

기술대안의 전략적 평가를 위한 AHP적용에 있어서 평가자 신뢰성을 고려한 가중치 통합*

조 근 태**

Aggregation of Multiple Evaluator's Weights in Applying the AHP to Evaluate Technology Alternatives*

Keun-Tae Cho**

■ Abstract ■

The Analytic Hierarchy Process (AHP) is known as a very useful decision-making model developed for obtaining the relative weights of alternatives through pairwise comparison in the context of hierarchical structure. In this paper, we propose a method to reflect the reliability of evaluators in the process of pairwise comparison. This method is applied to the evaluation of aerospace technology alternatives. We have conducted a questionnaire survey for S company that is one of the representative aerospace companies in Korea. A questionnaire was designed for obtaining both the priority with considering the reliability of evaluators' importance weights (the modified AHP priority) and the priority with assuming equally reliable evaluators' importance weights (the AHP priority) in order to compare the priority derived by each of two methods. The result shows that there exists the difference hard to neglect between the final priorities gained by two methods.

Keyword : Technology Evaluation, Analytic Hierarchy Process, Multiple Evaluator's Weights

논문접수일 : 2002년 3월 6일 논문게재확정일 : 2002년 6월 20일

* 이 논문은 성균관대학교 2001학년도 성균학술연구비에 의하여 연구되었음.

** 성균관대학교 시스템경영공학과

1. 서론

R&D이론 영역에서, 기술대안의 평가문제를 검토할 때, 다수의 대안, 평가계층의 체계화, 정성적인 측면에서의 평가요소까지도 고려하는 다양한 기준의 설정, 나아가 이들을 정량화하는 체계적인 종합화 과정 등이 항상 중요한 과제로 등장하는 바, 이에 적합한 하나의 평가모형으로 개발되어 폭넓게 활용되고 있는 것이 계층분석과정(Analytic Hierarchy Process)에 의한 의사결정모형이다.

1970년대초에 T.L Saaty(1980)에 의하여 개발된 AHP 모형은 다수 대안에 대하여 다면적인 평가기준과 다수 주체에 의한 의사결정이 필요한 경우를 위하여 설계된 비교적 새로운 정량적인 평가방법으로서, 평가자의 직관적이고 합리적인 혹은 비합리적인 판단을 동시에 고려하면서도 포괄적인 문제해결의 틀을 제공해 준다. 이 모형은 이론의 명확성, 적용의 간편성 및 대상의 범용성이라는 특징으로 말미암아 다양한 의사결정분야에서 널리 적용되어 오고 있다.

그런데, AHP 모형을 실제 기업에서의 기술대안 평가에 그대로 적용하는 데에는 다음과 같은 문제점이 존재한다. 즉, 기존의 AHP 모형에서 평가자들간의 평가능력이 동등하게 설정되고, 더우기 다수 평가자가 존재할 경우, 이들의 평가결과에 차별을 두지 않는다. 평가자의 능력에 따른 판단결과에 대하여 가중치를 부여하는 것은 AHP 모형에서 특별히 중시되어야 함에도 불구하고, AHP 모형의 기본공리인 「역수성」을 유지시키면서 가중치가 부여된 다수인의 평가치를 통합하는 방법이 마련되어 있지 않다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하여 평가자 가중치를 산정하는 모형을 포함한 개량 AHP 의사결정모형의 설계를 구체적으로 행하며, 이렇게 설계된 모형을 우리 기업현장에서 기술경영전략 및 기술과제의 평가결정 문제에 적용해 보고, 새로운 논리 및 체계구성에 의한 개량 AHP 모형의 유용성을 검증하고 문제점을 분석하는 사례

연구를 병행하고자 한다.

2. 선행연구의 검토

2.1 AHP 모형

AHP는 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교(pairwise comparison)에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 의사결정을 지원하는 하나의 새로운 방법론이다. 이 모형은 이론의 단순성 및 명확성, 적용의 간편성 및 범용성이라는 특징으로 말미암아 여러 의사결정분야에서 널리 응용되어 왔으며, 이론구조 자체에 관해서도 활발한 연구가 진행되고 있다(Zahedi, 1986 ; Vargas, 1990).

일반적으로 의사결정 문제는 서로 상반된 기준과 불완전한 정보 및 제한된 자원하에서 최적의 대안을 선택해야 하는 문제를 내포하고 있다. AHP 모형은 이러한 다수기준하에서 평가되는 다수대안들의 우선순위를 선정하는 문제를 다루며, 기존의 의사결정이론 체계에서 보자면 다속성의사결정분석(multi-attribute decision making)의 선호보정이 있는 모형(compensatory preference model)으로서 그 속성을 위치시킬 수 있다(김성희 등, 1994).

AHP는 일반적으로 다음과 같은 4단계의 절차로 구성되어 있다.

[단계 1] 의사결정문제를 상호관련된 의사결정 사항들의 계층으로 분류하여 의사결정계층을 설정한다.

계층의 최상층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목적이 놓여지며, 그 다음의 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 다양한 속성들로 구성된다. 이들 속성들은 낮은 계층에 있는 것일수록 구체적인 것이 된다. 여기서 한 계층 내의 각 요소(항목)들은 서로 비교 가능한 것이어야 한다. 계층의 최하층은 선택의 대상이 되는 여러 의사결정 대안들로 구성된다.

[단계 2] 의사결정 요소들 간의 쌍대비교로 판단자료를 수집한다.

이 단계에서는 상위계층에 있는 목표를 달성하는데 공헌하는 직계 하위계층에 있는 요소들을 쌍대비교하여 행렬을 작성한다. 쌍대비교를 통하여 상위항목에 기여하는 정도를 9점 척도로 중요도를 부여하게 된다.

[단계 3] 고유치법을 사용하여 의사결정요소들의 상대적인 가중치를 추정한다.

가중치를 추정하는 방법에는 여러가지가 있으나, Saaty(1980)는 고유치법을 이용하여 요소들의 중요도를 산출하였다.

[단계 4] 평가대상이 되는 여러 대안들에 대한 종합순위를 얻기 위하여 의사결정 사항들의 상대적인 가중치를 종합한다.

이 단계에서는 계층의 최상위에 있는 목표를 달성하기 위하여 최하위에 있는 대안들의 우선순위를 결정하는 복합중요도벡터를 산출하는데, 이는 이전단계에서 구한 각 계층에서의 가중치를 종합함으로써 가능하다. 이렇게 구한 복합중요도는 궁극적으로 평가대상이 되는 대안들의 점수를 나타내며, 이를 통하여 대안의 우선순위를 결정하게 된다.

