Journal of the KSQC
Vol. 19, No. 2, Dec.1991

1991년 12월 韓國品質管理學會誌 제19권 제2호

새로운 機能評價 方法의 提案
(The Presentation of New Functional Evaluation Method)

金 光 洙*

ABSTRACT

Value Engineering has been recognized by many companies as a powerful and innovative techniques approach for cost down and improvement in function of product and service. Functional evaluation is the most important progress in VE activities. But it is often difficult to evaluate the function of a certain subject because the evaluation of function is very vague. This paper presents a new functional evaluation method using fuzzy theory. The purpose of this proposed method is the improvement in the precision of functional evaluation.

* 忠州工業專門大學 工業經營科

1. 序 論

VE(value engineering)에서 사용되는 分析技法 중에서 가장 중요한 機能評價는 評價者 자신의 主權的 判斷을 基準으로 評價가 이루어지기 때문에 機能評價의 精度(precision)에서 問題가 발생하는 경우가 있다.

本 論文에서는 製品의 機能評價를 보다 客權的으로 실시하기 위해 퍼지이론(fuzzy theory)을 導入하여 機能評價 方法을 開發하고, 이를 中心으로 機能 重要度別로 코스트 配分의 決定基準이 되는 配分値의 폭을 넓히는 方法에 대하여 論하고자 한다. 그 結果 旣存의 여러 評價 方法에 비하여 評價者간의 合意가 이루어지기 쉬울 뿐 아니라 配分値의 上限値와 下限値를 賦與하기 때문에 機能을 보다 客權的으로 評價할 수 있다.

Ⅱ. 機能評價 시스템에 대한 先行研究와 問題点

1. 機能評價방법

VE란 「최저의 라이프 사이클 코스트(life cycle cost)로 필요한 機能을 달성하면서 製品이나 서비스에 대하여 機能적 研究를 하는 組織的인 方法」이라고 할 수 있다[3]. 그리고 機能이 지니는 價値(value)는 機能(function)과 그 機能을 다하기 위해 投入된 코스트(cost)에 의해 V(value)=F(function)/C(cost)라는 식으로 나타내고 있다.

그러나 VE에서는 V=F/C라는 식만으로 機能이 지니는 價値를 評價하는 것이 아니라, 一般的으로 VE實施順序(job plan)에 따라 實施된다[4][5]. VE實施順序는 크게 機能分析(機能定義, 機能定理, 機能評價)과 代替案 作成(아이디어발상, 槪略評價, 具體化 및 詳細評價, 提案)으로 나눌 수 있는데, V=F/C라는 식은 機能評價에서 使用된다[3][11].

本 論文에서는 여러 施設順序 중에서도 機能評價에 대하여 주로 論하기로 한다.

2. 機能評價의 先行研究와 問題點

機能評價에 있어 機能分野(Fi, i=1,2,3,. . .)마다 價値(V=F/C) 및 코스트·다운의 여지(C−F)를 算出하므로서 機能의 着手順位를 決定할 수 있기 때문에 VE施設順序(job plan)에 있어서 重要한 段階라 할 수 있다[8].

따라서 兩者의 產出過程에서 공통되는 C(현재코스트)와 F(목표코스트)는 각 機能別로 정확하게 구할 필요가 있다.

C는 어떤 전체機能을 達城하고 있는 각 機能에 대한 貢獻度에 의해 配分하는 방법과 코스트 테이블(cost table)에 의한 배분 방법등으로 比較的 정확하게 구할 수 있어 특별히 問題시 될 점은 없다.

그러나 F의 값은 대다수의 代替 可能性과 同時에 達城의 不確實性이 어떤 段階에서 推定되는 것이기 때문에 이른바 코스트 발생에 대한 技術的 對策이 不明確하고 그 精度(precision) 또한 낮게 된다고 하는 問題點이 발생한다[18][19].

마일즈(L.D Miles)는 機能評價의 프로세스에 대하여 다음과 같이 말하였다[4].

첫째, 機能群(family of function)을 形成한다.

둘째, 機能을 완전히 理解한다.

셋째, 感覺에 대한 機能을 達城하는 變形된 手段을 創造的으로 決定한다.

