

연구논문

# 정부연구개발사업의 평가모형

## AHP와 MAUT의 비교 및 적용가능성을 중심으로

오정훈 · 광승준

연구개발 활동이 기술혁신을 통한 국가경쟁력 강화의 중요한 전략적 요소로 인식됨에 따라 우리나라에서도 연구개발 활동에 대한 국가의 지원과 개입이 점차 활발해지고 있다. 이에 따라 국가주도 연구개발사업에 대한 성과분석과 평가의 문제가 중요하게 대두되고 있으며, 본 논문에서는 연구개발사업의 평가자들이 지닌 주관적이고 정성적인 견해를 객관화하고 정량화할 수 있는 다속성 효용이론과 계층화 분석법을 통해 사후평가의 관점에서 정부연구개발사업의 평가모형을 설명하고자 한다. 본 논문에서는 의사결정기법의 하나로 널리 알려진 다속성 효용이론과 계층화 분석법을 비교 설명하고 실제 평가사례에 대한 응용가능성을 모색하였다. 이러한 과정을 통해 연구개발사업이 지닌 특성에 따라 평가모형을 설정할 때 고려해야 하는 사항과 방법론적 특징들을 파악할 수 있으며, 본 논문의 결과는 앞으로 연구개발사업의 평가를 보다 합리적이고 객관화하는 데 구체적인 정책적 시사점을 제공할 수 있다.

### 오정훈은

미국 Northern Illinois University에서 경제학 박사 학위를 받고, 현재 고려대학교 경제학과 교수로 재직중이다.

dcch415@hananet.net

### 광승준은

미국 Vanderbilt University에서 경제학 박사학위를 받고, 현재 고려대학교 경제학과 교수로 재직중이다.

sjkwek@korea.ac.kr

주제어 : 국가연구개발사업, 다속성 효용이론, 계층화 분석법, 연구개발평가

## 1. 서론

현재 연구개발 활동이 기술혁신과 그를 통한 국가경쟁력 확보의 가장 중요한 전략적 요소로 인식됨에 따라 전 세계적으로 연구개발 활동에 대한 정부의 지원과 개입이 점차 활발해져가고 있다. 우리나라의 경우 연구개발의 장기화, 대형화 현상이 뚜렷해지면서 산업계·학계·연구계 등의 다양한 주체들의 협력과 공동노력의 형태를 갖고 있는 국가주도 연구개발사업에 대해 지원규모와 관심이 증가되고 있는 추세에 있다. 이러한 경향에 대응하여 국가주도 연구개발사업의 실시뿐

만 아니라 한정된 자원이 연구개발사업에 효율적으로 배분되었는가를 살펴보는 연구개발사업의 평가문제의 중요성이 대두되고 있어(임운철 외, 1997; 김종범, 1999), 정부연구개발사업의 평가모형 수립에 대한 체계적 연구가 절실한 실정이다.

이러한 상황에서 본 논문은 정부주도 연구개발사업의 평가에 활용될 수 있는 다속성 효용이론과 계층화 분석법을 살펴보고, 상호비교 및 이에 대한 논의를 통해 앞으로 연구개발 활동뿐만 아니라 연구개발 평가 자체의 효율성과 합리성을 높이고, 연구결과의 활용성을 높이는 것을 목적으로 한다. 또한 사례연구로서 원자력연구개발사업에 대한 개별 프로젝트의 순위평가를 통해 평가지표개발과 실제평가에 대한 예를 제시하고자 한다.

사실 자원의 효율적 배분과 관련한 연구개발사업의 평가문제는 여러 분야에서 오랫동안 많은 관심의 대상이 되어 왔다. 특히 연구개발의 자원배분 문제에 대해 연구기관 단위 차원에서는 이미 전부터 논의가 있어왔다(박주형·김정흠, 1999).

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 직관적 방법 등 많은 방법들이 제시되고 있으나, 본 논문에서는 오래 전부터 연구되어 의사결정 문제에 적용되기 시작한 다속성 효용이론(MAUT, *Multi-Attribute Utility Theory*)을 연구사업의 순위평가문제에 적용시켜 보았고, 최근 많이 사용하기 시작하는 계층화 분석법(AHP, *Analytic Hierarchy Process*)의 결과와 비교해 보았다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2절에서는 연구 방법론인 AHP와 MAUT에 대한 소개와 연구개발사업의 사후평가문제에 대한 적용 가능성을 제시한다. 제 3절에서는 AHP와 MAUT에 대한 적용사례로서 원자력연구개발사업을 구성하고 있는 세부과제에 대한 평가의 정량화와 순위평가를 실시하고 그 결과를 설명한다. 제 4절과 제 5절은

결론으로서 연구결과를 요약하고 도출된 결과의 잠재적 유용성과 정책적 시사점에 대해 논의한다.

## 2. 연구개발사업의 평가방법론: 다속성 효용이론과 계층화 분석법

앞서 서론에서 언급했듯이 한정된 자원의 효율적 배분과 효과적 이용을 위해 연구개발사업의 상대적 성과를 측정하고 평가하는 문제는 매우 중요한 의의를 지니고 있다. 여기서 측정과 평가의 문제는 결국 평가자들의 개별적이고 주관적인 견해를 객관적이고 합리적으로 정량화하는 것으로 이해된다. 따라서 이러한 연구개발사업의 평가문제는 다기준 의사결정(MCDM, *multicriteria decision making*) 분야에 적합한 주제라 할 수 있다. 왜냐하면 이러한 문제에서는 평가자(또는 의사결정자)가 가진 다양한 기준에 대한 주관적 견해가 문제의 해결에 핵심적 역할을 하고 있기 때문이다(Rangone, 1996).

이에 따라 평가자의 견해나 주관적 선호를 객관적으로 모형화하기 위해 많은 연구자들의 노력이 이루어져 왔으며, MAUT와 AHP를 이용한 접근이 여러 문헌들에서 시도된 바 있다(Al-Harbi, 2001; Ossadnik and Lange, 1999; Lootsma, 1997; Yang and Lee, 1997; Bard, 1992; Falkner and Benhajla, 1990; 곽승준 외, 2002a).

AHP를 활용한 연구개발사업 또는 개별과제의 평가문제는 프로젝트의 선정평가에 집중되어 온 것이 사실이다. 남인석·김충영(1994)은 정부의 R & D 사업 선정평가에 MAUT와 AHP를 적용하였고, 조근태 외(2000)는 의료기기의 개발사업 선정문제에 AHP를 활용한 바 있다. 반면에 사후적 측면에서 Rangone(1996)은 기업내부 각 부서의 전반적 성과를 측정하고 비교하는 문제에 AHP를 응용한 바 있으며, 곽승준 외(2002b)는 연구개발사업의 사후평가에 AHP를 적용하였다.

## 1) 다속성 효용이론

### (1) MAUT의 개요와 특징

일반적으로 MAUT는 문제를 구성하는 여러 속성들에 대한 개별적 판단으로부터 전체적 의사결정이 가능하도록 평가자가 느끼는 가치에 적절한 가중치를 부여할 수 있는 조건들을 공리적으로 정리한 것이라고 할 수 있다(Keeney, 1982; von Winterfeldt and Edwards, 1986). 즉, MAUT는 선호에 대한 일련의 공리적 이론들이며 각 이론의 중심내용은 다음과 같다.

