

## 상호영향형 R&D과제군의 평가선정을 위한 새로운 「DEA」 모형의 개발

권철신\*, 박준호\*\*, 홍석기\*\*\*  
\*성균관대학교 시스템경영공학부 교수  
\*\*성균관대학교 과학기술연구소  
\*\*\*LG전자 SIC 기획그룹

### Abstract

The purpose of this paper is to construct a CIDEAR(Cross Impact Data Envelopment Analysis Assurance Region) model which evaluates proposed R&D projects considering cross impacts among them and selects them to utilize R&D resources effectively as well as to maximize effectiveness of investments. For this purpose, the following six steps are designed as the main procedure. 「Decision Theory & Evaluation Model」, 「AR Decision & Evaluation Model」, 「Resource & Performance Analysis Model」, 「Cross Impact Assumption Model」, 「Priority Order Decision Model」, 「Efficiency Cause Analysis Model」. 「CIDEAR」 model can deal with the affairs of R&D projects having the characteristics of mutual independence as well as mutual dependence. Hence it is possible to evaluate and select R&D projects more accurately than any other models.

### 1. 서 론

기술이 기업의 생존 및 성장의 핵심동인이라는 인식이 확산되면서 기술개발을 위한 연구개발(Research and Development: R&D)에 관심이 고조되고 있다. 특히, 세계를 무대로 최선두에서 경쟁하고 있는 기업들에 있어서는 시장의 글로벌화, 기술의 복잡화·융합화 등으로 R&D규모가 날이 갈수록 대규모화되고 있는 실정이다. 따라서 R&D에 대한 잘못된 투자는 기회비용의 상실뿐만 아니라 기업의 존속과도 곧바로 연결되게 된다. 이런 경우가 아니더라도, 기업이 활용할 수 있는 자원의 제약 때문에 R&D투자자원의 효율적인 이용과 투자효과의 극대화를 위해 R&D프로젝트의 선정에 대한 중요성은 매우 큰 것이다.

따라서 본 연구에서는 R&D프로젝트를 대상으로 기존에 개발되어 있는 평가항목의 독립성 및 평면성을 전제로 한 이론의 틀에서 나아가, R&D프로젝트나 평가항목군이 상호영향을 미치는 경우의 프로젝트 선정평가에 대한 수법을 개발하고자 한다.

아울러 R&D프로젝트 선정평가가 포괄적이고 정밀한 평가가 될 수 있도록 유효성 및 능률성의 두 개념을 포괄하여 측정하며, 단순한 결과제시 차원을 벗어나서 상대적인 총합 효율성값이 낮은 경우 그 비효율의 원인이 기술에 기인하는지 아니면 규모에 기인하는지를 밝혀줄 수 있는 모형까지를 개발하고자 한다.

이를 위해, 본 연구에서는 R&D프로젝트의 선정을 위한 평가를 행하기 위하여 「DEA-AR」 모형과 AR지정의 체계적인 접근 방법인 AHP, 그리고 상호종속성을 반영할 수 있는 CIA를 접목시킴으로써 「상호영향형 R&D프로젝트」의 선정평가를 위한 새로운 수리모형의 개발을 목적으로 하고 있다.

### 2. 선행연구의 검토

평점모형 관련연구로 「AHP(Analytic Hierarchy Process)」, 「DTA(Decision Theory Analysis)」, 「CIA(Cross Impact Analysis)」에 대한 이론적 고찰과 함께 「DEA(Data Envelopment Analysis)」에 대한 선행연구들을 검토하고자 한다. 「DEA」는 비효율적인 의사결정단위의 관리효율성 증대방안에 대한 연구와 경제학을 바탕으로 한 「DEA모형」 자체에 대한 연구로 크게 둘로 나누어진다. 본 연구에서는 「DEA모형」 자체에 대한 연구를 중점으로 검토하는데, 먼저 전통적인 DEA모형인 「CCR모형」과 「BCC모형」에 대해 검토한다. 그리고 「AHP」모형과 결합함으로써 문제해결을 시도한 「DEA와 AHP모형」, 「DEA모형」 자체가 내포하고 있는 문제점들을 해결하기 위해 모형내부에 제약식을 추가한 「DEA-AR (Assurance Region : AR)」에 관한 연구, 그리고 AR의 범위지정을 위해 체계적으로 접근을 시도한 「DEA-AR과 AHP모형」 등과 같은

개념복합적 「DEA모형」에 대한 선행연구들을 고찰하면 <표1>과 같다.

