

원자력연구개발사업의 사후평가를 위한 계층화 분석법 (AHP)의 적용

곽승준* · 유승훈** · 신철오***

(목 차)

1. 서론
2. 연구방법론 : AHP
3. 실증연구절차와 분석결과
4. 결론

Summary: Researchers, institutes, and government involved in research & development (R&D) are faced with the problem of performing R&D project evaluations. 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 of Korea. In the methodology, the analytic hierarchy process (AHP) is employed to evaluate and rank the selected nuclear R&D projects which have a wide range of evaluation objectives and characteristics. As a result, we obtained relative ranking for research projects and importance of evaluation criteria. The method and implications can be easily understood and applied by practitioners since it follows naturally the standard practice of evaluating and relative comparisons of performance using evaluation procedures. By applying particular R&D project output to the procedures, project evaluators can compare and prioritize evaluation objectives.

* 고려대학교 경제학과 교수 (e-mail: sjkwak@korea.ac.kr)

** 호서대학교 경상학부 전임강사 (e-mail: shyoo@office.hoseo.ac.kr)

*** 고려대학교 경제학과 박사과정 (e-mail: eco1999@lycos.co.kr)

1. 서론

정부는 21세기 초 원자력 기술선진국 진입 및 기술수출국 부상, 원자력 이용 다변화를 통한 신산업 창출 및 국민 복지 향상, 원자력기술 자립을 통한 원자력산업 경쟁력 제고 등의 정책목표를 실현하기 위해 이미 여러 분야에서 원자력연구개발사업을 시행해오고 있다. 현재 원자력연구개발사업은 원자로 및 핵연료, 원자력안전, 방사성폐기물관리, 방사선 이용 및 방호, 원자력기반 등의 원자력 각 분야로 구성되는 목표지향적 중점연구개발사업으로 시행되고 있으며, 최근 정부의 연구개발사업부문 투자의 중요성 인식과 더불어 많은 지원이 이루어져 왔다. 그러나 지금까지의 연구개발사업에 대한 성과분석은 미흡한 점이 없지 않았으며, 이에 따라 투자에 따른 성과측정과 엄정한 평가체계의 시행이 요구되고 있는 실정이다 (김종범, 1999; 한국과학기술연구원, 1998). 따라서 막대한 연구비가 투입되는 사업의 성격을 고려할 때 평가지표개발을 통해 R&D 프로젝트들을 평가하고, 해당 과제 of 계속성과 의의를 확보해야 할 필요성이 제기되고 있다.

한정된 자원의 효율적 배분과 효과적인 이용을 위해 R&D 프로젝트의 상대적인 성과를 측정하고 평가하는 문제는 평가자들의 개별적이고 주관적인 견해를 객관적이고 합리적으로 정량화하는 것으로 이해된다. 따라서 이러한 연구개발사업의 평가문제는 다기준 의사결정 (multicriteria decision making: MCDM)분야에 적합한 주제라 할 수 있다. 왜냐하면 이러한 문제에서는 평가자 (또는 의사결정자)가 가진 다양한 기준에 대한 주관적인 견해가 문제의 해결에 핵심적인 역할을 하고 있기 때문이다 (Rangone, 1996). 이에 따라 평가자의 견해나 주관적인 선호를 객관적으로 모형화하기 위해 많은 연구자들의 노력이 이루어져 왔으며, 다속성 효용이론 (multiattribute utility theory)과 계층화 분석법 (analytic hierarchy process: AHP)을 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).

그러나 현재까지 AHP를 활용한 연구개발사업 또는 개별과제의 평가문제는 프로젝트의 선정평가에 집중되어 온 것이 사실이다. 남인석·김충영 (1994)은 정부의 R&D사업 선정평가에 AHP를 적용하였고, 조근태 외 (2000)는 의료기기의 개발사업선정문제에 AHP를 활용한 바 있다. 그리고 포항공과대학 (1993)의 연구에서는 한국통신의 10대 핵심기술과제를 대상으로 AHP를 통해 사전적 측면에서 과제의 우선순위와 자원배분의 문제에 접근한 바 있다. 사후적 측면에서 Rangone (1996)은 기업내부 각부서의 전반적인 성과를 측정하고 비교

하는 문제에 AHP를 응용하였다.

본 논문에서는 사후적인 관점에서 원자력연구개발사업을 구성하는 개별 프로젝트의 순위를 평가하는 이론적 측면에 대해 논의하며 아울러 실증연구사례도 제시한다. 이를 위해 AHP를 적용하여 개별 R&D 프로젝트들이 상대적으로 얼마나 원래의 정책적 목표를 달성하였는가를 나타낼 수 있는 평가항목을 도출하고, 이에 대한 가중치를 결정하면서 동시에 이들간의 상대적 평가순위를 측정하고자 한다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 연구 방법론인 AHP에 대한 개략적인 소개를 제시한다. 제3장에서는 원자력연구개발사업을 구성하고 있는 세부과제에 대한 순위 평가와 더불어 구체적인 평가기준의 마련을 통해 실증연구와 그 결과를 설명한다. 제4장은 결론으로서 연구결과를 요약하고 도출된 결과의 잠재적 유용성과 정책적 함의에 대해 논의한다.

