

Session 1 기술경영 / 연구관리

1. 기술대체안의 우선순위설정을 위한 2분화 계층분석방법의 개발
2. 클러스터 형성을 위한 지식 집약적 IT 부품 연구개발정책의 Dilemma : 공작기계제어 컴퓨터사례
3. 부품개발과제의 상태진단규칙의 도출
4. 스페테리안 경쟁구조하에서 벤처기업의 성장과 스핀아웃 : 메디슨 사례
5. 체계적인 웹사이트 개발 Framework

기술대체안의 우선순위 설정을 위한 2분화 계층분석방법의 개발

Development of Analytic Dicho-Hierarchy Process for Setting Priority of Technological Alternatives

조 근 태, 권 철 신 (성균관대학교 시스템경영공학부)

Abstract

The Analytic Hierarchy Process(AHP) model developed by Saaty is a very useful decision-making model designed for selecting and evaluating project alternatives through 「pairwise comparison」 in the context of hierarchical structure. In this paper, we construct a modified AHP model named Analytic Dicho-Hierarchy Process (ADHP) model necessary for evaluating technology alternatives.

I. 서 론

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

1970년대초에 Saaty에 의하여 개발된 AHP모형은 다수 대안에 대하여 다면적인 평가기준과 다수 주체에 의한 의사결정이 필요한 경우를 위하여 설계된

비교적 새로운 정성적인 평가방법으로서, 평가자의 직관적이고 합리적인 혹은 비합리적인 판단을 동시에 고려하면서도 포괄적인 문제해결의 틀을 제공해 준다[5]. 이 모형은 이론의 명확성, 적용의 간편성 및 대상의 범용성이라는 특징으로 말미암아 다양한 의사결정분야에서 널리 적용되어 오고 있다.

그런데, AHP모형을 실제 기업에서의 기술대체안 평가에 그대로 적용하는데에는 다음의 몇 가지 문제점이 존재함을 지적할 수 있는데, 본 연구는 이러한 문제점을 해결함으로써 더욱 합리적으로 개량화된 모형을 개발하는 것을 목적으로 한다.

첫째, 평가계층의 구성이 최상위의 조직목표의 관점에서부터 최하위의 기술대체안에 이르기까지 그 범위가 포괄적이며 또한 각 계층이 해결하려는 문제의 속성이 서로 다른 경우 이의 평가를 위해서는 상이한 평가능력이 요구되는 경우가 있을 수 있는데, 기존의 모형에서는 이러한 사항에 관한 고려가 구체화되어 있지 않다. 즉, 평가자 1인이 의사결정을 위하여 구성된 전체 계층에 대하여 평가하기 곤란할 경우가 있을 수 있는데 이러한 점에 대한 배려가 존재하지 않는다는 점이다.

둘째, 평가자들간의 평가능력이 동등하게 설정되고, 더욱이 다수 평가자가 존재할 경우, 이들의 평가결과에 차별을 두지 않는다. 평가자의 능력에 따른 판단결과에 대하여 가중치를 부여하는 것은 AHP모형에서 특별히 중시되어 이러한 문제점에도 불구하고, AHP모형의 기본공리인 「역수성」을 유지시키면서 가중치가 부여된 다수인의 평가치를 통합화하는 방법이 마련되어 있지 않다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하여 평가자 가중치를 산정하는 모형도 포함시킨 개량 AHP의사결정모형, 즉 2분화 계층분석방법(Analytic Dicho-Hierarchy Process: ADHP)의 설계를 구체적으로 행하고자 한다.

II. 선행연구의 검토

2. 1 AHP모형에 관한 연구

AHP모형은 일반적으로 다음과 같은 4단계의 작업이 수행된다.

<단계 1> 의사결정문제를 상호관련된 의사결정 사항들의 계층으로 분류하

여 의사결정계층(Decision Hierarchy)을 설정한다.

AHP모형의 적용에서 가장 중요한 단계라 할 수 있는 첫번째 단계에서 의사결정분석자는 상호 관련되어 있는 여러 의사결정 사항들을 계층화한다. 계층의 최상층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목적이 놓여지며, 그 다음의 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 다양한 속성들로 구성된다. 계층의 최하층은 선택의 대상이 되는 여러 의사결정 대안들로 구성된다.

<단계 2> 의사결정 요소들 간의 쌍대비교(Pairwise Comparison)로 판단자료를 수집한다.

