工業經營學會誌 第16卷 第28輯 1993년 11月 21

다목적의사결정 기법을 이용한 품질비용의 최적화에 관한 연구

– Optimization of Quality Cost using Multiobjective Decision Making Method –

송 종 대 *

Abstract

We want to know the interrelationship among the four components of Total Quality Cost. So that we will be able to say what changes will occur in one when another is changed.

Even though the relationship among the component Cost is as varied as there are companies keeping such cost systems, existence of some general pattern is hypothesized at least among similar companies doing similar business or producing similar products.

The purpose of this study is to drive Optimum Quality Cost on base of the result of the quality cost analyses in N business, after multiple regression model with failure cost as dependent variable is established.

Vector Optimization (VOP) method were used for solving multiobjective decision ploblem.

I. 序 論

우리나라 企業에 현대적인 品質管理가 도입된 것은 제1차 經濟開發 5개년 계획이 추진되고 있던 1960년 초로 볼 때 우리나라 企業에 현대적인 品質管理가 도입된지도 벌써 30여년이 경과되었다.

그러나 보다 좋은 제품을 생산하기 위한 품질관리는 기업내에 어느정도 정착시키고 있으나 기업의 이익을 증대시킬 수 있도록 품질비용을 고려한 품질관리를 하는 기업은 소수에 불과하다.

현재 한국은 급격한 賃金上昇으로 인한 價格競爭의 약화, 그리고 급격한 生産低下, 品質저하, 品質費用 上昇, 投資위축, 原價上昇, 在庫의 擴大, 品質클레임의 빈번한 발생등을 촉발시켜 국제경쟁력을 크게 低下시키고 있다. 하루가 다르게 변화하는 國際정세에서 우리나라 製品의 경쟁력을 增大시키기 위해서는 꾸준한 技術向上과 品質向上이 필요하다. 오늘날과 같이 企業간의 경쟁이 치열해지고 多品種소량생산 형태로의 전환에 따른 제품의 복잡화와 消費者 기호의 다양화는 企業으로 하여금 信賴性이 높은 제품을 경제적으로 생산해야 하는 과제를 부과하였다. 이에따라 企業에서는 品質의 경제성을 중요시하였으며 品質기능과 관련된 費用 – 成果分析의 중요성이 대두되었는 바, 이것이 곧 品質費用의 測定과 計劃, 그리고 統制라는 종합적인 品質費用시스템의 導入 필요성이 제기된 요인이다.

이에 본 연구에서는 N기업의 데이타를 이용하여 품질비용을 분석하고, 이를 기초로 통계적인 기법인 다중회귀분석을[2] 통해 품질비용간의 상관관계를 파악하였으며, 또한 회귀식을 산출하였다. 이러한 회귀식을 모두 만족하는 최적점을 찾기위해서 다목적의사결정 기법 중의 하나인 백터 최적화를 이용하였다. 따라서 백터최적화 기법에 의해 제공되어지는 정보를 사용하여 의사결정자가 품질비용에 관해 스스로 결정할 수 있도록 유용한 정보를 제공하고자 한다.

---

* 경남전문대학 공업경영과 부교수

접수 : 1993년 9월 7일
확정 : 1993년 9월 24일

Ⅱ.벡터 최적화 이론(Vector Optimization Theory)

1. 개 요

다목적 의사결정문제(MDP : Multiobjective Decision Problem)는 벡터 최적화(VOP:Vector Optimization)와 다목적 최적화문제(MOP:Multiobjective Optimization problem)로 분류할 수 있는데, 이들의 방법론적인 관점은 목적함수의 벡터 값에 관한 수리적인 계획 문제이다. 의사결정의 관점으로 부터 MOP의 분류는 각각의 목적함수가 가능한한 극점(high or low)을 유지하기 위하여 제시된 의사규칙 일 때 나타난다. 벡터 최적화 문제의 해법은 각종의 문헌에서 비열등(noninferiority),효율성(efficiency),파레토 최적(pareto-optimal),비우월성(nondominated) 해를 언급하고 있으며, 비열등해의 개념은 19세기의 저명한 경제학자 였던 파레토(Pareto:1896)에 의해 소개 되었다. 특히 자데(Zadeh:1963)는 벡터 최적화 문제에 있어서 비열등의 해법을 제시 하였다.[9]

2. 벡터 최적화 이론의 정의

벡터 최적화 이론[9]을 전개하면 다음과 같다. X를 결정변수(decision variables)의 N차원 벡터라 하면, $g_i(X)$는 실측치 함수인 R^n에 대한 i번째 시스템 제약(i=1,2,····,m)으로 나타낸다.