사람들이 자신의 선호에 근거한 선택을 할 수 있고 이러한 선택들이 공리를 만족시킨다면 효용이나 가치는 숫자로 표현될 수 있으며, 더 큰 값을 갖는 것이 보다 선호되도록 효용함수를 구성할 수 있다는 것이다(이운중, 1999; 이창효, 1999). MAUT를 통한 의사결정론적 접근방법은 지난 40여 년 동안 꾸준히 발전되어 왔을 뿐만 아니라 수자원개발계획, 대규모 발전소 입지 등 환경이나 지역경제에 큰 파급효과를 갖는 대규모 프로젝트 및 공공계획에 대한 공학적, 경영학적 의사결정 과정에 폭 넓게 활용되어 왔다.

또한 Miller(1967)와 Raiffa(1968) 등은 이 기법과 관련한 유용한 결과를 제시하였고, von Winterfeldt and Edwards(1986) 등은 수리적으로 이론의 타당성을 제시한 바 있다. MAUT는 이와 같은 타당성에 대한 정리를 바탕으로 건설입지 선정, 직장 선정, 연구개발사업의 프로젝트 선정 및 투자계획 수립 등 광범위한 의사결정 문제에 적용되어 왔다.

특히 최근에는 비시장재 분야인 환경문제를 고려한 화력발전소 입지 선정문제와 회사의 상황과 기술적용 분야의 속성들을 고려한 최선의 기술 선정문제(McDaniels, 1996; Hobbs and Benjamin, 1980), 그리고 마케팅 차원에서의 소비자의 만족도를 최대화시키는 문제(Parker and Srinivasan, 1976) 등 다양한 분야에 적용되고 있으며, 세부적 효용함수 및 가중치 산정과 관련된 내용도 많이 연구되고 있다

(박주형·김정흠, 1999).

MAUT의 적용단계에는 해당 문제의 정의와 목표, 그리고 목표를 설명할 수 있는 요소(속성)가 설정되면 가장 먼저 속성이 전체 문제에 대해 갖는 기여도를 어떤 방식으로 산정할 것인가, 그리고 개별속성의 효용함수(*individual utility function*)를 어떻게 구성할 것인가, 마지막으로 전체 문제를 어떻게 구조화할 것인가에 따라 여러 형태의 변형된 방법이 제시되고 있다.

본 논문에서는 다속성 효용이론(MAUT)의 여러 방법 중 요소의 중요도 순위(*ranking*)를 활용해 가중치를 산정하고 직접 점수부과식 방법(*direct rating*)을 활용하여 효용함수를 구성하는 과정을 실제 사례평가 문제에 응용하였다. 효용함수의 구성방법은 일반적으로 가장 널리 사용되는 가산모형을 활용하였다.

## (2) MAUT의 특징과 적용절차

본 절에서는 MAUT를 이용하여 고려대상 속성에 대한 전문가의 관점을 수학적으로 대표하는 종합지수(*overall index*), 즉 종합 효용함수(*overall utility function*) 또는 종합 가치함수(*overall worth function*)라고도 불리는 다속성 효용함수(MUF, *multiattribute utility function*)의 개발 단계를 살펴보도록 한다.

### ① 구체적 목표와 평가지표의 식별

연구개발과제로 인한 원자력산업의 선진화란 종합목표달성을 위해 주요 고려대상 평가지표(속성)들을 결정하는 단계는 목표달성의 명확화와 과제평가에 직접적 연관성을 갖고 있기 때문에 중요하다. 구체적 목표와 평가지표의 식별방법은 예를 들어 원자력연구개발사업의 경우 원자력연구개발과제의 구성요소를 잘 이해하고 있는 전문가, 즉 원자력연구개발과제를 수행하고 있는 연구원 및 산업체, 연구개발과제를 담당하고 있는 과학기술부 등을 대상으로 한 인터뷰 시행과 과학적 근거 확보를 위한 문헌조사로 이루어진다.

이와 같은 조사방법과 선별작업을 통해 불필요한 속성을 제외하면서 꼭 필요한 속성을 결정할 수 있다. 1) 속성선택 기준에서 가장 중요한 것은 해당 속성이 사후평가 단계에서 요구되는 범위에 포함되는가 여부이다. 즉, 분석의 범위를 어떻게 정하느냐가 문제인데, 전문가들에게 직접적으로 중요한 문제들만 검토하는 방식으로 한계를 정하는 것이 바람직하다.

### ② 평가지표의 정량화

평가지표의 수준을 정량화하기 위해서는 평가지표의 영향과 관련된 여러 가지 자료들에 대한 광범위한 수집 및 검토작업이 필요하다.

### ③ 가정의 적절성 확인

MAUT는 일련의 공리에 근거하여 개별 속성에 대한 효용함수들을 체계적 형태로 결합함으로써 속성들이 의미하는 바를 명확히 한다. 결합된 모형의 기능적 형태, 즉 지수설정을 위한 모형의 기본적인 형태는 평가속성에 대한 독립성의 유무에 의존한다. 효용함수의 집합에 영향을 주는 속성독립의 조건은 선호독립 (*preferential independence*), 효용독립 (*utility independence*), 가법독립 (*additive independence*)의 세 가지이다. 한편, Stewart(1996)와 Hobbs and Meier(2000)는 일반적으로 실증연구에서 다속성 효용함수 형태를 가법형으로 가정하고 논의를 진행시켜도 결과치가 실제의 가치에 비교적 가깝다고 지적하였다.

실증연구의 관점에서 각 속성이 다른 속성에 대한 수단이 아니라는 점에서 근본적 (*fundamental*) 이고, 속성의 목록이 포괄적 (*comprehensive*) 이라면 독립성에 대한 검증 없이 가법형 형태의 MUF를 사용하는 것이 바람직하다(Keeney, 1992). 또한 가법형 형태는 다양한 상황에서 응용 MAUT 연구에 대해 강건 (*robust*) 할 뿐만 아니라, 보다 복잡한 승법형 (*multiplicative*) 형태의 기본적인 출발점이 되기에 충분하다(Hobbs, 1986; McDaniels, 1996; Stewart, 1996). 따라서 대부분 실증연구에서 의사유도절차의 복잡성을 줄이기 위해 단순한 가법형 형태가 널리 사용된다(Edwards and von Winterfeldt, 1987).

## ④ 단일속성 효용함수의 도출

이 단계에서는 MUF의 구성요소인 단일속성 효용함수의 적합한 형태를 결정한다. 이를 위해서는 먼저, 각 속성에 대한 전문가의 위험태도(*risk-attitude*), 즉 위험기피(*risk-averse*), 위험중립(*risk-neutral*), 위험선호(*risk-prone*)가 결정되어야 한다. 그런 후에 일반적 형태로부터 구체적인 단일속성 효용함수가 식별된다. 단일속성 효용함수는 지수 및 선형함수 형태가 가정되며, 이러한 형태를 사용하는 것이 전문가의 단일속성 효용함수를 도출하는 데 강건한 것으로 알려져 있다.

이론적으로 구간에 따라 증감이나 서로 다른 위험태도가 혼재된 보다 복잡한 함수형태를 사용하여 효용함수의 형태를 결정할 수 있다. 하지만 여러 실증연구결과로 판단할 때, 단일속성 효용함수가 MUF의 구성요소로 사용되는 경우에는 복잡한 효용함수가 거의 요구되지 않는다(Keeney, 1992; Hobbs and Meier, 2000).<sup>2)</sup>

## ⑤ 속성의 상대적 중요도 평가

이 단계의 목적은 여러 속성의 상대적 중요도에 대한 전문가들의 태도를 결정하는 것이다. 전문가들로부터 각 속성에 대한 순위와 가중치 응답을 이끌어냄으로써 각 속성들 중 어느 것이 보다 중요하며 얼마나 더 중요한 지에 대해 분석한다.