이 단계에서는 상위계층에 있는 목표를 달성하는데 공헌하는 직계 하위계층에 있는 요인들을 쌍대비교하여 행렬을 작성한다. 쌍대비교를 통하여 상위항목에 기여하는 정도를 9점 척도로 중요도를 부여하게 된다. 작성된 쌍대비교행렬은 행렬의 대각을 중심으로 역수의 형태를 취하게 된다.

<단계 3> 고유치방법(Eigenvalue method)을 사용하여 의사결정요소들의 상대적인 가중치(Weights)를 추정한다.

AHP모형에서는 평가자가 정확한 w 를 모르며, 쌍대비교에 의하여 정확한 평가를 할 수 없는 것으로 가정하기 때문에 실제적으로는 다음과 같은 식에서 w 를 추정한다.

$$A' \cdot w' = \lambda_{\max} \cdot w'$$

여기서, λ_{\max} : 행렬 A' 의 가장 큰 고유치

그런데, λ_{\max} 는 항상 n 보다 크거나 같기 때문에 계산된 λ_{\max} 가 n 에 근접하는 값일수록 쌍대비교행렬 A 의 수치들이 일관성을 가진다고 말할 수 있다.

<단계 4> 평가대상이 되는 여러 대안들에 대한 종합순위를 얻기 위하여 의사결정 사항들의 상대적인 가중치를 통합(Aggregation)한다.

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

2. 2 계층분할구조에 관한 연구

우선, AHP모형에 관련하는 응용연구의 대부분에서 계층은 하나의 체계로 구성된다. 즉, 최상위 목표에서 최하위의 대안에 이르기까지 한 사람의 평가자가 일관되게 평가하도록 구성된다.

그러나, 실제로, 조직내에서 어떠한 의사결정을 위하여 평가계층을 설계하는 경우 그 구성의 범위가 기업목표의 차원에서부터 세부대체안에 이르기까지 광범위하게 구성될 수 있고, 또한 하나의 계층 내부에 속성이 서로 다른 문제가 내재되는 경우도 발생할 수 있다.

예를 들어, 기업에서 방대한 기술대체안의 평가·선정문제를 다루고자 할 때, 해당기술의 기술적 실현가능성 뿐만 아니라 기업경영차원에서 기업전략, 사업 전략 및 기술전략과의 연계도 필요하다. 이러한 문제는 평가계층내에 경영과 기술이라는 속성이 다른 문제가 동시에 내재되어 있고, 이러한 다면적 평가를 제대로 수행하기 위해서는 상이한 각 분야의 전문지식이 요구된다. 만약 특정 분야의 전문지식을 갖춘 평가자 1인이 모든 계층을 평가한다면 그 결과에 대한 신뢰도는 극히 저조할 수밖에 없을 것이다.

PATTERN(Planning Assistance Through Technical Evaluation of Relevance Numbers)은 미국의 Honeywell사가 연구개발전략의 전개에 필요에 의하여 개발한 평가수법으로서, 관련수목을 설계하고 구성요소간의 상대적 중요도를 정량적으로 평가하기 위하여 각종 예측수법을 구사하고 그 결과를 종합하기 위한 수법이다[7].

PATTERN에서는 최종목적에서 기술결함에 이르는 제요인이 계층의 형태로 구성된다. 계층은 크게 사명영역(Interest Field)와 시스템영역(System Field)으로 구성된다. 사명영역은 최종목적에서부터 임무에 이르는 부분으로 구성되며, 여기에는 목적을 세분화하고 구체화하는 체계가 내재되어 있다. 시스템영역은 체계개념에서 기술결함에 이르는 부분으로 임무를 달성하기 위한 시스템을 하위시스템과 요인으로 세분화하고, 그 시스템의 실용화를 위하여 해결해야 하는 기술결함까지의 체계로 구성되어 있다.

본 연구에서는 이 개념체계를 응용하여 기업에서의 의사결정문제를 2분화 계층으로 설계하고자 한다.

2. 3 평가치 통합에 관한 연구

기존연구에 의하면 다수평가자의 평가치를 통합하는 방법은 크게 두 가지로 대별된다. 즉, 평가자들의 의견을 토의와 투표를 통하여 결집하고 이를 근거로 단일 쌍대비교행렬을 작성하는 「그룹평가방법」[5]과 다수평가자가 행한 각각의 쌍대비교행렬을 수집하고 전체 평가자의 평가치를 수치통합하여 가중치를 구하는 방법인 「수치통합방법」[3][4][5][6]이 있다.

