

R&D프로젝트의 효과분석을 위한 단독효과평가체계

The Single Effect Evaluation System for Analyzing the Effectiveness of R&D Project

권 철신*, 박 준호**, 강 일중*

* 성균관대학교 시스템경영공학과

** 성균관대학교 과학기술연구소

Abstract

「Cost Effectiveness Analysis」 has been widely used to evaluate effectiveness of R&D resources. But, almost of cost effectiveness evaluation systems have some problems, especially estimating method of effect on R&D project is very rough and imprecise.

To solve this problem, we have designed new single effect evaluation system, which are able to apply the distribution of order statistics and to transform relative measure into absolute measure for getting single effect.

1. 서론

프로젝트의 단독효과 개념은 프로젝트 수행에 있어 투입되는 비용에 따라 발생하는 최종 성과로서의 효과를 의미한다. 효과는 매출액, 순이익 등에 영향을 미치는 직접효과 그리고 특허획득, Know-How활용 등의 간접효과, 나아가 신과제유발, 기업풍건도 등의 파급효과까지를 고려할 수 있다.

그런데, 이러한 효과는 모든 경영활동의 복합적 작업에 의해 이루어지기 때문에 이 모두를 정량적으로 정확히 추정하기란 극히 어렵다. 그러므로 본 연구에서는 R&D프로젝트의 각 효과요인을 추출하여 여러 요인의 복합적 형태를 가정하는 비용함수의 입장에서 효과를 추정하고자 한다. 이를 위해 효과평가시스템을 효과요인의 선정, 효과요인의 평가, 효과의 총합화라고 하는 과정을 통하여 실제를 행하고자 하며, 그 개략적인 내용은 다음과 같다.

(1) 효과요인의 선정

규범적 방법으로 요인간의 독립성을 유지할 수 있도록 대항목을 분류하고 이에 관련된 중항목을 다시 세분해 나가는 계층적 구조를 취하여 평가요인을 설정하고 「효과행렬표」를 작성한다.

(2) 과제효과 순위화

「ranking method」를 사용하여 각 효과요인별로 각 프로젝트의 순위를 부여하도록 한다.

(3) 가중치의 부여

각 효과요인들에 대한 「중요도」와 「부족도」라는 벡터의 개념을 이용하여 가중치를 부여한다.

중요도는 평가자가 각 요인의 중요성을 판단하여 각 레벨에서 1이 되도록 배분하고, 부족도는 총족도의 역으로 산출한다.

(4) 효과순위의 수량화

가치함수의 관점에서, 각 요인별 가중치와 과제별 순위를 곱하여 이를 수량화한다. 그리고, 효과분포를 대수정규분포로 가정하고 구한 각 프로젝트별 효과의 상대치를 순서통계량의 분포를 이용하여 각 프로젝트별 단독효과를 절대치로 변환한다.

2. 선행연구의 검토

Dean · Roepcke(1969)는 여러 연구소에 그리고 다수 작업으로 구성된 군사목적의 연구 프로그램에 대한 자원배분의 한 방법론으로서 작업(task), 프로젝트, 연구소 나아가 과학기술분야에 대한 비용효과분석과 R&D활동에 「동적 계획법(dynamic programming)」을 이용하여 자원을 배분하는 절차를 제시하였다.

이 연구에서는 효과치를 구하기 위하여 작업, 과학기술, 목표간의 관련도에 7단계의 가중치를 부여하였지만 이러한 방법으로는 R&D프로젝트가 미치는 효과를 측정하기에는 미흡하다.

따라서, 본 연구에서는 프로젝트의 결과가 미칠 수 있는 효과의 범위를 선정하여 평가치와 가중치를 부여하는 새로운 평가방법을 검토해보기로 하며, 또한 R&D프로젝트를 수행하는데 있어서도 효과를 단순히 기여도 측면에서만 측정하는 것이 아니라 규범적인 제요인을 다면적으로 설정하여 평가하고자 한다.

Hobbs(1980)는 power plant의 부지결정에서 고려되는 경제적 요인, 공학적 요인, 환경적 특성, 사회경제적 영향 등의 다속성에 가중치를 부여함에 있어서 기존의 가중치 부여방식을 가치함수의 측면에서 검토하였다. 그리고, 가상적인 데이터를 통하여 가치함수의 특성을 고려하는 「Indifference Trade-off방식」, 「Rating방식」 등에 대한 타당성 검토를 시도하였다.

