

상호영향형 R&D과제군의 평가선정을 위한 새로운 「CIDEAR」 모형의 적용

The Application of a New 「CIDEAR」 Model for Selecting and Evaluating Cross Impact R&D Projects

박준호*, 권철신**, 홍석기***

*성균관대학교 과학기술연구소

**성균관대학교 시스템경영공학과

***LG전자 시스템 IC 사업담당 기획그룹

Abstract

The 「CIDEAR」 model proceeds the following six steps ; 「Decision Theory & Evaluation Model」, 「AR Decision & Evaluation Model」, 「Resource & Performance Analysis Model」, 「Cross Impact Assumption Model」, 「Priority Oder Decision Model」, and 「Efficiency Cause Analysis Model」.

In this study, twenty-one R&D projects of a leading company in electronic industry are selected to examine the usefulness of the constructed 「CIDEAR」 model. Simulation method, Excel, Lindo(Linear Interactive and Discrete Optimizer) and Team EC are used in this case study.

1. 서 론

첨단기술 경쟁시대의 도래로 기술환경이 급속하게 변화됨에 따라 R&D과제를 토대로 전략을 수행해야 하는 전략선도형 R&D활동은 더욱 복잡하게 전개되고 있으며, 높은 불확실성으로 인하여 "어떤 기술과제를 전략적으로 추구해야 할 것인가?"에 대한 문제가 매우 중요시되고 있다. 더욱이 기술의 복잡화·융합화로 기술간의 상호영향을 미치는 현상이 증대되고 있기 때문에 R&D프로젝트의 선정문제는 더욱 난제가 되어가고 있다.

그럼에도 불구하고 기업현장에서 실제 수행하고 있는 프로젝트 선정평가는 대다수가 결정론적 평가의 한 수법인 「평점법(Scoring Method)」만을 활용하여 문제접근을 시도하고 있는 실정이며, 「평점법」에 속하지 않는 기존의 연구들도 '상호영향'을 고려하지 않은 채, 모든 과제들을 상호독립적인 성격을 갖는 것으로 전제하고 극히 평면적으로 측정하는 한계와 오류를 나타내고 있다.

이러한 상황에서 본 연구는 기존 R&D과제의 선정방법이 갖는 한계를 극복하기 위하여 '상호영향성(Cross Impact)'을 고려하여 R&D과제군을 평가하고, 이를 통하여 도출된 '효율순위(Efficiency Order)'를 이용하여 최적의 프로젝트들을 선정하기 위하여 개발한 「CIDEAR」 모형[권철신 등(2003)]을 국내의 대표적인 기업연구소를 대상으로 사례분석을 행함으로써 모형의 유용성을 검증해 보이고자 하는 것이다.

2. 「CIDEAR」 모형

본 연구에서 제시되는 「CIDEAR」 모형은 「결정이론 평가모형」, 「상호영향 추정모형」, 「AR범위 결정모형」, 「자원성과 평가모형」, 「우선순위 결정모형」, 「효율형태 분석모형」의 6가지 단계적 체계모형의 설계에 의하여 구축된다. 본 모형은 방법론적으로 볼 때, 「결정론적 평가수법」과 「OR론적 평가수법」 그리고 확률기법이 혼합된 형태로서, 상호독립인 경우는 물론 상호종속인 경우에도 '상호영향성'을 반영하여 측정할 수 있는 프로젝트 선정평가 수법모형이다. 여기서 설계된 각 세부모형의 내용을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 「결정이론 평가모형」은 프로젝트들을 평가하기에 앞서 대상들의 속성을 제대로 반영한 평가를 할 수 있도록 하기 위한 사전준비단계라고 할 수 있다. 이는 유의한 모든 평가항목을 설정하는 「평가항목 설정단계」, 몇 가지 요소의 공통된 특성을 나타내는 「평가항목 평가단계」, 평가된 항목에 따른 「과제항목 선정단계」로 구분된다. 이러한 단계를 갖춘 모형을 구축함으로써 프로젝트 선정평가와 관련한 기존의 연구에서 소홀히 다루고 있는 논리적 체계의 확립이 가능하게 된다.

(2) 「AR범위 결정모형」은 설정된 평가항목을 「평점법」으로 평가하기에 앞서 항목간 우선순위를 추정하기 위한 모형이다. 이를 위해, 본 연구에서는 항목간 쌍대비교를 행하고, 가중치의 합을 총합화하여 우선순위를 도출할 수 있도록 「AHP수법」을 활용하여 설계한다[Akihiro(1997), Thompson et al.(1986)].

