

감성공학적 제품개발을 위한 감성과 디자인 요소간의 관계 모형화

권규식, 이정우

전주대학교 산업공학과

전북 전주시 완산구 효자동 3가 1200

skskwon@jeondrs.jeonju.ac.kr and jwlee@krissol.kriss.re.kr

Modeling the relationship between sensibility and design elements for developing the product based on human sensibility ergonomics

Kyu Sik Kwon and Jeong Woo Lee

Department of Industrial Engineering, Jeonju University

1200, 3-ga, Hyoja-dong, Wansan-gu, Chonbuk, 560-759, Korea

skskwon@jeondrs.jeonju.ac.kr and jwlee@krissol.kriss.re.kr

Abstract

This study deals with the method for modeling relationship between human sensibility and design elements of a product for applying human sensibility to product development. In order to extract sensibility characteristics concerning a product, we used sensibility words and fuzzy set. And we figured out the relationship between sensibility and design elements using correlation analysis and multiple regression analysis, and then modeled the relationship between them through multiple objective linear programming. The results of this study can be effectively applied to develop a product based on human sensibility.

1. 서론

의식 수준의 향상과 소비 문화의 질적 고급화로 인하여 소비자들은 제품의 기능, 품질, 가격 뿐만 아니라 보다 사용하기 편리하고 감성적인 매력을 충족시켜주는 제품을 원하고 있다. 이에 따라 인간의 감성에 대한 관심이 높아지고 있으며, 여러 분야에서 감성을 제품개발에 활용하기 위한 노력이 진행되고 있다. 감성을 제품개발에 활용하기 위해서는 제품에 대해 인간이

느끼는 감성 특성이 파악되어야 한다. 그리고 심리적 요소로서의 감성 특성과 물리적 요소로서의 제품의 디자인 요소간에 어떠한 관계가 있는지를 구체적으로 밝혀내어 이를 모형화 해야 한다.

인간의 느낌을 잘 나타내주는 어휘를 감성어휘라 한다. 어떤 대상에 대한 인간의 느낌이나 감성은 대부분 언어적 표현으로써 가능하므로 감성어휘를 통해 인간의 감성을 간접적으로 측정, 평가할 수 있다[1]. 이러한 경우 언어적 표현에 의해서 감성이 측정되고 평가되므로 감성에 내재되어 있는 모호함과 불확실성을 어떻게 평가에 반영하느냐가 중요한 문제가 된다. 퍼지 집합(fuzzy set)은 현상의 불확실한 상태를 그대로 표현하고 처리해 주기 때문에 감성 특성을 파악하기 위한 척도(scale)를 구성하는 데에 유용하게 사용되어질 수 있다[2].

어떤 제품에 대해 인간이 느끼는 감성은 제품의 여러 가지 디자인 요소들의 상호작용에 의해 연출된다. 따라서 실제 감성이 가미된 제품을 개발하기 위해서는 감성과 제품의 디자인 요소간에 어떠한 관계가 있는지 구체적으로 파악되어야 한다. 다중회귀분석(multiple regression analysis)은 독립변수들이 어떠한 형태로 결합되어 종속변수에 영향을 미치는지를 구체적으로 제시하여 주기 때문에 감성과 제품의 디자인 요소간의 관계를 구체적으로 파악하는데 유용하게 사용되어질 수 있다. 또한 특정 감성을 유발시키기 위한 디자인 요소들의 상호결합 및 변화는 어떤 제약조건하에서의

다수의 목적으로 해석될 수 있다. 다목적계획법(multiple objective linear programming)은 주어진 제약조건하에서 다수의 목적들을 가능한 한 모두 원하는 수준까지 달성할 수 있도록 해주는 방법이다[3]. 그러므로 다목적계획법은 감성과 제품의 디자인 요소간의 관계를 모형화 하는데 효과적으로 이용되어 질 수 있다.

따라서, 본 연구는 인간의 감성을 제품 개발에 응용하기 위해 감성과 제품의 디자인 요소간의 관계를 모형화 하는 방법을 제시하고자 한다. 이를 위해 퍼지집합을 이용하여 제품에 대한 감성 특성을 추출하고, 상관분석과 다중회귀분석을 통해 감성과 디자인 요소간의 구체적인 관계를 파악하고자 한다. 그리고 이들의 관계를 다목적계획법을 이용하여 모형화 함으로써 감성이 반영된 제품 개발 시스템에 활용하고자 한다.

