

EXTOPSIS 모형을 이용한 다중특성치의 파라미터설계

배영주 · 김광수
 충주산업대학교 산업공학과
 이진규
 동국대학교 산업공학과

The Parameter Design of Multiple Characteristics
 Using EXTOPSIS Model

Young-Ju Bae · Kawng-Soo Kim
 Dept. of Industrial Engineering, Chung-Ju National University
 Jin-Gue Lee
 Dept. of Industrial Engineering, Dongguk University

Abstract

Taguchi's parameter design is to determine optimal settings of design parameters of a product or a process such that the characteristics of a product exhibit small variabilities around their target values. His analysis of the problem has focused only on a single characteristic or response, but the quality of most products is seldom defined by a characteristic, and is rather the composite of a great number of characteristics which are often interrelated and nearly always measured in a variety of units. The critical problem in dealing with multiple characteristics is how to compromise the conflicts among the selected levels of the design parameters for each individual characteristic.

In this paper, the EXTOPSIS Model using SN ratio which can be optimized by univariate technique is proposed and a parameter design procedure to achieve the optimal compromise among several different response variables is developed. Two existing case studies are solved by the proposed method and the results are compared with ones by the sum of SN ratios, the expected weighted loss, and the desirability function.

1. 서론

제품의 설계와 제조에 있어서 제품성능변동에 영향을 주는 요인들은 온도, 압력, 설비의 배합비 등과 같이 실험자가 그 값들을 제어할 수 있는 설계인자(design factors)와 각 가정의 전압의 불규칙성 등과 같은 제품의 사용방법, 원자재 규격으로 부터의 약간의 차이, 온도, 습도 등과 같은 제조, 공정 환경조건과 같이 실험자가 제어할 수 없는 인자인 잡음인자(noise factors)로 분류된다. 제품의 품질향상과 원가절감을 효율적으로 관리하기 위해서 다구찌(田口玄一)는 품질을 손실의 개념으로 파악하고 이를 정량화 하는데 있어 직교배열의 실험계획을 이용하여 데이터를 얻고 이 데이터로부터 유도된 SN비(signal-to-noise ratio)를 사용하여 분석하므로써 잡음 그 자체를 통제하거나 제거하기 보다는 제품의 성능특성치가 잡음에 둔감하도록, 즉 안정성이 있도록 설계인자들의 최적조건을 찾는 파라미터 설계(parameter design, robust design)를 제안하였다[4, 13].

파라미터 설계에 대한 다구찌 방법은 소비자의 사용환경에서 제품의 기능변동을 강제적으로 줄이는 방법이며 연구실 실험에서의 최적인 결과가 그대로 현장에서도 최적인 결과가 되는 재현성(reproducibility)을 갖는 방법으로 개선의 여지를 갖는 품질기술의 새로운 기법으로서 합리적이고 체계적인 실험과 해석방법으로 기존의 제품과 공정을 어떻게 개량하고 신제품과 공정을 어떻게 설계하는가에 대한 중요한 정보를 제공할 뿐만 아니라 불확실한 환경조건하에서 의사결정에 대한 경험적인 응용이 가능하다고 [10, 13].

최근에 산업기술자, 통계학자, 품질공학자들은 목표치(target value)에서 변동을 최소화하고 평균을 가능한 한 목표치에 접근시킬 수 있는 설계변수의 최적조건을 찾기 위해 다구찌 방법의 근본적인 목적을 유지하면서 다구찌 방법보다 더 효과적인 다른 기법을 개발하기 위하여 많은 노력을 기울이고 있다[2, 3, 5, 6, 8, 10].

제품의 성능을 나타내는 변수를 성능특성치라 하며 이를 간단히 특성치라 하는데, 하나의 제품은 적어도 하나 이상의 특성치를 갖는다. 예를 들면, 합성섬유제품인 경우 인장강도, 선도, 촉감, 염색성 등과 같이 하나의 제품이지만 여러개의 특성치를 갖는다. 다구찌는 특성치가 하나인 단일특성치인 경우의 파라미터설계 방법에 대해서는 많은 언급을 하고 있으나 특성치가 다수인 다중특성치(multiple characteristics)인 경우의 안정성 설계방법에 대해서는 구체적인 방법제시는 없고, 단지 단일특성치에 적용되는 방법들을 쉽게 확장시켜 적용할 수 있다고만 언급하고 있다. [11, 13]

그러나 다중특성치의 경우 단일특성치일 때는 나타나지않던 문제가 발생하게 되는데, 이는 다중특성치의 경우 특성치마다 설계변수의 최적조건이 다르게 나타나는 상충(conflict)현상이 발생하게 된다. 특성치나 설계변수의 수가 증가하면 증가할 수록 이러한 현상이 발생할 가능성은 더욱 커진다[2, 3, 5]. 이와 같은 다중특성치의 파라미터 설계를 하는데 있어 이러한 상충현상을 어떤 관점에서, 어떻게 효율적으로 절충(compromise)하여 상충인자의 최적조건을 결정하느냐의 문제는 매우 현실적인 문제가

며 이에대한 관심과 중요성이 증대되고 있다.

따라서 본 연구에서는 특성치가 다수인 경우의 파라미터설계를 하는데 있어 다구찌의 기본개념은 그대로 적용하면서 상충현상이 발생하면 이것을 절충할 수 있는 효과적인 계량적 측도를 제시하고, 이 측도를 기준으로 상충된 다수의 특성치에 대한 최적수준을 결정하기 위한 체계적인 파라미터 설계절차를 개발하고자 한다. 또한 기존의 실제사례를 통하여 제시된 방법과 기존의 다중특성치의 파라미터설계 방법들을 비교 분석하고자 한다.

2. EXTOPSIS 모형

일반적으로 하나의 제품에는 다수의 특성치가 있는데 이러한 다중특성치의 최적수준결정문제는 고려중인 여러가지 대안들, 즉 가능해 들의 집합으로부터 최적조건을 선택하는 과정으로 정의된다.

즉, 다중특성치 변수설계시 발생하는 상충현상을 효율적으로 절충하기 위한 방법은 선호정보(perference information)에 의하여 유한개의 대안들의 집합으로부터 최적대안을 선정하는 방법이다[김성희, 1988].

