

**특성치 중요도를 고려한 다중특성치 파라미터
설계에 관한 연구**
**(A Study on the Parameter Design of Multiple
Characteristics Considering Characteristical
Importance)**

김용범*, 조용욱**, 김우열***

Abstract

Taguchi's parameter design is to determine the 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. However 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 conflict among the selected levels of the design parameters for each individual characteristic.

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

* 충주대학교 경영학과
** 명지대학교 대학원 박사과정
*** 동신대학교 산업공학과

1. 서 론

최근 제품의 품질향상을 위한 획기적인 품질공학으로써 다구찌가 제안한 안정성설계(Robust Design) 방법이 널리 사용되어왔다. 다구찌의 기본철학 중에서 가장 중요한 것은 잡음인자(noise factor)를 실험에 적극적으로 포함시킨 점이다. 기존의 실험계획법에서는 잡음인자들을 관측하지 않고 랜덤화 과정(randomization process)을 통해 조절함으로써 반응치에 대한 등분산성을 가정한 평균치 개선에 중점을 두지만, 다구찌 방법은 평균치 개선뿐만이 아니라 잡음인자의 포함으로 인한 이분산(heterogeneous variance)조건하에서 반응치의 분산을 최소로 하는 2 단계 설계방법이다. 또한 다구찌의 기본철학 중 비용을 고려한 합리적인 품질관리활동은 제품설계 단계에서, 늦어도 공정설계 단계에서 이루어져야 한다는 라인의 품질관리를 중요시 한다[9,10].

다구찌는 잡음인자에 대한 제품의 안정성을 평가하는 척도로써 S/N비를 사용할 것과 실험계획법으로써 교차배열(crossed array)에 의한 직교배열(orthogonal array)실험을 사용하여 공정의 최적화 문제를 해결하려 했다. 그러나 다구찌의 파라미터 설계방법에 대하여 많은 통계학자들이 그 이론적 근거와 효율성에 대해 의문점을 제기하여 왔으며 이에 대응한 새로운 방법이 제기되고 있다. 또한 다구찌는 단일 특성치에 대한 변수설계 방법에 관하여 많이 언급하고 있으나, 품질특성이 다수인 다중특성치 경우에 대해서는 단일 특성치와 같은 구체적인 방법의 제시가 없고 단지 단일 특성치에 적용되는 방법들을 확장시켜 적용할 수 있다고 언급하고 있다[5, 12].

제품설계에 관한 연구는 품질 특성치가 단일인 경우가 대부분이며 다중특성치에 관한 연구는 많지 않은 실정이다. 이는 다중특성치의 경우 다구찌 방법의 적용이 어렵고, 특히 다중특성치에서 개별 특성치의 최적설계가 서로 상이한 상충현상이 발생하기 때문이다[2,3,4,5,6]. 특성치나 설계변수의 수가 증가하면 증가할수록 이러한 현상이 발생할 가능성은 더욱 커진다.

다중특성치에 관한 연구를 살펴보면 Pirrung(1986)은 각 특성치의 전 변동에 대한 기여율을 기준으로 파라미터 설계를 하였으며, 서순근, 최종덕은 SN비의 호감도 함수를 이용한 방법을 제시하였다[6,12]. 또한 동승훈은 기대 가중손실을 최소화하는 방법을 제시하였으며, 배영주는 TOPSIS개념을 확장한 EXTOPSIS 모형을 이용한 파라미터 설계방법을 제시하였다.

본 연구에서는 단일 특성치에 대한 연구를 토대로 하여 특성치가 다수인 경우로 확장하여 다중특성치의 설계에 다구찌의 기본개념을 적용하여 상충현상이 발생하면 이것을 절충할 수 있는 효과적인 계량적 척도를 제시하고자 한다. 또한 특성치마다 중요도가 다를 수 있기 때문에 전문가의 의견을 수렴하여, 특성치의 중요도에 따라 각각의 특성치에 가중치를 부여하는 방법과 이를 기준으로 상충된 다수의 특성치에 대한 최적수준을 결정하기 위한 방법을 개발하고, 기존 사례연구를 통하여 다중특성치의 파라미터 설계 방법들과 비교 분석하고자 한다.