2.2 평가치 통합에 관한 연구

기존연구에 의하면 다수평가자의 평가치를 통합하는 방법은 크게 두 가지로 대별된다.

첫째는 평가자들의 의견을 토의와 투표를 통하여 결집하고 이를 근거로 단일 쌍대비교행렬을 작성하는 「그룹평가방법」인데(Saaty, 1980), 이는 평가계층의 규모가 크거나 비교대상이 많을 경우에는 쌍대비교를 위한 비교횟수가 엄청나게 많아짐에 따라 막대한 시간과 노력이 투입되어야 한다. 이러한 이유 이외에도 어떤 조직에서 수십명의 평가자들이 의견수렴의 회합을 위하여 일정한 시간과 장소를 마련하기에는 많은 제약이 존재하는 바, 실제로 이 방법을 사용하기란 쉽지 않다.

둘째는 「수치통합방법」으로서 이는 다수평가자가 행한 각각의 쌍대비교행렬을 수집하고 전체 평가자의 평가치를 수치통합하여 가중치를 구하는 방법이다(Barzilai et al, 1987 ; Saaty, 1983). 이 방법에는 평가자의 판단치가 분산이 클 경우에 통합결과의 신뢰성이 문제가 된다는 단점이 있다.

Saaty는 평가자들에 대하여 높은 신뢰성이 있을 경우에는 첫 번째 방법을 사용하고, 그렇지 않을 경우에는 후자인 수치통합방법의 사용을 제안하고 있다(Saaty, 1980).

위에서 제시한 복수평가자 평가치에 대한 수치통합방법은 다음과 같은 3가지의 방법으로 요약할 수 있다.

첫 번째 방법은 평가자가 작성한 쌍대비교행렬의 각 원소에 대하여 전체 평가자의 평가치들을 기하평균하여 통합하고, 이를 원소로 하는 단일 쌍대비교행렬을 구성하는 방법이다. 이후의 계산은 단일평가자에 의한 평가치의 AHP 계산과 동일하다.

즉, 전체 평가자가 n 명으로 구성되며 a_{ij} 를 k 번째 평가자가 평가한 쌍대비교행렬에서의 각 원소라 할 때, 통합된 단일 쌍대비교행렬의 각 원소 $\overline{a_{ij}}$ 는 다음 식 (1)과 같이 계산하여 구한다.

$$\overline{a_{ij}} = \prod_{k=1}^n (a_{ijk})^{1/n} \quad (1)$$

기하평균을 사용하는 이유는 복수평가자의 평가치를 통합할 때 행렬의 역수성을 유지시키는 유일한 방법이 기하평균법이기 때문이며, 이는 Aczel과 Saaty(1983)의 연구에서 증명되고 있다.

두 번째 방법은 평가자가 작성한 쌍대비교행렬을 계산하여 최대고유치에 해당하는 고유벡터를 구한 다음 각 항목에 대한 전체 평가자의 고유벡터값들을 산술평균하여 통합된 가중치를 구하는 방법이다.

즉, 전체 평가자가 n 명일 경우 w_k 를 k 번째 평가자가 평가한 쌍대비교행렬로부터 구한 l 항목의 고유벡터값이라고 할 때, 전체평가자의 통합가중치 $\overline{w_l}$ 은 다음 식 (2)와 같이 구해진다.

$$\bar{w}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n w_{ik} \quad (2)$$

여기서 Saaty & Vargas(1980)는 체스경기에서 선수의 행태를 분석하고 최고의 선수를 가려내는 문제를 AHP 문제화하였는데, 이 연구결과, 첫 번째 방법과 두 번째 방법에 의한 통합결과의 차이는 무시해도 좋을 정도이며, 어느 방법을 사용하더라도 무방한 것으로 서술되고 있다.

Lockett(1986)는 제약산업에서의 한 기업을 대상으로 하여 현재 수행중인 연구프로젝트와 새로 추진할 연구프로젝트들에 우선순위를 부여하고 이를 근거로 연구포트폴리오를 구성하는 연구를 행하였는데, 이 연구에서도 평가치 통합을 위한 방법으로 산술평균이 사용되었다.

그러나 Barzilai(1987)는 기하평균을 통하여 전체 평가자의 고유벡터값을 통합하는 것이 평가결과의 역수성을 유지시키는 필요조건임을 증명하였다. 이와 같이 고유벡터값을 기하평균하여 수치통합하는 것이 세 번째 방법이며, 이렇게 구한 각 항목별 가중치는 첫 번째 방법을 통하여 계산한 가중치와 같은 결과를 나타낸다.

이 방법에 의하면, 전체 평가자가 n 명이며 w_{ik} 를 k 번째 평가자가 평가한 쌍대비교행렬로부터 구한 i 원소의 고유벡터값이라고 할 때, 전체평가자의 통합가중치 \bar{w}_i 은 다음 식 (3)과 같이 구한다.

$$\bar{w}_i = \prod_{k=1}^n (w_{ik})^{1/n} \quad (3)$$

이상에서 제기한 3가지 수치통합방법은 공히 평가자 가중치를 상정하고 있지 않으므로, 만약 평가자의 능력에 따른 가중치를 부여한다고 할 경우에 이를 반영하여 처리할 방법의 부재를 문제점으로 지적할 수 있다.

3. 개량 AHP 모형의 설계

본 절에서는 평가자의 능력을 측정할 수 있는 체

계를 설계하고, 이를 근거로 평가자의 능력에 따른 판단결과에 대하여 가중치를 부여하여 최종 대안에 대한 우선순위를 설정하고자 하는 개량 AHP의 개념모형을 제시하고자 한다.

3.1 2분화 계층의 설계

AHP 모형에서 계층구조의 설계를 위한 정형화된 방법론은 제시되어 있지 않다. 일반적인 계층구조의 논리에 따르면 하나의 평가계층은 한사람의 평가자가 일관되게 최상층에서 최하층까지 평가할 수 있도록 설계되어야 함을 알 수 있다. 그러나, 조직에서의 의사결정문제는 그 속성이 다양하며, 그 계층의 구조가 복잡하게 설정되어 있는 문제복합체의 성격을 띄고 있다. 본 연구에서 대상으로 하고 있는 기업경영측면에서의 기술전략 설정과 이에 적합한 기술과제 선정을 위하여 구성된 평가계층은 기업경영과 관련한 전략설정의 문제와 각 전략별로 평가하여야 할 평가항목(기준)들이 위치하고 있는 상위계층과 기술자체에 대한 다양한 관점에서의 평가가 포함되어 있는 하위계층 등 복잡한 계층구성을 필요로 하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 복잡한 평가계층구조가 요구되는 현실문제에의 적용을 위하여, 계층구조를 2분화하는 설계를 시도하였다. 이렇게 계층구조를 적정영역으로 분할하게 되면, 각 영역에 적합한 평가자를 선정하기도 수월하고 평가대상의 수가 그만큼 줄어들어 평가의 효율을 높일 수 있는 것이다.

