특성치간의 상관관계를 고려한 다특성치 파라미터 설계
-The Parameter Design of Multiple Characteristics with Correlation

조용욱 *
Cho Yong-Wook
박명규 **
Park Myung-Kyu

Abstract

When designing the parameter on the multiple quality characteristics, there has been a study for optimization of problems, but there has been few former study on the possible conflicting phenomena in consideration of the correlations among the characteristics.
To solve the issue on the optimal design for multiple quality characteristics, this study modelled the expected loss function with cross-product terms among the characteristics and derived range of the coefficients of the terms. The model will be used to determine the global optimal design parameters where there exists the conflict among the characteristics, which shows difference in optimal design parameters for the individual characteristics.

1. 서론

품질특성치가 다특성치인 경우 다구찌는 각각의 품질특성치에 대하여 단변량 성능척도를 계산하여 분산분석의 방법에 따라 분석하여 제어인자들의 최적수준을 찾는 방법을 사용하였다. 이러한 경우 개개의 품질특성치에 대하여 찾아진 제어인자들의 최적수준조합이 동일한 경우에는 문제가 없으나 상이한 경우에는 다구찌는 제어인자들의

* 명지대학교 산업기술연구소 전임 연구원 (명지대학교 산업공학과 박사과정 수료)
** 명지대학교 산업공학과

각 수준에서 경제적 비용이나 기술적 난이도, 그리고 품질특성치들간의 상대적 중요도를 고려하여 최적수준 조합을 결정하는 방법을 제안하고 있다.[4,7] 그러나 이러한 다구찌의 방법에서는 객관성이 결여되며 특히 파라미터 설계법의 기본 목적인 기대손실 함수의 최소화라는 최적화 과정이 명확하지 않게 된다. 다특성치의 경우, 동승훈[1]은 특성치간의 상관관계가 없다고 가정하고 기대 가중손실을 최소화하는 방법을 제시하였으나 특성치간에 상관관계가 존재할 때는 사용치 못하는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 기존의 연구에서 제시한 다특성치 파라미터 설계절차를 이용하여, 다특성치를 고려할 경우 특성치간의 상관관계를 고려한 손실함수와 기대 손실함수를 유도하였고 상충현상이 발생하는 파라미터 설계인자들의 수준을 특성치들 간의 상관관계를 고려한 기대 손실함수가 최소가 되도록 결정하는 방법을 제시하고자 한다. 또한, 실제 사례를 통해 비교, 분석하고자 한다.

2. 특성치들간의 상관관계를 고려한 손실함수와 기대 손실함수

편리함을 위해 다음의 기호를 고려하기로 한다.

Y_i = 품질 특성치 i와 관련된 확률변수 i = 1,...,m

y_i = 품질 특성치 i와 관련된 특정 값 i = 1,...,m

$y = (y_1, \ldots, y_m)^T$

t_i = 품질 특성치 i와 관련된 목표값 i = 1,...,m

$t = (t_1, \ldots, t_m)^T$

$L(y, t)$ = y와 t에 관련된 품질손실 함수

$H_L(t)$ = $L(y, t)$를 위한 Hessian 행렬

k_i = 품질특성치 i와 관련된 손실 계수

k_{ij} = 품질특성치 i와 j에 관련된 손실 계수 이때 i = 1,...,m, j = 1,...,m, $i \neq j$

다특성치일 경우는 품질 특성치의 수가 2 개 이상이므로 품질 특성치와 목표치는 벡터(vector)량이 된다. $y = t$일 때 테일러 급수로 전개하여 2차항까지 근사화하면 손실함수 $L(y, t)$는 다음과 같다.