2. 다중특성치의 파라미터 설계방법

다중특성치의 파라미터 설계방법은 단일 특성치

[표 1] 파라미터 설계인자의 분류

군	특성치	통계적 유의성	상충현상	인자의 유형	결정단계
1	NTB STB (LTB)	SN비, 평균 유의하지않음 SN비 유의하지않음	- -	비상충인자	적절한수준 선택
2	NTB STB (LTB)	SN비 유의 SN비 유의	비상충 비상충	비상충인자	최적화 단계
3	NTB STB (LTB)	SN비 유의 SN비 유의	상충 상충	상충인자	절충 단계
4	NTB STB (LTB)	평균만 유의 SN비 유의	비상충 비상충	비상충인자	최적화 단계
5	NTB STB (LTB)	평균만 유의 SN비 유의	상충 상충	상충인자	절충 단계
6	NTB STB (LTB)	평균만 유의 SN비 유의하지않음	비상충 -	잠재적 상충인자	조정 단계
7	NTB STB (LTB)	평균만 유의 SN비 유의하지않음	상충 -	잠재적 상충인자	조정 단계

와 동일하게 각 특성치별 변수설계를 다구찌 방법에 의하여 실시하고, 구해진 각 특성치의 최적수준을 비교하여 제어인자를 [표 1]과 같이 분류한다[6].

[표 1]에서 제 1군은 각 특성치의 SN비와 망목특성치의 평균이 모두 유의하지 않으므로 경제성이나 편리성에 따라 정해지고, 제 2군은 각 특성치의 SN비가 모두 유의하지만 비상충인자이므로 각 특성치의 최적수준으로 결정할 수 있다. 제 3군은 각 특성치의 SN비가 모두 유의하고 상충인자이므로 절충단계에서 제시된 방법의 절차를 이용하여 최적수준을

정한다. 제 4군은 각 망소, 망대 특성치의 SN비가 유의하고 망목 특성치의 평균에 유의하며 비상충인자이므로 최적화단계에서 수준을 결정하지만 망목 특성치의 조정단계에서 다른 인자(6군, 7군)로서 조정이 되지 않을 경우에 이를 포함시켜 다시 검토한다. 제 5군은 각 망소, 망대 특성치의 SN비가 모두 유의하고 망목 특성치의 평균도 유의하며 상충현상이 있으므로 절충단계에서 절충을 실시하게 된다.

제 6군은 각 특성치의 SN는 유의하지 않고 망목 특성치의 평균에만 유의하며 비상충인자이므로 조정단계에서 감도분석을 통하여 특성치를 목표치에 조정할 수 있다. 제 7군은 각 특성치의 SN비는 유의하지 않고 망목 특성치의 평균에 유의하며 다수의 망목 특성치에 대하여 상충현상이 발생하기 때문에 잠재적 상충인자로 조정단계에서 6군과 4군의 조정인자로서 목표치의 조정이 되지 않는 경우에 조정인자로 이용한다. 따라서 SN비에 의한 파라미터 설계방법은 망소나 망대 특성치일 경우 SN비가 최대가 되도록 선택하고, 망목 특성치일 때는 2단계 최적화과정을 통해 조정후 기대손실을 최소화하는 인자조건을 최적조건으로 결정한다. 그러므로 조정인자가 되는 6군과 7군은 최적화나 절충단계에서 수준을 결정하지 않고 조정단계에서 수준을 결정하는 것이 합리적이다. 또한 절충단계에서 상충현상을 일으키는 인자 중에서 망목 특성치의 평균에만 유의한 조정인자를 별도로 구분하지 않으며 상충현상이 생기지 않는 인자를 최적수준으로 고정된 상태에서 상충인자를 절충한다.

본 연구에서는 상충인자를 절충할 수 있는 척도로써 제안된 방법의 체계적 절충절차를 이용하고자

한다.

3. 다중특성치의 파라미터 설계절차

다중특성치의 파라미터 설계절차는 다음과 같다[5, 6].

