

## 연구개발사업 우선순위 설정에 있어서 다속성효용이론(MAUT)과 계층분석과정(AHP)의 비교

A Comparative Study of MAUT and AHP in Priority Setting of R&D Projects

박 주 형\*, 김 정 흠\*\*

### 〈目 次〉

- |                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| I. 서론                           | IV. 다속성효용이론(MAUT)과 계층분석과정(AHP)의 비교 |
| II. 다속성효용이론(MAUT) 및 계층분석과정(AHP) | V. 결론                              |
| III. 출연연구기관 연구개발사업 우선순위 설정      |                                    |

### 〈Abstract〉

The article contains an introduction of possibility of applying Multi-Attribute Utility Theory(MAUT) for priority setting of R&D projects. MAUT is compared with AHP, which is widely used recently. These two techniques are applied to set priorities of R&D projects in a Government-funded Research Institute. Six criteria are chosen from consultation with decision makers. They are composed of 1) validity as representative projects, 2) possibility of resource mobilization, 3) spillover effect of developed technologies, 4) possibility of success, 5) scope of participation and 6) clarity of research goal.

To set priorities of R&D projects, SMART(Simple MultiAttribute Rating Technique) and DVM(Difference Value Measurement) out of many MAUT methods are used to design the utility function and to determine the weights among criteria. The aggregation model is additive on the assumption the criteria are independent. AHP executes pairwise comparisons for criteria and alternatives. From the results of the case study, the results and theoretical characteristics are compared.

**Key words** : Multi-Attribute Utility Theory(MAUT), Analytic Hierarchy Process(AHP), aggregation model, R&D project priority, Simple MultiAttribute Rating Technique(SMART), Difference Value Measurement(DVM).

\* 한국기계연구원 연구원 (e-mail : parkjooh@mailgw.kimm.re.kr)

\*\* 한국기계연구원 책임연구원 (e-mail : kimjh@mailgw.kimm.re.kr)

## I. 서 론

한정된 자원을 효율적으로 배분하기 위해 연구개발사업의 우선순위를 설정하는 문제는 여러 분야에서 오랫동안 많은 관심의 대상이 되어 왔다. 연구개발의 자원배분 문제에 대해 연구기관 단위 차원에서는 이미 오래 전부터 논의가 되어 왔으며, 최근 과학기술계의 구조조정에 의해 국가과학기술위원회가 출범하고 연합이사회 체제가 운영되게 됨에 따라 국가 전체 차원에서, 또 이사회 차원에서 논의가 활발해지고 있다.

출연연구기관에서는 정부의 지원 축소와 출연연구기관의 뚜렷한 성과를 요구하는 등 연구개발사업의 도출 및 투자사업의 우선순위 설정이 더욱 중요해지고 있다. 연구개발사업의 우선순위 설정은 출연연구기관이 확보하고 있는 유일한 연구 자원인 기관고유사업의 자원을 효율적으로 배분할 수 있는 기초자료로 반드시 필요한 문제이다.

문제의 대안에 대한 우선순위 결정문제는 궁극적으로 평가자들이 주관적이고 정성적인 의견들을 객관화하고 정량화하는 문제로 귀결된다. 이를 해결하기 위한 방법으로서 수리적 차원의 접근, 문제대상 분야의 기존 지식을 이용하는 방법 및 직관적인 방법 등 많은 방법들이 제시되고 있으나, 본 논문에서는 오래 전부터 연구되어 의사결정 문제에 적용되기 시작한 다속성효용이론(MAUT: MultiAttribute Utility Theory)을 연구사업의 우선순위 설정 문제에 적용시켜 보았고, 최근 많이 사용하기 시작하는 계층분석과정(AHP: Analytic Hierarchy Process)의 결과와 비교해 보았다.

본 논문은 연구개발사업 우선순위 설정을 위해 다속성효용이론(MAUT)과 계층분석과정(AHP) 기법을 적용하고, 그 장단점을 비교함으로써 차

후 유사한 주관적 의사결정 수행시 유용한 기법선정을 위한 가이드를 제시하는데 목적이 있다.

본 논문은 제 2장에서 연구개발사업의 우선순위 설정을 위해 적용한 다속성효용이론(MAUT) 및 계층분석과정(AHP)의 특성과 사전연구에 관해 설명하고, 제 3장에서 출연연구기관의 연구개발사업 우선순위 설정의 필요성과 설정방향, 그리고 본 논문에서 적용한 연구개발사업 우선순위 설정을 위해 활용된 요소들을 설명하였다. 제 4장에서는 문제의 모형을 정의하고 다속성효용이론(MAUT)의 여러 변형된 방법 중 단순다속성평점기법(SMART: Simple MultiAttribute Rating Technique)과 차별가치측정(DVM: Difference Value Measurement) 기법 및 계층분석과정(AHP)을 적용하여 우선순위를 도출했다. 마지막으로 이들 기법에 대한 장단점과 적용분야에 대한 사항들을 비교분석하였다.

## II. 다속성효용이론(MAUT) 및 계층분석과정(AHP)

### 1. 다속성효용이론(MAUT)의 특성 및 사전 연구

다속성효용이론(MAUT)은 복잡한 의사결정 과정에 대한 통찰력을 얻는데 유용하게 사용되는 방법으로 통계적 의사결정 이론으로부터 개념적인 구조를 도입하고 있으며, 심리학, 경영과학 등에서 개발된 응용기법과 실증 경험을 의사결정 과정에 포함한 기법이다 (허은녕, 1998).

이 접근방법은 상식을 사용하기에는 너무 복잡한 문제에 대해 문제를 구성하는 여러 속성들의 가치를 정량화하여 전체적인 의사결정이

가능하도록 의사결정자를 지원하는 수단으로서 활용되어 왔다. MAUT의 특징은 첫째, 정량적인 가치와 정성적인 가치의 통합이 가능하며, 둘째, 문제에 내포되어 체화된 효과의 정량적 표현이 가능하며, 문제를 구성하는 속성을 세분화함으로써 문제에 내재된 소규모의 가치까지 유도해 낼 수 있다. 또한, 변화하는 조건에 따라 속성의 가치 변화 및 대안의 추가 등에 대해 높은 유연성을 지니고 있다는 점이다.

다속성효용이론(MAUT)은 건설입지 선정문제, 계획의 대안선정, 직장 및 투자품목 선택 등 광범위한 의사결정 문제에 적용되어 왔다. MAUT 기법은 현실 문제의 적용과 관련해 실험적 차원의 적용이 있었을 뿐 현실문제로의 적용 가능성은 제시되지 않았다는 주장(Turban and Metersky, 1971)에 반해, Miller(1967), Raiffa(1968) 등은 이 기법과 관련한 유용한 결과를 제시하였고, Fishburn(1967, 1968) 및 Winterfeldt(1986) 등은 수리적으로 이론의 타당성을 제시하고 있다. 다속성효용이론(MAUT)은 이러한 타당성을 바탕으로 건설입지 선정, 직장 선정, R&D 프로젝트 선정 및 투자계획 수립 등 광범위한 의사결정 문제에 적용되어 왔다.

특히 최근에는 비시장재 분야인 환경문제를 고려한 화력발전소 입지 선정문제(McDaniels (1996), Hobbs(1980))와 회사의 상황과 기술적용 분야의 속성들을 고려한 최선의 기술 선정문제(Keeney, Lathrop and Sicherman, 1985), 그리고 마케팅 차원에서의 소비자의 만족도를 최대화시키는 문제(Parker and Srinivasan, 1976) 및사회학적 문제로의 적용(Edwards, 1976) 등 다양한 분야에 적용되고 있으며, 세부적인 효용함수 및 가중치 산정과 관련된 내용도 많이 연구되어 왔다. 특히 R&D 프로젝트 선정과 관련해서는 Miller(1970)와 Gustafson et al.(1971) 등에 의해 수행된 바 있다. 국내에서도 컨조인트(Conjoint) 분석을 이용한 마케팅분야 연구, 자산측정, 기업의 성과 판별모형등 많은 분야에서 연구가 수행되어 왔다.