2. 제품에 대한 감성 특성 파악

제품에 대한 감성 특성을 파악하기 위해 먼저, 인간의 느낌을 잘 표현해줄 수 있는 감성어휘들을 선정하여 이들을 평가(rating)한다. 감성어휘를 평가하기 위한 척도는 감성을 그 느낌의 정도에 따라 몇 개의 등급으로 나누고, 각 등급을 퍼지집합으로 정의함으로써 구성된다. 다음으로 언어근사(linguistic approximation)를 통해 평가된 감성어휘들 중에서 높은 등급의 어휘들만을 추출함으로써 제품에 대한 소비자의 감성 특성을 파악한다.

본 연구의 평가 척도는 인간의 느낌의 정도에 따라 5등급의 언어변수로 구성되며 각 언어변수는 퍼지집합으로 표현된다. 퍼지집합은 $\{(a,0), (b,1), (c,1), (d,0)\}$ 의 네 꼭지점으로 특징 지워지는 사다리꼴 형태의 소속함수로 나타내고 이들 퍼지집합을 간단히 $[a, b, c, d]$ 로 표기하기로 한다.

본 연구에서 구성한 평가 척도의 각 등급별 퍼지집합과 그 소속함수는 표 1과 같으며, 형태는 그림 1과 같다. 피험자는 감성어휘에 대해 자신의 느낌을 척도에 제시되는 언어 묘사어에 따라 자연스럽게 평가한다.

표 1. 평가 척도에 사용된 등급별 퍼지집합

Fuzzy Set	Linguistic Value	Membership Function
VB	Very Bad	[0.0, 0.0, 1.0, 1.5]
B	Bad	[1.0, 1.5, 2.5, 3.0]
M	Medium	[2.5, 3.0, 4.0, 4.5]
G	Good	[4.0, 4.5, 5.5, 6.0]
VG	Very Good	[5.5, 6.0, 7.0, 7.0]

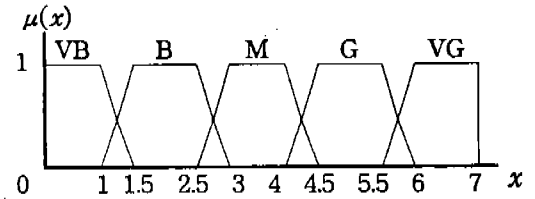


그림 1. 평가척도의 등급별 퍼지집합의 형태

다음으로 각 감성어휘의 평가점수는 언어근사를 통해 평가척도의 각 등급인 VB, B, M, G, VG 중의 하나로 변환된다. 언어근사는 어떤 결과가 미리 정의된 용어(term)에 정확하게 일치하지 않는 경우 가장 유사한 용어를 찾아내는 방법으로서, 결과로 유도된 퍼지집합과 미리 정의된 용어의 퍼지집합들을 순차적으로 대응시켜 그 거리(distance)가 최소인 용어를 찾아내는 방법이다. 두 퍼지집합 사이의 거리를 측정하는 척도로서 해밍 거리(hamming distance)와 유클리드 거리(euclidean distance) 등이 있으며[4, 5], 본 연구에서는 Park과 Kim이 제안한 퍼지집합 사이의 불균형의 척도를 이용하여 언어근사를 실시하였다[6]. 이 방법은 퍼지집합의 소속함수가 사다리꼴 형태일 경우, 소속함수의 네 꼭지점을 이용하여 간단히 퍼지집합 사이의 불균형의 정도를 측정할 수 있는 방법이다. 그림 2의 왼쪽 빗금 친 부분과 같이 두 퍼지집합의 첫 번째와 두 번째 원소(또는 세 번째와 네 번째 원소)를 잇는 직선 (a_1b_1, a_2b_2) 이 서로 교차하지 않으면 사다리꼴 형태의 영역이 형성된다. 그리고 이 영역의 면적 D_1 은 다음과 같다.

$$D_1 = \frac{|a_1 - a_2| + |b_1 - b_2|}{2} \quad (1)$$

또한, 그림 3의 오른쪽 빗금 친 부분과 같이 퍼지집합의 세 번째와 네 번째 원소(첫 번째와 두 번째 원소)를 잇는 직선 (c_1d_1, c_2d_2) 이 서로 교차하면 아래 D_2 의 면적을 갖는 삼각형 모양의 영역이 형성된다.

$$D_2 = \frac{(c_1 - c_2)^2 + (d_1 - d_2)^2}{2(|c_1 - c_2| + |d_1 - d_2|)} \quad (2)$$

이 두 영역을 합한 면적 $D (D_1 + D_2)$ 는 두 퍼지집합 사이의 불균형의 정도이며, 결과로 유도된 퍼지집합을 미리 정의한 용어의 퍼지집합과 순차적으로 대응시켜 불균형의 정도가 가장 최소인 용어를 찾아낸다. 언어근사를 통해 각 감성어휘는 척도상의 5개 등급 중 어느 하나에 대응되며, 이들 중 G, VG와 같이 높은

등급의 평가점수를 갖는 어휘만을 추출함으로써 제품의 감성 특성을 추출한다.