집합 $S \subseteq R^n$은 어떤 다른 형태의 시스템 제약을 포함한다. 따라서 시스템의 결정영역(decision space) 또는 실행가능 영역(feasible region)은 식(1)과 같은 집합으로 특징 지울 수 있다.

$$\mathcal{X} = \{ X \mid g_i(X) \le 0,\ i = 1,\cdots,m,\ X \in S \} \qquad (1)$$

$\mathcal{X} \in R^n$ 으로 표시하면, $f_j(X)$는 (j=1,2,····,n) 실측치 함수인 $\mathcal{X}$에 대한 j번째 목적함수로 나타낸다.
다목적 함수는 $f(X)=[f_1(X),\cdots,f_n(X)]$, 즉 $f : \mathcal{X} \rightarrow R^n$ ($\mathcal{X} \subseteq R^n$)으로 표시된다.
목적함수 공간에 대응하는 집합은 $F = \{ f(X) \mid X \in \mathcal{X} \}$로 나타내므로 $F \subseteq R^n$ 이 된다.
따라서 결정영역은 R^n에 속한다. 벡터 최적화 문제(VOP)는 식(2)와 같이 정식화 된다.

$$\min_{X \in \mathcal{X}} \ [\ f_1(X), \cdots\cdots\cdots, f_n(X)\ ] \qquad (2)$$

벡터 최적화 문제(VOP) 또는 다목적 최적화 문제(MOP)의 해결은 비열등해의 집합을 찾는 것이다.
개념적으로 비열등해는 어떠한 다른 실행 가능해에 의해서 비우월성해(nondominated solution)중의 하나이다. 식(2)에 대한 n개의 목적함수는 서로 비양립성(incompatibility)과 비교 불가능성(non-commensurability)의 특성을 가지고 있으며, 다목적 최적화 문제(MOP)의 근본은 비열등해로 잘알려진 파레토최적(Pareto-optimal)의 개념이다. 그러므로 파레토 최적의 개념은 비열등성의 개념과 유사하며, 효율성 또는 비우월성이라고 한다. 이러한 비열등해 또는 파레토 최적해를 수리적으로 정의하면 다음과 같다.

[정의 1] 적어도 하나의 j번째 다목적 함수에 대해 절대적인 부등제약을 가진 모든 j=1,2,—,n에 대하여 $f(X) \le f(X^*)$가 성립되는 실행가능한 X ($X \in \mathcal{X}$)가 존재하지 않는다면 X^*(비열등해의 집합)는 벡터 최적화 문제(VOP)의 파레토 최적화 또는 비열등해라고 한다. $\mathcal{X}^*$에 대한 벡터 최적화 문제(VOP)의 모든 비열등해의 집합과 F^*에 대한 비열등성 집합을 $\{ f(X) \mid X \in \mathcal{X}^* \}$ 간편하게 표기할 수 있다.

그러므로 비열등성의 개념을 설명하기 위하여 벡터 최적화 문제(VOP)를 고려하면 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} &\text{Min } [\ f_1(X), \cdots\cdots, f_n(X)\ ] \\ &\text{Subject to} \\ &\qquad X \ge 0, \quad X \in R \end{aligned} \qquad (3)$$

여기서 $f_1(X) = X-1$, $f_2(X) = (X-3)^2 + 1$ 이라 하면, Fig.1 에서는 벡터 최적화 문제(VOP)의 비열등해 집합인 X^*의 결정영역을 나타내고, Fig.2 는 비열등성 집합인 F^*의 목적함수 공간을 나타내고 있음을 알 수 있다.