2.1 TOPSIS 모형의 기초개념

Yoon (1980)은 최종적으로 선택된 대안은 이상해(ideal solution)로부터 가장 가깝고 반이상해(negative ideal solution)로부터 가장 멀어야 한다는 개념하에 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)를 개발하였다 [Singpurwalla, N. D. 1992].

각 특성치는 선형증가(혹은 선형감소) 효용함수를 가진다고 가정한다. 이에 의해 이상해와 반이상해는 각 평가요소에 있어서 가장 좋은 평가치와 가장 나쁜 평가치로 구성한다. 기하학적으로 볼 때 이상해로부터 가장 가까운 대안이라고 할 지라도 반이상해로부터 다른 대안들보다 더 가까울 수가 있다. 따라서 TOPSIS에서는 이상해와 반이상해를 동시에 의사결정의 기준점으로 고려하여 상대적 근접도(relative closeness)를 산출함으로써 최선의 절충해 결정이 불가능한 경우를 방지한다.

본 연구에서는 상충관계를 갖는 다수의 특성치에서 복잡하고 어려운 최적수준 결정문제 즉, 절충문제를 현실적 적용이 용이한 준거체계로 다구찌의 기본개념을 유지하면서 TOPSIS모형을 확장시킨 EXTOPSIS(Extended TOPSIS)모형을 개발하여 효율적인 다중특성치의 파라미터 설계절차를 개발하고자 한다.

2.2 EXTOPSIS Algorithm

m 개의 대안(상충인자의 수준조합)과 이와 관련된 n 개의 특성치에서 상충인자와 유의한 인자의 수준조합 실험영역에서 SN비 추정치 행렬 D 를 다음과 같이 정의한다.

$$D = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \cdots & X_j & \cdots & X_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \left[\begin{array}{cccccc} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{array} \right. \end{matrix}$$

여기서, A_i = 상충인자들의 i 번째 조합

x_{ij} = A_i 에서 j 번째 특성치의 SN비 추정치

EXTOPSIS에서는 상충인자 SN비 행렬의 각 특성치는 단조증가 효용함수를 갖는다고 가정한다. 즉, 신행효용함수에 따른 다른 가정은 다구찌 방법에 의하여 구한 SN비 평가치를 설계자가 자신의 주관적 선호특성을 고려하지 않고 SN비를 그대로 수용한다는 것을 전제로 각 특성치의 SN비가 크면 선호도가 증가하고 SN비가 작으면 선호도가 감소하는 것을 의미한다.

[단계 1] 상충인자 SN비 행렬의 정규화

이 단계에서는 각 특성치별 상충인자의 수준조합에서 SN비 추정치를 무차원(nondimensional)요인으로 변환시키는 과정으로서 각 특성치에서의 결과치를 총 결과벡터의 norm으로 나눈다. 정규화(normalized)된 상충인자 수준조합에서 SN비 추정치 행렬 R 의 원소 r_{ij} 는 식(1)에 의해 얻어지며 행렬 R 은 다음과 같다.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \tag{1}$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

여기에서 각 요소치는 길이가 1인 단위벡터를 갖는다.

[단계2] 정규화된 상충인자의 SN비 행렬에 가중치(weight) 부여

이 단계에서는 의사결정자가 각 특성치에 대해 부여한 가중치가 상충인자 SN비 행

렬에 포함된다.

① 가중치를 부여하는 방법

상충인자들의 i 번째 조합에서 특성치 j 에 대한 평가치 P_{ij} 는 제품의 최적수준결정에 대한 정보를 어느정도 포함하고 있기 때문에 특성치 j 에서 평가치의 정보의 양은 엔트로피(entropy)로 측정할 수 있다.

따라서 m 개의 상충인자들의 수준조합과 n 개의 특성치를 갖는 상충인자의 SN비 행렬 D 가 주어져 있을 때 i 번째 조합의 특성치 j 에 대한 평가치 P_{ij} 는 식(2)로 정의 된다 [김성희, 1988].

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, m \\ j=1, 2, \dots, n \end{matrix} \tag{2}$$

특성치 j 에서 평가치에 대한 엔트로피 E_j 는 식(3)과 같다.

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \log P_{ij}, \quad j=1, 2, \dots, n \tag{3}$$

여기에서 $k = 1/\log m$ 이며 이때 $0 \leq E_j \leq 1$ 이다.

특성치 j 에서의 평가에 의해 제공되는 정보의 다양성의 정도 (degree of diversification) d_j 는 식(4)와 같다.

$$d_j = 1 - E_j, \quad j=1, 2, \dots, n \tag{4}$$

j 번째 특성치에 대한 가중치 w_j 는 식(5)로 구한다.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \quad j=1, 2, \dots, n \tag{5}$$

만약 품질공학자가 사사제품의 선호도를 끌어올리기 위하여 j 번째 특성치에 대한 상대적 중요도를 고려하여 가중치를 s_j 로하여 변수설계를 하고자 할 때 가중치 w_j^* 는 식(6)과 같이 구한다.

$$w_j^* = \frac{s_j w_j}{\sum_{j=1}^n s_j w_j}, \quad j=1, 2, \dots, n \tag{6}$$

따라서 가중치를 부여한 정규화된 상충인자 SN비 행렬 V 의 원소 v_{ij} 는 식(7)에 의해 얻어지며 행렬 V 는 다음과 같다.

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n$$

$$V = RW, \quad W = \begin{bmatrix} w_1 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & & w_n \end{bmatrix} \tag{7}$$

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1j} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2i} & \dots & v_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ v_{i1} & v_{i2} & \dots & v_{ij} & \dots & v_{in} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mj} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_j r_{1j} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_j r_{2i} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_1 r_{i1} & w_2 r_{i2} & \dots & w_j r_{ij} & \dots & w_n r_{in} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_j r_{mj} & \dots & w_n r_{mr} \end{bmatrix}$$

[단계 3] 이상해와 반이상해의 결정.
 이상해 A^+ 와 A^- 는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} A^+ &= \{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), \quad i=1, 2, \dots, m \} \\ &= \{ v_1^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+ \} \\ A^- &= \{ (\min_i v_{ij} \mid j \in J), \quad i=1, 2, \dots, m \} \\ &= \{ v_1^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^- \} \end{aligned}$$

여기서 $J = \{ j=1, 2, \dots, n \mid j \text{는 SN비 최대화와 관련된 요소} \}$

위에서 구한 A^+ 와 A^- 는 각각 가장 선호도가 높은 각 특성치별 상충인자의 수준조합과 가장 선호도가 낮은 각 특성치별 상충인자의 수준조합을 나타내게 된다.

