韓國水資源學會論文集
第39卷 第12號 · 2006年 12月
pp. 1067~1080

MCDA 기법을 이용한 댐사업의 투자우선순위 결정

Investment Ranking Decision Using MCDA in Dam Projects

김 우 구* / 이 광 만** / 박 두 호***
Kim, Woo Gu / Lee, Gwang Man / Park, Doo Ho

Abstract

In empirical evaluations of public projects and public provided goods, MCDA(multicriteria decision-making analysis) has helped decision makers with an adequate policy decision-making tool since it allows taking into account a wide range of assessment criteria. As a tool for decision-making of conflict management, MCDA has demonstrated its usefulness in many public projects such as road, dam and harbor construction. In this study, to use this merit of MCDA, dam project assessment indicators from points of social, economic, environmental and practical views are developed based on sustainable development of water resources, and weighting factors are also estimated by means of questionnaire survey. In order to decide project investment rank, developed evaluation indicators are applied to 6 existing dams under investigation for a rehabilitation project. In addition to, it is recognized that the project practicability has become more important indicator as well as environmental and social issues. This is because cooperation and support from a local government and people are regarded as one of the most important problems in public projects recently.

keywords : MCDA, evaluation indicator, project investment ranking decision, rehabilitation project

요 지

공공사업이나 공공의 목적으로 제공되는 재화의 경험적 평가에 있어 다기준의사결정기법은 광범위한 평가기준을 고려할 수 있기 때문에 의사결정권자에게 적절한 의사결정 도구를 제공하였다. 대립관계문제의 의사결정 방법으로 다기준의사결정기법은 도로, 댐 및 항만건설 등 공공사업 분야에서 이의 유용성을 입증하였다. 본 연구에서는 다기준의사결정기법의 장점을 활용하기 위하여 사회, 경제, 환경 및 사업실현성 측면에서 댐 사업 평가지표를 수자원의 지속가능성에 바탕을 두고 개발하고, 설문조사를 통하여 지표의 중요도를 도출하였다. 사업투자우선순위결정을 위하여 개발된 평가지표를 실제 재개발을 위하여 조사중인 6개의 기존 댐에 적용하였다. 아울러 근래 공공사업의 추진과정에서 문제점으로 나타나고 있는 지자체 및 지역주민의 동의와 협조가 사업시행의 핵심인 점을 고려하여 사업실현성이 경제성, 환경성 및 사회성과 마찬가지로 중요한 요소임을 알 수 있었다.

핵심용어 : 다기준 의사결정분석, 평가지표, 투자우선순위

* 정회원 · 한국수자원공사 기획조정실 실장
(e-mail: wgkim@kwater.or.kr)
** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원
(e-mail: lkm@kwater.or.kr)
*** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원
(e-mail: dhpark@kwater.or.kr)

1. 서 론

공공사업을 위한 정책분석은 다양한 수준으로 이루어진다. 이것은 특별한 문제를 해결하기 위한 방법론의 개발 보다는 문제의 다양성을 고려한 접근방법의 선택문제를 다루는 것이다. 가장 중요한 것은 의사결정 과정이며 각각의 진행과정은 의사결정자와 이해당사자, 의사결정과정 자체와 연관성을 맺고 있다. 이와 같은 현상은 현재 진행되고 있는 많은 공공사업에서 나타나고 있다. 특히 댐의 경우 국민의 정부와 참여정부에 들어 의사결정 시스템의 개방과 참여자의 다양성으로 인해 공공사업의 투자우선순위를 결정하는 방법이나 과정이 날로 복잡해 지고 있다. 이런 이유로는 과거 정부주도의 의사결정체계가 민간부분이 참여하는 참여의사결정 시스템으로 바뀌어 가고 있다. 결국 다양한 시각과 판단기준은 의사결정을 위한 평가기준도 다변화되고 있었다는 것을 의미한다.

일반적으로 댐 건설과 같은 수자원사업은 이들이 제공하는 순기능에도 불구하고 지역공동체의 해체나 자연생태환경에 부정적 영향을 미치고 있는 것도 사실이다. 이와 더불어 사회전반에 걸친 NGO의 역할, 민주화의 진전과 주민들의 의사결정에 대한 참여욕구의 증대 그리고 언론의 관심 보도 등은 댐 건설을 포함한 공공사업의 의사결정시스템을 근본적으로 변화시키고 있다. 그 동안 정부주도의 사업결정이 국민의 정부와 참여정부에 들어서 다원화된 의사결정 시스템으로 변화함에 따라 의사결정의 주체, 의사결정의 기준, 의사결정 방법 및 의사결정의 수용 등을 충분히 고려할 필요가 있었다.

이와 같은 새로운 패러다임을 적절히 반영하지 못해 사업시행과정에서 차질을 빚은 공공사업으로는 90년대 말의 영월댐 논란이나 부안지역에서의 원전방사선폐기물처리장 찬반 논쟁, 수많은 논쟁 끝에 표류하다 얼마전 대법원의 확정판결로 사업의 타당성을 확보한 새만금 사업, 협의체 운영을 통한 한탄강댐의 의사결정 과정 등을 들 수 있다. 이들 댐 사업을 포함한 공공투자사업은 규모가 크고 전국을 대상으로 하는 경우가 많아 그 중요성을 고려하여, 특히 의사결정에 신중을 기해야 한다는 교훈을 보여주고 있다. 이와 같은 관점에서 정부의 재정이 투입되는 공공사업을 효과적으로 집행하고 사업목적을 달성하기 위해서는 해당사업에 대한 철저한 타당성 분석은 물론 사업진행과정에서 나타날 수 있는 불확실성을 최소화하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 이와 같이 공공사업이 갖고 있는 사회적 중요성을 인식하고 보다 바람직한 의사결정이 가능한 방법론을 제시하고자 하였다. 특히 사회적 논쟁이 심한 댐 사업을 대상으로 계획 단계에서부터 가능한 사업에 영향을 미치는 인자들을 충분히 고려하여 이후 추진과정에서 나타날 수 있는 불확실성을 최소화할 수 있는 의사결정방법을 제시하였다. 이를 위해 경제성, 사회성, 환경성 그리고 사업실현성에 기초한 평가기준을 개발하고 다기준의사결정기법을 적용하여 재개발 대상 댐의 투자우선순위 결정에 적용하였다.

2. MCDA 기법 및 선행연구 고찰

2.1 MCDA 기법 고찰

다기준 의사결정해석이란 평가기준이 다수이고 각 기준 아래서 선택대상으로 고려되는 다수 대안의 선호도를 각각 측정하고, 이를 종합하여 최선의 대안이나 그 순위를 결정하는 과정이라 할 수 있다. 따라서 다기준 의사결정해석은 평가기준들의 상대적 중요도(가중치)를 도출하고, 고려하는 대안들 각각이 일련의 평가기준 아래에서 어느 정도 선호되는지를 계량화한 후 이를 체계적으로 평가하여 결정하게 된다. 그러나 다기준 의사결정해석을 이용하여 합리적인 의사결정을 시행하는 데는 현실적으로 어려움이 많은데 평가기준의 속성이 다양하고 이에 따라 기준별 선호도의 대안들에 대한 정보의 척도나 가치가 다르기 때문이다. 또한 다기준 의사결정해석의 경우 기준들이 상충관계에 있는 경우가 많아 절충(tradeoff)을 통하여 객관성을 유지하여야 하는데 일반적 해석기법으로는 한계가 있다.

의사결정론의 기본 목적은 과학적으로 정책과 행동을 결정하여 경영활동을 돕는 것이라 할 수 있다. 또한 주관성이 의사결정권자의 선호도를 평가하는 주요 기준(Keeney와 Raiffa, 1976)이라는 인식하에 의사결정론이 이와같은 문제에 적용가능한 보다 효율적인 알고리즘과 모형으로 보강되었다. 결국 MCDA(Multi · Criteria Decision Analysis)는 전형적 의사결정론이 경험이나 주관적 선호도를 선택사항으로 고려할 수 없는 단점을 보완한 것으로 초기에 개발된 대표적인 모형은 Goal Programming(Charnes와 Cooper, 1961)이고, 이후 인간의 주관적 생각과 판단을 반영하는 새로운 관점의 모형(Checkland, 1981; Roy와 Bertier, 1971)이 나타났다. 이와 같은 모형들은 Burrell과 Morgan(1979)이 정의한 해석적 패러다임(interpretivist paradigm)형으로 기본개념은 Fig. 1과 같다.