$$L(y,t) = L(t,t) + L'(t,t)(y-t) + \frac{1}{2}(y-t)^T L''(t,t)(y-t) \tag{1}$$

단 $L'(t,t)$와 $L''(t,t)$는 각각 $L(y,t)$에 대한 gradient와 Hessian 행렬을 나타내고 $y = t$일 때 각각

$$L'(t,t) = \left[\frac{\partial L}{\partial y_1} \frac{\partial L}{\partial y_2} \cdots \frac{\partial L}{\partial y_m} \right]$$

$$L''(t,t) = H_L(t) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 L}{\partial y_1^2} & \frac{\partial^2 L}{\partial y_1 \partial y_2} & \cdots & \frac{\partial^2 L}{\partial y_1 \partial y_m} \\ \frac{\partial^2 L}{\partial y_2 \partial y_1} & \frac{\partial^2 L}{\partial y_2^2} & \cdots & \frac{\partial^2 L}{\partial y_2 \partial y_m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 L}{\partial y_m \partial y_1} & \frac{\partial^2 L}{\partial y_m \partial y_2} & \cdots & \frac{\partial^2 L}{\partial y_m^2} \end{bmatrix}$$

이다.

여기서, 품질 특성치 벡터 y가 목표치 t에 있을 때 손실이 최소가 되고, 그 값을 벡터 0 이라고 하면

$$L(t,t) = 0$$
$$L'(t,t) = 0 \tag{2}$$

이 되므로 식 (1)은 식 (3)이 된다.

$$L(y,t) = \frac{1}{2}(y-t)^T H_L(t)(y-t) \tag{3}$$

식 (3)은 아래의 식의 전개를 통해서 식 (4)로 바꿀수 있다.
식 (3)은 식 (4)로 바꿀수 있다.

$$L(y,t) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{i} k_{ij}(y_i - t_i)(y_j - t_j) \tag{4}$$

이때, $k_{ii} = k_i = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 L}{\partial y_i^2}\right)\Bigg|_{y_i = t_i,\ i=1,\ldots m}$

이고, $k_{ij} = \left(\frac{\partial^2 L}{\partial y_i \partial y_j}\right)\Bigg|_{y_i = t_i,\ y_j = t_j,\ i \neq j = 1,\ldots m}$ 이다. (5)

만일 두 개의 품질 특성치를 고려하면 손실함수 $L(y_1, y_2)$는 다음과 같다.

$$L(y_1, y_2) = k_1(y_1 - t_1)^2 + k_2(y_2 - t_2)^2 + k_{12}(y_1 - t_1)(y_2 - t_2) \tag{6}$$

동승훈은 품질 특성치간의 상관관계가 없다고 가정하였기 때문에 식(6)의 3항을 제거하고 계산하였다.[1] 본 연구에서, 상관관계를 고려하여, 망소특성치 y_1과 망목특성치 y_2의 경우를 고려하면 손실함수는 다음과 같다.

$$L(y_1, y_2) = k_1 y_1^2 + k_2(y_2 - t_2)^2 + k_{12} y_1(y_2 - t_2) \tag{7}$$

식(7)의 기대손실함수는 다음과 같다.

$$E(L(y_1, y_2)) = k_1 E(y_1^2) + k_2 E(y_2 - t_2)^2 + k_{12} E(y_1(y_2 - t_2)) \tag{8}$$

각 모수에 대한 추정치

$$\hat{E}(y_1^2) = \frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} y_{1l}^2, \quad s_2^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{l=1}^{n}(y_{2l} - \overline{y_2})^2, \quad \overline{y_2} = \frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} y_{2l}$$

$\hat{E}[y_1(y_2-t_2)] = \frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} y_{1l}(y_{2l}-t_2)$를 대입하여 기대손실을 계산할 수 있다.

$$E(L(y_1, y_2)) = k_1\left[\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} y_{1l}^2\right] + k_2\left[s_2^2+(\overline{y_2}-t_2)^2\right] + k_{12}\left[\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} y_{1l}(y_{2l}-t_2)\right] \qquad (9)$$

최종적으로 다구찌가 제안한 망소특성치와 망목특성치의 SN비를 이용하여 기대손실함수를 나타내면 식(10)이 된다.

