러 의사결정 사항들을 계층화한다. 계층의 최상층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목적이 놓여지며, 그 다음의 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 다양한 요소들로 구성된다. 이런 요소들을 다기준하에서의 대안 선택문제에 적용하기 위해서는 우선 문제 상황을 전반적 목표(overall goal), 기준(criteria), 하부기준(subcriteria), 대안(alternatives) 등으로 계층화시키는 작업이 필요하다. 이들 요소들은 낮은 계층에 있는 것일수록 구체적인 것이 된다. 여기서 한 계층 내의 각 요소들은 서로 비교 가능한 것이어야 하며, 계층의 최하층은 선택의 대상이 되는 여러 의사결정 대안들로 구성된다.

앞서 설명한 바와 같이 용도별 용수의 배분가중치는 AHP기법을 이용하여 결정하였다. AHP기법으로 산출된 용도가중치는 주 평가기준과 세부평가기준에 의해 경제, 정치, 사회, 제도, 환경 등의 복잡한 다기준 요소들이 반영되어 있으므로 용수배분에 관계하는 이 같은 복잡한 인자들을 간접적으로 반영하고 있으며, 그림 3과 같이 AHP계층도를 설정하였다.

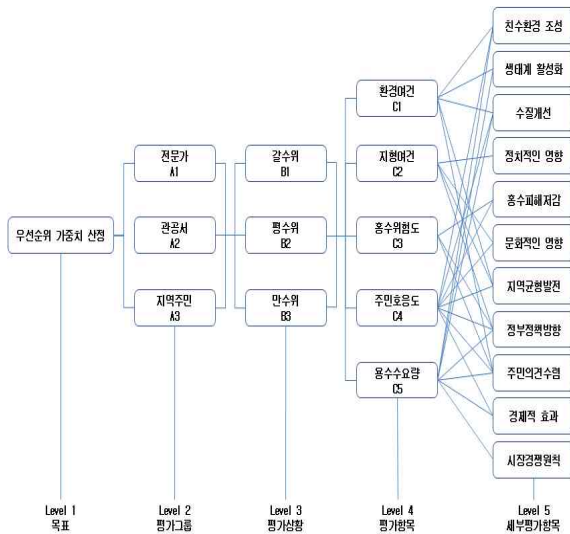


그림3. 농업용수 배분을 위한 AHP계층도 구성

상 황	평가대안	총괄	전문가	관계기관	지역주민
총괄	생활용수	0.311	0.285	0.344	0.303
	공업용수	0.260	0.270	0.279	0.230
	농업용수	0.260	0.246	0.257	0.276
	환경용수	0.169	0.199	0.120	0.191
갈수위	생활용수	0.318	0.291	0.347	0.315
	공업용수	0.265	0.270	0.303	0.222
	농업용수	0.282	0.255	0.297	0.295
	환경용수	0.135	0.184	0.053	0.168
평수위	생활용수	0.321	0.288	0.353	0.321
	공업용수	0.272	0.278	0.299	0.239
	농업용수	0.253	0.242	0.245	0.272
	환경용수	0.154	0.192	0.103	0.168
만수위	생활용수	0.293	0.275	0.333	0.272
	공업용수	0.241	0.261	0.234	0.228
	농업용수	0.244	0.240	0.230	0.261
	환경용수	0.222	0.224	0.203	0.239

표 1. 용도별 가중치 산정

3.2 용수배분 가중치 산정

수자원관련 전문가집단, 농업용수공급을 담당하는 관계기관, 용수의 실수요자인 주민을 평가대상으로 AHP의 쌍대비교를 위한 설문조사를 실시하였으며 평가자들의 지식, 선호도 및 정책방향, 생활환경 등을 바탕으로 적절한 가중치를 부여할 수 있도록 설문을 구성하였다. 쌍대비교 설문대상자 100명 중 61명이 설문 에 응답하였고, 그 중 23명은 일관성비율이 낮아(CR>0.1) 표본에서 제외되었으며, 설문으로 구성된 비교행 렬을 토대로 간접적, 분해적 가중치 계산방법 중 하나인 고유벡터법을 이용하여 표 1과 같이 항목별 가중치 를 산정하였다.

