

R&D프로젝트군의 우선순위 결정을 위한 비용 - 상호효과 통합평가시스템

권철신* · 박준호**† · 이순천*

A Evaluation System Integrating Cost-Cross Effects of Big Scale R&D Projects

Cheol Shin Kwon* · Jooh Ho Park** · Soon Cheon Lee*

■ Abstract ■

「Cost-Effectiveness Analysis」 has been widely used to evaluate economic efficiency of R&D projects, but most of cost-effectiveness evaluation systems have some problems such as systematic method for setting and evaluating cost factors, estimation of single effect on each R&D project, and estimation of cross effects among R&D projects. To solve these problems, we have designed a new evaluation indicator called a 「Cost-Cross Effect Integration Indicator」 including cross effects developed in this research. The major research findings are summarized as follows : (1) 「Cost Estimation Model」, which estimates the cost factors divided into two classes of assembly product and system product and then integrates the total cost values, has been designed. (2) A new method for estimating parameters of cross effects among R&D projects has been developed. (3) 「Cross Effects Estimation Model」 to estimate multi-effects and cross effects by completion time among several projects has been designed. (4) 「Integration Estimation Indicator」 for setting priority on a project group has been extracted by combination of total cost value and total effect value.

Keyword : Cost-Cross Effects Analysis, R&D Project Evaluation

논문접수일 : 2006년 05월 12일 논문게재확정일 : 2007년 06월 07일

* 성균관대학교 시스템경영공학과

** 성균관대학교 과학기술연구소

† 교신저자

1. 서론

연구개발이 수행되는 범위는 기초연구에서 개발 설계단계에 이르기까지 방대한 스펙트럼을 가지고 있기 때문에 연구개발활동의 전 범위에 걸쳐 똑같은 양과 질로 관리를 한다는 것은 유효하지 못하다. 따라서, 연구개발의 프로젝트 활동을 몇 개의 단계로 나누어서 관리를 해야 한다는 관점에서 등장한 것이 연구개발프로젝트 관리시스템(R&D project management system : RDPMS)으로서, 연구개발프로젝트 기본계획시스템(R&D project planning system : RDPPIS)은 RDPMS를 구성하는 부분시스템 중의 하나가 된다.

이 기본계획단계에서는 프로젝트의 목표를 달성하기 위한 기본계획을 전개시키게 되는데 목표설정 단계에서 선정된 최종 목표안을 계획함에 있어 고려될 수 있는 모든 계획대체안들을 설정하고, 이들을 적절한 평가절차 및 수단에 의하여 최적 계획대체안을 결정하는 것을 주된 기능으로 하며, 계획대체안 설정시스템(planning alternatives setting system), 계획대체안 평가시스템(planning alternatives evaluation system), 계획대체안 선정시스템(planning alternatives selection system)과 같은 부분시스템으로 구성되는 것으로 본다[1].

특히, 계획대체안 평가시스템은 실현가능성 평가시스템(technical feasibility evaluation system), 비용효과 평가시스템(cost effectiveness evaluation system), 파급효과 평가시스템(impact evaluation system)이라고 하는 세 개의 주요 부분시스템으로 구성된다[2].

본 연구는 이 부분시스템들 중에서 비용효과평가를 수행하기 위한 시스템의 내부구조를 상세 설계하기 위한 것으로서, 특히 중요한 것은 비용추정보다 효과추정에 관한 일이다. 장래에 각 프로젝트들이 완성될 때, 이들 상호간에 미치는 영향은 어느 정도인지, 또한 다수의 프로젝트들간에 연쇄적으로 미치는 복합효과의 영향은 어느 정도인지 등을 검토하지 않고는 프로젝트평가가 정확히 이루어졌다

고 볼 수 없으며, 특히 장기적이고 기술적 복잡성을 갖고 있는 대형 프로젝트일수록 이러한 고려는 필수적이라 하겠다.

그러나, 지금까지의 비용효과분석에 관한 대부분의 연구들은 R&D프로젝트의 효과를 직접적으로 측정하기가 상당히 어렵기 때문에 간단한 기여도 추정방식이나 설문방식의 간접적인 방법을 이용하여 효과를 모호하게 추정함으로써 그 결과의 신뢰도가 상당히 낮았을 뿐 아니라, 이들 효과간에 존재하는 상호효과의 추정과 같은 문제는 고려조차 하지 않았다.

Dean and Roepcke[9], 권철신과 박준호[5, 6], 그리고 권철신, 박준호와 강일중[7]은 군사분야에서 과학기술이 목표에 미치는 효과를 상대적 가치로 하여 비용효과를 분석하였고, Hobbs[10]는 Power Plant의 부지결정에서 고려되는 경제적 요인, 공학적 요인, 환경적 특성, 사회경제적 영향 등의 다수성에 가중치를 부여함에 있어, 기존의 가중치 부여 방식을 가치함수의 측면에서 검토하였다. 권철신과 김정훈[3]도 연구개발활동의 계획시스템대체안을 투입되는 비용과 그것의 산출효과를 각 요인별로 평가하여 총합화하였으며, 이를 통합한 비용효과지표를 도출하여 대체안의 우선순위를 결정하는 비용효과 평가시스템을 설계하였다. 보다 복잡한 시스템의 분석을 위하여 Hovanessian[12]은 다수의 부분시스템으로 구성되어 있는 대규모 전자시스템에 관한 효과를 측정하여 분석하였고, 권철신과 박종길[4]은 계획대체안들에 대해서 「WBS」전개방식으로 기술분석을 행하여 기술적 결함을 모두 추출한 후, 이를 해소함에 따라 발생하는 「시스템 우선순위수(SPN)」의 상승률을 성과로 보았다.

그러나, 이러한 연구들은 프로젝트들간에 내재하는 기술적 상호영향(cross impact)과 상호효과(cross effect)에 대한 고려나 다양한 속성의 효과요인에 대한 정량화의 방법을 제시하지 못했다는 한계를 갖고 있다.

이러한 점을 극복하기 위하여 Blackman[8]은 계획된 프로그램의 완성 시에 발생될 매출액에 대한

정밀한 예측을 위하여 프로그램간의 상호작용효과를 추정하는 새로운 「cross impact analysis(CIA)」을 개발해서 프로그램 발생의 순서를 고려하였고, Novarky and Lorant[14]도 발생에 영향을 미치는 항목의 수가 많은 순으로 계층을 설정하거나, 상호영향 매트릭스상의 각 셀에 있는 항목의 절대값이 큰 순으로 항목의 계층적 순서를 설정하여 상호관련된 항목의 예측치 간에 발생하는 모순을 제거할 수 있는 새로운 「CIA」를 제안하였다. Kwon and Cho[13]는 기술예측의 대상이 되는 R&D항목간의 시간영향과 효과영향을 동시에 고려하는 전략적 기술연관 예측모형을 개발하였다.