[단계 4] 간격측도(separation measure)의 계산

각 대안의 이상해로 부터의 거리 S_i^+ 와 반이상해로 부터의 거리 S_i^- 를 식(8, a) (8, b)에 의하여 구한다.

$$S_i^+ = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2 \right]^{1/2}, \quad i = 1, 2, \dots, m \tag{8, a}$$

$$S_i^- = \left[\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2 \right]^{1/2} \tag{8, b}$$

[단계 5] 상대적 근접도(relative closeness)의 계산

대안 A_i 의 이상해 A^+ 에 대한 상대적 근접도 C_i^+ 는 식(9)에 의하여 구한다.

$$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-), \quad 0 \leq C_i^+ \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, m \tag{9}$$

만약 대안 A_i 가 이상해 A^+ 에 가까워지면 C_i^+ 는 1에 접근하며, 대안 A_i 가 반이상해 A^- 에 가까워지면 C_i^+ 는 식(9)에 의하여 구한다.

[단계 6] 최적수준의 결정

상대적 근접도 C_i^+ 의 크기에 따라 상충인자의 수준조합에 대한 최적수준을 결정하는데 C_i^+ 가 큰 대안이 이상해에 근접해 있음을 의미하므로 C_i^+ 가 가장 큰 상충인자 수준조합을 최적수준으로 결정한다.

3. 다중특성치의 파라미터 설계방법

다중특성치의 파라미터설계를 할 경우에 단일특성치와 마찬가지로 각 특성치 별로 변수설계를 행하는데, 이때 각 특성치별로 얻어진 설계변수의 최적수준이 모두 일치한다면 상충현상이 없는 경우이므로 절충방법을 생각할 필요는 없다.

그러나, 많은 경우 특성치별로 얻은 설계변수들의 최적수준이 일치하지 않는 상충현상이 발생하게 된다. 이러한 상충현상은 단지 단일특성치에 적용되는 방법으로는 해결할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 그러므로 어떻게 효율적으로 이러한 상충현상을 절충하여 주느냐가 중요한 문제가 된다.

3.1 다중특성치의 절충방법

다중 특성치의 파라미터설계를 위하여 다구찌의 기본개념을 토대로 각 특성치별로

분석대상에 대한 분산분석을 행하고 얻어진 각 특성치들 간의 최적수준을 비교하여 설계변수를 분류[박성현, 1990] 한 것을 <표 1>과 같이 재분류하였다.

1군은 각 특성치의 SN비와 망목특성치의 평균이 모두 유의하지않은 인자이므로 경제성이나 작업난이도, 편리성에 따라 수준이 정해지고, 2군은 각 특성치의 SN비가 모두 유의하지만 비상충인자이므로 각 특성치에 대한 최적수준이 그대로 최적수준이 된다. 3군은 각 망소, 망대 특성치의 SN비가 유의하고 망목특성치의 평균이 유의하지만 비상충인자이므로 최적화 단계에서 수준을 결정하고, 망목 특성치는 조정단계에서 조정이 되지않을 경우 6군, 7군에 포함시켜 다시 검토하여 결정한다. 4군은 2개 이상씩 각각 특성치가 유의하고 상충인자이므로 절충단계에서 제시된 EXTOPSIS절차를 이용하여 최적수준을 결정한다.

< 표 1 > 파라미터 설계인자의 분류

군	특성치	통계적 유의성		상충현상	인자의 유형	결정단계
1	NTB	SN비, 평균	유의하지않음	-	비상충인자	적절한 수준선택
	STB(LTB)	SN비	유의하지않음	-		
2	NTB	SN비	유의	비상충		
	STB(LTB)	SN비	유의	비상충		최적화단계
3	NTB	평균만	유의	비상충		
	STB(LTB)	SN비	유의	비상충		
4	NTB STB(LTB)	SN비	유의	비상충		상충인자
		SN비	유의	상충		
		SN비	유의	상충		
		SN비	유의	비상충		
		SN비	유의	상충		
		SN비	유의	상충		
5	NTB	평균만	유의	상충	잠재적 상충인자	조정단계
	STB(LTB)	SN비	유의	상충		
6	NTB	평균만	유의	비상충		
	STB(LTB)	SN비	유의하지않음	-		
7	NTB	평균만	유의	상충		
	STB(LTB)	SN비	유의하지않음	-		

여기서

NTB : 망목특성치

STB : 망소특성치

LTB : 망대특성치

5군은 각 망소 망대 특성치의 SN비가 모두 유의하고 망목 특성치의 평균도 유의하며 상충인자이므로 절충단계에서 절충해야 한다. 6군은 각 특성치의 SN비는 유의하지 않고 망목특성치의 평균에만 유의하며 비상충인자 이므로 조정단계에서 감도분석을 통하여 특성치를 목표치에 조정할 수 있다. 7군은 각 특성치의 SN비는 유의하지 않고 다수의 망목특성치의 평균에 유의하며 상충현상이 발생하기 때문에 잠재적 상충

인자로 조정단계에서 3군과 6군의 조정인자로서 목표치의 조정이 되지않는 경우에 조정인자로 이용한다.

따라서 SN비에 의한 파라미터 설계방법은 망소나 망대특성치일 경우 가능한 SN비가 최대가 되도록 선택하고 망목특성치일 때는 2단계 최적화 과정을 통해 조정후 기대손실을 최소화하는 인자조건을 최적조건으로 결정한다. 그러므로 조정인자가 되는 6군, 7군은 최적화나 절충단계에서 수준을 결정하지 않고 조정단계에서 수준을 결정하는 것이 합리적이다. 그리고 절충단계에서 상충현상을 일으키는 인자중에서 망목특성치의 평균에만 유의한 조정인자를 별도로 구분하지 않으며 상충현상이 생기지 않는 인자를 최적수준으로 고정한 상태에서 상충인자를 절충한다.