2. 연구방법론: AHP

2.1 AHP의 개요

AHP는 다수의 속성들을 계층적으로 분류하여 각 속성의 중요도를 파악함으로써 최적 대안을 선정하는 기법으로 Tomas L. Saaty에 의해서 개발되었다. 이 기법은 의사결정요소들의 속성과 그 측정 척도가 다양한 다기준의사결정문제에 효과적으로 적용되어 의사결정자가 선택할 수 있는 여러 가지 대안들을 체계적으로 순위화시키고, 그 가중치를 비율척도 (ratio scale)로 도출하는 방법을 제시한다 (Saaty, 1980).

이러한 의사결정요소 및 대안간의 비교와 이에 따른 의사결정의 응용과 같은 방법론적 특징을 지닌 AHP는 다양한 분야 특히 R&D 프로젝트의 결과를 비교·평가하는 분야에 응용될 수 있는 확장성을 갖고 있다. 이는 AHP가 의사결정 및 판단에 필요한 속성의 식별과 이에 대한 대안간의 비교라는 개념적인 특징을 지니고 있기 때문이다.¹⁾ 현재 평가의 대상으로

1) 앞서 서론에서는 평가자의 견해나 주관적인 선호를 객관적으로 모형화한다는 견지에서 다속성 효용이론의 적용가능성을 언급한 바 있다. 원자력연구개발사업을 구성하는 개별 프로젝트에 대한 순위평가에 이용될 수 있는 필요한 항목과 지표를 선정하고, 이러한 항목들간의 상대적 중요도에 대한 과학적인 정보를 제공할 수 있는 의사결정론적 방법론으로는 크게 다속성 효용이론과 계층화 분석법이 검토될 수 있다. 이는 개별 프로젝트들에 대한 우선순위의 결정문제가 궁극적으로는 평가자들이 가진 주관적이고 정성적인 의견들을 수렴하고 객관화하는 문제로 귀결될 수 있기 때문이다. 그러나 다속성 효용이론의 경우 개별 평가항목에 대한 평가자의 효용함수를 구성하는 과정에서 평가항목에 대한 단위와 수준범위를 확정하는 과정이 필요하며, 개별 평가항목에 대한 선호수준과 상대적 중요도에 대한 가치판단을 거치게 되

선정된 원자력연구개발사업의 개별 과제들을 비교·평가하는 데 있어서 각 평가요소간의 중요도를 비교하거나, 각 프로젝트의 우선순위를 비교할 수 있는 어떤 객관적인 모형 또는 정량적인 틀을 설정하는 일은 결코 쉽지 않은 작업이다. R&D 프로젝트에 대한 비교와 평가항목을 설정하는데 있어서 만일 수리적인 기법²⁾만을 활용한다면, 결과가 정량화 될 수 있는 문제에는 비교적 잘 적용될 수 있을 것이나, 원자력연구개발사업과 같이 개별 과제의 평가요소와 결과가 매우 다차원적인 성격을 갖는 경우라면 그러한 기법을 적용하기는 매우 어려울 것이다. 이러한 경우 다양하며 서로 상충될 가능성이 있는 평가기준과 평가항목들에 대한 중요도를 결정하기 위해서는 관련 분야의 전문가들이 내린 주관적인 판단을 종합하여 하나의 대안을 구성할 수 있도록 하는 방법론의 적용이 요구된다.

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

2.2 AHP 기법의 특징과 적용절차

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

AHP를 적용하는 데 있어서 먼저 문제의 구조화와 더불어 계층적 분화 (decomposition)가 필요하다. 여기서 말하는 계층적 분화란 의사결정자 또는 평가자가 당면하고 있는 문제에 대해 그것을 구성하고 있는 하위 속성이나 요소 등 계층적으로 구분해 내는 것을 말한다. 이렇게 문제의 계층화가 이루어졌을 경우 서로 다른 계층의 요소들 간에는 상호 독립성이 유지되지만 동일 계층의 요소들 간에는 서로 비교가 가능하게 된다 (Saaty, 1990). AHP가 갖는 계층적 분화의 특징은 의사결정 기준들간의 유기적 관계를 계층적으로 파악함으로써 수많은 의사결정기준들이 포함된 복잡한 문제에 대해서도 체계적인 분석이 가능하다는 점이다. 일반적으로 AHP의 적용절차는 다음과 같이 요약될 수 있다 (Udo, 2000; Yang and Lee,

는데 (Kwak et al., 2002; Kim et al., 1998), 이는 AHP에서 요구하는 이원비교 (pairwise comparison)보다 더욱 제약적인 조건이라 할 수 있다.

- 2) 대표적으로는 경제성 평가기법과 경영과학적 (operations research: OR) 평가기법으로 크게 나눌 수 있다. 여기서 경제성 평가기법은 연구성과를 비용과 수익 및 성과의 대비를 통해 경제적 입장에서 평가한 경제성 평가기법 가운데 동태적인 평가와 OR 평가기법에 속한 것을 제외한 평가기법을 말한다. 그리고 OR 평가기법은 OR 기법을 이용하여 연구개발활동으로 발생하는 상황이나 현상을 수학적 모형으로 표현하고, 요인을 다차원 또는 동태적으로 변화시켜 미래를 예측하고 평가하는 기법을 의미한다 (Hall and Nauda, 1990).