넷째, 槪略的인 코스트를 割當한다.

다섯째, 각종의 필요한 機能의 評價値를 合計하여 보다 큰 金額의 評價値를 구한다.

마일즈는 複數機能을 서로 比較함으로서 創造的으로 機能을 評價하는 方法을 開發하고 V=F/C 라는 식을 導出했으나 그 展開를 積極的으로 記述하지는 못했다.

그 후 개발된 評價方法으로 絶對的 評價方法(理論的 價値標準法, 實績價値標準法)과 相對的 評價方法(FD法, DARE法), 經驗法, 아이디어수와 統計値에 의한 方法(VENIS)등이 있다. 이러한 評價方法 중에서도 실제 VE활동을 전개할 때 적절한 評價方法을 選定하기 곤란한 경우에 주로 FD法(forced decision for value)과 DARE법(decision alternative ratio evaluation method)을 가장 많이 使用하고 있다.

本 論文에서는 주로 相對的 評價方法인 比較法을 中心으로 接近하고자 한다.

2.1 FD法

1965년 J.Fasal에 의해 開發된 FD法은 〈표−1〉과 같이 機能을 한쌍씩 택해서 조금이라도 중요한 쪽에 1, 그렇지 못한 쪽에 0을 賦與한다. 이때 機能이 비슷하다고해서 0.5를 賦與해서는 안된다. 또 한쪽의 機能이 매우 중요하다고 해서 몇배나 되는 값을 賦與해서는 안된다. 이를 1:0의 원칙이 라고도 한다[16].

〈표−1〉 FD法에 의한 重要度 計算

機能分野											合計	重要度
F_1	1	0	1	1							4	0.27
F_2	0				0	1	1				3	0.2
F_3		1			1			1	1		5	0.33
F_4			0			0		0		1	2	0.13
F_5				0			0		0	0	1	0.07
합 계											15	1.00

2.2 DARE法

DARE法은 A.J.Klee가 제창한 技法으로 FD法이 判定回數가 많아 評價하기가 번거롭고 또 評價의 1, 0이라는 數의 크기가 아닌 단순한 順序數를 쓰는데 대해서, 機能 상호간의 重要度에 어느 精度의 差異가 있는지 그 比重에 따라 評價하고자 하는 方法이다.

〈표−2〉의 예에서 F_4機能은 F_5機能을 1로 했을때 1.3배나 중요함을 評價하고 F_3機能은 F_4機能을 1로 했을때, 2.5배나 중요성이 있음을 나타낸다. 이하 차례로 機能 相互間의 重要度를 評價하고 重要度 係數를 결정하게 된다[6].

〈표－2〉 DARE법에 의한 重要度 計算

機 能 分 野					r	k	重要度 (w)
F_1 : ～을 ～한다.	2.0				2.0	0.66	0.10
F_2 : ～을 ～한다.	1	0.1			0.1	0.33	0.05
F_3 : ～을 ～한다.		1	2.5		2.5	3.25	0.50
F_5 : ～을 ～한다.			1	1.3	1.3	1.3	0.20
F_6 : ～을 ～한다.				1	1	1	0.15
							1.00

2.3 FD법과 DARE법의 問題點

FD법과 DARE법은 機能의 重要度를 구하는 하나의 方法은 될 수 있지만, 두 機能評價方法에서는 機能의 重要度 결정에 대한 數値의 誤差와 相對的 결정에 대한 不正確性으로 인하여 잘못 評價되거나 또는 評價者의 意圖와는 완전히 다른 評價가 되기 쉽다. 즉, 한쪽 機能에 코스트가 많이 配分되면 다른 機能에는 코스트가 필연적으로 작아질 수 밖에 없는 方法이다[18][19].

이러한 FD法과 DARE法에 의한 重要度를 評價하고자 할 경우 이상과 같은 問題點을 내포하고 있기 때문에 重要度의 精度를 向上시킬 수 있는 方案의 하나로 다음 장에서 퍼지이론을 導入하여 새로운 機能評價 方法을 開發해 보자 한다.