[단계 1] 특성치별 파라미터 설계

다구찌의 단일 특성치의 파라미터설계 절차에 따라 각 특성치별로 파라미터를 설계하여 특성치별 최적수준을 선택한다. 단, 망목특성치의 경우는 다구찌의 2단계 최적화 과정에 의해 구한다.

[단계 2] 인자의 분류

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

[단계 3] 최적화 단계

각 특성치의 SN비나 망목특성치의 평균에 유의한 인자 중 비상충인자의 최적수준을 결정한다(2군, 4군).

[단계 4] 절충 단계

각 특성치의 SN비에 유의한 인자 중 상충하는 것이 있으면 4장에서 제시한 식(8)의 E_i^* 를 최대로 하는 설계변수를 최적수준으로 결정한다. (3군, 5군)

[단계 5] 조정단계

① 망목특성치 별로 독립적인 하나 이상의 조정인자가 있는 경우(6군), 각 특성치에 대하여 가장 큰 감도를 가지는 조정인자를 택하여 평균에 조정할 수 있다.

② 특성치 별로 다른 특성치와 중복되는 조정인자

가 있는 경우(6군), 다음의 식을 검토하여 잠재적인 상충현상의 발생여부를 파악한 후에 목표치에 조정한다.

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

단 a : 조정인자

c : 조정인자를 제외한 설계변수

$y_j(a, c)$: j 번째 특성치의 목표치

③ ②항에서 조정이 불가능하면 4군을 포함시켜 검토하여 조정한다.

④ ③항에서 조정이 불가능하면 7군을 포함시켜 검토하여 조정한다.

⑤ ④항까지 조정이 불가능하면 5군까지 포함시켜 상충현상을 고려하여 조정한다.

[단계 6] 최적수준 결정단계

SN비와 평균에 유의하지 않는 비상충인자는 비용이나 편리성을 고려하여 수준을 선택하고 [단계 1] ~ [단계 5] 의 절차를 통하여 결정된 수준조합을 검토하여 설계인자의 최적수준조합을 결정한다.

4. 특성치 중요도를 고려한 상충 인자수준의 절충방법

일반적으로 하나의 제품에는 다수의 특성치가 있는데 이러한 다중특성치의 최적수준 결정문제는 고려중인 여러 가지 대안, 즉 가능해 집합으로부터 최적조건을 선택해야한다[1]. 다중특성치에서 개별 특성치의 최적설계가 서로 상이한 상충현상을 발생시킬 수 있으므로 이와 같은 상충관계를 갖는 다수의 특성치에 있어서 난해한 최적수준결정을 다구찌의 기본개념을 유지하면서 효율적으로 절충할 수 있는 방법론을 제시하고자 한다. 이상해(ideal solution)로

부터 각 특성치별 상충인자의 수준조합과의 거리가 가까울수록, 비 이상해(non-ideal solution)로부터 멀수록 좋은 대안이라는 개념을 이용하여 [단계 1] ~ [단계4]에 걸쳐 제시하고자 한다.

4.1 제안된 방법의 순서

m개의 대안(상충인자의 수준조합)과 이와 관련된 l개의 특성치에서 상충인자와 유의한 인자의 수준 조합에 있어서 SN비 추정치행렬 V를 다음과 같이 정의한다.

$$V = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_j & \dots & X_l \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1l} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & \dots & x_{2l} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{il} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{ml} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

단, A_i = 상충인자의 i번째 조합,

x_{ij} = A_i 에서 j번째 특성치의 SN비 추정치

다구찌의 개념에 의해 각 특성치의 SN비가 클수록 선호도가 증가하고, SN비가 작을수록 선호도가 감소한다.

[단계 1] 상충인자 SN비행렬의 정규화

각 특성치별 상충인자의 수준조합에서 SN비의 추정치를 정규화하는 과정은 선형변환 방법을 이용하여 각 특성치의 결과치를 해당 열의 최대치로 나누면 된다.