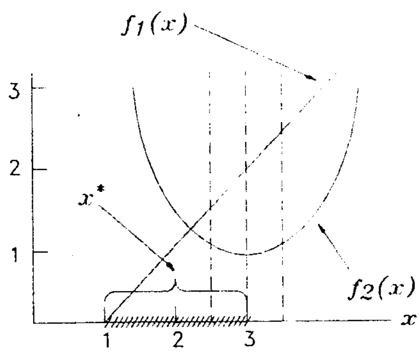

Fig.1 Noninferior solution set of a simple VOP in decision space

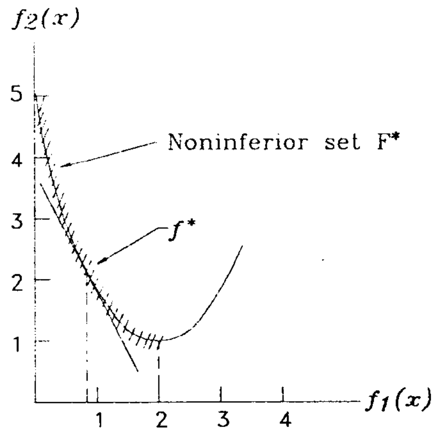

Fig.2 Noninferior solution set of a simple VOP in objective space

3. ε-제약문제 $P_k(\varepsilon)$에서의 비열등해

벡터 최적화문제(VOP)의 비열등해를 얻는 것으로서 ε-제약문제[9]가 사용된다. 이것은 다목적 최적화 문제(MOP)에 중요한 역할을 한다. 그러므로 $P_k(\varepsilon)$의 관점에서 벡터 최적화문제(VOP)의 비열등해에 대한 기본적인 이론들을 정확하게 인식해야 한다.

정의[2] 만일 X^*가 모든 $k=1,\cdots,n$에 대하여 $P_k(\varepsilon^*)$를 해결한다면, $f_j(X) \le f_j(X^*)$, $(j=1,\cdots,n)$인 $x \in X$가 존재하지 않는다. 그러므로 X^*는 벡터 최적화문제(VOP)의 비열등해이다.

정의[3] X^*가 어떤 에 대해 $P_k(\varepsilon^*)$를 해결하고 그 해가 유일한 해(unique solution)이면 모든 X에 대해 $f_k(X) < f_k(X^*)$, $f_j(X) \le f_j(X^*)$, $j \neq k$를 만족하므로 f_j 는 f_k 의 증가 없이는 감소할 수 없다. 따라서 X^*는 벡터 최적화문제(VOP)의 비열등해이다.

4. 비열등해의 탐색기법

(1) 비열등해의 탐색기법의 특성

비열등해의 탐색기법[9]은 다목적 최적화문제(MOP) 식(2)의 발생 가능한 모든 비열등해의 집합을 구하기 위한 방법으로 가중치법, ε-제약법, 다목적 심플렉스법 (Multiobjective Simplex Mehtod)등 여러 방법이 있으며 비열등해 탐색기법의 목적은 비열등해 집합을 산출하는데 있다. 즉 이들 방법은 많은 비열등해 가운데 가장 만족스러운 해인 선호해를 찾아내어 경영정책에 적용하면 된다.

(2) ε-제약법

대부분의 ε-제약문제의 형태는 중요한 하나의 목적함수 f_k가 최소화로 선택되고, 다른 목적들은 부등제약조건으로 변환된다. 그러므로 ε-제약문제 $(P_k(\varepsilon))$는 식(4)와 같이 정식화 된다.

$$\begin{aligned} &\text{Min} \quad f_k(X) \\ &\text{Subject to} \\ &\qquad x \in \mathit{X} \\ &\qquad f_j(X) \le \varepsilon_j \ , \ j=1,\cdots,n \ , \ j \neq k \end{aligned} \tag{4}$$

우선 ε^*를 $P_k(\varepsilon^*)$가 실행가능한 백터라 하고 X^*는 $P_k(\varepsilon^*)$의 최적해라 하자. 그러면 만일 X^*는 어떤 $1 \le k \le n$ 에 대하여 $P_k(\varepsilon^*)$의 유일한 해가 되면 모든 $k=1,\cdots,n$ 에 대하여 $P_k(\varepsilon^*)$를 해결한다.

이것은 $P_k(\varepsilon^*)$이 실행가능한 그런 ε이 선택되므로 $P_k(\varepsilon)$의 해결에 의해서 어떤 비열등해는 항상 발견된다는 것을 의미한다. 반면, 어떤 주어진 비열등해 X^*에 대하여 우리는 항상 모든 $k=1,\cdots,n$ 에 대하여 X^*가 $P_k(\varepsilon)$를 해결하는 그런 ε을 찾을 수 있다.

ε은 $\varepsilon^* = (\varepsilon_1^*,\cdots, \varepsilon_{k-1}^*, \varepsilon_{k+1}^*,\cdots,\varepsilon_n^*)^T$
[$\varepsilon_j^* = P_j(X^*)$ $(j=1,\cdots,n,\ j \neq k)$]에 의해서 주어진다. 만약 볼록성 가정이 요구되지 않는다고 하면 이것은 모든 비열등해가 어떤 k에 대하여 제약문제 $P_k(\varepsilon)$의 해결에 의해서 발견된다는 것을 의미한다.