Ⅲ. 퍼지이론

1. 퍼지집합(fuzzy set)

不明確(inaccuracy)하고 模糊함(vagueness)이 內在된 問題를 効果的으로 해결할 수 있는 方法論을 認識하고 Zadeh는 1965년에 "Fuzzy Sets"이라는 論文을 發表하여 模糊함이 內在된 問題를 해결하기 위한 아이디어를 提示하였다[2][13].

X를 點들의 空間(a space of points)이라고 하고, 이때 각 點을 x로 나타내며 x를 X의 元素(element)라 한다. 그러면 點들의 空間 X상에서 퍼지집합 A는 다음과 같이 정의된다[1].

$$A = \{(x, \mu_A(x))\} \qquad \forall x \in X$$

위 式에서 元素 x에 대한 資格函數(membership function) $\mu_A(x)$의 값은 元素 x가 퍼지집합 A에 속하는 程度를 나타낸다. 資格函數 $\mu_A(x)$의 값은 일반적으로 0과 1사이의 實數로 표현된다. 이때 資格函數의 값이 1에 가까워질수록 퍼지집합 A의 元素 x의 資格程度는 더욱 증대된다. 이와 반대로 그 값이 0에 가까워질수록 資格程度는 더욱 줄어들게 된다.

2. 퍼지線形計劃(fuzzy linear programming)技法

주어진 制約條件下에서 最適의 目的函數(goal function)를 찾기 위한 數學的 方法을 數理計劃法(mathmatical programming)이라 한다. 數理計劃法중에서 단순한 모델로서는 線形

計劃(linear programming)을 들 수 있다. 線形計劃에서는 모든 制約條件이 1차부등식 또는 1차방정식으로 나타내어지는 數理計劃의 問題만을 다루게 된다.

一般的으로 線形計劃의 問題는[7]

$$\text{制約條件} \quad \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i=1,2,\ldots,m$$

$$x_j \geq 0, \quad j=1,2,\ldots,n$$

하에서,

$$\sum_{i=1}^{n} c_i x_i \quad \Rightarrow \quad \text{最大化}$$

와 같은 형태를 갖추게 된다. 이것을 다음과 같이 벡터(vector)와 行列(matrix)로 나타낼 수 있다.

$$\text{制約條件} \quad Ax \leq b$$

$$x \geq 0$$

하에서,

$$Z = c'.x \quad \Rightarrow \quad \text{最大化}$$

여기서 c'.x는 두 벡터 c와 x의 內積(inner product)을 나타낸다. 즉 c'와 x는 이 두 벡터의 對應要素끼리 곱한 것을 모두 合하여 얻어지는 하나의 實數이다. 이 경우의 制約條件은 모두 분명한 조건이다.

本 論文에서 주로 다루고자 하는 퍼지목표(fuzzy foal)와 퍼지제약조건(fuzzy constraint)을 지닌 퍼지이론을 土臺로 접근하기로 한다[8][9][10].

'너무 초과해서는 안된다'라는 것을 記號로 $\tilde{<}$와 같이 나타내기로 한다. 물론, 이 記號에 대한 正確性은 資格函數(membership function)를 이용한 퍼지집합(fuzzy set)으로 나타내어져야 한다[11]. 이 記號를 이용하여 퍼지 線形計劃은 다음과 같은 형태로 나타낼 수 있다.

$$\text{퍼지목표} : c' \cdot x \tilde{<} Z_0$$

$$\text{퍼지제약} : \quad Ax \tilde{\leq} b$$

$$C_1, C_2, \ldots C_m \quad x \geq 0$$

여기서 퍼지목표와 制約式이 같은 形態인 것에 有意해서 이들을 한데 묶어 나타낸다. 즉, 행벡터 c'와 行列 A, Z_0와 벡터 b를 묶어 다음과 같이 나타낸다.

$$B = \begin{bmatrix} c_1 \; c_2 \; \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots c_n \\ a_{11} \; a_{12} \; \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots a_{1n} \\ a_{21} \; a_{22} \; \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots a_{2n} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ a_{m1} \; a_{m2} \; \cdots\cdots\cdots\cdots a_{mn} \end{bmatrix} \quad d = \begin{bmatrix} Z_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