계층구조를 2분화하여 설계하기 위한 방법론으로서, NASA의 대규모 프로젝트 계획모형인 「PATTERN」(연구개발 가이드북 편집위원회편, 1973)에서 응용된 관련수목법을 구사하였다.

본 연구에서는 PATTERN의 개념체계를 응용하여 기업에서 의사결정문제의 계층을 크게 전략영역(strategy field)과 기술영역(technology field)으로 나누었다. 이는 PATTERN에서의 계층설계체계인 사명영역과 시스템영역을 기업의 기술경영

문제를 다루기 위한 2영역체계로 변환시킨 것이며 내부의 설계원리는 동일하다.

따라서, 전략영역에서의 계층은 일단 최상위층에 사업목적을 위치시켰고, 그 하위에 사업전략, 기술전략 및 평가항목을 포함하도록 설계하였고, 기술영역에서는 전략영역에서 최하위부분으로 설정된 평가항목을 최상위계층으로 하고 그 하위에 기술대체안을 최종대안으로 설정하였다.

본 모형에서는 계층의 2분화와 함께 각 계층별 평가자도 구별하여 선정한다. 즉, 각 계층을 구성하는 평가문제의 속성에 따라 해당계층의 문제를 정확히 평가할 수 있는 전문평가자를 선정하는 것으로 전략영역의 평가자로는 기술관리부서의 인력이, 기술영역에서의 평가자로는 연구개발부서의 인력이 적합하다 하겠다.

한편, 선행연구에서 살펴본 바와 같이, AHP 모형에서는 분석에 앞서 수집데이터의 적격여부를 판별하기 위하여 전체계층의 일관성 검증을 행하는데, 계층이 2분화되어 전략-기술영역으로 계층이 구성되었을 경우에도 동일한 방법을 적용하여 각 영역에 대한 일관성 검증을 행할 수 있다.

계층에 대한 일관성검증의 방법은 다음과 같다. 먼저, 각 계층별로 쌍대비교에서 구한 일치도지수(CI)에 항목별 가중치를 곱한 값을 전체계층에서 구하여 모두 합한다. 그리고, 이를 전체계층의 각 쌍대비교 행렬에서의 난수지수(RI)에 항목별 가중치를 곱한 값들의 합과 비교하여 계층의 일관성비율(Consistency Ratio of Hierarchy : CRH)을 구한다. 나아가, 일관성비율(CR)과 마찬가지로 경험적 법칙을 근거로 한 CRH의 허용한도는 10% 이내이며, 이를 통과하지 못한 자료는 평가치 통합에서 제외한다.

3.2 평가치 통합화 알고리즘

다수평가자의 평가치를 통합함에 있어 먼저 행해야 하는 작업은 각 평가자의 평가치에 대한 신뢰도를 검토하는 일이며, 이는 CRH 검증을 통해

이루어진다. 본 연구에서 설계하는 개량 AHP 모형에서는 평가계층을 전략영역과 기술영역이라는 2계층으로 분할하여 구성하였으므로 각 계층별로 모든 평가데이터에 대하여 CRH 검증을 행하고 이를 통과한 데이터만 통합자료로 사용하게 된다.

본 연구에서는 선행연구에서 검토한 복수평가자 평가치의 3가지 수치통합방법 중에서 세 번째 방법인 항목별 가중치의 기하평균에 의한 통합방법을 채택하였다. 두 번째 방법인 산술평균방법은 기본 공리인 역수성의 유지에 위배되므로 배제하였고, 첫 번째 방법인 판단행렬의 각 요소별로 복수평가치에 대한 기하평균을 취하고 새로운 판단행렬을 작성하는 방법은 CRH 검증의 절차가 중복되므로 배제하였다.

이상의 과정을 통하여 본 연구에서는 평가능력에 따른 평가자의 가중치가 통합결과에 완벽히 반영되며, 또한 통합결과가 역수성 공리에 위배되지 않도록 하는 평가치 통합화의 알고리즘을 개발하였는데, 이는 다음과 같이 세 단계로 구성된다.

[단계 1] w_{lk} , a_k 계산

여기서, w_{lk} : 평가자 k 에 의한 l 항목의 가중치
 a_k : 평가자 k 의 평가능력 가중치계수
 $(k = 1, 2, \dots, m)$
 $(l = 1, 2, \dots, n)$

[단계 2] \bar{w}_l 계산

$$\bar{w}_l = \left(\prod_{k=1}^m w_{lk}^{a_k} \right)^{1 / \sum_{k=1}^m a_k} \quad (4)$$

여기서, \bar{w}_l : l 항목의 통합가중치

[단계 3] \bar{w}_l 의 정규화

여기서 설계한 알고리즘을 단계별로 설명하면 다음과 같다.

첫 번째 단계에서는 각 평가자별 항목평가치를 계산하여 항목별 가중치(w_{lk})를 계산한다. 평가자의 평가능력에 대한 가중치는 배율개념으로 전환

한 계수(a_k)로 나타내는데 최소의 평가자 가중치를 기준으로 하여 이를 상회하는 평가자 가중치는 최소 평가자 가중치의 배수치로 설정하는 것이다.

두 번째 단계는 앞서 구한 전문가 가중치계수를 반영하여 평가자별 항목 평가치를 기하평균으로 통합하는 것이다. 즉, 평가항목별 통합가중치(\bar{w}_l)를 구하는 것인데, 실제의 식으로 변환하면 다음과 같다.

먼저, 식 (4)의 양변에 Ln를 취하면, 식 (5)가 되고, 이는 최종적으로 식 (6)과 같이 전개된다.

$$\text{Ln } \bar{w}_l = \frac{1}{\sum_{k=1}^m a_k} \cdot \text{Ln} \left(\prod_{k=1}^m w_{lk}^{a_k} \right) \quad (5)$$

$$\text{Ln } \bar{w}_l = \frac{1}{\sum_{k=1}^m a_k} \cdot \text{Ln} (w_{l1}^{a_1} \cdot w_{l2}^{a_2} \cdots w_{lm}^{a_m})$$

$$\text{Ln } \bar{w}_l = \frac{1}{\sum_{k=1}^m a_k} \cdot (\text{Ln } w_{l1}^{a_1} + \text{Ln } w_{l2}^{a_2} + \cdots + \text{Ln } w_{lm}^{a_m})$$

$$\text{Ln } \bar{w}_l = \frac{1}{\sum_{k=1}^m a_k} \cdot \left(\sum_{k=1}^m \text{Ln } w_{lk}^{a_k} \right) \quad (6)$$

다시 양변에 지수함수를 취하면, 식 (7)과 같다.

$$\bar{w}_l = \text{Exp} \left(\frac{\sum_{k=1}^m (a_k \cdot \text{Ln } w_{lk})}{\sum_{k=1}^m a_k} \right) \quad (7)$$

세 번째 단계는 두 번째 단계에서 구한 평가항목별 가중치의 종합치를 1로 정규화시키는 것이다. 정규화된 항목별 통합가중치는 각 항목에 대한 전체 평가자의 통합 가중치벡터를 나타낸다.