다속성효용이론(MAUT)의 적용단계는 해당 문제의 정의와 목표, 그리고 목표를 설명할 수 있는 요소(속성)가 설정되면 ①요소(속성)의 문제에 대한 기여도를 어떤 방식으로 산정할 것인가?, ②요소별 효용함수(utility function)를 어떻게 구성할 것인가?, ③요소별 기여도와 효용함수를 어떤 총합모형(aggregation model)으로 취합할 것인가에 따라 여러 형태의 변형

〈표 1〉 요소별 가중치 산정방법

요구되는 판단	자극(stimuli)	
	확정적(riskless outcomes)	확률적(gambles)
수리적 평가 (numerical estimation)	순위 (ranking) 직접평점 (direct rating) 비율평가 (ratio estimation) 스윙가중치 (swing weights)	I II N. A.
무차별 (indifference)	속성간 무차별화 (cross-attribute indifference) 속성간 선호도 (cross-attribute strength of preference)	III IV 확률변수법 (variable probability method) 확정적 변수 등가법 (variable certainty equivalent method)

자료 : Winterfeldt and Edwards(1986)

〈표 2〉 요소별 효용함수 구성방법

요구되는 판단	자극(stimuli)	
	확정적(riskless outcomes)	확률적(gambles)
수리적 평가 (numerical estimation)	직접평점( <i>direct rating</i> ) 범위평가( <i>category estimation</i> ) 비율평가( <i>ratio estimation</i> ) 커브드로잉( <i>curve drawing</i> )	I II N. A..
무차별 (indifference)	일련의 동일효용 측정 ( <i>difference standard sequence</i> ) 이분법( <i>bisection</i> ) 일련의 2차 요인 동일효용 측정 ( <i>dual standard sequence</i> ) 연속적 교환( <i>sequential trade-off</i> )	III IV 확률 변수법 ( <i>variable probability method</i> ) 확정적 변수 등가법 ( <i>variable certainty equivalent method</i> )

자료 : Winterfeldt and Edwards(1986)

된 방법이 제시되어 있다.

이 방법은 대상 문제가 요구하는 판단의 형태와 위험성의 내재에 따라 구분할 수 있다. 첫 번째 요소(속성)별 기여도 산정은 문제의 위험성과 주관적 요소의 평가방법에 따라 다양한 방법이 제시되어 있으며, 일반적으로 활용되는 순위(rankng), 직접평점(*direct rating*), 비율평가(*ratio estimation*) 등의 방법이 있다 (표 1 참조).

두 번째 요소(속성)별 효용함수 작성 방법 또한 가중치 산정 방법과 같이 문제의 위험성과 요소에 대한 주관적 판단 방법에 따라 다양한 방법들이 개발되어 있으며, 일반적으로 직접평점

(*direct rating*), 범위평가(*category estimation*), 이분법(*bisection*) 등의 방법들이 용이하게 활용되고 있다 (표 2 참조).

세 번째로 문제의 대안을 평가하는 전체 효용함수의 구성 모형으로는 각 요소간의 상호의존성에 따라 가산모형(*additive model*), 승산모형(*multiplicative model*), 다선형모형(*multilinear model*) 등으로 구분할 수 있으며, 기존의 연구에서는 대부분 요소간의 상호독립성을 가정한 채 활용성이 용이한 가산모형을 채택하는 경향을 보이고 있다 (표 3 참조).

본 논문에서는 다속성효용이론(MAUT)의 여러 방법 중 요소의 중요도 순위(rankng)를

〈표 3〉 요소별 효용함수 취합모형

구 분	모 형
일차 가산모형	$v(x) = w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3$
가산모형	$v(x) = w_1v_1(x_1) + w_2v_2(x_2) + w_3v_3(x_3)$
승산모형	$1 + wv(x) = [1 + w_1v_1(x_1)][1 + w_2v_2(x_2)][1 + w_3v_3(x_3)]$
다선형모형	$v(x) = w_1v_1(x_1) + w_2v_2(x_2) + w_3v_3(x_3) + w_{1.2}v_1(x_1)v_2(x_2) + w_{1.3}v_1(x_1)v_3(x_3) + w_{2.3}v_2(x_2)v_3(x_3) + w_{1.2.3}v_1(x_1)v_2(x_2)v_3(x_3)$

자료 : Winterfeldt and Edwards(1986)

활용해 가중치를 산정하고 직접 점수부과식(direct rating)을 활용하여 효용함수를 형성하는 단순다속성평점기법(SMART)과 가중치 산정에 요소의 선호정도(cross-attribute strength of preference)를 이용하고 효용함수 작성에 무차별화(difference standard sequence)를 이용하는 차별가치측정(DVM)기법을 활용하였다.

## 2. 계층분석과정(AHP)의 특성 및 사전연구

Saaty(1971)에 의해 개발된 계층분석과정은 유한한 수의 대안들을 다수의 목표에 견주어 평가하는 기법으로 개인의 주관적인 선호도를 정량적으로 환산하는 객관적인 평가기법으로 크게 활용되고 있다. 이 기법의 특징은 문제를 최상위 수준의 문제로부터 점차적으로 세분화된 하위수준으로 분석 배치하여 계층구조를 만들고, 계층구조 내의 각 요소에 대해 쌍비교행렬을 구성함으로써 최종 대안의 우선순위를 결정한다. 쌍비교행렬로 산정되는 동일단계의 평가기준 중요도는 그대로 하위단계에 전달되게 된다.

Vargas(1990)에 의하면 계층분석과정(AHP)의 유용성은 첫째, 정성적 혹은 무형적 기준을 정량적 혹은 유형적 기준의 비율척도를 통해 측정하는데 있으며, 둘째, 큰 문제를 점차적으로 작은 요소로 분해하고 단순한 쌍비교를 활용해 문제를 해결하는데 있다. 계층분석과정(AHP) 이론의 특성은 이원비교(pairwise comparison),

동질성(homogeneity)<sup>1)</sup>, 독립성(independence), 기대성(expectation)<sup>2)</sup>에 있다 (Vargas, 1990).

적용분야로는 경영/경제, 정치, 사회, 문화, 기술 등 주관적인 의사결정이 포함되는 모든 분야에 적용되고 있다. 경영/경제분야에서는 재정, 미시경제 예측, 마케팅, 과제 기획, 입지 선정, 자원 배분, 정책/전략 등에 적용되고 있으며, 사회분야에서는 교육, 환경, 건강, 법률, 의학분야와 그 외 기술적 문제해결을 위한 제조공정 선정, 시장 선정, 기술이전 등에 활용되고 있다. 계층분석과정(AHP)의 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. 이와 더불어, Saaty가 운영하고 있는 Expert Choice Inc.<sup>3)</sup> 홈페이지에서는 세계적인 저널에 수록된 1,400여 편의 계층분석과정(AHP) 관련 논문 목록을 수록하고 있을 만큼 그 적용성과 효용성 정도를 유추할 수 있다.

R&D 프로젝트 선정평가와 관련한 연구로 Regarajan and Jagannathan(1997)은 기업의 연구프로젝트를 대상으로 다양한 요소<sup>4)</sup>를 활용해 계층분석과정(AHP)을 적용했으며, Hall and Nauda(1978)는 연구프로젝트를 기술적 평가기준<sup>5)</sup>과 사업평가기준<sup>6)</sup>을 세분화하여 적용하고 있다. Albala(1974)는 연구사업 선정을 위해 상업적 평가, 환경평가, 기술적 평가 및

1) 중요성의 정도는 한정된 범위내의 정해진 척도(equal importance, weak importance, strong importance, very strong importance, absolute importance)를 통해 표현됨.

