통계적 유의성을 고려하여 고객 요구속성의 중요도를 산정하는 방법

김경미†

건국대학교 산업공학과

A Method to Determine the Final Importance of Customer Attributes Considering Statistical Significance

Kyungmee O. Kim†

Department of Industrial Engineering, Konkuk University

Key Words : House of Quality, Entropy, Fuzzy number

Abstract

Obtaining the accurate final importance of each customer attribute (CA) is very important in the house of quality(HOQ), because it is deployed to the quality of the final product or service through the quality function deployment(QFD). The final importance is often calculated by the multiplication of the relative importance rate and the competitive priority rate. Traditionally, the sample mean is used for estimating two rates but the dispersion is ignored. This paper proposes a new approach that incorporates statistical significance to consider the dispersion of rates in determining the final importance of CA. The approach is illustrated with a design of car door for each case of crisp and fuzzy numbers.

1. 서 론

현대 사회에서 기업의 성패는 고객을 얼마나 만족시키는가에 달려 있으며 따라서 제품의 전 수명주기에 걸쳐 동시 공학적 사고를 통하여 고객의 만족을 확보하는 것이 중요하다. 품질기능전개(quality function deployment, QFD)는 제품의 개념을 정립하는 단계에서부터 생산 및 판매에 이르는 모든 단계를 거치면서 고객의 요구를 체계적으로 반영하여 소비자들에게 매력적이고 경쟁력 있는 상품을 제공하고자 하는 고객 중심의 품질경영시스템이다. 1970년대 초 일본의 미쯔비시 조선소에서 개발되어 1980년대 중반 이후 미국의 많은 회사들이 성공적으로 사용하게 됨에 따라 설계비용 감소나 개발기간 단축 및 팀웍 증가 등의 여러 가지 장점이 알려지기 시작하였다.

일반적으로 QFD는 4개의 단계로 구성되는데 한 단계에서 생성된 자료는 다음 단계에 입력된다. 즉, 1단계에서는 고객의 요구속성을 제품의 기술특성으로 전개하고 2단계에서는 기술특성을 부품특성으로, 3단계에서는 부품특성을 공정특성으로 그리고 4단계에서는 공정특성을 운용단계로 전개한다. 특히, 제품에 대한 고객의 요구를 설계자의 언어로 바꾸는 1단계는 품질의 집(house of quality, HOQ)이라고 알려져 있으며 지난 30여 년간 QFD에서도 특히 HOQ의 각 구성요소에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔다.

품질의 집을 구성하기 위해서는 먼저 고객으로부터 고객의 요구속성(customer attribute, CA)을 추출하고 각 요구속성의 중요도 점수를 산정한다. 그 후 CA을 실현하기 위한 설계자의 기술특성(engineering characteristic, EC)을 도출하고 CA와 EC의 관련성에 기초하

† 교신저자 kyungmee@konkuk.ac.kr

※ 본 연구는 한국과학재단의 연구비 지원(특정기초연구, 과제번호 R01-2006-000-10744-0)으로 수행되었으며 연구비를 지원해 주신 한국과학재단에 감사드립니다.

여 EC의 중요도 점수를 결정하게 된다.

고객으로 하여금 CA를 추출하고 CA의 중요도를 평가하도록 하는 방법은 여러 가지가 있는데 그 중에서도 가장 널리 사용되는 방법이 리커트 척도(Likert scale)를 이용하는 방법이다. 이때 적어도 20명 이상의 고객을 조사하여(Griffin and Hauser, 1993), 각 고객이 평가한 리커트 점수의 평균값을 각 CA의 상대적 중요도 점수로 사용하고 있다. 이렇게 얻은 CA의 상대적 중요도 점수는 경쟁사 분석을 통해 수정된다. 즉, 다수의 고객들로 하여금 각 경쟁사의 제품에 대한 성능 점수를 평가하도록 하고 그 평균 점수를 비교 및 분석하여 CA의 상대적 중요도 점수를 수정하고 있다(Cohen, 1995; Chan et al., 1999).