$$E(L(y_1, y_2)) = k_1\left[10^{\frac{-SN_1}{10}}\right]+k_2\left[10^{\frac{-SN_2}{10}}\cdot\overline{y_2^2}+(\overline{y_2}-t_2)^2\right]+k_{12}\left[\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} y_{1l}(y_{2l}-t_2)\right] \qquad (10)$$

단, 망소특성치 $SN_1 = -10\log\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} y_1^2$, 망목특성치 $SN_2 = 10\log\frac{\overline{y_2^2}}{s_2^2}$

품질 특성치의 총 수가 m개이고 망소 (y_i), 망대 (y_j), 망목 (y_p) 특성치의 수가 각각 u, v, w 일 때 기대손실함수 $E[L(y)]$는 다음과 같다. 단 망대특성치 y_j는 $1/y_j$로 변환하여 망소특성치로 간주한다.

$$\begin{aligned} E(L(Y)) = &\sum_{i=1}^{u} k_i\left[10^{\frac{-SN_i}{10}}\right]+\sum_{j=1}^{v} k_j\left[10^{\frac{-SN_j}{10}}\right]+\sum_{p=1}^{w} k_p\left[10^{\frac{-SN_p}{10}}\cdot\overline{y_p^2}+(\overline{y_p}-t_p)^2\right] \\ &+\sum_{i,j=1}^{u,v} k_{ij}\left[\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} y_{il}\frac{1}{y_{jl}}\right]+\sum_{i,p=1}^{u,w} k_{ip}\left[\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} y_{il}(y_{pl}-t_p)\right] \\ &+\sum_{j,p=1}^{v,w} k_{jp}\left[\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n} y_{jl}(y_{pl}-t_p)\right] \end{aligned} \qquad (11)$$

단, 아래첨자 i, j, p는 각각 망소, 망대, 망목특성치를 의미한다.

$i = 1, 2, \cdots, u$ $j = 1, 2, \cdots, v$ $p = 1, 2, \cdots, w$

$u + v + w = m$ 망대특성치 $SN_j = -10\log\frac{1}{n}\sum_{l=1}^{n}\frac{1}{y_j^2}$

다특성 품질 손실함수에 대한 성질을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, $L(y, t)$은 목표값 t에서 최소가 된다. 둘째, $L(y, t)$은 t주변에서 볼록함수 이다. 셋째 모든 y에 대해 $L(y, t)\geq 0$이다. 둘째와 셋째 성질을 유지하기위해서는 $L(y, t)$에 대한 Hessian 행렬인 $H_L(t)$은 양반정치(positive semidefinite)이어야 한다. 위에서 본바와 같이 만일 두 개의 품질 특성치를 다시 고려하면 손실함수 $L(y_1, y_2)$는 다음과 같다.

$$L(y_1, y_2) = k_1(y_1-t_1)^2+k_2(y_2-t_2)^2+k_{12}(y_1-t_1)(y_2-t_2) \qquad (12)$$

이때 $H_L(t)$는 식 (13)과 같다.

$$H_L(t) = \begin{bmatrix} 2k_1 & k_{12} \\ k_{12} & 2k_2 \end{bmatrix} \qquad (13)$$

만일 $k_1\geq 0$와 $k_2\geq 0$이면 $H_L(t)$의 두 개의 대각원소(diagonal element)는 0보다 크거나 같다. 또한 만일 $-2\sqrt{k_1k_2} \leq k_{12} \leq 2\sqrt{k_1k_2}$ 이면 $H_L(t)$의 행렬식(determinant)는 0보다 크거나 같다. 그러므로 위의 둘째 셋째 성질에 대한 필수조건은 $k_1\geq 0$, $k_2\geq 0$

와 $-2\sqrt{k_1k_2} \le k_{12} \le 2\sqrt{k_1k_2}$ (또는 $4k_1k_2 \ge k_{12}^2$)이다. 여기서 k_1, k_{12}, k_2는 품질 손실계수(quality loss coefficient)라 하며 특성치의 손실을 동일한 화폐 단위로 환산해 주는 역할을 한다. 만일 사용자가 특성치들 간의 중요도를 함께 고려하여 이들 상수의 값을 정했다 하고 k_1, k_{12}, k_2라 정의 하면 상수 k_1, k_{12}, k_2는 특성치들 간의 단위를 동일한 화폐 단위로 일원화하는 역할과 특성치들에 가중치를 부여하는 역할을 겸하게 된다.