<표 1> 선행연구의 종합적 검토

모형 분류	특성	종합적 검토
CCR	목적	Farrell의 생산함수이론과 OR론적 접근방법적 을 검토키 종합효율성 측정의 방법론을 제시
	한계	대상 DMU의 상대적인 종합효율성이 1이하의 점수로 측정되므로 선정대상의 중복 또는 누락으로 변별력을 갖지 못함.
BCC	목적	종합효율성을 순수기술 효율성과 규모효율성으로 구분하여 측정함으로써 관리효율성에 대한 관리방법을 제시.
	한계	CCR모형과 마찬가지로 비현실적인 가중치의 해결을 제시하지 못함.
DEA & AHP	목적	정성적 Data의 처리를 위한 결합모형 제시
	한계	DEA와 AHP모형과의 단순결합모형에 대한 타당성만을 검토하고, 비현실적인 가중치 문제를 해결하지 못함.
DEA -AR	목적	CCR모형의 비현실적인 가중치 해결을 제시하기 위하여 새로운 수리모형을 개발
	한계	가중치가 가질 수 있는 범위에 대한 타당한 논리적 근거를 갖지 못함.
DEA -AR & AHP	목적	순위평가를 할 수 있는 DEA-AR과 AHP모형을 개발하여 적용
	한계	정성적, 정량적 요인의 유기적인 결합의 미비, 상호영향성을 고려하지 못함.

### 3. 「CIDEAR」 모형의 개념설계

#### 3.1. 문제제기

전통적인 DEA모형과 개념복합 DEA모형을 활용하여 효율성을 측정하고자 한 기존의 연구들은 수리모형 자체의 한계점을 극복하지 못한 채 적용되고 있거나, 복잡한 R&D활동의 특성을 고려하지 못하고 있었다. 「CCR모형」과 「BCC모형」은 능률적으로 판별되는 DMU의 수를 제한할 수 없기 때문에 실제 적용 시에 문제가 있다. 일반적으로 R&D프로젝트는 예산의 제약 때문에 일정 수의 과제만이 선정되게 되는데, 이때 DEA에 의해 효율적이라고 판별한 과제의 수가 예산이 허용하는 과제의 수 보다 많은 경우, 효율적이라고 판별된 과제들 간의 우열에 대하여 「DEA모형」은 변별력을 가질 수 없다. 그리고 제출된 R&D프로젝트의 수가 평가표의 평가기준의 수 보다 적은 경우에도, 대부분의 과제가 효율적이라고 판별되는 까닭에 변별력에 문제가 생기게 된다.

또한, DEA모형을 적용하기에 앞서 반드시 선행되어야만 하는 평가론적 결정수법의 주요원리를 따르지 않고 있으며, 프로젝트 선정평가시 광범위하게 적용

되고 있는 평가법은 프로젝트 내부의 질적인 상태를 적절하게 표현하지 못하는 문제점을 가지고 있다.

그리고, 기술이 첨단화, 복잡화 됨으로서 R&D프로젝트간에 상호영향성이 빈번하게 발생함에도 불구하고 개개의 프로젝트를 단순히 독립적으로만 측정함으로써 정확한 프로젝트 평가를 수행하지 못하고 있다.

#### 3.2. 개념모형의 틀

3.1에서 검토한 문제제기를 해결과제로 삼아 본 연구의 목적에 부합되는 「CIDEAR」 모형의 설계를 위한 개념모형을 검토하고자 한다.