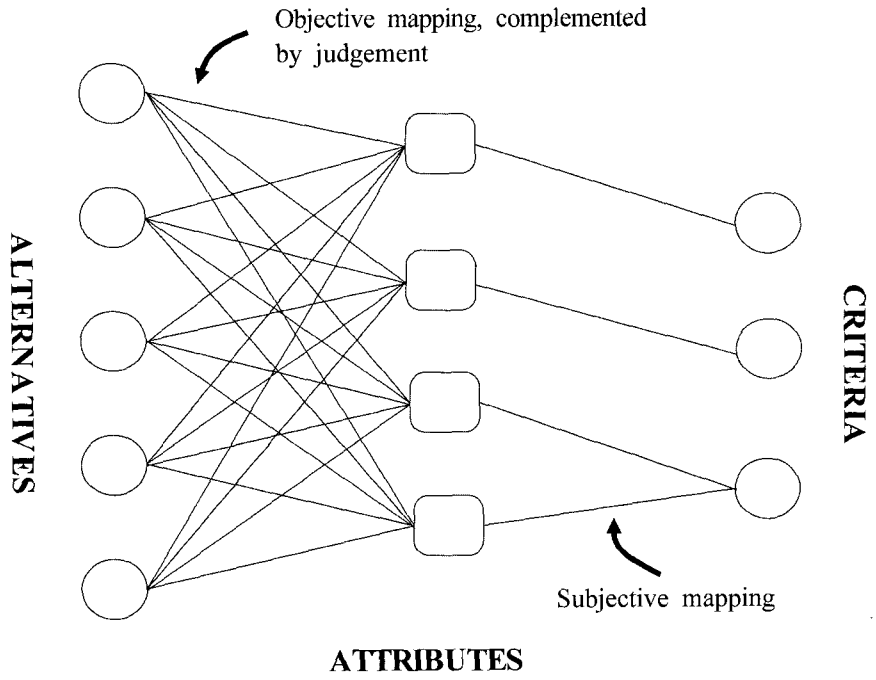

Fig. 1 Basic Concept of MCDA (Burrell and Morgan, 1979)

Keeney(1999)는 가치는 주관적이나 가치의 체계적인 개발은 과학이고 객관적이라 주장하고 사실과 가치를 명확히 구분하는 것은 사실상 불가능하다 하였다. 의사결정은 수학적으로 정형화 할 수 없는 법적, 사회적, 도덕적, 전통적 그리고 정서적 관점의 조건이나 요소를 적절히 고려해야 하지만 대부분의 복잡한 문제와 의사결정론에 기초한 정량적 정보(수치적 정보)는 수학적 최적화 기법을 통해 얻을 수 있다. 이것은 의사결정론의 수학적 접근법과 전문가의 직관적 지식이나 경험을 적절히 결합한 것으로 다기준 의사결정해석 문제에 접근할 수 있는 방법론이 된다. Stewart(1992)가 다기준 의사결정해석의 목적은 가장 바람직한 해법을 발견할 수 있도록 도움과 지침을 제공하는 것이라 하였고, French(1984)가 좋은 의사결정지원이라는 것은 자신에게도 도움이 되어야 한다는 것이나, Howard(1992)가 행동의 투명성을 유도할 수 있도록 설계된 의사결정과정 중 질 높은 대화라는 의미와 연계시키는 것이 무엇보다 중요하다. 결국 의사결정은 주관적 사고가 가득한 인간의 행동방향을 의사결정기법을 통하여 객관화시키는 과정이라 할 수 있다.

이와 같은 이론을 적용한 사례는 Steuer and Na (2003)의 연구에 따르면 Goal Programming(GP), Multiple Objective Programming, Multi-Criteria Decision Analysis(MCDA), Analytic Hierarchy Process(AHP), Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) 그리고 Survey of Methodologies 등이 주로 이용되고 있다. 또한 Zopounidis and Doumpos(2002)의 연구에 따르면 위험도 평가를 위한 다기준의사결정 기법으로 Multiattribute Utility Theory 인 AHP, 순위결정 이론(Outranking Relations)인 ELECTRE, 선호분해(Preference Disaggregation)법인 UTA, UTADIS 및 MHDIS 등과 Rough Set Theory 가 많이 이용되고 있다.

방법론으로는 Goal Programming(GP), Multiple Objective Programming(MOP), Multi・Criteria Decision Analysis(MCDA), Analytic Hierarchy Process(AHP), Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) 그리고 Survey of Methodologies 등 이었다. 이중 Outranking MCDA로 분류할 수 있는 기법들로는 ELECTRE(Elimination and Choice Translating Reality)계열과 Compromise Programming 그리고 PROMETHEE(Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations) 등이 제시되었다.

다기준 의사결정해석은 기존의 연구에서도 강조되고 있지만 공공투자사업의 의사결정, 특히 댐 개발과 같은 다기준 문제를 다루는데 적합하며 그 사례들도 많이 발견되고 있다. 또한 수자원 계획과 개발 사업에서 보다 현실적인 분석은 과거 일반적으로 다루어졌던 비용/편익 추정이라는 단일목적 문제에 반하여 환경적, 사회적 그리고 지역적 목표들을 포함하게 된다는 것이다(Raj and Kumar, 1996). 이의 이론들이 수자원 분야에 적용된 사례를 분석해 보면 ELECTRE 및 Compromise

Programming 등 전통적 다기준 의사결정해석이 주로 이용되어 왔고(Simonovic, 1989) 오늘날에도 유효한 것으로 평가받고 있다.

이의 예로 Gershon et al.(1982)은 ELECTRE와 정량적 그리고 정성적 목적이 존재하는 대안의 순위결정기법을 결합시켰으며, Beanyoun et al.(1966), Roy(1971), Abigranem et al.(1978)이 실제 수자원사업 문제의 의사결정에 적용하였다. David and Duckstein(1976) 그리고 Raj(1995)은 이 기법을 대규모 하천 유역에 적용하였고, Eder et al.(1997)은 다기준 Q-analysis를 이용하여 수자원 사업의 순위를 결정하였다. Cai et al.(2004)은 다목적분석기법을 수자원계획문제의 그룹의사결정에 이용하였다.

한편 Hyde et al(2004)은 신뢰도에 근거하여 수자원 배분에 관한 의사결정에 PROMETHEE를 활용하였다. Joubert et al(2004)은 Cape Town의 용수공급과 수요관리 문제를 해결하기 위해 다기준 의사결정해석을 활용하였다. 또한 다기준 의사결정해석은 환경문제에서도 성공적으로 적용되었다(Gregory and Keeney, 1994; Hostmann et al, 2004; Kangas and Kangas, 2005; Marttunen and Hamalainen, 1995; Marttunen and Suomalainen, 2004). 보다 개별적인 방법으로 Ganoulis(2003)는 지중해 지역에서 기술과 경제성 그리고 폐수 재이용의 환경과 사회적 영향을 고려하여 지속가능한 폐수 재이용을 위한 평가기법을 제시하고 처리기법과 저류기술에 기초한 대안 전략을 ELECTRE-Ⅲ, Ⅳ 그리고 Compromise Programming 등 다기준 의사결정해석을 이용하여 평가하였다.

국내에서도 공공투자사업 정책평가나 우선순위 결정에 다기준 의사결정해석을 적용한 사례를 발견할 수 있다. 주로 설문조사를 시행한 후 계층화분석기법(AHP : Analytical Hierarchy Process)을 적용하여 중요도(가중치)를 결정하고 이를 각각의 평가기준에 적용하는 것이 일반적이며, 순위결정방법(outranking method)을 적용한 사례는 일부에 지나지 않는다. 이와 같은 방법론의 적용사례는 국토개발에 대한 지속가능성 평가, SOC 사업에 대한 투자지표 개발에 관한 연구 등(국토개발연구원, 2002) 다양한 분야에서 이용되었다. 또한, 환경오염의 정도를 모니터링하기 위하여 환경압력지수(environmental pressure index)를 개발하는데 계층화분석기법이 적용되었다(서현교, 1998). 수자원 개발 및 운영에 대한 계층화분석기법의 적용사례로는 주로 수자원 시설물의 적지선정에 적용되었으며, 그 예로는 지하댐의 적지선정, 강변 여과수 시설의 적지선정, 지표수-지하수 연계 시스템의 적지선정 등이 있다(이상일과 김병찬, 2003; 이상신과 이상일, 2004). 또한, 수자원 분야에 계층화분석기법의 적용 사례로는 가뭄기의 댐운영시, 생활용수, 공업용수, 농업용수 및 하천유지용수 등과 같은 용수분배의 우선순위결정(이현재와 심명필, 2002), 하천의 등급화를 위한 하천의 중요도 평가(박태선, 2002) 등이 있다.