1997; Saaty, 1994).

- (i) 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.
- (ii) 이원비교를 이용한 의사결정자의 판단 (prioritizing objectives using pairwise comparison). AHP를 적용하는 데 있어서 평가자의 판단은 크게 계층내 요소들간의 비교와 특정 요소하에서 대안간의 비교로 나뉘어지게 되며, 비교의 형식은 이원비교 (pairwise comparison)를 사용한다. 연구자는 이러한 평가자 또는 의사결정자의 판단 가운데 계층내 요소들간의 이원비교를 이용하여 요소들 사이의 우선순위 내지는 문제에서 차지하는 영향력의 정도를 도출하게 된다.
- (iii) 가능한 선택대안들 간에 최종순위 도출 (evaluation of alternatives). 평가자에게 당면한 문제에 대해 이를 구성하고 있는 하위 목표에 대한 우선순위관계 또는 문제에서 차지하는 영향력 등에 대한 정보가 얻어졌다면 이를 이용한 문제의 평가가 가능해진다. 평가자/의사결정자는 당면한 문제에 대한 가능한 선택 대안들에 대한 평가를 시도할 수 있으며, 필요에 따라 민감도분석 (sensitivity analysis)이 가능하게 된다.

AHP를 의사결정상황에 적용함으로써 얻을 수 있는 주요한 이점은 바로 특정 계층을 구성하고 있는 요소들에 대한 이원비교를 통하여 그 요소들이 차지하고 있는 중요성의 정도를 비교적 간편하게 측정해 낼 수 있다는 것이다 (Saaty, 1995). 만일 어떤 계층을 구성하고 있는 요소의 수가 n 개라고 가정한다면, 그 요소들간의 상대적 중요성을 측정하기 위해서는 $n(n-1)/2$ 번의 이원비교가 실시되어야 한다. 이러한 이원비교를 통한 판단은 통상적으로 1부터 9까지의 숫자를 부여함으로써 이루어진다. 평가자/의사결정자가 이러한 이원비교작업을 수행한 후에는 이를 토대로 문제의 하위 요소에 대한 상대적 중요성의 정도를 파악할 수 있다. 이는 이원비교값들로 구성된 이원비교행렬의 최대고유값 (eigenvalue) λ_{\max} 에 대응하는 고유벡터 (eigenvector)로서 얻을 수 있게 되는 것이다 (Saaty, 1980).

3. 실증연구절차와 분석결과

본 장에서는 원자력연구개발사업에 속하는 세부과제에 대한 비교와 순위평가에 계층화 분석법을 적용, 평가항목을 가능한 한 여러 의사결정자의 객관적인 견해를 반영한 지표로 나타내어 최종평가작업에 응용할 수 있도록 하는 방안을 검토하고자 한다. 먼저 평가문제에 대한 적용을 위해서 AHP의 적용절차에 따라 문제를 구성하고, 이에 대한 이원비교를 실시하며, 각 항목에 대한 적절한 가중치를 산정하는 일련의 절차를 따르게 된다.

3.1 문제의 구조화 및 계층의 설정

AHP 적용절차의 첫 단계로서 먼저 우선 당면한 문제와 관련된 항목을 명확히 이해하고 문제의 상황을 가능한 확실히 규정하는 것이 필요하다. 현재 본 절에서의 최종 목표는 연구개발사업의 과제에 대한 최종평가작업에 있으며, 이를 위하여 먼저 평가에 사용될 수 있는 각종 평가지표와 평가항목에 대한 선정과 의사결정자 및 평가자의 판단작업이 이루어지게 된다. 여기에서는 먼저 각종 정부연구개발사업의 최종평가에 사용되고 있는 지표를 검토하였으며, 원자력관련 연구개발사업에 참여한 다수 전문가의 견해를 반영하여 최종적으로 <표 1>과 같은 프로젝트 평가항목을 도출하고 연구에 활용하였다.³⁾⁴⁾

본 연구에서는 원자력연구개발사업의 상위 평가관점을 원자력산업의 경쟁력효과, 원자력산업의 기술개발효과, 그리고 연구결과의 효율성 등 세 가지 측면으로 나누고 각각의 상위항목에 해당하는 주항목과 세부항목을 <표 1>과 같이 설정하였다. 이렇게 평가항목을 결정하고 AHP의 계층구조를 확정함에 있어서 최대한 필요한 요소들을 모두 포함 (completeness) 시키고자 하였으며, 동시에 상호배타성이 유지되도록 도출결과에 대한 환류과정 (feedback) 을 거쳤다. 또한 계층의 설정결과는 평가자 또는 판단자가 비교·평가를 수행할 수 있도록 비교적 간결하게 유지하고자 하였다.

3) 일반적으로 다기준 의사결정이론을 통하여 문제를 구조화하고 평가기준이나 판단근거를 계층화 또는 체계화하는 과정은 항목간의 「상호배타성 (Exclusiveness)」, 「완전결합성 (Completeness)」, 그리고 「처리가능성 (Optimum size)」의 기본원리에 따라 이루어져야 한다 (조근태 외, 2000).