첫째, 「결정이론 평가모형」은 프로젝트들을 평가하기에 앞서 대상들의 속성을 제대로 반영한 평가를 할 수 있도록 하기 위한 사전준비단계라고 할 수 있다.

둘째, 「AR범위 결정모형」은 설정된 평가항목을 「평가법」으로 평가하기에 앞서 항목간 우선순위를 추정하기 위한 모형이다.

셋째, 「상호영향 추정모형」모형은 프로젝트들의 최종 성공확률을 추정하는 단계로서, 상호영향성이 있는 경우에 한해서 수행되는 모형이다.

넷째, 「자원성과 평가모형」은 평가법을 통해 평가된 프로젝트점수를 자원과 성과로 재구분하여 Plotting함으로써 크게 4개의 영역별로 프로젝트를 유사성에 따라 분류하고자 설계된 모형이다.

다섯째, 「우선순위 결정모형」은 「CIDEAR모형」을 적용하여 프로젝트들의 종합효율성을 도출하는 단계이다.

여섯째, 「효율형태 분석모형」은 「자원성과 평가모형」에서 분류된 4개의 영역을 다시 DMU로 규정하고, 영역간 비효율성의 원인이 기술효율성에 기인하는지, 아니면 규모 효율성에 기인하는지를 규명해주는 단계로, 「DEA모형」 중 「BCC모형」을 적용하여 도출하도록 설계된 모형이다.

### 4. 「CIDEAR」 모형의 구조설계

#### 4.1. 「결정이론 평가모형」

‘평가항목설정’, ‘평가항목선정’, ‘과제항목평가’의 3 단계로 구성된다. 이는 프로젝트를 선정 평가하고자 할 때에 평가대상의 특성을 함리적으로 대련할 수 있는 정성적 요인과 정량적 요인을 포함시키기 위한 것으로, 이러한 일련의 체계적인 절차를 거쳐서 프로젝트를 올바르게 측정하고자 하는 본 연구의 접근방식을 반영한 것이다.

#### 4.2. 「AR범위 결정모형」

<단계 1> 상호 관련되어 있는 여러 의사결정 사항들을 계층화하고, 계층의 최상층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목적이 놓여지며, 그 다음의 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 다양한 속성들로 구성된다. 그러나 항목들간의 우선순위 가중치를 도출하여 AR범위를 규정하려는 「AR범위 결정모형」의 목적에 따라 「결정이론 평가모형」에서 체계적으로 선정된 항목들을 계층으로 설정하여 적용한다.

<단계 2> 의사결정 요소들 간의 쌍대비교로 판단 자료를 수집한다.

<단계 3> 「고유치방법(Eigenvalue method)」을 사용하여 의사결정요소들의 상대적인 가중치를 추정한다.

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

<단계 1>에서 <단계 4>까지의 과정을 거쳐 도출된 평가항목의 우선순위 점수는 「DEA-AR모형」 적용시 선형계획법의 제약조건에 적용하게 된다.

#### 4.3. 「상호영향 추정모형」

<단계 1> 상호영향을 고려하지 않은 초기확률  $P_j$  및  $P_{j/i}$ 를 추정한다.

$$P_{j/i} = P_j + \Delta P_{j/i} \quad (4-1)$$

단,  $\Delta P_{j/i}$ 는 양의 경우도, 음의 경우도 있을 수 있다.

$$\Delta P_{j/i} \neq \Delta P_{i/j}$$

이렇게 하여 「초기확률표(Initial Probability Table: IPT)」를 만든다.

<단계 2> 각 항목에 대하여 「CIM」을 만든다.