경제성장이나 개발에 대한 평가는 GNP와 같이 경제적인 성과물을 사용하여 나타낼 수 있으나 환경문제, 사회·경제적 문제 등과 같이 여러 가지 문제가 복합적으로 얽혀 있는 경우에는 몇 가지 지표만으로는 문제의 악화정도나 개선정도를 평가하기 어렵다. 서현교(1998)는 환경상태를 평가하여 대응책을 마련하기 위해 지구온난화, 성층권 오존고갈, 산성화, 부영양화, 독성물질 배출, 자원고갈, 광화학 스모그, 생물다양성 상실 및 소음·진동·악취 등과 같은 9가지 요인에 대하여 계층화분석기법을 적용하고 각각의 요인들에 대한 중요도를 산정하여 환경압력지수를 개발하였다. 개발된 환경압력지수를 서울과 전국적인 통계 자료에 적용하여 나타난 결과를 분석하여 추세를 비교한 바 있다.

순위해석 문제에 대해서는 고석구 등(1992)이 ELECTRE와 Compromise Programming을 이용하여 충주댐을 대상으로 한 다목적 댐의 운영을 평가에 적용하였다. 곽승준 등(2003)은 다목적댐과 같은 대규모 국책사업의 경우 의견수렴과정이 전문가나 일반시민을 대상으로 하고 있어 지역주민의 의견수렴은 상대적으로 미흡하다고 지적하고 환경, 경제 및 사회문화적 영향에 대한 평가를 위해 Fuzzy 다기준 의사결정해석을 적용하였다.

2.2 선행연구 검토

다기준의사결정분석이란 여러 가지 기준(목적)의 집합을 갖는 대안 중에서 최적의 안을 찾는 방법이다. 수자원 분야에서 대표적으로 쓰이는 기법으로는 가중평균치 (weighted average method), ELECTRE Ⅰ (Benayoun와 Sussman, 1966), ELECTRE Ⅱ (Roy and Bertier, 1971), Discrete Compromise Programming (Duckstein and Opricovic, 1980), Analytic Hierarchy Process (AHP; Saaty, 1977) 등이 있으며, 그밖에 PROMETHEE (Brans et al, 1986) 및 Cooperative Game Theory (Nash, 1953; Harsanyi, 1977) 등이 사용되고 있다.

이중 대표적인 순위결정 수학적 모형들을 소개하면 다음과 같다. 우선 AHP 기법은 Saaty (1977)에 의해서 개발되었으며, 의사 분석 과정은 계층별 평가에 근거하고 있는데 각 대안을 몇 가지의 주요 평가기준

(main-criteria)으로 평가하고 다시 각 주요 평가 기준에 대하여 서로 상이한 부평가기준(sub-criteria)을 부여하여 의사결정권자나 시스템기술자가 보다 적은 결정집합에 초점을 맞출 수 있게 하였다. AHP 알고리즘에서는 각 부평가 기준 이나 주요 평가기준에 대한 대안들의 순위(rank)를 결정하기 위하여 각 평가 기준에 따라 2 개 씩의 대안을 조합으로 각각 평가하여 평가 행렬을 구성한다. 평가에서는 Saaty(1977) 가 제시한 1에서 9 까지의 값을 사용하며 평가 행렬로부터는 다음과 같은 Eigenvalue 접근법을 이용하여 각 대안의 가중치를 도출한다(Saaty, 1977).

AHP기법의 기본 개념은 우선 어떤 가치함수 v가 아래와 같은 형태를 갖고 있다고 가정하면,

$$v(y) = \sum_{i=1}^{q} w_i y_i \tag{1}$$

여기서 가중치 w_i=0이면, 평가치 y_i는 고려대상에서 제외시킬 수 있다. 따라서 $w_i > 0$, i=1, 2, ..., q로 가정할 수 있으며, i와 j의 가중치비율은 다음과 같이 정의된다.

$$w_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \tag{2}$$

이를 임의의 i, j, k지표에 대해 적용하면 다음과 같고

$$w_{ij} = w_{ji}^{-1}, \quad w_{ij} = w_{ik}\, w_{kj} \tag{3}$$

가중치 비율의 행열을 $A = [w_{ij}]_{q \times q}$로 정의하면

$$A = \begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} & \cdots & \frac{w_1}{w_q} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} & \cdots & \frac{w_2}{w_q} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{w_q}{w_1} & \frac{w_q}{w_2} & \frac{w_q}{w_3} & \cdots & \frac{w_q}{w_q} \end{pmatrix} \tag{4}$$

와 같다.

만약 임의의 i, j, k에 대하여 Eq. (3)이 성립하면, 행열 A는 일관성이 있다고 볼 수 있다. 행열 A의 각 열은 첫 번째 열의 곱이므로 A의 순위는 1, 그리고 q인 단 하나의 영의 고유치가 있다. 이것은 w_{ii} = 1이라는 사실로 모든 고유치의 합은 A의 행적과 같다. 이것은 다시 다음과 같이 나타낼 수 있고 가중치는 Eq. (5)를 이용하여 Eq. (7)과 같이 구할 수 있다.

$$A\,\underline{w} = \lambda_{\max}\,\underline{w} \tag{5}$$

$$\underline{w} = (w_1, w_2, \cdots, w_q) \tag{6}$$

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{q} a_{ij}\, w_j}{\lambda_{\max}}, \quad i = 1, \cdots, q \tag{7}$$

여기서, A는 고려하는 평가 기준에 대한 각 대안의 평가 행렬이며, $\lambda_{\max}$는 최대의 Eigenvalue 이며, AHP 기법은 수치로 직접 평가하기 곤란한 평가 기준이 있을 경우에 특히 유리하고 대안의 수가 7± 2 인 경우에 적합하다고 알려져 있다.

Compromise Programming 은 연속적인 다목적 함수의 평가를 위해 제안되었으나 이산형 평가 문제에도 적용할 수 있으며, 아래 식과 같이 각 평가 기준을 모두 최적 상태로 만족시키는 이상적인 해 (ideal solution)에 가장 근접한 대안을 찾는 기법이다 (Zeleny, 1982).

$$L_s(\underline{X}) = Min \sum_{i=1}^{K} \{w_i S_i(D_i)\}^p \tag{8}$$

$$S_i(D_i) = \frac{V_i^* - V_i(\underline{X})}{V_i^* - V_i^{**}} \tag{9}$$

여기서, $L_s(\underline{X})$는 $\underline{X}$의 함수로 구성된 대안에 대한 평가함수로서 이상적인 해와의 누계편차를 나타내며, w_i 는 K개로 구성된 각 평가기준에 대한 가중치이다. V_i^*와 V_i^{**}는 각 평가기준에 따른 함수 값 V_i의 최대값과 최소값을 나타내며, p는 각 평가기준 중에서 최대의 편차값에 대한 중요성을 나타내는 지수로써 일반적으로 1 이나 2 또는 무한대 값을 사용한다. $S_i(D_i)$는 대안들의 평가기준값에 대한 일종의 Scaling Function(D_i / m_i)이라 할 수 있다. 여기서 D_i는 $V_i^* - V_i(\underline{X})$, m_i는 $V_i^* - V_i^{**}$이다.