(3) 「상호영향 추정모형」에서는 각 'Decision Making Unit(DMU)'간의 평가, 즉 프로젝트들의 최종 성공확률을 추정하는 단계로서 '상호영향성'이 있는 경우에 한해서 수행되는 모형이다. 먼저 프로젝트들의 「초기실현확률」을 추정하고, 상호연관성이 있는 프로젝트간에는 비교대상의 프로젝트가 기술적으로 실현되었다고 가정했을 때 실현될 확률을 구하는 과정을 되풀이한다. 이렇게 「시뮬레이션수법」이 전개됨으로써 최종 성공확률을 도출하게 된다. 이 결과는 추후 「결정이론 평가모형」에서 추정된 값을 보정하는데 사용된다.

(4) 「자원성과 평가모형」은 「평점법」을 통해 평가된 프로젝트점수를 자원과 성과로 재구분하여 플로팅함으로써 크게 4개의 영역별로 프로젝트를 그 유사성에 따라 분류하고자 설계된 모형이다. 여기서 분류된 영역별로 「CIDEAR」모형을 적용하여 '효율 순위'를 결정하게 된다. 이 모형은 평가하려고 하는 프로젝트가 다수일 경우에 더욱 필요한 모형으로 다수의 프로젝트를 분류했을 때, 한 영역안에 존재하는 프로젝트의 수가 투입 및 산출지표의 총합보다 두 배 이상이 되었을 경우에 그 유용성이 크다.

(5) 「우선순위 결정모형」은 「CIDEAR」모형을 적용하여 프로젝트들의 종합효율성을 도출하는 단계이다. 평면적인 평가결과만을 제공하는 기존의 결정론적 평가수법과는 달리, 상대적으로 비교되는 'DMU'들 중 비효율적인 수치가 나오게 된 원인을 제공해줄 수 있는 '참조집합(Reference Set)'의 도출로 프로젝트의 내부상태를 파악하게 해주는 모형으로 설계하였다[Charnes et al.(1978)].

(6) 「효율형태 분석모형」은 「자원성과 평가모형」에서 분류된 4개의 영역을 다시 'DMU'로 규정하고, 영역간 비효율성의 원인이 기술효율성에 기인하는지, 아니면 규모효율성에 기인하는지를 규명해주는 단계로 「DEA모형」중 「BCC모형」을 적용하여 도출하도록 설계된 모형이다[Banker et al.(1984)].

이들 모형의 부분체계(Subsystem)들의 관계를 정리하면 다음과 같다.

「결정이론 평가모형」에서 투입 및 산출지표를 결정하여 전문가로 하여금 각 프로젝트에 대해 평가하고, 평가된 지표들의 산출평균값은 추후에 「상호영향 추정모형」에서 도출된 성공확률값과 승산방식으로 재보정되어 「자원성과 평가모형」에서 분류되고, 영역별로 플로팅된 프로젝트군 내부에서 「우선순위 결정모형」의 투입 및 산출 데이터로 쓰이게 된다. 한편, 전문가로 하여금 평가하기 이전에 「AR 범위 결정모형」에서는 항목간의 우선순위를 「AHP수법」을 활용하여 분석하고, 이 가중치는 추후 'Assurance Region'의 범위를 지정하는 'Lower Bound'와 'Upper Bound'로 쓰이게 되어 「CIDEAR」모형의 제약식에 추가된다.

이러한 단계를 거쳐 최종적으로 영역별 종합효율성을 도출하고, 프로젝트의 순위를 결정한 후, 「효율형태 분석모형」에서는 프로젝트군의 비효율성의 원인이 기술의 비효율성 문제인지, 아니면 규모의 비효율성의 문제인지가 규명됨으로써 차후의 프로젝트 수행시 그 관리방안까지 미리 제시해 주는 효과를 갖게 된다.

3. 「CIDEAR」모형의 적용

전 장의 수법모형들을 적용하기 위한 구체적인 방법은 다음과 같다. 「AHP수법」은 「Team-EC(Team-Expert Choice)」프로그램을 활용하고, 「CIA분석」은 「C++언어」로 자체 프로그램을 개발하였다. 「DEA 분석」은 PC용 LP Package인 「LINDO」를 활용하였으며, 이 때 모형에서 제시된 non-Archimedean 상수 ϵ 의 값은 10^{-6} 을 사용하였다.