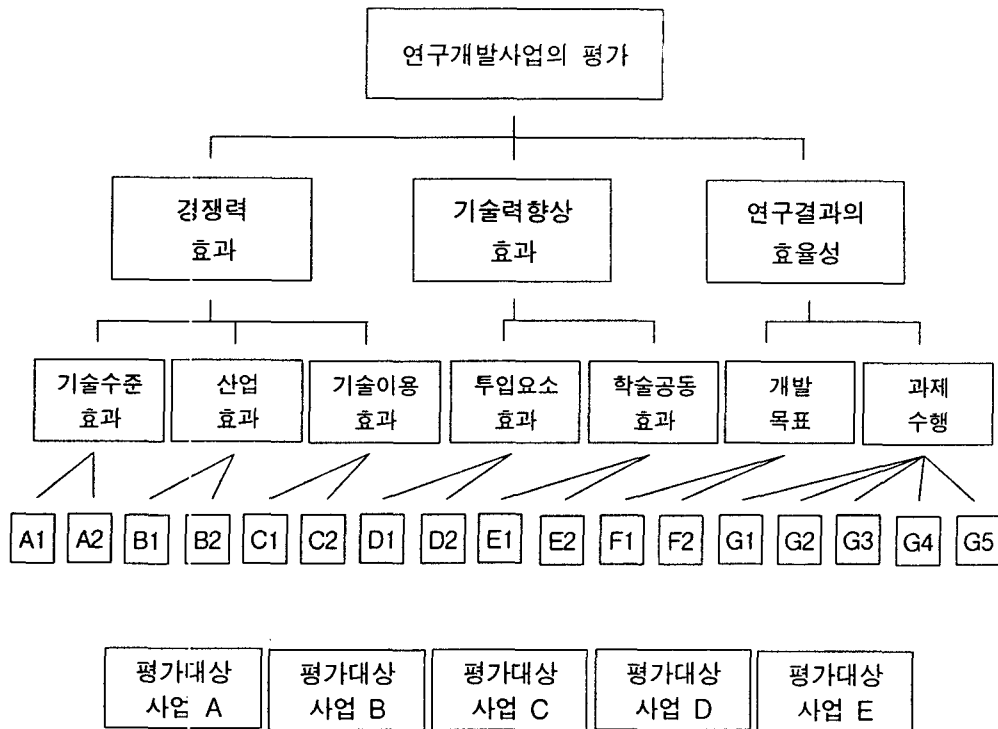
4) 선정된 전문가들은 최근 원자력연구개발사업에 참여한 경험이 있는 연구책임자 또는 책임연구원 급으로 구성되어 있으며, 각 대학의 원자력 및 에너지공학분야 교수, 한국원자력연구소, 한국전력기술, 한국전력연구원, 한국과학기술평가원 등의 다양한 연구기관에 소속되어 있다.

<표 1> 연구에 사용된 원자력연구개발사업의 프로젝트 평가항목

구분	주항목	세부항목
1. 원자력산업의 경쟁력효과	1.1 기술수준효과	1.1.1 기술축적효과 1.1.2 기술선진화효과
	1.2 산업효과	1.2.1 수입대체효과 1.2.2 수출산업효과
	1.3 기술이용효과	1.3.1 연구개발결과의 파급효과 1.3.2 최종 연구결과의 활용성
2. 원자력기술력 향상효과	2.1 투입요소효과	2.1.1 국내외 전문가의 효율적 활용여부 2.1.2 주요 연구시설 및 설비확보효과
	2.2 학술공동효과	2.2.1 공개발표된 연구개발성과 2.2.2 산학연간 네트워크 구축효과
3. 연구결과의 효율성효과	3.1 개발목표	3.1.1 연구개발 목표달성여부 3.1.2 계획·전략의 적정성
	3.2 과제수행	3.2.1 관련문헌 및 자료조사의 충실성 3.2.2 실험 및 조사·분석 결과의 신뢰도 3.2.3 관련기술개발 기간단축효과 3.2.4 연구책임자·연구원의 역할분담 및 수행적정성 3.2.5 당초 과제계획서의 연구방법 및 추진체계의 효율적 수행여부

이러한 평가항목의 도출을 위해 본 연구에서는 먼저 일단 기존의 연구개발사업, 즉 특정연구개발사업, 공업기반기술개발사업, 선도기술개발사업, 창의적 연구개발사업, 원자력기초연구개발사업, 기술개발용역사업 및 각종 연구기관평가모형의 항목들을 상호 비교하였다. 이 과정을 통해 각 연구개발사업의 평가에서 중요하게 고려되고 있는 평가항목과 평가지표를 식별해내고 이를 원자력연구개발사업의 세부과제평가를 위한 기초자료로 입수하였다. 그리고 총 51개의 평가항목에서 유사·중복되거나 원자력연구개발과의 관련성이 희박한 항목을 제외한 39개의 항목에 대해 원자력관련 분야 전문가 33인을 대상으로 설문조사를 실시하여 평가항목으로서의 적절성을 검증 받는 과정을 거치도록 하였다.