여기서, B는 (m+1)행 n열의 行列이고 d는 (m+1)열의 벡터이다. 이 記號를 사용하면 퍼지線形計劃의 問題를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Bx \tilde{<} d$$

$$x \tilde{\geq} 0$$

制約條件의 左邊 Bx와 制約量 벡터 d의 i번째 요소를 각각 $(Bx)_i$, d_i라고 할 때 制約條件을 완정히 만족시킨다는 것은

$$(Bx)_i \leq d_i$$

가 성립한다는 것을 뜻한다. 따라서 적당한 量 e_i를 택하였을 때, 制限量을 超過한다는 것은

$$(Bx)_i > d_i + e_i$$

가 成立하는 것과 같다. e_i의 값은 陽(positive)의 값으로서 그 크기는 主權的으로 정해진다고 본다[13].

i번째의 퍼지제약을 規定하는 資格函數 μ_i를 정하면,

$$\begin{cases} \mu_i(Bx) = 0 & \text{if } (Bx)_i > d_i + e_i \\ 0 < \mu_i(Bx) < 1 & \text{if } d_i < (Bx)_i \leq d_i + e_i \\ \mu_i(Bx) = 1 & \text{if } (Bx)_i \leq d_i \end{cases}$$

이때, D를 정해주는 퍼지집합에 관한 資格函數는

$$\mu_D(x) = \wedge \mu_i(Bx), \quad x \geq 0$$

으로 주어진다. 最大化 決定은

$$\max_{x \geq 0} \mu_D(x) = \max_{x \geq 0} \{\wedge \mu_i(Bx)\}$$

을 만족시키는 x의 집합이다.

資格函數가 線形인 函數(1차적)인 경우에는

$$di < (Bx)i \leq di + ei$$

를 만족시키는 범위는

$$0 < \frac{(Bx)i - di}{ei} \leq 1$$

이 되므로 다음 관계식을 얻는다[13][15].

$$\mu i(Bx) = \begin{cases} 0 & \text{if}(Bx)i > di + ei \\ 1 - \dfrac{(Bx)i - di}{ei} & \text{if } di < (Bx)i \leq di + ei \\ 1 & \text{if}(Bx)i \leq di \end{cases}$$

Ⅳ. 機能評價에서의 퍼지이론의 應用

1. 先行 硏究

"애매함을 고려한 機能評價 시스템의 設計"에 관한 硏究는 菅澤喜男(1987)에 의하여 紹介되었다.

菅澤喜男은 퍼지이론을 적용함에 있어 퍼지제약에서 임의의 常數값(ei)를 賦與할때 ±값으로 賦與하므로써 重要度의 上限과 下限을 결정하였다[14].

그러나 퍼지線形計劃의 일반 이론에서 살펴보았듯이 퍼지제약에서는 陽(positive)의 값을 賦與하도록 되어 있다[13].

따라서, 本 論文에서는 퍼지제약에서의 임의의 ei값을 陽의 常數로 하여 展開하기로 한다.

2. 퍼지이론을 利用한 機能評價 시스템

機能評價의 模糊함(fuzziness)을 考慮하여 퍼지이론에서도 퍼지이론을 適用하여 機能評價를 할 수 있음을 提示한다.

模糊한 目標와 模糊한 制約은 퍼지집합(fuzzy set)으로 나타낼 수 있다. 퍼지이론을 利用한 機能評價에 대한 간단한 例를 나타내면 〈표-3〉과 같이 나타낼 수 있는데 이때 임의의 ei값은 5%로 한다.

〈표-3〉 機能에 대한 코스트 配分 比率(例)

a	b	c 코스트 配分 比率(%)		
機能No.	現狀配分(%)	下限		上限
1	50	50	~	55
2	30	30	~	35
3	20	20	~	25
合 計	100	100	~	115

〈표-3〉의 c항의 코스트 配分 比率이 下限과 上限을 지니고 있는 경우이다. 즉, 模糊함을 내포한 경우를 취급하는 것이 된다.