$Y_k = P_k(\varepsilon)$ 이 실행가능한 모든 ε의 집합
$X^k = \{\ x | x$ 는 Y^k 에서 어떤 ε에 대하여 $P_k(\varepsilon)$을 해결한다.$\}$
$X^k = \{\ x | x$ 는 Y^k 에서 어떤 ε에 대하여 $P_k(\varepsilon)$의 유일한 최소 $\}$

라면 $X_\varepsilon^k \le X^* \le X_\varepsilon^*$ 그리고 $\bigcap_{k=1}^{n} X_\varepsilon^k \le X^* \le X_\varepsilon^*$ 가 된다.

상술한 내용을 기초로 하여 ε-제약법의 알고리즘은 다음과 같이 정리된다. 우선 다목적 문제를 ε-제약문제로 정식화하고, 코혼(Cohon[10])에 의해 비열등해를 체계적으로 접근시킨 새로운 알고리즘을 다음과 같이 실행하여 비열등해를 구한다. 먼저 실행가능한 해의 정의역 $X \subset R^n$을 주어 식(5)를 이용하여 개개의 목적함수에 관련된 최대화를 유도한다.

$$\begin{aligned} &f_k(X^k) = \text{Maximize } f_k(X) \\ &\text{Subject to} \\ &\qquad X \in \mathit{X} \end{aligned} \tag{5}$$

식(5)를 해결하므로 식(6)과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} &E = \{\ X^k : k \in I\ [1,P]\ \} \\ &f_k(X)_{min} = \text{Minimize } f_k(X) \\ &\qquad X \in \mathit{X} \end{aligned} \tag{6}$$

그리고 $f_k(X)_{min} \le \varepsilon_k \le f_k(X)$ 에 의해서 정의된 비열등해의 생성에 사용되는 ε_k의 다른 값의 수 r을 지정하여 각 목적에 대하여 식 $\varepsilon_k = f_k(X)_{min}+[(t/(r-1)] * (f_k(X^k) - f_k(X)_{min})$, $t=0,1,\cdots,r-1$ 에 의해서 ε_k 값을 결정하여 모든 ε_k $(k=1,\cdots,L-1,L+1,\cdots,P)$ 값의 결합에 대해서 문제를 해결하여 해를 산출한다. 만일 산출된 해가 실행가능하고 모든 목적함수와 제약조건들이 결속(binding)되면 비열등해이다.

Ⅲ.알고리즘의 개발

1.다목적 최적화 문제

다목적 최적화 문제[12]는 식(7)과 같이 수학적으로 정식화 된다.

$$\begin{aligned} &\underset{x}{\text{Min}} \ = \ \{\ f_1(X), \cdots\ f_n(X)\ \} \\ &\text{Subject to} \\ &X \in \mathit{X} = \{\ X | X \in R^N\ ,\ \ g_j(X) \le 0,\ j = 1, \cdots, m\ \} \end{aligned} \tag{7}$$

여기서 X: N차원 의사결정변수 백터
$f_1, \cdots, f_n$: n개의 다른 목적함수
$g_1, \cdots, g_m$: 부등제약식

다목적 최적화 문제의 근본은 비열등해로 알려진 파레토 최적개념이다. 정성적으로 다목적 최적화 문제의 파레토 최적해는 하나의 목적함수값의 개선은 단지 다른 목적함수값의 손실에 의해서만 얻어질 수 있는 것이다. 일반적으로 파레토 최적해는 무한점으로 구성되어 있고 의사결정자는 파레토 최적해 중에서 그가 선호하는 해를 선택해야만 한다. 다목적 의사결정문제(multiobjective decision making problem)는 식(8)을 해결하는 것이다.

$$\begin{aligned} &\underset{X}{\text{Max}} \ U[f_1(X), \cdots, f_n(X)] \\ &\text{Subject to} \\ &X \in X_P \end{aligned} \tag{8}$$

여기서 X_p : 다목적 최적화문제의 파레토 최적해들의 집합
U[·] : 의사결정자의 전체 선호함수

다목적 최적화 문제의 파레토 최적해를 얻는 하나의 방법은 식(9)와 같이 $\varepsilon-1$ 제약문제를 해결하는 것이다.

$$\begin{aligned} &P_1(\varepsilon-1) \\ &\text{Min} \ f_1(X) \\ &\text{Subject to} \\ &X \in X \cap X_1(\varepsilon-1) \end{aligned} \tag{9}$$

여기서

$\varepsilon-1 = (\varepsilon_2, \varepsilon_3, \cdots, \varepsilon_n)$

$X_1(\varepsilon-1) = \{ X \mid f_i(X) \le \varepsilon_{-i}, \ i=2,3,\cdots,n \}$