3-1. 결정이론 평가모형

본 연구에서 「CIDEAR」모형의 적용을 위해

대표적인 국내 LCD 기업의 연구소를 대상으로 프로젝트를 수집하였다. 전체 프로젝트는 21개의 기술로 구성되는 상호연관성을 갖는 기술군이다. 평가항목의 설정은 「규범적 접근방식(Normative Approach)」과 「탐색적 접근방식(Exploratory Approach)」을 병행하였으며, 그 특성을 기술적 측면과 경제적 측면으로 2분하고 투입산출별 설정원리를 적용하였다. 투입지표(v1~v4) 및 산출지표(u1~u4)의 내용은 <표 1>과 같고, 각 프로젝트에 대한 종합평점은 <표 2>와 같다.

<표 1> 평가항목과 변수

변수	항목	세부 평가항목
v1	1-1	기술가능성
v2	1-2	기술우월성
v3	1-3	투입인력
v4	1-4	투입비용
u1	2-1	기술과파성
u2	2-2	기술축적성
u3	2-3	사업수익성
u4	2-4	사업공헌도

<표 2> 평가자 종합평점

번호	기술 프로젝트	평가자 종합평점							
		투입(조건항목)				산출(효과항목)			
		1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4
1	고집적기술	7.2	5.2	7	10	1	3	3	5.1
2	저밀도Class기술	5.4	3.8	4	4	8	8.2	9.4	3.2
3	Glass 식각기술	3.8	1	2.2	2	7.5	8	8	5.1
4	기구 경량화기술	3.6	4.6	4.6	3.8	9	9	10	7.4
5	고개구울기술	7.2	10	10	10	8	9	8.4	7.4
6	저전력 구동 회로기술	2.2	3.4	5.9	4.5	7.4	6.4	7.3	6.3
7	반사형기술	9.8	7.5	7	7	3.6	3.8	3.3	7.4
8	고해도기술	7.6	7.6	7.4	7	8.9	8.2	8.7	6.4
9	고집관 B/L기술	5	7.6	5.6	10	7.4	8	9.4	5.2
10	고개구울기술	9.6	7.4	9.6	5.3	9	9.2	6.4	7
11	신액정 Mode 기술	3.6	3	2	1	5.8	7.4	8	5.4
12	보상필름기술	9.2	8.3	9.1	8.4	8.4	8.2	8	6
13	다중배향기술	4	3.5	3.5	3	7.4	7.2	7.4	6.2
14	고색순도 C/F 기술	2.8	2.8	1	2	8	7.3	7	4.3
15	LED B/L기술	9	9.2	8.4	6.4	7.3	7	8.3	5.1
16	신액정기술	8.7	7.6	7.2	6	6.8	6	7.1	7.2
17	Over Driving 기술	2	1	1.8	1.8	8	6	5.4	7
18	Impulse B/L Control 기술	7.4	8	9.7	9	7	7.4	7.6	8
19	부가가치 향상기술	8.2	7.3	5	6.2	4	3.6	2.4	7.4
20	공정단순화기술	6.8	8.2	8	8.8	8.6	8.2	9.4	5.3
21	부품수 저감기술	3.2	4.5	2	2	5.7	5.7	10	8.1

3-2. AR범위 결정모형

이 모형에서는 「DEA-AR모형」을 활용하기 위한 사전단계의 분석으로 'Assurance Region'의 범위를 결정하는 단계이다. <표 3>은 평가항목간의 우선순위로써 2명의 평가자로부터 도출되었으며, 세부적인 'Upper bound'와 'Lower bound'는 <표 4>, <표 5>와 같다.

<표 3> 평가항목간 우선순위값

구분	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4
E1	0.28	0.09	0.03	0.12	0.03	0.09	0.16	0.03
E2	0.32	0.12	0.04	0.07	0.03	0.07	0.09	0.04
평균	0.301	0.107	0.034	0.095	0.031	0.082	0.125	0.033

<표 4> 투입 가중치에 대한 AR

Ration	Lower bound	Upper bound
v2/v1	0.32	0.38
v3/v1	0.11	0.13
v4/v1	0.22	.43
v3/v2	0.33	0.33
v4/v2	0.58	1.33
v4/v3	1.75	4

<표 5> 산출 가중치에 대한 AR

Ration	Lower bound	Upper bound
u2/u1	2.33	3
u3/u1	3	5.33
u4/u1	1	1.33
u3/u2	1.29	1.78
u4/u2	0.33	0.57
u4/u3	0.19	0.44