이들의 연구는 기존의 「CIA」에서 단점으로 지적되고 있던 막대한 확률추정자료의 대폭적인 축소 및 그에 따른 예측결과의 신뢰성을 증진할 수 있었다는 점에서 인정받고 있으나, 프로젝트에 미치는 개별효과를 측정하기 위한 가중치 부여방법이나, 상호영향을 고려한 개별 프로젝트의 효과추정방법을 제시하지 못하고 있고, 더욱이 R&D프로젝트들이 갖는 완성시기의 순서를 단순히 점추정하는 방식을 취함으로써 추정의 신뢰성이 결여되어, 개별 프로젝트에 대한 우선순위를 결정하고자 하는 비용효과지표구성에 그대로 적용하기에는 상당한 무리가 따른다.

따라서 본 연구에서는 R&D프로젝트가 수행될 때, 어떤 유형의 비용요소가 추정되어야 하는지에 대한 검토로부터 시작하여 하나의 프로젝트가 완성될 때 얻어질 수 있는 단독적 기대효과와 정량화, 나아가 프로젝트들의 완성시기의 순서에 따르는 영향효과를 어떻게 추정할 것인지에 대한 방법을 각각 분리하여 개발한 후, 이들을 모두 통합하는 일련의 절차를 통하여 비용효과 평가시스템이 체계적이고 정밀하게 운용될 수 있도록 「비용상호효과 통합지표」를 제시하고자 한다.

결국, 본 연구는 다수의 R&D프로젝트군에 대한 선정의 우선순위를 부여하기 위한 평가를 행함에 있어, 투입되는 프로젝트의 비용과 창출되는 프로젝트의 상호효과를 추정하고, 이들을 대비구조로

통합시킴으로써 비용상호효과 통합지표를 도출하는 새로운 방법을 제시하고자 하는 것이다.

2. 비용효과 통합지표의 개념설계

2.1 비용요소의 설계

비용요소는 제품특성에 따라 단일제품과 시스템 제품으로 나누고, R&D활동이 진행되는 단계별로 비용항목에 산입되어야 하는 제 요소를 연구개발비용, 설비투자비용, 실시운영비용으로 구분하여 5단계 rating체제로 평가한다. 이때, 자금과 연구원 수는 프로젝트의 규모가 증가함에 따라 지수적으로 증가하기 때문에 각 단계를 대수적 등간격으로, 그 이외의 기준은 등간격으로 한다.

그리고, 각 요소별로 구해진 평가치를 종합하여 하나의 통일적 비용지표로 삼는다.

2.2 효과요인의 설계

2.2.1 단독효과

단독효과는 상호영향성이 없는 경우에 프로젝트의 완성에 따라 발생하는 최종성과를 의미한다. 효과는 매출액, 순이익 등으로 나타나는 직접효과, 특허획득, know-how활용, 개발능력 향상 등의 간접효과, 그리고 신과제유발이나 기업공헌도 등의 파급효과로 나누어 볼 수 있다. 그런데, 이러한 효과는 경영활동의 복합적 작업의 결과이기 때문에 R&D프로젝트의 효과를 정확히 추정하기란 사실 상 불가능에 가깝다. 이러한 이유로 R&D프로젝트의 각 효과요인을 추출하여 여러 요인의 복합적 형태를 가정하는 가치함수의 관점에서 효과를 추정할 필요가 있다.

이를 위해서 먼저, 규범적 방법으로 요인간의 독립성을 유지할 수 있도록 대항목을 분류하고, 이에 관련되는 중항목을 다시 소항목으로 분류해 나가는 계층적 구조를 취하여 효과의 평가요인을 설정한 후, 평가자가 효과요인별로 각 프로젝트의 순위를

부여하도록 한다. 각 효과요인들에 대한 가중치는 「중요도」와 「부족도」의 개념을 이용하여 부여한다. 중요도는 평가자가 각 요인의 중요성을 판단하여 각 레벨에서 1이 되도록 배분하고, 부족도는 평가자에게 반대 질문형식을 행하여 역의 충족도로 산출한다[3].

그리고, 효과의 분포를 대수정규형으로 가정하고, 순위척도로 도출한 각 프로젝트별 효과의 상대치를 순서통계량의 분포를 이용하여 효과의 절대치로 변환시키는 수량화작업을 통하여 단독효과를 추정하도록 한다. 분포를 대수정규형으로 가정하는 이유는 전문가라고 하더라도 연구개발이 완료될 미래의 시점에서 프로젝트가 갖는 효과치를 정확히 추정하기란 매우 어려운 일이며, 특정 프로젝트에 따라 극소치와 극대치의 편차가 매우 크고 다양한 값을 가질 수 있을 것이고, 또한 R&D성과는 속성상 그 영향효과가 지속된다고 보아야 하기 때문이다.

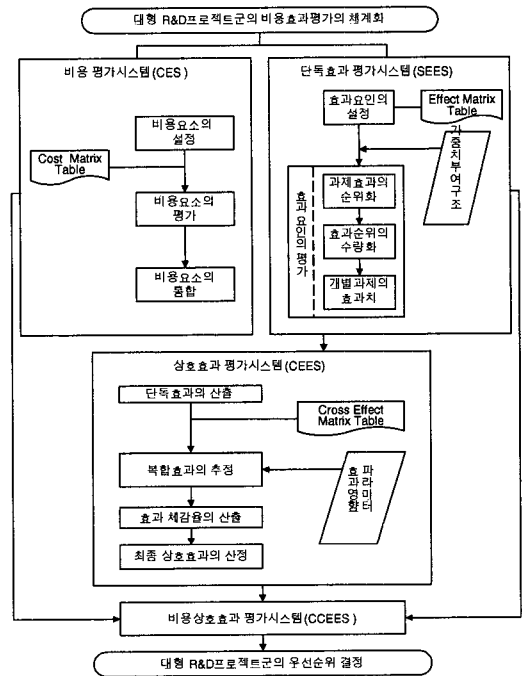
2.2.2 상호효과

상호효과는 프로젝트들 간에 존재하는 효과의 상호영향성을 의미한다. 임의의 한 프로젝트가 완성된다면 이것이 다른 프로젝트의 완성에 미치는 영향을 파악하여 반영하기 위한 것으로, 먼저 한 프로젝트의 완성이 다른 프로젝트의 효과에 미칠 영향인 복합효과를 추정하고, 이에 근거하여 개별 프로젝트의 상호효과를 도출한다.

복합효과는 프로젝트들에 대한 「상호효과행렬(cross effect matrix)」 등을 이용하여 두 프로젝트들 간에 존재하는 효과영향 파라미터들을 추정한 후, 이 값을 각 프로젝트의 단독효과에 승산하고, 모두 합산하여 추정한다. 다수 프로젝트간에 존재하는 효과영향 파라미터를 추정할 때에는 그 경우의 수가 방대하기 때문에 추정의 복잡성을 피하고 정확성을 높이기 위하여 효과영향 파라미터를 기하평균하여 산출한다.

