

# 계층화 의사결정법에 의한 공공사업 투자안 평가에 관한 연구 - Evaluation Of Public Investment Project Using AHP -

김 형 준 \*  
Kim, Hyung Joon  
이 공 섭 \*\*  
Lee, Goong Seob  
김 영 민 \*\*\*  
Kim, Young Min

## Abstract

The analytic hierarchy process(AHP) is a multi-criteria decision methodology developed by T.L.Saaty(1980). The AHP presents flexible,easily understood way to assist the decision-maker in formulating his problem in a logical and rational manner. This paper addresses the concept of AHP and its application in the evaluation of nuclear and coal-fired power generations.

### 1.서론

공공사업 투자안에 대한 의사결정 문제는 몇가지 특징을 지니고 있다.

첫째, 상충되는 다수의 기준(속성 또는 목표)을 갖는 다기준 의사결정(Multicriteria Decision Making)문제이다.

둘째, 투자평가의 첫 단계로서 투자안으로 부터 얻어지는 혜택(benefit)을 먼저 따진다.이것은 무엇보다 먼저 이윤(profit)을 따지는 사기업의 경우와 대조가 된다. 지금까지 가장 일반적으로 사용되고 있는 공공사업 투자안 평가방법은 혜택/비용분석(benefit-cost analysis)이다. 즉,투자자로부터 얻어지는 혜택과 그에 따른 비용을 화폐의 시간적 가치를 고려한 현재가치나 연간등가로 나타낸후, 그 비율을 계산하여 투자의 타당성 내지는 정당성을 판단하는 것이다.이 방법은 계량화가 가능한 단일목적의 의사결정 문제에는 유용한 기법이 될 수있다. 그러나 계량화하기 힘든 요소가 많을 경우 적용상의 어려움은 물론 질적(qualitative)인 요소를 무리하게 계량화하는 과정에서 발생되는 문제점으로 인해 부정확한 결론을 얻게 될 가능성이 많다.

일련의 활동 또는 평가기준들의 상대적인 중요성을 결정하기 위한 방법으로써 계층화 의사결정(Analytic Hierarchy Process;AHP)을 T.L. Saaty[9]는 제시하고 있다.

---

\* 인하대학교 산업공학과 박사과정

\*\* 유한전문대학 공업경영과 교수

\*\*\*인하대학교 산업공학과 교수

이 기법이 갖는 참신성은 다수의 목표, 다수의 평가기준이 포함되어 있는 의사결정문제를 계층화하여 해결하고자 하는데 있다.

공공사업에 대한 의사결정문제를 혜택의 측면과 비용의 측면에서 계층화 할 수 있다면, AHP 기법은 공공사업 투자안 평가를 위한 유용한 분석의 틀과 방법론을 제공할수 있을것이다.

본 연구의 목적은 AHP기법을 이용한 공공사업 투자안 평가방법을 제시 하는데 있다.

즉, 다수의 평가기준이 포함된 공공사업 투자안 평가를 위해 AHP기법을 이용한 혜택/비용 분석과정을 제시함으로써 기존의 혜택/비용분석 방법이 지니고 있는 단점을 어떻게 보완할수 있는지를 보이하고자 한다.

이를 위해 본 연구에서는 먼저 AHP기법에 대해 고찰한후, 이를 전원개발계획의 일부인 발전원(power generation)평가문제에 적용해 보고자 한다.

## 2. 계층화 의사결정법 (Analytic Hierarchy Process)

AHP기법은 다수의 요인이 복합적으로 결과에 영향을 미치는 복잡한 의사결정문제에 보다 손쉽게 적용할 수 있을 뿐만아니라 주어진 문제를 체계적으로 사고할수 있도록 해주는 환경을 제공하는 매우 유용한 다기준 의사결정문제의 해결기법이다[8,9].

AHP기법을 이용하여 의사결정문제를 해결하기 위해서는 보통 다음과 같은 단계를 거친다[9].