<표 1>에 선정된 항목은 기술축적효과, 기술선진화효과 등을 포함한 17개 항목으로 이루어져 있으며, 세 가지 상위목표하에 구분되어 있음을 알 수 있다. 따라서 AHP를 적용하기 위한 문제의 구조화는 <그림 1>과 같이 나타낼 수 있다.



- A1 기술축적효과
- A2 기술선진화효과
- B1 수입대체효과
- B2 수출산업효과
- C1 연구개발결과의 파급효과
- C2 최종 연구결과의 활용성
- D1 국내외 전문가의 효율적 활용여부
- D2 주요 연구시설 및 설비확보효과
- E1 공개발표된 연구개발성과
- E2 산학연간 네트워크 구축효과
- F1 연구개발 목표달성여부
- 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 수행여부

<그림 1> 연구개발 프로젝트 순위평가에 대한 의사결정 계층도

3.2 이원비교의 측정

위에서 정해진 의사결정 계층도에 따라 평가기준에 대한 판단을 수행하기 위해서는 먼저 평가기준간의 이원비교가 필요하며, 이를 위해서는 의사결정자를 대상으로 한 설문이 실시되어야 한다. 의사결정자가 행하는 이원비교를 위한 판단은 논리적 사고와 함께 경험을 통해 축적된 느낌이 결합되어 이루어진다 (Saaty, 1995).

인접한 상위계층에 있는 각 기준에 대해 하위계층의 각 요소가 갖는 영향력이나 공헌도를 나타내는 이원비교행렬을 구성한다. 이원비교란 의사결정요소들을 한 번에 한 쌍씩 짝지어 비교하는 형식을 말하며, 일반적으로 우리가 n 가지 의사결정요소들의 상대적 중요도 또는 가중치를 도출하기 위해서는 $n(n-1)/2$ 번의 이원비교를 수행하고 이를 $n \times n$ 의 행렬 형태로 나타내게 된다. 즉 n 가지 기준들의 중요도를 의사결정자가 한 번에 임의로 정하는 것이 아니라, 한 번에 한 쌍씩 상대적으로 비교함으로써 중복성을 통해 의사결정자의 판단을 평균화시키고 그 정확성을 제고하는 작업을 수행하게 되는 것이다.

비교의 기준이 되는 속성에 따라 한 요소의 다른 요소에 대한 상대적 중요도를 나타내는 이원비교행렬의 모든 칸을 채우기 위해서 사전에 특정한 의미가 부여된 숫자를 사용한다. 본 단계에서 사용된 이원비교를 위한 AHP의 척도는 Saaty가 제시한 1부터 9까지의 점수가 이용되었다.⁵⁾

본 연구에서는 원자력연구개발사업 중장기 과제에 참여한 경력이 있거나 또는 관련 전문가의 추천을 받은 원자력관련 전문가들을 대상으로 직접/우편 설문을 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 방법으로 상대적 중요성의 정도를 측정하였다. 평가자의 이원비교를 측정하는 데 있어서 일치성 (consistency ratio)의 정도가 0.01 이내인 경우 신뢰성 높은 값을 얻었다고 할 수 있으며, 연구에서는 개별 응답자들의 일치성지수를 점검하고 0.01 이내의 값을 보인 응답을 가중치 계산에 포함시켰다.

5) 자세한 점수척도에 대한 설명은 Saaty (1995), p. 73을 참조하기 바란다.

각 계층을 구성하는 요소들에 대한 가중치가 결정되면 각 값들을 정규화함으로써 동일 계층 내에서의 상대적 크기를 파악할 수 있게끔 하였으며, 이렇게 상위계층부터 부분적인 우선순위가 결정되면 이를 이용하여 다음 하위단계의 우선순위를 구하였다. 이렇게 하여 최종적으로 개별 프로젝트의 비교에 관한 평가항목을 구성하는 17개 세부항목에 대해서 종합적인 우선순위를 도출하였으며, 그 결과가 <표 2>에 제시되어 있다.⁶⁾

<표 2> 계층별 가중치의 계산결과

구분	주 항목	세 부 항목
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 국내의 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 목표달성여부 (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)

6) 전문가의 이원비교행렬을 하나로 집계하는 과정에서 기하평균을 이용하였다.

원자력연구개발사업의 관련 전문가를 대상으로 조사한 결과에 따르면, 평가를 구성하는 가중치 측면에서 볼 때, 원자력연구개발사업의 성과를 평가하는 데 있어서 우선적으로 원자력산업의 경쟁력효과를 고려하고 있으며, 연구결과의 효율성과 기술력 향상효과를 그 다음 순위로 중요하게 파악하고 있음을 알 수 있다. 또한 평가와 관련된 세부항목의 우선순위 및 중요도는 <표 3>에 제시되어 있듯이 최종연구결과의 활용성과 연구개발목표의 달성여부, 기술선진화효과, 그리고 연구개발사업으로 인한 수입대체효과의 측면 등을 중요한 항목으로 선정하고 있는 것으로 나타났다.