$\varepsilon-1 \in E_1 = \{ \varepsilon-1 \mid X_1(\varepsilon-1) \neq 0 \}$

일반적인 다목적 의사결정 문제는 식(10)을 해결하는 것이다.

$$\begin{aligned} &\text{Min} \ [f_1(X), \cdots, f_n(X)] \\ &\text{Subjct to} \\ &g_i(X) \le 0, \ i=1,\cdots,n \end{aligned} \tag{10}$$

여기서 X는 n차원 의사결정변수 백터

2. 최적해를 구하기 위한 알고리즘

다목적 최적화 문제를 해결하기 위하여 새로이 개발된 알고리즘의 제 단계는 다음과 같다.

단계1) 목적함수와 제약식을 정식화 한다.

단계2) ε-제약문제로 비열등해를 산출한다.

① 각 목적함수의 최대값과 최소값을 산출한다.

$$Z_k(X^k) = \underset{X \in X}{\text{Max}} \ Z_k(X^k), \quad Z_k(X)\text{min} = \text{Min} \ Z_k(X)$$

② $Z_k(X)\text{min} \le \varepsilon_k \le Z_k(X^k)$ 인 ε_k 의 개수를 다음의 방법으로 선택한다.

$$\varepsilon_k = Z_k(X)\text{min} + [t/(r-1)] \ (Z_k(X^k) - Z_k(X)\text{min}), \ t=1,\cdots,r-1$$

③ ε_k 의 가능한 조합값에 대하여 비열등해를 산출한다.

단계3) 산출된 비열등해들을 기초로 각 목적함수의 최대값 f_i^*와 최소값f_{i*}를 선택 한다. 이 두값은 의사결정자에게 제공되는 중요한 정보원천으로 얻을 수 있는 목적값의 편차(deviation) 범위를 알 수 있다.

단계4) 의사결정자는 단계3)에서 얻은 목적값의 편차 범위를 정보로 하여 TQC를 산출한다.

Ⅳ. 事例 硏究

본 연구에서는 N회사의 品質費用 분류기준에 의한 과거 3년간의 자료를 이용하였고, 이 자료의 일부분을 제시하면 Table 1과 같다. 이렇게 제시된 자료는 통계 패키지인 SAS를 사용하여 회귀분석을 행하였고, 이 회귀식은 $\hat{If}$와 $\hat{Ef}$를 나타내고 있다. 여기서 IF · EF는 내부 · 외부실패비용이고, X_1 · X_2는 예방 · 평가비용이다.

1. 알고리즘의 적용

N회사의 품질비용 자료를 이용하여 최적해를 구하기 위한 알고리즘을 적용하면 다음과 같다.

단계1) 목적함수와 제약식을 최소화하는 모형을 정식화 하였다.

$$\text{Min } If = 0.055 + 8.287X_1 - 3.468X_2 + 17.084X_1X_2 - 18.137X_1^2 - 5.444X_2^2$$

$$\text{Min } Ef = 3.143 + 1.22X_1 - 11.7X_2 + 63.564X_1X_2 - 32.086X_1^2 - 14.933X_2^2$$

subject to

$$0.2 < X_1 < 0.4, \quad 0.25 < X_2 < 0.35$$

단계2) ε-제약문제로 비열등해를 산출한다.

① 각 목적함수인 If, Ef의 최대 · 최소값을 찾는다.

	Min	Max
If	0.302110	1.021530
Ef	0.635048	1.571953

② ε_k의 가능한 조합값에 대하여 비열등해를 산출한다. 그 결과는 Table 2와 같다.

Table 2 ε_k의 가능한 조합값인 비열등해의 집합(매출액 대비 %)

If	Ef	X_1	X_2	
0.302124	0.635048	0.2	0.349996	
0.382318	0.83	0.2	0.328585	
0.465394	1.03	0.2	0.304846	
0.549415	1.23	0.2	0.278823	
0.636372	1.43	0.200473	0.25	
0.959484	1.57	0.395486	0.379557	⟶ 불능해
0.302110	1.004328	0.4	0.25	
0.50	1.004328	0.4	0.25	
0.70	1.004328	0.4	0.25	
0.90	1.004328	0.4	0.25	
1.02	1.320110	0.355188	0.25	

단계3) 각 목적함수의 편차범위는 다음과 같다.