여기서 다시, 복수평가자 평가치에 대한 수치통합방법은 다음과 같은 3가지의 방법으로 요약할 수 있다. 즉, 평가자가 작성한 쌍대비교행렬의 각 원소에 대하여 전체 평가자의 평가치들을 기하평균하여 통합하고, 이를 원소로 하는 단일 쌍대비교행렬을 구성하는 방법[4], 평가자가 작성한 쌍대비교행렬을 계산하여 최대고유치에 해당하는 고유벡터를 구한 다음 각 항목에 대한 전체 평가자의 고유벡터값들을 산술평균하여 통합된 가중치를 구하는 방법[6], 그리고 고유벡터값을 기하평균하여 수치통합하는 방법 등이 있다.

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.

Ⅲ. ADHP모형의 설계

3. 1 2분화 계층의 설계

AHP모형에서 계층구조의 설계를 위한 정형화된 방법론은 제시되어 있지 않다. 따라서, 본 연구에서는 복잡한 평가계층구조가 요구되는 현실문제에의 적용을 위하여, 계층구조를 2분화(Dichotomize)하는 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」[7]에서 응용된 관련수목법을 구사하였다.

본 연구에서는 PATTERN의 개념체계를 응용하여 기업에서 의사결정문제의 계층을 크게 전략영역(Strategy Field)과 기술영역(Technology Field)으로 나누었다. 이는 PATTERN에서의 계층설정체계인 사명영역과 시스템영역을 기업의 기술경영문제를 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 선정하자는 것으로 전략영역의 평가자로는 기술관리부서의 인력이, 기술영역에서의 평가자로는 연구개발부서의 인력이 적합하다고 하겠다.

한편, 선행연구에서 살펴본 바와 같이, AHP모형에서는 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.

- (1) 각 계층별로 쌍대비교에서 구한 CI(일치도지수)에 항목별 가중치를 곱한 값을 전체계층에서 구하여 모두 합한다.
- (2) 이를 전체계층의 각 쌍대비교행렬에서의 RI(난수지수)에 항목별 가중치를 곱한 값들의 합과 비교하여 계층의 일관성비율(Consistency Ratio of Hierarchy; 이하 CRH로 약칭)을 구한다.
- (3) CR(일관성비율)과 마찬가지로 경험적 법칙을 근거로 한 CRH의 허용한도는 10%이내이며, 이를 통과하지 못한 데이터는 평가치 통합에서 제외한다.

3. 2 평가치 통합화 알고리즘

본 연구에서는 평가능력에 따른 평가자의 가중치가 통합결과에 완벽히 반영

되며, 또한 총합결과가 역수성 공리에 위배되지 않도록 하는 평가치 총합화의 알고리즘을 개발하였는데, 이는 다음과 같다.

<단계 I> w_{lk} , a_k 계산

여기서, w_{lk} : 평가자 k 에 의한 l 항목의 가중치

a_k : 평가자 k 의 평가능력가중치계수

($k = 1, 2, \dots, m$)

($l = 1, 2, \dots, n$)

<단계 II> \overline{w}_l 계산

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

여기서, \overline{w}_l : l 항목의 총합가중치

<단계 III> \overline{w}_l 의 표준화

여기서 설계한 알고리즘을 단계별로 설명하면 다음과 같다.

첫번째 단계에서는 각 평가자별 항목평가치를 계산하여 항목별 가중치(w_{lk})를 계산한다. 평가자의 평가능력에 대한 가중치는 배율개념으로 전환한 계수(a_k)로 나타내는데 최소의 평가자 가중치를 기준으로 하여 이를 상회하는 평가자 가중치는 최소 평가자 가중치의 배수치로 설정하는 것이다.

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

먼저, 양변에 Ln를 취하면,

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

이 되고, 이는 다음과 같이 전개된다.

$$\text{Ln } \overline{w}_l = \frac{1}{\sum_{k=1}^m \alpha_k} \cdot \text{Ln} (w_{l1}^{\alpha_1} \cdot w_{l2}^{\alpha_2} \cdots w_{lm}^{\alpha_m})$$

$$\text{Ln } \overline{w}_l = \frac{1}{\sum_{k=1}^m \alpha_k} \cdot (\text{Ln } w_{l1}^{\alpha_1} + \text{Ln } w_{l2}^{\alpha_2} + \cdots + \text{Ln } w_{lm}^{\alpha_m})$$

$$\text{Ln } \overline{w}_l = \frac{1}{\sum_{k=1}^m \alpha_k} \cdot \left(\sum_{k=1}^m \text{Ln } w_{lk}^{\alpha_k} \right)$$

다시 양변에 지수함수를 취하면,

$$\overline{w}_l = \text{Exp} \left(\frac{\sum_{k=1}^m (\alpha_k \cdot \text{Ln } w_{lk})}{\sum_{k=1}^m \alpha_k} \right)$$

와 같다.