본 연구에서는 상충인자들을 절충할 수 있는 측도로서 EXTOPSIS 알고리즘의 체계적 절충절차를 이용하고자 한다.

i 번째 상충인자 수준조합 에서 이상해 A^+ 에 대한 상대적 근접도 C_i^+ 는

$$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-)$$

$$0 \leq C_i^+ \leq 1 \quad i=1, 2, \dots, m$$

만약 상충인자 수준조합 i 가 이상해 A^+ 에 가까워지면 C_i^+ 는 1에 접근하며 상충인자 수준조합 i 가 반이상해 A^- 에 가까워 지면 C_i^+ 는 0에 접근하게 된다.

C_i^+ 는 주어진 다구찌방법의 실험에서 상충인자의 실험조건을 결정하는 측도로서 C_i^+ 가 클수록 목표치에 근접된 값이므로 EXTOPSIS를 이용한 다중특성치 파라미터 설계방법은 상대적근접도 C_i^+ 를 최대로하는 상충인자 수준조합을 찾는 것이다.

3.2 다중특성치의 파라미터 설계절차

다중특성치의 파라미터 설계절차는 다음과 같다.

[단계1] 특성치별 파라미터설계

다구찌의 단일특성치의 파라미터 설계절차에 따라 고려되는 특성치의 총수가 r 개일 때 각 특성치별 분산분석을 행하여 유의한 영향이 있는 설계인자를 찾고 SN비가 최대가 되는 설계인자의 최적수준을 결정한다. 단, 망목특성치인 경우는 \bar{y} 에 유의한 영향을 주는 인자의 수준도 찾아낸다.

[단계2] 설계인자의 분류

[단계 1]에서 얻어진 각 특성치별 최적수준의 설계변수들이 서로 어떤 관계에 있는가를 <표 1>과 같이 분류한다. 만일 각 특성치별 최적수준이 모두 일치하면 최적수준이 결정된다. 또한 교호작용이 있으면 주효과보다 우선적으로 고려한다.

[단계3] 최적화 단계

각 특성치의 SN비나 망목 특성치의 평균에 유의한 인자중 비상층 인자인 군(2군, 3군)은 SN비를 최대화 하는 설계인자의 수준을 최적수준으로 결정한다.

[단계4] 절충단계

각 특성치의 SN비에 유의한 인자중 상충현상이 발생하는 군 (4군, 5군)이 있으면 EXTOPSIS 절충절차를 통한 상대적 근접도 C_i^* 를 최대화 하는 상충인자 수준조합을 최적수준으로 결정한다.

[단계5] 조정단계

- (1) 망목 특성치별로 독립적인 하나 이상의 조정인자(6군)가 있는 경우, 각 특성치에 대하여 가장 큰 감도를 가지는 조정인자를 택하여 각 특성치별로 평균에 조정할 수 있다.
- (2) 특성치별로 다른 특성치와 중복되는 조정인자(6군)가 있는 경우

$$y_j(a, c) = m_j, j=1, 2, \dots, n$$

단, a : 조정인자

c : 조정인자를 제외한 설계변수

$y_j(a, c)$: j 번째 특성치의 설계인자들로 이루어진 스칼라

m_j : j 번째 특성치의 목표치

를 검토하여 잠재적 상충현상이 발생하는지 파악한 후에 목표치에 조정한다.

- (3) (2)에서 조정이 안되면 3군을 포함시켜 검토하여 조정한다.
- (4) (3)에서 조정이 안되면 7군을 포함시켜 검토하여 조정한다.
- (5) (4)까지 조정이 안되면 5군까지 포함시켜 상충현상을 고려하여 조정한다.

[단계6] 최적수준 결정단계

1군에 포함된 설계인자의 수준은 경제성, 작업의 난이도, 편리성을 고려하여 결정한 수준과 [단계1]~[단계5]의 절차를 통하여 결정된 수준조합을 검토하여 설계인자의 최적수준조합을 결정한다.

4. 기존 사례에의 적용

제시된 다중특성치의 파라미터설계방법에 대한 타당성을 보이기 위하여 망소, 망대, 특성치로만 이루어진 사례와 망목특성이 포함된 사례를 선정하여 재분석하고 기존의 방법과 비교하고자 한다[2, 3, 9].

4.1 자동차 액정계기판의 직접소자 성능개선 사례

Pirrung(1986)의 직접소자의 성능개선 사례로서 액정계기판의 특성치를 다음과 같이 두 개로 선택할 수 있다.

< 표 2 > 설계인자와 수준

factors	level
A	4 levels(D1, H-20-E, 88-1, H-20E-175)
B	2 levels(90min @ 90°C, 60min @ 120°C)
C	2 levels(Cu, Hi)
D	2 levels(Yes, No)
E	2 levels(Tin, Silver)

① 결합부위의 전기적 저항(망소 특성치)
허용규격치는 3000(ohms)

② 직접소자의 결합력(망대 특성치)
허용규격치는 300(pounds)

고려되는 설계변수와 수준을 <표 2>에 나타내었다.
직교배열 $L_8(2^7)$ 에 할당하여 실험한 결과는 <표 3>과 같다.

< 표 3 > 실험의 결과

exp. No.	A	B	C	D	E	SN ratio (1)	SN ratio (2)
	1	2	3	4	5		
1	1	1	1	1	1	-23.42	56.35
2	1	2	2	2	2	-53.44	54.67
3	2	1	1	2	2	-15.02	55.40
4	2	2	2	1	1	-56.34	59.09
5	3	1	2	1	2	-73.51	58.98
6	3	2	1	2	1	-20.00	57.99
7	4	1	2	2	1	-58.99	54.67
8	4	2	1	1	2	-15.76	59.30

[단계 1] 특성치별 파라미터 설계

각 분석 대상별로 SN비 분산분석을 행하여 유의수준 5%에서 유의한 인자를 찾아서 SN비가 최대가 되는 설계인자의 최적수준을 결정한 결과가 <표 4>와 같다.

< 표 4 > 특성치별 최적수준

facteur	characteristic-1		characteristic-2	
	SN ratio	optimal level	SN ratio	optimal level
A1	-38.43	○	55.51	○
A2	-35.68		57.25	
A3	-46.76		58.49	
A4	-37.38		56.99	
B1	-42.74	○	56.35	○
B2	-36.39		57.76	
C1	-18.55	○	-	-
C2	-60.57			
D1	-42.26	○	58.43	○
D2	-36.86		55.68	
E	-	-	-	-

[단계 2] 설계인자의 분류

<표 4>에서 보면 특성치 (1)의 최적수준은 A₂B₂C₁D₂ 이고 특성치 (2)의 최적수준은 A₁B₂D₁ 이다. 단, 특성치 (2)의 인자 A는 유의수준이 0.05보다 크지만 거의 0.05에 가까운 값이므로 유의한 인자에 포함시켰다. 설계변수들을 분류하면 다음과 같다.