(1)문제를 정의하고, 바람직한 결과를 설정한다.

(2)문제를 계층구조로 분해한다. 필요하다면 여러주체, 그들의 목표, 결과등을 포함하는 계층으로 문제를 체계화 한다.

(3)바로 윗 계층에 있는 목표 또는 기준하에 구성되어 있는 요인들의 상대적인 공헌도 또는 영향력을 쌍별비교(pairwise comparison)한 수치들로 구성된 행렬을 작성한다.  $i$ 와 $j$ 요인을 비교하여 그우월성을 정수로 나타낸다.  $i$ 가 $j$ 에 비해  $a_{ij}$ 만큼 우월한 행렬  $i, j$ 값은  $a$ 로, 그리고 행렬 $j, i$ 값은  $a_{ij}$ 값의 역수(reciprocal)인  $1/a_{ij}$ 가 된다.

(4)모두 $(n-1) \times (n-2)$ 의 판단이 이루어진다고 볼수 있다.

(5)쌍별비교자료를 정리한후, 고유치 문제  $A \times W = \lambda_{max} \times W$ 를 풀고, 그 다음에 일관성 테스트(Consistency test)를 행한다. 일관성 비율이 10%미만일 경우 만족할만한 수준으로 판단한다.

(6)계층의 모든 단계에서 (3),(4),(5)의 절차를 반복한다.

(7)문제의 대안들로 구성된 최하위 계층의 우선순위 (priorities)를 구하기 위해 계층간 상대적 비중을 합산한다.

## 3. AHP기법을 이용한 혜택/비용분석 적용사례

### 3.1 문제의 일반적 특성

에너지 문제는 경제 전반에 미치는 영향력이 매우 크고 여러가지 요인을 고려해야만 한다는

사실 때문에 매우 복잡한 성격을 지닌다.전원개발계획의 일부로서 수행되는 발전원(發電原)평가에 관한 문제 역시 복잡한 요소들이 혼재해 있다. 목표달성을 위한 각각의 대안들이 갖는 경제, 기술적인 특성이 다르고, 환경영향과 사회정치적 요인등 계량화하기 어려운 요소들이 많다. 이러한 요소들을 빠짐없이 고려하여 평가과정에 반영하는 일은 매우 복잡하고 어려운 일이다. 그렇지만 이들 요소간의 비중을 정확히 파악하지 못한채 계획이 이루어진다면 국가 전체적인 입장에서 볼때 투자 및 자원의 효율적인 배분에 큰 오류를 범하게 된다. 따라서 본 연구에서는 경제성이라는 지금까지의 단일기준 평가관점에서 벗어나 양적, 질적인 요소들을 평가과정에 포함시킬수 있는 계층화 의사결정법(AHP)을 이용하여 혜택/비용의 관점에서 발전원에 대한 평가문제를 다루어 보고자 한다.

### 3.2 평가대안의 설정

우리나라는 부존자원이 부족하여 대부분의 에너지를 수입에 의존하고 있다. 특히 전력의 수요는 크게 신장하고 있으나 국내에서 경제적인 안정공급이 가능한 발전원으로는 연료를 외국에 의존할 수 밖에 없는 원자력과 석탄화력 뿐이다. 최근에는 청정연료로 각광받고 있는 LNG의 비율이 증가하고 있으나 경제성 문제로 주종에너지원으로서는 적합하지 못한 것으로 평가받고 있다[2].

따라서 본 연구에서는 국내의 주전력원인 원자력과 석탄화력(유연탄) 두가지를 발전원 평가문제의 대안으로 설정하였다.

### 3.3 평가기준의 설정

발전원의 선정을 위한 본 연구의 평가 기준의 설정은 주로 관련 연구보고서 및 정책 보고서 [1-7]에 의해 이루어 졌으며, 주요 평가항목으로는 에너지 수급 안정성, 경제/기술적 파급 효과, 전력생산비, 사회/정치적 요인, 환경/물리적 위험 등 5가지를 설정하였다. 이하에서는 주요 평가항목과 이에 대한 세부 평가기준에 대해 설명하였다.