2) 계층구조는 의사결정에 필요한 모든 사항들을 완전하게 포함하는 것으로 가정함.

3) <http://www.expertchoice.com/> 참조.

4) 과제의 성공적 수행가능성, 기존제품과 관련성, 새로운 제품/공정과의 연계성, 특허, 연구논문, 사회적 목적, 조직이 미지, 과제수행기관, 연구비용, 공간활용성, 연구수행 인력 활용가능성, 기술지원 전문가 인력 활용가능성.

5) 기술적 목표의 가시성 및 달성도, 접근방법의 독창성, 선진기술의 잠재성, 기술의 경쟁력 우위정도, 연구비용, 제품 개발 및 생산능력.

6) 고객요구의 명확성, 고객에 대한 문제해결 확신성, 지속적 경쟁우위, 성공가능성, 기술개발잠재력, 시장화 가능성.

경제·재정평가 차원의 평가요소<sup>7)</sup>를 선정하여 문제를 세분화·계층화하였고, Nicolai(1976)<sup>8)</sup>와 Augood(1973)<sup>9)</sup> 등도 다양한 요소에 의한 연구사업의 우선순위 결정에 이 기법을 활용하였다.

국내의 계층분석과정(AHP) 관련연구는 대체적으로 1990년 이후부터 연구기관의 개발기술 및 과제선정, 연구투자 규모 및 자원배분, 외주업체의 선정 등 경영학 관련 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 계층분석과정을 활용하고 있다.

백광천 외(1993)의 연구에서는 한국통신의 10대 Top 기술발전 전략과제를 선도전략기술과 추종 전략기술로 분류하고, 이에 따라 요소를 계층화하여 과제를 선정했으며, 계층분석과정(AHP) 결과를 바탕으로 과제별 자원배분을 수행하였다.

적용단계는 우선 대상의 문제를 정의하고 최종목표를 시작으로 문제를 계층별로 세분화해 문제를 구조화한다. 전문가 혹은 의사결정자를 대상으로 계층별 구성요소들에 대한 쌍비교를 실시하고, 쌍비교 내용을 바탕으로 계층별 고유벡터(eigen vector)를 활용해 문제 대안의 우선순위를 결정하게 된다. 계층분석과정(AHP) 적

용시 쌍비교의 일관성 검정을 위해 필요한 일관성비율(C.R.: Consistency Ratio)과 여러 전문가의 의견을 취합할 수 있는 방법에 대해서는 관련문헌(Saaty, 1980)을 참고하기 바란다.

### Ⅲ. 출연연구기관 연구개발사업 우선순위 설정

#### 1. 필요성 및 설정방향

최근 과학기술계의 구조조정에 따라 출연연구기관은 중복투자 부문을 배제하고, 각 기관의 전문화·특성화 연구분야를 심화해 경쟁력 있는 연구기관으로의 성장에 초점을 맞추고 있다. 특히 연합이사회 출범에 따라 출연연구기관의 고객이 다변화되고, 연구개발사업의 수주를 위한 산업계 및 학계와의 자유경쟁을 실시해야 하는 등 다소 어려운 상황에 처함에 따라 출연연구기관은 그동안의 연구개발실적과 인력, 장비를 활용한 경쟁력 있는 연구개발사업 도출의 필요성이 더욱 심화되고 있다 (김정흠 외, 1998).

출연연구기관이 전략적으로 추진해야 할 연구개발사업은 우선 출연연구기관이 사업을 주도해야 할 합당한 당위성과 논리를 갖추어야 하며, 모든 연구부서들이 참여 가능한 연구기관 차원의 대형사업이어야 한다. 또한 그동안의 연구결과를 바탕으로 뚜렷한 연구성과를 달성할 수 있는 사업이면서, 기술적·경제적으로 파급효과

7) 상업적 평가 : 시장특성(9개 요소), 신제품 특성(5개 요소)

환경평가 : 예상과제 수용성(3개 요소)

기술적 평가 : R&D상황 (9개 요소), 운영상태(7개 요소)

경제 및 재정평가 : 비할인평가(3개 요소), 할인평가(6개 요소)

8) 우수한 R&D 연구원 활용가능성, 연구 노하우, 특허상황, 평가하의 프로젝트에 대한 대안, 기술성공가능성, 연구분야 기술경쟁을 리드해 나갈 시간.

9) 기술성공확률, 기술적 창의성, 관련 노하우, 노하우 획득정도, 개발기간, 인력 활용가능성, 장비활용가능성, 경쟁활동, 특허화.

가 지대해 사업추진 연구기관의 위상을 높이는 사업을 발굴하고 선정하는 것 등을 기본원칙으로 삼아야 한다.

따라서, 사업 우선순위 설정을 위해서는 이러한 기본원칙을 충분히 반영하는 연구개발사업 도출·선정체제를 마련하는 것이 기본적으로 필요하다.

## 2. 우선순위 평가요소

출연연구기관의 연구개발사업 우선순위 설정을 위해 본 논문에서는 우선순위 설정의 기본 방향에 입각하여 6개의 요소, 즉 ①간판과제 당위성, ②재원확보 가능성, ③기술과급 효과, ④성공가능성, ⑤사업참여 범위, ⑥사업목표 및 내용의 명료성 등을 선정하였다.

간판과제로서의 당위성은 연구기관의 전문화 분야와의 일치성, 연구사업의 규모 및 연구사업의 수행결과, 연구기관의 위상과 국민 차원의 기관에 대한 인식을 부각시킬 수 있는 연구원 간판과제로서의 타당성 정도를 말하며, 재원확보 가능성이란, 사업추진에 필요한 재원의 안정적인 확보 가능성 정도를 말한다. 기술과급효과는 국가차원에서 연구수행 결과의 기술적·경제적 중요성 정도를, 성공가능성은 사업수행 연구기관이 보유한 기술, 노하우, 인력 등 축적된 인프라 수준을 바탕으로 한 사업의 성공 수준을, 사업참여 범위는 추진 사업과 관련해 연구기관 내부 부서의 참여 범위를, 사업목표 및 내용의 명료성은 추진 사업의 명확한 목표 설정과 연구대상 및 단계별 내용의 구체성 정도를 나타낸다.

본 논문에서 고려한 평가요소는 상호 독립적인 요소로 가정하였고, 이를 위해 의사결정자들

이 느끼는 상이한 요소별 상호독립 관계에 대해 최대한 의견을 수렴하여 결정하였다. 다속성효용이론 적용시 요소별 정량적 측정을 위해 간판과제의 당위성 요소는 9점 척도를 활용하였고, 재원확보 가능성 및 성공 가능성 요소는 퍼센트 비율을 활용하였다. 사업참여 범위<sup>10)</sup> 요소는 사업에 참여하는 연구부서의 수를, 기술과급 효과 및 사업목표 및 내용의 명료성 요소에 대해서는 정성적 평가(Very Poor, Poor, Fair, Good, Very Good)를 활용하였다.

## IV. 다속성효용이론(MAUT)과 계층분석과정(AHP)의 비교

### 1. 문제의 정의 및 모형

과학기술계의 구조조정과 연합이사회체제 출범에 따라 A 출연연구기관은 그동안의 전문화·특성화 연구분야를 재조정하고 연구기관의 경쟁력을 제고시키기 위해 전략적으로 추진해야 나갈 연구개발사업을 도출·선정하고자 한다.