R&D프로젝트들의 상호효과는 R&D활동의 자원 투입과 완성시간의 관계를 선형으로 가정하여 완성순서에 따라 후속 R&D프로젝트군의 복합효과에

서 선행 R&D프로젝트군의 복합효과를 감안하는 방식으로 개별 프로젝트들의 상호효과를 도출하는데, 이때 효과의 시간적 가치를 고려해 주기 위해서 일종의 페널티(penalty)개념으로 「효과의 체감율」[3, 6]을 도입한다.



[그림 1] 비용효과평가의 개념모형

이상과 같은 절차와 방식을 통하여 최종적으로는 비용평가치와 효과평가치를 결합시키는 「비용상호효과 통합지표(cost cross effect integration indicator : I_{CCE})」를 개발하여 R&D프로젝트군의 우선순위를 결정하는 척도로 삼는다([그림 1] 참조).

3. 비용요소의 추정모형

3.1 비용요소의 설정

3.1.1 단일제품의 비용추정

(1) 연구개발비용

연구개발비용은 프로젝트의 초기단계에서부터 실

용화단계까지에 걸쳐 기술개발에 관련되는 비용으로서, 인적비용, 원재료비용, 그리고 기타비용으로 분해되어 검토된다. 그리고 이러한 세 비용은 각각 다음과 같이 구성되는 것으로 파악한다.

- ㉠ 인적비용 = 연구원수 × 연구년수 × 일인당 연구비 × 연구원 조달난이도
- ㉡ 원재료비용 = 원료비 + 시료비 + 부품구입비
- ㉢ 기타비용 = 도서비 + 정보취득비

인적비용에서 「연구원 조달난이도」라는 요소를 고려한 것은 프로젝트의 수행에 필요한 지식을 갖춘 연구원을 조달하지 못하면 프로젝트의 수행기간이 길어질 수밖에 없기 때문에 이를 인적인 비용요소로 삼고자 하는 발상이다.

(2) 설비투자비용

설비투자비용에는 장치 및 기자재의 비용, 그리고 이들의 운용비용이 포함되며, 시스템 제품일 경우에는 프로젝트를 구성하고 있는 부분시스템, 관련시스템, 예비부품 등에 의하여 영향을 받는다. 따라서 설비투자비용은 프로젝트의 종료 시까지 발생하는 비용으로서, 초기투자비용과 이의 운용비용으로 구성되며, 초기투자비용은 프로젝트를 구성하는 부분시스템의 특성에 따라 세 유형으로 구분하여 분석을 달리 할 필요가 있다.

- ㉠ 초기투자를 필요로 하지 않는 경우로서, 이것을 구성하고 있는 부분시스템의 수에 의해서 비용이 비례적으로 증가하는 경우이다.
- ㉡ 개발수행에 있어 초기투자가 필요한 경우로서, 부분시스템이 일정한 수 이상이 되면 그것을 초과한 부분시스템의 수만큼 비례하여 비용이 증가한다.
- ㉢ 개발수행에 필요한 초기투자와 함께 부분시스템의 수에 비례하여 비용이 증가하는 경우이다.

(3) 실시운용비용

실시운용비용에는 프로젝트에 관련하는 시스템을 운용하기 위한 인건비, 유지보수비, 소모품비 등

이 포함된다. 특히, 유지보수비 산정 시에는 평균 고장율을 고려해주어야 하는데, 초기에는 시스템의 신뢰도가 낮아 고장율이 높기 때문에 유지보수를 위한 운용비용이 많이 든다고 보는 것이 합리적이다.

이와 같은 개념에 근거하여 구성되는 단일제품의 비용설정모형은 다음과 같이 구조화될 수 있다.

- (a) 연구개발비용(C_D)

$$C_D = C_M + C_R + C_E$$

C_M : 인적비용, C_R : 원재료비용, C_E : 기타비용

- (b) 설비투자비용(C_{I0})

$$C_{I0} = C_I + C_0$$

C_I : 초기(설비)투자비용, C_0 : (설비)투자운용비용

- (c) 실시운용비용(C_{AP})

$$C_{AP} = C_{I0}(1 - S)$$

S : 수익자로부터의 투자회수율(%)

이들 세 가지 형태의 비용개념에 근거하여 구성되는 비용들은 5단계 rating에 의하여 각 비용의 평가치가 구해지고 하나의 지표로 통합됨으로써, 단일제품 개발프로젝트의 총투입비용의 산정모형은 다음의 식과 같이 공식화되는 것이다.

$$C_T = C_D + C_{I0} + C_{AP}$$

3.1.2 시스템제품의 비용추정

시스템제품의 비용을 검토함에 있어 프로젝트의 기술적 명세가 명확히 되면, 횡축에는 비용요소, 종축에는 시스템요소를 기입한다. 비용요소는 단일제품의 비용요소와 같이 세 단계로 구분하고, 시스템요소는 전체시스템, 하드웨어, 소프트웨어로 구분함으로써 시스템제품의 「비용행렬모형」을 설계한다.

예를 들어[5], <표 1>은 관측로켓시스템제품에 관한 구체적 비용요소를 행렬로 나타낸 것으로서, 각 요소의 내용은 다음과 같다.

〈표 1〉 시스템제품의 비용행렬표의 예

시스템요소	비용요소	총계	연구개발비용				설비투자비용				실시운영비용			
			합계	설계	……	기타	합계	제조	……	기타	합계	유지	……	기타
전체시스템		C_T	C_D	-		-	C_{IO}	-		-	C_{AP}	-		-
하드웨어		C_H	C_{DH}	-		-	C_{IOh}	-		-	C_{APh}	-		-
주요임무장치		-	-	x		x	-	x		x	-	x		x
주요임무장치의 예비장치		-	-	x		x	-	x		x	-	x		x
관련지원장치		-	-	x		x	-	x		x	-	x		x
관련지원장치의 예비장치		-	-	x		x	-	x		x	-	x		x
기존시스템		-	-	x		x	-	x		x	-	x		x
:														
기타		-	-	x		x	-	x		x	-	x		x
소프트웨어		C_S	C_{DS}	-		-	C_{IOs}	-		-	C_{APs}	-		-
주요임무인원		-	-	-		x	-	x		x	-	x		x
관련지원인원		-	-	-		x	-	x		x	-	x		x
기타		-	-	-		x	-	x		x	-	x		x