4. 분석결과 및 고찰

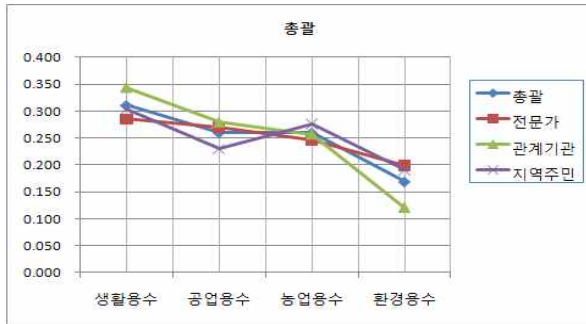


그림4. 전체 용도별가중치

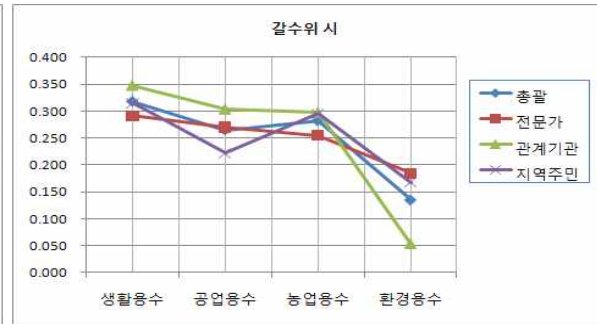


그림5. 갈수위 시 용도별가중치



그림6. 평수위 시 용도별가중치



그림7. 만수위 시 용도별가중치

표 1에서 전체의 용도별 가중치는 각 평가그룹별 가중치를 총괄한 것이며, 전체 용도가중치는 생활용수(0.311), 공업용수(0.260), 농업용수(0.260), 환경용수(0.169)의 순서로 평가되었다. 분석결과에 따르면 공업용수와 농업용수의 가중치가 같게 평가되었으며 환경용수의 가중치가 가장 낮게 평가되었다.

저수지 보유수량에 따른 평가그룹별 용도가중치 결과는 모두 비슷한 순서를 보이고 있으며, 전문가와 관계기관에 비해 주민의 농업용수에 대한 가중치 산정결과가 높게 나타났다.

보유수량에 관계없이 전문가 그룹과 관계기관의 가중치 산정결과는 비슷한 양상을 보이고 있는 반면, 지역주민의 경우 갈수위 시 생활용수(0.315), 공업용수(0.222) 및 환경용수(0.295)보다 농업용수의 가중치를 상당히 높게 평가하였다. 이는 주민 평가대상의 대부분이 농업용수를 직접적으로 이용하는 실 경작자로 구성되어 있기 때문에 반영된 결과로 판단된다. 한편 만수위 시 평가그룹별 용도가중치의 편차가 갈수위 시 혹은 평수위 시 보다 작게 나타나는데 이는 하천유지용수와 같은 환경용수로의 분배를 위해서는 충분한 수량 확보가 우선시 되어야 하며, 전체 용도별 가중치가 생활용수>공업=농업>환경용수의 순서로 나타나는 것으로 볼 때, 전문가와 관계기관의 의사결정에 의한 정책적인 용수배분을 할 경우 농업용수 및 환경용수의 부족량이 발생하게 되며, 이를 위한 추가수량 확보대책을 마련해야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서 사용된 AHP(Analytic Hierachy Process)기법은 농업용수 배분에 따른 의사결정 문제를 계층화 한 후, 상위계층에 있는 한 요소 또는 기준의 관점에서 직계 하위계층에 있는 요소들의 상대적 중요도 또는 가중치를 쌍대비교하여 최하위 계층에 있는 대안들의 가중치 또는 우선순위를 구할 수 있도록 도와주는 기법이지만 가중치를 결정함에 있어 의사결정자의 판단능력에 따른 가중치의 편차가 크게 나타나는 것을 알 수 있으며, 대안의 수가 많을수록 쌍대비교 횟수가 기하급수적으로 증가하기 때문에 실제 농업용수 배분을 위한 의사결정을 하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하지만 단순하고 명확한 이론을 근거로 농업용수 이용에 따른 의사결정이 요구되는 문제에 적용이 가능한 모델로 판단된다.