전략적 대형연구개발사업은 전문화 연구분야를 중심으로 연구기관을 대표하는 8개 사업이 도출되었고, 사업 도출에서부터 검토·평가에 이르기까지 Task Force팀에 참여한 8명의 전문가가 사업 우선순위 설정을 위한 평가자로서 참여하였다. 우선순위 설정을 위한 평가요소는 제 3장에서 언급한 6개의 요소를 선택했으며, 설문지를 통해 각 요소별 중요도 순위(ranking), 직접평점(direct rating) 및 쌍비교를 실시하였다.

본 문제에 적용한 기법들은 다속성효용이론

10) 출연연구기관에서 기관의 차별화된 사업 추진을 위해 운용할 수 있는 안정적 재원은 기관고유사업임. 사업의 선택과 집중을 통한 대형사업의 우수한 연구성과를 달성하기 위해서는 현 기관고유사업의 운용방식의 개선을 통해 대형사업으로의 재원을 집중 투자하고, 이에 가능한한 전 연구부서의 대형사업 참여가 중요하다.

〈표 4〉 적용기법별 세부 구성내용

적용기법	다속성효용이론(MAUT)		계층분석과정(AHP)
	단순다속성평점기법(SMART)	차별가치측정기법(DVM)	
가중치 산정	순위(ranking)	속성간 선호도(cross-attribute strength of preference)	쌍비교
효용함수	직접평점(direct rating)	일련의 동일효용 측정(difference standard sequence)	-
총합모형	가산모형	가산모형	고유벡터(eigen vector) 곱

(MAUT)의 단순다속성평점기법(SMART: Simple MultiAttribute Rating Technique)과 차별가치측정(DVM: Difference Value Measurement), 그리고 계층분석과정(AHP)을 활용하였다. 이들의 기법은 동일한 조건하에서 각 기법별로 활용되는 가중치 산정방법과 요소별 효용함수의 형성 방식에 차이가 있으며, 6개 요소별 정량적 가치 총합방법은 모든 요소가 상호독립이라는 가정 하에서 가산모형(additive model)을 활용하였다.

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

2. 단순다속성평점기법(SMART)

단순다속성평점기법(SMART)은 여러 분야의 우선순위 설정을 위해 사용되는 가장 간편하고 실무에 많이 응용되고 있는 기법이다. 본 문제에 적용한 이 기법은 다속성효용이론(MAUT) 적용순서에 따라 문제에 접근하였다.

각 평가요소에 대한 가중치는 평가요소의 우선순위를 활용한 순위 합 규칙(rank sum rule)을 적용하여 산정하였다. 이 방법은 순위에 따라 요소의 중요도가 등간격으로 계산된다 (표 5 참조).

$$\text{rank sum rule } W_i = \frac{(n+1 - R_i)}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

단순다속성평점기법(SMART)에서의 각 요소별 효용함수 작성은 우선 최종목표를 설명하는 요소에 대한 최대·최소 범위를 설정하고 최소 범위의 효용가치를 0으로, 최대 범위의 효용가치를 100으로 설정한 후 최대·최소 범위에 대한 효용가치를 직접 점수화하여 함수화한다. 이에 따라 본 논문에서는 참여 전문가의 의견을 바탕으로 요소별 효용함수를 〈그림 1〉과 같이 작성하였다.

간판과제 당위성의 효용함수는 9점 척도를

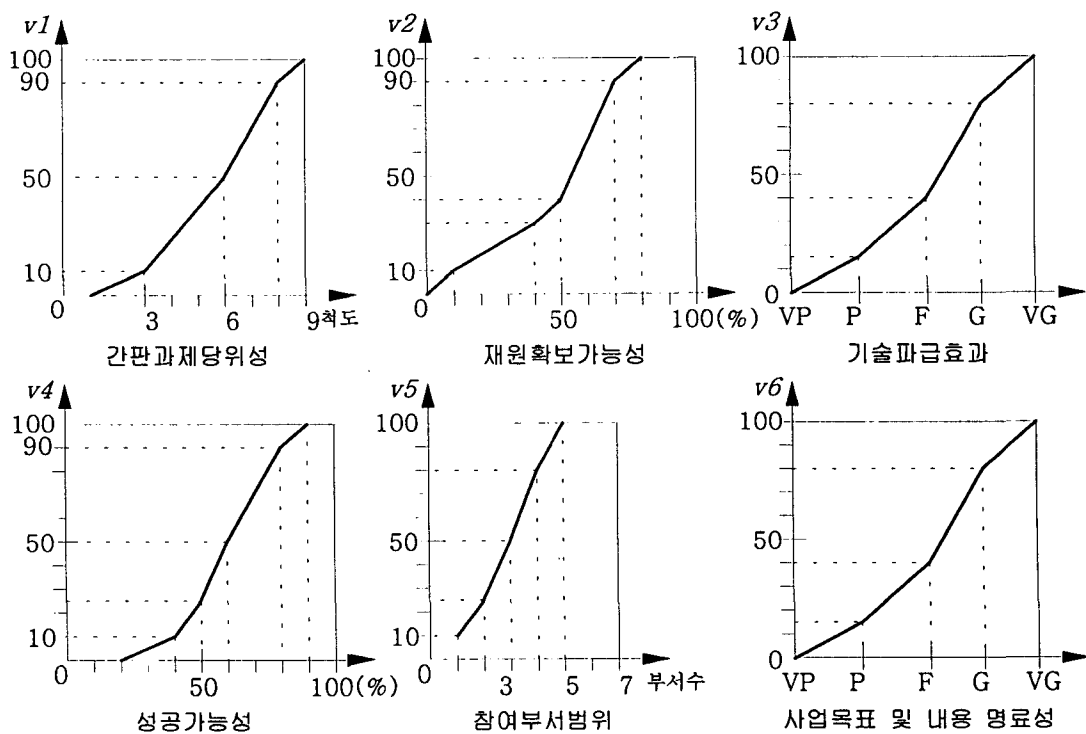
〈표 5〉 각 요소별 순위 및 가중치

요 인	간판과제	재원확보	기술과급	성공가능성	참여범위	사업목표
순 위	3	2	6	1	5	4
가중치	0.190	0.238	0.048	0.286	0.095	0.143



〈표 6〉 요소 수행도(performance measure) 측정기준 및 범위결정

요 인	수행도	$X_{i,\min}(U_{i,\min}=0)$	$X_{i,\max}(U_{i,\max}=100)$
간판과제	9점 척도	1	9
재원확보	비율(퍼센트)	10	80
기술파급	VP, P, F, G, VG	VP	VG
성공가능성	비율(퍼센트)	20	90
참여범위	사업참여 부서수	1( $U_{i,\min}=10$ )	7
사업목표	VP, P, F, G, VG	VP	VG



〈그림 1〉 단순다속성평점기법(SMART) 적용의 요소별 효용함수

활용하여 최고 9점은 100, 최저 1점은 0을, 3 점은 10을, 6점은 중간인 50을, 8점은 90을 설정하고 나머지 값에 대해서는 보간법을 활용하였다. 같은 방법을 활용해 모든 효용함수는 부분선형함수 형태를 취하였다.

단순다속성평점기법(SMART) 기법을 통해 산출된 평가모형은 다음과 같다.

