

MAUT/AHP를 이용한 연구개발사업 우선순위 선정방법

A Hybrid Method of MultiAttribute Utility Theory and Analytic Hierarchy Process for R&D Projects' Priority Setting.

김 정 흠* · 박 주 형**

Abstract

MAUT and AHP are widely used for quantification of subjective judgements in various fields of decision making. This study focuses on the introduction and application of MAUT/AHP method which is a hybrid of MAUT and AHP techniques in R&D project priority setting. This hybrid model can clarify each factors' contribution using MAUT method and can reduce the number of pairwise comparisons of AHP method.

This study applies MAUT/AHP method to the evaluation of R&D projects in a Government-funded Research Institute. To evaluate R&D projects, six evaluation factors are derived. SMART(Simple MultiAttribute Rating Technique) and DVM(Difference Value Measurement) out of many MAUT methods are used to design the utility function and AHP is used to allocate the weights among evaluation factors.

The major findings of this study can be summarized as follows. First, the SMART/AHP and the DVM/AHP have the same results with the SMART and the DVM, and they are different results with AHP. It is very hard to decide which one is better. Second, MAUT/AHP's strength is analyzed. MAUT reflects utility values of

* 한국기계연구원 책임연구원

** 한국기계연구원 연구원

evaluators to alternatives and AHP results objective and consistent weights of factors through pairwise comparisons. Third, its possible application fields are proposed. It is applicable to subjective decision making problems with high complexity and inter-independent factors.

I. 서론

여러 대안의 우선순위 결정문제는 정량적인 요소와 정성적인 요소에 대해 평가자들의 주관적이고 정성적인 의견들을 객관화하고 정량화하는 문제로 귀결된다. 정성적인 요소를 정량화하는 문제는 아주 오래전부터 과학적인 의사결정 활동을 위해 반드시 해결해야 할 문제로 그동안 많은 연구가 수행되어 왔다. 우선순위 설정방법으로는 문제 전체차원에서의 판단(holistic judgement)과 문제의 세분화를 통한 판단(decomposed judgement)으로 나눌 수 있다(Paul & Waid, 1982). 전체 문제차원에서의 접근방법은 수리적인 접근(예 : regression) 등의 방법을 통해 문제의 목표에 대한 각 요소별 영향도를 분석하는 방법인데 반해, 문제의 분해적 접근방법(예 : Analytic Hierarchy Process)은 문제의 요소별 영향도를 분석하여 이를 통합함으로써 문제의 전체목표로 접근하는 방법을 말한다. 이러한 우선순위 결정문제는 접근방법에 따라 수리적으로 문제를 해결하는 방법, 문제대상 분야의 기존 지식을 활용하는 방법, 그리고 전문가의 주관적인 판단을 통해 해결하는 방법 등 다양한 방법들이 제시되고 있다.

전문가의 주관적인 판단에 의존하는 연구개발사업의 우선순위 선정과정은 크게 선정기준을 설정하여 각 기준별 가중치를 배분하는 과정과, 각 기준별로 심사자들이 각 사업에 대해 평점을 부여하는 과정의 두 단계로 나눌 수 있다. 최근 연구개발사업의 우선순위 선정에 많이 활용되는 AHP(Analytic Hierarchy Process)는 각 선정기준을 계층별로 구분하여 쌍비교를 통하여 가중치를 배분하는 방법으로 우선순위 선정의 첫 번째 단계에서 유용한 도구를 제공한다. 그러나 AHP는 각 선정기준들 간의 독립성을 확보하는데 어려움이 있으며, 각 기준의 수가 증가함에 따라 쌍비교의 회수가 기하급수적으로 늘어난다는 문제점이 있다. 주관적 가치의 정량화 문제에서 많이 활용되어 오던 MAUT(MultiAttribute Utility Theory)를 연구개발사업의 우선순위 선정에 적용하는 방안이 제시된 것은 오래되지 않았다. MAUT는 각 기준별 가중치 선정을 객관화하는 면에서는 유용하지 못하지만 각 사업들

에 대해 선정기준별 심사자의 주관적 가치를 분석하는데는 매우 유용한 방법이다.

본 논문은 MAUT와 AHP 기법의 단점을 보완하고 장점만을 활용하여 만든 혼합모형인 MAUT/AHP 기법을 연구개발사업 우선순위 선정의 방법으로 제시하는데 목적이 있다. MAUT/AHP 기법은 AHP기법을 활용하여 요소를 계층화하고 쌍비교를 통해 각 선정기준별 객관적인 중요도를 산정하고, MAUT를 통해 각 기준별 심사자들의 효용함수를 도출하는 모형이다.

본 논문에서는 MAUT/AHP 기법을 출연연구기관의 연구개발사업 우선순위 설정문제에 적용하였다. 이 결과를 MAUT, AHP 기법결과와 비교하고 각 기법간의 상호 장단점을 분석하였다.

본 논문은 2장에서 연구개발사업의 우선순위 설정을 위해 적용한 MAUT 및 AHP의 특성과 사전연구를 살펴보고, 3장에서는 출연연구기관의 연구개발사업 우선순위 설정을 위한 문제를 구성하였다. 문제의 우선순위 결정을 위해 MAUT 방법중 SMART(Simple MultiAttribute Rating Technique)와 DVM(Difference Value Measurement) 기법을 활용한 SMART/AHP, DVM/AHP 방법으로 우선순위를 설정하였고, 이 결과를 개별기법(SMART, DVM, AHP)의 결과와 비교하면서 기법들의 장단점을 비교분석하였다.

II. 다속성 효용이론(MAUT), 계층분석과정(AHP)과 MAUT/AHP 혼합모형

연구개발 프로젝트의 계획 및 우선순위 결정과 관련된 의사결정과정은 객관적인 판단을 위해 정량적인 요소를 바탕으로 수리적인 접근방향을 활용해 오고 있으나, 프로젝트 선정의 과정에 있어 비정량적인 요소들이 의사결정을 수행하는데 있어 더욱 중요한 비중을 차지하고 있다. 이러한 정성적인 요소들을 프로젝트 선정기준으로 이용할 수 있는 방안들이 모색되고 있으나, 그중 MAUT와 AHP가 가장 많이 응용되고 있으며, 그 둘은 각 장단점이 있다¹⁾.

1) 박주형, 김정홍(1999).