인자 A : 4군, 인자 B : 2군, 인자 C : 2군, 인자 D : 4군, 인자 E : 1군

[단계 3] 최적화 단계

인자 B, C는 2군에 속하므로 최적수준을 인자 B는 2수준, 인자 C는 1수준으로 결정한다.

[단계 4] 절충 단계

인자 A와 D는 4군에 속하는 상충인자이므로 이 인자들의 각 수준과 유의한 인자 조합에 대하여 두 특성치 SN비를 추정하면 <표 5>와 같다.

< 표 5 > 상충인자 조합에서의 각 특성치별 SN 비 추정치

No.	A	D	SN ₁	SN ₂
1	1	1	-16.95	57.58
2	1	2	-11.55	54.83
3	2	1	-14.20	59.32
4	2	2	- 8.80	56.57
5	3	1	-25.28	60.56
6	3	2	-19.88	57.81
7	4	1	-15.90	59.06
8	4	2	-10.50	56.31

위의 <표 5>에서 SN₁, SN₂열의 각 추정치 들은 특성치(1), (2)에서 상충인자와 유의한 인자의 수준조합조건에서의 추정치로서 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} \hat{x}_{11} &= \bar{A}_1 + \bar{B}_2 + \bar{C}_1 + \bar{D}_1 - 3\bar{T} \\ &= (-38.43) + (-36.39) + (-18.55) + (-42.26) - 3(-39.56) \\ &= -16.95 \end{aligned}$$

나머지 추정치들도 위와 같은 방법으로 구한다.

본 연구에서 제안한 절충방법인 EXTOPSIS절차를 사용하여 절충하고자 할 때 SN₁, SN₂ 추정치가 상충인자조합과 유의한 인자조합에서의 특성치별 행렬 D가 된다. 이 행렬 D를 가지고 EXTOPSIS 절차를 통하여 행렬 V를 얻은 결과는 다음과 같다.

$$V = RW = \begin{bmatrix} 0.3702 & 0.3524 \\ 0.2522 & 0.3354 \\ 0.3100 & 0.3630 \\ 0.1922 & 0.3462 \\ 0.5520 & 0.3706 \\ 0.4342 & 0.3538 \\ 0.3472 & 0.3614 \\ 0.2292 & 0.3446 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ 0 & 0.5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.1851 & 0.1762 \\ -0.1261 & 0.1677 \\ -0.1550 & 0.1815 \\ -0.0961 & 0.1731 \\ -0.2760 & 0.1853 \\ -0.2171 & 0.1769 \\ -0.1736 & 0.1807 \\ -0.1146 & 0.1723 \end{bmatrix}$$

정규화된 행렬 R에 가중치를 부여한 V는 기존사례와의 비교를 위하여 각 성능특성치에 각각 0.5의 가중치를 부여하여 계산하였다. 또한 간격척도 S_i⁺, S_i⁻와 이상해로 부터의 각 A_i에 대한 상대적 근접도 C_i⁺를 구한 결과는 <표 6>과 같다.

< 표 6 > 상충인자 수준조합별 간격척도와 상대적 근접도

No	$S_i^+ = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^+)^2}$	$S_i^- = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^-)^2}$	$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-)$
1	0.0895	0.0913	0.5052
2	0.0343	0.1499	0.8117
3	0.0591	0.1218	0.6733
4	0.0122	0.1800	0.9365*
5	0.1790	0.0175	0.0888
6	0.1213	0.0597	0.3297
7	0.0777	0.1032	0.5707
8	0.0227	0.1614	0.8769

* : Optimum value

<표 6>의 결과를 보면 4번째 상충인자의 수준조합인 A_2D_2 가 $C_1^+ = 0.9365$ 로 가장 크므로 상충인자의 최적수준조합은 A_2D_2 가 된다.

[단계5] 조정단계

본 사례에서는 항목특성치가 없으므로 조정할 필요가 없다.

[단계6] 최적수준결정단계

인자 E는 1군에 속하므로 경제성, 작업의 난이도, 편리성 등을 고려하여 정하면 된다. 따라서 EXTOPSIS 절충모형을 통한 다중특성치의 파라미터 설계를 위한 사례분석 결과 설계인자의 최적수준은 $A_2B_2C_1D_2$ 이다.

각 특성치의 전변동에 대한 기여율을 기준으로한 Pirrung(1986)의 결과와 SN비의 호감도 함수를 이용한 서순근, 최종덕(1994)의 경우 설계인자의 최적수준은 $A_2B_2C_1D_2$ 이지만 다구찌의 SN비합을 이용한 방법과 동승훈(1990)의 기대가중손실을 이용한 결과와 본 연구의 결과에 의한 설계인자 최적수준은 $A_2B_2C_1D_2$ 임을 알수 있다[2, 3, 9].

본 연구의 결과와 호감도함수, 기대가중손실 및 SN비의 합에 의한 결과를 비교하여 보면 <표 7>과 같다.

< 표 7 > 절충결과의 비교

No.	D_i	sum of SN ratios	expected weighted loss	EXTOPSIS
1	0.6222	40.63	49.5450	0.5052
2	0.4368	43.28	14.2889	0.8117
3	0.8047	45.12	26.3027	0.6733
4	0.6222	47.77*	7.5858*	0.9365*
5	0.7308	35.28	337.2873	0.0888
6	0.6057	37.93	97.2747	0.3297
7	0.7584	43.16	38.9045	0.5707
8	0.5810	45.81^	11.2202^	0.8769^

* : optimum value

4.2 양면 SMT 전자조립 작업에서 땀납개선 사례

항목 특성치가 다수가 있는 경우는 조정단계가 복잡하여지지만, 이런 사례는 드물게 나타난다. 이 중에서 Peace(1993)의 땀납개선 사례를 선택하여 제시된 방법의 적용 가능성을 입증하기 위해 재분석하고자 한다[박성현, 1990]. 성능특성치들을 다음과 같이 3가지를 선정하여 실험하였다.

