

韓國科學院

産業工學科 李 軫 周

研究課題의 選定을 爲한

2단계

點數制 模型

모형을 중심으로 논의하기로 한다.

1. 序 論

研究開發에 대한 중요성의 인식은 연구개발 그 자체에 대한 것이라기 보다는 연구개발의 결과가 技術革新으로 연결되어 經濟發展이나 사회발전에 기여한다는 데에서 이뤄진다고 하겠다. 최근의 “研究의 研究”(Research on Research: R²)의 결과로 연구개발의 결과가 기술혁신으로 이어지는 성공율이 그다지 크지 않다는 사실이 실증적으로 밝혀지고 있다. 통계적인 平均值에 의하면 研究開發의 아이디어가 技術的인 成功으로 이어지는 비율은 60%안팎이며 최종적인 商業化와 實用化가 이룩되는 것은 불과 10%이내로 알려져 있다. 이같은 사실은 다른 조사(Dean, 1968)에서도 입증되고 있는 바 그에 의하면 企業에서 수행되는 研究開發課題의 45%만이 직접 또는 간접으로 會社의 收益에 기여하고 있다는 것이다.

따라서 研究開發에 대한 투자의 효율을 기하기 위해서는 연구개발이나 技術革新의 過程에 대해 좀더 깊이 이해하고 分析하여 대처해야 할 것이다. 그러한 문제의 하나가 研究課題의 적절한 평가와 선정이다. 극단적으로 표현해서 研究開發에 대한 어떠한 노력도 적절한 연구과제의 선정보다 더 중요할 수는 없다고 할 수 있다. 研究아이디어를 가능한 한 많이 모아서 이 중에서 가장 期待되는 것을 選別하는 것이 緊要한 研究管理의 중심과제 중의 하나이다. 이를 위해 研究課題의 評價 및 選定基準이나 模型에 대한 연구와 검토가 필요한 바 여기서는 點數制 선정

2. 研究課題의 選定模型

研究課題의 선정모형에 대한 연구는 비교적 많이 이루어져 왔고 상세한 종합적 檢討를 실시한 論文도 많다. (Baker & Pound, 1964; Cetrion et al., 1967; Augood, 1973; Clarke, 1974). 이러한 文獻檢討를 통해 들어난 사실은 Rubenstein (1957)이 오래전에 지적한 바와 같이 수없이 많이 개발된 선정모형중에서 극히 制限된 數의 模型만이 실제에 응용되고 있다는 것이다. 대부분의 연구과제 선정모형이 活用되지 못하는 근본이유는 첫째, 대부분의 모형이 會社內에서 즉시 마련할 수 없는 計量的 入力資料를 과도하게 요구하고 있고, 둘째, 선정모형의 대부분이 研究管理者들이 일상적으로 쓰기에는 지나치게 복잡하고 이론적이며 精巧하다는 점이다.

연구과제의 적절한 평가와 선정을 위해서 研究段階에 대한 어느 정도의 理解가 필요하다. 한마디로 研究開發이라고 하지만 그 內容은 기초연구에서부터 商業的 實用化에 이르기까지 여러 단계를 거쳐 단계별로 그 특성이 다르다. <表 1>에서 보이는 바와 같이 단계별로 주요 장비와 危險性에서 큰 차이가 난다. 또한 각 단계별 入力資料의 특성도 달라지게 되는 바 探索的 연구의 제 1 단계에서는 계량적이기보다는 주로 質的인 入力자료가 사용되고 응용연구의 2 단계에서는 대부분 質的인 入力자료 개발연구의 3 단계에서는 計量的 入力자료가 상당히 사용되며 마지막 企業化내지 實用化단계에서는 거의 계량

<表 1> 研究開發의 단계별 특성

단 계	주요사용장비	不確實性 및 危險의 정도		
		技術的 위험성	商業的 위험성	投資規模 위험성
1단계 探索的 연구	대부분 文獻的 연구	아 주 크 다	아 주 크 다	아 주 크 다
2단계 應用 연구	실험실 규모	크 다	크 다	아 주 크 다
3단계 開發 연구	파일로트 공장	중 간	중 간	중 간
4단계 企業化	상업적 장비	적 다	적 다	적 다

(자료원 : Albala, 1975)

적 자료에 의해 프로젝트의 평가가 이뤄진다 (Albala, 1975)

따라서 이러한 연구단계별로 사용되는 選定 모델이나 평가기준도 변화가 있게 된다. 즉 1단계 탐색적연구의 평가를 위해서는 對照表模型(checklist model)이, 2단계 응용연구과제의 평가선정에는 點數制模型(scoring model)이, 3단계 개발 연구과제의 평가에는 經濟的 指標(economic indices)나 확률적 모형 등 計量的 모형이, 마지막으로 제 4 단계인 商業化과정에서는 經濟性評價(economic evaluation)에 의해 프로젝트의 평가가 이루어진다.