#### (1) 에너지 수급 안정성

전력이 국민복지와 산업활동의 필수품으로서의 역할을 다하기 위해서는 안정적인 전력공급이 이루어져야 한다. 세계 에너지자원의 한계성과 지역적 편중성 등을 고려할 때 이 항목은 발전원의 평가에 있어 가장 중요한 항목중의 하나이다. 이 항목에 대한 세부 평가기준으로서는 연료 공급안정성과 연료비축 및 수송용이성을 두었다.

#### (2) 경제/기술적 효과

이 항목이 추구하는 것은 각 대안이 갖는 경제 기술적 파급효과를 파악하는 것으로서, 이는 전원계획이 국가전체 경제에 미치는 영향을 고려하여 수립되어야 하기 때문이다. 이 항목에 대한 기여도를 평가하는 기준으로서는 기술파급효과, 고용증대효과, 그리고 외화 절감효과에 두었다.

#### (3) 전력생산비용

이 항목은 전통적으로 자본이 투입되는 사업의 평가에 있어서 제일 중요하게 취급되는 목표중의 하나이다. 보통 하나의 기준하에서 이루어지는 사업성 평가에서는 이 항목을 평가의 한 기

준으로 삼았다. 이와 같은 전력생산비용은 건설투자비, 연료비, 운전유지비로 더 세분할 수 있다.

(4) 사회/정치적 요인

이 항목이 추구하는 것은 각 대안이 갖는 사회/정치적(Social-political) 성격의 부담 정도를 파악하는 것이다. 이 항목에 영향을 미치는 요인으로서 심리적 위험도, 거대위험 발생 가능성, 부지확보 난이도 등을 두었다.

심리적 위험도는 추상적인 개념을 포함하여 일반대중이 통상적으로 위험요소를 많이 가지고 있다고 생각하는 에너지 생산 기술로서, 해당 기술에 대한 미지성과 공포성이 포함된다.

거대 위험 발생 가능성은 한번의 사고로 다수의 인명 피해를 발생시킬 수 있고 아울러 재해의 치유에 오랜 시간이 걸리는 극한 사고의 발생 가능성을 의미하는 것으로서, 확률적 및 심리적 요인이 함께 고려된다.

부지확보 난이도는 발전소 입지선정과 관련된 사회적 요인, 즉 발전소 입지에 대한 지역사회의 저항 내지는 거부감을 의미한다.

(5) 환경/물리적 위험

이 항목은 환경에 미치는 영향과 물리적인 위험성 정도를 파악하기 위한 것으로서, 환경 오염성과 고체 폐기물의 처리문제, 그리고 직업적 재해 발생도 등 3가지 요인을 평가 기준으로 두었다.

3.4 계층도의 작성

지금까지 설명된 평가대안 및 평가기준에 대한 계층도를 혜택의 관점과 비용의 관점에서 그림1 과 그림2에 각각 나타내었다.

그림1. 문제의 계층도(혜택의 관점)