이상에서 보는 바와 같이 기존의 방법들은 고객을 표본으로 추출하여 각 CA의 중요도 점수나 경쟁사의 성능 점수들을 평가하도록 하고 그 평균값을 계산하여 CA의 상대적 중요도를 결정한다. 이러한 방법은 고객이 변화함에 따라 발생하는 고객 간의 의견의 차이 또는 고객이 평가하는 속성의 중요도 점수에 존재하는 산포를 고려하지 못하고 있다. 이를 보완하기 위해 본 논문에서는 통계적 추론에 기초하여 산포를 고려한 후에 추정한 평균값을 이용하여 각 CA의 최종 중요도 점수를 산정하는 절차를 소개한다. 기본적인 아이디어는 각 속성의 중요도 점수에 대한 모평균을 추정할 때 표본 평균의 차이가 표본 표준편차에 비해 유의적으로 크지 않은 경우 속성의 모평균을 공동으로 추정한다는 것이다.

2절에서는 연구방법과 관련된 문헌을 고찰하고 3절에서는 자동차 문짝 설계를 사례로 하여 기존 방법과 제안된 방법을 비교하여 설명한다. 이때 고객이 평가한 리커트 점수를 일반 수(crisp number)로 가정하는 경우와 퍼지 수(fuzzy number)로 보정하는 경우를 각각 고려한다. 마지막으로 4절에서는 결론을 내리고 추후 연구과제에 대해 언급한다.

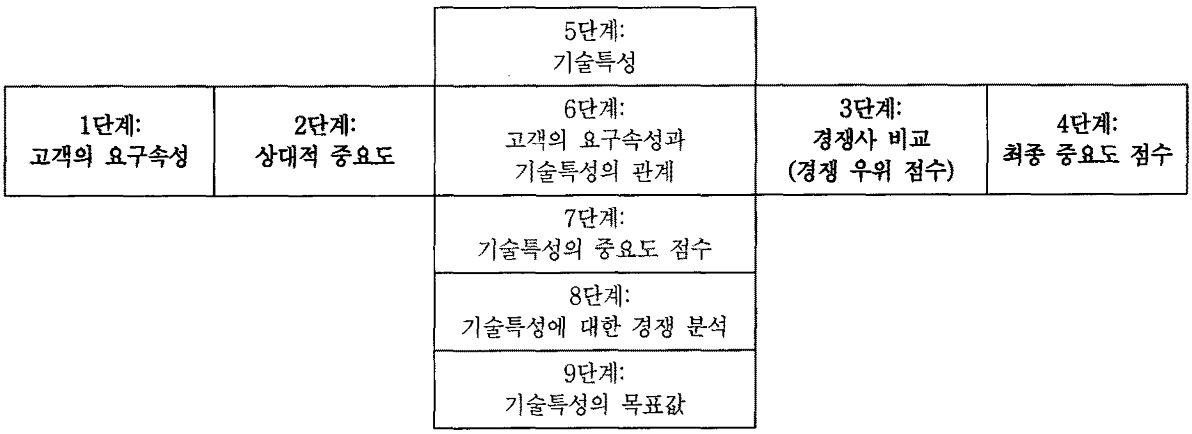
2. 문헌고찰

2.1 HOQ

QFD의 첫 번째 단계인 HOQ는 일반적으로 <그림 1>과 같이 9단계로 구성된다. 1-4단계는 CA를 파악하여 그 중요도를 평가하는 단계이며 5-9단계는 이러한 CA를 실현할 수 있는 EC를 추출하고 EC의 중요도 점수를 결정하는 단계이다. 실제로 품질의 집을 사용할 때 이들 요소들을 모두 포함하기는 어렵거나 또는 불필요할 수 있으므로 필요한 요소들만을 사용하여 다양한 품질의 집을 구성할 수 있다(Chan and Wu, 2005). 본 연구에서는 1-4단계에 주된 관심이 있으므로 여기서는 1-4단계에 대해서만 간략히 살펴보기로 한다. 5-9단계에 대한 자세한 설명은 Cohen(1995)을 참고할 수 있다.