일반적으로 의사결정자가 직접적으로 가중치를 부여하는 방법은 가치함수의 입장에서 볼 때, 이론적인 타당성을 보충하기는 어렵다. Hobbs는 의사결정자에 의하여 표현되는 trade-off를 반영하는 「Indifference Trade-Off Weight」의 우위성을 이론적 근거와 예를 통하여 검토하는데, 이러한 가중치

부여방식 역시 무차별곡선을 설정한다는 점에서 문제점을 안고 있다.

본 연구에서는 프로젝트가 미치는 종합적 효과를 측정하기 위하여 계 측면의 요인을 고려하는 평가를 행하되, 이들 평가를 총합화하기 위해 무차별곡선과 가치함수의 개념을 토대로 효과를 측정하도록 한다. 또한 가치함수에서 가중치는 얻어진 요인별 득점벡터를 공간상에 위치시켜 구하는 방식을 검토하고자 한다.

Hovanessian(1975)은 다수의 부분시스템으로 구성되어 있는 전자시스템에 대한 상대가치를 측정하고자 하였다. 시스템의 상대가치는 투입된 비용에 대한 시스템의 유효성으로 측정되었는데, 시스템의 유효성을 시스템이 특정한 조건하에서 운영될 때, 일정 시간 동안에 운영측면의 요구를 성공적으로 만족시키는 확률로 보아, 성과(performance), 가용성(availability), 활용성(utilization)의 측면에서 항목을 설정하고 설문용 통해 의도한 기능이 실행될 수 있는 시스템의 가능성을 분석하고자 하였다.

그리고, 설계와 개발과정에 들어가는 파라미터들을 추출하여 가중치를 부여하고 사용자의 수용성에 대한 평가를 행하였지만, R&D프로젝트의 다양한 속성을 고려하여 요인평가를 행하기 위한 정량적인 평가방법의 제시가 미흡하다.

이러한 문제점에 근거하여 본 논문에서는 효과요인을 추출하고 요인의 평가기준을 설정하여 가중치를 부여한 다음, 평가치를 총합화하는 과정을 통하여 R&D프로젝트의 효과를 산출하고자 한다.

권철신·박종길(1989)은 R&D프로젝트의 기본 계획시스템을 설계하는 연구에서 계획대체안(planning alternatives)들에 대해서 「work breakdown structure」 전개방식으로 기술분석을 행하고 기술적 결함을 모두 추출한 후, 이를 위한 해소과제를 설정했다. 그리고 설정된 과제에 대하여 실현가능성, 기여도, 비용 등의 관점에서 평가를 행하고, 그 평가 데이터를 기초로 하여 '실현가능성 우선전략', '비용성과 우선전략', '비용성과 실현가능성 우선전략'이라고 하는 세 가지 전략을 제시하고 이를 근거로 우선순위를 결정하였다.

그리고, 계획대체안에 포함되어 있는 기술적 결함을 기술적 조건, 경제적 조건, 환경적 조건에 의해 분석을 행하고 기술적 결함의 해소과제를 설정해 나가는 선행연구과제 설정시스템을 설계하였는데, 특히 '비용성과 우선전략'에서는 전체시스템의 「시스템 우선순위수(system priority number; SPN)」에 대한 기여도 ΔSPN을 성과로 보고 개별 기술적 결함 해소비용과의 비율을 산출함으로써 비용성과지표를 구하였고, 앞서 두 가지 우선전략을 통합하여 「선행연구 종합가치지표(prior research total value index)」라고 하는 복합지표를 개발하였다.

3. 효과요인의 설정방식

R&D프로젝트가 미래에 완성될 때 얻게 되는 효과에 대한 추정된 기술계획을 수립함에 있어 매우 중요하면서도 어려운 작업이다. 이러한 효과를

평가하기 위해서는 기준이 되는 평가요인의 설정작업이 선행되어야 한다.

이러한 평가요인을 설정하는 작업에 있어 중요한 것은 첫째로, 미래의 인간사회에 대한 규범적 기대상을 명확히 규정하는 일로서, 가치관의 변화에 대한 예측이라고 하는 측면에서 이는 매우 어려운 문제이다. 둘째로는, 그 기대상을 특정짓는 평가요인을 가능한 한 충분히 설정하고 그 중 대표성이 있는 소수의 요인을 추출하는 선정작업이다.