$f_i^* = If_{max} = 1.02, \; If_{min} = 0.30211$

$f_{i*} = Ef_{max} = 1.57, \; Ef_{min} = 0.635048$

단계4) 단계2)에서 얻은 Table 2를 이용하여 TQC를 산출한 결과와 정식화는 다음과 같고 비열등해에 의한 TQC와 최적 TQC를 비교한 결과는 Table 3과 같다.

$$\begin{aligned} TQC_{min} = {} & 0.027495+1.100115*X1+0.776945*X2+0.965932*X3+1.006376*X4 \\ & -0.245231*X1^2+0.266141*X2^2-0.003281*X3^2-0.000060461*X4^2 \\ & +0.057117*X1*X3-0.009781*X1*X4+0.079482*X2*X3-0.005063*X2*X4 \end{aligned}$$

Subject to

$$0.055+8.287*X1-3.468*X2+17.084*X1*X2-18.137*X1^2-5.444*X2^2>0.30211$$

$$0.055+8.287*X1-3.468*X2+17.084*X1*X2-18.137*X1^2-5.444*X2^2<1.02$$

$$3.143+1.220*X1-11.7*X2+63.564*X1*X2-32.086*X1^2-14.933*X2^2>0.635048$$

Table 1. N기업의 항목별 품질비용

(단 위 : 千원, 매출대비 %)

항목별		월별	'90년 실적 총계	매출비	비용비	1/4 1월	2월	3월	2/4 4월	5월	6월	상반기	7월
매출액		계획	292688000			17404000	12558000	26120000	25200000	26655000	22089000	139026000	21562000
		누계				17404000	37962000	65082000	90282000	116937000	139026000		160588000
		실적	389274002			23324000	30268000	30681000	29736000	32779002	31648000	178436002	27440000
		누계				23324000	53592000	84273000	114009000	146788002	178436002		205876002
품질비용		계획	5530528	1.89		382124	410654	480395	480534	532148	476957	2762812	434646
		누계				382124	792778	1273173	1753707	2285855	2762812		3197458
		실적	8475498	2.18	100.00	471675	469426	846990	845864	741859	886756	4262570	705727
		누계					[illegible]	1788091	2633955	3375814	4262570		4968297
품질비용 매출대비 %			2.1[illegible]					[illegible]76	2.84	2.26	2.80	2.39	2.57
사외실패비용	보증수리비용	부품비	[illegible]						414032	362407	262705	2030597	375650
		부품비기타							[illegible]42	53567	60185	234796	61856
		인건비								17784	18423	93468	16733
		경비								[illegible]84		830	
	계					[illegible]					441313	2359691	454239
	%			[illegible]	#DIV	1.29	0.[illegible]				[illegible]	1.32	1.66
사내실패비용	간접재료비	수정용부품	[illegible]964	0.05	2.16	27266	14014	[illegible]					
		" (유압)	0	0.00	0.00								
		설계변경	495183	0.13	5.84	6915	28984	59267	[illegible]				
		소계	678147	0.17	8.00	34181	42998	78941	91784				
		%	0.17			0.15	0.14	0.26	0.31	0.[illegible]			
	업체 CLAIM 비용	(공장)	439229	0.11	5.18	12158	40560	45705	70379	42611	[illegible]		
		(유압)	0	0.00	0.00							0	
	노무비	(공장)	627271	0.16	7.40	31092	49882	61487	98193	76306	37458	354418	32305
		(유압)	0	0.00	0.00							0	
		소계	1066500	0.27	12.58	43250	120442	107192	168572	118917	54253	612626	59758
		계	1744647	0.45	20.58	77431	163440	186133	260356	186938	139907	1014205	107982
		%	0.45			0.33	0.54	0.61	0.88	0.57	0.44	0.57	0.39
실패비용 계			6600956	1.70	77.88	378913	377713	661901	753269	620880	581220	3373896	562221
매출대비 %			1.70			1.62	1.25	2.16	2.53	1.89	1.84	1.89	2.05
	수입검사비용	인건비	443879	0.11	5.24	19027	15204	44334	17012	23136	72991	188704	32385
		출장검사비	3572	0.00	0.04	570	636	200	95	163	121	1785	
		검사용역비	6303	0.00	0.07							0	251
		검사재료비	4627	0.00	0.05							0	
		제경비	19229	0.00	0.23	625	610	1745	1981	2080	1740	8781	2348
		소계	477610	0.12	0.64	20222	16450	43279	19088	25379	74852	199270	34984
	공정검사비용	인건비	29207	0.01	0.34	1296	1134	2312	1064	1514	4955	12275	2372
		검사용역비	153103	0.04	1.[illegible]	12647	12197	12000		15129	26615	78588	16321
		검사재료비	16257	0.00	0.19	1221	1089	1341	1148	1284	1284	7367	1508
		제경비	1206	0.00	0.01	25	10	764	25	42	25	891	25
		소계	199773	0.05	2.36	15189	14430	16417	2237	17969	32879	99121	20226
	완성차검사비	인건비	319489	0.08	3.77	16906	15069	32086	15177	18072	64163	161473	23924
		검사용역비	0	0.00	0.00							0	
		검사재료비	0	0.00	0.00							0	
		제경비	21918	0.01	0.26	1084	360	2115	3811	1664	1935	10969	1879
		소계	341407	0.09	4.03	17990	15429	34201	18988	19736	66098	172442	25803
	시장품질 조사비용		9590	0.00	0.11	214	209	288	15	241	185	1152	26
	시험설비교정비용	인건비	55855	0.01	0.66	3487	3174	6105	3149	3970	12964	32849	4184
		검사용역비	6258	0.0[illegible]	[illegible]		6258					6258	
		검사재료비								1857	836	2693	
		제경비							100	198	100	1330	100
		소계							[illegible]	6025	13900	43130	4284
평가비용 계										[illegible]250	187914	515115	85323
매출대비 %											0.59	0.29	0.31
예방비용	품질기획기술비용	인건비										82172	12205
		제경비		[illegible].00	0.11	602	97[illegible]						
		소계	[illegible]3343	0.04	2.05	9518	8877	1938[illegible]					
	품질관리 교육비용		7500	0.00	0.09			7500					
	TQC 추진비	인건비	62614	0.02	0.74	3639	3219	6825	3409				
		제안활동비	66858	0.02	0.79	200	2069	3222	4765	112[illegible]			
		분임활동비	14820	0.00	0.17	1062	3520	520	600	1880			
		표준활동비	1339	0.00	0.02				105	105			
		VE활동비	12441	0.00	0.15				11413	500		11913	528
		제경비	1659	0.00	0.02	95	101	90	95	90	348	819	120
		소계	159731	0.04	1.88	4996	6909	10657	19887	17834	24097	86380	12950
	외주업체관리비용	노무비	336976	0.09	3.98	18327	15425	35191	17693	20746	59106	166488	25853
		제경비	88138	0.02	1.04	2720	2477	11305	3084	3344	3140	26070	6530
		소계	425114	0.11	5.02	21047	17902	46496	20777	24090	61146	192558	32383
예방비용 계			765668	0.20	9.03	35561	35688	84041	49018	51629	117622	373559	58183
매출대비 %			0.20			0.15	0.12	0.27	0.16	0.16	0.37	0.21	0.21