HOQ의 1단계는 고객이 제품과 관련하여 요구하는 속성을 추출하는 단계이다. 설문조사, 집단 면접, 포커스 그룹 면담, 문헌조사 등을 이용하여 고객의 요구를 수집하고 친화도(affinity diagram)나 계통도(tree diagram)를 사용하여 CA을 추출 및 정리한다.

HOQ의 2단계에서는 i번째 CA에 대한 중요도 점수 $g_i, i=1,\cdots,m$을 결정하여야 한다. 여기서 m은 1단계에서 추출한 CA의 총 개수를 나타낸다. 각 CA의 중요



<그림 1> 품질의 집의 구성요소

도를 결정하기 위해 먼저 다수의 고객으로 하여금 각 CA에 대한 중요도를 평가한다. 평가를 위하여 리커트 L-척도(Likert L-scale), 이원비교(pairwise comparison) 또는 순위(rank) 등을 이용할 수 있다. 리커트 L-척도는 언어적 표현을 이용하여 중요도 점수를 할당하는 방법으로 예를 들어서 리커트 5점 척도나 리커트 9점 척도의 의미는 <그림 2>와 같다. 리커트 척도에서의 언어적 표현에 따르는 모호함 또는 불확실성을 보정하기 위하여 퍼지 수를 사용하기도 하는데 이에 대한 자세한 설명은 2.2절에서 하기로 한다. 한편 이원비교란 모든 가능한 속성들의 쌍에 대해 속성간의 중요도를 몇 배 중요한가로 비교하여 그 결과를 행렬로 작성하고 고유벡터를 계산하여 중요도 점수를 얻는 방법이다. 특히 속성들이 계층구조로 나타날 때 계층적 분석 기법(analytical hierarchical process, AHP)이라고 한다(Saaty, 1980). 순위를 이용하는 방법은 CA를 중요한 순서로 나열한 다음 일정한 상수 예를 들면 100점을 분배하는 방법이다.

HOQ의 3단계에서는 각 CA에 대해 각 경쟁업체가 얼마만큼의 우수성을 가지고 있는지를 평가하여 i번째 CA에 대한 경쟁 우위 점수(competitive priority rating) e_i, $i=1,\cdots,m$를 계산한다. 문헌에 따라 세일즈 포인트(sales point)라는 개념으로도 알려져 있다. 경쟁 우위가 없다고 판단되는 CA에는 1점을 부여하고 중간 정도의 경쟁 우위를 가지는 CA는 1.2점 그리고 강한 경쟁 우위를 가질 수 있는 CA에 대하여는 1.5점을 부여하게 되는데 전통적으로 이러한 점수의 부여는 주관적인 판단에 의해 이루어져 왔다(Cohen, 1995). 한편 Chan et al.(1999), Chan and Wu(2005) 그리고 Hsu and Lin(2006)은 경쟁 우위 점수를 보다 객관적으로 계산하기 위해 엔트로피 방법을 사용하였다. 엔트로피에 대해서는 2.3절에서 설명한다.

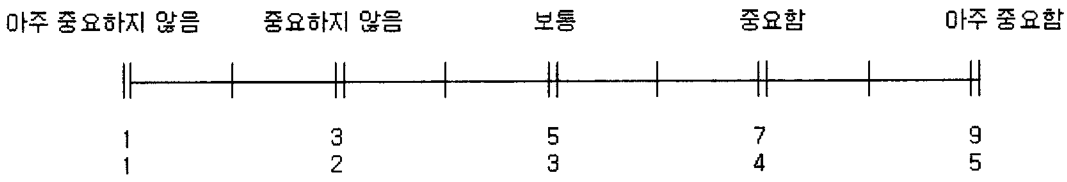
마지막으로 4단계에서는 2단계에서 얻은 g_i와 3단계에서 얻은 e_i를 곱하여 각 CA에 대한 최종 중요도 점수인 f_i, $i=1,\cdots,m$를 얻는다.