ELECTRE I은 Elimination and (et) Choice

Translating Algorithm 으로서 Benayoun et al.(1966)에 의해 제안되었으며, 기본 개념은 어떠한 하나의 기준에 대하여 받아들일 수 있는 불만족한 수준을 침범하지 않으면서 다른 기준에 대하여 만족하는 수준에 따라 적절한 안을 선택하는 기법이다. 이 기법에서는 아래 식과 같이 각 평가기준에 해당하는 대안의 평가기준값을 2개씩의 조합으로 선택하여 만족도와 불만족도에 따른 Concordance 및 Discordance 지수를 산정하여 각 대안을 평가한다(Goicoechea et al., 1982). ELECTRE I 의 계산과정은 두개의 대안중 만약 a가 b보다 우위에 있다면 Concordance(a,b) = 1, Discordance(a,b) = 0이라 할 수 있고, 이 경우 일반적으로 주어진 값 Concordance* 와 Discordance*에 대하여 a는 b보다 순위가 우선한다고 할 수 있다. 즉, Concordance(a,b) ≥ Concordance* 인 경우 기준은 충분히 대안 a를 선호한다고 할 수 있고, Discordance(a,b) ≤ Discordance*인 경우 선호도에서 기각된다고 할 수 있다. 따라서 이와 같은 과정은 평가기준(실질적으로 가중치)을 중심으로 대안들과 비교평가를 통하여 순위를 결정하게 된다.

$$D(i,j) = Max\left[\frac{V(j,k)-V(i,k)}{V(1,k)_{\max}-V(1,k)_{\min}}\frac{MSI(k)}{Max(MSI(k))}\frac{B(k)-1}{B(k)}\right]$$

$$, \; k=1,\cdots,M \qquad (10)$$

여기서, $V(i,k)$는 평가기준값(대안 대 기준), $MSI(k)$는 의사결정자에 의해 정해진 기준 k의 최대척도구간(maximum scale interval), $V(1,k)_{\max}$는 기준 k에 대한 평가기준치의 최대치, $V(1,k)_{\min}$는 기준 k에 대한 평가기준치의 최소치, $B(k)$는 각 기준의 구간 수(interval number) 그리고 M은 전체 평가기준 수이다.

그러나 ELECTRE I은 전체 대안들에 대한 완전한 순위를 제시하지 못하는 단점이 있어 이의 보완으로 Roy 및 Bertier (1971)에 의해서 강한(strong) 우선순위와 약한(weak) 우선순위, 즉 두개의 기준값으로 정의된 집합으로 순위를 정하는 ELECTRE II가 다음식과 같이 개발되었고 이후 ELECTRE를 보완한 버전이 여럿 개발되었다.

$$D(i,j) = Max\left[\frac{V(j,k)-V(i,k)}{Max[V(i,k),s(k)]}; V(i,k) > 0\right.$$

$$\left.\frac{V(i,k)-V(j,k)}{Min[V(i,k),s(k)]}; V(i,k) < 0\right] \quad k=1,\cdots,M \quad (11)$$

2.3 댐 사업의 의사결정 기법의 제시

댐 사업의 평가체계를 어떻게 구축할 것인가는 매우 중요한 과제이다. 평가업무의 효율성과 목적을 적절히 달성하기 위해서는 무엇보다도 잘 정리된 평가체계의 수립이 필요하다. 예비타당성조사 제도에서 제시하고 있는 것은 주요 공공사업의 의사결정시 검토해야할 기본적인 사항만을 예시하고 있다. 따라서 실제 분야별 개별사업의 평가는 그 사업만이 가지고 있는 특징들을 적절히 반영할 수 있어야 한다. 특히 댐 사업의 경우 과거에는 경제성 평가에 기초한 의사결정이 이루어 졌으나 현재는 환경성과 사회성도 중요한 요소로 평가되고 있다. Bruen(2002)은 공공사업의 의사결정 체계는 과거의 선형적 구조에서 Feedback 시스템으로 바뀌었고 대립관계에 있는 이해당사자들이 참여하는 의사결정은 하나의 반복적 적응과정이 될 수 있다고 진단했다. 다시 말해 과거의 의사결정은 정부주도로 공무원과 기술전문가 집단에 의하여 정형화된 프로세스를 거쳐 진행되었지만 오늘날에는 민주화나 지역참여정책 등으로 다양한 이해관계 집단이 관여하고 있어 타협(tradeoff)에 기반을 둔 의사결정 시스템으로 발전했다고 할 수 있다.

댐 사업과 관련된 평가체계에 대해 일본의 국토교통성(2003)도 비용-편익비(B/C)를 포함하여 이해당사자의 공통적인 생각을 토대로 평가항목을 다원적으로 다루고, 기왕 사례와의 비교가 가능한 평가치를 평가항목마다 설정하고 평가항목간의 상대적인 중요도를 적용하여 평가자의 평가범위를 명확히 제시한 후 동종 사업간 우선순위를 정하고 있다. 이는 댐 사업 시행자나 이해당사자들이 사업의 시행에 관한 의사결정을 할 때, 보다 엄격한 기준과 절차를 적용하므로써 국민의 공감을 얻고 향후 추진과정에서 소모적 논쟁을 줄일 수 있는 대안을 찾는 것을 기본 목적으로 하고 있다. 이와 같이 댐 사업의 의사결정 특징을 반영하여 본 연구에서는 댐 사업의 우선순위결정 해석을 위해 Fig. 2와 같은 과정을 제시하여 적용하였다.

이의 적용을 위해서는 우선 평가기준의 설정이 필요하며, 댐 사업의 평가기준은 가능한 해당되는 모든 내용을 열거하고, 계층적인 체계로 정리하여 평가기준을 체계화하게 된다. 평가기준에 대해서는 댐 사업의 시행과 관련하여 어떠한 상황이나 변화가 발생하고 어떤 결과를 얻을 수 있는지를 명확히 설명하고 판단하기 위한 평가방법을 설정한다. 평가방법의 설정에 대해서는 가능한 정량화할 수 있는 지표를 선정하는 것이 바람직하나 정량적인 지표로 표현하는 것이 곤란한 항목에 대해서는 기술적 표현에 근거를 둔 평가방법을 설정할 수

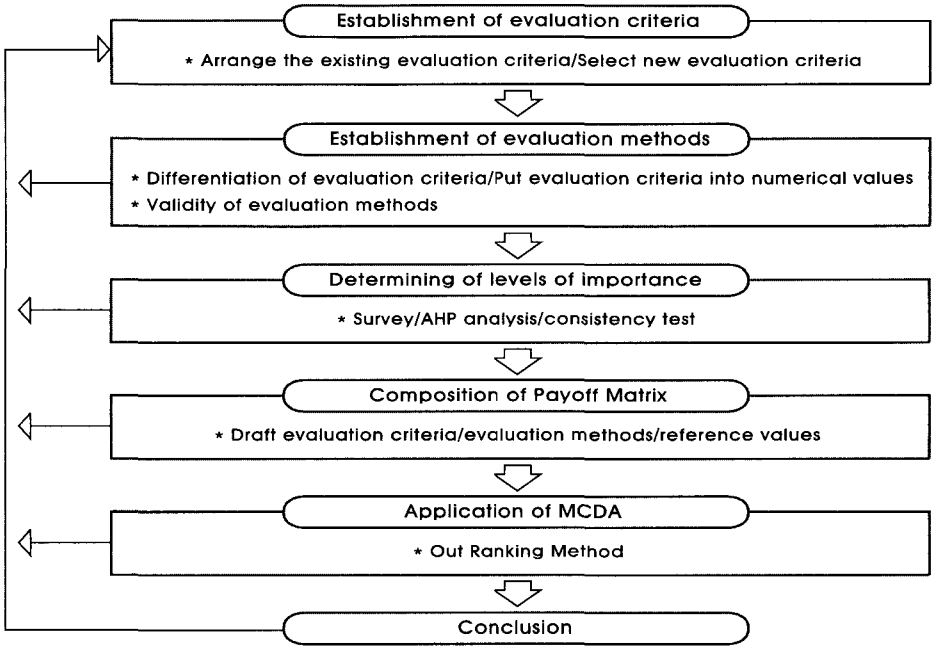

Fig. 2 Analytical Method Using MCDA

있다. 특히 사업실시 환경은 인문·사회·환경을 근간으로 하고 있어 정량화된 지표의 도출이 쉽지 않은 경우이다. 다음은 해당사업에 있어 각 평가항목간의 상대적인 중요도를 평가에 반영시키기 위해 평가기준의 중요도를 결정하게 된다. 이어 평가기준과 기준의 중요도가 결정되면 각 대안들을 평가하기 위한 평가기준치를 작성하게 된다. 평가기준치 역시 평가기준의 의미에 따라 정량적 및 정성적 지표 모두 유효하며, 구체적인 숫자나 의미로 나타낼 수 있다. 마지막으로 평가정보를 최종 정리한 Payoff Matrix를 작성하게 되며 기본적으로 다기준의사결정해석 모형의 입력자료로 활용된다.