2. 1 MAUT의 특성

다속성효용모델은 주관적 평가모델(subjective evaluation models) 혹은 다기준모델(multi-criterion model) 등으로 명명되는 이론으로 대안의 효용을 하나의 정량적인 수치로 전환하는데 활용되는 기법이다(George, 1974). 특히 이 기법은 대안의 효용을 얻기 위해 효용모델을 다수의 속성으로 구분하고 이를 다수의 기준에 따라 평가함으로써, 복잡한 의사결정과정에서 통찰력을 얻는데 유용하게 사용되는 방법이며, 통계적 의사결정 이론으로부터 개념적인 구조를 도입하고 경제학, 심리학, 경영과학 등에서 개발된 응용기법과 실증경험을 의사결정과정에 포함한 기법이다(허은영, 1998).

MAUT의 특성은 첫째 정량적인 가치와 정성적인 가치의 통합이 가능하며, 둘째, 문제에 내포되어 체화된 효과(embedding effect)의 정량적 표현이 가능하며, 문제를 구성하는 속성을 세분화함으로써 문제에 내재된 소규모의 가치까지 유도해 낼수 있다. 또한 변화하는 조건에 따라 속성의 가치 변화 및 대안의 추가 등에 대해 높은 유연성을 지니고 있다(McDaniels, 1996).

MAUT 기법은 현실 문제의 적용과 관련해 실험적 차원의 적용이 있었을뿐 현실문제로의 적용가능성은 검증되지 않았다는 주장(Turban & Metersky, 1971)에 반해, Miller(1967), Raiffa(1968) 등은 MAUT와 관련한 유용한 결과를 제시하였고, Fishburn(1967, 1968) 및 Winterfeldt(1986) 등은 수리적으로 MAUT의 타당성을 제시하고 있다. MAUT 기법은 이러한 타당성에 바탕을 두고 건설입지 선정문제, 계획의 대안선정, 직장선정, R&D 프로젝트 선정 및 투자계획수립 등 광범위한 의사결정문제에 적용되어 왔다. 특히 최근에는 비시장재 분야인 환경문제를 고려한 화력발전소 입지선정문제(McDaniels(1996), Hobbs(1980))와 회사의 상황과 기술적용 분야의 속성들을 고려한 최적 기술선정문제(Keeney, Lathrop and Sichernan, 1985), 그리고 마케팅 차원에서의 소비자의 만족도를 최대시키는 문제(Parker and Srinivasan, 1976), MAUT의 사회학적 문제로의 적용방법(Edwards, 1976) 등 다양한 분야에서 형태로 적용되고 있으며, 세부적인 효용함수 및 가중치 산정과 관련된 내용들에 대해서도 많은 연구가 이루어져 왔다. 특히 R&D 프로젝트 선정과 관련해서는 Miller(1970)와 Gustafson et al.(1971) 등에 의해 수행된바 있다. 국내에서도 컨조인트 분석을 이용한 마케팅분야 연구, 자산측정, 기업의 성과판별모형 등 많은 분야에서 연구가 수행되어 왔다.

MAUT 기법의 적용단계는 해당문제의 정의와 목표 및 목표를 설명할 수 있는 요소(속성)

이 설정되면 ①요소(속성)의 문제에 대한 기여도를 어떤 방식으로 산정할 것인가?, ②요소별 효용함수(utility function)를 어떻게 구성할 것인가?, ③요소별 기여도와 효용함수를 어떤 모형(aggregation model)으로 취합할 것인가?에 따라 여러 형태의 변형된 방법이 제시되어 있다.

2. 2 AHP의 특성

T.L.Saaty(1971)에 의해 개발된 AHP는 유한한 수의 대안들을 다수의 목표에 견주어 평가하는 기법으로 정략적·정성적 요소에 대한 개인의 주관적인 선호도를 정량적으로 환산하는 기법으로 크게 활용되고 있다. 일반적으로 문제구성 요소를 1차원의 병렬구조로 나열하여 요소별 영향도를 추정하는 다기준의사결정법과는 달리 AHP는 해당 문제의 구성요소를 보다 체계적으로 계층화함으로써 세부적인 요소까지도 문제해결에 반영할 수 있는 등 문제의 폭을 축소하고 깊이를 심화할 수 있다.

AHP의 의사결정과정은 계층을 구성하는 독립요소간 쌍비교를 통해 얻은 행렬의 고유치(eigen vector)를 계산하여 계층별 요소의 중요도를 산정하는 방법으로, 이 방법은 선형적인 가중치 설정에 비해 의사결정자의 경험과 지식을 바탕으로 하고 있기 때문에 보다 체계적인 결과를 도출할 수 있다. 요소간 쌍비교는 불필요한 회수를 증가시킬지는 모르나, 주관적 판단의 일관성을 검토하는데 반드시 필요한 요소이다. 문제 및 요소의 평가시 전문가 혹은 의사결정자들의 주관적 평가에 오류를 내포할 수 있으나, 대부분의 평가과정에는 아무런 검토 없이 모두 수행하고 있다. 이러한 오류를 방지하기 위해 AHP 기법에서는 일관성 비율(C.R.; Consistency Ratio)를 활용하는 점이 가장 큰 특징이다.

AHP 적용분야로는 경영/경제, 정치, 사회, 문화, 기술 등 주관적인 의사결정이 포함되는 모든 분야에 적용되고 있다. 경영/경제분야에서는 재정, 미시경제 예측, 마케팅, 과제기획, 입지선정, 자원배분, 정책/전략 등에 적용되고 있으며, 사회분야에서는 교육, 환경, 건강, 법률, 의학분야와 그외 기술적 문제해결을 위한 제조공정선정, 시장선정, 기술이전 등에 활용되고 있다. AHP의 응용분야에 대해 Vargas(1990)는 5개의 대분야와 37개의 세부분야로 나누어 정리하고 있으며, Zahedi(1986)의 연구에서도 27개 분야로 기존연구들을 분류하고 있을 정도로 그 활용범위가 광범위하다.²⁾

2) Saaty가 운영하고 있는 Expert Choice Inc. 홈페이지에서는 세계적인 저널에 수록된 1,400여편의 AHP 관련 논문 목록을 수록하고 있음(<http://www.expertchoice.com/>).

R&D 프로젝트 선정평가와 관련한 연구로 Regarajan and Jagannathan(1997)은 기업의 연구프로젝트를 대상으로 다양한 요소를 활용해 AHP 기법을 적용했으며, Hall and Nauda(1978)는 연구프로젝트를 기술적 평가기준과 사업평가기준을 세분화하여 적용하고 있다. Albala(1974)는 연구사업 선정을 위해 상업적 평가, 환경평가, 기술적 평가 및 경제·재정평가를 평가요소로 선정하여 문제를 세분화·계층화하였고, Nicolai(1976)와 Augood(1973) 등의 연구에서도 AHP기법을 활용하고 있다.