3. 다특성치의 파라미터 설계절차

다특성치의 파라미터 설계방법은 참고문헌 [2,3]과 동일하기 때문에 지면 관계상 생략하였다. 다특성치의 파라미터 설계절차 또한 동일하기 때문에 다특성치의 파라미터 설계절차를 간단히 언급하기로 한다.[2,3]

(단계 1) 특성치별 파라미터 설계

(단계 2) 인자의 분류

(단계 3) 최적화 단계

(단계 4) 절충 단계

(단계 5) 조정단계

(단계 6) 최적수준 결정단계

4. 기존 사례에의 적용 및 비교

제시된 다특성치의 파라미터설계방법의 타당성을 보이기 위하여 기존의 사례를 선정하여 각 특성치의 가중치를 동일하게 부여하여($k_1 = k_{12} = k_2 = 1$) 이전의 방법과 비교분석하고자 한다.

4.1 상자형 모터 회전자의 절삭가공 실험의 사례

이 사례는 조용욱, 박명규(1999)[2]의 상자형 모터 회전자의 절삭가공 실험 사례로 선반 가공후 특성치로 표면거칠기와 저항을 측정하여 절삭깊이, 절삭속도 이송속도에 대한 실험결과를 분석하여 최적조건을 찾는 것이다. 고려되는 설계인자와 수준을 [표 1]에 나타내었다.

① 표면거칠기(망소 특성치)	② 저항(망소 특성치)
허용규격치는 10(μm)	허용규격치는 100(volt)

[표 1] 설계인자와 수준

인 자	수 준
A(절삭깊이)	3 수준{0.05mm, 0.1mm, 0.15mm}
B(이송속도)	3 수준{0.1(mm/rev), 0.15(mm/rev), 0.20(mm/rev)}
C(절삭속도)	3 수준 {291(m/min), 347(m/min), 409(m/min)}