- ㉑ 전체시스템 : 임무를 완료하기 위해 필요한 인원, 설비, 장치, 소모품
- ㉒ 주요임무장치 : 관측 로켓시스템 등 주요장치
- ㉓ 관련지원장치 : 관측 로켓의 지상기지 등 주요장치를 지원하는 장치
- ㉔ 기존시스템 : 오염처리장치, 공조장치, 가열장치 등 기존설비
- ㉕ 주요임무인원 : 지상기지 등 주요임무의 수행인원
- ㉖ 관련지원인원 : 유지보수, 관리 등에서 주요 임무를 지원하는 인원

$$C_T = C_D + C_{IO} + C_{AP} = C_H + C_S$$

C_T : 전체시스템의 총비용 C_D : 개발시험비용
 C_{IO} : 설비투자비용 C_{AP} : 설비운영비용
 C_H : 하드웨어비용 C_S : 소프트웨어비용

여기서,

$$C_D = C_{DH} + C_{DS}, \quad C_{IO} = C_{IOh} + C_{IOs}$$

$$C_{AP} = C_{APh} + C_{APs} \quad C_H = C_{DH} + C_{IOh} + C_{APh}$$

$$C_S = C_{DS} + C_{IOs} + C_{APs}$$

3.2 비용요소의 평가

3.2.1 단일제품의 비용평가

복잡한 요소가 얽혀있는 시스템제품과 달리 비교적 간단한 설계구조를 갖는 단품의 경우, 시스템제품에 대한 비용분석에서나 이용되는 복잡한 수법을 그대로 적용하는 것은 오히려 비효율적이다.

따라서, 단일제품에 대한 비용요소를 평가하기 위해서 본 연구에서는 5단계 평가기준을 갖는 「단계척도법」을 채택한다. 이때, 비용과 연구원 수는 프로젝트의 규모가 증가함에 따라 지수적으로 증가하기 때문에 각 단계를 대수적 등간격으로 취하고, 그 이외의 요소는 정수적 등간격을 취하며, 나아가 요소별 기준이 등간격인 것은 산술평균을, 지수적인 것은 기하평균을 각각 취하도록 한다.

필요 연구원은 0-9, 10-29, 30-59, 60-99, 100인 이상으로, 연구개발기간은 1년 이하, 2년 이하, 3년 이하, 4년 이하, 5년 이하로 구분하며, 연구원 조달 난이도는 1.25배 미만, 1.5배 미만, 1.75배 미만, 2배 미만, 그 이상과 같이 5단계 등간격을 취한다. 설비 운영비용, 투자회수율, 원재료비용, 초기투자비용,

그리고 기타 비용도 이와 같은 방법으로 구분하는데, 비용분석의 주된 목적은 체계적으로 평가되는 비용에 근거하여 「비용효과분석」을 행하려고 하는 것으로, 이를 위해서 각 요소별로 구해진 평가치를 하나의 지표로서 총합화해야 한다.

3.2.2 시스템제품의 비용평가

시스템제품의 경우에는 시스템비용행렬의 비용 요소에 대한 평가가 필요한데, 일반적으로 비용명세함수는 $C_{ij} = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k; a_0, a_1, \dots, a_k)$ 와 같은 형태로 나타난다. 여기서 X_1, X_2, \dots, X_k 는 시스템요소에 있어서 측정가능한 파라미터이고 a_0, a_1, \dots, a_k 는 추정가능한 파라미터이다. 비용함수는 선형 또는 비선형의 형태를 가질 수 있는데, 이들에 대한 평가를 다음과 같이 행하도록 한다.

(a) 선형일 경우

$$C_{ij} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_k X_k + \epsilon$$

여기서 ϵ 는 오차항이며, $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$ 는 최소자승법으로 구할 수 있다.

(b) 비선형일 경우

비용명세함수가 비선형일 경우에는 다음의 두 가지 평가방법이 제시될 수 있다.

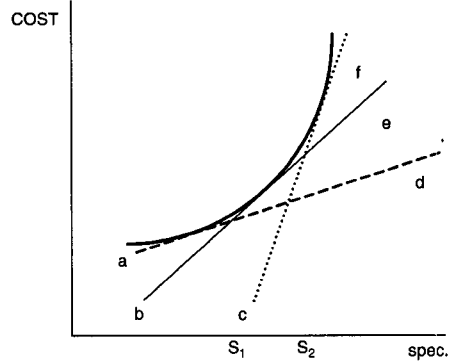
첫째는 [그림 2]와 같이 명세(specification) S 가 $S < S_1, S_1 \leq S < S_2, S_2 \leq S$ 의 구간에 속할 경우에, 각 구간에서 비용명세함수를 선형으로 취하는 방법이다.

가령, $S < S_1$ 의 경우에는 직선 a-d, $S_1 \leq S < S_2$ 의 경우에는 직선 b-e, $S_2 \leq S$ 의 경우에는 직선 c-f로 하여 선형근사를 구하는 것이다.

둘째는 다차 다항함수나 지수함수를 사용하여 곡선에 적합시키는 방법으로서, 가령 3차 다항식이라면, $C(S) = a_0 + a_1 S + a_2 S^2 + a_3 S^3$ 과 같이 비용명세함수를 결정하고, a_0, a_1, a_2, a_3 를 구해야 한다.

이 경우, 3개의 명세가 주어지고 각 명세의 비용 $C(S_i)$ 가 측정되었다면, 해당 시스템요소의 비용

$C(S)$ 에 대한 최소자승법은 $\sum_{i=1}^3 \{C(S)_i - C(S_i)\}^2 = f(a_0, a_1, a_2, a_3)$ 을 최소화하는 a_0, a_1, a_2, a_3 을 찾는 것이 된다.



[그림 2] 선형화의 예

이를 $a_k (0 \leq k \leq 3)$ 로 하여 편미분하면, $\partial f / \partial a_k = -2 \sum \{C(S)_i - C(S_i)\} S_i^k = 0$. 즉,

$$\sum C(S)_i S_i^k = a_0 \sum S_i^k + a_1 \sum S_i^{k+1} + a_2 \sum S_i^{k+2} + a_3 \sum S_i^{k+3}$$

이다. 여기서 총비용 $\sum C(S)_i S_i^k = T_k, \sum S_i^k = S^{(k)}$ 로 하면,

$$\begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S^{(0)} & S^{(1)} & \dots & S^{(3)} \\ S^{(1)} & & & \cdot \\ \vdots & \cdot & \dots & \cdot \\ S^{(3)} & \dots & \dots & S^{(6)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \cdot \\ a_3 \end{pmatrix}$$

가 되어 정규방정식의 해법에 따라 해를 구할 수 있다[5].

4. 효과추정모형

4.1 단독효과 추정모형

요인간의 독립성을 유지할 수 있도록 효과의 평가요인을 설정한 후, 평가매트릭스를 이용하여 평가요인별로 각 R&D프로젝트에 순위부여를 하고,

이것을 가중치와 결합시켜 효과의 순위화를 행한다. 이러한 효과값은 순위척도에 의한 값이기 때문에 이를 비율척도로 변환시키기 위하여 순위의 수량화작업을 행하도록 한다. 효과의 추정 절차는 다음과 같은 4단계로 구성된다.