## ⑥ MUF의 구성

MAUT 방법에서 도출된 속성들은 연구의 대상이 되는 종합목표에 얼마나 기여하는가를 나타내는 하나의 수학식인 MUF로 결합될 수 있으며, 이는 종합목표를 평가하는 일종의 다속성 지수를 개발하는 데 사용될 수 있다. 다속성 효용함수  $U$ 가 만일 3개의 구성요소를 가지고 있다면 가법적 구조인 경우 식 (1)과 같이 표현될 수 있다.

$$U(x_1, x_2, x_3) = k_1 u_1(x_1) + k_2 u_2(x_2) + k_3 u_3(x_3) \text{-----} (1)$$

여기서  $\sum_{i=1}^3 k_i = 1$ 이고,  $U$ 와  $u_i$ 는 0에서 1사이의 크기를 가지며,  $k_i$ 는 주요 구성요소에 대한 비례상수이다.

만일 효용함수  $u_1$ 이 3개 하위 속성에 대해서 가법적 형태이고, 하위 속성이 다시 각각 2개씩의 속성으로 표현될 수 있다고 할 때, 그 구체적 개별 속성에 대한 효용함수의 형태는 아래의 식과 같이 표현된다.

$$u_1(x_1) = u_1(x_{11}, x_{12}, x_{13}) = k_{11}u_{11}(x_{11}) + k_{12}u_{12}(x_{12}) + k_{13}u_{13}(x_{13}) \quad (2)$$

$$u_{11}(x_{11}) = u_{11}(x_{111}, x_{112}) = k_{111}u_{111}(x_{111}) + k_{112}u_{112}(x_{112}) \quad (3)$$

$$u_{12}(x_{12}) = u_{12}(x_{121}, x_{122}) = k_{121}u_{121}(x_{121}) + k_{122}u_{122}(x_{122}) \quad (4)$$

$$u_{13}(x_{13}) = u_{13}(x_{131}, x_{132}) = k_{131}u_{131}(x_{131}) + k_{132}u_{132}(x_{132}) \quad (5)$$

여기서  $\sum_{i=1}^3 k_i = 1$ ,  $\sum_{i=1}^2 k_{11i} = 1$ ,  $\sum_{i=1}^2 k_{12i} = 1$ ,  $\sum_{i=1}^2 k_{13i} = 1$ 이 만족되며, 모든  $u(\cdot)$ 는 각 속성의 범위에 걸쳐 0에서 1사이의 값을 가지고,  $k_i$ 는 이러한 범위에 대응되는 비례상수이다.

## 2) 계층화 분석법

### (1) AHP의 개요

AHP는 문제를 구성하고 있는 여러 속성들을 계층적으로 분류하여 각 속성의 중요도를 파악함으로써 최적 대안을 평가하는 기법으로 Tomas L. Saaty에 의해서 개발되었다. 이 기법은 평가자가 선택할 수 있는 여러 가지 대안들을 체계적으로 순위화시키고, 그 가중치를 비율척도(ratio scale)로 도출하는 방법을 제시한다(Saaty, 1980).

이러한 방법론적 특징을 지닌 AHP는 다양한 분야 특히 연구개발사업 내에 속한 개별과제들의 결과를 비교·평가하는 분야에 응용될 수 있는 확장성을 갖고 있다. 이는 AHP가 의사결정 및 판단에 필요한



속성의 식별과 이에 대한 대안간의 비교라는 개념적 특징을 지니고 있기 때문이다. 현재 평가의 대상으로 선정된 원자력연구개발사업의 개별 과제들을 비교·평가하는 데 있어 각 평가요소간의 중요도를 비교하거나, 각 프로젝트의 우선순위를 비교할 수 있는 어떤 객관적 모형 또는 정량적 틀을 설정하는 일은 결코 쉽지 않은 작업이다.

연구개발사업에 대한 비교와 평가항목을 설정하는데 있어 만일 수리적 기법<sup>3)</sup>만을 활용한다면, 결과가 정량화될 수 있는 문제에는 비교적 잘 적용될 수 있을 것이나, 원자력연구개발사업과 같이 개별 과제의 평가요소와 결과가 매우 다차원적 성격을 갖는 경우라면 그러한 기법을 적용하기가 매우 어려울 것이다. 따라서 이러한 경우에 다양하며 서로 상충될 가능성이 있는 평가기준과 평가항목들에 대한 중요도를 결정하기 위해서는 관련 분야의 전문가들이 내린 주관적 판단을 종합하여 하나의 대안을 구성할 수 있도록 하는 방법론의 적용이 요구된다.

Saaty가 제안한 AHP는 이렇게 정량적 분석이 곤란한 의사결정 분야에 전문가들의 정성적 지식을 이용하여 경쟁되는 요소의 가중치 또는 중요도를 구하는 데 유용하게 응용될 수 있다(남인석·김충영, 1994; 김영규·노시천, 1997).

## (2) AHP 기법의 특징과 적용절차

대안선정을 위해서는 주관적인 개개인의 주장과 판단을 객관적 절차를 통해 검증할 필요가 있는데, 이때 AHP가 이러한 검증기법으로 사용될 수 있다. 이는 평가기준이 다수의 요소로 나뉘어져 있는 경우 통합적 평가를 위해 적합한 기법이라고 볼 수 있기 때문이다.

AHP를 적용하는 데 있어 먼저 문제의 구조화와 더불어 계층적 분화(*decomposition*)가 필요하다. 여기서 말하는 계층적 분화란 평가자가 당면하고 있는 문제에 대해 그것을 구성하고 있는 하위 속성이나 요소 등을 계층적으로 구분해 내는 것을 말한다. 이렇게 문제의 계층화가 이루어졌을 경우 서로 다른 계층의 요소들간에는 상호 독립성이

유지되지만 동일 계층의 요소들간에는 서로 비교가 가능하게 된다 (Saaty, 1990). AHP가 갖는 계층적 분화의 특징은 의사결정 기준들 간의 유기적 관계를 계층적으로 파악함으로써 수많은 평가기준들이 포함된 복잡한 문제에 대해서도 체계적 분석이 가능하다는 점이다. 일반적으로 AHP의 적용절차는 다음과 같이 요약될 수 있다(Udo, 2000; Yang and Lee, 1997; Saaty, 1994).

① 문제의 구조화(problem decomposition and model structuring)

AHP를 적용하기 위해서는 먼저 문제를 정의하고, 이를 구성하는 중요한 속성 내지는 요소들에 대한 계층화 작업이 이루어져야 한다. 이러한 과정을 통해 당면한 문제를 방법론을 통해 해결할 수 있게끔 하는 모형이 구성되며, 모형 내에는 문제의 핵심적 요소 및 그들간의 관계가 표현된다.

② 이원비교를 이용한 의사결정자의 판단(prioritizing objectives using pairwise comparison)

AHP를 적용하는 데 있어 평가자의 판단은 크게 계층 내 요소들간의 비교와 특정 요소하에서 대안간의 비교로 나뉘어지게 되며, 비교의 형식은 이원비교(pairwise comparison)를 사용한다. 연구자는 이러한 평가자의 판단 가운데 계층 내 요소들간의 이원비교를 이용하여 요소들 사이의 우선순위 내지는 문제에서 차지하는 영향력의 정도를 도출하게 된다.