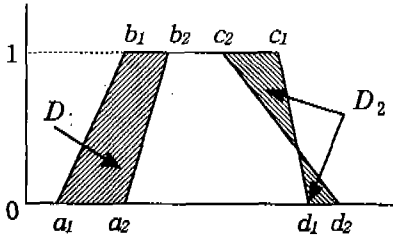


그림 2. 두 퍼지집합사이의 불균형의 척도

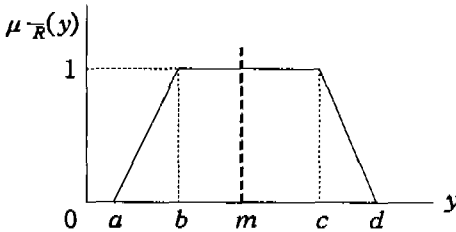


그림 3. 중앙치법에 의한 비퍼지화

3. 감성과 디자인 요소간의 관계 파악

감성과 제품의 디자인 요소간의 관계를 구체적으로 밝혀내기 위해 상관분석과 다중회귀분석을 이용하였다. 통계분석을 위한 입력 자료는 제품의 샘플에 대해 인간이 느끼는 감성점수와 샘플의 디자인 요소이다.

샘플에 대한 감성점수는 앞에서 구성한 5등급의 평가 척도를 이용하여 구해진 다음, 통계적 분석을 위해 비퍼지화(defuzzification)과정을 통해 정량적인 수치로 변환된다. 비퍼지화는 퍼지값(fuzzy value)을 하나의 확정값(crisp value)으로 변환하는 과정으로, 소속함수로 특징 지워지는 퍼지집합에서 하나의 대표적인 숫자를 선택하는 것을 말한다. 본 연구에서는 중앙치법을 사용하였으며, 이 방법은 다음과 같다[6].

그림 3와 같이 사다리꼴 퍼지집합의 소속함수에서 중앙치를 m 이라 할 때, m 에 의해 동일한 면적으로 나누어진 $\mu_R(y)$ 아래의 두 영역을 등식으로 표현하면,

$$\frac{(m-a)+(m-b)}{2} = \frac{(c-m)+(d-m)}{2} \quad (3)$$

가 되고 이를 풀면 중앙치 m 은 다음과 같이 간단히 나타낼 수 있다.

$$m = \frac{(a+b+c+d)}{4} \quad (4)$$

감성은 제품을 구성하고 있는 여러 디자인 요소들의 상호결합에 의해 연출된다. 이들의 관계를 밝혀내기 위해 먼저, 감성점수와 디자인 요소간의 상관분석을 통해 고객의 감성적 요구로 대표되는 각 감성어휘에 대해 제품의 어떠한 디자인 요소가 통계적으로 유의한 설명력을 가지고 있는가를 파악한다. 또한, 다중회귀분석을 통해 감성어휘에 대한 디자인 요소들의 다중회귀식을 추정함으로써 디자인 요소들이 어떠한 형태로 결합되어 감성을 연출하게 되는지를 파악할 수 있다. 임의의 감성어휘 Y_i 에 대한 디자인 요소 X_{ij} 의 다중회귀모델은 다음과 같다.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_{i1}X_{i1} + \dots + \beta_{ik}X_{ik} + e_i \quad (5)$$

추정된 다중회귀식은 각 감성어휘에 통계적으로 유의하게 영향을 주는 디자인 요소들을 추출할 수 있을 뿐 아니라 어떠한 형태로 선형 결합되어 있는지도 파악할 수 있다.

4. 감성과 디자인 요소간의 관계 모형화

통계적 분석을 통해 도출된 감성과 디자인 요소간의 관계는 다목적계획법을 통해 모형화 된다. 다목적계획법은 주어진 제약조건하에서 여러 가지 목적을 동시에 달성하고자 할 경우 사용되는 다수목적 의사결정기법 중의 하나로서[7], 목적달성을 위한 복수개의 목적식과 제약조건을 나타내는 복수개의 제약식으로 구성된다. 그리고 각 목적식에는 그 중요도에 따라 상대적인 가중값이 부여된다. 제약식에 의해 형성되는 실행가능해의 영역에서 서로 상충하는 목적들이 가능한 한 모두 원하는 수준까지 달성된다.