<단계 3> 시뮬레이션을 행하고 그 결과를 「성공실패표(Success Failure Table: SFT)」에 기입한다. 시뮬레이션은 우선 항목  $D$ 중에서 난수표를 이용하여 무작위하게 하나를 선택하고 확률  $P_i$ 에서 발생할 확률을 모의한다. 시뮬레이션 결과, 그 항목이 발생하지 않는 결과가 나온 경우, 즉 실패의 경우에는 「SFT」의 해당란에 0이라고 기입하고 계속 진행하며, 그 항목이 발생하는 결과가 나온 경우는 「SFT」에 1을 기입하여 확률표에서  $D_i$  이외의  $D_j$ 의 확률  $P_j$ 의 값을  $P_{j/i} = P_j + \Delta P_{j/i}$ 로 치환한다.

<단계 4> 확률표로부터  $D_i$ 행을 제거하고 <단계 2>로 되돌아간다. 이러한 반복을 확률표로부터 항목이 없어지기까지 즉, 전체항목의 시뮬레이션의 결과가 성공이나 실패가 결정되기까지 수행한다. 그 결과, 「SFT」의 제1열째의 각 행은 1이거나 0이 된다.

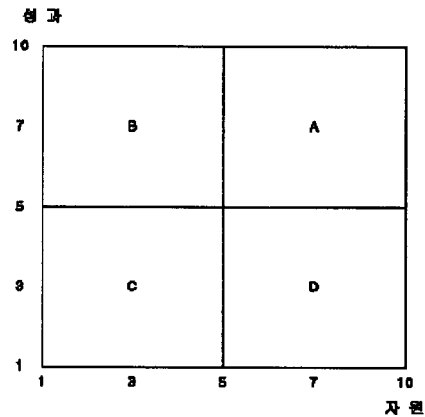
<단계 5> <단계 1>로 되돌아가서 <단계 4>까지의 프로세스를  $N$ 회 반복한다. (보통  $N = 1000$  즉, 1000회 반복한다)

<단계 6> 「SFT」의 가로합  $S_1, S_2, \dots, S_n$ 을 구하고, 이 값을  $N$ 으로 나누면 이 값이 각 항목의 최종확률이 된다.

#### 4.4 「자원성과 평가모형」

프로젝트 전체에 대한 효율치를 측정하여 우선순위를 결정하기에 앞서 크게 자원과 성과측면으로 평가된 지표들의 평균값을 토대로 2차원 평면상에 Plotting시킴으로써 1차 스크리닝하게 되며, 그 내용은 <그림 1>과 같다.

자원측면에 해당하는 조건항목은 '기술가능성', '기술우월성', '투입인력', '투입비용'이고, 성과측면에 해당하는 효과항목은 '기술파급성', '기술축적성', '사업수익성', '사업공헌도'이다. 각 프로젝트별로 획득한 평가항목점수를 자원측면과 성과측면으로 구분하여 평균을 구하고, 여기서 도출된 점수를 프로젝트별로 2차원 평면상에 Plotting하면 <그림 1>의 A, B, C, D영역으로 구분된다.



<그림 1> 자원성과 포트폴리오

#### 4.5. 「우선순위 결정모형」

상호영향성이 존재하는 DMU들, 즉 상호종속형 프로젝트들의 우선순위를 결정하기 위한 경우에는 「CIA분석」에서 도출된 성공확률값을 평가항목점수 값에 승산방식으로 결합함으로써 보정된 점수를 「CIDEAR모형」에 투입·산출치로 적용한다. 그 전개과정을 나타내면 다음과 같다.

(1) 「DTA」의 체계적인 절차에 따라 도출된 각 평가항목별 중요도 순위를 「AHP」수법을 적용하여 도출한다. 이 수치는 추후 「CCR-AR모형」의 적용시 제약식에 포함되는 가중치의 제약범위로 활용된다.

(2) 각 프로젝트간 실현확률 추정모형에서 산정된

초기 및 조건부 실현확률을 1000회의 시뮬레이션 과정으로 통해 성공확률 값과 DTA에서 도출된 평가항 목적수에 승산방식으로 결합한다.

(3) (2)에서 도출한 투입·산출치를 「CCR-AR모형」에 적용한다.