3-3. 상호영향 추정모형

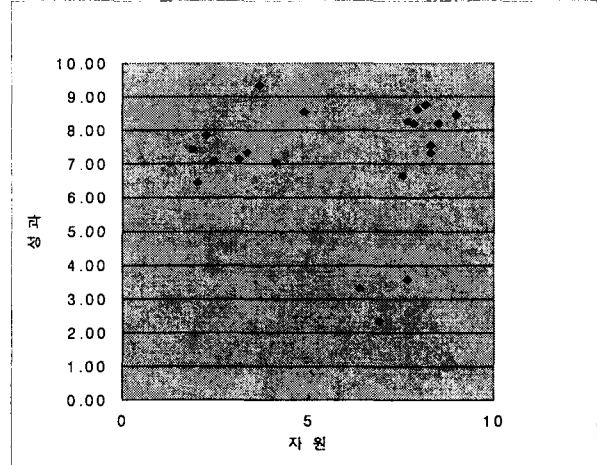
<표 6>에서 도출된 성공확률 값은 <표 2>의 평가항목 종합점수에 「평점법」의 「승산방식」으로 보정하게 됨으로써, 추후의 「DEA-AR모형」 적용시 '상호영향성'을 고려할 수 있도록 한다.

<표 6> DMU별 최종 성공확률

DMU	최종성공확률	DMU	최종성공확률
1	0.808	12	0.814
2	0.907	13	0.851
3	0.804	14	0.743
4	0.824	15	0.769
5	0.788	16	0.742
6	0.796	17	0.77
7	0.806	18	0.758
8	0.789	19	0.448
9	0.709	20	0.429
10	0.809	21	0.357
11	0.785		

3-4. 자원성과 평가모형

각 프로젝트별로 획득한 평가항목의 점수를 '자원측면'과 '성과측면'으로 2분하여 평균을 구하고, 도출된 점수를 프로젝트별로 2차원 평면상에 플로팅하면 <그림 1>과 같이 나타난다.



<그림 1> 자원/성과 플로팅 결과

위 셀(Cell)의 가장 오른쪽 윗부분을 차지하고 있는 A영역에 해당하는 '선택적 육성과제군'은 성과는 높은 것으로 기대되는 프로젝트군이나, 그 불확실성 또는 위험도는 매우 높은 영역이다.

셀의 가장 왼쪽 윗부분에 자리잡고 있는 B영역의 '주요 추진과제군'은 현재 중점적으로 추진하기에 알맞은 프로젝트군으로서 위험도는 낮고 성과는 높은 프로젝트군이다. A영역과 B영역에 해당하는 'DMU'에 대해서 정리하면 <표 7>과 같다.

<표 7> 영역별 과제군

구분	주요 추진과제군	선택적 육성과제군
프로젝트 (DMU)	DMU ₂ , DMU ₃ , DMU ₄ , DMU ₆ , DMU ₁₁ , DMU ₁₃ , DMU ₁₄ , DMU ₁₇ , DMU ₂₁	DMU ₅ , DMU ₈ , DMU ₉ , DMU ₁₀ , DMU ₁₂ , DMU ₁₅ , DMU ₁₆ , DMU ₁₈ , DMU ₂₀

3-5. 우선순위 결정모형

본 절에서는 '과제군내 평가'에 해당하는 영역별 우선순위를 결정하는 분석단계로 '주요 추진과제군'과 '선택적 육성과제군'내에서 우선순위를 결정하게 되는데, 그 결과는 <표 8~9>와 같다.

<표 8> 「CIDEAR」 분석결과 (선택적 육성과제군)

DMU	총효율성	합성 순위	투입 가중치				산출 가중치			
			v_1	v_2	v_3	v_4	u_1	u_2	u_3	u_4
5	0.866	6	0.463	0.093	0.047	0.199	0.073	0.257	0.352	0.062
8	0.963	3	0.464	0.106	0.046	0.199	0.072	0.251	0.344	0.060
9	1.000	1	0.481	0.099	0.072	0.207	0.079	0.214	0.381	0.067
10	0.899	5	0.465	0.106	0.047	0.200	0.072	0.251	0.345	0.060
12	0.825	8	0.420	0.084	0.042	0.181	0.064	0.224	0.308	0.054
15	0.833	7	0.445	0.089	0.044	0.191	0.069	0.230	0.329	0.058
16	0.795	9	0.414	0.083	0.041	0.178	0.064	0.213	0.306	0.054
18	0.912	4	0.491	0.098	0.049	0.211	0.076	0.253	0.363	0.063
20	1.000	1	0.429	0.429	0.063	0.184	0.067	0.234	0.344	0.056

<표 9> 「CIDEAR」 분석결과 (주요 추진과제군)