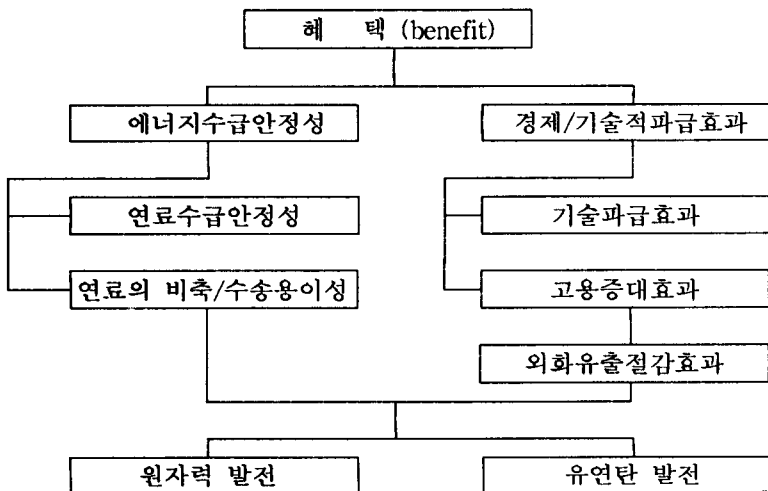
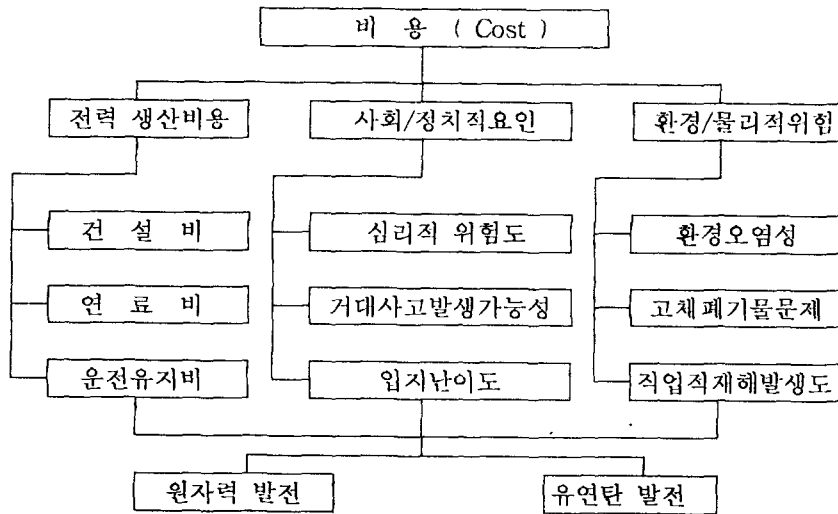


그림2. 문제의 계층도 (비용의 관점)



### 3.5 평점설정을 위한 문제의 분석

앞 절에서 작성된 의사결정 계층도에 따라 각 평가 항목에 대한 쌍별비교 행렬을 작성하기 위해서는 각 평가기준하에서 각 대안들이 갖고 있는 특성에 대한 분석이 전제 되어야 한다.

본 연구에서는 관련 문헌에 [1-7]에 대한 검토를 바탕으로 이 작업을 수행하였다.

먼저 에너지 수급 안정성에 대한 두 평가대안의 특성을 살펴보면, 우라늄과 석탄은 다른 에너지원에 비해 불 때 전세계적으로 매장량이 풍부한 편이며, 적어도 21세기까지는 공급부족은 없을 것으로 예측하고 있다.

따라서 연료의 수급 안정성 측면에서는 두 대안이 비슷한 특성을 지니고 있다고 볼 수 있다. 그러나 석탄은 원자력에 비해 에너지 비축효과는 적고 수송면에서도 원자력에 비해 매우 불리하다. 예를 들어 100만 KW급 발전소의 1년 소요 연료량을 보면 원자력은 26톤의 연료가 필요한 반면 유연탄은 220만톤이 필요하다.

경제/기술적 과급효과의 경우 원자력발전은 다른 발전방식과는 달리 전력생산에 우선하여 고도의 안전성을 유지해야 하는 특성 때문에 고도의 기술집약적 성격을 지니게 되어 특수소재 등 관련산업에의 기술과급효과가 큰 것으로 분석되었다.

고용효과면에서도 원자력의 경우 현장공사기간 7년 동안 많은 업체가 참여하고 있으며 특히 시공단계에서는 많은 건설 인력이 요구되어 석탄화력에 비해 그 효과가 큰 것으로 나타났다.