[표 2] 실험의 결과

요인배치	A	B	A×B	A×B	C	A×C	A×C	B×C	B×C	표면거칠기(1) (μm) 실험번호			저항(2) (volt) 실험번호			SN비 (1)	SN비 (2)
실험# \ 열#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	1	2	3		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3.2	3.8	5.4	19.1	18.1	8.6	-12.49	-24.07
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	6.8	3.8	3.8	10.9	13.5	19.5	-13.22	-23.56
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	4.4	6.8	4.0	4.5	45.2	22.5	-16.18	-29.33
4	1	2	2	2	1	1	1	2	3	5.4	6.0	6.4	14.8	21.2	31.3	-15.76	-27.40
5	1	2	2	2	2	2	2	3	1	8.4	5.4	6.0	16.7	19.0	36.8	-16.50	-28.23
6	1	2	2	2	3	3	3	1	2	10	6.0	6.4	4.0	34.5	49.3	-17.35	-30.84
7	1	3	3	3	1	1	1	3	2	6.6	7.8	7.4	25.5	50.2	28.6	-17.36	-31.24
8	1	3	3	3	2	2	2	1	3	9.8	8.0	8.6	6.5	19.9	36.7	-18.94	-27.75
9	1	3	3	3	3	3	3	2	1	8.0	8.4	8.4	22.0	55.4	27.5	-18.47	-31.57
10	2	1	2	3	1	2	3	1	1	4.4	4.2	2.6	44.8	73.1	42.3	-11.76	-34.84
11	2	1	2	3	2	3	1	2	2	3.4	4.0	4.2	17.3	38.5	30.8	-11.92	-29.59
12	2	1	2	3	3	1	2	3	3	4.2	2.6	7.8	29.2	47.7	49.4	-13.86	-32.69
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	5.2	4.4	5.4	89.9	48.7	46.61	-14.31	-36.24
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	6.6	3.6	5.0	44.6	70.9	31.0	-14.59	-34.25
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	4.8	5.0	5.4	28.3	19.5	46.0	-14.21	-30.41
16	2	3	1	2	1	2	3	3	2	11.8	10.4	7.0	121.2	133.7	77.2	-18.08	-41.09
17	2	3	1	2	2	3	1	1	3	7.8	6.0	6.2	25.7	60.33	105.2	-16.75	-37.10
18	2	3	1	2	3	1	2	2	1	7.4	7.2	7.2	75.3	54.1	42.3	-17.36	-35.39
19	3	1	3	2	1	3	2	1	1	5.2	4.0	4.0	42.0	41.11	39.6	-12.05	-32.24
20	3	1	3	2	2	1	3	2	2	4.2	6.4	4.6	22.2	30.7	33.0	-12.46	-29.25
21	3	1	3	2	3	2	1	3	3	4.2	3.0	4.0	29.9	10.8	35.5	-12.28	-28.79
22	3	2	1	3	1	3	2	2	3	5.0	4.4	5.6	79.6	71.42	54.6	-13.69	-36.82
23	3	2	1	3	2	1	3	3	1	4.2	4.8	5.8	27.4	38.1	54.1	-13.84	-32.33
24	3	2	1	3	3	2	1	1	2	4.6	4.0	6.0	35.7	40.5	12.2	-14.15	-30.09
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	7.2	7.0	8.8	30.7	20.32	98.6	-17.22	-35.67
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	9.2	8.6	6.8	73.6	70.64	65.4	-17.88	-36.90
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	5.2	7.4	6.8	45.4	60.39	32.8	-16.38	-33.54

각 인자의 효과 및 교호작용의 효과도 알아보고자 직교배열 $L_{27}(3^9)$에 할당하여 실험한 결과는 [표 2]과 같다.

(단계 1) 특성치별 파라미터 설계

각 분석 대상별로 SN비 분산분석을 행하여 α=0.05에서 유의한 인자를 찾아서 SN비가 최대가 되는 설계인자의 최적수준을 결정한 결과가 [표 3]와 같다. 또한 특성치(1)의 교호작용 A×C의 F_0값이 2이상이므로 약간의 유의성이 있다고 생각되어 표에 나타내었다.

[표 3] 특성치별 최적수준

인자	특성치(1) 표면거칠기		특성치(2) 저항	
	SN비	최적수준	SN비	최적수준
A_1	-16.13		-28.22	○
A_2	-14.92		-34.62	
A_3	-14.77	○	-32.85	
B_1	-13.06	○	-29.37	○
B_2	-14.91		-34.62	
B_3	-17.85		-32.85	
C_1			-33.29	
C_2	—	—	-31.00	○
C_3			-31.41	
$A\times B$	—	—	—	—
A_1C_1	-15.09		-27.57	
A_1C_2	-16.49		-26.51	○
A_1C_3	-16.80		-30.58	
A_2C_1	-15.20		-37.39	
A_2C_2	-14.22		-33.65	
A_2C_3	-15.35		-32.83	
A_3C_1	-14.90		-34.91	
A_3C_2	-15.51		-32.83	
A_3C_3	-13.90	○	-30.81	
$B\times C$	—	—	—	—

(단계 2) 인자의 분류

[표 3]에서 보면 특성치(1)의 최적수준은 $A_3B_1C_3$이고 특성치(2)의 최적수준은 $A_1B_1C_2$이다. 단, 특성치(1)의 교호작용 A×C는 α=0.05에서 보다는 작지만 F_0값이 2 이상이므로 약간의 유의성이 있다고 생각되어 포함시켰다. 교호작용 A×C이 존재하므로 주효과보다 우선적으로 고려하여 설계변수들을 분류하면 다음과 같다.