③ 가능한 선택대안들간의 최종순위 도출(evaluation of alternatives)

평가자에게 당면한 문제에 대해 이를 구성하고 있는 하위 목표에 대한 우선순위 관계 또는 문제에서 차지하는 영향력 등에 대한 정보가 얻어졌다면 이를 이용한 문제의 평가가 가능해진다.

### 3. 실증연구를 통한 사례분석

본 절에서는 앞서 제시한 두 가지 평가방법론인 MAUT와 AHP를 활용한 예로서 원자력연구개발사업의 일부에 대해 실제 평가를 실시하고 분석결과를 제시하고자 한다. 원자력연구개발사업은 국가주도 연구개발사업의 하나로 원자로 및 핵연료, 원자력안전, 방사성폐기물관리, 방사선 이용 및 방호, 원자력기반 등의 원자력 각 분야로 구성되는 목표지향적 중점연구개발사업으로 시행되고 있다.

본 연구에서는 가장 먼저 원자력연구개발사업의 평가관점을 원자력산업의 경쟁력효과, 원자력산업의 기술개발효과, 그리고 연구결과의 효율성 등 세 가지 측면으로 나누고 각각의 상위항목에 해당하는 주항목과 세부항목을 <그림 1>과 같이 설정하였다.<sup>4)</sup>

#### 1) AHP의 분석결과

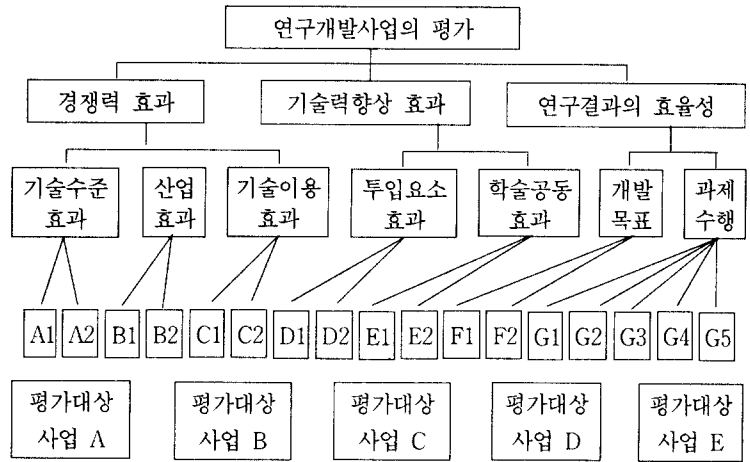
본 연구에서는 원자력연구개발사업 중장기 과제에 참여한 경력이 있거나 또는 관련 전문가의 추천을 받은 원자력 관련 전문가들을 대상으로 직접/우편설문을 실시하여 <그림 1>에 제시된 계층의 각 요소에 대한 상대적 중요성의 정도를 평가하였다. 그리고 각 요소에 대한 가중치를 계산하기 위해 설문응답을 토대로 상위계층부터 하위계층까지의 가중치를 차례대로 계산하였다. 먼저 연구개발사업의 평가를 구성하고 있는 두 번째 계층의 요소인 '원자력산업의 경쟁력효과', '원자력기술력 향상효과', 그리고 '연구결과의 효율성효과'에 대한 각 평가자들의 이원비교결과를 계산하여 이를 집계하였다.

그 다음으로 '원자력산업의 경쟁력효과'의 하위계층을 구성하고 있는 '기술수준효과', '산업효과', '기술이용효과'에 대한 이원비교를 실시하였으며, 나머지 계층의 요소들에 대해서도 마찬가지로 상대적 중요성의 정도를 측정하였다. 평가자의 이원비교를 측정하는 데 있어 일치성(*consistency ratio*)의 정도가 0.01 이내인 경우 신뢰성이

높은 값을 얻었다고 할 수 있으므로, 연구에서는 개별 응답자들의 일치성지수를 점검하고 0.01 이내의 값을 보인 응답을 가중치 계산에 포함시켰다.

각 계층을 구성하는 요소들에 대한 가중치가 결정되면 각 값들을

그림 1  
연구개발 프로젝트  
순위평가에 대한  
의사결정 계층도



- A1 기술축적효과
- A2 기술선진화효과
- B1 수입대체효과
- B2 수출산업효과
- C1 연구개발결과의 파급효과
- C2 최종 연구결과의 활용성
- D1 국내외 전문가의 효율적 활용 여부
- D2 주요 연구시설 및 설비확보효과
- E1 공개발표된 연구개발성과
- E2 산학연간 네트워크 구축효과
- F1 연구개발 목표달성 여부
- F2 계획·전략의 적정성
- G1 관련문헌 및 자료조사의 충실성
- G2 실험 및 조사·분석 결과의 신뢰도
- G3 관련기술개발 기간단축효과
- G4 연구책임자·연구원의 역할분담 및 수행적정성
- G5 당초 과제계획서의 연구방법 및 추진체계의 효율적 수행 여부

정규화함으로써 동일 계층 내에서의 상대적 크기를 파악할 수 있게끔 하였으며, 이렇게 상위계층부터 부분적 우선순위가 결정되면 이를 이용하여 다음 하위단계의 우선순위를 구하였다. 이렇게 하여 최종적으로 개별 프로젝트의 비교에 관한 평가항목을 구성하는 17개 세부항목에 대해서 종합적 우선순위를 도출하였으며, 그 결과가 <표 1>에 제시되어 있다.<sup>5)</sup>

원자력연구개발사업의 관련 전문가를 대상으로 조사한 결과에 따르면, 평가를 구성하는 가중치 측면에서 볼 때, 원자력연구개발사업의 성과를 평가하는 데 있어 우선적으로 원자력산업의 경쟁력효과를 고

표 1 계층별 가중치의 계산결과

구분	주항목	세부항목
1. 원자력산업의 경쟁력효과 (0.644)	1.1 기술수준효과 (0.080)	1.1.1 기술축적효과(0.0192)
		1.1.2 기술선진화효과(0.1356)
	1.2 산업효과 (0.038)	1.2.1 수입대체효과(0.0644)
		1.2.2 수출산업효과(0.0093)
	1.3 기술이용효과 (0.213)	1.3.1 연구개발결과의 파급효과(0.0514)
		1.3.2 최종 연구결과의 활용성(0.3609)
2. 원자력기술력 향상효과 (0.085)	2.1 투입요소효과 (0.276)	2.1.1 국내외 전문가의 효율적 활용여부(0.0617)
		2.1.2 주요 연구시설 및 설비확보효과(0.0087)
	2.2 학술공동효과 (0.055)	2.2.1 공개발표된 연구개발성과(0.0123)
		2.2.2 산학연간 네트워크 구축효과(0.0018)
3. 연구결과의 효율성효과 (0.271)	3.1 개발목표 (0.290)	3.1.1 연구개발 목표달성 여부(0.2069)
		3.1.2 계획·전략의 적정성(0.0295)
	3.2 과제수행 (0.047)	3.2.1 관련문헌 및 자료조사의 충실성(0.0066)
		3.2.2 실험 및 조사·분석 결과의 신뢰도(0.0177)
		3.2.3 관련기술개발 기간단축효과(0.0066)
		3.2.4 연구책임자·연구원의 역할분담 및 수행적정성(0.0006)
		3.2.5 당초 과제계획서의 연구방법 및 추진체계의 효율적 수행여부(0.0066)

려하고 있으며, 연구결과의 효율성과 기술력 향상효과를 그 다음 순위로 중요하게 파악하고 있음을 알 수 있다. 또한 평가와 관련된 세부항목의 우선순위 및 중요도는 <표 2>에 제시되어 있듯이 최종연구결과의 활용성과 연구개발목표의 달성여부, 기술선진화 효과, 그리고 연구개발사업으로 인한 수입대체 효과 측면 등을 중요한 항목으로 선정하고 있는 것으로 나타났다.