국내의 AHP 관련연구는 대체적으로 1990년 이후부터 연구기관의 개발기술 및 과제선정, 연구투자 규모 및 자원배분, 외주업체의 선정 등 경영학관련 분야에서 활용되고 있다. 연구개발사업의 평가와 관련해 백광천 외(1993)는 ETRI의 중장기 발전 10대 핵심기술 선정평가에 활용한 연구사례와 최정충(1992) 수산공공연구기관의 연구과제 선정모형 구축의 연구사례가 있다. 또한 연구투자 규모 결정 및 자원배분(백광천 외(1993), 이영찬·민재형(1995)) 분야에서도 AHP 기법을 활용하고 있다.

2. 3 MAUT/AHP의 특성

다속성의사결정은 대상 문제를 구성하는 요소 도출과 문제에 대한 요소의 기여도 산정, 그리고 각 요소를 기준으로한 대안의 평가를 정량화하는 방법의 정립이 중요하다. MAUT/AHP 혼합기법은 전체적인 문제를 구성하는 요소를 계층화하고 이에 대한 중요도의 산정은 AHP 기법을 활용하며, 각 요소에 대한 대안의 평가를 정량화하는 방법으로는 MAUT의 요소별 효용함수를 활용하는 방법이다.

MAUT/AHP 혼합기법은 MAUT의 기법과 AHP 기법을 혼용한 방법으로 MAUT의 기법을 중심으로 하면서 각 요소별 기여도 산정과정에 AHP 기법을 도입함으로써 MAUT 기법의 객관성과 일관성을 높이는 방법이다.

광의의 의미에서 본다면, MAUT/AHP 혼합기법에 활용되는 AHP기법은 위험성이 없고 (riskless) 무차별 판단을 요구하는 문제의 요소가중치 산정기법의 하나로 볼 수도 있으나, 완전한 다속성 의사결정을 위한 하나의 기법차원에서는 상호보완적인 관계로 볼 수 있다.

다만 AHP 기법은 각 요소간의 독립성이 존재한다는 원칙을 내포하고 있기 때문에 상호 의존적인 관계에 있는 문제에는 MAUT/AHP의 적용이 불가능하며, 대안의 정량적인 평가를 위한 모델(aggregation model)로는 가산모형(additive model)으로 국한된다.

따라서 MAUT/AHP 혼합기법은 상호독립적 관계에 있는 모든 다속성의사결정 문제에 적용이 가능하다.

Ⅲ. MAUT/AHP 혼합기법을 활용한 연구개발사업 우선순위 설정

3.1 문제의 정의 및 구성

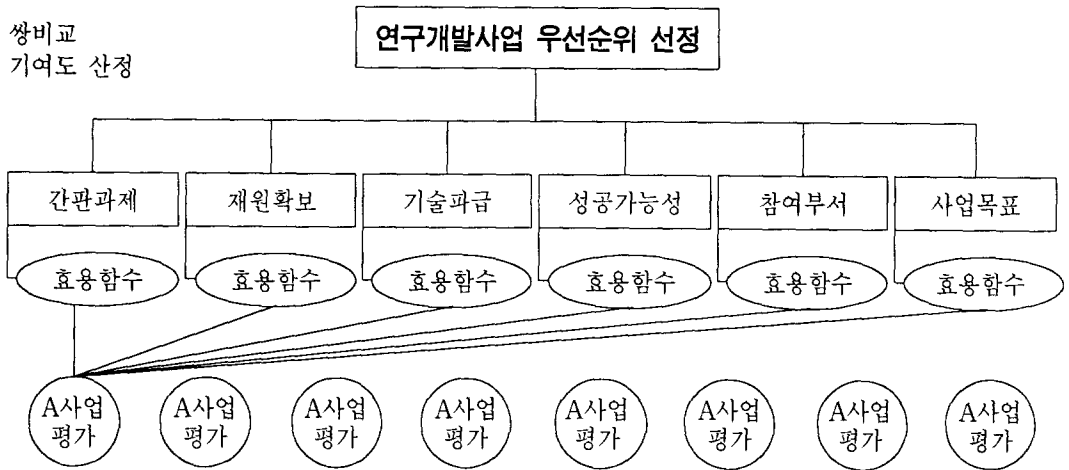
연구개발사업의 우선순위 설정을 위해 본 논문에서는 기존연구에서 활용한 프로젝트 평가요소³⁾과 A기관의 특성을 고려해 6개의 평가요소(factors)-①간판과제 당위성, ②재원확보 가능성, ③기술과급효과, ④성공가능성, ⑤사업참여범위, ⑥사업목표 및 내용의 명료성-를 선정하였다.

간판과제로서의 당위성은 연구기관의 전문화분야와의 일치성, 연구사업의 규모 및 연구사업의 수행결과 연구기관의 위상과 대국민 차원의 기관에 대한 인식을 부각시킬 수 있는 연구원 간판과제로서의 타당성 정도를 말하며, 재원확보의 가능성이란 사업추진에 필요한 재원의 안정적인 확보 가능성 정도를 말한다. 기술과급효과는 연구수행 결과의 국가차원에서의 기술적·경제적 중요성 정도를, 성공가능성은 사업수행 연구기관이 보유한 기술, 노하우, 인력 등 축적된 인프라수준을 바탕으로 한 사업의 성공수준을, 사업참여 범위는 추진사업과 관련해 연구기관 내부 부서의 참여 범위를, 사업목표 및 내용의 명료성은 추진사업의 명확한 목표설정과 연구대상 및 단계별 내용의 구체성 정도를 나타낸다. 연구개발사업 우선순위 설정을 위해 도출된 평가요소으로 문제를 계층화하였고, AHP기법의 쌍비교를 통해 각 요소별 기여도를 산정하였다.

요소별 효용함수는 MAUT 기법중 SMART(Simple MultiAttribute Rating Technique)의 direct rating 방법과 DVM(Difference Value Measurement)의 different standard sequence 방법을 이용해 각 요소별 효용함수를 작성하였다. 요소별 효용함수 작성을 위해 간판과제의 당위성 요소는 9점척도를 활용하였고, 재원확보가능성 및 성공가능성 요소는 퍼센트 비율을 활용하였다. 사업참여범위 요소는 사업에 참여하는 연구부서의 수를, 기술과급효과 및 사업목표 및 내용의 명료성 요소에 대해서는 정성적 평가(Very-Poor, Poor, Fair,

3) 많은 기존연구에서는 연구개발 프로젝트의 평가요소으로 기술성공가능성, 우수인력활용성, 특허, 연구비의 적정성 등 공통된 요소를 찾을 수 있음.