본 연구에서 개발한 통합알고리즘을 적용하여 특정 항목에 대한 전체평가자의 평가결과를 종합하면, 그 결과는 기하평균을 통하여 역수성이 유지되고 또한 평가능력이 우월한 평가자의 평가치에

는 배수개념의 가중치가 고려된 결과치가 나타난다.

3.3 평가자 평가모형의 설계

3.3.1 2분화 평가

기존의 AHP 모형에서는 다수의 평가자가 평가에 참여하는 경우에, 이들의 평가내용이 동등한 중요도를 갖는 것으로 상정하여, 평가자들간의 가중치는 고려하지 않는다.

실제 기업조직에서 평가를 행하는 경우 평가문제 자체의 복잡성, 평가집단의 연관성 등으로 인하여 다수의 평가자가 평가작업에 참여하게 되며, 따라서 해당문제에 대하여 전문적 식견을 갖춘 평가자의 선정이 특히 중요한 문제가 된다.

본 연구에서는 평가계층을 크게 두 영역으로 나누어 설계하였고 이에 따라 영역별로 적합한 평가자를 따로 선정하였다. 또한 합리적인 기준에 따라 평가자의 평가능력을 산정한 결과를 AHP의 계층평가에 반영하는 구조를 취한다. 따라서 해당문제의 평가에 적합한 전문가를 선정하는 일도 중요하나 전문가의 평가능력에 대한 가중치를 결정하는 일은 더욱 중요하다.

연구원이나 사무원의 생산성에 관한 연구에서는 성과로서 능력에 관한 평가를 행하고, 실제로 기업에서의 인사고과에서도 정성적인 요소를 업적, 목표달성도 등의 척도로 평가한다. 그러나 이는 평가능력에 대한 충분조건은 될 수 있으나 필요조건은 결코 될 수 없기 때문에 본 연구에서는 평가자의 평가능력을 나타내는 척도로서 그 평가자의 「지식」과 「경험」이라는 정성적 항목을 설정하고자 하는데, 이는 평가자의 평가능력이란 그 사람의 해당 분야에 대한 전문적 지식과 현장적 경험에서 산출되는 것으로 본 것이다.

그런데, 지식과 경험은 평가능력에 대하여 각기 독립적으로 작용하는 것이 아니라 상호 상승작용을 일으켜 평가능력을 증대시키므로, 평가능력의 구조를 지식치과 경험치의 곱으로 즉, 연승구조의 계산논리로 설계하였다.

3.3.2 가중요소 부여구조

전문지식과 현장경험의 곱에 의하여 나타나는 평가능력의 구조에 근거하여 본 연구에서는 전문가에 대한 평가항목을 크게 경험항목과 지식항목으로 나누어 설계하였다.

먼저, 각 항목내의 요인을 선정하기 위하여 규범적 방법과 탐색적 방법을 병행하였다. 즉, 전문가의 평가능력에 관한 기존연구의 부재로 인하여 연구원의 생산성을 측정하는 연구, 사무원의 생산성을 측정하는 연구 등에서 평가능력과 관련이 있는 항목을 수집하고, 기업체의 인사관리 업무 담당자와의 인터뷰를 통하여 인사고과시의 평가항목, 인력채용시의 평가항목을 고려대상으로 삼았다.

다음으로, 수집한 다수의 평가항목을 정리하기 위한 분류축을 설정하였는데, 본 연구의 개념모형에서 설정하고 있는 2계층분할 평가구조에 맞추어 연구집단과 관리집단, 현장경험 및 전문지식의 양대 축으로 체계화하였다.

마지막으로 수집된 많은 평가항목을 2대축에 기준하여 분류함에 있어 항목간에 높은 상관관계를 나타내는 항목은 제거함으로써 항목간의 상호배타성을 최대로 유지할 수 있도록 항목의 독립성 확보에 주력하였다. 그리고 연구집단과 관리집단에 공통적으로 적용될 수 있는 평가항목은 공통항목으로 집합화하였다.

이렇게 지식과 경험항목으로 평가항목을 분류하고 각 항목별 요인의 갯수를 달리할 경우 간접적으로 가중치가 걸리는 결과를 나타내는데 본 연구

에서는 이에 관한 간접가중(indirect weighting)조정은 행하지 않았다. 이는 지식과 경험이 어느 정도 거리를 유지하면서 평가능력이라는 방향성에 대하여 선형적으로 작용하며, 완전직교를 전제로 한 상쇄효과(trade-off)가 발생할 가능성이 적다는 속성을 지니고 있고 또한 행동과학적 측면에서 지식과 경험의 상호복합작용에 관한 시험적 연구가 아직은 존재하지 않기 때문이다. <표 1>은 이상의 과정을 거쳐 선정된 평가자의 평가능력항목 분류표이다.

3.3.3 가중치 결정화 알고리즘

본 연구에서 평가자 평가모형은 결정론적평가수법(Decision Theory Approach)의 체계내에 위치하는 평점법(Scoring Method)의 일종인 가승방식(Add-Multi Method)을 사용하여 설계하였다.

평점법은 평가요인을 결정하여 모든 평가요인에 유용한 체크리스트를 주고 선형의 가정에 근거한 비효용척도(Non-utility scale)로써 평가하려고 하는 방식이다. 평점법은 다양한 목적이나 차원이 다른 다수의 평가항목을 단일한 수치, 즉 점수로 나타내기 때문에 평가대상에 대한 우선순위의 명확화, 계산의 용이성 그리고 정성적 요인의 정량화라고 하는 장점이 있다. 반면에 다차원의 기준을 선형 1차 결합으로서 통일적으로 평가할 수 있는지에 대한 이론적 증명이 빈약하다는 단점을 내포하고 있지만, 적용상의 간편성때문에 널리 사용되고 있는 수법이다.