각 사업별로 적용될 요소별 함수값은 전문가들이 각 사업별로 평가한 내용을 산술평균한 값으로 각 요소별 효용가치를 정량화하였다. 이 기법을 적용한 문제의 전반적인 결과 우선순위는  $A > E > H > C > F > G > B > D$  순으로 나타났다 (표 7 참조).

$$U(x) = 0.190u_1(x_1) + 0.238u_2(x_2) + 0.048u_3(x_3) + 0.286u_4(x_4) + 0.095u_5(x_5) + 0.143u_6(x_6)$$

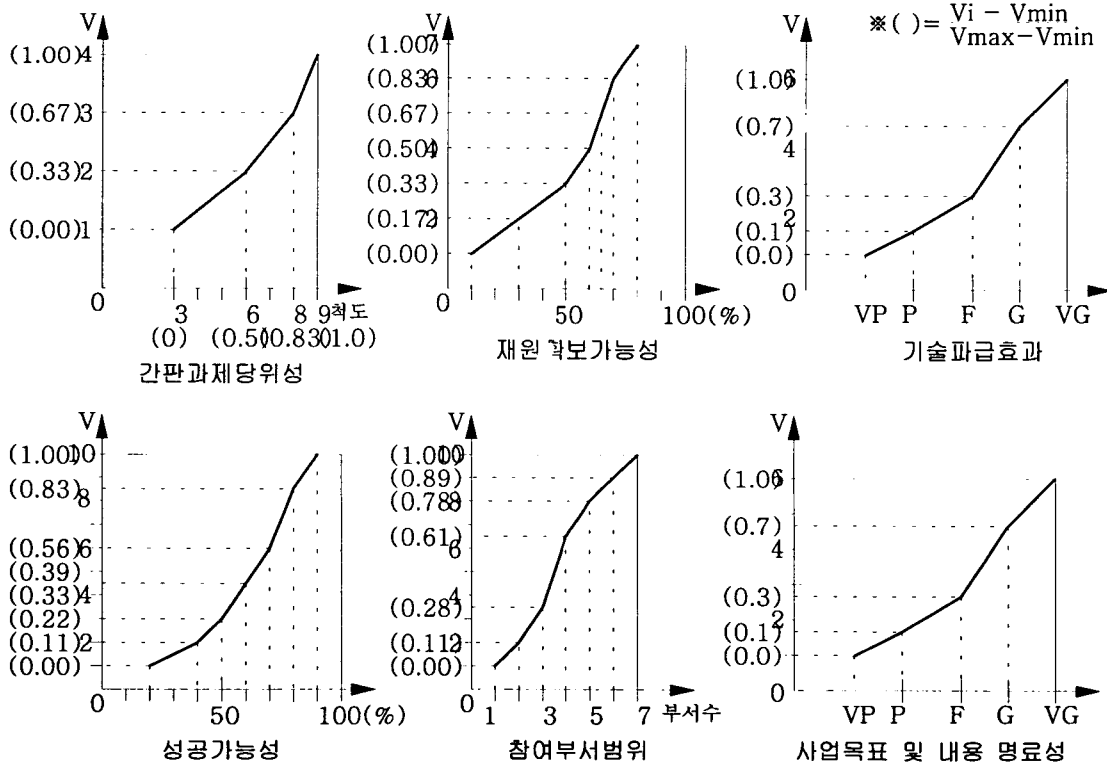
〈표 7〉 각 연구사업별 단순다속성평점기법(SMART) 적용 결과

평가요소	간판과제	재원확보	기술파급	성공가능	참여부서	사업목표	총계	순위
가중치	0.190	0.238	0.048	0.286	0.095	0.143	1.000	
A사업	91.25	97.50	80	70.00	10	90	78.22	1
B사업	31.67	65.00	60	40.63	50	40	46.46	7
C사업	36.67	65.00	60	55.00	80	80	60.09	4
D사업	35.00	43.75	60	40.63	25	60	42.52	8
E사업	80.00	93.75	90	55.00	50	90	75.23	2
F사업	48.33	43.75	80	43.75	50	80	52.14	5
G사업	36.67	47.50	60	62.50	50	40	49.50	6
H사업	55.00	49.38	80	68.75	80	60	61.88	3

3. 차별가치측정(DVM) 기법

차별가치측정(DVM) 기법은 다속성효용이론(MAUT)의 일반화된 기법으로 효용가치의 무차별화를 이용해 효용함수와 가중치를 설정하

는 방법이다. DVM에서 활용하는 무차별성(indifference)은 각 요소 혹은 요소 내에서의 특정값이 지니는 효용과 동일 값이나 비율을 설정함으로써 가중치 효용함수를 작성하게 된다.



〈그림 2〉 차별가치측정(DVM) 기법 적용의 요소별 효용함수

예를 들면 A요소의 가치와 B요소의 가치를 상호 비교할 경우 A요소가 B요소보다 중요하다면 얼마만큼 중요한가에 대한 문제가 생긴다. 이를 전문가 혹은 의사결정자의 판단에 따라 그 정도를 결정하게 되는데, 만약  $A : B = 0.6 : 1$  이라면 B요소의 한 단위 중요도는 A요소의 0.6단위 중요도와 동일하다는 판단을 할 수 있다.

차별가치측정(DVM) 기법에서의 요소 수행도 측정기준은 단순다속성평점기법(SMART)에서 적용한 것과 동일하며, 각 요소별 효용함수 작성은 우선 최종목표를 설명하는 각 요소

점기법(SMART)에 적용된 순위를 활용하였고, 요소 중요도의 무차별화를 위해 <표 8>과 같이 요소간의 비교를 실시하였다. 성공가능성의 0.9단위는 재원확보를 1단위와 동일한 가치를 가진다는 의미이다.

이 기법의 요소별 가중치는 단순다속성평점기법(SMART)의 등간격 가중치와는 달리 요소의 중요도에 따라 가중치의 폭이 다양함을 알 수 있다. 그러나 이 방법은 단 한번의 요소간 무차별화에 전적으로 의존해야 한다는 위험성을 가지고 있다.

<표 8> 요소별 가치의 무차별화를 통한 가중치 산정

성공가능성	재원확보	간판과제	사업목표	참여범위	사업목표	
0.9	1.0					$w_1u_1(0.9)-w_2=0$
	0.7	1.0				$w_2u_2(0.7)-w_3=0$
		0.7	1.0			$w_3u_3(0.7)-w_4=0$
			0.9	1.0		$w_4u_4(0.9)-w_5=0$
				0.6	1.0	$w_5u_5(0.6)-w_6=0$
						$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 = 1$
0.350	0.282	0.137	0.085	0.075	0.071	가중치 산정

에 대해 독립변수의 변화에 따른 상대적 가치와 동일한 가치를 가지는 값을 결정함으로써 효용함수를 작성하였다. 즉 재원확보 가능성이

다속성 효용함수의 모형은 각 요소의 독립이라는 가정 하에 가산함수를 활용하여 전체효용함수를 아래와 같이 작성하였다.

$$U(x) = 0.137u_1(x_1) + 0.282u_2(x_2) + 0.071u_3(x_3) + 0.350u_4(x_4) + 0.075u_5(x_5) + 0.085u_6(x_6)$$

0%에서 10%일 때 효용가치가 1이라면 동일한 효용가치를 가지는 독립변수의 점은 30%이며, 10%에서 30%로 상승할 때의 효용가치(=2)와 동일한 독립변수의 값은 50%(=3) 등과 같은 방식을 반복함으로써 효용함수를 작성하였다.

전문가의 의견을 바탕으로 요소별 효용함수를 <그림 2>와 같이 작성하였다.

차별가치측정(DVM) 기법의 가중치 산정은 요소의 중요도에 따라 우선순위를 결정하고 요소의 순위별로 상호 요소간의 중요도를 무차별화해 나간다. 요소별 우선순위는 단순다속성평

각 전문가들이 각 사업별로 평가한 내용을 산술평균하여 다속성 효용함수의 모형에 적용한 결과 <표 9>와 같은 결과를 도출하였다. 차별가치측정(DVM)을 통해 나타난 연구개발사업의 우선순위는  $A > E > C > H > G > F > B > D$  순이다.

#### 4. 계층분석과정(AHP)

계층분석과정(AHP)은 문제를 계층화·세분화하고, 최종목표에 대해 세분화된 문제를 평가하여 통합함으로써 대안을 평가하는 접근방법이다.