Good, Very-Good)를 활용하여 효용함수를 작성하였다.



(그림 1) 요소별 효용함수 작성

문제의 구성요소별 정량적 가치 계산방법은 모든 요소가 상호독립이라는 가정하에서 가산모형(aggregation model)을 활용하였다.

$$\text{가산모형} : U(X) = \sum_{i=1}^n k_i u_i(x_i)$$

이를 바탕으로 MAUT/AHP 기법을 적용한 연구개발사업 우선순위를 설정하였고, AHP 과 MAUT의 SMART, DVM 방법을 통해 얻은 결과와 비교하였다. 이들 기법은 동일한 조건하에서 각 기법별로 활용되는 가중치 산정방법과 요소별 효용함수의 형성 방식에 차이가 있으므로 다소 상이한 결과를 가져올 수 있다.

〈표 1〉 적용기법별 세부 구성내용

적용기법	SMART/AHP	DVM/AHP	MAUT		AHP
			SMART	DVM	
가중치 산정	쌍비교 (EigenVector)	쌍비교 (EigenVector)	Ranking (Ratio Estimation)	Cross-attribute strength of preference	쌍비교 (EigenVector)
효용함수	Direct Rating	Different Standard Sequence	Direct Rating	Different Standard Sequence	-
Aggregation Model	Additive	Additive	Additive	Additive	-

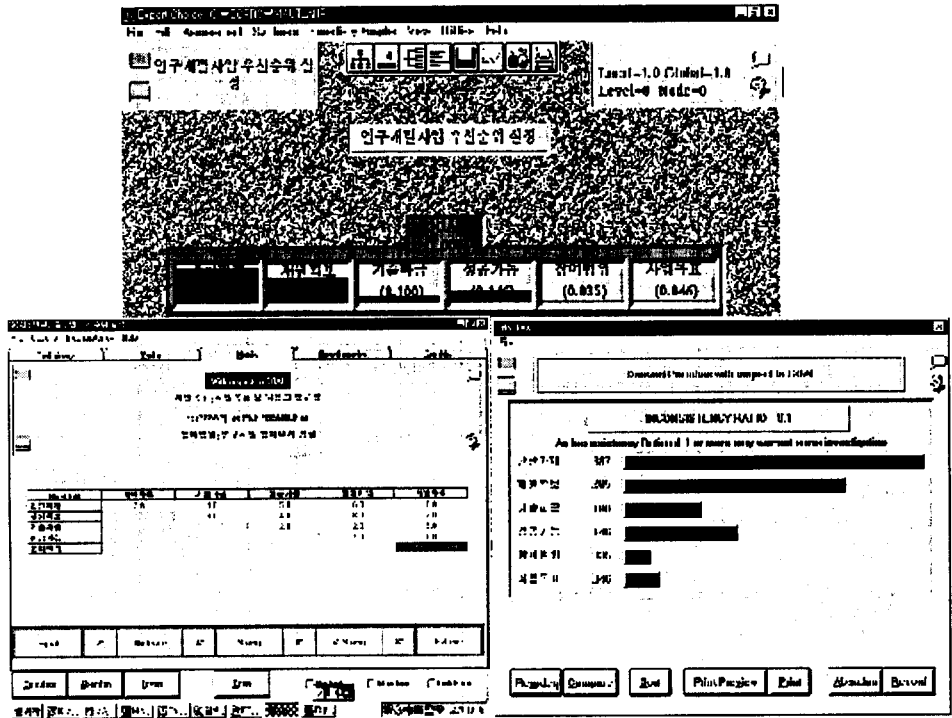
3. 2 AHP를 활용한 요소기여도 산정

MAUT/AHP 혼합기법에서는 문제의 구성요소에 대한 기여도 산정을 위해 AHP 기법을 활용한다. AHP 기법을 적용하기 위해 문제의 최종목표를 연구개발사업 우선순위 선정으로 설정하고 하위 중간계층으로 6개의 평가요소를 1개의 계층으로 단일화하여 최종목표를 기준으로 요소별 쌍비교를 실시하였다.

ExpertChoice⁴⁾를 활용해 문제의 모형을 형성하고 전문가의 쌍비교 자료를 바탕으로 각 전문가의 주관적인 요소별 기여도를 정량화하였다. 쌍비교의 일관성 비율(C.R. : Consistency Ratio)은 Saaty가 제시한 채택범위인 0.1이하가 되도록 쌍비교를 반복 실행하여 평가의 오류를 최소화하였고, 모든 전문가의 견해를 일원화하기 위해 요소별 기하평균(geometric mean)을 활용해 요소별 기여도를 산정하였다.

전문가별 요소별 기여도를 살펴보면 전문가1, 전문가7은 간판과제 요소를 가장 중시하고 있고, 전문가2, 전문가5, 전문가8은 재원확보 요소를, 전문가4, 전문가6은 성공가능성 요소를 가장 중요한 요소로 판단하고 있다. 요소별 중요도는 성공가능성, 재원확보, 간판과제 분야에 중요도가 집중되어 있고, 나머지 사업목표, 참여범위, 기술과급효과 요소는 그 중요도가 다소 낮게 나타났다. 전문가들의 주관적 판단을 정량화한 결과를 <표 2>에 제시하였다.

4) ExpertChoice Company에서 판매하고 있는 ExperChoice9.0 Demo Version 활용.