<표 1> 평가자 평가항목 설정구조

항목특성 \ 부서	연구 집단	관 리 집 단
경험	프로젝트 참여횟수 기술보고서제출횟수	직 위 근무년수 과제관리참여횟수 보고서 제출횟수 기술전략수립 참여횟수
지식	특허 출원/등록건수 실용실안출원/등록건수 연구논문 발표횟수	학 위 사내포상실적 아이디어제안횟수 워크샵참여횟수 교육훈련참여횟수

평점법의 일종인 가승법은 항목체계내에서 소항목들의 평가치는 서로 더하고, 대항목에 대한 점수는 서로 곱하여 그 결과를 총평점으로 삼는 방식으로서 그 내부에는 다음과 같은 논리구조가 존재한다.

항목끼리 더하는 경우, 즉 가법을 적용하는 경우는 전체항목 중에서 어느 하나만 있어도 전체효율을 따질 수 있는 경우이다. 반면에 항목끼리 곱하는 경우, 즉 乘法은 두 요소가 모두 요구되어 하나라도 없으면 안되는 경우에 취하는 계산법이다. 따라서, 요인간의 통합원리가 논리합(Logical Sum)을 따를 때에는 가법이 적용되고, 논리곱(Logical Product)의 경우에는 승법이 적용된다.

그런데, 가법을 취할 경우는 최고치와 최저치의 감도가 좋지 않게 되고, 승법을 취하는 경우는 중간치의 감도가 좋지 않게 되는 경우가 발생한다. 이러한 단점의 보완을 위하여 두가지 원리를 합하여 사용하는데 이것이 가승법의 원리로서, 가법의 원리하에 평가한 점수에서 나타나는 최고치와 최저치의 낮은 감도를 승법의 원리로 보정하여 줌으로써 간감도와 양극감도를 둘다 동시에 높이는 결과를 나타낸다.

이상에서의 원리에 따라 본 연구에서는 평가자의 평가능력을 경험과 지식의 논리곱에 의한 결과로 계산하고, 경험과 지식내의 항목들은 논리합의 관계로 계산한다. 따라서, 평가자의 평가능력에 대한 가중치의 결정화모형을 가승법의 기본원리에 근거하여 다음과 같이 설계하였다.

$$S_k = (\sum_{i=1}^m E_{ik}) \cdot (\sum_{j=1}^l K_{jk}) , \forall k$$

여기서, S_k : 평가자 k의 평가능력 점수 ($k=1, 2, \dots, n$)
 E_{ik} : 평가자 k의 i경험 항목 점수 ($i=1, 2, \dots, m$)
 K_{jk} : 평가자 k의 j지식 항목 점수 ($j=1, 2, \dots, l$)

상기의 식을 사용하여 평가자 평가능력 점수를 산정한 후, 이를 1로 정규화(normalize)하면 평가자 n명에 대한 평가자 가중치로 나타낼 수 있는데, 이를 본 연구에서 설계한 개량 AHP 모형에서 사용하

기 위해서는 모든 가중치를 최소가중치에 대한 배수치로 변환시켜 주어야 한다. 평가자의 전문평가능력 산정과정을 포함하는 평가자(전문가) 가중치의 결정화를 위한 알고리즘은 다음과 같이 설계된다.

[단계 1] 평가자 평가능력 점수(S_k) 계산

$$S_k = (\sum_{i=1}^m E_{ik}) \cdot (\sum_{j=1}^l K_{jk}) , \forall k$$

[단계 2] 평가자 평가능력 가중치(W_k) 계산

$$W_k = \text{Normalize}(S_k) , \forall k$$

여기서, W_k : 전체 S_k 를 1로 정규화한 가중치

[단계 3] 최소평가자 가중치(a_{\min}) 설정

$$a_{\min} = \text{Min}(W_k) , \forall k$$

[단계 4] 평가능력 가중치계수(a_k) 계산

$$a_k = W_k / a_{\min} , \forall k$$

4. 개량 AHP 모형의 적용

본 연구에서 설계한 개량 AHP 모형의 적용을 위하여 국내의 대표적인 항공기 제작사중의 하나인 S항공기업을 대상으로 자료를 수집하였다.

항공/우주기술은 재래산업기술에서부터 최첨단 기술에 이르기까지 다양하게 구성되어 있는 복합 기술분야로서, 미래지향적인 연구개발집약형 기술 분야이다. 이와 같이 기술면으로도 복합기술체계로 구성되는 방대한 기술대체안이 존재할 뿐 아니라 시장면에서도 세계시장에서 당당히 경쟁해야만 하는 국제경쟁력 강화가 시급한 국가산업분야로 인식되고 있다. 이러한 관점에서 볼 때, 이 산업이 야말로 체계적으로 정확한 전략적 평가가 필요한 분야로서, 본 연구에서 설계한 모형을 적용하기에 적합한 것으로 판단되었다.