본 논문의 목적은 g_i와 e_i를 얻는데 있어 기존 방법에서처럼 단순히 표본 평균을 사용하는 것이 아니라 각 속성의 중요도 점수나 회사의 성능 점수의 산포를 고려할 수 있도록 통계적 추론을 이용하는 방법을 소개하는 것이다.

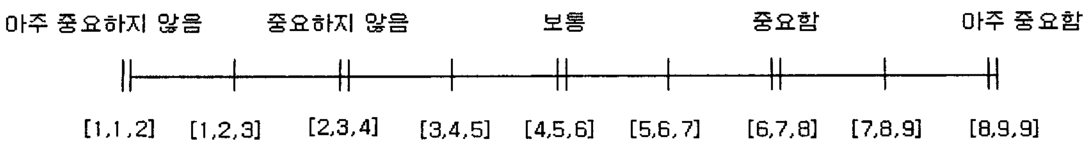
2.2 퍼지 수(Fuzzy Number)

어떤 고객의 요구속성에 대해 고객이 중요하다 또는 별로 중요하지 않다고 표현하는 것은 자연스러울 수 있으나 이러한 표현은 고객에 따라 주관적이며 다르게 해석될 수 있는 부정확한 표현이다. 이러한 인간의 질적이고 모호한 입력 정보를 보정하기 위해 퍼지 수(fuzzy number)를 이용할 수 있다. 퍼지는 경계가 부정확하거나 정의가 잘 되어 있지 않는 활동이나 판단을 표현하는 것으로 Zadeh(1965)에 의해 처음 소개되었다.

X를 객체들의 집합이라고 하고 $x\in X$라고 하자. X의 부분집합 A가 $A=\{(x, U_A(x)) \mid x\in X\}$ 이고 $0\le U_A(x)\le 1$을 만족할 때 A를 퍼지 집합(fuzzy set)이라고 하며 이때 $U_A(x)$를 소속 함수(membership function)라고 한다. 즉, 퍼지 집합은 x와 x의 소속 함수의 순서쌍의 집합으로 정의된다. 퍼지 집합은 일반 집합(crisp set)과는 달리 어떤 객체 x가 집합 A에 소



<그림 2> 리커트 5점 및 9점 척도의 의미



<그림3> 리커트 9점 척도의 삼각 퍼지 수 적용

속되는 여부와 소속되는 정도를 소속 함수로 나타낸다.

한편 퍼지 수(fuzzy number)란 퍼지 집합 A가 볼록성(convexity)과 정규성(normality)을 만족하는 경우를 말한다. 볼록성이란 모든 $0 \le \lambda \le 1$와 $x, y \in X$에 대해

$$U_A(\lambda x + (1-\lambda)y) \le \min(U_A(x), U_A(y))$$

가 성립하는 것을 말하고 정규성이란

$$\mathrm{Sup}_x U_A(x) = 1$$

을 만족하는 것을 말한다.

퍼지 수로 가장 널리 사용되는 것이 삼각 퍼지 수(triangular fuzzy number)이다. $a \le b \le c$에 대해 삼각 퍼지 수 $M=(a,b,c)$의 소속 함수 $U_M(x)$는 식(1)과 같이 정의된다.

$$U_M(x) = \begin{cases} 0 & , x \le a \text{ or } x \ge c \\ (x-a)/(b-a), & a \le x \le b \\ (c-x)/(c-b), & b \le x \le c \end{cases} \tag{1}$$