(그림 2) ExpertChoice를 활용한 요소기여도 선정

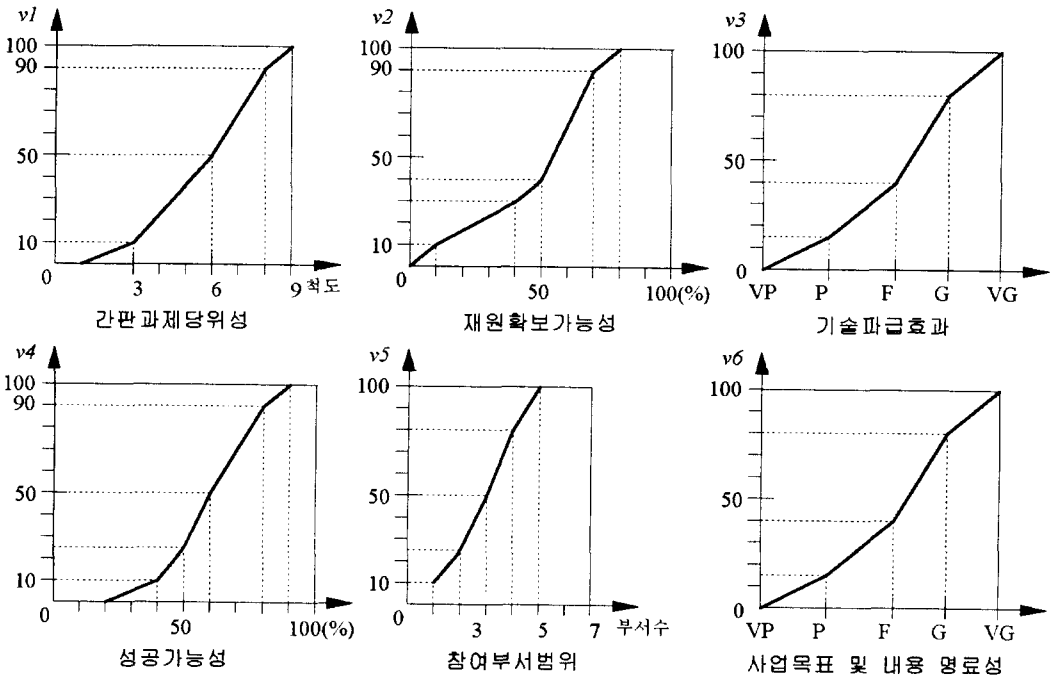
<표 2> 각 연구사업별 AHP 적용 결과

구분	간관과제	재원확보	기술과급	성공가능성	참여범위	사업목표	C.R.
전문가1	0.387	0.285	0.100	0.146	0.035	0.046	0.10
전문가2	0.143	0.378	0.032	0.230	0.056	0.160	0.07
전문가3	0.055	0.179	0.027	0.198	0.478	0.064	0.09
전문가4	0.217	0.237	0.041	0.363	0.097	0.045	0.06
전문가5	0.242	0.318	0.030	0.272	0.090	0.048	0.10
전문가6	0.256	0.124	0.061	0.288	0.053	0.218	0.09
전문가7	0.516	0.087	0.029	0.167	0.05	0.151	0.07
전문가8	0.042	0.310	0.286	0.201	0.050	0.111	0.07
기여도	0.210	0.261	0.063	0.269	0.091	0.106	-

3. 3 SMART/AHP

SMART(Simple MultiAttribute Rating Technique)는 여러 분야의 우선순위 설정을 위해 사용되는 가장 간편하고 실무에 많이 응용되고 있는 scoring 기법과 유사한 방법이다.

SMART 기법에서의 각 요소별 효용함수(utility function) 작성은 우선 최종목표를 설명하는 요소에 대한 최대·최소 범위를 설정하고 최소 범위의 효용가치를 0로, 최대 범위의 효용가치를 100으로 설정한 후 최대·최소 범위에 대한 효용가치를 직접 점수화(direct rating)하여 함수화한다. 이에 따라 본 논문에서는 참여 전문가의 의견을 바탕으로 요소별 효용함수를 <그림 3>과 같이 작성하였다.



(그림 3) SMART 기법 적용의 요소별 효용함수

요소별 효용함수는 부분선형함수(piecewise linear function) 형태를 취하며, 각 구간별 요소의 효용은 보간법을 통한 선형함수로 측정하였다.

SMART/AHP 을 통해 산출된 평가모형은 다음과 같다.

$$U(x) = 0.210u_1(x_1) + 0.261u_2(x_2) + 0.063u_3(x_3) + 0.269u_4(x_4) + 0.091u_5(x_5) + 0.106u_6(x_6)$$

각 사업별로 적용될 요소별 함수값은 전문가들이 각 사업별로 평가한 내용을 산술평균한 값으로 각 요소별 효용가치를 정량화하였다. SMART/AHP를 적용한 문제의 전반적인 결과와 우선순위는 <표 3>에 정리하였다. 우선순위는 A > E > H > C > F > G > B > D 순으로 나타났다.

<표 3> 각 연구사업별 SMART/AHP 적용 결과

평가요소	간판과제	재원확보	기술과급	성공가능	참여부서	사업목표	총계	순위
가중치	0.210	0.261	0.063	0.269	0.091	0.106	1.000	
A사업	91.25	97.50	80	70.00	10	90	78.93	1
B사업	31.67	65.00	60	40.63	50	40	46.91	7
C사업	36.67	65.00	60	55.00	80	80	59.00	4
D사업	35.00	43.75	60	40.63	25	60	42.11	8
E사업	80.00	93.75	90	55.00	50	90	75.82	2
F사업	48.33	43.75	80	43.75	50	80	51.41	5
G사업	36.67	47.50	60	62.50	50	40	49.47	6
H사업	55.00	49.38	80	68.75	80	60	61.61	3

3. 4 DVM/AHP

DVM(Difference Value Measurement) 기법은 MAUT의 일반화된 기법으로 효용가치의 무차별화를 이용해 효용함수와 가중치를 설정하는 방법이다.