임의의 i 번째 감성어휘와 통계적으로 유의하게 영향을 미치는 디자인 요소가 k 개라 할 때, i 번째 감성어휘에 대한 감성다목적계획모형(Human Sensibility Multiple Objective Linear Programming; HS-MOLP)은 아래와 같은 목적식과 제약식으로 구성된다.

$$\text{Max } W_i M_i \sum_{j=1}^k P_{ij} X_{ij} \quad (6)$$

$$\text{s.t. } Y_L \leq \beta_0 + \beta_{i1}X_{i1} + \dots + \beta_{ik}X_{ik} \leq Y_U \quad (7)$$

$$X_{ijL} \leq X_{ij} \leq X_{ijU} \quad (8)$$

$$a \leq g(X_{ij}) \leq b \quad (9)$$

$$X_{ij} \geq 0 \quad \forall j \quad (j=1,2,\dots,k) \quad (10)$$

여기서,

W_i : 소비자의 선호도에 따른 i 번째 감성어휘의 상대적 정규가중치

M_i : 다중결정계수에 따른 i 번째 감성어휘의 상대적 정규가중치

P_{ij} : i 번째 감성어휘와의 편상관계수에 따른 j 번째 디자인 요소의 상대적 정규가중치

X_{ij} : i 번째 감성어휘와 통계적으로 유의한 j 번째 디자인 요소

Y_L : 감성점수의 척도상의 하한값

Y_U : 감성점수의 척도상의 상한값

X_{jL} : j 번째 디자인 요소의 범주의 하한값

X_{jU} : j 번째 디자인 요소의 범주의 상한값

$\beta_{i0} + \beta_{i1}X_{i1} + \dots + \beta_{ik}X_{ik}$

: i 번째 감성어휘의 추정회귀식

$a \leq g(X_{ij}) \leq b$

: 디자인 요소 X_{ij} 에 대한 기타 제한사항에 대한 제약식

식(6)은 HS-MOLP의 목적식이다. 이는 특정 감성을 최대한 연출하기 위한 디자인 요소들의 결합형태이다. 다중회귀분석을 통해 특정 감성을 연출하는데 중요한 역할을 하는 디자인 요소를 추출할 수 있었다. 특정 감성이 최대한 연출되기 위해서는 추출된 각각의 디자인 요소들을 편회귀계수의 부호(+/-)에 따라 최대한 크게 또는 작게 해주어야 한다. 따라서, 임의의 감성어휘 i 에 대해 k 개의 디자인 요소 X_{ij} 가 다중회귀식에 포함되었을 때, 다음과 같은 k 개의 목적식을 만들 수 있다.

$$Max \pm X_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, k) \quad (11)$$

다음으로 k 개의 목적식을 하나의 목적식으로 합성하기 위해 각 목적식에 그 중요도에 따라 상대적 가중치를 결정한다. 각 목적식에 대한 중요도는 감성어휘와 디자인 요소간의 편상관계수(partial correlation coefficient)에 의해 결정된다. 편상관계수는 종속변수에 대한 독립변수들의 상대적인 강도를 나타낸다. 따라서, k 개의 독립변수들의 감성어휘에 대한 편상관계수를 구한 다음, 이를 정규화(normalization)시켜 식(11)의 k 개의 목적식에 상대적 정규가중치를 부여하여 하나의 목적식으로 합성하면 다음과 같이 하나의 목적

식이 생성된다.

$$Max \sum_{j=1}^k P_{ij} X_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, k) \quad (12)$$

(여기서, P_{ij} 는 X_{ij} 의 상대적 정규가중치로서, X_{ij} 의 부호를 포함한다.)

다음으로 감성어휘에 대한 소비자의 선호도와 감성어휘의 추정 회귀식의 통계적 유의성 및 설명력을 다목적계획모형의 목적식에 반영하기 위해 감성어휘의 상대적 가중치를 결정한다. 먼저, 소비자의 선호도에 의한 감성어휘의 상대적 가중치 W_i 는 소비자에 의해 결정된다. 소비자의 선호도에 따라 그 값을 정규화시켜 사용한다. 그리고 통계적 설명력에 의한 감성어휘의 상대적 가중치 M_i 는 다중회귀모형의 다중결정계수(coefficient of multiple determination) R^2 을 정규화시켜 사용한다. 다중결정계수는 종속변수에 있어서의 변이성의 몇 %가 독립변수들의 전체집합에 의하여 설명되는가를 나타내는 것이므로, 감성어휘간의 상대적인 중요도를 반영하고 있는 값이다. 결정된 감성어휘의 상대적 정규가중치를 식(12)와 합성하면 식(6)과 같은 하나의 목적식을 만들 수 있다.