## 2) MAUT의 적용절차와 분석결과

본 연구에서 수행된 평가지표의 정량화 과정은 국내문헌들을 수집하여 외국의 문헌과의 비교를 통해 평가지표의 단위 및 범위를 결정

**표 2**  
세부항목의 우선순위  
및 중요도

우선순위	세부항목	중요도
1	1.3.2 최종 연구결과의 활용성	0.3609
2	3.1.1 연구개발 목표달성 여부	0.2069
3	1.1.2 기술선진화효과	0.1356
4	1.2.1 수입대체효과	0.0644
5	2.1.1 국내외 전문가의 효율적 활용 여부	0.0617
6	1.3.1 연구개발결과의 파급효과	0.0514
7	3.1.2 계획·전략의 적정성	0.0295
8	1.1.1 기술축적효과	0.0192
9	3.2.2 실험 및 조사·분석 결과의 신뢰도	0.0177
10	2.2.1 공개발표된 연구개발성과	0.0123
11	1.2.2 수출산업효과	0.0093
12	2.1.2 주요 연구시설 및 설비확보효과	0.0087
13	3.2.3 관련기술개발 기간단축효과	0.0066
13	3.2.5 당초 과제계획서의 연구방법 및 추진체계의 효율적 수행여부	0.0066
13	3.2.1 관련문헌 및 자료조사의 충실성	0.0066
16	2.2.2 산학연간 네트워크 구축효과	0.0018
17	3.2.4 연구책임자·연구원의 역할분담 및 수행적정성	0.0006
계		1.0000

하였으며, 결정된 평가지표의 단위 및 범위는 33명의 전문가들로부터 검토를 받았다. 그 결과는 <표 3>에 제시되어 있다.

그 다음으로 속성의 가중치를 결정하기 위해 스윙기법(swing weight-

표 3  
속성의 평가단위 및 범위

속 성	가장 좋은 수준	가장 나쁜 수준
1.1.1 기술축적효과 연구개발사업으로 인한 기술자립도(%)	100	0
1.1.2 기술선진화 정도 선진국과의 기술격차년수(년)	0	20
1.2.1 수입대체효과 개발된 기술·제품의 연간 수입대체액(억 원/년)	1000	0
1.2.2 수출산업효과 수출증가율(%)	100	0
1.3.1 연구개발결과의 파급효과 기술이용증가율(%)	100	0
1.3.2 최종연구결과의 활용성 기업의 연구개발 활용률(%)	100	0
2.1.1 국내외 전문가의 효율적 활용도 자문 및 의견수렴의 적정성(%)	100	0
2.1.2 주요 연구시설 및 설비확보 정도 연구개발을 위한 설비·장비의 증가수(개)	30	10
2.2.1 공개발표된 연구개발성과 논문발표건수(편/년)	50	0
2.2.2 산학연간 네트워크 구축효과 공동연구수행횟수(회수/년)	20	0
3.1.1 연구개발 목표 달성도 과제계획서의 단계연구목표 달성도(%)	100	0
3.1.2 계획·전략의 적정성 연구범위 일정계획에 따른 추진체계의 적정성(%)	100	0
3.2.1 관련문헌 및 자료조사의 충실성 관련문헌 및 자료조사의 타당성(%)	100	0
3.2.2 실험 및 조사·분석결과의 신뢰도 실험 및 조사·분석 결과의 신뢰도(%)	100	0
3.2.3 관련 기술개발기간 단축효과 연구기간 대비 기술개발기간 단축률(%)	100	0
3.2.4 연구책임자·연구원의 역할분담 및 수행적정성 역할분담 및 수행적정성(%)	100	0
3.2.5 당초 과제계획서의 연구방법 및 추진체계의 효율성 추진체계의 타당성(%)	100	0

ing)을 사용하였다(Roessler and McDaniels, 1994; Hobbs and Meier, 2000; Russell et al., 2001; Yoo et al., 2001; Kwak et al., 2002). 마지막으로 속성별 가중치를 집계하고 그 결과를 통해 다속성 효용함수를 구성하였다. 다속성 효용함수에 포함되는 각 평가지표별 가중치의 값은 <표 4>에 제시된 바와 같다.

도출된 가중치는 각 속성이 <표 3>의 최저수준에서 최고수준으로 변하는 것에 대한 상대적 중요도를 나타낸다. 즉, 가중치는 여러 속성들이 원자력산업의 선진화라는 종합목표에 얼마나 기여하는지를 나타내며 사후평가지표인 다속성 지수를 의미한다. <표 4>에서 전문가들은 주어진 범위 내에서 '연구개발 목표달성(3.1.1)', '계획·전략의 적정성(3.1.2)'을 중요한 속성으로 평가하였다.

표 4  
가중치산정과  
중요도 순위

속성	산술평균		기하평균	
	가중치	순위	가중치	순위
1.1.1	0.04370	12	0.03780	12
1.1.2	0.03665	13	0.03378	16
1.2.1	0.05628	9	0.05865	9
1.2.2	0.02651	17	0.02782	17
1.3.1	0.06948	6	0.07265	4
1.3.2	0.08578	3	0.09343	3
2.1.1	0.06981	5	0.05887	8
2.1.2	0.04620	11	0.04101	11
2.2.1	0.08239	4	0.06467	6
2.2.2	0.03563	14	0.03564	13
3.1.1	0.11167	1	0.12303	1
3.1.2	0.09593	2	0.10136	2
3.2.1	0.03219	16	0.03422	15
3.2.2	0.06131	8	0.06278	7
3.2.3	0.03409	15	0.03526	14
3.2.4	0.04933	10	0.05036	10
3.2.5	0.06305	7	0.06867	5
계	1.00000		1.00000	



#### 4. 연구결과에 대한 논의

##### 1) 연구결과의 비교

앞서 제 2절에서는 MAUT와 AHP 방법론간에 존재하는 이론적 차이점을 제시한 바 있다. 이에 따르면 MAUT의 경우에는 평가지표의 수가 늘어남에 따라 객관적 다속성 효용함수를 구하기 위해 많은 노력이 요구되나, 일단 다속성 효용함수가 구성되고 나면 유사한 문제나 사례에 대한 반복적 적용이 용이하여 신속한 의사결정이나 평가가 이루어질 수 있게 된다.