Ⅲ장에서 설명한 퍼지목표와 퍼지제약에 의해 표현하면 機能 No.1에 대하여 절대로 50%를 超過해서는 안된다고 하는 조건이 아니라, 50~55% 범위내에서 가능한한 유지하는 것이 바람직하다고 하는 말에 대한 模糊함을 내포한 퍼지제약 조건이다[14].

〈표-3〉에 나타난 퍼지제약은 다음과 같다.

機能 1의 範圍

$$x_1 - 5\lambda \geq 50$$
$$x_1 + 5\lambda \leq 55$$

機能 2의 範圍

$$x_2 - 5\lambda \geq 30$$
$$x_2 + 5\lambda \leq 35$$

機能 3의 範圍

$$x_3 - 5\lambda \geq 20$$
$$x_3 + 5\lambda \leq 25$$

퍼지목표는 配分比의 合計가 100%이기 때문에

$x_1 + x_2 + x_3 = 100$으로 된다.

3. 퍼지이론 應用(數値例)

〈표-4〉는 一般的으로 FD法이나 DARE法을 이용하여 機能計數(重要度)를 계산하여 機能評價를 하는 方法을 나타내고 있다[16].

〈표-5〉는 〈표-4〉에 따라 각 機能 分野마다 下限値와 上限値(%)를 주어 模糊함을 고려한 機能評價 시스템에 의해 改選된 結果를 나타내고 있다. 이때 〈표-4〉의 重要度에 ei값을 5%로 賦與하여 기존의 重要度를 下限値로 하고 각 機能의 5%를 합계한 重要度를 上限値로 하였다.

〈표-4〉와 〈표-5〉의 結果를 比較하여 보는 것은 큰 意味가 없어 보이나 着手順位 결정시 差異가 있음을 알 수 있다. 즉, 〈표-4〉에서 着手順位가 F_4, F_5, F_1의 順으로 결정되었으나, 〈표-5〉에서는 着手順位가 F_4, F_1, F_5의 順으로 결정되었다.

이렇게 퍼지이론을 應用하여 機能을 評價할 경우는 評價者에게 선택의 폭에 여유를 가져옴은 물론이고, 다수 評價者의 意見을 無理하게 確定的인 것으로 정할 필요가 없기 때문에 評價者의 合意를 얻는 과정 圓滑해질 수 있기 때문에 보다 客觀的을 유지할 수 있다는 長點을 가지고 있다.

〈표-4〉 重要度에 의한 機能 評價方法

	현재코스트(C)	機能係數(%)	코스트配分	機能評價値(F)	V=F/C	C-F	着手順位
F_1	3,000	27	2,700	2,700	0.9	300	3
F_2	1,500	20	2,000	1,500	1	–	–
F_3	2,300	33	3,300	2,300	1	–	–
F_4	2,200	13	1,300	1,300	0.59	900	1
F_5	1,000	7	700	700	0.7	300	2
	10,000	100(%)	10,000	8,500	0.85		

그러나 〈표-4〉와 같은 기존의 重要度에 의한 計算 方法보다 〈표-5〉의 계산은 다소 복잡하게 풀어야 한다는 점이 있으므로 IBM-PC 호환기종으로 터버 파스칼을 使用하여 쉽게 計算할 수 있도록 프로그램을 作成해 보았다.

〈표-5〉 퍼지이론을 이용한 機能評價 方法

	현재 코스트(C)	機能係數(%)	下限値(%)	上限値(%)	百分比(%)	코스트 配分	목표코스트(F)	V=F/C	C-F	着手順位
F_1	3,000	27	27	32	26.3	2,630	2,630	0.88	370	2
F_2	1,500	20	20	25	20.0	2,000	1,500	1	–	–
F_3	2,300	33	33	38	31.7	3,170	2,300	1	–	–
F_4	2,200	13	13	18	13.7	1,370	1,370	0.62	830	1
F_5	1,000	7	7	12	8.3	830	830	0.83	170	3
	10,000	100(%)	100	125	100.0	10,000	8,630	0.86	1,370	

V. 結　論

機能評價의 目的은 최종적으로 價値를 評價하는데 있고, 價値를 定量的으로 評價하여 對象分野의 選定 및 着手順位를 定하는 일이다[11]. 이러한 目的을 達成하기 위해서는 VE의 對象이 되는 製品이나 서비스 등이 지니고 있는 機能을 分析하여 그 價値를 보다 客觀的 또는 정확히 評價할 필요가 있다.