3. 댐 사업의 평가기준 개발과 적용

3.1 평가기준의 개발

공공사업에 투자우선순위 결정방법에 관한 연구는 다양한 분야에서 여러 가지 이론을 기초로 진행되어 왔다. 특히, 에너지 및 환경분야의 사례는 쉽게 찾아볼 수 있으나 댐 사업에 대한 사례는 많지 않았다. 물론 선진국에서는 댐 개발이 오래전에 이루어져 근래에는 사례가 많지 않다는 것도 이유가 되겠으나 과거의 댐 사업이 정부주도로 이루어지다보니 다양한 측면의 평가가 고려되지 않은 점도 있다. 특히 일본의 경우도 2000년 이후에도 국토교통성이 다기준 평가분석기법을 적용하여 하천사업을 평가하는 연구를 수행하고 있다.

이를 위해 조사된 첫 번째 사례로 일본의 경우를 분석해 보면 미야기현의 댐 개발과 관련된 평가기준이다(宮城縣土木部砂防水資源課, 2002). 평가의 목적은 공공사업에 대하여 사업실시예정의 우선순위에 대해 객관적으로 판단할 수 있는 방법을 적용하여 사업의 중요성과 효과성 그리고 효율성의 향상을 목표로 하고 있다. 평가기준은 사업종류별로 필요성, 유효성 및 효율성 등의 관점에서 평가축을 설정하고 평가축 별로 세부 평가항목과 평가항목의 가중치를 정하였으며, 세부평가지표를 제시하고 있다. 다른 예로는 일본 국토교통성 하천국의 신규사업채택시 필요조건과 사업의 우선순위 그리고 판단기준(國土交通省河川局, 1999)이다. 사업의 우선순위의 평가지표로는 사업에 대한 지역주민의 의향, 관련사업과의 합치 여부, 재해발생시 영향, 과거의 재해 정도, 사업의 긴급도, 재해발생의 위험도, 환경, 지역개발 그리고 치수에 대한 정보 제공 등이다. 판단기준은 신규사업채택의 필요조건을 만족시킴과 동시에 사업시행을 위한 대안들에 대해 우선순위를 평가하여 종합적으로 평가하며, 사회상황과 재해발생상황 등에 따라서 탄력적으로 적용하고 있다. 일본의 국토교통성 하천국은 댐 건설 사업을 위한 투자우선순위 결정에 관한 사례연구를 최근까지 계속해서 진행하고 있으며, 적용 가능성과 문제점 등을 진단하고 있다(일본국토교통성, 2003).

한편 우리나라에서는 댐 건설지역 경제 활성화 및 투자우선순위 결정방안 연구(건설교통부/한국수자원공사, 2001)를 통하여 댐 건설로 발생하는 다양한 효과들을 댐 건설 투자우선순위 결정에 반영하기 위한 모델을 개발하였다. 투자우선순위의 평가항목으로는 경제성, 환경성 그리고 사회·정책성으로 구분하여 세부평가항목

을 선정하고 각 세부항목에 대한 가중치를 정하였다. 사회·정책성 평가를 위한 세부지표는 중앙정부의 정책 우선순위, 기초 및 광역지자체의 의견, 댐 건설에 대한 지역주민의 의견 그리고 전문가 및 NGO의견을 고려하였다. 또한 한국수자원공사(2002)에 따르면 댐 건설이 사회·경제·문화에 미치는 영향에 대해서는 비상용수 공급, 관광 및 레크레이션 제공, 주민의 개발 및 재산권 행사 제한을 포함하고 있어 평기기준을 확대하고 있다.

근래에 들어 댐과 같은 공공사업에 있어 투자우선순위 평가를 위한 기준은 과거의 경제적, 기술적 그리고 정치적 평가수준을 넘어 지역주민의 의사와 NGO 활동 그리고 지역발전과 연계성 등 다양한 평가요소들이 추가되고 있다. 이와 같은 변화 요인은 지방자치 민주화에 따른 공공사업에 대한 주민들의 의식변화와 상대적으로 중앙정부의 권한 축소를 들 수 있다. 따라서 중앙정부가 추진하는 공공사업에 대한 지역과의 갈등은 늘 존재하기 마련이다. 또한 NGO의 역할과 의사결정참여라는 시대적 상황변화를 고려하여 사업의 실현가능성을 높일 수 있는 방향으로 평가기준이 보완되고 있다.

본 연구는 사업검토단계에서 장래 예견되는 불확실성을 반영한 댐 사업의 투자우선순위 결정방법을 도출하는 것으로서 가능한 객관적 관점과 검증된 방법을 활용하고자 하였다. 이는 새로운 평가기준을 정하는 것도 의미가 있으나 댐 사업이라는 제한적 상황에서 제기될 수 있는 문제점을 기존 연구에서 충분히 다루고 있어 이들 연구에서 제안하고 있는 기준을 중심으로 도출하였다. 이를 위해 앞에서 설명한 일본의 사례와 국내의 기존 연구성과(강민구 등, 2004; 국토개발연구원, 2002; 한국건설기술연구원, 2004)를 바탕으로, 댐 사업과 관련된 현안사항들을 분석하여 경제성, 사회성, 환경성 및 실현성을 평가축으로 정하고 각각에 대한 세부지표를 Table 1과 같이 도출하였다.

댐 건설관련 투자우선순위 결정을 위한 세부평가지표의 평가기준은 댐 건설 평가기준 선정방법에 준하여 앞에서 분석한 댐 사업에서 고려해야할 주요 착안사항과 사업의 실질적 추진을 위해 필요한 항목들을 대상으로 하였다. 특히 사회성과 실현성을 강조하여 공공사업에 대한 현재 사회일각에서 대두되고 있는 의견들을 반영하였다. 조사된 지표들을 평가축을 기준으로 몇 가의 항목으로 다시 정리하면 Table 1과 같으며, 이후 댐 사업 우선순위 평가기준으로 적용하였다.

3.2 평가지표의 중요도 결정

일반적으로 평가기준마다 그 중요도가 차이가 있을 수 있어 앞에서 도출된 평가기준의 중요도를 쌍대비교 방식 설문조사를 통하여 AHP해석으로 결정하였다. 이를 위한 설문조사는 본 연구의 평가단계가 댐 건설사업 과정에 있어 장래 계획을 수립하는 초보 단계인 점을 감안하여 가능한 공공사업의 특징을 이해하면서 정책결정에 대한 지식이 있는 전문가 그룹으로 정하였다. 이 그룹에는 정책을 다루는 국책연구기관(한국환경정책평가연구원, 한국국토연구원), 기초 및 응용기술연구기관(한국건설기술연구원, 한국지질자원연구원), 사업시행기관(한국수자원공사) 그리고 국내 주요 용역사와 건설회사 그리고 대학교수 등으로 구성하였다. 설문대상 인원은 200명 수준으로 하였으나 실제 회수된 응답지는 118부였으며 응답자의 성향은 Fig. 3과 같다.

추정된 중요도를 평가축과 평가기준별로 정리하면 Table 2와 같다. 결과를 분석해 보면 우선 평가축간 중요도는 경제성부문이 가장 높고 사회성부문이 가장 낮게 나타났다. 이들 평가부문의 가중치는 0.318과 0.191로 다소 차이를 보여주고 있으며, 환경성과 실현성은 이들 평가축의 중간 값을 보여주고 있다. 이는 국가 공공사업에 있어 경제적 평가를 중요하게 다루어야 한다는 것을 의미하며 환경보존과 갈등으로 인한 불필요한 낭비를 방지하기 위하여 사업의 실현가능성을 중요하게 의식하고 있음을 알 수 있다. 이중 평가기준에 대해서는 다기준의사결정해석의 적용을 위하여 댐 건설이 긍정적으로 작용하는 방향의 값은 Max로 댐 건설에 부정적으로 작용하는 방향의 값은 Min으로 평가하도록 지시하고 있다.

3.3 모형 적용 및 사업우선순위 결정

기존댐의 경우 신규 검토되고 있는 댐들 보다 여러 가지 측면에서 장점을 가지고 있다. 현재와 같이 대규모댐에 대한 사회적 저항을 감소시키고 환경보전을 고려한 물 이용의 공평성을 증대시킬 수 있는 대안으로 평가받고 있다. 또한 관련 자료들이 어느 정도 축적되어 있어 우선순위 결정을 위한 평가기준 작성에 유리하다. 댐의 규모나 개발 가능성, 경제성 등을 고려하여 선정된 평가대상 기존댐은 괴산, 성덕, 오봉, 안의, 매화 및 신풍 등 6개이다.