삼각 퍼지 수는 퍼지 수의 특별한 경우로 $M=(a,b,c)$의 의미는 'b에 근사하는'이다. 예를 들어 한 고객이 어떤 CA에 대해 리커트 9점 척도에서 5점을 주었다고 하면 이를 '5에 근사하는'으로 해석하며 식(1)의 삼각 퍼지 수로 쓰면 다음과 같다.

$$U_M(x) = \begin{cases} 0 & , x \le 4 \text{ or } x \ge 6 \\ x-4, & 4 < x < 5 \\ 6-x, & 5 \le x < 6 \end{cases}$$

한편 두 개의 삼각 퍼지 수 $M_1 = (a_1, b_1, c_1)$과 $M_2 = (a_2, b_2, c_2)$의 연산은 식(2)와 같이 이루어진다(Dubois and Prade, 1980).

$$\begin{aligned} M_1 + M_2 &= (a_1 + a_2,\ b_1 + b_2,\ c_1 + c_2) \\ M_1 - M_2 &= (a_1 - c_2,\ b_1 - b_2,\ c_1 - a_2) \\ kM_1 &= (ka_1,\ kb_1,\ kc_1) \\ M_1 \times M_2 &= (a_1 \times a_2,\ b_1 \times b_2,\ c_1 \times c_2) \\ M_1 \div M_2 &= (a_1 \div c_2,\ b_1 \div b_2,\ c_1 \div a_2) \end{aligned} \tag{2}$$

퍼지 수의 대소를 비교하기 위해 퍼지 수를 하나의 수치로 변환하는 과정을 비 퍼지화 (defuzzification)라고 한다. 문헌에 소개된 비 퍼지화 방법으로는 무게 중심법(centroid of gravity), 최대 평균법(mean of maximum method), 최대값 방법(max criterion method) 등이 있다(Runkler, 1997). 본 연구에서는 예시의 간편성을 위해 Lee and Li(1988)의 퍼지 평균 및 산포 방법을 사용한다. 이 경우 퍼지수 $M=(a, b, c)$의 비 퍼지화(defuzzification)는 식(3)과 같이 정의한다.

$$D = \frac{a+2b+c}{4} \tag{3}$$

최근 고객의 요구속성의 중요도 점수를 산정하는데 있어 일반적인 리커트 점수 즉, 일반 수 대신 퍼지 수를 사용하는 연구가 활발하게 전개되고 있다(Khoo and Ho, 1996; Shen et al., 2001; Chan and Wu, 2002).

2.3 엔트로피(Entropy)

엔트로피란 사건에 있는 정보의 양을 설명하는 용어이다. 이산 확률 사건 Y의 확률 값이 $p(i) = \Pr(Y=i)$ $i = 1, 2, \cdots, l$ 이라고 할 때 이산 확률 사건 Y의 엔트로피 값은

$$H(y) = -\sum_{i=1}^{l} p(i)\log p(i) \tag{4}$$

로 정의된다. 식(4)에서 모든 $p(i)$가 같을 때 $H(y)$는 최대가 되며 사건이 많이 퍼져 있으면 엔트로피의 값이 작다.

만약 자회사가 경쟁사에 비해 이미 월등히 우수한 성능을 가지는 고객의 요구속성이 있다면 이러한 고객의 요구속성에 대해서는 제품을 개선한다 해도 경쟁적 우위를 높이기는 어렵다. 반대로 월등히 떨어지는 속성에 대해서는 개선을 하여도 경쟁적 우위를 확보하는 것이 어렵다. 그러나 모든 기업이 비슷한 정도의 평가를 얻고 있는 속성이 있다면 자사가 작은 노력을 하여 경쟁적 우위를 얻을 수 있다. Chan et al.(1999)과 Hsu and Lin(2006)은 이러한 점에 착안하여 경쟁 회사 사이의 고객 만족도에 대한 엔트로피에 기초하여 경쟁 우위 점수를 산정하는 방법을 제안하였다. 이때 엔트로피 값이 0과 1 사이의 상수가 되도록 식(4) 대신 식(5)를 사용하였다.

$$H(y) = -\frac{1}{\log(l)}\sum_{i=1}^{l} p(i)\log p(i) \tag{5}$$

여기서 $p(i)$는 주어진 속성에 대한 회사 i의 성능 점수와 모든 회사들의 총 성능 점수의 비율로 정의된다.