[단계 1] 효과요인의 설정

규범적 접근방식에 의하여 요인간의 독립성을 유지할 수 있도록 대항목을 분류하고, 이를 다시 중항목, 소항목으로 세분화해 나가는 계층적 구조로 효과요인을 설정하여 그 중에서 대표성이 있는 소수의 요인을 선정한다.

[단계 2] 프로젝트효과 순위화

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 평점 X_{ij} 로 나타내자—에 있는가를 분석하고, 그 결과를 근거로 하여 E_i 를 구한다. 여기서 가장 중요한 것은 X_{ij} 의 정량화 문제이다. 만일, X_{ij} 의 값이 객관적으로 측정가능한 경우에는 문제가 없지만, 효과의 평가요인은 객관적으로 측정될 수 없는 것이 더 많다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 가치함수의 관점에서 순위화하는 방법을 살펴보면[8], 프로젝트 P_i 에 대하여 얻어진 요인별 평가벡터는 n 차원 벡터 $(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}, \sum)$ 의 형태를 취한다고 할 때, 이 벡터를 선택된 척도로 대응시키는 것이 효과의 순위화이고, 이를 어떻게 대응시킬 것인가 하는 수단이 순위화 방법이다.

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, $m \times n$ 매트릭스는 요인별 평가에 의해서 결정된다.

여기서, 요인별 평가에 의해 얻어진 득점을 $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$ 이라 하면 $V_i = f(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in})$ 이 되는 함수 f 가 존재한다. V_i 는 프로젝트 P_i 의 가치 크기를 표현한다고 하자. f 를 1차 함수로 생각할

때, $V_i = \sum_{j=1}^n W_j \cdot X_{ij}$ 의 가치함수가 된다. W_j 는 가중치이다.

정량적인 평가가 행해졌다면 효과의 종합은 가중치가 부여된 요인별 평가득점을 합하면 된다. 즉, 중요인의 득점을 $X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1k1}, X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2k2}, \dots, X_{n1}, X_{n2}, \dots, X_{nkn}$ 이라 하면,

$$\begin{aligned} E &= W_{11} X_{11} + W_{12} X_{12} + \dots + W_{1k1} X_{1k1} \\ &+ W_{21} X_{21} + W_{22} X_{22} + \dots + W_{2k2} X_{2k2} \\ &+ W_{n1} X_{n1} + W_{n2} X_{n2} + \dots + W_{nkn} X_{nkn} \end{aligned}$$

이 되는 E 를 효과의 지표로 한다.

그러나, 여기서 V_i 를 곧 E_i 로 생각하는 것은 비약적인데, E_i 는 어떤 방법으로도 P_i 의 효과에 대한 절대평가가 가능한 경우의 값이기 때문이다. 즉, $E_i/E_i' = 2$ 라고 하는 것은 P_i 의 완성에 의한 효과가 P_i' 의 효과에 비하여 2배라는 것을 의미한다.

따라서 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[8].

[단계 3] 가중치의 부여

각 효과요인의 중요도 (T_i, T_{ij})와 부족도 (S_i, S_{ij})라고 하는 벡터개념을 도입하여[3] 각 요인들에 대한 가중치 W_{ij} 를 $W_{ij} = (S_i T_i)(S_{ij} T_{ij}) / \left[\sum_{i=1}^m (S_i T_i)^2 \sum_{j=1}^n (S_{ij} T_{ij})^2 \right]^{1/2}$ 과 같이 산출한다.

여기서, 중요도는 요인의 중요성을 판단하기 위한 것으로, 각 레벨에서 1이 되도록 배분한다. 즉, 대요인 F_i 에 관한 중요도를 T_i 로 하면 $\sum T_i (i=1, \dots, m) = 1$ 이 되도록 T_i 에 배분하고, 중요인 F_{ij} 에 대한 중요도 T_{ij} 는 $\sum T_{ij} (j=1, \dots, n) = 1$ 이 되도록 T_{ij} 에 배분한다. 부족도는 '부족도 = 1 - 충족도'의 형식에 따라 산출한다. 충족도는 예를 들어, '목표년도의 레벨에 대하여 현재 어느 정도 충족하고 있는

가라는 형태로 질문을 취하여 0~1의 범위에서 값을 가지도록 한다. D_i 와 D_{ij} 는 각각 대요인과 중요한의 부족도이다.

[단계 4] 효과순위의 수량화

도출한 순위개념의 효과치 V_i 를 양적 개념의 효과치 E_i 로 변환시키기 위하여 순서통계량의 분포 [8]를 이용하며, 다음과 같은 세 단계로 이루어진다.

첫째, 각 프로젝트의 X_{ij} 순서를 요인별로 구한다.

둘째, 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 비를 구한다.

셋째, 이 비로부터 분포의 평균과 분산을 구하여 각 프로젝트의 X_{ij} 비를 구한다.

이를 구체적으로 전개시키면, 효과의 분포는 $f(x) = \{1/(\sqrt{2\pi}\sigma)\} \exp\{(\log x - \mu)^2/2\sigma^2\}$ 과 같은 대수정규형으로 근사한다. 여기서, x 의 평균은 $E(x) = \exp(\mu + \sigma^2/2)$, 분산은 $Var(x) = \exp(2\mu + 2\sigma^2) - \exp(2\mu + \sigma^2)$ 이 된다. 또한, 임의의 효과값 $L(\epsilon)$ 을 $\int_{L(\epsilon)}^{\infty} f(x)dx = \epsilon$ 로 정의할 수 있다. 그리고, 이 식은 다음과 같은 과정을 통하여 재정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \int_{L(\epsilon)}^{\infty} \{1/(\sqrt{2\pi}\sigma)\} \exp[-(\log x - \mu)^2/2\sigma^2] dx \\ &= \int_{\log L(\epsilon)}^{\infty} \{1/(\sqrt{2\pi}\sigma)\} \exp[-(y - \mu)^2/2\sigma^2] dy \\ &= \int_{(\log L(\epsilon) - \mu)/\sigma}^{\infty} (1/\sqrt{2\pi}) \exp(-u^2/2) du \\ & \text{(단, } y = \log x, \quad dy = dx/x \text{ 이고, } u = (y - \mu)/\sigma \text{).} \end{aligned}$$

이 식이 ϵ 과 일치하기 위해서는 $\{\log L(\epsilon) - \mu\}/\sigma = k_\epsilon$ 이 성립해야 한다. 따라서, $\int_{k_\epsilon}^{\infty} (1/\sqrt{2\pi}) \exp(-u^2/2) du = \epsilon$ 이 된다. 이렇게 되면, $\{\log L(\epsilon) - \mu\}/\sigma = k_\epsilon$ 로부터 $L(\epsilon)$ 을 얻을 수 있다.