〈표 9〉 각 연구사업별 차별가치측정(DVM) 적용 결과

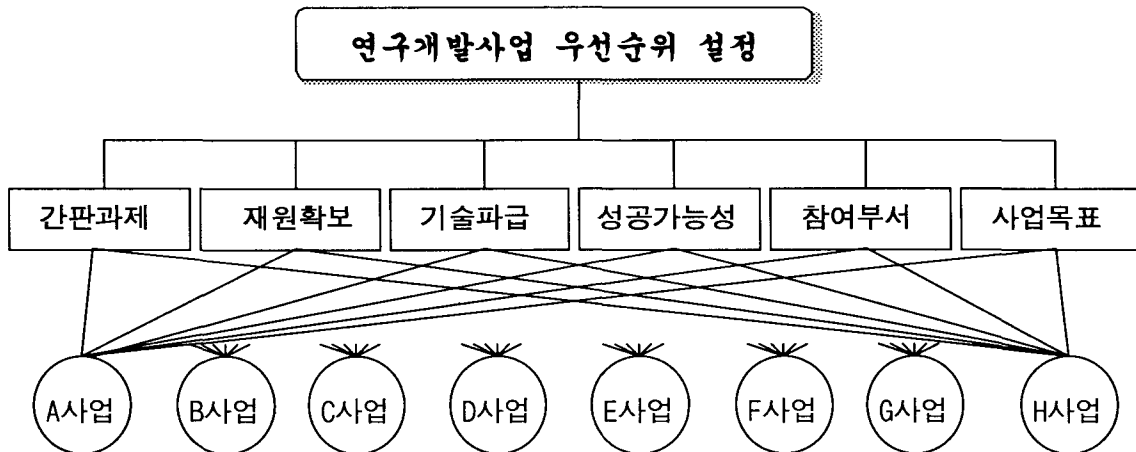
평가요소	간판과제	재원확보	기술파급	성공가능	참여부서	사업목표	총계	순위
가중치	0.137	0.282	0.071	0.350	0.075	0.085	1.000	
A사업	3.125	6.750	4.780	6.000	1.0	5.060	5.276	1
B사업	1.725	4.000	3.625	3.940	3.5	2.408	3.468	7
C사업	1.800	4.000	3.375	4.875	6.5	3.375	4.095	3
D사업	1.775	3.250	3.000	3.940	2.0	3.500	3.199	8
E사업	2.750	6.375	4.875	4.875	3.5	5.060	4.919	2
F사업	1.975	3.250	4.250	4.125	3.5	4.000	3.535	6
G사업	1.800	3.500	3.375	5.440	3.5	2.875	3.884	5
H사업	2.125	3.625	4.500	4.310	6.5	3.750	3.948	4

이 기법을 적용하기 위해 문제의 최종목표를 연구개발사업 우선순위 설정으로 삼았고, 하위 중간 계층으로 6개의 평가요소를 1개의 계층으로 단일화하였으며, 8개의 사업을 대안으로 하는 문제를 구성하였다 (그림 3 참조).

문제 해결을 위해 가장 중요한 쌍비교를 각 계층별로 실시하였다. 첫 번째 계층에서는 최종 목표를 기준으로 6개의 요소를 대상으로 쌍비교를 실시하였고, 사업으로 구성된 계층에서는

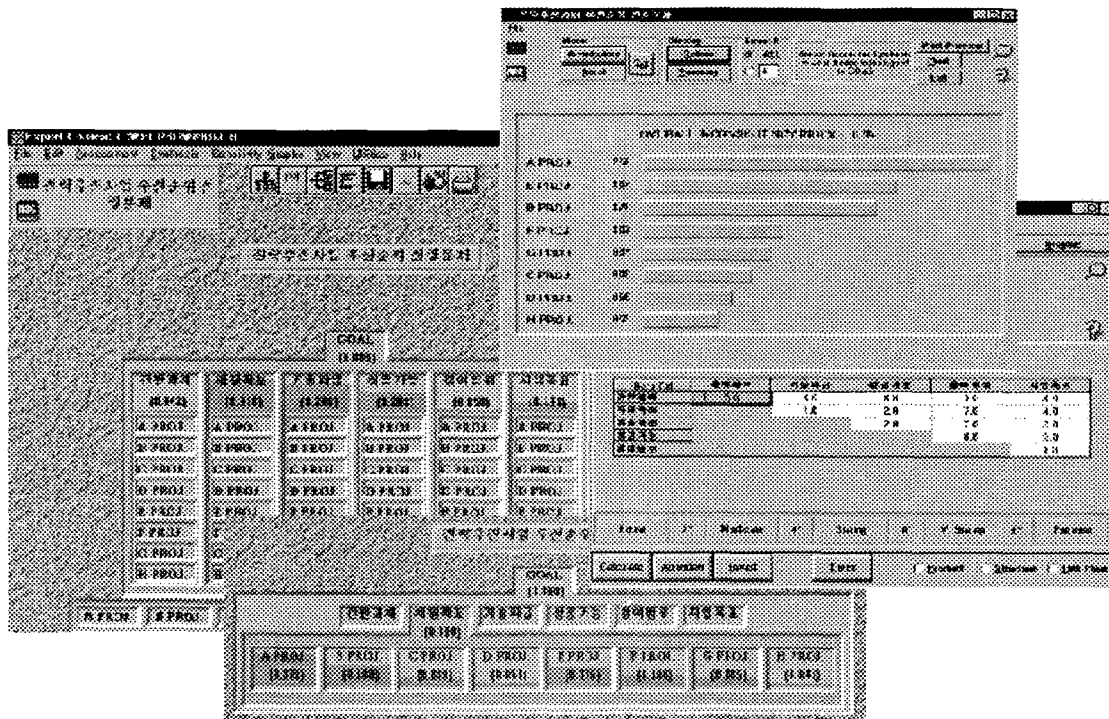
각 요소를 기준으로 8개의 사업에 대해 전문가를 대상으로 쌍비교를 실시하였다.

쌍비교를 통해 얻은 계층별 행렬의 일관성 비율(C.R. : Consistency Ratio)은 Saaty가 제시한 채택범위인 0.1이하가 되도록 쌍비교를 반복 실행하여 평가의 오류를 최소화하였으며, 각 계층별 고유벡터(eigen vector)의 산출과 이를 통한 사업의 우선순위 설정은 Exper Choice9.0<sup>11)</sup> 소프트웨어를 이용하였다 (그림 4 참조).



〈그림 3〉 연구개발사업 우선순위 설정을 위한 문제의 계층화

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



〈그림 4〉 ExpertChoice 9.0을 활용한 계층분석과정(AHP) 수행

전문가 8명이 쌍비교한 평가자료를 바탕으로 개별 전문가가 평가한 사업별 우선순위를 설정하였고, 이를 모두 통합하기 위해 Saaty가 제시한 기하평균(geometric mean)을 활용해 우선순위를 결정하였다.

AHP 기법을 통해 나타난 연구개발사업의 우

선순위는 A > E > C > H > F > G > D > B 순이다. AHP를 적용한 최종결과는 〈표 10〉에 정리하였다.