반면 AHP의 경우에는 평가문제를 계층화하여 이원비교를 통해 객

표 5  
두 연구결과의 비교

연구기법 속성	AHP		MAUT(기하평균)	
	가중치	순위	가중치	순위
1.1.1	0.0192	8	0.03780	12
1.1.2	0.1356	3	0.03378	16
1.2.1	0.0644	4	0.05865	9
1.2.2	0.0093	11	0.02782	17
1.3.1	0.0514	6	0.07265	4
1.3.2	0.3609	1	0.09343	3
2.1.1	0.0617	5	0.05887	8
2.1.2	0.0087	12	0.04101	11
2.2.1	0.0123	10	0.06467	6
2.2.2	0.0018	16	0.03564	13
3.1.1	0.2069	2	0.12303	1
3.1.2	0.0295	7	0.10136	2
3.2.1	0.0066	13	0.03422	15
3.2.2	0.0177	9	0.06278	7
3.2.3	0.0066	13	0.03526	14
3.2.4	0.0006	17	0.05036	10
3.2.5	0.0066	13	0.06867	5
계	1.00000		1.00000	

관성과 신뢰성을 확보할 수 있는 반면, 평가지표가 늘어나게 됨에 따라 비교횟수가 크게 증가하여 평가자가 연구결과를 평가하는 데 큰 심리적 부담을 지낼 수 있다. 다만 AHP에서는 결과에 대한 일관성지수를 계산할 수 있어 평가결과에 대한 신뢰성을 정량화할 수 있다는 장점을 갖는다.

〈표 5〉에는 두 가지 사례의 결과가 평가지표별 가중치의 형태로 종합적으로 제시되어 있다. 〈표 5〉을 통해 본 결과 MAUT와 AHP 간에 실제 도출된 평가지표별 가중치의 순위가 서로 다른 것으로 나타나 있으나, 속성간 가중치 순위로 비교해 볼 때 각각 상위 10개 속성그룹 가운데 8개가 일치하는 것을 알 수 있다. 평가지표별 가중치뿐만 아니라 5개 세부과제에 대한 순위평가 결과는 〈표 6〉에 제시되어 있다.

〈표 6〉에 제시된 MAUT와 AHP를 이용한 종합적 순위평가 사례를 보면 5개 과제에 대한 1번째와 2번째 순위는 모두 동일하게 평가된 반면 3, 4, 5번째 순위는 서로 달라진 것을 알 수 있다. MAUT를 통해 평가한 경우 C, D, E과제의 순으로 점수가 부여되었으나, AHP의 경우에는 D, E, C의 순서로 평가된 것을 볼 수 있다.<sup>6)</sup>

이러한 평가결과간의 차이는 어디에서 기인하는가? 가장 먼저, 적용된 방법론 자체의 차이를 들 수 있다. MAUT와 AHP 모두 평가자의 주관적 가치판단이 작용될 수 있는 평가의 영역에 대해서 객관적 평가지표를 설정하고 정량화하여 평가자료를 제공하는 기법으로 볼 수 있다. 그러나 실제로 두 방법론간에 이론적 기반과 평가방법이 달라 동일한 사안에 대해 동일한 결과를 보장하기가 매우 어렵다는 문

**표 6**  
원자력연구개발  
프로젝트의 순위평가  
사례 예시

평가대상 세부과제	AHP		MAUT	
	평가점수	순위	평가점수	순위
A	3.8961	1	0.68081	1
B	3.7605	2	0.66299	2
C	3.0659	5	0.62986	3
D	3.4673	3	0.61637	4
E	3.4601	4	0.61450	5

제를 지적할 수 있다. <표 5>에 나타난 평가항목별 가중치의 경우 다수의 항목에서 완전히 일치하는 것으로 조사되지는 않아서 이러한 가중치의 차이가 세부과제에 대한 평가결과의 차이로 귀결되었다고 판단된다.

## 2) MAUT와 AHP의 비교

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

MAUT는 효용함수의 형태를 가법적으로 구성하고 각 평가지표의 크기를 점수화하는 경우에는 비교적 적용이 단순하고 신속한 의사결정에 사용할 수 있으며, 새로운 대안 생성시 대안의 평가가 용이한 장점을 지닌 반면, 순위(*ranking*)를 통한 가중치 산정으로는 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 MAUT는 이 경우 모든 요소가 상호독립적이면서 신속하고 대략적인 우선순위 결정이 필요한 경우 적용할 수 있다.

또한 MAUT에서의 효용함수를 평가지표들간에 존재하는 비독립적인 부분과 각 평가지표 고유의 수준과 범위까지 고려하는 경우에는 다속성 효용함수를 문제의 상황에 따라 구성하여 적용함으로써 요소별 효용을 충분히 반영할 수 있으며, 비독립적인 요소들에도 적용 가능하다. 그러나 평가지표의 수가 증가할 때 문제 적용이 복잡하고 객관적 효용함수 작성에 많은 시간이 필요하다는 단점이 존재한다. 따라서 이 경우 MAUT 방법론은 평가지표의 수가 적은 분야와 효용가치의 측정이 용이한 분야에 쉽게 적용될 수 있다.

일반적으로 사후평가문제에 MAUT를 적용하는 경우 객관적 요인별 효용함수 작성을 위해 전문가들의 의견을 어떻게 수렴할 것인가의

문제와 더불어 객관적 평가지표의 수준과 범위를 어떻게 결정할 것인가에 대한 결정과정에 가장 많은 시간과 노력이 필요하다.

반면 AHP는 문제자체를 계층화·세분화함으로써 문제를 세부적으로 평가할 수 있고, 이원비교의 일관성 검정을 통한 오류정보의 배제 및 요소의 중요도에 대한 객관성·신뢰성을 지니는 등 문제평가에 대한 전반적 일관성이 매우 높다. 반면 수리적 학문을 배경으로 하고 있어 계산이 복잡하고 이에 따른 평가자의 거부반응이 나타날 수 있다. 평가지표의 수가 증가하면 이원비교 회수는 기하급수적으로 늘어나게 되고, 이원비교의 일관성을 위해 동일한 이원비교를 반복해서 수행해야 하는 경우가 발생하게 된다. 뿐만 아니라 기존의 문제에 대해 새로운 대안이 생성될 경우 AHP는 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 반복적 이원비교 과정을 실시한 점과, 평가 대상이 되는 개별 프로젝트의 수가 커짐에 따라 평가자의 이원비교의 횟

표 7  
MAUT와 AHP의 장단점  
비교

구분	MAUT	AHP
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>평가대상의 구성이 단순한 경우 적용이 용이</li> <li>신속한 평가가능</li> <li>새로운 평가안 생성시 적용 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>문제를 계층화·세분화하여 문제로의 체계적 접근</li> <li>오류정보의 유입을 방지하는 기능보유</li> <li>요소 중요도의 객관성, 신뢰성 지님</li> <li>문제 전체에 대한 평가의 일관성 보유</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>평가요소(속성)의 최대·최소 구간 설정필요</li> <li>가산모형에 국한</li> <li>등간격 가중치 산정으로 요소의 중요도 충분히 반영 못함.</li> <li>수리적 요소로 인해 평가자의 반응이 낮을 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>계산이 복잡하고 S/W 적용필요</li> <li>평가요소 및 대안수 증가에 따라 이원비교 급증</li> <li>새로운 대안 생성시 AHP문제 다시 적용</li> </ul>
적용 분야	<ul style="list-style-type: none"> <li>평가대상의 하위속성간에 독립성이 가정되는 문제</li> <li>평가자의 효용합수 구성을 통한 평가의 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>상대적으로 평가를 위한 계층구조가 복잡한 문제</li> <li>평가에서 일관성 측정이 중요한 대상</li> <li>대안수가 상대적으로 적은 문제</li> </ul>

수와 분석시간이 늘어난 사실은 단점으로 지적될 수 있다.

따라서 AHP는 복잡도가 높아 문제를 계층적으로 세분화하여 해결해야 하는 문제나 객관적이고 정밀한 의사결정을 요하는 문제, 그리고 대안의 수가 적은 문제에 적용할 수 있다. 이와 같은 각 기법별 장단점은 <표 7>에 정리하였다.