- (1) 땀납의 질량(항목 특성치)
 - 목표치 = 4.3 grams
 - 허용규격치 = ± 2.0 grams

(2) 뿔납의 높이 (뿔납 특성치)

목표치 = 10 mils

허용규격치 = ±4 mils

(3) 접착력(뿔대 특성치)

허용규격치 = 8 inch-ounces

고려되는 인자는 A, B, C, D, E, F의 6개 인자를 선정하고, 이때 인자 A와 B의 교호작용의 효과도 알고자 하였다. 수준을 모두 2수준으로하여 $L_8(2^7)$ 직교배열에 할당하고 두 개의 잡음을 고려하여 두 번 반복실험을 행한 관측치의 결과는 <표 8>에 주어져 있다.

< 표 8 > 양면 SMT조립 실험

exp. No.	A						solder paste mass				solder paste height				glue torque				
	×						M1		M2		M1		M2		M1		M2		
	A	B	B	C	D	E	F	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2	N1	N2
1	1	1	1	1	1	1	1	4.15	3.42	3.95	3.80	11.00	10.62	8.85	11.00	15.90	12.95	11.60	13.55
2	1	1	1	2	2	2	2	4.13	4.46	4.13	3.33	9.23	9.56	9.23	7.73	15.33	13.66	13.50	10.70
3	1	2	2	1	1	2	2	3.15	3.12	2.97	2.02	11.28	11.58	9.13	9.78	15.02	13.29	10.74	10.39
4	1	2	2	2	2	1	1	2.99	2.29	2.63	2.64	11.15	10.80	11.15	11.15	16.55	13.60	14.70	14.20
5	2	1	2	1	2	1	2	4.22	4.52	4.87	4.07	11.97	11.92	12.27	10.77	19.35	19.70	20.80	18.00
6	2	1	2	2	1	2	1	5.74	6.73	6.53	6.38	8.90	9.55	7.05	9.20	18.48	20.11	17.46	19.41
7	2	2	1	1	2	2	1	4.72	5.70	5.35	5.35	13.19	13.84	13.49	13.49	20.95	22.58	22.38	21.88
8	2	2	1	2	1	1	2	3.27	3.57	4.07	3.12	5.72	5.67	3.87	4.52	12.92	13.27	11.92	11.57

각 특성치별 최적수준을 정리하여 <표 9>에 나타내었다.

<표 9>에서 보면 특성치 (1)의 최적수준은 $A_2B_1F_1$ 이고, 특성치 (2)의 최적수준은 $B_2D_2F_1$ 이며 특성치(3)은 최적수준이 A_2 이다. 단, <표 9>에서 괄호로 표기된 인자는 유의하지는 않지만 거의 유의수준에 가깝기 때문에 유의하다고 간주하였다. 따라서 설계변수들을 분류하면 다음과 같다.

A : 2군 , B : 4군 C : 6군, D : 2군, E : 6군, F : 2군

< 표 9 > 특성치별 최적수준

factor	solder paste mass			solder paste height			glue torque	
	SN ratio	opt. level	sensitivity (S ₁)	SN ratio	opt. level	sensitivity (S ₂)	SN ratio	opt. level
A ₁	18.504		10.268	23.951	-	20.139	22.388	
A ₂	21.512	○	13.569	22.918		19.147	24.971	○
B ₁	21.415	○	13.164	20.910		19.863	23.979	-
B ₂	18.600		10.673	25.959	○	19.423	23.380	
C ₁	20.115	-	11.989	24.538	(○)	21.164	24.138	(○)
C ₂	19.901		11.848	22.331		18.122	23.220	
D ₁	19.539		11.884	17.899		18.315	22.826	
D ₂	20.476	(○)	11.953	28.970	○	20.971	24.532	(○)
E ₁	20.393	(○)	10.964	23.958	-	19.103	23.337	
E ₂	19.623		12.873	22.911		20.183	24.022	-
F ₁	21.708	○	12.640	27.008	○	20.634	24.513	-
F ₂	18.308		11.197	19.862		18.652	22.846	
A ₁ B ₁	20.151		11.855	20.414		19.659	22.345	
A ₁ B ₂	16.853	-	8.681	27.488	-	20.620	22.430	-
A ₂ B ₁	22.679		14.473	21.407		20.066	25.613	
A ₂ B ₂	20.335		12.665	24.430		18.227	24.330	

인자 A와 D, F는 2군에 속하므로 최적수준으로서 인자 A와 D는 각각 2수준, 인자 F는 1수준으로 설정할 수 있다. 인자 B는 4군에 속하는 상충인자이므로 각 수준별 SN비를 추정하면 <표 10>과 같다.

< 표 10 > 상충인자 조합에서 각 특성치별 SN비 추정치

B	SN ₁	SN ₂	SN ₃
1	24.6194	30.0189	-
2	21.8047	35.0675	-

EXTOPSIS모형에서의 상대적 근접도 C_i^+ , 전체호감도 D_j , 기대가중손실함수 및 SN비 합에 의한 절충결과를 <표 11>에 정리하였다.

< 표 11 > 절충결과의 비교

No.	EXTOPSIS	D_j	sum of SN ratios	expected weighted loss
1	0.4380	0.7587	54.6384	7.2142*
2	0.5616*	0.7721*	56.8722*	7.2508

<표 11>에서 보면 본연구의 결과와 전체호감도, SN비의 합이 일치하고 있으나 기대 가중손실은 다르게 나타난다. 특성치(1)과 특성치(2)는 망목특성치이므로 민감도의 분산분석결과 C와 E는 6군에 속하는 조정인자이므로 유의한 비상충인자의 최적수준과 조정된 상충인자의 수준에서 평균치를 추정하여 목표치에 접근하도록 구한 설계 변수들의 최적수준은 A₂B₂D₂F₁이 된다.

이전의 두 사례분석은 이미 언급한 바와같이 기존의 다중특성치 파라미터설계와 비교하기 위하여 각특성치에 동일한 가중치를 부여하여 절충한 파라미터설계에 의한 사례분석이었다. 앞의 두사례를 본연구에서 제시한 EXTOPSIS를 이용하여 분석해 보고자 한다.

자동차 액정계기판의 직접소자 성능개선 사례의 파라미터 설계절차[단계1]~[단계3]은 동일하며 <표 5>에서 SN₁, SN₂열의 각 성능특성치별 SN비 추정치가 의사결정행렬 D가 된다. 행렬 D에 각 성능특성치별 가중치를 부여하는 방법은 다음과 같다.