인자 A : 3군, 인자 B : 2군, 인자 C : 3군

(단계 3) 최적화 단계

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

(단계 4) 절충단계

인자 A와 C는 3군에 속하는 상충인자이므로 이 인자들의 각 수준과 유의한 인자조합에 대하여 두 특성치 SN비를 추정하면 [표 4]와 같다.

아래의 [표 4]에서 SN_1, SN_2열의 각 추정치들은 특성치(1), (2)에서 상충인자와 유의한 인자의 수준조합조건에서의 추정치로서 다음과 같이 구한다.

$$
\begin{aligned}
\widehat{x_{11}} &= \overline{T}+(\overline{A_1}-\overline{T})+(\overline{B_1}-\overline{T})+(\overline{A_1C_1}-\overline{A_1}-\overline{C_1}+\overline{T}) \\
&= \overline{A_1C_1}+\overline{B_1}-\overline{C_1} \\
&= (-15.09)+(-13.06)-(-15.06) \\
&= -13.09
\end{aligned}
$$

나머지 추정치들도 위와 같은 방법으로 구한다.

[표 4] 상충인자 조합에서의 각 특성치별 SN비 추정치

실험 번호	A	C	SN_1	SN_2
1	1	1	-13.09	-23.65
2	1	2	-14.14	-24.88
3	1	3	-14.51	-28.54
4	2	1	-13.20	-33.47
5	2	2	-11.87	-32.02
6	2	3	-13.06	-30.79
7	3	1	-12.90	-30.99
8	3	2	-13.16	-31.20
9	3	3	-11.61	-28.77

이 사례는 망소특성치가 두 개인 경우로 기대손실은 다음과 같다.

$$E(L(y_1, y_2)) = k_1\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_{1i}^2\right] + k_2\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_{2i}^2\right] + k_{12}\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_{1i}y_{2i}\right] \tag{14}$$

다구찌가 제안한 SN비를 이용하여 기대손실함수를 나타내면 식(15)가 된다.

$$E(L(y_1, y_2)) = k_1\left[10^{\frac{-SN_1}{10}}\right] + k_2\left[10^{\frac{-SN_2}{10}}\right] + k_{12}\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_{1i}y_{2i}\right] \tag{15}$$

[표 5] 상충인자의 절충 최적 수준

실험 번호	A	C	기대손실	절충된 최적수준
1	1	1	310.89	A : 1수준 C : 1수준
2	1	2	400.06	
3	1	3	881.80	
4	2	1	2448.91	
5	2	2	1721.65	
6	2	3	1430.39	
7	3	1	1455.94	
8	3	2	1486.13	
9	3	3	867.83	

상충인자가 아닌 인자B를 1 수준으로 고정한 후, 이 세인자가 가질수 있는 모든 수준의 조합에서 기대 손실값을 비교하여 이들 인자의 절충된 최적수준을 정하면 [표 5]과 같다. [표 5]의 결과를 보면 1번째 상충인자의 수준조합인 A_1C_1의 기대손실이 가장

작으므로 상충인자의 최적수준조합은 A_1C_1가 된다.

(단계 5) 조정단계

본 사례에서는 망목특성치가 없으므로 조정할 필요가 없다.

(단계 6) 최적수준 결정단계

본 연구에서 제안한 방법을 통한 다특성치의 파라미터 설계를 위한 사례분석 결과 설계인자의 최적수준은 $A_1B_1C_1$이다. 동승훈(1990)의 각 특성치 간의 상관관계를 고려치 않은 기대손실을 이용한 결과와 본 연구에서 제시한 각 특성간의 상관관계를 고려한 기대손실을 이용한 결과에 의한 설계인자의 최적수준은 모두 $A_1B_1C_1$임을 알 수 있다. 본 연구의 결과와 상관관계를 고려치 않은 기대손실을 이용한 결과를 비교하여 보면 [표 6]과 같다.