그런데, 효과요인을 설정하는 경우, 효과에 관련되는 요인들을 모두 추출하고 「요인분석」을 행하여 주성분을 파악해내는 탐색적 방법도 있다. 이러한 방법에 의한 효과요인 설정은 의사결정자의 가치관을 표현하는데 있어 최종적인 평가공간으로부터 프로젝트를 선출하여 무차별곡선을 취하기 때문에 평가자간의 조정이 이루어 질 수 있다. 그러나, 추출된 주성분의 의미를 알 수 없는 경우에는 명료하게 해석할 수 없고, 또 관련 데이터가 미비한 경우에도 사용할 수 없다는 한계를 갖고 있다.

<표 1> 평가요인 계층구조의 예

대항목 (주요인) Level 1	중항목 (중요인) Level 2	소항목 (요소) Level 3
기술성 F_1	기술의 발전성 f_{11}	f_{111}
		f_{112}
		f_{113}

	기술의 독창성 f_{12}	...
	기술의 파급효과 f_{13}	...

시장성 F_2	시장진출의 난이도 f_{21}	f_{211}
		f_{212}

	매상고 f_{22}	...
	시장진출의 적시성 f_{23}	...

경제성 F_3	부가가치 생산성 f_{31}	f_{311}
		f_{312}

		투자의 안정성 f_{32}
	투자대비 수익률 f_{33}	...

그러므로, 평가요인을 설정할 때 상세한 요소 레벨까지 세분화시키지 않고 요인레벨에서 평가를 하게 되는 경우에는 통계적 수법에 의한 체계화가 크게 의미가 없으므로, 규범적 방법으로 요인간의 독립성을 유지할 수 있도록 대항목을 분류하고 이에 관련된 중항목을 세부적으로 분류해 나가는 계층적 구조를 <표 1>과 같이 작성하여 평가요인을 설정하도록 한다.

4. 효과요인의 순위화방식

1) 평가의 정량화

프로젝트의 단독효과를 추정하기 위한 평가요인들이 선정되었을 때, 이들 요인들에 대한 평점치(score)의 처리방식을 검토하기 위하여 <표 2>와 같은 평가매트릭스를 작성한다.

이를 이용하여 임의의 프로젝트 P_i 의 완성에 따른 효과 E_i 를 평가함에 있어, P_i 를 평가요인 F_j 에 비추어 어떠한 상태—그 상태를 X_{ij} 로 나타내고 이를 평점으로 취한다—에 있는가를 분석하고, 그 결과를 근거로 하여 E_i 를 구한다.

그런데, 평가요인이 이미 선정되어 있다면 즉, 미래사회가 갖는 기대상의 특징이 남김없이 추출되어 있는 것으로 본다면 E_i 의 정보는 $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$ 에 전부 포함되어 있다고 볼 수 있다.

여기서 가장 중요한 것은 X_{ij} 의 정량화 문제인데, 이것이 평가를 곤란하게 하는 주된 원인이 되고 있다. 만일 X_{ij} 의 값이 객관적으로 측정가능한 물리량인 경우에는 문제가 없지만, 이러한 종류의 평가요인은 객관적으로 측정될 수 없는 것이 더 많다.

예를 들어, 평가요인 F_j 가 「안전성」이라고 하면, 프로젝트 P_i 의 완성에 의한 F_j 의 기여도를 정량적으로 표현하는 일은 극히 어렵다. 이와 같은 경우, 평점의 부여방법으로 여러 가지가 검토될 수 있지만 그 주된 유형은 다음의 두 가지로 대별된다.

(1) 등급법 (rating method) : R&D프로젝트들이 갖는 각 평가요인에 대한 상태(status)를 3단계, 5단계, 7단계 등의 단계(grade)내지는 등급(rate)으로 나누고, 각각의 상태에 대하여 순서대로 값을 부여한다. 프로젝트 P_i 가 F_j 의 단계 중 어디에 속하는가를 평가하여 그 속하는 단계에 상당하는 값을 평점치로 하는 방법이다.

(2) 순위법 (ranking method): 평가요인 F_j 에 대하여 m 개의 R&D프로젝트 P_1, P_2, \dots, P_m 을 그 선호하는 순서대로 나열하고 그 순위를 그 프로젝트의 상태에 대한 평점치로 하는 방법이다.