연구개발사업의 우선순위 설정을 위해 다속성효용이론(MAUT)의 단순다속성평점기법(SMART), 차별가치측정(DVM)과 계층분석과정(AHP)을

〈표 10〉 각 연구사업별 계층분석과정(AHP) 적용 결과

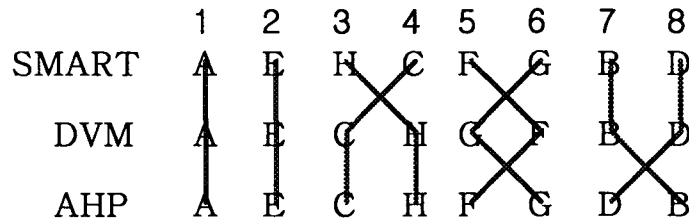
평가요소	A사업	B사업	C사업	D사업	E사업	F사업	G사업	H사업	C. R..
전문가1	0.228	0.050	0.202	0.079	0.143	0.127	0.050	0.121	0.05
전문가2	0.216	0.072	0.061	0.115	0.219	0.086	0.112	0.118	0.07
전문가3	0.221	0.062	0.128	0.063	0.219	0.179	0.051	0.077	0.06
전문가4	0.246	0.060	0.133	0.124	0.118	0.076	0.086	0.158	0.06
전문가5	0.249	0.068	0.101	0.070	0.250	0.067	0.085	0.110	0.05
전문가6	0.180	0.073	0.152	0.101	0.182	0.081	0.106	0.125	0.07
전문가7	0.179	0.108	0.128	0.056	0.191	0.099	0.131	0.108	0.06
전문가8	0.250	0.170	0.080	0.066	0.184	0.102	0.094	0.055	0.05
전체평가	0.228	0.080	0.121	0.084	0.191	0.101	0.088	0.107	-
우선순위	1	8	3	7	2	5	6	4	-

활용하여 대안의 우선순위를 설정하였다. 분석 결과 <그림 5>와 같이 1, 2위 사업을 제외하고는 부분적으로 한 순위씩 바뀌는 결과를 낳았다.

요소별 가중치의 경향은 단순다속성평점기법(SMART)의 경우 일정한 간격을 유지한데 반해 차별가치측정(DVM)은 중요도의 수위를 지닌 성공가능성 요소와 두 번째 중요도를 지닌 재원확보 가능성 요소 및 기타 요소간의 차이가 크게 나타났다. 계층분석과정(AHP)에서는 상위 3개의 요소와 하위 3개의 요소들이 유사한 중요도를 나타낸 것이 특징이었다 (표 11 참조).

로 요소의 중요도를 합리적으로 반영하지 못하며, 100점 기준 평가를 위해 요소의 최대·최소구간의 설정이 필요한 단점을 지닌다. 또한 이 기법은 모든 요소가 서로 독립적이라는 것을 가정하기 때문에 상호의존적 관계에 있는 요소에 대해 적용하기에는 부적절하다. 따라서 단순다속성평점기법(SMART)은 모든 요소가 상호독립인 문제와 신속하고 대략적 우선순위 결정문제에 적용할 수 있다.

단순다속성평점기법(SMART)을 적용한 연구개발사업의 우선순위 설정 문제는 편리한 설정 과정을 지니고 있으나, 요인별 가중치를 비



<그림 5> 기법별 연구개발사업 우선순위 결과

<표 11> 기법별 요소의 가중치 비교

구 분	간판과제	재원확보	기술과급	성공가능	참여범위	사업목표
SMART	0.190	0.238	0.048	0.286	0.095	0.143
DVM	0.137	0.282	0.071	0.350	0.075	0.085
AHP	0.210	0.263	0.063	0.269	0.091	0.106

5. 장단점 비교

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

단순다속성평점기법(SMART)은 현재 일상 실무에서 사용하는 친숙한 기법으로 단순하고 신속한 의사결정에 사용할 수 있으며, 새로운 대안 생성시 대안의 평가가 용이한 장점을 지닌 반면, 순위(ranking)을 통한 가중치 산정의

못한 평가 결과에 대한 논리성과 설득력에 있어서는 다소 부족하여 과제 책임자들을 설득시키기에는 다소 문제점이 발생하였다.

차별가치측정(DVM) 기법은 문제를 구성하는 요소별 효용함수를 문제의 상황에 따라 구성하여 적용함으로써 요소별 효용을 충분히 반영할 수 있으며, 비독립적인 요소들에도 적용 가능하다. 단순다속성평점기법(SMART)과 달리 요소별 최대값을 설정할 필요가 없는 장점을 지닌다. 그러나, 요소의 수가 증가할 때 문제

적용이 복잡하고, 객관적인 효용함수 작성에 많은 시간이 필요하다는 단점이 존재한다. 따라서 이 기법은 요소의 수가 적은 분야와 효용가치의 측정이 용이한 분야에 쉽게 적용할 수 있다. 차별가치측정(DVM) 기법을 활용한 연구개발사업 우선순위 설정 문제는 객관적인 요인별 효용함수 작성을 위해 전문가들의 의견을 어떻게 수렴할 것인가? 하는 문제가 가장 많은 시

간과 노력을 필요로 하였다. 또한 수렴된 의견을 바탕으로 효용함수 작성시 각 요인별 수행도에 따른 효용정도가 전문가별로 각각 달라, 이를 통합한 요인별 함수를 만드는 과정이 가장 어려웠다. 계층분석과정(AHP)은 문제자체를 계층화·세분화함으로써 문제를 세부적으로 평가할 수 있고, 쌍비교의 일관성 검정을 통한 오류정보의

〈표 12〉 기법별 장단점 비교

구 분	단순다속성평점기법 (SMART)	차별가치측정 (DVM)	계층분석과정 (AHP)
장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>○단순한 적용방법</li> <li>○신속한 의사결정</li> <li>○일반사용자에게 친근감 부여로 활용가능성 높음</li> <li>○새로운 대안 생성시 적용 쉬움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○대안의 효용가치를 요소별로 구분하여 평가에 반영</li> <li>○비독립적인 요소들에 적용가능</li> <li>○요소(속성)의 독립변수 구간 제한 없음</li> <li>○새로운 대안 생성시 적용 쉬움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○문제를 계층화·세분화하여 문제로의 체계적 접근</li> <li>○오류정보의 유입을 방지하는 기능을 지님</li> <li>○요소 중요도의 객관성, 신뢰성 지님</li> <li>○문제 전체에 대한 평가의 일관성 보유</li> </ul>
단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>○요소(속성)의 최대·최소구간 설정필요</li> <li>○요인별 수행도 설정문제</li> <li>○가산모형에 국한</li> <li>○등간격 가중치 산정으로 요소의 중요도 충분히 반영 못함.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○문제적용 시 복잡함</li> <li>○효용함수 작성에 많은 시간 소요</li> <li>○요인별 수행도 설정문제</li> <li>○요소의 수가 많을 시 적용 힘들</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○계산의 복잡성</li> <li>○S/W적용 필요</li> <li>○요소 및 대안수 증가에 따라 쌍비교 급증</li> <li>○쌍비교의 피드백 회수 증가</li> <li>○새로운 대안 생성시 AHP문제 다시 적용</li> <li>○수리적 접근으로 인한 사용자의 거부반응</li> </ul>
적용분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>○요소간 상호독립 하의 문제</li> <li>○신속, 대략적 우선순위 선정문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○효용가치의 측정이 용이한 분야</li> <li>○요소(속성)의 수가 적은 분야</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○요소간 상호독립 하의 문제</li> <li>○복잡도가 높은 문제</li> <li>○일관된(혹은 정밀한) 의사결정을 요하는 문제</li> <li>○대안수가 적은 문제</li> </ul>
총합모형	<ul style="list-style-type: none"> <li>○가산모형</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○가산모형</li> <li>○승산모형</li> <li>○다선형모형</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○쌍비교를 통한 고유벡터 (eigen vector)</li> </ul>

배제 및 요소의 중요도에 대한 객관성·신뢰성을 지니는 등 문제 평가에 대한 전반적 일관성이 매우 높다. 반면 수리적인 학문을 배경으로 하고 있어 계산이 복잡하고 이에따른 사용자의 거부반응이 나타날 수 있다. 요소의 증가는 쌍비교 회수를 기하급수적으로 증가시키며, 쌍비교의 일관성을 위해 동일한 쌍비교를 반복해서 수행해야하는 경우가 발생하게 된다. 기존의 문제에 새로운 대안이 생성될 시 계층분석과정(AHP) 기법은 해당문제를 처음부터 다시 적용해야 한다는 점이 큰 단점이다.