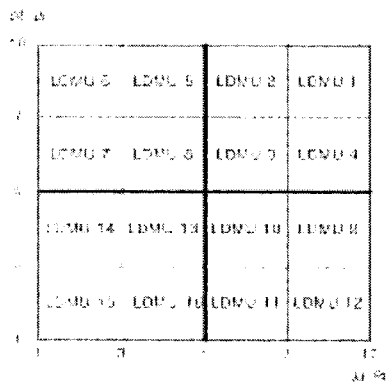
(4) 상대적인 비효율률 통해 가중치의 효율성 값을 도출하게 되는 「CCR-AR모형」은 「Primal분석」과 「Dual분석」의 두 부분으로 전개되는데, 먼저 「Primal분석」에서는 투입·산출 지표에 대한 총합 효율성을 도출하는 분석이고, 「Dual분석」에서는 「Primal분석」에서 도출된 총합효율치가 구체적으로 어떤DMU를 기준으로 효율치가 낮게 또는 높게 되는지에 대해 '참조집합(Reference Set)'의 형태로 정보를 제공한다.

(5) 「CCR-AR모형」에 적용하는 단계에서 필요한 제약식의 범위는 (1)에서 수행한 결과 값을 사용함으로써 '범위(Assurance Region)'를 선행계획법의 제약식으로 적용한다.

(6) 이상과 같은 (1)~(5)의 과정을 통해서 각 프로젝트에 대한 상호영향 총합 효율성값을 도출하여 우선순위를 결정하게 된다.

#### 4.6. 「효율형태 분석모형」

「효율형태 분석모형」은 「자원성과 분석모형」에서 분류된 4개의 영역을 4개의 'LDMU ()'로 규정하고, 영역간 비효율성의 원인이 기술효율성의 문제인지, 아니면 규모효율성의 문제인지를 규명해주는 단계로 「DEA모형」중 「BCC모형」을 적용하여 도출하게 되며, 도시화 하면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 효율형태 분석

「효율형태 분석모형」을 행함으로써 프로젝트군이 비효율적으로 도출되었을 때 그 원인을 파악할 수 있는 정보를 제공받게 되므로 추후 프로젝트군의 관리방향을 기술효율성에 맞출 것인지, 규모의 효율

성에 초점을 두어 개선할 것인지를 파악할 수 있게 된다.

## 5. 결 론

상호독립적인 프로젝트뿐만 아니라 상호영향이 존재하는 프로젝트간의 평가를 할 수 있도록 설계된 본 연구의 결과로 미래의 가치가 높은 R&D프로젝트 선정이 가능해짐으로 R&D프로젝트가 기업전략수행의 굳건한 토대로서 신뢰도가 제고되어질 수 있게 되었다. 또한, 프로젝트의 비효율 원인에 대한 내부상태를 파악할 수 있게 됨으로써 기존의 평가방법으로 수행할 수 없는 프로젝트 관리수준을 획기적으로 높일 수 있는 평가모형의 틀이 마련되었고, 기존의 OR론적 방법론에서 간과하고 있는 세분화(Factorizing)의 문제를 해결함으로써 더욱 더 유용한 프로젝트 선정평가모형의 체계가 구축되었다.

## 참고문헌

1. Charnes, A. et al., "Measuring the efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, Vol.2, No.6, 1978, pp 429-444.
2. Banker, R. D. et al., "Some Modes for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, Vol.30, No.9, 1984, pp.1078-1092.
3. Akihiro Hashimoto, "A Ranked Voting System Using a DEA/AR Exclusion Model: A note", *European Journal of Operational Research*, Vol.97, No.3, 1997, pp.600-604.
4. Jen Shang, Toshiyuki Sueyoshi "A unified framework for the selection of a Flexible Manufacturing System" *European Journal of Operational Research* 85 (1995)297-315
5. Thompson, R.G., Singleton, F.D., Thrall, R.M., Smith, B.A., "Comparative Site Evaluations for locating a High-Energy Physics Lab in Texas", *Interfaces* v.16 (1986), 35-49