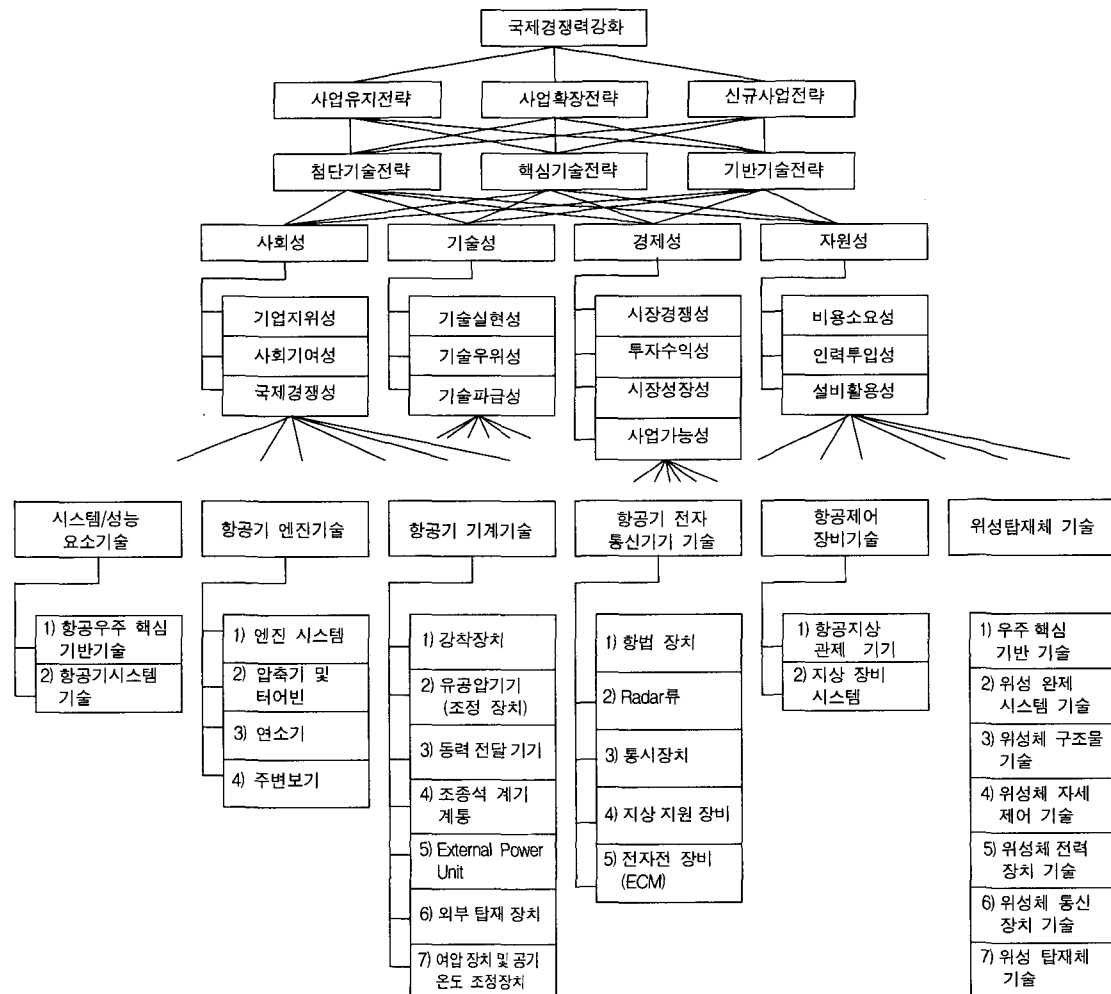
4.1 계층요소의 선정

계층의 최상위목표는 사례연구의 대상인 국내 S

항공기업의 항공사업부문의 국제경쟁력 강화로 설정하였다. 2차 레벨에서는 사업전략으로서 전통적인 시장/제품매트릭스에 의한 전략분류유형인 현사업유지전략, 사업확장전략 그리고 신사업으로의 다각화전략을 채택하기로 하였다. 3차 레벨에서는 기술전략으로서 기술군의 분류에 의한 유형인 첨단기술전략, 핵심기술전략, 기반기술전략으로 설정하였다. 평가항목은 효과와 비용측면으로 구분하여 설정하였으며, 효과항목은 사회적, 기술성, 경제성, 조건항목은 자원성을 평가기준으로 잡았다.

기술대체안의 선정은 연구대상기업의 중장기 기술계획안에 근거하여 탐색적으로 수행하여야 하나 이는 해당기업의 내부기밀이므로, 기업외부의 학술적 연구인 본 연구에서 실제 기술계획안만을 근거로 한 기술대체안의 선정작업은 불가능하였다. 따라서, 현재 해당기업에서 행하고 있는 일부 기술군을 포함하여 금후 우리기업의 방향 및 수준에 입각한 주요 기술군의 규범적 추출을 병행함으로써 최종대체안을 확정하였다.

이상의 과정을 통하여 구성한 전체 계층을 평가계층도로 도시화하면 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 평가계층도

4.2 가중요소의 선정

설문조사서로부터의 회답내용을 근거로 평가자의 평가능력 즉, 2계층영역별로 평가자들이 갖는 전문성의 정도를 포착할 수 있는 평가항목의 선정을 행하였다. 경험항목과 지식항목에서 공통적으로 하나의 공통항목과 4개의 특성항목이 선정되었고, 이를 집단별로 구분하면 기술집단과 관리집단에 대하여 각각 6개의 항목이 선정되었다. <표 2>는 선정된 평가항목을 각 평가집단별, 항목특성별로 분류한 결과를 나타낸다.

4.3 모형적용의 결과

4.3.1 평가자 가중치의 도출

수집한 전체 29부의 설문조사서의 응답결과에

대하여 계층의 일관성을 검증한 결과, 전략영역계층에서의 13부와 연구영역계층에서의 11부를 합하여 전체 24부의 평가자료를 선별하였다.

계층의 일관성 검증을 통과한 24명 평가자에 대한 평가능력의 가중치는 평가능력 가중치 계수(이하, 'a계수'로 약칭)로서, 모든 평가자들에 대한 a계수를 구한다. <표 3>과 <표 4>는 각 평가집단의 모든 평가자에 대한 「a계수치」를 구한 결과이다.

4.3.2 대체안 중요도의 도출

<표 5>는 개량 AHP 모형의 계산결과 산출된 대분류 및 중분류 기술대체안들의 중요도를 나타낸 것이다. 국제경쟁력강화라는 최종목표에 대한 기술대체안들의 중요도를 비교해보면, 시스템 성

<표 2> 계층영역별 평가자 평가항목

항목특성 \ 집단	기술 집단	관리 집단
경험	C2 프로젝트 참여횟수 C3 기술보고서제출횟수	C1 근무년수 C2 과제관리참여횟수 C3 보고서 제출횟수
지식	C4 특허 출원/등록건수 C5 연구논문 발표횟수	C6 학 위 C4 워크샵참여횟수 C5 교육훈련참여횟수

<표 3> 연구집단 평가자의 a계수

평가계수 \ 평가집단	연구 집단										
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
평가자 가중치	0.049	0.031	0.144	0.180	0.090	0.042	0.132	0.030	0.049	0.165	0.081
a	1.63	1.03	4.8	6	3	1.4	4.4	1	1.63	5.5	2.7
Σa	33.09										

<표 4> 관리집단 평가자의 a계수

평가계수 \ 평가집단	관리 집단												
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13
평가자 가중치	0.045	0.030	0.120	0.028	0.190	0.120	0.066	0.040	0.114	0.028	0.167	0.022	0.022
a	2.04	1.36	5.45	1.27	8.63	5.45	3	5.18	1.27	7.59	1	1	
Σa	45.05												

〈표 5〉 대체안 중요도

대분류 기술	중분류 기술	중요도	우선순위
시스템 성능 요소기술 (0.309)	1) 항공우주 핵심기반기술	0.245	2
	2) 항공기 시스템기술	0.755	1
항공기 엔진 기술 (0.147)	1) 엔진 시스템	0.589	1
	2) 압축기 및 터어빈	0.235	2
	3) 연소기	0.117	3
	4) 주변보기	0.058	4
항공기 기계 기술 (0.108)	1) 강착장치	0.256	2
	2) 유공압기기(조정장치)	0.219	3
	3) 동력 전달 기기	0.318	1
	4) 조종석 계기 계통	0.172	4
	5) External Power Unit	0.102	6
	6) 외부 탑재 장치	0.082	7
	7) 여압장치 및 공기온도 조정장치	0.132	5
항공기 전자 통신기기 기술 (0.137)	1) 항법장치	0.292	1
	2) Radar류	0.153	4
	3) 통신 장치	0.178	3
	4) 지상지원 장비	0.088	5
	5) 전자전 장비(ECM)	0.285	2
항공 제어장비 기술 (0.154)	1) 항공 지상관제 기기	0.332	2
	2) 지상 장비 시스템	0.665	1
위성 탑재체 기술 (0.148)	1) 우주 핵심 기반 기술	0.071	6
	2) 위성 완제 시스템 기술	0.263	2
	3) 위성체 구조물 기술	0.264	1
	4) 위성체 자세 제어 기술	0.213	4
	5) 위성체 전력 장치 기술	0.050	7
	6) 위성체 통신 장치 기술	0.224	3
	7) 위성 탑재체 기술	0.112	5