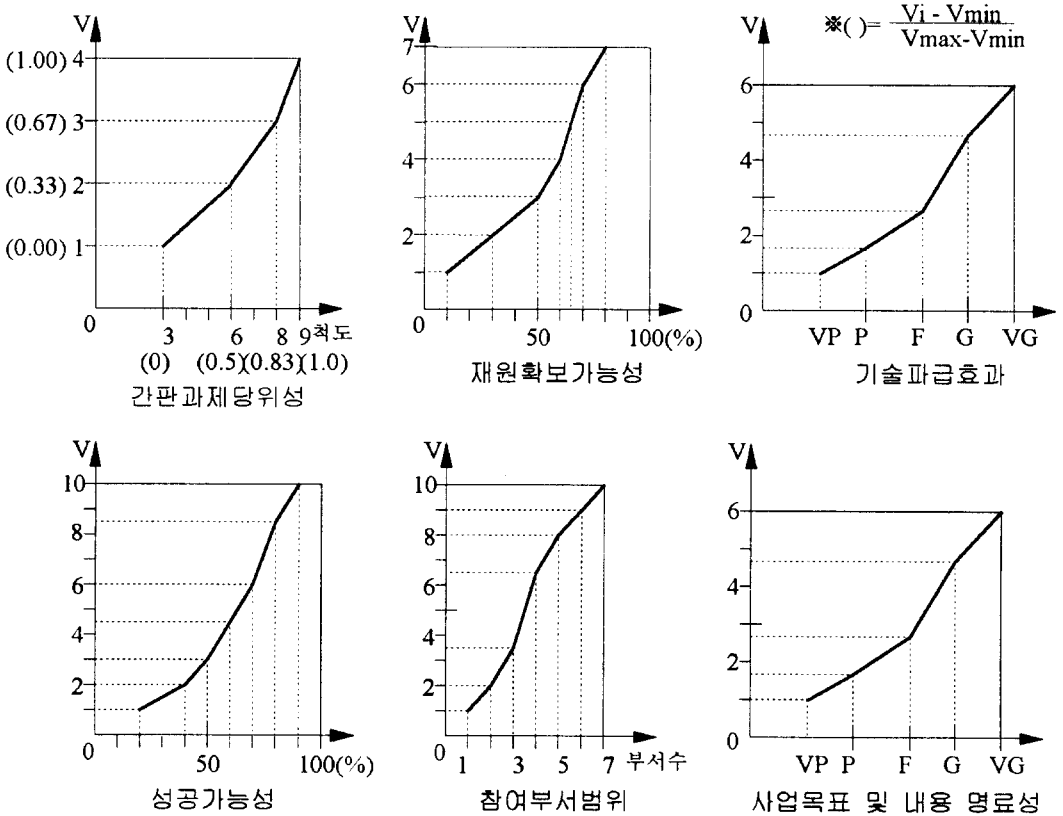
DVM 기법에서의 요소별 효용함수(utility function) 작성은 우선 최종목표를 설명하는 각 요소에 대해 독립변수의 변화에 따른 상대적 가치와 동일한 가치를 가지는 값을 결정함으로써 효용함수를 작성하였다. 즉 재원확보가능성이 0%에서 10%일 때 효용가치가 1이라면 동일한 효용가치를 가지는 독립변수의 점은 30%이며, 10%에서 30%로 상승할 때의

효용가치와 동일한 독립변수의 값은 50% 등과 같은 방식을 반복함으로써 효용함수를 작성하였다.

전문가의 의견을 바탕으로 요소별 효용함수를 <그림 4>와 같이 작성하였고, DVM/AHP 혼합기법을 적용한 평가모형은 다음과 같다.

$$U(x) = 0.210u_1(x_1) + 0.261u_2(x_2) + 0.063u_3(x_3) + 0.269u_4(x_4) + 0.091u_5(x_5) + 0.106u_6(x_6)$$

각 전문가들이 각 사업별로 평가한 내용을 산술평균하여 DVM/AHP 혼합기법의 모형에 적용한 결과 <표 4>와 같은 결과를 도출하였다. DVM을 통해 나타난 연구개발사업의 우선순위는 A > E > C > H > G > F > B > D 순이다.



(그림 4) DVM 기법 적용의 요소별 효용함수

〈표 4〉 각 연구사업별 DVM/AHP 적용 결과

평가요소	간판과제	재원확보	기술과급	성공가능	참여부서	사업목표	총계	순위
가중치	0.210	0.261	0.063	0.269	0.091	0.106	1.000	
A사업	3.125	6.750	4.780	6.000	1.0	5.060	4.961	1
B사업	1.725	4.000	3.625	3.940	3.5	2.408	3.268	7
C사업	1.800	4.000	3.375	4.875	6.5	3.375	3.895	3
D사업	1.775	3.250	3.000	3.940	2.0	3.500	3.023	8
E사업	2.750	6.375	4.875	4.875	3.5	5.060	4.715	2
F사업	1.975	3.250	4.250	4.125	3.5	4.000	3.383	6
G사업	1.800	3.500	3.375	5.440	3.5	2.875	3.591	5
H사업	2.125	3.625	4.500	4.310	6.5	3.750	3.824	4

3. 5 MAUT/AHP 혼합기법과 MAUT, AHP기법과의 비교

지금까지 출연연구기관 연구개발사업 우선순위 설정을 위해 MAUT 기법 중 SMART와 DVM 방법을 AHP 기법과 혼용하여 적용해 보았다. 적용결과 SMART/AHP는 SMART의 결과와 동일하게 나타난 것에 반해 AHP의 결과와는 3, 4번째 순위 사업인 C사업과 D사업, 7, 8번째 순위의 B사업과 D사업의 순위가 바뀐 결과를 얻었다(〈표 5〉 참조).

〈표 5〉 각 연구사업별 SMART/AHP, SMART, AHP 적용 결과

사 업		A사업	B사업	C사업	D사업	E사업	F사업	G사업	H사업
SMART/AHP	평가결과	78.93	47.12	59.00	42.11	75.82	51.41	49.47	61.63
	적용순위	1	7	4	8	2	5	6	3
SMART	평가결과	78.22	46.46	60.09	42.52	75.23	52.14	49.50	61.88
	적용순위	1	7	4	8	2	5	6	3
AHP	평가결과	0.228	0.080	0.121	0.084	0.191	0.101	0.088	0.107
	적용순위	1	8	3	7	2	5	6	4

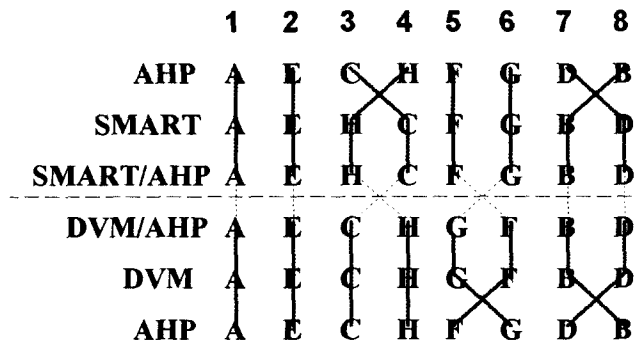
주 : SMART, AHP 적용결과는 박주형, 김정흠(1999) 참조.

반면 DVM/AHP는 DVM의 결과와 동일하게 나타난 것에 반해 AHP의 결과와는 5, 6번째 순위 사업인 F사업과 G사업, 7, 8번째 순위의 B사업과 D사업의 순위가 바뀐 결과를 얻었다(<표 6> 참조).

<표 6> 각 연구사업별 DVM/AHP, DVM, AHP 적용 결과

사 업		A사업	B사업	C사업	D사업	E사업	F사업	G사업	H사업
DVM/AHP	평가결과	4.961	3.268	3.895	3.023	4.715	3.383	3.591	3.824
	적용순위	1	7	3	8	2	6	5	4
DVM	평가결과	5.276	3.468	4.095	3.199	4.919	3.535	3.884	3.948
	적용순위	1	7	3	8	2	6	5	4
AHP	평가결과	0.228	0.080	0.121	0.084	0.191	0.101	0.088	0.107
	적용순위	1	8	3	7	2	5	6	4

주 : DVM, AHP 적용결과는 박주형, 김정흠(1999) 참조.