방식(1)은 많이 이용되는 방법이지만, 다음과 같은 문제를 안고 있다.

- ㉑ 각 요인의 상태를 몇 단계로 나눈다 해도 그 정의가 애매모호한 것이 많이 생긴다.
- ㉒ 피평가체를 5단계로 구분한다고 하더라도 1과 5의 극단치 범주에 들어가는 수는 거의 적고, 중간치인 3번째 범주에 집중하는 현상이 일반적이다.
- ㉓ 평가자가 복수인 경우에는 평가자에 따라 각 상태의 정의에 대한 이해에 차이가 있을 수 있다.

결론적으로, 방식(1)이 항목간의 절대평가의 성격을 갖는데 반하여 방식(2)는 항목간의 상대평가가 되기 때문에, 평가의 오차가 방식(1)보다 적고, 또한 피평가체를 임의의 수의 범주로 나눌 수 있기 때문에 방식(1)보다는 방식(2)가 더욱 정확성이 보장된다 하겠다.

<표 2> 평가요인별 평가매트릭스 (평점표)

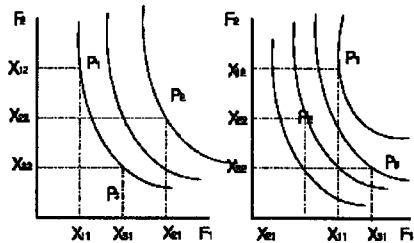
평가대상(프로젝트) \ 평가요인	F_1	F_2	...	F_j	...	F_n
P_1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1j}	...	X_{1n}
P_2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2j}	...	X_{2n}
:	:	:		:		:
P_i	X_{i1}	X_{i2}	...	X_{ij}	...	X_{in}
:	:	:		:		:
P_m	X_{m1}	X_{m2}	...	X_{mj}	...	X_{mn}

2) 효과의 순위화

가치함수의 관점에서 순위화하는 방법을 살펴 보면, <표 2>에서처럼 프로젝트 P_i 에 대하여 얻어진 요인별 평가벡터는 n 차원 벡터($X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$)의 형태를 취한다고 할 때, 이 벡터를 선택된 척도로 대응시키는 것이 효과의 순위화이고, 이를 어떻게 대응시킬 것인가 하는 수단이 순위화 방법이다.

(1) 선호(preference)의 관점

요인별 평가에 의하여 얻어진 각 프로젝트의 득점벡터 $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$ 를 n 차원 공간상에 배치한다. 평가요인이 2개일 경우에 2차원 공간에 의사결정자가 각 프로젝트에 대한 선호도를 어떻게 나타내는가를 보이면 <그림 1>과 같다. 효과의 순위화란 곧, 이 공간상에 「무차별곡선(indifference curve)」을 긋는 일이라 할 수 있다.



<그림 1> 무차별곡선(A) 무차별곡선(B)

<그림 1(A)>에서 의사결정자는 자신의 선호도에 따라 요인 F_1 과 F_2 에 대하여 결정을 내릴 수 있는 결정점으로 이루어진 2차원 결과공간(consequence space)에서의 점 P_1, P_3 에 대하여 선호도가 동일하다. <그림 1(B)>에서는 P_1 이 P_2 보다 우위임은 확실하나, P_1 과 P_2, P_2 과 P_3 에

대한 우위성의 비교는 무차별곡선에 의하여 결정되는 것이다. <그림 1(B)>와 같은 곡선을 가정한다면 우위성은 P_1, P_3, P_2 의 순위로 매겨진다.

이와 같이 동일한 선호도를 갖는 점들로 이루어진 무차별곡선은 평가자의 선호에 따라 독특한 형태를 갖게 되는 바, 이는 평가자의 가치관을 표현하는 일이라 할 수 있다.

(2) 가치함수(value function)의 관점

무차별곡선(면)을 결정하는 일은 평가자의 가치관을 표시할 수 있는 가치함수에 의하여 결정된다. 평가대상인 프로젝트를 P_1, P_2, \dots, P_m , 평가요인을 F_1, F_2, \dots, F_n 이라 하고 프로젝트 P_i 의 평가요인 F_j 에 대한 평가결과를 X_{ij} 라 하면, <표 2>와 같은 $m \times n$ 매트릭스는 요인별 평가에 의해서 결정된다.