<표 3> 세부항목의 우선순위 및 중요도

우선순위	세부항목	중요도
1	1.3.2 최종 연구결과의 활용성	0.3609
2	3.1.1 연구개발 목표달성여부	0.2069
3	1.1.2 기술선진화효과	0.1356
4	1.2.1 수입대체효과	0.0644
5	2.1.1 국내외 전문가의 효율적 활용여부	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

3.3 가능한 평가대상들 간의 최종순위 도출

앞에서 구한 <표 3>의 세부항목의 우선순위 및 중요도를 알고 있는 경우 우리는 기존의 원자력연구개발사업의 평가양식을 그대로 적용하여 실제 연구가 이루어지고 있는 세부과제

에 대한 평가를 수행할 수 있다. 당초 Saaty가 제안한 계층화 분석법에 따르면 평가대상들 간의 최종순위를 도출하기 위해서는 확정된 평가대상들 간에도 각각의 평가항목하에서 이원 비교를 수행하도록 되어있다 (Ossadnik and Lange, 1999; Saaty, 1980). 평가대상 또는 문제의 대안 (alternatives)을 특정 평가항목의 관점에서 다시 이원비교하는 일반적인 기법은 현재도 많은 연구와 문헌에서 이용되고 있는 가장 보편적인 방법이라고 할 수 있다.

그러나 이와 같이 표준적인 일련의 절차들은 많은 세부과제를 대상으로 하는 연구개발사업 등에 적용하기에는 여러 가지 문제가 있는 것이 사실이다. 이는 (1) 원자력연구개발사업과 같이 백여 개 이상의 세부과제가 동시에 추진되고 있는 대규모 연구개발사업에 적용하기에는 문제가 있기 때문이다. 이 경우 모든 평가대상에 대한 이원비교를 시행하는 것은 평가자에게 매우 큰 부담을 주게 될 뿐 아니라 평가와 판단의 일관성 측면에서 심각한 문제를 야기하게 될 것이기 때문이다 (Taylor et al., 1998).⁷⁾ 그리고 방법론을 실제로 적용한다면 (2) 비용과 시간상의 문제를 제외하더라도 평가와 판단의 일관성 측면에서 발생하는 문제로 인해 실제로 이용할 수 있는 자료의 수는 실제평가가 이루어진 수보다 훨씬 작아질 것이다.⁸⁾ 또한 (3) 기존의 평가방법론과의 괴리에서 오는 평가방법론에 대한 저항도 발생할 수 있음을 유의해야 한다.

<표 1>과 <그림 1>에 제시된 평가에 대한 계층의 설정은 일차적으로 기존의 여러 국가 주도 연구개발사업의 평가항목을 종합하고, 이에 대해서 원자력연구개발사업의 평가항목으로 이용 가능한 내용을 1차 관련 전문가 설문문을 통해 의견을 수렴하여 결정하였다. 그리고 현재 원자력연구개발사업의 세부과제를 평가하는 데 이용되고 있는 항목을 추가하여 기존의 방법론을 포괄하면서 새로운 평가항목이 이용될 수 있도록 계층을 구성한 결과로서 도출되었다.

기존의 원자력연구개발사업의 세부과제에 대한 정량평가는 세부평가항목에 대한 5점 척도의 점수부여로 실시되고 있으며, 평가항목에 대한 가중치는 평가기관의 직관을 토대로 구성되었다. 본 연구에서는 현재 진행되고 있는 원자력연구개발사업의 중장기 대과제를 구성하는 5개의 세부과제에 대한 평가를 앞서 설정된 계층화 분석법에 의한 가중치를 통해 재연하

7) 만일 n개의 평가대상과제에 대해서 모두 이원비교를 실시한다고 가정한다면 이 경우 총 이원비교의 횟수는 $n(n-1)/2$ 번의 판단이 이루어져야 한다. 뿐만 아니라 이러한 이원비교가 모든 세부평가항목에 대해서도 반복되어야 하므로 대상이 10여 개를 넘거나 세부평가항목이 여러 가지로 구성된 계층에서는 AHP의 적용에 있어서 문제가 심각하게 발생할 수 있다.

8) 평가와 관련된 설문문을 진행하는데 있어서 총 48명의 관련 전문가로부터 응답을 도출할 수 있었다. 이 가운데서 30명은 우편설문에 응해주었고, 18명은 직접설문을 실시하였다. 직접설문을 실시하는데 있어서 평균적으로 AHP 방법론에 대한 응답은 비교적 수월하게 이루어졌으나, 우편으로 도착한 설문 가운데 많은 수가 응답의 일관성 측면으로 인해 실제 계산에 이용하지 못하는 경우가 발생하였다.

는 절차를 거쳤다.⁹⁾ 이러한 과정을 통해 새로운 항목과 가중치의 설정이 기존의 평가결과에 어떠한 영향을 주는가에 대한 시사점을 얻을 수 있으며, 평가기관으로 하여금 향후 새로운 평가항목과 가중치의 설정에 기준으로 이용될 수 있을 것이다.

새로운 기준에 의한 평가점수의 도출은 기존 연구개발사업의 2001년도 실제 연차평가에 참여했던 핵심 평가자와의 면접을 통하여 얻어내었으며, 세부과제의 수는 5개로 이루어져 있다. <표 4>에 5개 과제에 대한 평가결과가 제시되어 있다.