### 3) 연구개발평가에 대한 정책적 시사점

이러한 본 논문에서의 연구내용은 앞으로 연구개발 평가와 관련된 효율성을 높이면서 보다 체계적이고 객관적인 평가시스템을 구축하기 위한 노력의 일환으로 활용될 수 있다. 또한 본 논문은 정책평가자 또는 관련문제에 대한 의사결정자의 입장에서 보다 객관적 평가를 이끌어낼 수 있도록 하는 방법론을 제시하고 이에 대한 실제사례를 검토하였다는 데서 의의를 찾을 수 있다.

앞으로 추후 연구를 통해 연구개발사업의 개별 프로젝트들을 합리적으로 평가하고 이를 통해 연구개발 활동의 적절성과 더불어 연구자금과 자원의 배분을 올바르게 조정하기 위해서는 더욱더 폭 넓은 영역에 대한 체계적 연구를 통해 평가자료를 수집하고 기존 평가모형과의 차별성을 부각시키는 노력이 요구된다.

그러나 여기에는 먼저 해결해야 할 세 가지의 과제가 놓여져 있다. 첫째, 기존의 평가모형과의 차이점이 어디에서 기인하느냐를 규명해야 한다. 본 연구에서 추가로 제시된 다양한 평가항목과 가중치의 도입이 기존의 평가결과를 어떻게 변경시키는가에 대한 다양한 자료의 수집과 검토가 요구된다. 본 연구에서는 공식적 프로젝트 평가에 참여하지 못하는 한계로 인해 주요 핵심 평가자 1인의 견해에 의존하였으나, 앞으로 이러한 점은 충분히 개선의 여지가 있는 사항이라 할 수 있다.

둘째, 본 연구에서 사례로 제시한 순위평가의 내용은 대형 연구개발사업 평가의 일부분에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 여기서

제시된 평가결과를 보다 거시적이고 다양한 평가방법을 통해 새롭게 검증하는 작업뿐만 아니라, 보다 큰 단위의 연구개발사업에 대한 평가작업에 응용할 수 있도록 확장하는 작업이 요구된다.

셋째, 선택된 방법론의 실제 활용 측면에서 볼 때 보다 많은 수의 관련 전문가들이 평가지표의 선정과 가중치 결정과정에 참여하는 경우 평가과정의 합리성뿐만 아니라 결과의 신뢰성도 높아지게 될 것이다. 마지막으로 본 연구의 대상이 사후적인 프로젝트의 상대적 우선 순위 평가라고 할 때 앞으로 연구과정 전반에 대해서 대상사업의 추진단계 및 사업유형을 고려한 다양한 평가기준과 항목을 제시함으로써 평가담당자들로 하여금 개별 연구개발사업의 특성을 감안하여 활용할 수 있는 MAUT 또는 AHP와 같은 확장성 있는 평가방법의 도입 시도가 요구된다.

## 5. 결론

연구개발활동에 대한 평가는 그 특성상 여러 가지 어려운 점이 존재함에도 불구하고 그 중요성은 나날이 높아지고 있다. 본 논문에서는 사후적 관점에서 연구개발사업의 평가에 사용될 수 있는 평가지표를 도출하고 이를 통해 다양한 프로젝트에 대한 평가를 정량화할 수 있는 기법에 대해 논의하였다.

평가의 목적은 연구특성에 적합한 평가지표에 의해 공정한 평가자가 평가한 결과를 활용함으로써 최종적으로 달성된다. 평가결과는 다음 단계의 연구개발 프로그램의 방향설정이나 연구개발자원의 배분, 개인 연구원이나 조직에 대한 인센티브 부여 등의 형태로 활용될 수 있다. 여기서 중요한 점은 평가시스템을 설계할 때 평가결과를 어떤 형태로 활용할 것인지 미리 계획을 수립해야 하며, 평가대상에게도 평가실시 전에 이를 알려야 한다는 것이다. 이를 통해 평가대상은 평가의 중요성을 인식하고 적극적으로 평가에 참여하고 협조할 수 있는

것이다.

본 논문에서는 연구개발사업에 대한 사후평가의 관점에서 활용될 수 있는 MAUT와 AHP 방법론에 대해 각각의 적용절차와 상대적인 장·단점을 논의하고 실제사례를 통해 적용과정을 제시하였다. 앞서 언급한 바와 같이 MAUT와 AHP 방법론 모두 평가대상을 묘사하는 세부 평가항목 내지는 평가지표의 수가 늘어남에 따라 평가자에게 부과되는 부담이 커진다는 것이 단점으로 지적될 수 있으나, MAUT의 경우에는 평가지표의 수준 및 범위가 비교적 명확하게 측정될 수 있는 평가사례에 대한 적용에 적합하고, 일단 평가를 위한 구조가 확정된 경우 다른 평가사례에 비교적 용이하게 반복적으로 적용될 수 있다는 장점을 지닌다. 반면 AHP는 평가지표의 수가 상대적으로 적은 사례에 적용이 용이하고 평가에 대한 일관성의 정도를 명확히 나타낼 수 있으며, 평가지표간에 복잡한 계층구조의 형태를 띠는 문제에도 적용될 수 있는 장점이 있다.

따라서 추후 국가주도 연구개발사업의 사후평가에 두 방법론을 실제로 적용하여 정량평가부분을 개선하고자 하는 경우에는 이러한 양자간의 차이에 따라 사전적으로 어떤 방법론을 적용해야 할 것인가를 결정하는 과정이 요구된다.

■ 주

- 1) 속성이 만족해야 할 여러 가지 성질에 대해서는 Keeney(1992)를 참고할 수 있다.
- 2) 전문가들의 위험태도에 대한 단일속성 효용함수의 구체적 형태는 다음과 같다.

$$u(x) = a - b \exp(-cx) \text{-----} \textcircled{1}$$

$$u(x) = a + b (cx) \text{-----} \textcircled{2}$$

$$u(x) = a + b \exp(cx) \text{-----} \textcircled{3}$$

여기서  $a$ 와  $b$ 는  $u(x) \in [0, 1]$ 을 보장하는 0보다 큰 상수이며,  $c$ 는 증가함수에서는 (+)이고, 감소함수에서는 (-)인 상수이다. 또한  $c$ 는 각 식에서 위험기피도를 나타내며, 식 (1)에서는 증가

함수이면 1, 감소함수이면  $-1$ 이다. 식 ①은 위험기피적, 식 ②는 위험중립적, 식 ③은 위험선호적 효용함수를 나타낸다.