외화 절감효과 측면에서 불 때 발전소 수명기간중 총 외화 부담액은 원자력의 경우 20.4억 달러, 유연탄의 경우 66.4억 달러로서 원자력이 유리한 것으로 나타났다.

전력생산비용의 경우 건설투자비는 유연탄이 원자력에 비해 55% 수준인 반면, 연료비는 약 3배 정도 유연탄이 비싼 것으로 나타났다. 운전유지비는 유연탄이 약간 더 유리한 것으로 나타났다.

사회정치적 요인중 심리적 위험도의 경우 원자력이 석탄화력에 비해 매우 큰 것으로 나타났으며, 거대사고 발생가능성의 경우 이론적으로는 두 발전 방식 모두 낮게 나타났지만, 심리적으로는 역시 원자력발전이 매우 높은 것으로 조사 되었다.

입지 난이도의 경우 두 발전방식 모두 비슷한 수준으로 지역사회로부터 거부감을 갖고 있는

것으로 최근의 여론조사에 의해 나타났다.

수질오염, 대기오염, 대중건강 등의 측면에서 살펴본 환경오염성은 석탄화력이 원자력에 비해 15:4의 비율로 석탄 화력이 심각한 것으로 나타났다. 고체폐기물 처리 문제의 경우 석탄화력은 석탄의 연소에 의해 생성되는 연간 30만톤 내지 50만톤의 회의 처리문제가 있는 반면 원자력은 저준위 방사성폐기물 약 500드립과 사용후 핵연료 약 25톤 밖에 발생하지 않지만 방사성 물질에 오염될수있다는 특수성 때문에 많은 비용과 시간이 필요한 것으로 평가되었다.

마지막 평가 항목인 직업적 재해 발생도의 경우 Hamilton [7]의 연구결과에 따르면 발전소 운전 중 질병 및 사망율은 석탄화력이 원자력에 비해 2-3배 높은 것으로 나타났다.

### 3.6 평가 결과

본 연구에서는 평가기준 추출이나 평점설정 과정은 주로 기존의 연구결과나 관련문헌에 대한 분석을 바탕으로 이루어졌기 때문에, 이에 의거한 본 절의 평가결과는 기존의 부문별 연구결과와 종합이라는 의미로 해석될 수 있다.

표1 및 표2는 쌍별비교의 결과로 얻어진 쌍별비교행렬로부터 고유치(maximum eigen - value) 방법을 이용해 계산된 각 평가 항목들의 상대적 가중치 (relative weight)와 대안의 최종 우선도(priorities)를 각각 비용과 혜택의 관점에서 보여주고 있다.

한편, 쌍별비교의 결과를 계량화 하는데는 비율척도(ratio scale)가 이용되고 있으며, 통상 9점 척도가 비교적 많은 정보를 수용할 수 있다는 점에서 널리 이용되고 있다[9].

표1. 가중치 및 우선도 계산결과(혜택의 관점)

수준1	수준2	수준3	수준4(평가대안)	
			원자력발전	유연탄발전
혜택 (benefit)	에너지수급안정성 (0.833)	연료수급안정성 (0.833)	0.667	0.333
		연료비축/수송용이성 (0.167)	0.833	0.167
	경제/기술적파급효과 (0.167)	기술파급효과 (0.637)	0.833	0.167
		고용증대효과 (0.258)	0.749	0.251
		외화유출절감 (0.105)	0.749	0.251
대안의 최종 우선도			0.713	0.287

표2. 가중치 및 우선도 계산 결과 (비용의 관점)

수준1	수준2	수준3	수준4(평가대안)	
			원자력발전	유연탄발전
비 용  (cost)	전력생산비용 (0.333)	건설비 (0.637)	0.875	0.125
		연료비 (0.258)	0.125	0.875
		운전유지비 (0.105)	0.749	0.251
	사회/정치적 (0.333)	심리적위험도 (0.637)	0.833	0.167
		거대사고 가능성 (0.258)	0.833	0.167
		입지난이도 (0.105)	0.749	0.251
	환경/물리적 (0.333)	환경오염성 (0.454)	0.167	0.833
		고체폐기물 (0.092)	0.749	0.251
		재해발생도 (0.454)	0.251	0.749
	대안의 최종 우선도			0.583

표3 은 표1 및 표2 의 두 대안에 대한 혜택 및 비용의 우선도 계산 결과를 바탕으로 계산된 혜택/비용의 비율을 보여주고 있다.