여기서, E_i 의 순위를 V_i 라 하면, n 이 어느 정도 큰 경우에 E_i 의 값은 근사적으로 $E_i = \exp(\mu + \sigma K_\epsilon)$,

where $\epsilon = (2r_i - 1)/2n$ 과 같이 나타낼 수 있다. 따라서, 2개의 프로젝트 P_i, P_i' 에 대한 효과 L_i, E_i' 의 비(이것을 R 이라 하면, R 은 E_i/E_i' 가 단일 구해진다고 하면, $R = E_i/E_i' = \exp\{(K_\epsilon - K_\epsilon')\sigma\}$ 로부터 $\sigma = \log R/(K_\epsilon - K_\epsilon')$ 를 구할 수 있다.

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, 평균치를 일정하게 취하는 것으로 하면, $\exp(\mu + \sigma^2/2) = 1$ 이 되어 $\mu = -\sigma^2/2$ 이 된다. 이러한 전개를 통하여 $f(x)$ 가 내포하고 있는 두 개의 파라미터에 대한 추정이 가능하게 된다.

4.2 상호효과와 추정모형

4.2.1 복합효과와 추정체계

(1) 복수 프로젝트

2개의 R&D프로젝트 P_i 와 P_j 의 완성시기를 각각 t_i 와 t_j 라 하고, 그들 간의 관계를 $t_i < t_j$ 라고 하자. 즉, P_i 가 먼저 완성되고 뒤늦게 P_j 가 완성된다고 하자. 여기서 P_i 와 P_j 가 서로 경쟁관계에 있으면, P_i 가 완성된 이후에 P_j 가 완성되었기 때문에 P_j 의 효과 E_j 는 당초 기대했던 것보다 적을 것이다. 따라서 $E_{j/i}$ 를 P_i 가 완성된 후에 P_j 가 완성된 경우에 P_j 의 효과라 하면 $E_{j/i} < E_j$ 과 같이 관계를 설정할 수 있다.

전문가에 의하여 추정되는 효과영향의 파라미터 $e_{j/i}$ 를 도입하면 $E_{j/i} = e_{j/i} \cdot E_j$ 로, 두 프로젝트가 경쟁관계이기 때문에 $e_{j/i}$ 의 값이 가질 수 있는 범위는 $e_{j/i} \leq 1$ 이 될 것이다. 이와 같이 프로젝트간에 경쟁적 관계가 성립되는 경우에는 P_j 가 완성됨에 따라 먼저 개발에 성공한 P_i 의 효과도 t_j 이후에 있어서는 E_i 보다도 적을 것이다.

이러한 개념을 근거로 하여 두 프로젝트간의 복합효과를 추정해 보기로 한다.

만약, 프로젝트 P_i 가 먼저 완성($t = t_i$ 에 있어서)

되고, 그 후에 프로젝트 P_j 가 완성($t=t_j$)된 경우에 $t_i > t_j$ 에서 나타나는 양자의 복합효과를 E_{ij} 라 하고, 역으로 완성시기가 $t_j > t_i$ 의 경우에 발생하는 복합효과를 E_{ji} 라 하자. 그런데, E_{ij} 와 E_{ji} 의 값은 다를 수 있지만, $E_{ij} = E_{ji}$ 와 같은 관계만 고려를 하자. 그리고, $E_{j/i}$ 를 ' P_i 가 먼저 완성된 후에 P_j 가 완성되는 경우의 P_j 에 의한 효과'로 정의했지만, $E_{j/i}$ 를 P_i 와 P_j 의 완성시기의 순서에 관계없는 것으로 전제하자. 같은 관점에서 $e_{j/i}$ 에 관해서도 완성시기의 순서를 묻지 않는 것으로 한다.

이와 같은 전제 하에서 P_i 와 P_j 의 복합효과 E_{ij} 는 $E_{ij} = E_{i/j} + E_{j/i} = e_{i/j} \cdot E_i + e_{j/i} \cdot E_j$ 와 같은 관계로 나타난다. 만약, 프로젝트 P_i 가 완성된 후에 프로젝트 P_j 가 완성되는 경우에는 $E_{ij} = E_i + E_{j/i}$ 로 볼 수 있다. 그러나 여기서 P_i 의 효과 E_i 는 t_j 시점에서 P_j 의 영향을 받기 때문에 두 프로젝트간의 관계에 따라 $E_{i/j}$ 가 된다. 따라서 두 프로젝트 P_i 와 P_j 의 복합효과 E_{ij} 는 P_j 가 완성되었을 때 P_i 의 변화된 효과 $E_{i/j}$ 와 P_i 가 완성되었을 때 P_j 의 변화된 효과 $E_{j/i}$ 의 합으로 나타낼 수 있다.

결국, $E_{j/i}$ 란 ' P_i 가 성공하고, 이후에 P_j 가 성공한 경우에 얻어지는 P_j 의 효과'이며, $e_{j/i}$ 는 계수로서 P_i 와 P_j 의 관계에 따라 변한다. 즉, P_i 와 P_j 간의 관계가 경쟁적 관계일 때는 $e_{j/i} \leq 1$, 보완적 관계일 때는 $e_{j/i} \geq 1$, 독립적 관계일 때는 $e_{j/i} = 1$ 이 된다.

(2) 다수 프로젝트

세 개의 R&D프로젝트 P_i, P_j, P_k 의 완성에 따른 복합효과를 E_{ijk} 라 하고, 전술한 바와 같이 이 값은 각 프로젝트의 완성시기 t_i, t_j, t_k 의 순서에는 의존하지 않는 것으로 하자. 그러면, $E_{ijk} = E_{i/jk} + E_{j/ik} + E_{k/ij} = e_{i/jk} \cdot E_i + e_{j/ik} \cdot E_j + e_{k/ij} \cdot E_k$ 로 나타낼 수 있고, 여기서 $E_{i/jk}$ 는 프로젝트 P_j, P_k 가 완성된 후, 프로젝트 P_i 가 완성되는 경우에 P_i 가 갖는 효과가 되며, $E_{j/ik}$ 와 $E_{k/ij}$ 에 대해서도 마찬가지이다. 또한, $e_{i/jk}, e_{j/ik}, e_{k/ij}$ 는 효과영향의 파라미터로, 이들에 대한 추정을 전문가로부터 구하게 되면 파라미터

$e_{i/jk}$ 의 총수는 n^3 (n 은 프로젝트의 수)의 차수가 된다. 그런데, n 이 조금만 크게 되면 추정작업이 사실상 불가능하게 되므로, 이를 해결하기 위하여 다음과 같은 가정을 설정하여 $e_{i/jk}$ 를 추정하기로 한다.