앞서 지적한대로 연구과제 선정 평가에는 여러 모델이 개발되어 있지만 실제로 활용되고 있는 것은 적용이 쉬운 몇가지 뿐이다. 특히 研究所와 같이 기초연구, 응용연구를 중심으로 활동하고 있는 조직에서는 點數制 模型등의 單純模型이 자주 쓰이게 된다. 點數制 模型이란 어떠한 研究課題나 프로젝트를 事前에 결정한 評價基準의 항목별로 點數를 매겨 그 合算된 총점에 의해 프로젝트의 優先順位를 결정함으로써 研究課題의 選定을 期하는 것이다.

點數制 模型의 가장 큰 強點은 이 모형이 고려하고 있는 評價基準에서 주관적인 기준이 포함될 수 있다는 점이다. 다른 면에서 이 모형은 사용이 간편하고 요구되는 입력자료의 量이 많지 않다는 利點이 있다. 마지막으로 이 點數制 模型은 프로젝트 選定の 의사결정에 있어서 단기간에 많은 數의 과제에 대한 신속한 정보제공을 가능하게 해줌으로써 가능성있는 연구프로젝트의 代案數를 크게 줄여 줄 수 있다는 長點이

있다. 반면 點數制模型은 다른 종류의 精巧한 모형에 비해 精確성을 缺如하고 있고, 이 模型의 실제적용이 恣意的인 면이 강하고, 평가기준의 선택이나 加重值의 결정에서 어려운 점이 많다는 점이다. 예를 들어 평가기준의 要素가 무수히 많고 이들 要因의 直交的 獨立性(orthogonality)을 判별하기가 힘들고 일단 모형의 기준으로 선택된 후에도 실제적이고 精確한 加重值의 결정이 매우 어려운 것이다. 이 論文에서는 무수히 많은 評價基準으로서의 要因선택에서 단계 작업을 통해 간추려 생각할 수 있는 방법과 加重值의 결정에 대한 분석 방법을 여러각도로 고려하여 몇가지 구체적 模型을 제시하기로 한다.

3. 2단계 點數制 模型의 개발

연구과제의 평가선정을 위한 點數制 模型(scoring model)은 어떤 특정프로젝트의 평가를 事前에 주어진 要素를 기준으로 하여 點數를 매긴 다음 總특점의 多寡에 따라 프로젝트의 價値를 결정하는 것이다. 앞에서 언급한 바와 같이 점수제 모형의 실제적용에 있어서 평가기준의 선별과 선별된 기준들의 加重值의 결정이 문제가 된다. 특히 평가 기준은 몇십내지 몇백개가 파악되어 있어서 이들을 어떻게 처리하느냐가 難題이다. 대부분의 지금까지의 연구에서는 이들 要素를 대등하게 취급하여 비슷한 내용의 要因이 반복적으로 포함됨으로써 실제 이상의 比重을 나타내기도 하였다. 따라서 이 연구에서는 많은 평가요소를 일단 상관계수가 적은 몇개의 大要因(super-factor)로 묶어 加重值를 줌으로

제5차 ISKSE발표문

써 비슷한 내용의 要因이 필요이상으로 比重을 지니지 못하도록 하였다. 다음에 大要素안에 小要因(subfactor)을 고려하여 평가자들이 실제적으로 평가점수를 줄 수 있는 實用的 의미를 가진 要因들을 구체적 평가기준으로 삼았다.

이 연구는 韓國科學技術研究所의 電子部門을 대상으로 하였으며 구체적인 研究의 절차는 <表 2>에 보인 바와 같다. 연구프로젝트의 평가점수를 얻기 위한 業務흐름은 <그림 1>에 나타난 바와 같다. 또한 點數制模型의 개발을 위한 本研究에서 KIST전문가들의 의견에 의한 評價要因과 각 要因들의 加重値는 <表 3>에 정리되어 있다. <表 3>에 정리된 要因과 加重値는 <表 2>에 소개된 절차를 따라 구해진 것이다. 즉 1단계로 KIST의 경제분석실 전문위원 5명에게 설문서를 통해 大要因과 小要因을 파악한 뒤에 이들 要因들의 구체적인 가중치는 역시 응답자에게 각 要因의 중요도를 序列法과 點數法에 의하여 평가시킨 다음 그 결과를 100點을 기준으로 하여 平準化(normalization)시켰다. 서열법에 의