그러나 價値를 評價하는 일 자체가 抽象的인 課題라고 여기는 부분이 있고, 다수 評價者는 각 각 다른 主權的인 判斷基準을 가질 수 있다.

本 論文에서는 價値評價의 폭을 가져오는 일로 다수 評價者의 判斷을 포괄하여 보다 客觀的으로 評價하기 위해 퍼지이론(fuzzy theory)을 導入하여 보았다. 그 결과 抽象的이라고 생각할 수 잇는 機能의 價値評價를 무리하게 또는 強制的으로 통일시킬 필요없이 원활하게 다수 評價者의 合意를 얻을 수 있게 되고 分析의 精度도 동시에 向上시킬 수 있다는 長點을 지니고 있다. 앞으로 本 論文에서 나타낸 機能評價 이외에도 VE에 있어서 사용되는 分析技法에 대한 精度 向上에 대한 계속적인 研究가 필요하다.

參 考 文 獻

1. Bellman, R. E., L. A. Zadeh(1987), Decision-Making in a Fuzzy Environment; in R. R. Yager, S. Orchinnikov, R. M. Tong, H. T. Nguyen, (Eds.), Fuzzy Sets and Applications, John Wiley & Sons, Inc., 53－58.
2. Kandel, A.(1986), Fuzzy Mathmatical Techniques with Applications, Addision-Wesley Pub. Com., 161－166.
3. Kim, K.S.(1991), VE for Manufacturing and JIT, Journal of Value World, Society of American Value Engineers, 17－19.
4. Miles, L. D.(1972), Techniques of Value Analysis and Engineering, 2nd Edition. McGraw-Hill Book Com.
5. Mudge, A. E.(1985), Value Engineering; a Systematic Approach, 4th Edition, Joy Manufacturing Com.
6. Novák, V.(1989), Fuzzy Sets and their Applications, Adam Hilger Pub. Ltd, 216－217.
7. Papadimitriou, C. H.(1982), Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity, Prentice-Hall, Inc., 26－29.
8. Zimmermann, H. J.(1985), Fuzzy Set Theory and Its Annlications, Kluwer－Nijhoff Pubilishing, 220－222.
9. ＿＿＿＿＿(1987), Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems, Kluwer Academic Punblisher, 72－73.
10. ＿＿＿＿＿(1984), Fuzzy Programming and Linear Programming with several objectives; in H. J. Zimmermann, L. A. Zadeh, B. R. Gaines, (Eds.), Fuzzy Set and Decision Analysis, Elservier Science Pub. B. V.(North Holland), 112－114.
11. 産業能率大學總合研究所 VM センタ (1986), VE の 基本, 産業能率大學出

版部, 33－38

12. 水本雅晴(1988), ファジイ理論 と その 應用, サイエンヌ社, 103－105.
13. 西田後夫, 作田英二(1987), ファジイ集合 と その 應用, 森北出版, 103－105.
14. 菅澤喜男(1987), あいまいを 考慮した 機能評價 システム の 設計, VE 研究論集, Vol. 18, 日本 VE 協會, 78－79.
15. 淺居喜代治, 田中英夫(1988), ファジイ 意思決定に ついて 數理科學, サイエンス社, 10, 135－136.
16. 李霞圭(1989), VE활동추진방법 Ⅲ, 표준화와 품질관리, Vol. 193, 한국공업표준협회, 124－129.
17. 이광형 외 1인(1991), 퍼지이론 및 응용(Ⅱ권), 홍릉과학 출판사, 8－3～13.
18. 金光洙(1989), 기능평가의 필요성과 문제점, 한국 VE연구회월례자료집, 한국 VE연구회, 9－14.
19. ______(1990), VE Project 추진시 문제점 개선방안, 한국 VE연구회월례회자료집, 한국 VE연구회, 10, 9, 6.