표3. 혜택/비용 비율의 계산결과

	혜택	비용	혜택/비용
원자력발전	0.713	0.583	1.2
유연탄발전	0.287	0.417	0.7

원자력발전의 혜택/비용 비율은 1.2로서 유연탄발전의 0.7에 비해 유리한 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

공공사업 투자안 평가를 위해 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 혜택/비용 분석은 계량화가 가능한 단일 목적의 의사결정문제에는 유용한 기법이 될 수 있으나 계량화 하기 힘든 요소가 많을 경우 적용에 어려움이 따른다. 뿐만 아니라, 질적인 요소를 무리하게 계량화 하는 과정에서 발생하는 문제점도 안고 있다.

이러한 점을 고려할 때 다수의 목표, 다수의 평가기준이 포함되어 있는 의사결정문제를 계층화하여 해결하고자 하는 AHP 기법은 공공사업 투자안 평가를 위한 유용한 분석의 틀과 방법론을 제공할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 AHP 기법을 이용한 혜택/비용 분석과정을 예시하기 위하여 대표적 공공사업 투자안 문제중의 하나인 발전원(power generation)의 선정 문제를 다루어 보았다.

발전원 선정과 관련된 여러가지 평가항목들을 도출한 후 이를 혜택과 비용의 관점에서 계층도

를 각각 작성하였고, 각 계층도에 대하여 쌍별비교 및 고유치 방법에 의한 가중치 도출, 최종 우선도 계산등 AHP 절차에 따라 평가 분석을 수행한 결과를 가지고 최종적으로 혜택/비용의 비율을 계산하였다.

그 결과, 원자력발전이 유연탄 발전에 비해 투자우선순위에서 유리한 것으로 나타났다.

그러나 본 연구의 입력자료는 주로 기존의 관련문헌을 종합하여 만들어진 것으로서, 본 연구결과를 이용하기 위해서는 관련 전문가들의 추가적인 검증이 필요하다는 점을 밝혀 둔다.

## 참 고 문 헌

1. 과학기술처, 원자력안전백서, 1993
2. 과학기술처, 원자력과 석탄화력의 경제성 및 환경에 미치는 영향 비교 분석 연구, 1986
3. 상공자원부/한국전력공사, 원자력발전백서, 1994
4. 서울대학교, 현대산업사회와 에너지, 1992
5. 서울대학교, 방사성폐기물 처분장 부지확보 및 지역협력 방안연구, 1991
6. 충남대학교, 한국인의 위험인식 상태와 원자력 관련시설의 사회문화적 환경개선을 위한 연구, 1993
7. 한국전력공사, 2000년대 원자력전망 및 대처방안 수립에 관한 연구, 1989
8. P.T.Harker & L.G.Vargas, The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process, Management Science, 33(11), 1383-1403, 1987
9. T.L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process*, New York : McGraw-Hill, 1980
10. T.L. Saaty, Risk - Its Priority & Probability : The Analytic Hierarchy Process, Risk Analysis, 7(2), 159-172, 1987.
11. Bryson & Mobolurin, An Approach to using the Analytic Hierarchy Process for Solving Multiple Criteria Decision Making Problems, European Journal of Operation Research 76, 440-454, 1994
12. F.Zahedi, AHP : A Survey of the Method & Its Application, Interfaces 16(4), 96-108, 1986.