여기서, 요인별 평가에 의해 얻어진 득점을 $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$ 이라 하면

$$V_i = f(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}) \dots\dots\dots (1)$$

이 되는 함수 f 가 존재한다. V_i 는 프로젝트 P_i 의 가치크기를 표현한다고 하자.

f 를 1차 함수로 생각할 때,

$$V_i = \sum_{j=1}^n W_j \cdot X_{ij} \dots\dots\dots (2)$$

의 가치함수가 된다. 따라서 가중치 W_j 를 결정하는 일은 평가자의 가치관을 표현하는 일이라고 볼 수 있어 이와 같은 평가의 총합화 방법을 이용하여 효과를 순위화하려고 한다.

여기서, 효과의 순위화는 가중치가 부여된 요인별 평가특점의 합으로 한다. 즉, 중요인의 득점을 $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n}, X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2n}, \dots, X_{m1}, X_{m2}, \dots, X_{mn}$ 라 하면,

$$E = W_{11}X_{11} + W_{12}X_{12} + \dots\dots\dots + W_{1n}X_{1n} + W_{21}X_{21} + W_{22}X_{22} + \dots\dots\dots + W_{2n}X_{2n} + \dots\dots\dots (3) \\ W_{m1}X_{m1} + W_{m2}X_{m2} + \dots\dots\dots + W_{mn}X_{mn}$$

이 되는 E를 효과의 지표로 한다.

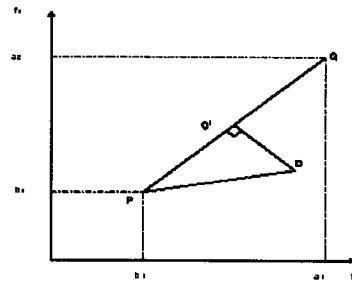
그러나, V_i 를 곧 E_i 로 생각하는 것은 다소 비약적이라고 생각할 수 있는데, E_i 는 어떤 방법으로는 P_i 의 효과에 대한 절대평가가 가능한 경우의 값이기 때문이다. 즉, $E_i/E_i' = 2$ 라고 하는 것은 P_i 의 원성에 의한 효과가 P_i' 의 효과에 비하여 2배라는 것을 의미한다.

따라서, W_j 의 추정은 위와 같은 의미에서 절대평가라고 해도, X_{ij} 의 값은 상대평가치라 할 수 있으므로, ' $V_i > V_i'$ ' 이면 ' $E_i > E_i'$ ' 정도로 보는 것이 합당한 것으로, V_i 를 큰 순서대로 나열하여 그 순위를 구하고 이를 E_i 의 크기의 순위 정도로 보는 것이 타당하다.

3) 가중평가의 구조

각 요인의 평가특점에 가중치(W_j)를 부여한 값이 효과의 총합치가 되는데, 이를 이용하여 평가 대상의 효과에 순위를 부여하게 된다. W_j 는 효과 E의 의미에 대하여 고려되는 것으로 평가자의 가치관을 표현한다고 할 수 있다.

가중치 부여방식에 관하여 살펴보면 다음과 같다. 중요인이 2개인 경우 2차원 공간을 상정하여 이를 그림으로 표현하면 <그림 2>와 같이 나타낼 수 있는데, 여기서 P점은 현재 시점이고 Q점은 목표 연도에 도달한 점으로 하면, P로부터 Q까지 최단경로를 통해 도달하는 것이 바람직한 것이다.



<그림 2> 가중효과의 고려방법

<그림 2>에서 벡터 PO는 프로젝트의 요인별 평가벡터이고, O로부터 PQ에 내린 수선의 교점을 O'라 하면 PO'의 길이가 효과 E의 득점이 된다. 즉, 벡터 PQ와 벡터 PO의 내적이 효과 E이다. 따라서 벡터 PQ를 구하는 일이 곧, 가중치를 구하는 일이다.

벡터 PQ의 길이는 $PQ = (a_2 - b_1, a_2 - b_2)$ 이다.

$(a_1 - b_1)/a_1$ 및 $(a_2 - b_2)/a_2$ 를 요인 f_1 과 f_2 에 관한 부족도를 s_1, s_2 라고 규정하고, a_1, a_2 를 중요도 t_1, t_2 라고 규정할 때, PQ의 길이는 $PQ = (s_1 t_1, s_2 t_2)$ 로 표시되며, 벡터 성분의 길이가 가중치로 부여된다.