$$3.143+1.220*X1-11.7*X2+63.564*X1*X2-32.086*X1^2-14.933*X2^2<1.57$$
$$0.2 < X1 < 0.4$$
$$0.25 < X2 < 0.349996$$
$$0.30211 < X3 < 1.02$$
$$0.635048 < X4 < 1.57$$

TQC=1.386578, $X_1=0.2$, $X_2=0.25$, $X_3=If=0.30211$, $X_4=Ef=0.635048$ 이다.

Table 3 비열등해에 의한 TQC와 최적 TQC의 비교

( )는 %

TQC	X1 (P-COST)	X2 (A-COST)	X3 (IF-COST)	X4 (EF-COST)
1.48233 (100)	0.2 (13.4)	0.349996 (23.5)	0.302124 (20.3)	0.635048 (42.8)
1.737148 (100)	0.2 (11.4)	0.328585 (18.9)	0.382318 (22.0)	0.83 (47.7)
1.997609 (100)	0.2 (10.0)	0.304846 (15.2)	0.465394 (23.3)	1.03 (51.5)
2.2568 (100)	0.2 (8.9)	0.278823 (12.3)	0.549415 (24.3)	1.23 (54.5)
2.516728 (100)	0.200473 (8.0)	0.25 (9.9)	0.636372 (25.3)	1.43 (56.8)
1.949068 (100)	0.4 (20.4)	0.25 (12.8)	0.30211 (15.4)	1.004328 (51.4)
2.148148 (100)	0.4 (18.5)	0.25 (11.6)	0.50 (23.2)	1.004328 (46.7)
2.349091 (100)	0.4 (17.0)	0.25 (10.6)	0.70 (29.7)	1.004328 (42.7)
2.549771 (100)	0.4 (15.6)	0.25 (9.8)	0.90 (35.3)	1.004328 (39.3)
2.943137 (100)	0.355188 (12.1)	0.25 (8.5)	1.02 (34.6)	1.320110 (44.8)
* 1.386578 (100)	0.2 (14.4)	0.25 (18.0)	0.302110 (21.8)	0.635048 (45.8)