[표 6] 절충결과의 비교

번호	상관관계를 고려치 않은 기대손실	상관관계를 고려한 기대손실
1	252.11*	310.89*
2	333.55	400.06
3	742.75	881.80
4	2244.20	2448.91
5	1607.59	1721.65
6	1219.73	1430.39
7	1275.53	1455.94
8	1338.96	1486.13
9	767.84	867.83

* : optimum value

위의 결과에서 상관관계를 고려치 않은 경우와 상관관계를 고려한 경우에 최적수준은 변하지 않음을 알수 있다. 하지만 상관관계를 고려치 않은 경우에 수준조합 번호 9에서의 기대손실이 번호 3에서의 기대손실 보다 크지만, 상관관계를 고려한 경우에는 반대의 경우가 발생한다. 즉, 다특성치에서 상충인자의 수준을 결정할 때에는 상관관계의 유무에 따라서 최적설계 수준이 상이할 수도 있다.

5. 결론

다특성치 파라미터 설계연구에 있어서 상충현상이 존재하는 다특성치의 설계인자 최적수준을 결정하기 위해 기존연구에서는 특성치간 상관관계를 고려하지 않는 기대손실함수를 제안하였다. 그러나 본 연구에서는 특성치간의 상관관계를 고려한 손실함수와 기대 손실함수를 유도하였고, 상충현상이 발생하는 파라미터 설계인자들의 수준을 특성치들간의 상관관계를 고려한 기대 손실함수가 최소가 되도록 결정하는 방법을 제시함과 동시에 실제 사례를 통해

상관관계를 고려치 않은 기대손실함수를 이용한 방법과 비교 분석하였다. 본 논문에서 제시된 사례외에 다수의 실제사례에 적용하여 계속적인 연구가 요구된다. 각특성치간의 중요도가 다를 때 품질손실계수 k_{ij}를 결정하는 방법에 대한 연구도 필요하다고 생각된다.

참고문헌

[1] 동승훈(1990), "성능 특성이 다수인 경우의 파라미터 설계에 관한 연구", 석사학위논문, 한국과학기술원.
[2] 조용욱, 박명규,(1999), "다특성치 파라미터 설계에 관한 방법론 연구," 「공업경영학회지」, 제22권 제50집 pp.171-181.
[3] 조용욱, 박명규,(1999), "전문가 의견을 고려한 다특성치 파라미터 설계에 관한 연구," 「품질경영학회지」, 제27권 제2호 pp. 218-236.
[4] Fowlkes, W. C. and Creveling, C. M (1995), *Engineering Methods for Robust Product Design*, Addison-Wesley Publishing Company INC.
[5] Kapur, K.C. and Chen, G.(1988), "*Signal-to-Noise Development for Quality Engineering*," Quality and Reliability Engineering International, Vol.4, pp.133-141.
[6] Kapur,K.C. and CHO, B.R.(1996), "*Economic Design of the Specification region for Multiple Quality Characteristics*," IIE Transactions, Vol. 28, pp. 237-248.
[7] Peace,G, S.(1993), *Taguchi Methods : A Hands-on Approach*, Addison Wesley Publishing Company INC.
[8] Pirrung(1986), " Optimization of Bond Strength and Contact." ITT SWF(West Germany), *Fourth Symposium on Taguchi Method*,American Supplier institute.

저자소개

조용욱 : 명지대학교 산업공학과를 졸업하고 동 대학원 산업공학과 석사 및 박사과정을 수료하였다. 명지대학교 산업기술연구소 전임연구원으로 재직중이며 주요 관심분야는 실험계획법, 품질공학, TQM, 생산관리등이다.

박명규 : 한양대학교 산업공학과 졸업. 미국 일리노이 공대에서 산업공학 석사, 건국대학교 대학원 산업공학과에서 박사학위를 취득하였으며 현재 명지대학교 산업공학과 교수로 재직중이다. 주요관심분야는 TQM, QE, METHODS ENG, 재고물류관리, 확률모형, FORECASTING, 시스템분석등이다.