중요인의 수가 n개인 경우도 마찬가지로 충족도 s와 중요도 t를 각 요인마다 구하면 된다. 즉,

$$W_i = \frac{s_i \cdot t_i}{[\sum_{j=1}^n (s_j \cdot t_j)^2]^{1/2}} \dots\dots\dots (4)$$

이 가중치가 된다.

이러한 각 요인에 대한 가중치를 구하기 위해서 중요도와 부족도의 개념을 도입한다.

(1) 중요도

중요도는 요인의 중요성을 판단하기 위한 것으로 각 레벨에서 1로 배분한다. 즉, 대요인 F_i 의 중요

도를 t_i 라 하면 $\sum_{i=1}^m t_i = 1$ 이 되도록 배분한다. 또

한 중요인 f_{ij} 에 대한 중요도 t_{ij} 는 $\sum_{j=1}^n t_{ij} = 1$ 이 되도록 t_{ij} 에 배분한다.

(2) 부족도

부족도는 평가자에게 역의 충족도를 평가하게 하여 「부족도-1-충족도」의 형식에 따라 부족도로 변환한다. 충족도는 '목표년도의 레벨에 대하여 현재 어느 정도 충족하고 있는가'라는 것을 평가하여 0~1의 범위값을 가지도록 한다. 이렇게 구해진 부족도 s_i, s_j 는 $0 \leq s_i, s_j \leq 1$ 범위를 갖게 된다.

이렇게 구한 중요도 t_i, t_{ij} 와 충족도 s_i, s_{ij} 이용하여 다음과 같은 식으로 중요도의 가중치를 얻을 수 있다.

$$W_{ij} = \frac{(s_i t_i)(s_{ij} t_{ij})}{[\sum_{i=1}^m (s_i t_i)^2 + \sum_{j=1}^n (s_{ij} t_{ij})^2]^{1/2}} \dots\dots\dots(5)$$

5. 효과요인순위의 수량화방식

「rating method」의 평점에 의해서든 「ranking method」의 순위에 의해서든 V_i 는 각 프로젝트의 효과값(E_1, E_2, \dots, E_m)도 아니고 그 크기에 정확히 비례하는 값도 아니다. 그러나, 전자의 경우, 앞에서 설명한 $V_i > V_j$ 이면 $E_i > E_j$ 가 성립된다는 가정 하에서는 궁극적으로는 효과값들간의 순위를 구하는 것으로 볼 수 있다.

이때, 이 순위의 개념을 효과의 개념으로 완전히 변환시켜 주기 위해서는 순위척도로 측정된 효과값을 비율척도로의 효과값으로 변환시키는 작업을 행하지 않으면 안되는데, 이는 상대평가를 절대평가로 변환시키는 극히 어려운 과정을 요구하는 일이다.

그런데, 일반적으로 이러한 종류의 효과는 경제현상에서 자주 보여지는 것처럼 대수정규분포형에 따른다고 볼 수 있기 때문에, 이 분포의 성질을 이용하여 상대평가치 V_i 로부터 절대평가치 E_i 로 변환하는 작업을 다음과 같이 행한다.

먼저, 효과값의 분포를 대수정규형으로 가정하는 이유는 전문가라고 하더라도 실질적으로 연구개발이 완료된 시점에서 R&D프로젝트가 갖는 미래의 효과값 자체를 정확히 추정하기란 극히 어려운 작업이며, 특정 프로젝트에 따라 극소치와 극대치의 편차가 매우 크고, 다양한 값을 가질 수 있을 것으로 상정할 수 있고 또한 연구개발활동의 성과가 사회 및 과학에 미치는 영향을 총체적 현상으로 유형화해 볼 때, 그 속성상 어느 일정시점에서 영향효과가 없어진다고 보기보다는 끊임없이 지속된다고 보아야 하기 때문이다.

따라서, 각 R&D프로젝트들이 갖는 효과값은 평균을 중심으로 한 좌우대칭의 정규분포를 따르기보다는 오른쪽 꼬리가 긴 모양을 갖는 대수정규분포(log-normal distribution)에 따르는 것으로 보는 것이 합당하다 하겠다.