세번째 단계는 두번째 단계에서 구한 평가항목별 가중치의 총합치를 1로 표준화시키는 것이다. 표준화된 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 평가치에는 배수개념의 가중치가 고려된 결과치가 나타난다.

3. 3 평가자 평가모형의 설계

3. 3. 1 2분화 평가

기존의 AHP모형에서는 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 해당분야에 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 적(積)으로 즉, 연승구조의 계산논리로 설계하였다.

3. 3. 2 가중요소 부여구조

전문지식과 현장경험의 적(積)에 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.

〈표 1〉 평가자 평가항목 설정구조

소속부서 항목특성	연구집단		관리집단
경험	프로젝트 참여횟수 기술보고서 제출횟수	직위 근무년수	과제관리참여횟수 보고서 제출횟수 기술전략수립 참여횟수
지식	특허 출원/등록 건수 실용실안 출원/등록 건수 연구논문 발표횟수	학위 사내포상실적 아이디어제안횟수	워크샵참여횟수 교육훈련참여횟수

이렇게 지식과 경험항목으로 평가항목을 분류하고 각 항목별 요인의 갯수를 달리할 경우 간접적으로 가중치가 걸리는 결과를 나타내는데 본 연구에서는 이에 관한 간접하중(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. 2 가중치 결정화 알고리즘

본 연구에서 평가자 평가모형은 결정론적평가수법(Decision Theory Approach) 체계내에 위치하는 평점법(Scoring Method)의 일종인 가승방식

(Add-Multi Method)을 사용하여 설계하였다.

평가자의 전문평가능력 산정과정을 포함하는 전문가 가중치의 결정화를 위한 알고리즘은 다음과 같이 설계된다.

<단계 I> 평가자 평가능력 점수(S_k) 계산

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

<단계 II> 평가자 평가능력 가중치(W_k) 계산

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

여기서, W_k : 전체 S_k 를 1로 표준화한 가중치

<단계 III> 최소평가자 가중치(a_{\min}) 설정

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

<단계 IV> 평가능력 가중치계수(a_k) 계산

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

IV. 결 론

본 연구의 성과는 개량모형의 설계를 통하여 얻어진 다음 사항들로서 압축될 수 있다. 첫째는 평가계층을 전략영역과 기술영역의 2분화 계층체계로 구성하고, 이 두 영역의 평가속성에 적합한 두 평가집단으로 하여금 전문화된 평가를 하게 하는 2분화 평가체계를 구축함으로써 평가의 정확성을 높일수 있는 모형을 설계하였다는 점이다.

둘째는 2분화 계층구조를 만족시키는 2분화 평가구조를 설계하고 관리/기술 집단 평가자들의 평가능력에 대한 가중치를 산정하는 모형을 구축하고 이를 통하여 구한 평가자 가중치를 AHP구조상에 반영하는 통합화방식을 개발함으로써 보다 전문적인 평가를 가능하게 하였다는 점이다.

본 연구는 다음과 같은 몇 가지의 한계도 안고 있다. 첫째, 2분화 계층의 타당성을 실증적으로 검증하는 것인 바, 현재 모델의 적용연구가 진행중이다. 둘째, 본 연구에서는 평가자의 평가능력을 지식과 경험의 상승효과(Synergy Effect)에 의한 결과로 산정하였는데, 이들 두 항목이 판별력 있게 설정되었는지에 관한 검증이 이루어지지 못하였다.

참 고 문 헌

1. 조근태, R&D의 예측과 결정, 자유아카데미, 1999.
2. 조근태 (외 2인) 역, 리더를 위한 의사결정, 동현출판사, 2000.
3. J. Barzilai, W. Cook, B. Golany, Consistent weights for judgements matrices of the relative importance of alternatives, Operations Research Letters, 6[3], 1987.
4. T. Saaty, Priority setting in complex problems, IEEE Trans. on Eng. Mgmt., 30[3], 1983.
5. T. Saaty, The Analytic Hierarchy Porcess, McGraw-Hill, New-York, 1980.
6. T. Saaty, L. Vargas, Hierarchical analysis of behavior in competition: Prediction in Chess, Behavioral Sciences, Vol.25, 1980.
7. J. Sigford, R. Parvin, Project PATTERN: A Methodology for Determining Relevance in Complex Decision Making, IEEE Trans. on Eng. Mgmt., 1964.