(그림 5) 기법별 연구개발사업 우선순위 결과

본 논문에서는 연구개발사업의 우선순위 설정을 위해 MAUT/AHP, 그리고 MAUT와 AHP 기법을 적용해 본 결과 MAUT와 AHP의 결과는 다소 차이가 있었으나, MAUT/AHP의 기법은 MAUT와 동일한 결과 얻은 점으로 볼 때, 본 논문에 적용된 AHP기법은 MAUT의 요소 기여도 산정방법중의 하나로 유추해 볼 수 있었다.

그러나, 우선순위 설정 결정방법인 MAUT/AHP, MAUT, AHP 기법중 어느 방법이 우

수하다는 것은 판단하기 어려우며, 이러한 우선순위를 활용한 자원배분 등 확장된 문제로의 적용에 있어서는 보다 주관적 평가의 과정을 객관화한 MAUT/AHP 혼합기법이 더 효율적이라 사료된다.

본 논문에서 연구개발사업 우선순위 설정에 적용한 기법들은 각각의 장단점에 따라 다양한 문제에 활용할 수 있다.

MAUT/AHP 혼합기법은 AHP 기법의 일관되고 객관화된 요소의 기여도 산정방법을 활용하고 MAUT 기법의 요소별 효용함수를 작성함으로써 대안별 효용을 일관되게 측정할 수 있다는 장점을 지닌다.

특히 이 기법은 AHP 기법의 장점인 문제의 계층화·세분화를 통한 체계적 접근이 가능하고, 요소 중요도 산정에 있어 객관성 및 신뢰성을 지닌다. 또한, AHP 기법의 단점인 요소별 대안에 대한 쌍비교를 수행하지 않아도 되며, 새로운 대안 생성시 새롭게 AHP 문제를 적용하는 문제를 방지할 수 있다. MAUT에 비해서는 요소의 기여도 산정시 전문가의 주관적 평가에 대한 일관성을 검증할 수 있는 기능을 가지며, 요소간의 쌍비교를 통해 정확한 요소의 중요도를 제시해 줄 뿐만아니라 요소간의 중요도 수준을 확실히 나타내 줄 수 있는 장점을 지닌다.

반면, MAUT/AHP 기법은 MAUT와 AHP 기법의 장점을 모두 보유하고 있지만, 각 기법의 단점을 일부 보유하고 있다. 이 기법은 우선 문제의 적용을 위해 MAUT와 AHP 기법에 관련된 지식을 모두 보유해야하고 요소간의 독립성이 유지되는 문제에만 국한된다. 요소의 기여도 산정시 AHP 기법이 지니는 계산상의 복잡성과 일관된 쌍비교를 위한 피드백(feedback) 회수가 증가될 수 있다. 또한, MAUT 기법을 활용한 요소별 효용함수 작성에서는 요소별 수행도(performance measure)를 측정할 수 있는 기준을 신중히 고려해야하며, 객관적인 효용함수 작성에 많은 시간과 의견조율이 필요하다는 단점을 지닌다. 이들에 대한 분석내용은 <표 7>에 정리하였다.

〈표 7〉 기법별 장단점 비교

구 분	MAUT/AHP	MAUT		AHP
		SMART	DVM	
장 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ 문제를 계층화·세분화하여 문제로의 체계적 접근 ○ 신뢰성 있는 객관화된 가중치 활용 ○ 대안에 대한 효용가치 활용 ○ 새로운 대안 생성시 적용 쉬움 ○ AHP에 비해 쌍비교의 수 감소 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단순한 적용방법 ○ 신속한 의사결정 ○ 일반사용자에게 친근감 부여로 활용가능성 높음 ○ 새로운 대안 생성시 적용 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 요소의 효용가치를 구별하여 평가에 반영 ○ 비독립적인 요소들에 적용가능 ○ 요소(속성)의 독립변수 구간 제한없음 ○ 새로운 대안 생성시 적용 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 문제를 계층화·세분화 하여 체계적 접근 ○ 오류정보의 filtering 기능을 지님 ○ 요소 중요도의 객관성, 신뢰성 지님 ○ 문제 전체에 대한 평가의 일관성 보유
단 점	<ul style="list-style-type: none"> ○ AHP 및 MAUT 기법 지식 보유 ○ 요소의 독립성 유지 ○ 요소의 일관된 쌍비교를 위해 반복수행 필요 ○ 요소 가중치 산정시 계산의 복잡성으로 인해 S/W 필요 ○ 효용함수 작성시 MAUT 단점 내재 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 요소(속성)의 최대·최소구간 설정필요 ○ Performance Measure 설정문제 ○ Additive Model에 국한 ○ 등간격 가중치 (ranking활용시) 산정으로 요소의 중요도 충분히 반영 못함. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 문제적용시 복잡함 ○ 효용함수 작성에 많은 시간 소요 ○ Performance Measure 설정문제 ○ 요소의 수가 많을시 적용 힘들 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 계산의 복잡성 ○ S/W적용 필요 ○ 요소 및 대안수 증가에 따라 쌍비교 급증 ○ 쌍비교의 피드백 회수 증가 ○ 새로운 대안 생성시 AHP문제 다시적용 ○ 수리적 접근으로 인한 사용자의 거부반응
적용분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 복잡도 높은 문제 ○ 이해관계가 복잡한 의사결정문제 ○ 대안수가 많은 문제 ○ 요소간 상호독립하의 문제 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신속, 대략적 우선순위 선정문제 ○ 요소간 상호독립하의 문제 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 효용가치의 측정이 용이한 분야 ○ 요소(속성)의 수가 적은 분야 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 요소간 상호독립하의 문제 ○ 복잡도가 높은 문제 ○ 일관된 의사결정을 요하는 문제 ○ 대안수가 적은 문제
Aggregation Model	<ul style="list-style-type: none"> ○ Additive 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Additive 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Additive ○ Multiplicative ○ Multilinear 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 쌍비교를 통한 eigenvector

IV. 결 론

본 연구는 MAUT/AHP 혼합기법을 소개하면서 출연연구기관의 연구개발사업 우선순위 선정에 적용해 보았고, MAUT 및 AHP 기법과 비교하여 MAUT/AHP 혼합기법이 지니는 장단점을 비교하였다.