효과의 절대값을 직접 추정하는 일은 극히 어렵기 때문에 효과의 순위로부터 도출된 순서통계량의 분포를 이용하여 효과의 비율치를 추정하기 위해서 원래 연구개발활동의 성과, 즉 효과가 갖는 분포를 상정해야 하는 바, 여기서는 이를 대수정규분포로 가정하자는 것이다.

그러면, 이제 프로젝트 P_i 의 완성에 의한 효

과를 E_i 로, E_i 의 크기 순으로 나열한 경우의 프로젝트의 순위를 알고 E_i 가 미지의 경우, 순위로부터 E_i 를 추정하기 위한 하나의 방안으로 순서통계량의 분포를 이용하는 방법을 제시하고자 한다 (Hogg·Craig, 1978).

이것은 곧 순서통계량을 이용하여 값을 비교할 수 있는 척도로 변환하는 과정을 의미하며, 다음과 같은 세 단계로 이루어진다.

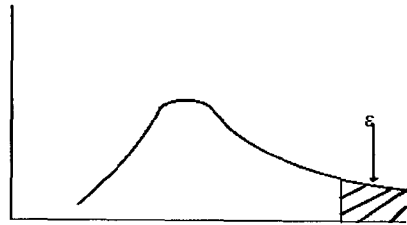
첫째, 각 프로젝트의 X_{ij} 순서를 요인별로 구한다. 둘째, 여기서, 순위는 E_i 가 갖고 있는 정보의 한 단면만을 전달하는데 지나지 않기 때문에 어떤 형태의 가정을 도입하지 않는 한, E_i 는 구할 수 없다. 따라서 X_{ij} 의 분포형으로서 대수정규분포를 가정하고, 임의의 두 프로젝트를 택하여 실제 효과의 비율을 구한다. 셋째, 이 비로부터 분포의 평균과 분산을 구하여 각 프로젝트의 X_{ij} 비율을 구할 수 있다.

지금, 어떤 방법으로 각 프로젝트의 효과 E_1, E_2, \dots, E_m 의 참값이 구해졌을 때, 그 효과의 참값을 <그림 3>에서와 같이 횡축에 따라 히스토그램을 작성해보면 식(6)과 같은 함수형 즉, 대수정규형으로 근사한다고 볼 수 있다.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\alpha}} \exp\{(\log x - \mu)^2 / 2\sigma^2\} \dots\dots\dots(6)$$

여기서, x 의 평균 및 분산은 식(7)과 (8)이 된다.

$$E(x) = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \dots\dots\dots(7)$$



<그림 3> 대수정규분포의 확률밀도함수

$$Var(x) = \exp(2\mu + 2\sigma^2) - \exp(2\mu + \sigma^2) \dots\dots\dots(8)$$

또한, $L(\epsilon)$ 을 식(9)로 정의할 수 있다.

$$\int_{L(\epsilon)}^{\infty} f(x)dx = \epsilon \dots\dots\dots(9)$$

그리고, 식(9)는 다음과 같은 과정을 통하여 식(10)으로 재정의할 수 있다.

$$\int_{L(\epsilon)}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi\alpha}} \exp[-(\log x - \mu)^2 / 2\sigma^2] dx$$

$$= \int_{\log L(\epsilon)}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp[-(y - \mu)^2 / 2\sigma^2] dy$$

$$= \int_{-\frac{u-\mu}{\sigma}}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du \dots\dots\dots(10)$$

단, $y = \log x, dy = dx/x$ 이고, $u = \frac{y - \mu}{\sigma}$

식(10)이 ϵ 과 일치하기 위해서는 식(11)이 성립해야 한다.

$$\frac{\log L(\epsilon) - \mu}{\sigma} = k_\epsilon \dots\dots\dots(11)$$

따라서, 식(10)은 식(12)가 된다.

$$\int_{k_\epsilon}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-u^2/2) du = \epsilon \dots\dots\dots(12)$$

이렇게 되면, 식(11)로부터 $L(\epsilon)$ 을 얻을 수 있다. 여기서, E_i 의 순위를 V_i 라 하면, m 이 어느 정도 큰 경우에 E_i 의 값은 근사적으로 식(13)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_i = e^{\mu + \sigma k_\epsilon}, \text{ where } \epsilon = \frac{2\gamma_i - 1}{2m} \dots\dots\dots(13)$$