한 大要因의 가중치는 係數는 <表 4>에 보인 바와 같이 技術的 要因이 가장 중요하여 27, 마케팅 要因이 그 다음으로 21, 生産要因과 經濟性 要因이 각각 20, 마지막으로 國家的 必要性이 12로 나타났다. 點數法에 의한 가중치계수도 序列法에 의한 결과와 비슷하게 나타났으나 <表 5참조>연구자의 주관적 관찰과 분석에 의한 결론으로는 序列法에 의한 결과가 좀 더 신뢰성이 있는 것으로 보였다. 왜냐하면 서열법에서는 中央化경향이나 無誠意한 응답의 가능성이 훨씬 적기 때문이다. 따라서 大要因들의 가중치는 서열법의 결과를 채택하였으며 이때 간편한 처리를 위해 <表 3>에 보인 바와 같이 기술요인 30, 경제요인. 마케팅요인, 생산요인에 각각 20, 그리고 국가적 필요성을 10으로 조정하여 사용하는 것이 가능할 것이며 마찬가지로 방법으로 小要因들어 대한 加重値도 결정되고 조정되어 그 결과가 <表 3>에 수록되어 있다. 그러나 이 연구에서는 조정하지 않은 원래의 결과에 의해 연구를 실시하였다.

<表 2> 2단계 點數制 模型개발의 절차

Step	Purpose	Method
1	Super-factors and Sub-factors Selection	*Questionnaires *Five specialists of the Techno-Economics Group
2	Determination of the importance of the factors	*Questionnaires *Five specialists of the Techno-Economics Group
3	Derivation of Weights	*Questionnaires *Five specialists of the Techno-Economics Group
4	Listing of Ten Projects	*Questionnaire *Five heads of the five Electronics Laboratories
5	Review of Environmental change	*Five Techno-Economists Specialized in Electronics Industry

다음 각 研究課題들의 실제 평가를 위한 2단계 點數型 模型에 대하여 검토하기로 한다. 지금 연구프로젝트의 대상으로 (P_1, P_2, \dots, P_n) 이 있고 이들의 평가점수가 P_1, P_2, \dots, P_n 이라고 하자. 이때 평가점수는 大要因과 小要因의 점수를 어떻게 合算하느냐에 따라 다음과 같은 4가지 模型으로 구해질 수 있다.

模型 (I) $P = \sum_i \sum_j w_{ij} a_{ij}$
(additive-additive)

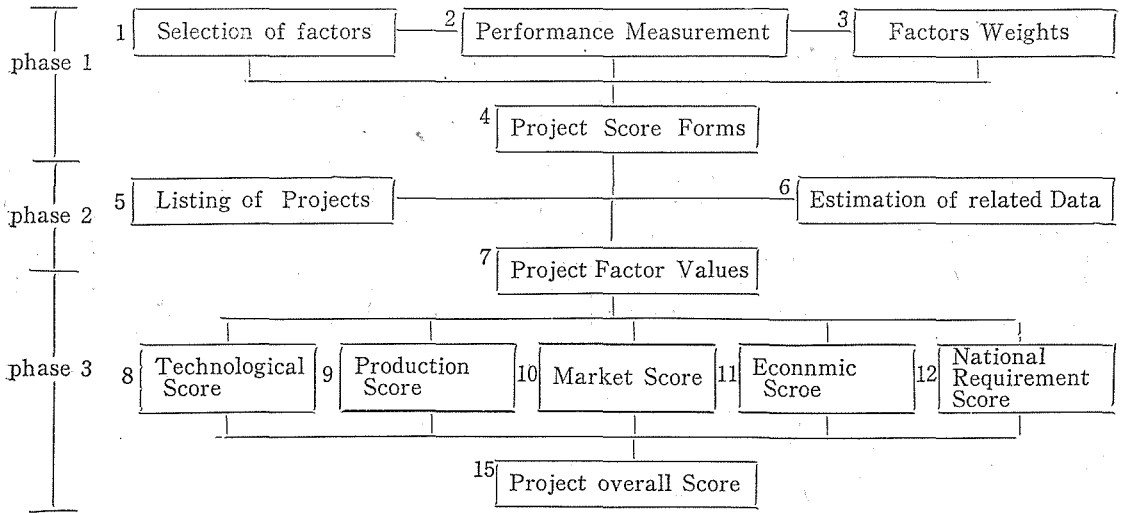
模型 (II) $P = \pi \sum_i \sum_j w_{ij} a_{ij}$
(additive-multiplicative)