SN비의 값이 클수록 높은 선호도를 갖는 열에서

해당열의 최대치를 $x_j^* = \text{Max}_i (x_{ij})$ 라 할 때 변환된 SN비 추정치 행렬 R의 원소 r_{ij} 는 식(1)에 의해 얻어지며 행렬 R은 다음과 같다.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad (1)$$

만일 특성치의 SN비의 값이 음수인 경우에는 식(2)와 같다.

$$r_{ij} = \frac{x_j^*}{x_{ij}} \quad (2)$$

여기서 $0 \leq r_{ij} \leq 1$ 이다.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1l} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2l} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{ml} \end{bmatrix}$$

[단계 2] 정규화된 상충인자의 SN비 행렬에 가중치(weight) 부여

이 단계에서는 의사결정자가 각 특성치에 부여한 가중치가 정규화된 상충인자를 SN비 행렬에 포함시킨다. 다중특성치 문제에서 각 특성치에 가중치를 부여하는 것은 가중치를 다르게 부여함에 따라 최종결정이 달라질 수 있으므로 매우 어려운 과제가 아닐 수 없다. 그러므로 가중치 부여시 매우 신중한 결정이 요구된다. 따라서 특성치의 중요도를 고려한 전문가들의 의견을 활용하여 가중치를 부여하기로 한다.

평가치를 나타내기 위하여 1부터 10까지 구간척도를 사용하고 전문가들에 의해 가중치를 부여토록 한다. 여기서 1은 중요하지 않음을 나타내고 10은 매우 중요함을 의미한다. p명의 전문가가 느끼는 l개의 특성치의 상대적 중요도(RI)는 다음 식(3)과 같

이 표현한다.

$$RI^p = (I_1^p, I_2^p, \dots, I_l^p) \quad (3)$$

여기서 $p = 1, \dots, P$ 이다.

각 특성치에 대한 p 명의 상대적 중요도의 평균은 식(4)와 같다.

$$RI = (I_1, I_2, \dots, I_l) \quad (4)$$

여기서 식 (4)의 I_k 는 다음 식 (5)와 같이 표현한다.

$$I_k = \left\{ \prod_{p=1}^P I_k^p \right\}^{\frac{1}{P}} \quad (5)$$

여기서 $j = 1, \dots, l$ 이다.

I_j 를 구하는데 기하평균을 사용하는 이유는 p 명의 전문가가 각 특성치에 중요도를 책정할 때 그 중에서 중요도가 낮은 값에 가장 큰 가중치를 부여하는 효과를 얻기 위해서이다.

다른 특성치들과의 중요도를 비교하기 위하여 중요도 벡터 RI 를 식 (6)과 같이 정규화한다.

$$w = (w_1, \dots, w_l)$$

$$\sum_{j=1}^l w_j = 1 \quad (6)$$

여기서 $w_j = I_k / \sum_{k=1}^l I_k$ 이다.

[단계 3] 상대적 근접도 계산

특성치의 SN비 값은 클수록 높은 선호도를 갖기 때문에, 이상해(ideal solution)는 가장 선호도가 높도록 각 특성치별 최대값을 부여하고, 비이상해(non-ideal solution)는 가장 선호도가 낮도록 각 특성치별 최소값을 부여한다. 이상해(ideal solution)로부터 각 특성치별 상충인자의 수준조합과의 거리가 가까울수록, 비이상해(non-ideal solution)로부터 멀

수록 좋은 대안이라는 개념 하에 상충인자의 임의 i 번째 조합에서의 상대적 근접도(RC_i)를 다음 식 (7)과 같이 표현한다.

$$RC_i = \sum_{j=1}^l w_j \frac{Max_i(r_{ij}) - r_{ij}}{Min_i(r_{ij})} \quad (7)$$

여기서 $i = 1, \dots, m$ 이다.

[단계 4] 최적수준의 결정

식 (8)의 E_i^* 값이 큰 대안이 이상해에 가장 근접해 있음을 의미하므로 E_i^* 가 가장 큰 상충인자 수준조합을 최적수준으로 결정한다.

$$E_i^* = Max_i(RC_i) - RC_i \quad (8)$$

여기서 $i = 1, \dots, m$ 이다.