경쟁 우위 점수는 식(5)를 모든 속성에 대해 더하여 1이 되도록 정규화(normalization)하여 얻어진다.

3. 고객의 요구속성의 중요도

본 연구에서 제안하는 방법을 예시하기 위하여 Hauser and Clausing(1988)과 Chan et al.(1999)의 자동차 문짝을 설계하기 위한 예제를 사용한다.

자동차를 생산하는 자회사에서는 자동차의 문짝을 개선하여 경쟁 우위를 확보하고자 한다. 목표시장을 파악하고 25명의 목표고객으로부터 고객의 요구속성을 수집하였다. 총 90개의 CA를 도출한 후 친화도법을 이용하여 정리한 결과 <표 1>에서 보는 바와 같이 10개의 CA를 얻었다. 이제 5명의 고객으로 하여금 10개의 CA 각각에 대한 중요도 점수를 리커트 9점 척도로 평가하도록 하였다고 가정하자. 고객의 요구속성 i에 대해 j번째 고객이 평가한 리커트 점수를 CA_{ij}라고 하자. <표 2>는 $i=1,\cdots,10$과 $j=1,2,\cdots,5$에 대해 CA_{ij}의 값을 보여 준다(Chan et al., 1999).

자회사를 포함하여 시장에 모두 5개의 경쟁사가 있어 자회사를 회사1로 나타내고 경쟁회사들은 각각 회사 2,3,4,5로 나타낸다고 하자. 5개 회사의 제품 각각이 고객의 요구속성을 만족하는 정도를 리커트 9점 척도로 평가한다. 회사 k가 고객의 요구속성 i를 얼마나 충족하는지 고객 j_k가 평가한 리커트 성능 점수를 x_{ijk}이라고 하자. <표 3>은 $i=1,\cdots,10$, $k=1,2,\cdots,5$이고 $j_3=j_4=j_5=4$인 경우의 x_{ijk} 값을 보여 준다(Chan et al., 1999).

이제 고객의 최종 중요도 점수를 산정할 때 산포를 고려하지 않은 기존 방법과 통계적 추론을 이용하여 산포를 고려한 방법의 결과를 비교하고자 한다. 3.1절에서는 일반 수를 고려하고 3.2절에서는 삼각 퍼지 수를 고려한다.

3.1 일반 수(Crisp Number)의 경우

3.1.1 통계적 유의성을 고려 않은 경우

먼저 일반 수(crisp number)를 이용하여 고객의 중요도 점수를 결정하는 기존의 방법을 살펴본다. 고객의 요구속성 i의 중요도 점수 g_i를 추정하는데 있어 산포를 고려하지 않고 평균만을 사용하는 경우 속성 i의 중요도 점수 g_i를 추정하면 식(6)과 같다.

$$\hat{g_i}=\frac{\sum_{j=1}^{5} CA_{ij}}{5} \tag{6}$$

<표 2>의 자료에 식(6)을 적용하여 속성의 상대적 중요도 점수를 추정하면 $(\hat{g_1}, \hat{g_2}, \cdots \hat{g_{10}})$=(8, 5, 4.8, 4.6,

<표 1> 자동차 문짝을 설계하는데 필요한 고객의 요구속성

개/폐 용이성	좋은 격리성
속성1: 밖에서 닫기 쉬워야 한다.	속성6: 빗물 누설이 없어야 한다.
속성2: 밖에서 열기 쉬워야 한다.	속성7: 세차할 때 누설이 없어야 한다.
속성3: 안에서 닫기 쉬워야 한다.	속성8: 이동 중 조용해야 한다.
속성4: 안에서 열기 쉬워야 한다.	속성9: 창문 소음이 없어야 한다.
속성5: 언덕에서 열린채 유지되어야 한다.	속성10: 덜컹거리지 않아야 한다.