模型 (III) $P = \sum_i \pi w_{ij} a_{ij}$
(multiplicative-additive)

模型 (IV) $P = \pi \pi w_{ij} a_{ij}$
(multiplicative-multiplicative)

위에서는 w_{ij} 小 要因 가중치계수이며 w_i 는 大 要因 가중치계수이다 $\sum_i \sum_j w_{ij}$ 는 1 또는 100이며 a_{ij} 는 해당프로젝트의 小 要因기준에 의한 실제 평가점수인 바 여기서는 $0 \leq a_{ij} \leq 1$ 이다.

a_{ij} 값은 研究課題 選定基準의 해당 프로젝트 별평가점수로서 보통 설문서에 의해서 序列



〈그림 2〉 연구프로젝트의 평가를 위한 업무흐름

〈표 3〉 연구과제 선정의 평가요인 및 가중치

Super-factors	Wei-ghts	Sub-factors	Wei-ghts	Super-factors	Wei-ghts	Sub-factors	Wei-ghts
Technological factor	30	Technology Accumulation	8.4	Economic factor	20	Market Penetration	3.6
		Chance of Technical Success	7.8			Market Life	3.0
		Completion Cost	6.9			Market Stability	2.8
		Availability of Staff	4.8			Annual Sales Volume	2.6
		Availability of facilities	2.1			Desired Market Share	2.6
Production factor	20	Product Advantages for consumer's Use	4.2	National Requirement factor	10	Internal Rate of Return	6.2
		Urgency for Production Needs	3.6			Annual Rate of Return on Investment	5.4
		Manufacturing Capabilities	3.6			Payback Period	4.6
		Chance of Commercial Success	3.0			Net Present Worth	2.0
		Capital Investment	2.8			Annual Profitability	1.8
		Availability of Raw Materials	2.8				
Marketing factor	20	Growth Potential	5.4			Possibility of Export and Import Substitution	3.3
						Strategic Needs	2.8
						Reputation and Forcefulness of Originator	1.5
						Patentability	1.5
						KIST Image	0.9

제5차 ISKSE발표문

〈表 4〉 Super-factor weights by "Rank" Weighting Method

Evaluators Super-factors	Rank					converted score					Sum- mated score	Aver- age Score	nom- alized Score
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E			
Technological	1	3	2	3	1	50	30	40	30	50	200	40	27
Production	5	5	1	1	3	10	10	50	50	30	150	30	20
Marketing	3	2	3	2	4	30	40	30	40	20	160	32	21
Economic	4	1	4	4	2	20	50	20	20	40	150	30	20
National	2	4	5	5	5	40	20	10	10	10	90	18	12

〈表 5〉 Super-factor Weights by "Score" Weighting Method

Evaluators Super-factors	Score					Summated score	normalized score
	A	B	C	D	E		
Technological	7	5	5	5	7	29	23
Production	3	4	7	7	5	26	21
Marketing	5	6	5	6	4	26	21
Economic	4	7	4	4	6	25	20
National	5	4	3	3	3	18	15

尺度(ordinal scale)에 의해서 구해진다.

이 연구에서는 KIST의 電子部門 研究책임자 5명에게 실제로 수행된 혹은 수행중인 10개의 研究課題를 대상으로 하여 이들 10개 프로젝트의 서열 즉 우선 순위를 매기도록 하였다. 다음에 이들 평가 응답자들에게 각 프로젝트의 小要因別평가를 실시토록 하여 그 a_{ij} 점수를 序列法에 의한 가중치계수와 點數法에 의한 가중치계수로 곱하여 프로젝트의 평가점수를 4개의 模型에 의해 구한 다음 이들 평가점수에 의한 序列을 찾아냈으며 그 결과가 〈表 6〉에 주어졌다. 이 결과를 이용하여 경험적이고 종합적이며 직관적인 判斷(judgmental)에 의한 10개 프로젝트의 序列과 이들 프로젝트를 2가지 가중치계수를 이용하여 4가지 模型을 통한 평가점수에 의한 序列과를 Kendall의 序列相關係數(rank correlation)에 의해 구해 본 분석결과가 〈表 7〉에 수록되었다. 만약에 해당전문가들이 직관적으로 판단한 프로젝트의 우선순위서열이 좀더 믿을만한 평가라면 이를 기준으로 할 때 序列法에 의한 가중치계수를 이용하여 模型(II)의 加乘法(ad-