평가기준치에 대한 정보는 재개발 예비타당성조사 보고서를 근거로 평가기준별로 6개 재개발 대상 댐에 대하여 간략히 정리하면 다음과 같다. 우선, 경제성 평가의 경우 B/C(용수개발단가)에 대해서는 6개댐 모두 B/C 자료를 얻을 수 없었으나 용수개발단가와 총사업비, 용수공급량에 대한 자료획득이 가능했고 이중 용수개발단가를 B/C대신 적용하기로 하였다. 사회성 지표의 이주규모, 수혜규모 및 문화재 보전 세부지표에 대해서

Table 1. Selection of Evaluation Indices by Evaluation Axis

Source	Evaluation criteria	Inferring of major evaluation indices
Economical efficiency		
Miyagiken, Japan(2002)	· Contribution to regional economy	1. B / C (Unit price of water development) 2. Dam size and efficiency (Water resources utilization rate) 3. Contribution to regional development (Economic development of the surrounding areas)
K-Water(1999)	· Comparison of cost efficiency and alternative measures · Social and economic sentiment	
K-Water(2003)	· Total profitability ratio · Flood control, water supply and power generation functions	
K-Water(2002)	· Power generation and economic ripple effects · Promotion of tourism and recreational activities · Damage to regional economy due to submergence	
K-Water(2003)	· Securing of flood control capacity · Supply of agricultural, industrial, domestic, and river maintenance water · Hydroelectric power generation, emergency water, ship operation on inland canals, etc.	
KICT(2004)	· Participation rate in regional GDP and economic activities	
Kang Min-gu et al.(2004)	· Water per production cost and economic convenience	
Environmentality		
Miyagiken, Japan(2002)	· Natural environment and river flow	1. Protection-targeted animals and plants within the influential area (Scope of individual animals and plants) 2. Improvement of river flow (Water shortage increases) 3. Influence on ecological environment (1st grade in ecological naturalness)
Japan's MLIT(1999)	· River environment situation and natural environment	
K-Water(2003)	· BOD, ecosystem, scenic view, and forest	
K-Water(2002)	· Damage to animals and plants due to submergence	
K-Water(2003)	· Supply of river maintenance and emergency water	
KICT(2004)	· River and underground water quality, and environmental criteria	
Kang Min-gu et al.(2004)	· River and underground water quality, and conservation of ecosystems	
Sociality		
Miyagiken, Japan(2002)	· Improvement of life environment and securing of water supply source	1. Relocation size (Number of people to be relocated) 2. Size of beneficiaries (Water supply, flood control, etc.) 3. Preservation of cultural properties (No. of cultural properties preserved)
Japan's MLIT(1999)	· Risk of disaster occurrence	
K-Water(2003)	· Cultural relics	
K-Water(2002)	· Inconvenience caused to dwellers, and damage to people suffering from submergence · Loss of historical, cultural sites and relics	
K-Water(2003)	· Prevention of human damage · Improvement of public health and hygiene(supply of water, etc.)	
KICT(2004)	· Population, traffic density, medical institutions and schools	
Kang Min-gu et al.(2004)	· Waterworks penetration rate, and ratio of irrigation control towers (관계탑?)	
Realizability		
Miyagiken, Japan(2002)	· Utility of the project, and past disaster status	1. Favorable response from residents 2. Urgency of the project 3. Social resistance
Japan's MLIT(1999)	· The region's intention and urgency of the project	
K-Water(2003)	· Opinions of the central government, municipality, regional residents, experts and NOGs	
K-Water(2002)	· Inconvenience caused to residents and damage to those suffering submergence	
K-Water(2003)	· Limiting residents' economic activity and property rights	

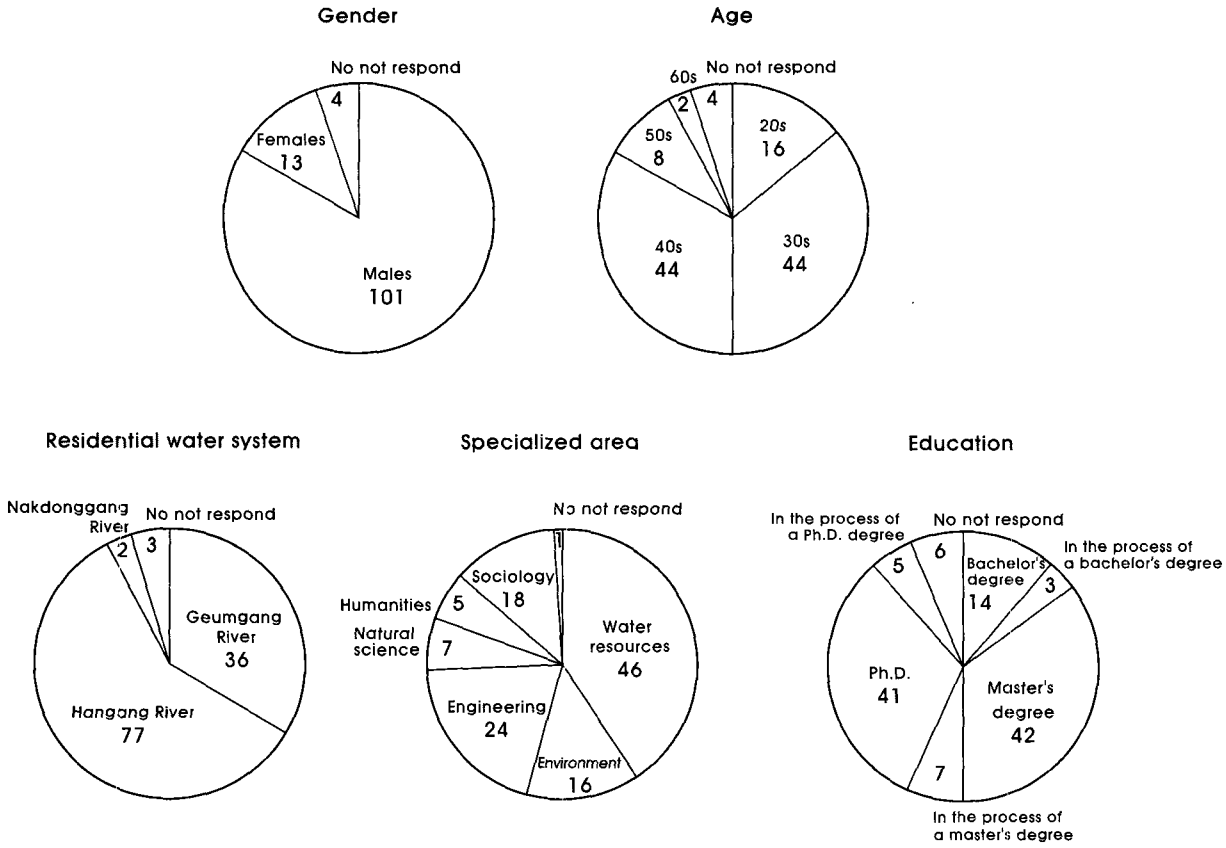

Fig. 3 Analysis of Features of Respondents in the Survey

Table 2 Evaluation Axis, Evaluation Criteria and Weighted Value

Evaluation axis (Weighted value)	Evaluation criteria	Unit	Weighted value	Direction of evaluation
1. Economical efficiency (0.3182)	·B/C (Unit price of water development)	Non-dimension (Won/㎥)	0.0960	max (min)
	·Dam size and efficiency	Capacity (million ㎥)	0.1233	min
	·Contribution to regional development	5th grade	0.0988	max
2. Sociality (0.1910)	·Number of people to be relocated	No. of population	0.0556	min
	·Size of beneficiaries	No. of population	0.0848	max
	·Preservation of cultural properties	No. of designated objects	0.0506	min
3. Environmentality (0.2530)	·No. of protection-targeted animals and plants under the influence	Number	0.0739	min
	·Expansion of river flow(BOD)	㎥/s(mg/l)	0.1012	max (min)
	·Influence on ecological environment	5th grade	0.0779	min
4. Realizability (0.2378)	·Favorable response from residents	5th grade	0.0631	max
	·Urgency of the project	5th grade	0.1226	max
	·Social resistance	5th grade	0.0521	min