5. 자동차 액정계기판의 직접소자 성능개선 사례연구

제시된 다중특성치의 파라미터 설계방법의 타당성을 제시하기 위하여 기존의 사례를 선정, 각 특성치의 가중치를 동일하게 부여하여 이전의 방법과 비교하고, 또한 가중치를 변경했을 경우에 제안된 방법을 이용하여 분석하고자 한다.

5.1. 가중치를 동일하게 부여한 경우

본 사례는 Pirrung(1986)의 직접소자의 성능개선 사례로서 액정계기판의 특성치를 다음과 같이 두 개로 선택할 수 있다. 고려한 설계인자와 수준은 [표 2]와 같다.

- ① 결합부위의 전기적 저항(망소 특성치) 허용규격치는 3000(ohms)
- ② 직접소자의 결합력(망대 특성치) 허용규격치는

300(pounds)

[표 2] 설계인자와 수준

인 자	수 준
A	4 수준(D1, H-20-E, 88-1, H-20E-175)
B	2 수준(90min @ 90°C, 60min @ 120°C)
C	2 수준 (Cu, Hi)
D	2 수준(Yes, No)
E	2 수준(Tin, Silver)

직교배열 $L_8(2^7)$ 에 할당하여 실험한 결과는 [표3]과 같다.

[표 3] 실험의 결과

실험 번호	A	B	C	D	E	SN비 (1)	SN비 (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 실시하여 유의수준 5%에서 유의한 인자를 선택하여 SN비가 최대가 되는 설계인자의 최적수준을 결정한 결과가

[표 4]와 같다.

[표 4] 특성치별 최적수준

인자	특성치(1)		특성치(2)	
	SN비	최적수 준	SN비	최적수 준
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) 인자의 분류

[표 4]에서 살펴보면 특성치 1의 최적수준은 $A_2B_2C_1D_2$ 이고, 특성치 2의 최적수준은 $A_3B_2D_1$ 이다. 단, 특성치 2의 인자 A 는 유의수준이 거의 0.05에 가까운 값이므로 유의한 인자에 포함시켰다. 본 연구에서 이용되는 설계변수들을 분류하면 다음과 같다.

인자 A : 3군, 인자 B : 2군,

인자 C : 2군, 인자 D : 3군,

인자 E : 1군

(단계 3) 최적화 단계

인자 B , C 는 2군에 속하므로 최적 수준으로, 인자 B 는 2수준, 인자 C 는 1수준으로 결정한다.

(단계 4) 절충단계

인자 A 와 D 는 3군에 속하는 상충인자이므로,

이 인자들의 각 수준과 유의한 인자조합에 대하여

[표 5] 상충인자 조합의 각 특성치별 SN비 추정치

실험 번호	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

특성치 SN비를 추정하면 [표 5]와 같다.

[표 5]에서 SN₁, SN₂열의 각 추정치들은 특성치 1, 2에서 상충인자와 유의한 인자의 수준조합에서의 추정치로서 다음과 같이 구한다.

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

나머지 추정치들도 위와 같은 방법으로 구한다.

여기서 \bar{T} 는 [표 3]에서 SN₁의 모든 데이터 합이 평균을 말한다.

본 연구에서 제안한 방법의 절차를 이용하여 절충하고자 할 때, SN₁, SN₂ 추정치가 상충인자조합과 유의한 인자조합에서의 특성치별 행렬 V가 된다. 이 행렬 V를 가지고 제안된 방법의 [단계 1]의 상충인자 SN비행렬의 정규화를 통해 행렬 R을 구한 결과는 다음과 같다.

$$R = \begin{bmatrix} 0.5192 & 0.9508 \\ 0.7620 & 0.9054 \\ 0.6197 & 0.9795 \\ 1 & 0.9341 \\ 0.3481 & 1 \\ 0.4427 & 0.9546 \\ 0.5535 & 0.9752 \\ 0.8381 & 0.9298 \end{bmatrix}$$

기존의 방법과 비교를 위해 정규화된 행렬 R에 가중치를 각각 0.5씩 부여하여 계산한다. 식(7)에 의해 상충인자의 1번째 조합의 상대적 근접도를 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} RC_1 &= 0.5 \times \left(\frac{1-0.5192}{0.3481} \right) + 0.5 \times \left(\frac{1-0.9508}{0.9058} \right) \\ &= 0.7169 \end{aligned}$$

각 A_i에 대한 RC_i와 E_i^{*}를 구한 결과는 [표 6]과 같다. [표 6]의 결과를 보면 4번째 상충인자의 수준조합인 A₂D₂가 E₄^{*} = 0.3342로 가장 크므로 상충인자의 최적수준조합은 A₂D₂가 된다.