D행렬의 각 요소를 특성치별로 수치가 클수록 높은 선호도를 갖는 요소와 수치가 작을수록 높은 선호도를 갖는 요소를 비례적으로 선형변환(linear scale transformation)시켜 식(2)에 의해 P_{ij}의 평가치를 구하면 각각 다음과 같다.

$$D = \begin{bmatrix} -16.95 & 57.58 \\ -11.55 & 54.83 \\ -14.20 & 59.32 \\ -8.80 & 56.57 \\ -25.28 & 60.56 \\ -19.88 & 57.81 \\ -15.90 & 59.06 \\ -10.50 & 56.31 \end{bmatrix} \quad D' = \begin{bmatrix} 0.5192 & 0.9508 \\ 0.7619 & 0.9054 \\ 0.6197 & 0.9795 \\ 1 & 0.9341 \\ 0.3481 & 1 \\ 0.4427 & 0.9546 \\ 0.5535 & 0.9752 \\ 0.8381 & 0.9298 \end{bmatrix}$$

$$P = \begin{bmatrix} 0.1021 & 0.1246 \\ 0.1499 & 0.1187 \\ 0.1219 & 0.1284 \\ 0.1967 & 0.1224 \\ 0.0685 & 0.1311 \\ 0.0871 & 0.1251 \\ 0.1089 & 0.1278 \\ 0.1649 & 0.1217 \end{bmatrix}$$

각 특성치별 평가치에 대한 엔트로피를 식(3)에 의해 구하면 다음과 같다.

$$E_1 = -(1.1073) \sum_{i=1}^8 P_{ij} \log P_{ij} = 0.9756$$

$$E_2 = 0.9995$$

각 특성치에서 평가에 의해 제공되는 정보의 다양성 정도를 이용하여 식(4)에 의하여 각 특성치별 가중치를 구하면 다음과 같다.

$$w_1 = 0.9800$$

$$w_2 = 0.0200$$

따라서 가중치를 부여한 정규화된 상충인자 SN비 행렬 V 는 다음과 같다.

$$V = \begin{bmatrix} -0.3628 & 0.0070 \\ -0.2472 & 0.0067 \\ -0.3038 & 0.0073 \\ -0.1884 & 0.0069 \\ -0.5410 & 0.0074 \\ -0.4255 & 0.0070 \\ -0.3403 & 0.0072 \\ -0.2246 & 0.0069 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.3702 & 0.3524 \\ -0.2522 & 0.3354 \\ -0.3100 & 0.3630 \\ -0.1922 & 0.3462 \\ -0.5520 & 0.3706 \\ -0.4342 & 0.3538 \\ -0.4372 & 0.3614 \\ -0.2292 & 0.3446 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.98 & 0 \\ 0 & 0.02 \end{bmatrix}$$

각 상충인자의 수준조합에서 이상해로 부터의 거리 S_i^+ 와 반이상해로 부터의 거리 S_i^- 로 이상해로 부터의 각 대안 A_i 에 대한 상대적 근접도 C_i^+ 를 구한 결과는 < 표 12>와 같다.

< 표 12 > 성능특성치별 간격척도와 상대적 근접도

No	$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}$	$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$	$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-)$
1	0.1744	0.1782	0.5054
2	0.0645	0.2938	0.8200
3	0.1153	0.2372	0.6729
4	0.0005	0.3526	0.9986*
5	0.3526	0.0070	0.0195
6	0.2371	0.1155	0.3276
7	0.1520	0.2007	0.5690
8	0.0362	0.3164	0.8973

<표 12>에서 4번째 상충인자의 수준조합인 A₂D₂가 C_i⁺ = 0.9986으로 가장 크므로 상충인자의 최적수준조합은 A₂D₂가 된다.

양면 SMT 전자조립 작업에서 땀납 개선사례도 동일한 절차를 통하여 구한 행렬 D 평가치 P_{ij} 행렬 P, 각 특성치에 가중치를 부여한 정규화된 행렬 V는 각각 다음과 같다.

$$D = \begin{bmatrix} 24.6194 & 30.0189 \\ 21.80470 & 35.0675 \end{bmatrix}$$

$$P = \begin{bmatrix} 0.5303 & 0.4612 \\ 0.4697 & 0.5388 \end{bmatrix}$$

$$V = RW = \begin{bmatrix} 0.7486 & 0.6500 \\ 0.6630 & 0.7597 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.3768 & 0 \\ 0 & 0.6232 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.2821 & 0.4051 \\ 0.2498 & 0.4734 \end{bmatrix}$$

또한 상충인자의 수준조합에서 이상해로 부터의 거리 S_i⁺와 반이상해로 부터의 거리 S_i⁻로 이상해로 부터의 대안에 대한 상대적 근접도 C_i⁺를 구한 결과가 <표 13>과 같다.

< 표 13 > 성능특성치별 간격척도와 상대적 근접도

No	$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}$	$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$	$C_i^+ = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-)$
1	0.0683	0.0323	0.3211
2	0.0323	0.0683	0.6789*

<표 13>에서 B인자의 2수준인 B₂가 C_i⁺ = 0.6789로 상충인자의 최적수준으로 결정한다.

본 연구에서 제시한 EXTOPSIS를 이용하여 두사례를 분석한 결과 가중치를 각각 동일하게 부여하여 절충하는 경우보다 본 연구에서 제시한 가중치부여 방법에 의한

절충절차가 최적수준선택시 더 적절한 정확도를 가진 기준임을 알 수 있다. 또한 각 특성치의 상충인자 수준조합에서 SN비 추정치 차이가 큰 특성치에 높은 가중치를 주고 차이가 작은 특성치에 낮은 가중치를 부여하여 절충하므로써 실제적인 상충인자의 효율적인 절충방법임을 알 수 있다.

따라서 기존의 다중특성치의 파라미터 설계방법과 본 연구에서 제시한 EXTOPSIS 절차를 통한 절충결과를 비교하면 다음 <표 14>, <표 15>와 같다.