<표 4> 원자력연구개발프로젝트의 순위평가 사례 예시

순 위	평가대상 세부과제	평가점수
1	A	3.8961
2	B	3.7605
3	D	3.4673
4	E	3.4601
5	C	3.0659

실제 사례를 통한 계산 결과에 따르면 특정 대과제를 구성하는 개별 세부연구과제에 대한 순위가 과제A가 가장 높은 점수를 얻는 것으로 나타나고 있으며, 그 다음으로 B, D, E, 마지막으로 과제C와 같이 평가되는 것을 볼 수 있다. 그런데 실제로 사례의 대상이 된 과제의 기존 순위는 과제B와 과제C·D가 가장 높은 것으로 평가되었고, 그 다음으로 과제E, 마지막으로 과제A인 것으로 나타나 기존의 평가결과와 어느 정도 다른 결과를 가져오는 것으로 조사되었다.¹⁰⁾

9) 평가대상이 되는 과제가 모두 현재 진행 중에 있으며, 아직 완료되지 않은 과제이므로 이에 대한 과제명은 공개될 수 없음을 밝힌다.

10) 물론 이러한 상반된 결과가 야기된 원인으로는 다음과 같은 사항을 지적할 수 있다. 첫째, 평가시점의 차이에서 오는 일관된 평가의 어려움을 들 수 있다. 둘째, 새로운 항목의 추가로 인한 평가결과의 영향이 있겠으며, 마지막으로는 가중치의 변경에 따른 영향을 들 수 있을 것이다. 첫 번째 평가시점의 차이에서 오는 문제점의 경우 본 연구에서의 재평가시도와 실제 프로젝트의 평가시점 간에는 그리 큰 차이가 없었으며, 평가자에게 본인의 평가자료를 제시하는 과정을 거쳤으므로 비일관성의 문제는 발생하지 않는 것으로 간주할 수 있다. 그러나 여기서 추가로 지적되어야 할 점은 위와 같은 평가과정의 재생이 1인의 평가위원을 대상으로 하고 있다는 사실이다. 실제 평가에 참여한 평가위원 모두에 대해 다시 평가과정을 반복하는 것은 평가자의 노출 및 아직 실행단계인 연구에 대한 공식적 평가결과와 반복 등의 문제를 초래할 수 있다.

4. 결론 및 추후 연구방향

4.1 연구결과의 유용성

본 연구의 절차에 따라 수정된 평가항목과 가중치를 사용하여 평가작업을 다시 수행한 결과 기존의 평가순위의 역전 현상이 발생하였다. 이러한 것은 앞서 언급한 바와 같이 새로운 항목도입과 가중치의 변경 등으로 인해 발생하는 것으로 평가할 수 있으며, 부분적으로는 평가자의 판단에 있어서 시간에 따른 불일치성이 야기되었기 때문으로 이해할 수 있다.¹¹⁾

그러나 이러한 평가순위의 변화가 기존의 기법과 현재 사용된 가중치의 도출방식사이의 일반적인 우열을 보여준다고 판단하기에는 아직 부족한 점이 많다. 오히려 AHP의 도입을 통한 평가항목 간의 우선순위 및 가중치의 도출을 통해 기존의 직관적이면서 확실적인 가중치 부여에 대한 개선과 추후 연구방향에 대한 정책적 시사점을 얻을 수 있다.

4.2 연구개발사업의 전략적 측면

도출된 항목과 가중치는 추후 연구개발사업의 선정 및 전략적 분야의 육성 등에 이용될 수 있다. 이는 항목간 가중치가 관련 전문가들의 상대적 중요도에 대한 검토를 바탕으로 도출되었기 때문이다. 한정된 자원의 효율적인 이용의 측면에서 볼 때, 만일 동일한 비용이 소요되는 연구개발사업이라면 <표 3>에서 제시된 항목의 중요도에서 상위 항목과 밀접한 연관을 갖는 사업에 대한 지원이 이루어져야 한다. 이는 도출된 가중치가 개별 과제들의 순위 평가에 있어서 지수의 역할을 할 수 있기 때문이다 (Kwak et al., 2002; Kim et al., 1998).

4.3 결 론

본 연구에서는 국가주도 연구개발사업의 사후평가와 관련하여 계층화 분석법 (AHP)의 방법론을 간략히 소개하고 실제 평가사례에 대한 분석을 통하여 AHP가 원자력연구개발사업의 평가에 이용될 수 있음을 살펴보았다. 그리고 이러한 사례분석을 통하여 동 방법론이 현행의

11) 연구의 대상이 된 평가위원의 판단에 있어서 기존에 평가에서 사용되던 항목에 대한 5점 척도의 점수부여가 일부 반복되는 현상이 발생하였으며, 연구자의 입장에서는 이를 새로운 정보에 따른 평가의 변경으로 해석하지 않고 판단의 일부 불일치 현상으로 보고 있다.