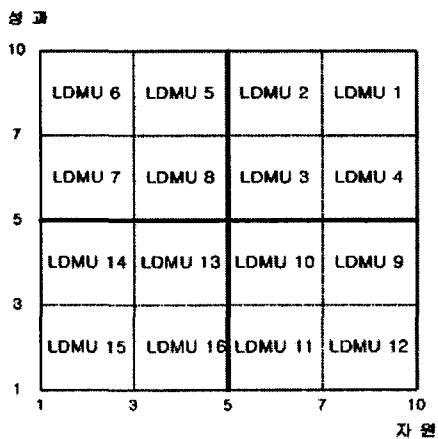
DMU	총효율성	합성 순위	투입 가중치				산출 가중치			
			v_1	v_2	v_3	v_4	u_1	u_2	u_3	u_4
2	0.447	9	0.488	0.146	0.073	0.209	0.027	0.095	0.131	0.019
3	0.835	4	0.801	0.240	0.080	0.345	0.044	0.155	0.213	0.031
4	0.813	5	0.921	0.184	0.092	0.276	0.043	0.152	0.223	0.036
6	0.627	7	0.857	0.257	0.086	0.257	0.044	0.155	0.213	0.031
11	0.801	6	0.739	0.222	0.074	0.318	0.041	0.144	0.197	0.029
13	0.605	8	0.709	0.213	0.071	0.305	0.039	0.137	0.188	0.031
14	1.000	1	0.945	0.284	0.142	0.406	0.055	0.172	0.262	0.038
17	0.890	3	0.925	0.278	0.139	0.398	0.049	0.170	0.233	0.041
21	1.000	1	0.876	0.263	0.131	0.377	0.048	0.128	0.228	0.040

3-6. 효율형태 분석모형

본 연구에서 수행하는 「효율형태 평가분석」은 'DMU'수가 21개로 적기 때문에 4개의 영역중 2개의 영역에 해당하는 '주요 추진과제군'영역과 '선택적 육성과제군'영역으로 한정하여 평가하였으며, 이에 따른 분석결과는 <그림 2>와 <표 10>과 같다.

<표 10> 효율형태 평가분석

구분	총합 효율성	기술 효율성	규모 효율성	비효율 원인
Large 'DMU' A	0.474	0.474	1	기술
Large 'DMU' B	1	1	1	-



<그림 2> 효율형태 분석도

4. 결론

본 연구는 R&D프로젝트군이 갖는 가장 중요한 특성인 '상호영향성'을 고려하여 R&D과제군을 평가하고, 도출된 '효율순위'를 이용하여 최적의 프로젝트들을 선정하기 위한 「CIDEAR」 모형을 개발했는데, 이 모형을 실제로 국내기업에서 수행하고 있는 R&D 프로젝트들을 대상으로 적용함으로써 본 모형에 대한 유효성을 입증하였다.

따라서, 기업현장에서 실시되고 있는 R&D프로젝트를 본 연구의 분석모형에 적용하여 평가선정하는 과정을 제시함으로써 금후 우리 기업에서 R&D활동에 종사하는 연구자 및 관리자들이 쉽게 활용할 수 있는 유용한 수단을 마련하였다는 점에서 그 의의가 크다 하겠다.

<참고문헌>

1. 권철신, 박준호, 홍석기, "상호영향형 R&D과제군의 평가선정을 위한 새로운 「DEA」 모형의 개발", 대한산업공학회/한국경영과학회, IE/MS 춘계 공동학술대회 발표논문집('03), 2003. 5.
2. Charnes, A. et al., "Measuring the efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, Vol.2, No.6, 1978, pp 429-444.
3. 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.
4. 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.
5. Green, R.H. et al., "Preference Voting and Project Ranking Using DEA and Cross-evaluation", *European Journal of Operational Research*, Vol.90, No.3, 1996, pp.461-472
6. Jen Shang, Toshiyuki Sueyoshi, "A unified framework for the selection of a Flexible Manufacturing System", *European Journal of Operational Research* 85, 1995, pp.297-315
7. Thompson, R.G., Singleton, F.D., Thrall, R.M., Smith, B.A., "Comparative Site Evaluationsfor locating a High-Energy Physics Lab in Texas", *Interfaces* v.16, 1986, pp.35-49
8. Tompson, R.G. et al., "DEA/ASSURANCE Region SBDC Efficiency and Unique Projections", *Operations Research*, Vol.44, No.4, 1996, pp533-542
9. Zhang, X.S. and Cui, J.C., "A Project Evaluation System in the State Economic Information System of China: An Operations Research Practice in Public Sectors", *International Transactions in Operational Research*, Vol.6, 1999, pp-441-452
10. Zhu, J., "Multi-factor Performance Measure Model with an Application to Fortune 500 Companies", *European Journal of Operational Research*, Vol.123, No.1, 2000, pp.105-124