ditive-multiplicative; 小要因변수에 의한 $a_{ij}w_i$ 값은 더하고 大要因변수에 의한 $a_{ij}w_j$ 값은 곱해서 프로젝트 평가점수를 얻는 방법에 의해서 프로젝트를 평가선정하는 것이 가장 바람직할 것이다. 즉 〈表 7〉에 나타난 바와같이 직관적판단에 의한 프로젝트서열과 가장 큰 相關係數를 갖고 있는 것이 模型(II)의 서열가중치계수에 의한 서열로서 0.91의 높은 상관관계를 보여주었다. 다음이 點數法에 의한 가중치계수로써 구한 模型(I)의 상관계수로 0.87이며 模型(III)의 서열가중치계수에 의한 서열이 가장 낮은 상관계수인 0.62를 보이고 있다.

한편 각 模型에 의한 序列値를 구하는데 있어서 序列法에 의한 가중치와 點數法에 의한 가중치를 각각 사용하였을 때 서열간에 어떤 相關係數가 있는가는 〈表 8〉에 주어졌다. 즉 加重値를 구하는 데에는 序列法이나 點數法이나 模型(III)의 경우를 제외하고는 큰 차이가 없으며 주어진 여건에 맞추어 선택해야 될 것이다. 마지막으로 2단계 點數制 模型의 4가지 類型간의 상관관계를 〈表 9〉에서 살펴보기로 한다.

〈表 6〉 Summary of the ten projects rank orders by judgmental and by the four scoring models by two weighting methods.

Project No.	models		Model (I)		(II)		(III)		(IV)	
	weightingmethod	judgmental	by rank	by score	rank	score	rank	score	rank	score
			weight	weight						
I		5	2	3	6	6	2	2	6	6
II		3	4	4	3	3	4	4	2	2
III		2	3	2	2	2	5	3	3	3
IV		4	6	5	5	5	3	5	5	5
V		1	1	1	1	1	1	1	1	1
VI		10	10	10	10	10	7	10	10	10
VII		7	7	7	7	7	8	9	7	8
VIII		8	8	9	8	9	9	6	9	9
IX		6	5	6	4	4	6	8	4	4
X		9	9	8	9	8	10	7	8	7

〈表 7〉 Kendall's between the project ranks by judgmental method and weighting methods

Model Scoring weighter judgmental	I		II		III		IV	
	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	2	2	2	5	3	3	3
3	4	4	3	3	4	4	2	2
4	6	5	5	5	3	5	5	5
5	2	3	6	6	2	2	6	6
6	5	6	4	4	6	8	4	4
7	7	7	7	7	8	9	7	8
8	8	9	8	9	9	6	9	9
9	9	8	9	8	10	7	8	7
10	10	10	10	10	7	10	10	10
r	0.71	0.87	0.91	0.84	0.62	0.73	0.80	0.78
α	0.0023	0.00058	0.00015	0.00018	0.0083	0.0011	0.00047	0.00047

α ; level of significance

〈表 9〉의 결과가 보여 주는 바와 같이 어떠한 加重值를 사용하였든 模型(II)와 (IV) 즉 加乘 模型과 乘乘模型이 가장 높은 상관계수를 가지고 있다. 반면에 模型(III) 즉 乘加模型은 어느 模型과도 낮은 상관계수를 보이고 있다. 이로 미루어 模型(II)와 模型(IV)가 다 같이 신뢰성 높

은 것으로 볼 수 있으나 실제로 있어서는 模型 (IV)에 의한 평가결과는 數值上으로 너무 크기 때문 부적합하다. 결론적으로 여러면에서 加乘法 點數制 模型이 실제응용에 가장 고려할만한 것이라고 할 수 있겠다.

제5차 ISKSE발표문

〈表 8〉 Kendall's on "Rank" Weighting and "Score" Weighting

Models	(I)			(II)			(III)			(IV)		
	P	A	B	P	A	B	P	A	B	P	A	B
	V	1	1	V	1	1	V	1	1	V	1	1
	I	2	3	III	2	2	I	2	2	II	2	2
	III	3	2	II	3	3	IV	3	5	III	3	3
	II	4	4	IX	4	4	II	4	4	IX	4	4
	IX	5	6	IV	5	5	III	5	3	IV	5	5
	IV	6	5	I	6	6	IX	6	8	I	6	6
	VII	7	7	VII	7	7	VI	7	1	VII	7	8
	VIII	8	9	VIII	8	9	VII	8	9	X	8	7
	X	9	8	X	9	8	VIII	9	6	VIII	9	9
	VI	10	10	VI	10	10	X	10	7	VI	10	10
γ	0.91			0.96			0.70			0.96		
α	0.000015			0.0000028			0.0083			0.0000028		

α : level of significance

A: projects rank orders by "Rank" weighting

B: Projects rank orders by "Score" weighting

P: projects' No.