능/요소기술이 0.309라는 압도적으로 큰 중요도를 나타내고 이어서 항공기 제어장비기술, 위성 탑재체기술, 시스템 엔진기술, 항공기 전자통신기기기술, 항공기 기계기술의 순으로 중요도가 낮아짐을 알 수 있다.

여기서, 중분류 기술대체안의 중요도는 각 대분류 기술내에서의 상대적인 중요도를 의미한다.

4.4 모형의 검증

개량 AHP에서 설계한 2가지 주요 논리축에 관한 타당성 및 유용성을 검증하고자 한다. 이는 전략영역과 기술영역이라는 2분할계층구조에 대한 검증, 평가자 가중치 부여에 관한 검증이라는 내용

으로 구성된다.

4.4.1 2분화 계층구조의 검증

먼저, 개량 AHP에서 구분한 전략영역과 기술영역의 2분할 계층화 구조의 유효성을 검증하고자 한다. 이는 전문영역별 각 평가집단의 평가결과에 대한 일관성을 검증함으로써 가능하다.

이러한 검증을 위하여, 평가자가 두 평가영역에 대하여 모두 평가하도록 설문조사서를 구성하였고 그 반응을 요구하였다. 이렇게 하여 회수된 수집자료중 적어도 각자의 전문계층에 대한 일관성이 보장되는 것만을 분석자료로 채택하였는데, 이는 전체계층에 대하여는 일관성이 보장되지 않더라도 각 평가자가 속한 집단의 전문계층에 대한 평가결과

가 일관성이 있으면 이를 채택하는 것으로 설계한 개량 AHP 모형에 대한 검증에 위해서였다.

두 평가집단에 소속하는 평가자 전체의 평가결과에 대한 계층의 일관성조사 결과를 분석하여 보면, <표 6>과 같다. 회수된 총 29부(관리집단: 15부, 연구집단: 14부)의 자료 중에서 전체계층의 일관성이 확보된 것은 <표 7>과 같이 17부에 불과하나, 자신의 전문영역에 대한 일관성이 유지된 자료는 연구집단 11부와 관리집단 13부로 총 24부

이다.

즉, 계층별 일관성검사에 관한 분석결과, 계산에 이용된 자료든 탈락된 자료든 간에 공히 자신이 속한 전문영역에서의 일관성은 좋은 것으로 나타났으나, 비전문영역에서의 좋지 않은 일관성으로 인하여 전체 계층에서의 일관성은 좋지 않은 결과를 나타냈다.

이 결과는 평가집단의 속성별 전문영역에 대한 평가행위의 일관성을 나타내는 현상으로서, 결국

<표 6> 계층별 일관성(CRH)조사 결과

소속	평가계층	전 체 계 층	전 략 계 층	기 술 계 층	채 택 여 부
	Data No.				
연구 집단	R1	0.08	0.10	0.08	A
	R2	0.06	0.10	0.05	A
	R3	0.05	0.10	0.05	A
	R4	0.04	0.04	0.03	A
	R5	0.13	0.21	0.08	A
	R6	0.08	0.10	0.07	A
	R7	0.08	0.09	0.08	A
	R8	0.28	0.25	0.28	R
	R9	0.16	0.25	0.13	R
	R10	0.11	0.12	0.10	A
	R11	0.10	0.10	0.09	A
	R12	0.10	0.10	0.10	A
	R13	0.10	0.08	0.10	A
	R14	0.31	0.37	0.30	R
관리 집단	M1	0.15	0.08	0.18	A
	M2	0.16	0.05	0.21	A
	M3	0.10	0.09	0.10	A
	M4	0.08	0.03	0.10	A
	M5	0.31	0.11	0.38	R
	M6	0.06	0.06	0.06	A
	M7	0.09	0.08	0.09	A
	M8	0.07	0.04	0.10	A
	M9	0.15	0.10	0.17	A
	M10	0.05	0.03	0.06	A
	M11	0.19	0.03	0.23	A
	M12	0.03	0.01	0.03	A
	M13	0.17	0.12	0.18	R
	M14	0.16	0.10	0.18	A
	M15	0.10	0.06	0.10	A
계	총 29부	A : R = 17 : 12	22 : 7	19 : 10	24 : 5

주) A : 채택(Accept), R : 기각(Reject)

〈표 7〉 평가집단의 일관성검증 결과

소속집단 \ 계층일관성	전체계층 일관성 유지	전문계층 일관성 유지
연구 집단	9	11 (하위계층)
관리 집단	8	13 (상위계층)
계	17	24

전략/기술이라고 하는 2계층구조 분할의 타당성과 현장적 유용성을 증명하는 것이라 할 수 있다.

4.4.2 가중치 부여구조의 검증

개량 AHP에서는 다수 평가자들이 평가에 참여할 경우, 평가자에게 평가능력에 따른 가중치를 부여하고 이를 평가치의 통합과정에 반영하여 대체안의 중요도를 도출하도록 하였는데, 이는 지식이 깊고 경륜이 풍부한 평가자의 결과치가 부합되게끔 평가모형을 설계한 것이었다. 특히, 전략적 수준에서 세분화된 기술대체안의 평가와 같이 평가자의 지식과 경륜에 크게 의존하는 경우에, 전문가의 평가치가 크게 반영되도록 한 것이다. 개인별 가중치를 주었을 경우와 주지 않았을 경우의 차이는 전문가의 능력이 보다 크게 반영되었는가 그렇지 않은가의 차이로 해석할 수 있다.

〈표 8〉은 평가자 가중치를 부여하였을 경우와 기존모형에서와 같이 평가자 가중치를 부여하지 않았을 경우, 기술과제대체안들이 갖는 중요도와 우선순위의 차이를 제시한 것이다.