[표 6] 상충인자 수준조합별 상대적 근접도

번호	RC _i	E _i [*]
1	0.6299	0.0526
2	0.6825	0
3	0.4001	0.2824
4	0.3483	0.3342*
5	0.5	0.1825
6	0.6674	0.0151
7	0.4736	0.2089
8	0.4952	0.1873

(단계 5) 조정단계

본 사례연구에서는 항목 특성치가 없으므로 조정할 필요가 없다.

(단계 6) 최적수준 결정단계

인자 E 는 1군에 속하므로 경제성, 편리성 등을 고려하여 결정한다. 따라서 본 연구에서 제안한 방법을 통한 다중특성치의 파라미터 설계를 위한 사례 분석결과, 설계인자의 최적수준은 $A_2B_2C_1D_2$ 이다.

각 특성치의 변동에 대한 기여율을 기준으로한 Pirrung(1986)의 결과와 SN비의 호감도함수를 이용한 서순근, 최종덕(1994)의 경우 설계인자의 최적수준은 $A_2B_2C_1D_1$ 이지만, 다구찌의 SN비의 합을 이용한 방법, 동승훈(1990)의 기대가중손실을 이용한 결과 및 배영주, 김광수의 EXTOPSIS 모형을 이용한 결과와 본연구의 결과에 의한 설계인자의 최적수준은 $A_2B_2C_1D_2$ 임을 알 수 있다[5]. 본 연구의 결과와 호감도함수, 기대가중손실, SN비의 합에 의한 결과 및 EXTOPSIS 모형을 이용한 결과를 비교하여 보면 [표 7]과 같다.

[표 7] 절충결과의 비교

번호	D_j	sum of SN ratios	expected weighted loss	EXTOP-SIS	E_i^*
1	0.6222	43.63	49.5450	0.5052	0.0526
2	0.4368	43.28	14.2889	0.8117	0
3	0.8047*	45.12	26.3027	0.6733	0.2824
4	0.6222	47.77*	7.5858*	0.9365*	0.3342*
5	0.7308	35.28	337.2873	0.0888	0.1825
6	0.6057	37.93	97.2747	0.3297	0.0151
7	0.7584	43.16	38.9045	0.5707	0.2089
8	0.5810	45.81	11.2202	0.8769	0.1873

* : optimum value

5.2 가중치를 다르게 부여한 경우

자동차 액정계기판의 직접소자 성능개선사례의 파라미터 설계절차 ((단계 1)~(단계 3))은 동일하며, 또한 (단계 4) 절충단계의 [단계 1]의 상충인자 SN비행렬의 정규화를 통해 행렬 R 을 얻는 결과도 동일하다. [단계 2]의 정규화된 상충인자의 SN비행렬에 가중치를 다르게 부여하기 위해, 각 특성치에 대한 중요도를 6명의 전문가 의견을 활용하여 아래와 같이 얻었다고 가정하자.

$$R^1 = (2, 8), R^2 = (2, 9)$$

$$R^3 = (1, 9), R^4 = (2, 7)$$

$$R^5 = (2, 9), R^6 = (1, 9)$$

각 특성치에 대한 6명의 중요도평균을 식(5)의 기하평균을 이용하여 계산하면 다음과 같다.

$$RI = (1.59, 8.46)$$

다른 특성치들의 중요도를 비교하기 위해 중요도 벡터 RI 를 식(6)을 이용하여 정규화 하면 다음과 같다.

$$w = (0.16, 0.84)$$

식(7)에 의해 상충인자들의 1번째 조합에서의 상대적 근접도를 계산하면 다음과 같다.

$$RC_1 = 0.16 \times \left(\frac{1-0.5192}{0.3481} \right) + 0.84 \times \left(\frac{1-0.9508}{0.9054} \right) = 0.3084$$

각 A_i 에 대한 RC_i 와 E_i^* 를 구한 결과는 [표 8]과 같다.