이 기법을 적용한 연구개발사업 우선순위 설정 과정상에서는 요인별 가중치 산정의 일관성을 확보(C.R.<0.1)하기 위해 전문가들을 대상으로 계속되는 반복적인 쌍비교 과정을 실시하였고, 8개의 연구개발사업의 수로 개별 전문가들의 쌍비교 실시 시간이 증가한 것이 단점이었다. 그러나 계층분석과정(AHP)을 통한 결과는 전반적으로 요인별 가중치 산정의 객관적 논리로 이해 당사자들을 설득시킬 수 있었다.

따라서 계층분석과정(AHP)은 복잡도가 높아 문제를 계층적으로 세분화하여 해결해야 하는 문제나 객관적이고 정밀한 의사결정을 요하는 문제, 그리고 대안의 수가 적은 문제에 적용할 수 있다.

각 기법별 장단점은 <표 12>에 정리하였다.

## V. 결 론

본 연구는 연구개발사업을 대상으로 다속성효용이론(MAUT) 기법 중 단순다속성평점기법(SMART)과 차별가치측정(DVM) 기법의 적용가능성을 사례를 통해 검증하였으며, 기존에 많이 사용되는 계층분석과정(AHP)와 특성을 비교하였다.

연구개발사업 우선순위 평가를 위해 도출된 6개 평가요소, 즉 ①간판과제 당위성, ②재원확보 가능성, ③기술파급 효과, ④성공 가능성, ⑤사업참여 범위, ⑥사업목표 및 내용의 명료성 등에 대해 각 기법별로 가중치와 효용함수를 도출하여 8개 사업에 대한 우선순위를 정량적으로 평가하였다.

단순다속성평점기법(SMART)은 현재 일상실무에서 사용하는 평점(scoring)기법과 유사한 기법으로 단순하고 신속하여 실무사용자 측면에서는 활용하기 용이하나, 각 요소별 순위 활용시 가중치가 등간격으로 요소의 중요도를 정확히 반영하지 못하는 등 이해 당사자들을 설득시키기에는 다소 부족한 기법이다. 반면 차별가치측정(DVM) 기법은 단순다속성평점기법(SMART) 방법과 유사하나 각 요소의 효용가치를 충분히 평가에 반영할 수 있다는 장점에 비해 문제의 적용 과정이 복잡하다는 단점이 있다. 계층분석과정(AHP)은 평가의 일관성, 신뢰성 측면에는 큰 장점이 있으나, 문제의 구성에 따른 쌍비교 회수와 일관성 비율을 고려할 때 많은 시간이 소요된다.

연구개발사업의 우선순위 평가는 사업의 특성과 후보사업의 수에 따라 적용하는 기법을 달리해야 할 것이다. 일반적으로 다속성효용이론(MAUT)은 각 요소별 효용함수를 만들어냄으로써 각 요소에 대한 평가자들의 효용을 구체적으로 파악할 수 있다는 점이 가장 큰 장점이며, 반면에 계층분석과정(AHP)은 쌍비교를 통해 일관성 있고 객관적인 요소별 가중치를 선정하는데 그 특성이 나타난다. 이러한 다속성효용이론(MAUT)과 계층분석과정(AHP)의 장점을 활용한 혼합모형이 개발되면 요소 가중치 산정에 있어 객관적이고 일관된 특성을 지니면서, 문제를 구성하는 요소에 대한 대안의 효용을 측정할 수 있는 방법으로 우선순위 선정에 매우



유용할 것으로 사료된다. 이러한 모형은 연구개발사업의 자원배분을 위한 확장된 모형에 객관적인 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

## 參 考 文 獻

- 김성철·어하준, "AHP 가중치 결정에서의 다수 전문가 의견종합 방법", 「한국경영과학회지」, 제 19권 제 3호, 1994, pp. 41~49.
- 김승렬·전희숙, "AHP를 이용한 소프트웨어 외주 업체 선정방안에 관한 연구", 「경영과학」, 제 12권 제 2호, 1995, pp. 15~30.
- 김정흠 외, 「한국기계연구원의 연구개발 방향 정립에 관한 연구」, 한국기계연구원, 1998.
- 노화준·이달곤·노시평·김태일, 「연구기관 종합평가를 위한 평가요소의 발전과 가중치 설정 연구」, 과학기술정책관리연구소, 1996.
- 백광천·서의호·서창교·이영민, "R&D투자 모형 결정 및 자원배분에 관한 연구: 한국통신의 TOP 기술발전전략을 중심으로" 「경영과학」, 제 10권 제 1호, 1993, pp. 81~105.
- 변대호, "AHP를 이용한 자동차 구입모델 선정에 관한 연구", 「경영과학」, 제 13권 제 3호, 1996, pp. 75~90.
- 이무신·엄기용, 신용운, "연구지원기관의 성과평가에 관한 연구: 한국과학재단에 대한 평가항목을 중심으로", 「경영과학」, 제 14권 제 1호, 1997, pp. 177~203.
- 이성근·윤민석, 「AHP기법을 이용한 마케팅 의사결정」, 석정, 1994.
- 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.
- 허은녕, "환경오염 저감의 경제적 가치분석", 한국기술혁신학회 하계 콜로퀴엄, 1998.
- Americo Albala, "State Approach for the Evaluation and Selection of R&D Organization in a Developing Country", *R&D Management*, Vol. 27, No. 2, 1997.
- 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.
- Derek R. Augood, "A Review of R&D Evaluation Methods", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 6, No. 3, 1963.
- Edwards and Ward, "How to Use Multi Attribute Utility Measurement for Social Decisionmaking", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, May, 1977, pp. 326~340.
- Expert Choice, Inc. <http://www.expertchoice.com/>
- Fishburn P., "Methods of Estimating Additive Utilities", *Management Science*, Vol. 13, No. 7, 1967.
- 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.
- 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.
- Hobbs, and F. Benjamin F., "A Comparison of Weighting Methods in Power Plant Siting", *Decision Science*, Vol. 11, No. 4, 1980, pp. 725~737.
- Johnson, M. Edgar and G. P. Huber, "The Technology of Utility Assessment", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, May, 1977, pp. 311~325.
- Keeney Ralph L., John F. Lathrop and Alan Sichertman(1986), "An Analysis of Baltimore

- Gas and Electric Company's Technology Choice", *Operation Research*, Vol. 34, No. 1, pp. 18~39.
- McDaniels, Timothy L., "A MultiAttribute Index for Evaluating Environmental Impacts of Electric Utilities", *Journal of Environmental Management*, Vol. 46, 1996, pp. 57~66.
- Miller J. R., *A Systematic Procedure for Assessing the Worth of Complex Alternatives*, AD-662-001, Defense Documentation Center, Washington D. C., 1967.
- Parker, Barnett R. and V. Srinivasan, "A Consumer Preference Approach to the Planning of Rural Primary Health-Care Facilities", *Operations Research*, Vol. 24, No. 5, 1976, pp. 991~1025.
- Raiffa H., *Decision Analysis*, Addison-Wesley, 1968.
- Saaty T. L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGRAW-HILL, 1980.
- 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.
- Turban E. and M. L. Metersky, "Utility Theory Applied to Multi-variable System Effectiveness Evaluation", *Management Science*, Vol. 17, No. 12, 1971.
- Vargas Luis G., "An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications", *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, 1990, pp. 2~8.
- Winterfeldt, Detlof V. and Ward Edwards, *Decision Analysis and Behavioral Research*, Cambridge University Press, 1986.
- Zahedi Fatemeh, "The Analytic Hierarchy Process-A Survey of the Method and Its Applications", *INTERFACES*, Vol. 16, No. 4, 1986, pp. 86~108.