- 3) 대표적으로는 경제적 평가기법과 경영과학적(OR, *operations research*) 평가기법으로 크게 나눌 수 있다. 여기서 경제적 평가기법은 연구성과를 비용과 수익 및 성과의 대비를 통해 경제적 입장에서 평가한 경제성 평가기법 가운데 동태적 평가와 OR 평가기법에 속한 것을 제외한 평가기법을 말한다. 그리고 OR 평가기법은 OR 기법을 이용하여 연구개발 활동으로 발생하는 상황이나 현상을 수학적 모형으로 표현하고, 요인을 다차원 또는 동태적으로 변화시켜 미래를 예측하고 평가하는 기법을 의미한다(Hall and Nauda, 1990).
- 4) 실제로는 이러한 평가항목들을 선정하기 위해서 현재 다양한 연구개발사업에 사용되고 있는 평가항목들을 종합하고 관련 원자력분야 전문가들의 1, 2차에 걸친 서면, 면접조사를 토대로 최대한의 객관성과 공정성을 확보할 수 있도록 하였다. 또한 본 분석에서 사용된 예는 원자력연구개발사업에 대한 전체적 평가가 아니라 일부 단위사업을 구성하고 있는 세부 프로젝트의 순위평가임을 밝혀둔다.
- 5) 전문가의 이원비교행렬을 하나로 집계하는 과정에서 기하평균을 이용하였다.
- 6) 기존의 정성적 평가 역시 본 논문에서 예로 들고 있는 5개 과제에 대해 수행되었으나 실제로 그에 대한 자료는 획득할 수 없었음을 밝힌다. 이는 이 과제들이 아직 완전히 종료되지 않아 그에 대한 평가결과의 공표가 어떠한 형태로든 불가능하기 때문이다.

## ■ 참고 문헌

- 곽승준 외. 2002a. "다속성 효용분석을 이용한 원자력연구개발과제 사후평가지표 개발," 《기술혁신학회지》 5(1): 90~109.
- 곽승준 외. 2002b. "원자력연구개발사업의 사후평가를 위한 계층화 분석법(AHP)의 적용," 《기술혁신연구》 10(1): 201~217.
- 김영규·노시천. 1997. "AHP모형을 이용한 우리나라 중소기업의 부실화 원인진단과 그 예방대책에 관한 실증연구," 《재무관리연구》 14(2): 75~105.
- 김종범. 1999. 《연구개발 효율화를 위한 예산제도 개선 및 우선순위 설정에 관한 연구》, 과학기술정책 연구원.
- 남인석·김충영. 1994. "계층적 분석방법(AHP)을 활용한 정부 R & D 사업 선정모형에 관한 연구," 《과학기술정책》 6(2): 1~24.
- 박주형·김정흠. 1999. "연구개발사업 우선순위 설정에 있어서 다속성 효용이론과 계층분석과정의 비교," 《기술혁신학회지》 2(2): 201~218.
- 이윤종. 1999. 《의사결정론》, 서울: 세종출판사.
- 이창효. 1999. 《다기준 의사결정론》, 서울: 세종출판사.
- 임윤철 외. 1997. 《국가혁신시스템 강화를 위한 국가연구개발사업 평가방법 연구》, 서울: 과학기술정책관리연구소.



- 조근태 외. 2000. "AHP를 이용한 중소기업형 의료기기 개발사업의 선정," 《기술혁신연구》 8(2): 1~17.
- Al-Harbi, K. A. 2001. "Application of the AHP in Project Management," *International Journal of Project Management* 19: 19~27.
- Bard, J. F. 1992. "A Comparison of the Analytic Hierarchy Process with Multiattribute Utility Theory: A Case Study," *IIE Transactions* 24(5): 111~121.
- Edwards, W. and D. von Winterfeldt. 1987. "Public Values in Risk Debates," *Risk Analysis* 7: 141~158.
- Falkner, C. H. and S. Benhajja. 1990. "Multi-attribute Decision Models in the Justification of CIM Systems," *The Engineering Economist* 35(2): 91~114.
- Hall, D. L. and A. Nauda. 1990. "An Interactive Approach for Selecting IR&D Projects," *IEEE Transactions on Engineering Management* 37(2): 126~133.
- Hobbs, and F. Benjamin F. 1980. "A Comparison of Weighting Methods in Power Plant Siting," *Decision Science* 11(4): 725~737.
- Hobbs, B. F. and Meier, P. 2000. *Energy Decisions and the Environment: A Guide to the Use of Multicriteria Methods*, Kluwer Academic Publishers.
- Hobbs, B. F. 1986. "What can We Learn from Experiments in Multiobjective Analysis?" *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics* 16(3): 384~394.
- Keeney, R. L. 1992. *Value-focused Thinking: A Path to Creative Decision-making*, Cambridge. Harvard University Press.
- Keeney, R. L. 1982. "Decision Analysis: An Overview," *Operation Research* 30: 803~838.
- Kwak, S. J., S. H. Yoo, and C. O. Shin. 2002. "A Multiattribute Index for Assessing Environmental Impacts of Regional Development Projects: A Case Study of Korea," *Environmental Management* 29(2): 301~309.
- Lootsma, F. A. 1997. "Multicriteria Decision Analysis in a Decision Tree," *European Journal of Operational Research* 101: 442~451.
- McDaniels, T. L. 1996. "A Multiattribute Index for Evaluating Environmental Impacts of Electric Utilities," *Journal of Environmental Management* 46: 57~66.
- McDaniels, Timothy L. 1996. "A Multiattribute Index for Evaluating Environmental Impacts of Electric Utilities," *Journal of Environmental Management* 46: 57~66.
- Miller, J. R. 1967. *A Systematic Procedure for Assessing the Worth of Complex Alternatives*, AD-662-001. Washington D. C. Defense Documentation Center.
- Ossadnik, W. and O. Lange. 1999. "AHP-based Evaluation of AHP-Software," *European Journal of Operational Research* 118: 578~588.
- Raiffa H. 1968. *Decision Analysis*, Addison-Wesley.
- Rangone, A. 1996. "An Analytical Hierarchy Process Framework for Comparing the Overall Performance of Manufacturing Departments," *International Journal of Operations & Production Management* 16(8): 104~119.

- Roessler, C. and McDaniels, T. L. 1994. *A Critique of Analytical Approaches for Full Cost Accounting*, Report to Environment Canada, DOE FRAP.
- Russell, C., Dale, V., Lee, J., Jensen, M. H., Kane, M. and Gregory, R. 2001. "Experimenting with Multi-attribute Utility Survey Methods in a Multi-dimensional Valuation Problem," *Ecological Economics* 36: 87~108.
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, New York. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. 1990. "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process," *European Journal of Operational Research* 48: 9~26.
- Saaty, T. L. 1994. "Highlights and Critical Points in the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process," *European Journal of Operational Research* 74: 426~447.
- Stewart, T. J. 1996. "Robustness of Additive Value Function Methods in MCDM," *Journal of Multicriteria Decision Analysis* 5: 301~309.
- Udo, G. G. 2000. "Using Analytic Hierarchy Process to Analyze the Information Technology Outsourcing Decision," *Industrial Management & Data Systems* 100(9): 421~429.
- von Winterfeldt, D. and Edwards, W. 1986. *Decision Analysis and Behavioral Research*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Yang, J. and Lee, H. 1997. "An AHP Decision Model for Facility Location Selection," *Facilities* 15(9/10): 241~254.
- Yoo, S. H., Kim, J. S. and Kim, T. Y. 2001. "Value-focused Thinking About Strategic Management of Radio Spectrum for Mobile Communications in Korea," *Telecommunications Policy* 25: 703~718.

## Abstract

### A Study on the Evaluation of National R&D Projects

Jeung-Hoon Oh · Seung-Jun Kwak

Researchers, institutes, and government involved in research & development (R&D) are faced with the problem of performing R&D project evaluations. The paper focuses on establishing the theoretical basis and presenting the possibility of applying Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) for priority setting of R&D project evaluation. MAUT is compared with Analytic Hierarchy Process (AHP), which is widely used recently. As a real-world case of evaluation, we elicited and reproduced the evaluation process of the national nuclear R&D projects, using a specific case study.

Key Words : MAUT, AHP, project evaluation