Table 3 Composition of Payoff Matrix for the Analysis of MCDA

Description	Evaluation criteria	Weighted value	Direction	Unit	Measure I (Obong)	Measure II (Anui)	Measure III (Goesan)	Measure IV (Maehwa)	Measure V (Sinpung)	Daean VI (Seong deok)
Economical efficiency	· Unit price of water development	0.0960	min	won/m³	5,275	8,975	1,680	14,137	12,865	8,869
	· Dam size	0.1234	min	million m³	32.8	9.5	115.9	31.2	14.9	19.1
	· Contribution to regional development	0.0989	max	5th grade	4	1	1	2	1	1
Sociality	· No. of residents	0.0556	min	No. of populati on	234	115	945	114	20	360
	· Size of beneficiaries (Supply amount)	0.0848	max	million m³	66.4	40.1	219.0	25.5	17.1	19.1
	· Preservation of cultural properties	0.0506	min	No. of objects	0	1	0	0	0	0
Environmentality	· No. of protection-targeted animals and plants under the influence	0.0739	min	Number	0	1	1	0	0	0
	· Expansion of river flow (BOD)	0.1012	min	mg/l	1.4	1.2	1.1	0.9	2.0	2.1
	· Area of ecological environment suffering the influence(1st grade in national land environment map)	0.0779	min	㎢	0	0.34	0.14	0.25	0.012	0
Realizability	· Favorable response from resident	0.0631	max	5th grade	1	1	2	3	4	4
	· Urgency of the project	0.1226	max	5th grade	3	1	3	1	5	5
	· Social resistance	0.0521	min	5th grade	5	5	5	1	1	4

는 우선 이주규모는 예상수몰지내 이주대상 주민수를 조사하였고, 수혜규모는 생활용수 공급측면만을 대상으로 하여 조사하였다. 문화재는 수몰지내 문화재의 수로 하였다. 환경성 지표의 경우 영향권내 보호대상 동식물, 하천유황개선 및 생태환경 영향에 대한 자료를 조사하여 그 수와 BOD값 및 면적값으로 정리하였다. 실현성 지표의 경우 지역주민의 호응도를 대상지역의 분위기나 여론 그리고 접촉자의 반응 등을 종합적으로 판단하여 정성적 서술로 정리하였다. 사업의 시급성은 용수공급과 정책적 측면을 고려한 평가내용을 서술적으로 정리하였다. 사회적 저항은 주민, 지자체의 반대를 위해 이루어진 행위의 강도를 고려하여 판단하였다. 가중치와 평가치 그리고 평가방향을 Payoff Matrix로 구성하면 Table 3과 같다.

Table 3과 같이 구성된 Payoff Matrix는 다기준의사결정해석기법중 제2장에서 고찰한 순위결정방법인 ELECTRE-Ⅰ(Benayoun et al., 1966), ELECTRE-Ⅱ (Roy and Bertier, 1971), Compromise Programming (Duckstein and Opricovic, 1980)을 적용하여 대안별 순위를 정하였다. 기존댐 투자우선순위 결정에 관한 적용결과를 종합하면 다음과 Table 4와 같다.

우선 대안들의 종합 평가순위는 다기준의사결정해석의 특성상 각각의 수학적 모형으로 결정된 순위를 종합적으로 고려하여 최종 순위를 정하였다. 최종 순위결정은 각각의 다기준의사결정해석에서 얻어진 순위를 단순합하여 내림차순으로 정하였다. 실제 6개 댐에 대한 평가 Payoff Matrix를 구성하여 사업우선순위를 평가한 결과는 용수개발단가, 지역발전기여도, 환경성에서 우위를 보인 오봉댐이 제1위, 환경성과 실현성에서 우위를 보인 신풍댐이 제2위 그리고 성덕댐이 제3위로 평가되었다. 매화댐이 4위, 괴산댐이 5위 그리고 안의댐은 4가지 해석기법 모두 가장 낮은 순위를 보이고 있다. 이런 추세는 적용된 4개의 모형 모두에서 유사하게 나타나고 있어 개발된 기준과 중요도하에서는 오봉댐이 우선순위가 가장 높은 대안으로 평가 되었다.

Table 4. Dam Project Priority Decision Based on the MCDA Ranking Decision Model

Method법	Measure I (Obong)	Measure II (Anui)	Measure III (Goesan)	Measure IV (Maehwa)	Measure V (Sinpung)	Measure VI (Seongdeok)
ELECTRE- I	1	6	4	5	3	2
ELECTRE-II	2	6	5	3	1	4
COMPROMISE (p=1)	2	6	5	4	1	3
COMPROMISE (p=2)	1	6	5	4	3	2
Total of priority	6	24	19	16	8	11
Total evaluation ranking	1	6	5	4	2	3

적용해석에서 또 하나 중요한 점은 Table 4에서도 명확히 보여주고 있듯이 모형마다 다른 결과를 보여주고 있다. 이와 같은 현상은 각 모형마다 순위를 결정하는 방법이 다르기 때문이다. AHP의 경우 해석과정이 Black Box라는 점과 ELECTRE-I은 Concordance와 Discordance 지수에 따라 순위가 불분명하게 나타날 수 있고, 그래서 ELECTRE-II와 다소 다른 결과를 보여주고 있으며, Compromise Programming의 경우 p값에 따라 다른 결과를 보여주고 있어 한 종류의 모형만으로 순위를 정하는 것은 피해야 할 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 공공사업의 투자우선순위를 결정할 때 경제성, 사회성 그리고 환경성뿐만 아니라 사업의 실현성 기준을 고려할 수 있는 다기준의사결정해석기법을 개발하여 현재 재개발을 고려하고 있는 6개 댐에 적용하고 그 활용성을 평가하였다. 그 결론은 다음과 같다.

우선, 공공사업 우선순위결정을 위한 다기준의사결정 해석 평가방법을 제시하고 재개발 대상댐에 적용하여 이 방법의 적용가능성을 평가하였다. 이를 위해 순위결정방법(outranking method)인 ELECTRE- I, ELECTRE-II, AHP 및 Compromise Programming(p=1과 p=2)을 적용할 수 있는 기반을 조성하였다. 또한 댐 사업 투자우선순위결정을 위한 평가부문별 평가기준 그리고 평가방법(지표)을 개발하였다. 경제성 평가기준은 용수개발단가, 댐 규모 및 지역개발기여도로 구분하였으며, 사회성 평가기준은 이주규모, 수혜규모 및 문화재 보존으로 구분하였다. 환경성 평가기준은 영향권내 보호대상 생물, BOD농도 및 수몰지의 생태환경 영향면적으로 구분하였고, 기존연구와는 달리 사업 실현성 평가기준을 지역민의 호응도, 사업의 시급성 및 사회적 저항으로 구분하여 제시하였다. 아울러 평가기준의 중요도 결정을 위해 설문조사와 AHP분석을 실시한 결과, 평가부문별 가중치는 경제성이 0.318, 환경성이 0.253, 실현성이 0.238 그리고 사회성이 0.191로 추정되었다. 이와 같은 결과는 설문조사 대상 집단이 비교적 댐 사업의 영향을 잘 이해하고 있는 집단으로 구성되어 이주민의 발생 등 피할 수 없는 사회적 영향은 수긍하면서 사업진행과정에 발생하는 사회적 저항을 고려하여 실현성이 환경성과 같은 수준으로 평가된 것으로 판단된다. 개발된 평가기법을 재개발을 계획하고 있는 6개 댐에 적용하기 위해 평가 Payoff Matrix를 구성하고 사업우선순위평가를 실시하였다. 위에서 제시한 순위결정방법을 적용결과 결과, 용수개발단가, 지역발전기여도, 환경성에서 우위를 보인 오봉댐이 제1위, 환경성과 실현성에서 우위를 보인 신풍댐이 제2위, 그리고 성덕댐이 제3위로 평가되었다. 매화댐이 4위, 괴산댐이 5위 그리고 안의댐은 4가지 해석기법 모두 가장 낮은 순위를 보여주고 있어 오봉댐이 가장 순위가 높은 대안으로 분석되었다.

마지막으로 본 논문에서 제시된 의사결정해석과정은 정형화된 기법이나 절대적인 수치들은 아니며 재개발 대상 6개댐의 사업우선순위를 결정하기 위해 적용된 결과라 할 수 있다. 따라서 평가기준의 설정이나 가중치 추정은 각각의 사업의 특성을 고려하여 보완되고 재 추정할 필요가 있으며, 순위결정기법이 수학적 해석에 근거하고 있다 하여도 평가기준의 선정이나 가중치 결정을 위한 설문조사 등은 주관적 영향을 완전히 배제하기 여려운 점을 고려한다면 보다 나은 의사결정이 이루어질 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

강민구, 이광만, 강신욱 (2004). "지속가능한 수자원 개발과 관리를 위한 수자원 평가 기법 연구", 한국수자원공사.