< 표 14 > 절충결과의 비교(사례1)

No.	D_j	sum of SN ratios	expected weighted loss	EXTOPSIS
1	0.6222	40.63	49.5450	0.5054
2	0.4368	43.28	14.2889	0.8200
3	0.8047*	45.12	26.3027	0.6729
4	0.6222	47.77*	7.5858*	0.9986*
5	0.7308	35.28	337.2873	0.0195
6	0.6057	37.93	97.2747	0.3276
7	0.7584 [△]	43.16	38.9045	0.5690
8	0.5810	45.81 [△]	11.2202 [△]	0.8973

* : optimum value

< 표 15 > 절충결과의 비교(사례2)

No.	EXTOPSIS	D_j	sum of SN ratios	expected weighted loss
1	0.3211	0.7587	54.6384	7.2142*
2	0.6789*	0.7721*	56.8722*	7.2508

<표 14>에서 (사례1)의 절충결과 호감도 함수를 이용한 서순근, 최종덕(1994)의 결과와 각 성능특성치의 전변동에 대한 기여율을 기준으로한 pirrung(1986)의 결과는 $A_2B_2C_1D_1E_2$ 이지만 다구찌의 SN비 합을 이용한 방법과 동승훈(1990)의 기대가중 손실을 이용한 결과와 본 연구의 결과에 의한 최적수준은 $A_2B_2C_1D_2E$ 이다. 또한 <표 15>에서 (사례2)의 절충결과를 보면 본 연구의 결과와 호감도 함수, SN비합과 일치하고 있으나 기대 가중손실은 다르게 나타난다.

이상의 두가지 기존사례의 분석결과 본 연구에서 제시한 EXTOPSIS 절차에 의한 절충방법이 다구찌 방법의 품질향상 전략을 토대로 각 특성치의 상충인자의 수준조합에서 SN비 차이가 큰 성능특성치에 높은 가중치를 주고 차이가 작은 성능특성치에 낮은 가중치를 부여하여 절충하는 실제적 파라미터 설계방법임을 알 수 있다. 또한

EXTOPSIS 절차에 의한 절충방법이 다구찌의 방법을 토대로 다중특성치의 파라미터 설계방법의 유용함을 입증해주는 구체적인 절충방법임을 알 수 있다.

또한 상충인자의 절충시 각 특성치의 중요도에 따라 설계자가 기술적·경험적 가중치를 부여하여 절충해를 구할 수 있을 뿐만아니라 특성치별 상충인자의 각 수준조합에서 SN비 차이가 큰 특성치에 높은 가중치를 주고, SN비 차이가 작은 특성치에 낮은 가중치를 부여하여 절충하는 실제적 파라미터 설계방법임을 알 수 있다.

5. 결론

다중특성치의 파라미터 설계를 위하여 상충인자의 수준조합에서 다구찌가 제안한 방법에 의하여 각 특성치별 SN비를 추정하였으며 분산분석을 통한 통계적 유의성 검증단계, 성능특성치별 설계인자의 최적수준 결정, 상충현상, 성능특성치의 형태에 따라 분류된 설계인자 중에서 상충현상을 절충하기 위한 EXTOPSIS모형을 개발하였다.

EXTOPSIS 모형을 이용한 다중특성치의 설계절차는 기존의 개발된 다중특성치의 파라미터 설계방법보다 다구찌의 다중특성치의 설계방법인 SN비의 합을 이용한 결과와 일치함을 입증하는 구체적 방법임을 탐색하여 보았다.

이를 입증하기 위하여 제시된 다성능 특성치의 파라미터 설계 절차에 따라 기존의 두가지 사례에 대한 비교분석을 통하여 제시된 방법의 유용성을 입증하였다.

또한 상충인자의 절충시 각 특성치의 중요도에 따라 설계자가 기술적·경험적 가중치를 부여하여 절충해를 구할 수 있을 뿐만아니라 특성치별 상충인자의 각 수준조합에서 SN비 차이가 큰 특성치에 높은 가중치를 주고, SN비 차이가 작은 특성치에 낮은 가중치를 부여하여 절충하는 실제적 파라미터 설계방법임을 알 수 있다.

본 논문에서 제시된 사례외에 다수의 실제사례에 적용하여 제시된 방법의 장단점 상충현상의 절충시 기술적 비중치를 부여하여 절충하는 방법에 대한 계속적인 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] 김성희(1988), 『의사결정론』, 영지문화사.
- [2] 동승훈(1990), 『상능특성이 다수인 경우의 파라미터 설계에 관한 연구』, 석사학위 논문, 한국과학기술원.
- [3] 박성현(1990), 『다구찌 방법을 중심으로 한 응용실험계획법』, 영지문화사.
- [4] 박성현(1993), 『품질공학』, 민영사.
- [5] 서순근, 최종덕(1994), “다성능특성치에 관한 안정성설계,” 『품질경영학회지』, 제22권 제3호, pp. 34-53.

- [6] 염봉진, 고선우, 김성준(1990), "제품 및 공정설계를 위한 다구찌방법," 『경영과학』 제7권, 2호, pp. 3-21.
- [7] Elsayed, E. A. and Chen, A. (1993), "Optimum Levels of Process Parameters for Products with Multiple Characteristics," *International Journal of Production Research*. Vol. 31, pp. 1117-1132.
- [8] Kacker, R. N.(1985), "Off-Line Quality Control, Parameter Design, and the Taguchi Method," *Journal of Quality Technology*, Vol. 17, No. 4, pp. 176-188.
- [9] Peace, G. S.(1993), *Taguchi Methods : A Hands-on Approach*, Addison-Wesley Publishing Company INC., pp. 400-422.
- [10] Pignatiello, J. J. (1993), "Strategies for Robust Multiresponse Quality Engineering," *IIE Transactions*, Vol. 25, No. 3, pp. 5-15.
- [11] Pirrung(1986) "Optimization of Bond Strength and Contact," ITT SWF(West Germany), *Fourth Symposium on Taguchi Method*, American Supplier Institute
- [12] Singpurwalla, N. D. (1992), " A Bayesian Perspective on Taguchi's Approach to Quality Engineering and Tolerance Design," *IIE Transactions*, Vol. 24, No. 5, pp. 18-27.
- [13] Taguchi G.(1986), *Introduction to Quality Engineering*, Asian Productivity Organization, Tokyo.
- [14] Yoon, K. S.(1980), "Systems Selection by Multiple Attribute Decision Making," Ph. D Dissertation, Kansas University.
- [15] 田口玄一, 吉澤正孝(1988), 『品質工學講座 1 : 開發 設計段階の品質工學』, 日本規格協會.