* : 최적 TQC

2. 분석 및 고찰

Table 1의 자료로서 회귀분석 모형을 설정하고, 제시된 알고리즘을 이용하여 유출된 비열등해 집합의 결과를 요약하면 Table 2와 같다. 이들 비열등해 집합에서 내부실패비용의 최소값은 0.30211%이고, 이때 예방비용은 0.4%, 평가 비용은 0.25% 였다. 그리고 외부실패비용의 최소값은 0.635048% 이고 이때 예방비용은 0.2%, 평가비용은 0.349996% 였다. 이 결과를 기초로하여 더욱 발전된 모형인 總品質費用(TQC)을 도출 하였는데, 이를 해결하기 위한 방법으로 다목적의사결정법을 사용하여 GINO에 의해 해결하였으며, 그 결과는 매출액의 1.386578% 였고 이때 예방비용은 0.2%, 평가비용은 0.25%, 내부실패 비용이 0.30211%, 외부실패비용은 0.635048%로 나타났다.

V. 結 論

企業이 多邊化 되어가고 消費者의 要求는 多樣化됨에 따라 品質에 대한 소비자의 평가는 더욱 높아져 가고 있다. 이러한 慾求를 만족시키기 위하여 지금까지의 品質保證 단계에서 製品責任時代로 전환되고 있으며, 製品의 質은 더욱 향상 되어져야 할 것이다. 品質의 향상에는 費用이라는 문제를 수반하게 되는데, 이러한 品質費用은 네가지 부문으로 구성되어 있고, 각각의 費用은 서로가 상쇄(trade-off) 관계를 가지고 있다. 즉 평가및 예방비용을 증가 시킴으로서 실패비용을 감소시킬 수 있다. 그러므로 회사마다 어떤 종류의 品質費用 시스템을 채택하고 있느냐에 따라 費用構成間의 상호관계가 다양
하게 존재할 것이다. 따라서 본 연구에서는 N기업의 品質費用을 분석하기 위하여 매출액 대비에 따른 品質費用을 산출 하였다. 그리고 먼저 비용간의 상호관계를 조사하였는데, 실패비용이 예방비용과 평가비용에 의해 결정됨을 알았다. 그러므로 失敗費用을 從屬變數로한 多重回歸分析模型을 구축하고, 이를 해결하기 위해 파레토 최적이론을 적용 ε-제약문제로 비열등해를 산출하였다.

그러나 사례연구에서 나타난 최적해는 기업의 상황에 따라 TQC 자체가 최소비용이라고 하여 최적해에서 주어지는 비용들을 적용할 수 없을 수도 있다. 그러므로 Table 2에 나타나 있는 비열등해들 중에서 최적 TQC는 아니라 하더라도 의사결정자가 현재 효과적인 한 방법을 선택적으로 적용하여 최적의 효과를 보장 받을 수 있을 것이다. 향후 硏究課題로서는 의사결정자와 직접 대화를 통한 費用構成間의 目標値들을 고려하여 분석하므로서 더욱 탄력적인 生産시스템의 品質費用을 產出 할 수 있을 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

1. 고복수외1(1990), "품질책임을 위한 품질비용최적화에 관한연구", 한국품질관리학회,제18권 제1호, pp.116-128.
2. 박성현(1985), 회귀분석, 대영사.
3. 백방선(1989) 품질관리론, 무역경영사.
4. 이순요(1980), 원가절감실무, 공업경영사.
5. 이순용(1988), 현대품질관리론, 법문사.
6. 이순용(1985), 품질코스트 행태의 분석, 동국대 경영학연구, 제15권 제1호, pp.1-36.
7. Besterfield,D.H(1990), Quality Control, Prentice-Hall.
8. Campanella,J & Corcoran,F.J(1983) "Principles of Quality Costs" Quality progress, April, pp.16-22.
9. Chankong & Haimes, Multiobjective Decision Making, North-holland, N.Y.,Amsterdam, pp.113-276.
10. Cohon,J.L.(1978). Multiobjective Programming and Planning, Academic, N.Y, pp.118.
11. Feigenbaum,Total Quality Control, op.cit., 3rd ed.
12. Goicoechea,A(1982), Multiobective Decision Analysis with Engineering & Business Applications, John Wiley & Sons Inc., N.Y., pp.54-57.
13. Juran,J.M & Gryna,F.M Jr(1980) "Quality Planning & Analysys", 2nd ed. McGraw - Hill.