참 고 문 헌

- 건설교통부(2000). 수자원장기종합계획.
- 한국농어촌공사, “농업용 댐·저수지 재개발 우선순위 선정”.
- 한국농어촌공사(2006), “농업용수의 효율적 이용 및 배분을 위한 수리권 조정연구”
- 한국수자원공사(2002). “다목적댐 운영 실무편람”.
- 김성철, 어하준, “AHP 가중치 결정에서의 다수 전문가 의견종합 방법”, 한국경영과학회지, 제19권 제3호, 1994
- 민재형, “AHP를 이용한 측정과 평가”, 서강대학교 경영학연구원, 1996.
- 윤재근, “AHP기법의 적용효과 및 한계점에 관한 연구”, 한국경영과학회지 1996.
- 정병호, 조권익, “부정확한 쌍대비교정보를 갖는 다요소 의사결정 문제에서의 가중치 산출”, 한국경영과학회, 1994.
- 이현재(2003). “가뭄시 용수배분을 고려한 저수지 운영”, 박사학위논문, 인하대학교.
- 한동근, 김종원(2000). “유수자원(流水資源)의 지역간 배분보상”, 한국환경경제학회지, 제9권, 제4호, pp. 621-639.
- 장래혁(2003), “AHP를 이용한 의사결정시 효율적인 가중치 설정을 위한 의사결정지원시스템” 석사학위논문, 성균관대학교
- 이충성, 최승안, 심명필, 정관수 “가중치산정을 통한 다목적댐의 용수배분 방안”
- Craig W. Kirkwood, Strategic Decision Making, Duxbury Press, 1997
- Thomas L. Saaty, “Priority Setting in Complex Problems”, IEEE Transactions on Engineering Management, 1983
- Wind and Saaty, “Marketing Applications of the AHP”, Management Science, 26(7), July, 1980
- Ridgley, M.A. (1993). “A Multicriteria Approach to Allocating Water During Drought.” Resource Management and Optimization, Harwood Academic Publishers Gmbll, Vol. 9, No. 2, pp. 135-149.
- Ringler, C. (2001). Optimal Allocation and Use of Water Resources in the Mekong River Basin : Multi-Country and Intersectoral Analyses. Peter Lang., Germany, pp. 5-14.
- Satty, T.L. (1977). “A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures.” Journal of Mathematical Psychology, vol. 15, no. 3, pp. 234-281, June 1977.
- Satty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Steuer, R. E. (1986). Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application. John Wiley & Sons
- Yeh, W.W-G and Becker, L. (1982). “Multiobjective analysis of multireservoir operations.” Water Resources Research, Vol. 18, No. 5, pp. 1326-1336.
- Goulter, I. C. and Castensson, R. (1988a). “Multiobjective allocation of water shortage in the Svarta River, Sweden.” Water Resources Bulletin, Vol. 24, No. 4, pp. 761-773.
- Ko, S. K., Fontane, D. G., and Labadie, J. W. (1992). “Multiobjective optimization of reservoir systems operation.” Water Resources Bulletin, Vol. 28, No. 1, pp. 111-127.
- Ko, S. K., Fontane, D. G. and Margeta, J. (1994) “Multiple reservoir system operational planning using multi-criterion decision analysis.” European Journal of Operational Research, Vol. 76, pp. 428-439.