- (a) P_i 가 P_j, P_k 의 어느 것과도 경쟁적 관계에 있는 경우 $e_{i/jk} = \min(e_{i/j}, e_{i/k})$
- (b) P_i 가 P_j, P_k 의 어느 것과도 보완적 관계에 있는 경우 $e_{i/jk} = \max(e_{i/j}, e_{i/k})$
- (c) P_i 가 P_j 와는 경쟁적이고, P_k 와는 보완적 관계에 있는 경우
 - ㉠ 낙관적 입장을 취하는 경우 : $e_{i/jk} = \max(e_{i/j}, e_{i/k})$
 - ㉡ 비관적 입장을 취하는 경우 : $e_{i/jk} = \min(e_{i/j}, e_{i/k})$

이를 다수 프로젝트의 경우로 일반화하면, $P_{j_1}, P_{j_2}, \dots, P_{j_n}$ 가 이미 완성된 후에 P_i 가 완성될 때, P_i 의 완성에 의한 효과 $E_{i/j_1 j_2 \dots j_n}$ 는 $E_{i/j_1 j_2 \dots j_n} = e_{i/j_1 j_2 \dots j_n} \cdot E_i$ 가 된다. 여기서, 파라미터 $e_{i/j_1 j_2 \dots j_n}$ 에 관하여 아래와 같은 3가지의 관계가 성립된다.

- (a) P_i 가 $P_{j_1}, P_{j_2}, \dots, P_{j_n}$ 의 모두와 경쟁관계에 있는 경우 $e_{i/j_1 j_2 \dots j_n} = \min(e_{i/j_1}, \dots, e_{i/j_n})$
- (b) P_i 가 $P_{j_1}, P_{j_2}, \dots, P_{j_n}$ 의 모두와 보완관계에 있는 경우 $e_{i/j_1 j_2 \dots j_n} = \max(e_{i/j_1}, \dots, e_{i/j_n})$
- (c) P_i 가 $P_{j_1}, P_{j_2}, \dots, P_{j_n}$ 중의 일부 프로젝트와는 경쟁적이고, 나머지 프로젝트와는 보완적 관계에 있는 경우
 - ㉠ 낙관적 입장을 취하는 경우 : $e_{i/j_1 j_2 \dots j_n} = \max(e_{i/j_1}, \dots, e_{i/j_n})$
 - ㉡ 비관적 입장을 취하는 경우 : $e_{i/j_1 j_2 \dots j_n} = \min(e_{i/j_1}, \dots, e_{i/j_n})$

그러나, 다수 프로젝트간에 존재하는 효과영향 파라미터의 추정은 그 경우의 수가 방대하기 때문에 $e_{i/j_1 j_2 \dots j_n} = \left(\prod_{k=1}^n e_{i/j_k} \right)^{1/n} = (e_{i/j_1} \times e_{i/j_2} \times \dots \times e_{i/j_n})^{1/n}$ 과 같이 산출하는 것이 복잡성을 피하고 정확도도

더 높일 수 있는 방안이 될 것이다.

4.2.2 상호효과의 산출

R&D프로젝트 P_j 의 완성시기를 t 년 후로 할 경우에 그 완성에 의한 효과를 $E_j(t_c) = f(t) \cdot E_j$ 로 나타내기로 하자. 프로젝트의 완성시기가 지연될수록 효과는 감소할 것이므로 이 함수의 형태는 시간의 감소함수가 된다. 따라서 $f(t) = e^{-rt}$ 와 같은 함수형이 적절할 것이다. 여기서, r 은 '효과체감율'로서 프로젝트의 완성시기가 t 년 지연됨에 따라 프로젝트의 완성효과가 얼마나 감소되는지를 나타내는 값이다. r 은 각 프로젝트의 특성에 따라 다르겠지만, 전략적인 방침에 따라라도 좌우되는 값이기 때문에 본 연구에서는 일정한 값으로 전제한다.

R&D프로젝트의 완성시기에 대한 시간영향의 정도에 따라 이를 확률변수로 하는 확률밀도함수는 변화하는데, 프로젝트 P_k 의 완성에 의한 효과의 양을 E_k 라 하면 그 완성시기의 시점에서 계산하여 그 효과의 총합은 $E(P_k) = \int_{t_k}^{\infty} E_k \cdot e^{-rt} dt$ 로 나타낼 수 있다.

이와 같은 방법에 근거하여 프로젝트별 상호효과를 추정하기 위한 절차는 다음과 같다.

[단계 1] 프로젝트 P_1, P_2, \dots, P_n 이 현시점에서 실현되면, 이들이 갖는 복합효과($E_{123\dots n}$)를 다음의 식에 따라 산출한다.

$$E_{123\dots n} = \sum_{k=1}^n \{ \max(e_{k/1}, \dots, e_{k/n}) \times \min(e_{k/1}, \dots, e_{k/n}) \times E_k \}$$

[단계 2] 프로젝트 P_k 가 t_k 년 후에 실현되면, P_k 의 효과를 산출한다.

$$E(P_k) = \int_{t_k}^{\infty} e^{-rt} \cdot E_k dt \quad (r : \text{효과체감율})$$

[단계 3] 프로젝트 P_1, P_2, \dots, P_n 의 완성시기를 t_1, t_2, \dots, t_n 년 후로 보고, $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ 으로 가정하면, 개별 프로젝트의 최종 상호효과(E_{CE})는 다음과 같다.

$$E_{CE}(P_1) = \int_{t_1}^{\infty} e^{-rt} \cdot E_1 dt,$$

$$E_{CE}(P_2) = \int_{t_2}^{\infty} e^{-rt} \cdot (E_{12} - E_1) dt,$$

⋮

$$E_{CE}(P_n) = \int_{t_n}^{\infty} e^{-rt} \cdot (E_{123\dots n} - E_{123\dots n-1}) dt$$

5. 비용효과의 통합지표의 개발

이상의 과정을 거쳐 최종적으로 비용효과의 통합지표를 작성한다. 비용요소 추정모형에서 구해진 개별프로젝트의 총비용(C_T)을 개별프로젝트의 비용항목에 배치하고, 상호효과 추정모형에서 얻어진 상호효과(E_{CE})는 개별프로젝트의 효과항목에 배치하여, 총비용과 총효과의 비율적 대비구조를 취함으로써 비용상호효과 통합지표(I_{CCE})를 도출하게 된다.

(1) 비용요소의 통합

비용구조는 $C_T = C_D + C_{IO} + C_{AP}$ 로 표현된다.