HS-MOLP의 목적식은 모형의 제약식에 의해 형성되는 실행가능해의 영역 안에서만 주어지 목적을 최대한 달성시킬 수 있다. 식(7)은 HS-MOLP의 첫 번째 제약식으로서 특정 감성을 연출하기 위한 디자인 요소들의 선형조합의 형태를 결정짓는 제약식이다. 특정 감성을 연출하기 위해서는 HS-MOLP에 포함된 디자인 요소들이 추정된 다중회귀식을 만족시키면서 증가 또는 감소되어야 한다. 또한 디자인 요소들의 선형조합에 의해 결정된 감성점수는 척도상의 상·하한의 경계를 벗어날 수 없다. 식(8)의 제약식은 디자인 요소 X_{ij} 의 값이 그들 범주의 상·하한인 [X_{jL} , X_{jU}]의 범위를 벗어날 수 없다는 의미이다. 그리고 식(9)는 대상제품에 대한 제품 개발시 고려해야 할 기술적 제한사항에 대한 제약식이다.

이상과 같이 구축된 HS-MOLP는 제품의 각 디자인 요소들이 가질 수 있는 값의 범위 및 제품 개발시 기술적인 제약사항 등을 고려한다. 또한, 통계적으로 추론된 감성어휘와 디자인 요소간의 선형결합조건에 따라 특정 감성을 가능한 한 최대로 만족시키는 디자인 요소들을 도출하게 된다. 그러므로 이렇게 도출된 디자인 요소와 그 값들은 주어진 조건하에서 입력된 고객의 감성적 요구를 최대한 충족시키는 제품의 설계요소가 된다.

5. 결론

본 연구에서는 인간의 감성을 제품개발에 응용하기 위해 감성과 제품의 디자인 요소간의 관계를 모형화 방법에 대해 다루었다. 제품에 대한 인간의 감성 특성을 추출하기 위해 인간의 느낌을 잘 표현해 줄 수 있는 감성어휘를 이용하였으며, 감성어휘를 평가하기 위한 평가 척도는 애매하고 불확실한 현상을 보다 효과적으로 처리할 수 있는 퍼지집합 이용하여 구성하였다. 그리고 상관분석과 다중회귀분석 등의 통계분석을 통해 감성과 제품의 디자인 요소간의 관계 및 상호 결합형태를 구체적으로 파악한 다음, 이들의 관계를 다목적계획법을 통해 모형화 함으로써 감성과 제품의 디자인 요소를 서로 연결하였다. 감성 다목적계획모형은 제품 개발시 필요한 디자인 요소들의 기술적인 제약사항을 고려할 뿐만 아니라, 고객이 제품을 선택할 때의 감성의 선호도와 감성어휘 및 디자인 요소들의 통계적 설명력 등을 반영하므로 인간의 감성을 제품의 디자인 요소로 변환할 수 있는 시스템에 효과적으로 활용될 수 있을 것이다. 따라서, 본 연구의 결과는 인간의 감성이 반영된 제품을 개발하는 데 있어서 효과적으로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 권규식, "감성의 기능화를 통한 신제품 개발에의 활용", 한국심리학회:산업 및 조직, Vol.8, No.1, pp.30-50, 1995.
- [2] Zadeh, L., "Fuzzy algorithms", *Information & Control*, Vol.19, pp.94-102, 1968.
- [3] 李相文, 經營科學論, 法文社, pp. 233-275, 1994.
- [4] Bortolan, G. & R. Degani, "A review of some methods for ranking fuzzy subsets", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.15(1), pp.1-19, 1969.
- [5] Yager, R., "On choosing between fuzzy subsets", *Kybernetes*, Vol.9, pp.151-154, 1980.
- [6] Park, K. S. & J. S. Kim, "Fuzzy Weighted-Checklist with Linguistic Variables", *IEEE Transactions on Reliability*, Vol.39(3), pp.1-5, 1990.
- [7] Kornbluth, J. H. & Steuer, R., "Multiple Objective Linear Fractional Programming", *Management Science*, Vol.27, No 9, pp.1024-1039, 1981.