평가방식을 개선하면서 동시에 평가자의 다양한 견해가 대두될 수 있는 연구개발사업의 평가에 대한 이론적인 근거를 제공할 수 있음을 살펴보았다. 따라서 본 연구는 정책평가자 또는 관련 문제에 대한 의사결정자의 입장에서 보다 객관적인 평가를 이끌어낼 수 있도록 하는 방법론을 제시하고 이에 대한 실제 사례를 검토하였다는 데에서 의의를 찾을 수 있다.

4.4 추후 연구방향

앞으로 추후 연구를 통해 연구개발사업의 개별 프로젝트들을 합리적으로 평가하고, 이를 통해 연구개발활동의 적절성과 더불어 연구자금과 자원의 배분을 올바르게 조정하기 위해서는 더욱더 폭넓은 영역에 대한 체계적인 연구를 통해 평가자료를 수집하고 기존의 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 공식적인 프로젝트 평가에 참여하지 못하는 한계로 인해 주요 핵심 평가자 1인의 견해에 의존하였으나 앞으로는 이러한 점은 충분히 개선의 여지가 있는 사항이라 할 수 있다. 둘째, 여기서 제시된 평가결과를 보다 거시적이고 다양한 평가방법을 통해 새롭게 검증하는 작업이 요구된다. 마지막으로 본 연구의 대상이 사후적인 프로젝트의 상대적인 우선순위평가라고 할 때, 앞으로는 연구과정 전반에 대해서 대상사업의 추진단계 및 사업유형을 고려한 다양한 평가기준과 항목을 제시함으로써 평가담당자들로 하여금 개별 R&D사업의 특성을 감안하여 활용할 수 있는 확장성 있는 평가방법의 도입시도가 필요할 것이다.

〈참 고 문 헌〉

- 김영규·노시천 (1997), “AHP모형을 이용한 우리나라 중소기업의 부실화 원인진단과 그 예방대책에 관한 실증연구”, 『재무관리연구』, 제14권 제2호, pp. 75-105.
- 김종범 (1999), 「연구개발 효율화를 위한 예산제도 개선 및 우선순위 설정에 관한 연구」, 과학기술정책연구원.
- 남인석·김충영 (1994), “계층적 분석방법 (AHP)을 활용한 정부 R&D사업 선정모형에 관한 연구”, 『과학기술정책』, 제6권 제2호, pp. 1-24.
- 이창효 (1999), 『다기준 의사결정론』, 세종출판사.

- 조근태 · 하상도 · 김성민 · 염용권 (2000), “AHP를 이용한 중소기업형 의료기기 개발사업의 선정”, 『기술혁신연구』, 제8권 제2호, pp. 1-17.
- 포항공과대학 (1993), 『한국통신의 연구개발 투자규모 분석 및 투자배분모형 수립 연구』, 한국전자통신연구소.
- 한국과학기술연구원 (1998), 『정부출연연구기관의 연구생산성 제고를 위한 성과평가시스템 개발에 관한 연구』, 한국과학기술연구원.
- Al-Harbi, K. A. (2001), “Application of the AHP in Project Management”, *International Journal of Project Management*, Vol. 19, pp. 19-27.
- Bard, J. F. (1992), “A Comparison of the Analytic Hierarchy Process with Multi-attribute Utility Theory: A Case Study”, *IIE Transactions*, Vol. 24, No. 5, pp. 111-121.
- Falkner, C. H. and S. Benhajla (1990), “Multi-attribute Decision Models in the Justification of CIM Systems”, *The Engineering Economist*, Vol. 35, No. 2, pp. 91-114.
- Hall, D. L. and A. Nauda (1990), “An Interactive Approach for Selecting IR&D Projects”, *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 37, No. 2, pp. 126-133.
- 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*, Vol. 29, No. 2, pp. 301-309.
- Kim, T.-Y., S.-J. Kwak, and S.-H. Yoo (1998), “Applying Multi-attribute Utility Theory to Decision-making in Environmental Planning: A Case Study of Electric Utility in Korea”, *Journal of Environmental Planning and Management*, Vol. 41, No. 5, pp. 597-609.
- Lootsma, F. A. (1997), “Multicriteria Decision Analysis in a Decision Tree”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 101, pp. 442-451.
- Ossadnik, W. and O. Lange (1999), “AHP-based Evaluation of AHP-Software”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 118, pp. 578-588.
- Rangone, A. (1996), “An Analytical Hierarchy Process Framework for Comparing the Overall Performance of Manufacturing Departments”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, No. 8, pp. 104-119.

- 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*, Vol. 48, pp. 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*, Vol. 74, pp. 426-447.
- Saaty, T. L. (1995), *Decision Making for Leaders*, Pittsburgh: RWS Publications.
- Taylor, F. A., A. F. Ketcham, and D. Hoffman (1998), "Personnel Evaluation with AHP", *Management Decision*, Vol. 36, No. 10, pp. 679-685.
- Udo, G. G. (2000), "Using Analytic Hierarchy Process to Analyze the Information Technology Outsourcing Decision", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 100, No. 9, pp. 421-429.
- Yang, J. and H. Lee (1997), "An AHP Decision Model for Facility Location Selection", *Facilities*, Vol. 15, No. 9/10, pp. 241-254.