따라서, 2개의 프로젝트 P_i, P_i' 에 대한 효과 E_i, E_i' 의 비(이것을 R 이라 하면, R 은 E_i/E_i')가 만일 구해진다고 하면, 식(14)의 R 로부터 식(13)의 σ 를 구할 수 있다.

$$R = \frac{E_i}{E_i'} = e^{(K_\epsilon - K_\epsilon')\sigma} \dots\dots\dots(14)$$

$$\sigma = \frac{\log R}{K_\epsilon - K_\epsilon'} \dots\dots\dots(15)$$

그런데, E_i 의 절대값은 정의할 수 없기 때문에 E_i 의 절대값보다는 E_i 의 비인 $E_1 : E_2 : \dots : E_m$ 이 필요하다. 이는 $f(x)$ 의 횡축의 단위를 임의로 선택해도 좋다는 것을 의미한다.

여기서, $E(x)$ 를 1이라고 하면, 즉, $e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} = 1$ 일 때, $\mu = -\frac{\sigma^2}{2}$ 이 된다.

이러한 전제를 통하여 식(6)의 $f(x)$ 가 내포하고 있는 2개의 파라미터에 대한 추정이 가능하게 된다.

6. 결론

본 연구에서는 정밀한 효과평가가 가능하도록 하기 위하여 순위척도로 부여된 요인별 평가치를 양적 척도로 변환하는 방식을 제안하고, 나아가 각 요인에 대하여 벡터개념의 가중치를 부여하여 총합치를 구하는, 가치함수의 관점에서 효과치를 구하는 새로운 설계원리 및 방법론을 제시하였다.

기존의 효과분석방법들이 여러 가지 관점에서 개발되어왔지만, 본 연구에서는 계획대체안을 평가한다는 관점에서 새로운 가중치 부여방식과 함께 피상적으로 제시되기 쉬운 효과를 구체적으로 측정하려는 시도를 하였다. 즉, 의사결정자의 선호도에 따라 결과공간에 나타나는 무차별곡선을 가치함수로 나타내고, 이러한 시각에서 효과를 구하여 총합화하는 과정에서 벡터개념을 이용한 방식을 개발함

으로서 정확도가 높은 효과치를 추정하는 방법을 마련한 것이 본 연구의 큰 성과라 하겠다. 아울러, 효과와 성공률을 추정하는데 있어 평가자에게 정량적인 평가를 요구하지 않고, 순위로 평가하도록 하여 이를 정량적으로 변환하는 과정을 거치도록 함으로 평가자의 주관성이나 데이터의 불확실성을 크게 보완하게 되어, 계획대체안들 중에서 최적 대체안인 프로젝트를 선택하는데 유효한 하나의 결정방법을 제시하였다는데 의의가 있다 하겠다.

<참고문헌>

1. 권철신, "연구개발시스템대체안의 평가 및 선정을 위한 최적전략해," 「성균관대학교 논문집 <자연계>」, 제32집, 1982, pp.253-270.
2. 권철신, "Feasibility Function의 定量化에 근거한 RDPPL/SAFE의 機能構築," 「대한산업공학회지」, 제8권, 제2호, 1982, pp.3-14.
3. 권철신, 박종길, "A Selection Structure of the Optimal Prior Research Project for Objective Basic Research," 「Proceedings of IE/MS」, 1989.
4. Dean, B. V. & Roepcke, L. A., "Cost Effectiveness in R&D Organization Resource Allocation," 「IEEE Transactions on Engineering Management」, Vol.16, No.4, 1969.
5. Hobbs, B. F., "A Comparison of Weighting Methods in Power Plant Siting," 「Decision Sciences」, Vol.11, No.4, 1980, pp.725-737.
6. Hogg, R. V. & Craig, A. T., Introduction to Mathematical Statistics(4th ed.), Macmillan Publishing Co., 1987.
7. Hovanessian, S. V., "Research and Development of a Large Scale Electronic System," 「IEEE Transactions on Engineering Management」, Vol.22, No. 3, 1975, pp.94-101.
8. Moore, R. L., "Methods of Determining Priorities in a Programme of Research," 「IEEE Transactions on Engineering Management」, Vol.21, No.4, 1974, pp.126-140.
9. Silverman, B. G., "Project Appraisal Methodology: A Multidimensional R&D Benefit/Cost Assessment Tool," 「Management Science」, Vol.27, No.27, 1981, pp.802-821.