[표 8]의 결과를 보면 4번째 상충인자의 수준조합인 A_2D_2 가 $E_4^* = 0.2385$ 로 가장 크므로 상충인자의 최적수준조합은 A_2D_2 가 된다.

본 연구에서 제시한 방법을 사용하여 하나의 사례

[표 8] 상충인자 수준조합별 상대적 근접도

번호	RC_i	E_i^*
1	0.2750	0.0246
2	0.1972	0.1024
3	0.1938	0.1058
4	0.0611	0.2385*
5	0.2996	0
6	0.2983	0.0013
7	0.2282	0.0714
8	0.1395	0.1601

를 분석한 결과 기존의 분석결과와 거의 일치함을 알 수 있고 각 특성치의 상충인자의 조합에서 이상해(ideal solution)로부터 각 특성치별 상충인자의 수준조합과의 거리가 가까울수록, 비이상해(non-ideal solution)로부터 멀수록 좋은 대안이라는 개념을 이용하여 상충인자들의 최적수준조합을 얻을 수 있다. 또한 상충인자의 절충시 각 특성치의 중요도를 기술과 경험이 많은 전문가의 의견을 이용하여 가중치를 부여한 결과가 우수한 절충해를 구할 수 있는 실제적인 파라미터 설계방법임을 알 수 있다.

6. 결 론

본 연구는 다중특성치의 파라미터 설계를 위하여 상충인자의 수준조합에서 다구찌가 제안한 방법에 의해 각 특성치별 SN비를 추정하였고, 분산분석을 통한 특성치별 설계인자의 최적수준 결정, 인자의 분류, 최적화 단계를 거쳐 각 특성치에 대한 SN비의 유의한 인자 중 상충현상이 발생시에 절충하기

위한 방법을 제안하였다.

기존의 사례에서 각 특성치에 동일한 가중치를 부여하여 기존의 분석방법과 비교한 결과, 거의 일치한 결과를 얻을 수 있었다. 또한 상충인자의 절충시 각 특성치의 중요도를 기술과 경험이 많은 전문가의 의견을 가중치에 부여하여 더 우수한 절충해를 구할 수 있는 실제적인 파라미터 설계방법을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 방법은 계산절차가 간단하고 적용하기 쉬운 현장에서 손쉽게 이용할 수 있으리라 생각되고, 또한 본 연구에서 제시된 사례 외에 다수의 실제사례에 적용한 지속적인 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] 김성희, "의사결정론", 영지문화사, 1988
- [2] 권해익, "오프라인 품질관리의 파라미터 설계에 관한 연구", 박사학위논문, 계명대학교, 1996
- [3] 동승훈, "성능 특성이 다수인 경우의 파라미터 설계에 관한 연구", 석사학위논문, 한국과학기술원, 1990
- [4] 박성현, "다구찌 방법을 중심으로 한 응용실험계획법", 영지문화사, 1997
- [5] 배영주, 김광수, 이진규, "EXTOPSIS 모형을 이용한 다중특성치의 파라미터설계", 품질경영학회지, 제24권 제3호, pp. 111-132, 1996
- [6] 서순근, 최종덕, "다 성능특성치에 관한 안정성설계", 품질경영학회지, 제22권 제3호, pp. 34-53, 1994
- [7] Fowlkes, W. C. and Creveling, C. M., Engineering Methods for Robust Product Design, Addison-Wesley Publishing Company INC, 1995

- [8] Kapur, K.C. and Chen, G. "Signal-to-Noise Development for Quality Engineering," *Quality and Reliability Engineering International*, Vol.4, pp.133-141, 1988
- [9] Pirrung, " Optimization of Bond Strength and Contact." ITT SWF(West Germany), *Fourth Symposium on Taguchi Method*, American Supplier Institute, 1986

[99년 8월 19일 접수, 99년 11월 24일 최종수정]