이와 같이 최종대체안의 중요도순위와 그 가중

치가 달라지는 현상을 볼때, 평가에 참여하는 사람들의 평가능력을 균등화 시켜서는 곤란하며, 전문성을 가진 평가자에게 가중치를 부여한 결과를 근거로 의사결정을 내리는 것이 보다 합리적인 것이 할 수 있다.

따라서, 개량 AHP에서 평가자 가중치를 반영시켜 계층별 가중평가치를 도출하는 과정은 커다란 의미를 갖는다 하겠다.

5. 결 론

AHP는 다수의 대체안과 다수의 평가기준이 존재할 때, 이들간의 상대적인 중요도를 결정하는 평가모형으로서 강력한 응용성을 가진 모형이라고 할 수 있다. 그러나, 문제를 계층화하고 다수의 평가자가 참여할 때, 많은 이해집단의 의견을 수렴할 수 있는 바람직한 틀을 제공하는 이 모형은 구조적으로 복잡한 문제를 평가하는 다수 평가자들의 능력을 균등하게 처리함으로써 오히려 전문적인 정확한 판단을 흐리게 할 수도 있다는 측면을 가지고 있다.

〈표 8〉 가중치부여 여부에 따른 중요도의 차이

부여여부 \ 우선순위	기술대체안의 중요도	
	가중치 부여	가중치 미부여
1	시스템 성능/요소기술 (0.309)	시스템 성능/요소기술 (0.287)
2	항공기 제어장비기술 (0.154)	항공기 제어장비기술 (0.165)
3	위성 탑재체기술 (0.148)	항공기 엔진기술 (0.157)
4	항공기 엔진기술 (0.147)	위성 탑재체기술 (0.151)
5	항공기 전자통신기기기술 (0.137)	항공기 기계기술 (0.136)
6	항공기 기계기술 (0.108)	항공기 전자통신기기기술 (0.105)

본 연구에서는 AHP를 이용하여 기업에서 전략 평가와 기술평가가 복합화된 의사결정을 행할 때 나타날 수 있는 중대한 문제를 해결하기 위하여 시도되었으며, 실제로 본 연구에서 구축된 개량 AHP 모형의 적용을 통하여 본 모형이 갖는 논리구조의 유의성을 검증하였다.

본 연구의 성과는 개량모형의 설계를 통하여 얻어진 다음 사항들로서 압축될 수 있다. 첫째, 평가 계층을 전략영역과 기술영역의 2분화 계층체계로 구성하고, 이 두 영역의 평가속성에 적합한 두 평가집단으로 하여금 전문화된 평가를 하게 하는 2분화 평가체계를 구축함으로써 평가의 정확성을 크게 높였다. 둘째, 2분화 계층구조를 만족시키는 2분화 평가구조를 설계하고 관리/기술집단 평가자들의 평가능력에 대한 가중치를 산정하는 모형을 구축하고 이를 통하여 구한 평가자 가중치를 AHP 구조상에 반영하는 통합화방식을 개발함으로써 보다 전문적인 평가를 가능하게 하였다.

본 연구의 모형을 활용적 측면에서 검토해 볼 때, 다음과 같은 두 가지의 의의를 제시할 수 있다. 첫째, 평가자 평가에 대한 방안을 마련함으로써 기업에서 평가자의 평가능력까지도 반영하는 보다 정교한 평가시스템을 구축하려 할 때 유용한 지침이 될 수 있다는 것이다. 둘째, 본 연구에서는 비록 항공산업의 특정기업을 대상으로 한 모형적용에서 마무리되었지만, 어떠한 산업이나 기업에서도 기술경영전략상에서의 의사결정문제를 다루는 경우에 유효하게 적용할 수 있는 범용성있는 모형으로서의 가치를 갖고 있다는 것이다.

상술한 성과 및 의의와 더불어 본 연구는 다음과 같은 한계도 안고 있다. 즉, 본 연구에서는 평가자의 평가능력을 지식과 경험의 상승효과(synergy effect)에 의한 결과로 산정하였는데, 이들 두 항목이 판별력있게 설정되었는지에 관한 검증이 이루어지지 못하였다.

끝으로, 본 모형의 구조를 더욱 확장해 나갈 수 있는 후속의 연구방향을 과제로서 제시해보면 다음과 같다.

우선, 이론적인 측면에서, R&D프로젝트의 평가 및 선정이라고 하는 활동이 R&D프로젝트관리시스템(RDPMS)의 중요한 한 기능으로 위치되고 있는바, 이를 위한 수단으로서의 결정론적 평가수법과 본 연구에서의 개량 AHP 모형간의 구조적 특성 및 유효성에 대한 비교분석의 연구를 시도해 볼 필요가 있다. 이를 통하여 R&D평가방법론의 새로운 장이 전개될 가능성도 있다.

한편, 실용적인 측면에서는 다양한 기업현장영역에 본 모형을 적용하여 감도분석(sensitivity analysis)을 행하여 보고, 항목설정이나 분석체계에 대한 감도분석결과를 기반으로 본 연구에서 파악되지 못한 문제점들에 대한 개선 내지는 수정을 통하여 더욱 정교한 구조로 그리고 강력한 응용성을 가진 모형으로 활용되어 나가게 될 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 김성희 등, 「의사결정분석 및 응용」, 영지문화사, 1994.
- [2] 조근태 등 역, 「리더를 위한 의사결정」, 동현출판사, 2000.
- [3] 研究開発ガイドブック編集委員会編, 「研究開発ガイドブック」, 日科技連, 1973.
- [4] Aczel, J. and T.L., Saaty, "Procedures for Synthesizing Ratio Judgements," *Journal of Mathematical Psychology*, 27(1983).
- [5] Barzilai, J., W.D., Cook and B. Golany, "Consistent Weights for Judgements Matrices of the Relative Importance of Alternatives," *Operations Research Letters*, Vol.6, No.3 (1987).
- [6] Lockett, G., et al., "Modeling a Research Portfolio Using AHP : A Group Decision Process," *R&D Management*, Vol.16, No.2 (1986).
- [7] Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New-York, 1980.
- [8] Saaty, T.L., "Priority Setting in Complex

- Problems," *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol.30, No.3(1983).
- [9] Saaty, T.L., "Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process," *Management Science*, Vol.32, No.7(1986).
- [10] Saaty, T.L. and L.G., Vargas, "Hierarchical Analysis of Behavior in Competition : Prediction in Chess," *Behavioral Sciences*, 25 (1980).
- [11] Vargas, L.G., "An Overview of the Analytical Hierarchy Process and Its Applications," *European Journal of Operational Research*, 48(1990).
- [12] Zahedi, F., "The Analytic Hierarchy Process - A Survey of the Method and Its Applications," *INTERFACE*, Vol.16, No.4(1986).