(2) 효과의 통합

상호효과의 평가는 단독효과 추정모형에서 요인별 중요도와 부족도라는 개념을 이용해 구한 각 요인별 가중치 $W_{ij} = (S_i t_i)(S_{ij} t_{ij}) / [\sum_{j=1}^n (S_j t_j)^2 \sum_{j=1}^n (S_{ij} t_{ij})^2]^{1/2}$ 에 각 요인별 평가에 의하여 얻어진 득점($S_{i1}, S_{i2}, S_{i3}, S_{i4}, \dots, S_{in}$)을 곱하여 다음과 같이 단독효과(E)를 구한다.

$$E = \left(\begin{array}{c} W_{11} S_{11} + W_{12} S_{12} + \dots + W_{1k} S_{1k1} \\ W_{21} S_{21} + W_{21} S_{21} + \dots + W_{2k} S_{2k2} \\ \dots \\ W_{n1} S_{n2} + W_{n2} S_{n2} + \dots + W_{nk} S_{nk1} \end{array} \right)$$

다음으로는, 상호효과 추정모형에서 프로젝트들의 복합효과

$$E_{k1m\dots r} = \sum_{p=k}^r \{ \max(e_{p/k}, e_{p/1}, \dots, e_{p/r}) \times \min(e_{p/k}, e_{p/1}, \dots, e_{p/r}) \times E_p \}$$

를 구한 후, 완성순서에 따른 개별 프로젝트의 상호효과 $E(P_n)$ 을 $E(P_n) = \int_{t_n}^{\infty} (E_{123\dots n} - E_{123\dots n-1}) \cdot e^{-rt} dt$ 와 같이 구한다.

(3) 비용효과의 통합지표

프로젝트들의 비용 대비 상호효과를 분석하기 위한 단일의 통합지표를 도출하면 다음과 같이 표현된다.

$$I_{CCE} = \int_{t_n}^{\infty} (E_{123\dots n} - E_{123\dots n-1}) \cdot e^{-rt} dt / (C_D + C_{IO} + C_{AP})$$

결국, 이 I_{CCE} 는 R&D프로젝트를 수행하는데 얼마만큼의 비용이 소요되는지, 그리고 R&D프로젝트가 완성될 때 어느 정도의 효과를 기대할 수 있는지에 대한 정량적인 수치로서, 이 양자의 비를 취함으로써 다수 R&D프로젝트들의 우선순위를 결정하는 합리적 수단으로 삼을 수 있게 되는 것이다.

6. 결 론

비용상호효과 통합지표의 개발을 위한 지금까지의 설계작업을 통하여 얻어진 본 연구에서의 성과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 비용상태를 단일제품비용과 시스템제품비용으로 나누고, 이를 다시 life-cycle의 개념을 이용하여 연구개발비용, 설비투자비용, 실시운영비용으로 분류하여 각 비용요소에 대한 추정치를 구하는 접근방식을 취하였다. (2) 가치함수의 관점에서, 각 효과요인에 대한 「중요도」와 「부족도」라고 하는 개념의 가중치를 부여하여 단독효과의 총합치를 구하는 방법을 고안하였다. (3) 프로젝트의 단독효과, 다수 프로젝트간의 상호영향을 고려한 복합효과, 그리고 완성순서에 따른 개별 프로젝트의 상호효과를 추정하는 새로운 효과 평가방식을 개발하였다. (4) 비용평가지표와 상호효과 평가지표를 조합함으로써 비용상호효과 통합지표를 도출하고, 이에 근거한 우선순위에 따라 최적의 프로젝트를 선정하는 절차를

구체적으로 제시하였다.

한편, 본 연구에서 개발된 모형들은 다음과 같은 몇 가지의 한계를 내포하고 있다.

(1) 비용상호효과 통합지표로 R&D프로젝트군의 우선순위를 결정하는 경제성 평가모형을 개발하였지만, 현장 데이터에 근거한 사례분석을 수행하지는 못하여 적용성의 측면에서 검증이 필요하다. (2) 본 논문에서 제시한 모형은 공공적 성격의 프로젝트평가에 특히 유용하지만, 사업성 등에 의해 프로젝트를 평가하는 민간 기업에는 적용에 한계가 있다. 그러나 민간기업의 프로젝트라 하더라도 실패 시에 큰 타격을 줄 수 있는 거대 장기 프로젝트들의 사전평가에는 유용성이 높다. (3) R&D프로젝트간에 존재하는 상호영향효과를 고려한 효과추정모형을 개발하면서 프로젝트들간의 완성시기의 순서까지는 고려하였지만, 완성시기의 간격은 고려하지 못하였다. (4) R&D프로젝트들의 복합효과 추정 시, 정순 복합효과와 역순 복합효과의 값이 실제로는 다를 수 있으나, 본 연구에서는 이를 동일하게 처리하였는데 이는 복합효과를 추정할 때, 순서의 차이가 주는 영향의 정도는 극히 미미한 것으로 보았기 때문이다.

이러한 본 연구의 한계들은 금후 이 분야의 새로운 연구과제가 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 권철신, "Feasibility function의 정량화에 근거한 RDPPL/SAFE의 기능구축", 「대한산업공학회지」, 제8권, 제2호(1982), pp.3-14.
- [2] 권철신, "Optimum strategies for evaluation and selection of R&D system alternatives", 「성균관대학교 논문집<자연계>」, 제32집(1982), pp.253-270.
- [3] 권철신, 김정훈, "R&D Project의 계획대체안 평가를 위한 비용효과분석시스템의 설계", 「Proceedings of IE」, 대한산업공학회(1991), p.192.
- [4] 권철신, 박종길, "목적기초연구를 위한 선행연

- 구과제의 결정구조”, 『Proceedings of IE, OR/MS』, (1990), p.180.
- [5] 권철신, 박준호, “기술개발프로젝트의 평가를 위한 비용분석”, 『한국방위산업학회지』, 제9권, 제1호(2002), pp.1-22.
- [6] 권철신, 박준호, “연구개발 프로젝트의 평가를 위한 효과분석체계”, 『한국방위산업학회지』, 제10권, 제2호(2003), pp.1-16.
- [7] 권철신, 박준호, 강일중, “R&D프로젝트군의 효과추정을 위한 평가시스템의 설계”, 『Proceedings of MS』, 한국경영과학회(2003).
- [8] Blackman, A.W., “A Cross Impact Model Applicable to Forecasts for Long Range Planning,” *TF&SC*, Vol.5, No.3(1973), pp. 233-242.
- [9] Dean, B.V. and L.A. Roepcke, “Cost Effectiveness in R&D Organization Resource Allocation,” *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol.EM-16, No.4(1969).
- [10] Hobbs, B.F., “A Comparison of Weighting Methods in Power Plant Siting,” *Decision Science*, Vol.11(1980), pp.725-737.
- [11] Hogg, R.V. and A.T. Craig, *Introduction to Mathematical Statistics(4th ed.)*, Macmillan, 1987.
- [12] Hovanessian, S.V., “Research and Development of a Large Scale Electronic System,” *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol.EM-22, No. 3(1975), pp.94-101.
- [13] Kwon, C.-S. and K.-T. Cho, “An Estimation Model for Completion Times Considering the Time Interval between Interdependent R&D Events,” *Computers & Industrial Engineering*, Vol.33, No.3-4(1997).
- [14] Novaky, E. and K. Lorant, “A Method for the Analysis of Inter-relationships between Mutually Connected Events : A Cross-Impact Analysis,” *Technological Forecasting & Social Change*, Vol.12, No.2-3(1978), pp. 201-212.