건설교통부/한국수자원공사 (2001). 댐 건설지역 경제활성화 및 투자우선순위 결정방안 연구.

고석구, 이광만, 고익환 (1992). "다기준 의사결정기법에 의한 다목적 저수지의 운영율 평가", 한국수문학회, 제25권, pp. 75-82.

곽승준, 유승훈, 허재용, Clifford RI. (2003). "퍼지다기

준 의사결 정기법을 이용한 댐 건설영향에 대한 지역주민들의 의견평가", 국토연구, 제38권, pp. 107-121.

국토개발연구원 (2002). SOC 투자지표개발에 관한 연구-AHP 기법을 통한 투자지표설정방향을 중심으로.

박태선 (2002). "계층화 분석법을 이용한 하천의 중요도 평가 기법", 한국수자원학회, 제35권, 제6호, pp. 685-692.

서현교 (1998). 환경압력지수개발 및 그 적용에 관한 연구-서울과 전국의 비교를 중심으로, 석사학위논문, 서울대학교.

이상신, 이상일 (2004). "지표수-지하수 연계운영을 위한 적지 분석시스템 개발", 한국수자원학회 학술발표회.

이상일, 김병찬 (2003). "계층분석 과정을 이용한 지하댐 적지 분석", 한국지하수 토양환경학회, 제8권, 제4호, pp. 36-44.

이현재, 심명필 (2002). "계층분석과정에 의한 가뭄시 용수배분 우선순위 의사결정", 한국수자원학회, 제35권, 제6호, pp. 703-714.

한국건설기술연구원 (2004). 유역통합 물수지 분석 및 수자원 계획기술의 개발.

한국수자원공사 (2002). 댐 건설이 사회·경제·문화에 미치는 영향 및 대책연구.

한국수자원공사 (2003). 댐의 편익산정 개선방안 연구.

國土交通省 河川局 (2003). 2003年度國土交通省河川局河川事業評価研究會.

國土交通省河川局 (1999). 1999年度國土交通省河川局關係事業評價.

宮城縣土木部砂防水資源課 (2002). 2002年度事業個所評價に係る評價書.

Abigranem, G., L. Duckstein, and L. Hekman (1978). *"Multi objective analysis of vegetation management problems using ELECTRE II"*, Working Paper 78-19, Department of Systems. and Industrial Engineering, University of Arizona, Tucson.

Benayoun, R., B. Roy, and B. Sussman (1966). "ELECTRE: Une Methode Pour Guider le Choix en Presence de Points de Vue Multiples", SEMA (Metra International), Direction Scientifique, Note de Travail, No. 49. Paris, France.

Brans, J.P., P. Vincke, and B. Mareschal (1986). How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method.

Bruen, M. (2002). "Multiple criteria and decision support systems in water resources planning and river basin management", *National Hydrology Seminar*.

Burrell, G., and G. Morgan (1979). *Sociological Paradigms and Organisational Analysis*, Heinemann, London.

Cai, X. M., Lasdon, L., and A.M. Michelsen (2004). "Group decision making in water resources planning using multiple objective analysis", *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 130, No. 1. pp. 4-14.

Charnes A, and W.W. Cooper (1961). *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*. New York: Wiley.

Checkland, P. (1981). *Systems Thinking, Systems Practice,* Chichester: John Wiley & Sons.

David, L., and L, Duckstein (1976). "Multi-criterion ranking of Alternative Long-range Water Resources Systems", *Water Resources Bulletin,* Vol. 12. pp. 731-754.

Duckstein, L., and S. Opricovic (1980). "Multiobjective Optimization in River Basin Development", *Water Resources Research*, Vol. 16, No. 1. pp. 14-20.

Eder, G., Duckstein, L., and H.P. Nachtnebel (1997). "Ranking Water Resource Projects and Evaluating Criteria by Multicriterion Q-Analysis: An Austrian Case Study", *Journal of Multi-criteria Decision Analysis*, Vol. 6. pp. 259-271.

French, S. (1984). "Interactive Multi-objective Programming: Its Aims, Applications and Demands", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 35, No. 9. pp. 827-834.

Ganoulis, J. (2003). "Evaluating alternative strategies for wastewater recycling and reuse in the Mediterranean area", *Water Science and Technology: Water Supply*, Vol. 3, No. 4. pp. 11-19.

Gershon, M., L. Duckstein, and R. McAniff (1982). "Multi-objective river basin planning with qualitative criteria." *Water Resources Research*, Vol. 18, No. 2. pp. 193-202.

Goicoechea, A., Hansen, D. R., and Duckstein, L. (1982). "Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Application," John Wiley & Sons, New York, NY., pp. 519.

Gregory, R., and R.L. Keeney (1994). "Creating policy alternatives using stakeholder values", *Management Science,* Vol. 40, No. 8. pp. 1035-1048

Harsanyi, J. C. (1977). "Rational Behaviour and Bargaining Equilibrium in Games and Social Situations", Cambridge University Press, London.

Hostmann, M., H-J. Mosler, P. Reichert, and M. Borsuk (2004). "Stakeholder values in decision support for river rehabilitation", Submitted to *the Journal of Multi-criteria Decision Analysis (JMCDA),* September 15. 2004.

Howard, R. (1992). *Value Focused Thinking,* Harvard University Press.

Hyde, K.M., H.R. Maier, and C.B. Dolby (2004). "Reliability-Based Approach to Multicriteria Decision Analysis for Water Resources", *Journal of Water Resources Planning and Management,* Vol. 130, No. 6. pp. 429-438.

Joubert, A., T.J. Stewart, and R. Eberhard (2004). "Evaluation of water supply augmentation and water demand management options for the city of Cape town", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis,* Vol. 12. No. 1. pp. 17-25.

Kangas J., and A. Kangas (2005). "Multiple criteria decision support in forest management-the approach, methods applied, and experiences gained", *Forest Ecology and Management,* Vol. 207. pp. 133-143.

Keeney, D.S. (1999). "Historical and sociopolitical context of the western watershed movement", *J. Am Wat, Re. Ass.,* Vol. 35, No. 3. pp. 493-503.

Keeney, R.L., and H. Raiffa (1976). *Decisions with Multiple objective,* preferences and Value Trade Offs: Wiley.

Marttunen, M., and M. Suomalainen (2004). Participatory and multiobjective development of water regulation-creation of regulation alternatives from stake -holders' preferences. Manuscript 1. 10.

Marttunen, M., and R.P. Hamalainen (1995). "Decision analysis interviews in environmental impact assessment", *European Journal of Operational Research,* Vol. 87, No. 3. pp. 551-563

Nash, J. (1953). "Two Person Cooperative Games", Econometrica, Vol. 21, No. 1, pp. 128-140.

Raj, P.A. (1995). "Multicriteria methods in river basin planning - a case study", *Water Science and Technology,* Vol. 31, No. 8. pp. 261-272.

Raj, P.A., and D.N. Kumar (1996). Ranking multi criteria river basin planning and development alternatives using ELECTRE and RANFUW, West Aengal, India: Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology.

Roy, B. (1971). Problems and methods with multiple objective Fuctions, Math. Prog., Vol. 1, No. 2. pp. 239-266.

Roy, B., and B. Bertier, (1971). "La Methode ELECTRE II: Une Methode de Classment en Presence de Criteres Multiples", Direction Scientifique, Groupe Metra, Note de Travail, No. 142. Paris, France.

Saaty, T. L., (1977). "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", Journal of Mathematical Psychology, Vol. 15, No. 3, pp. 234-281.

Simonovic, S.P. (1989). "Application of water resources systems concept to the formulation of a water master plan." *water international,* Vol. 14. pp. 37-50.

Steuer, R. and Na, P (2003). "Multiple criteria decision making combines with Finance: A categorized bibliographic study", *European Journal of Operational Research* Vol. 150. No. 3. pp.

Stewart, T. J. (1992). Three basic conceptions underlying multiple criteria interactive procedures, MCDM at the interface of Government and Society, in A. Goicochea, L. Duckstein and S. zionts (eds.), Proceedings, Fairfax. 1990, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Spring-Verlag, New York, pp. 441-448.

Zeleny, M. (1982). *Multiple criteria decision making,* New York: McGraw-Hill.

Zopounidis, C., and M. Doumpos (2002). "Multicriteria Classification and Sorting Methods: A Literature Review", *European Journal of Operational Research,* Vol. 138, No. 2. pp. 229-246.

(논문번호:06-35/접수:2006.02.27/심사완료:2006.11.22)