MAUT/AHP 혼합기법의 적용결과 MAUT를 적용했을 때와 동일한 결과를 얻었으나, 이 기법은 타 기법에 비해 의사결정자의 주관적 평가를 보다 객관화하고 일관성 있는 평가를 수행할 수 있는 기법이라는데 그 의의가 있다고 할 수 있다. 특히 이 기법은 MAUT 기법에서의 요소 기여도 산정의 단점을 보완하고, AHP 기법의 단점인 쌍비교의 회수를 감소시키므로써 보다 효율적인 우선순위 결정과정을 통해 객관적인 결과를 도출할 수 있었다.

연구개발사업의 우선순위 평가는 사업의 특성과 후보사업의 수에 따라 적용할 수 있는 기법을 달리할 수 있으나, 연구개발사업 우선순위를 자원배분과 같은 보다 확장된 문제에 적용하기 위해서는 보다 객관적이고 이론적으로 검증된 기법의 적용이 필요하다. 본 논문의 연구개발사업 우선순위 설정에 적용한 MAUT/AHP 혼합기법은 MAUT 기법과 동일한 결과를 얻었으나, 각 사업의 평가치를 바탕으로한 최적의 자원배분 문제의 해결에서는 MAUT/AHP 혼합기법이 더욱 유용할 것으로 사료되며, 이 부문에 대해서는 추후 계속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

— 국내 문헌 —

1. 김성철·어하준, “AHP 가중치 결정에서의 다수 전문가 의견종합 방법”, 「한국경영과학회지」, 제 19권 제 3호, 1994, pp.41~49.
2. 김승렬·전희숙, “AHP를 이용한 소프트웨어 외주업체 선정방안에 관한 연구”, 「경영과학」, 제 12권 제 2호, 1995, pp.15~30.
3. 김정흠 외, 「한국기계연구원의 연구개발 방향 정립에 관한 연구」, 한국기계연구원, 1998.
4. 노화준·이달곤·노시평·김태일, 「연구기관 종합평가를 위한 평가요소의 발전과 가중치 설정 연구」, 과학기술정책관리연구소, 1996.
5. 박주형, 김정흠, “연구개발사업 우선순위 선정기법 비교”, 「'99 기술혁신학회 춘계학술대회」, 1999. 5, 남서울대학교.
6. 백광천·서의호·서창교·이영민, “R&D투자 모형결정 및 자원배분에 관한 연구 : 한국통신의 TOP 기술발전전략을 중심으로” 「경영과학」, 제 10권 제 1호, 1993, pp.81~105.
7. 변대호, “AHP를 이용한 자동차 구입모델 선정에 관한 연구”, 「경영과학」, 제 13권 제 3호, 1996, pp.75~90.
8. 이무신·엄기용, 신용운, “연구지원기관의 성과평가에 관한 연구 : 한국과학재단에 대한 평가항목을 중심으로”, 「경영과학」, 제 14권 제 1호, 1997, pp.177~203.
9. 이성근·윤민석, 「AHP기법을 이용한 마케팅 의사결정」, 석정, 1994.
10. 이영찬·민재형, “불확실한 상황하에서의 다목적 R&D 투자계획수립에 관한 연구 : 최적화 기법과 계층화 분석과정의 통합적 접근방안을 중심으로”, 「한국경영과학회지」, 제 20권 제 2호, 1995, pp.39~60.
11. 허은녕, “환경오염 저감의 경제적 가치분석”, 한국기술혁신학회 하계 콜로кви엄, 1998.

— 국외 논문 —

1. Americo Albala, “State Approach for the Evaluation and Selection of R&D Organisation in a Developing Country”, *R&D Management*, Vol.27, No.2, 1997.
2. David L. Hall and Alexander Nauda, “An Interactive Approach for Selecting IR&D

- Project”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol.EM-37, No.2, 1978, pp.126~133.
3. Derek R. Augood, “A Review of R&D Evaluation Methods”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol.6, No.3, 1963.
 4. Edwards and Ward, “How to Use Multiattribute Utility Measurement for Social Decisionmaking”, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, May, 1977, pp.326~340.
 5. Expert Choice, Inc. <http://www.expertchoice.com/>
 6. Fishburn P., “Methods of Estimating Additive Utilities”, *Management Science*, Vol.13, No.7, 1967.
 7. George P. Huber, “Multi-Attribute Utility Models : A Review of Field and Field-Like Studies”, *Management Science*, Vol.20, No.10, 1974, pp.1393~1420.
 8. Gustafson D. H., G. K. Pai and G. C. Kramer, “A Weighted Aggregate Approach to R&D Project Selection”, *AIIE Transactions*, Vol.3, No.22, 1971.
 9. Hobbs, and F. Benjamin F., “A Comparison of Weighting Methods in Power Plant Siting”, *Decision Science*, Vol.11, No.4, 1980, pp.725~737.
 10. Johnson, M. Edgar and G. P. Huber, “The Technology of Utility Assessment”, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, May, 1977, pp.311~325.
 11. Keeney, Ralph L. and John F. Lathrop and Alan Sicherman(1986), “An Analysis of Baltimore Gas and Electric Company’s Technology Choice”, *Operation Research*, Vol.34, No.1, pp.18~39.
 12. McDaniels, Timothy L., “A Multiattribute Index for Evaluating Environmental Impacts of Electric Utilities”, *Journal of Environmental Management*, Vol.46, 1996, pp.57~66.
 13. Miller J. R., *A Systematic Procedure for Assessing the Worth of Complex Alternatives*, AD-662-001, Defense Documentation Center, Washington D. C., 1967.
 14. Parker, Barnett R. and V. Srinivasan, “A Consumer Preference Approach to the Planning of Rural Primary Health-Care Facilities”, *Operations Resrarch*, Vol.24, No.5, 1976, pp.991~1025.

15. Raiffa H., *Decision Analysis*, Addison-Wesley, 1968.
16. Saaty, Thomas L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGRAW-HILL, 1980.
17. Schoemaker, J. H. Paul and C. Carter Waid, "An Experimental Comparison of Different Approaches to Determining Weights in Additive Utility Models", *Management Science*, Vol.28, No.2, 1982, pp.182~195.
18. Turban E. and M. L. Metersky, "Utility Theory Applied to Multi-variable System Effectiveness Evaluation", *Management Science*, Vol.17, No.12, 1971.
19. Vargas, Luis G., "An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications", *European Journal of Operational Research*, Vol.48, 1990, pp.2~8.
20. Winterfeldt, Detlof V. and Ward Edwards, *Decision Analysis and Behavioral Research*, Cambridge University Press, 1986.
21. Zahedi, Fatemeh, "The Analytic Hierarchy Process-A Survey of the Method and Its Applications", *INTERFACES*, Vol.16, No.4, 1986, pp.86~108.