〈表 9〉 Kendall's γ on the four Models of Project score formation (1 sheet of 2)

Model	"Rank" Weighting											
	I	II	I	III	I	IV	II	III	II	IV	III	IV
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	6	2	2	2	6	2	5	2	3	2	6
	3	2	3	5	3	3	3	4	3	2	3	5
	4	3	4	4	4	2	4	6	4	4	4	2
	5	4	5	6	5	4	5	3	5	5	5	3
	6	5	6	3	6	5	6	2	6	6	6	4
	7	7	7	8	7	7	7	8	7	7	7	10
	8	8	8	9	8	9	8	9	8	9	8	7
	9	9	9	10	9	8	9	10	9	8	9	9
	10	10	10	7	10	10	10	7	10	10	10	8
γ	0.82		0.69		0.73		0.51		0.91		0.51	
α	0.00018		0.0023		0.0011		0.0023		0.000015		0.0023	

〈表 9〉 Kendall's γ on the four Models of project score formation (2 sheet of 2)

Model	"Score" Weighting											
	I	II	I	III	I	IV	II	III	II	IV	III	IV
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	6
	3	6	3	2	3	6	3	4	3	2	3	3
	4	3	4	4	4	2	4	8	4	4	4	2
	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	6	4	6	8	6	4	6	2	6	6	6	9
	7	7	7	9	7	8	7	9	7	8	7	7
	8	8	8	7	8	7	8	7	8	7	8	4
	9	9	9	6	9	9	9	6	9	9	9	8
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
r	0.82		0.73		0.87		0.60		0.91		0.56	
α	0.00018		0.0011		0.000058		0.0083		0.000015		0.014	

α : level of significance

4. 結 言

지금까지 연구과제 선정평가를 위한 點數別 모델을 2단계에 의해서 응용한 4가지 修正模型을 검토하였다. 개발된 模型의 실제적용가능성을 높이기 위해 운영중인 연구소내에서 選定基準을 파악, 추출하였고 이들의 加重値를 序列法과 點數法에 의하여 결정하였다. 이들 가중치간에는 높은 상관관계를 보이고 있어서 어느 것을 사용해도 무방하나 선정요인이 아주 많은 경우에는 點數法이 그다지 많지 않을 때에는 序列法이 적정한 것으로 분석되었다.

大要因과 小要因의 2단계 분류와 이들 要因들의 평가점수 合算方式에 따라 개발된 4가지 點數制 模型中 小要因은 合算値를, 大要因은 積算値를 이용하는 加乘模型이 직관적 판단에 의한 프로젝트의 평가결과와 가장 가까운 것으로 나타나 직관적 판단을 기준으로 할 때 가장, 적합한 模型으로 간주된다. 실제로 加乘模型은 大要因中 어느 하나라도 일정한 基準(cut-off)이하일 때 總點이 낮게 나오게 되어 있어 落第點模型(Cut-off model)과 유사한 성질을 갖고 있다.

그러나 大要因들의 加重値가 낮은 즉 중요도가 적은 要因이 그다지 중요하지 않음에도 불구하고 그 點數가 낮을 경우 전체 총점에 敏感하게 영향을 끼치는 문제점이 있다. 따라서 大要因의 가중치가 가급적 비슷하도록 조정하든가 아니면 그러한 상황에서만 加乘法을 활용하는 것이 바람직할 것이다. 各模型에 대한 이러한 變化的의 意味는 數學的 解析과 시뮬레이션을 통해 가려질 수 있을 것이며 믿으며 그러한 결과를 이용하여 模型別로 알맞은 상황에 따라 適用하는 것이 효과적일 것이다.

參 考 文 獻

- (1) Albala, A., "Stage Approach for the Evaluation and Selection of R&D Projects" *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol., EM-21, No. 4, Nov. 1974.
- (2) Augood, D.R., "A Review of R&D Evaluation Methods", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol., EM-20, Nov., 1973. —이하 略—