<표 2> 고객이 평가한 각 요구속성의 리커트 9점

속성	고객					속성	고객				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
1	7	9	7	8	9	6	9	7	7	8	9
2	4	6	5	6	4	7	4	4	6	5	4
3	6	4	6	4	4	8	5	4	4	5	5
4	5	4	4	6	4	9	2	3	1	2	3
5	2	1	2	3	3	10	1	2	3	1	2

2.2, 8, 4.6, 4.6, 2.2, 1.8)이다. 이제 경쟁사의 성능 분석을 위해 <표 3>의 자료를 보자. 속성1의 경우를 예로 들면 자회사의 성능 점수를 표본 평균으로 추정한다면

$$\frac{3+3+1+2+2}{5}=2.20$$

이고 마찬가지 방법으로 경쟁사들의 성능 점수는 각각 1.80, 2.00, 2.75, 4.00으로 추정된다. 5개 회사의 속성1의 성능 점수의 합은 12.75이므로 속성1의 엔트로피는 식(5)를 이용하면 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} H(\text{속성}\,1) =& -\frac{1}{\log(5)}\left[\frac{2.20}{12.75}\log\left(\frac{2.20}{12.75}\right)\right. \\ &+\frac{1.80}{12.75}\log\left(\frac{1.80}{12.75}\right)+\frac{2.00}{12.75}\log\left(\frac{2.00}{12.75}\right) \\ &\left.+\frac{2.75}{12.75}\log\left(\frac{2.75}{12.75}\right)+\frac{4.00}{12.75}\log\left(\frac{4.00}{12.75}\right)\right] \\ &=0.972183 \end{aligned}$$

마찬가지 방법으로 각 속성들의 엔트로피를 계산하면 식(7)과 같다.

$$\begin{aligned} &[H(\text{속성}1),\ H(\text{속성}2),\cdots,\ H(\text{속성}10)] \\ &=(0.972183,\ 0.998332,\ 0.999450,\ 0.952501, \\ &\quad 0.958019,\ 0.991460,\ 0.971155,\ 0.989348, \\ &\quad 0.981473,\ 0.982265) \end{aligned} \tag{7}$$

이제 각 속성의 경쟁 우위 점수는 속성들의 엔트로피 값의 합이 1이 되도록 정규화하여 식(8)과 같이 정의된다(Chan et al., 1999; Chan and Wu, 2005; Hsu and Lin, 2006).

$$e_i=\frac{H(\text{속성}\,i)}{\sum_{i=1}^{10}H(\text{속성}i)} \tag{8}$$

식(7)과 식(8)의 결과로부터 식(9)를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} &(e_1, e_2, \cdots e_{10}) \\ &=(0.099241,\ 0.101910,\ 0.102024,\ 0.097232, \\ &\quad 0.097795,\ 0.101209,\ 0.099136,\ 0.100993, \\ &\quad 0.100189,\ 0.100270) \end{aligned} \tag{9}$$

식(7)과 식(9)에서 속성4는 경쟁사별 만족도 점수의 산포가 가장 크며 따라서 엔트로피가 가장 낮다. 속성의 최종 중요도 점수는

$$f_i=\hat{g_i}\times e_i \tag{10}$$

이므로 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} &(f_1, f_2, \cdots f_{10}) \\ &=(0.793928,\ 0.509551,\ 0.489717,\ 0.447266, \\ &\quad 0.215149,\ 0.809670,\ 0.456026,\ 0.464569, \\ &\quad 0.220416,\ 0.180486) \end{aligned}$$

<표 3> 고객이 평가한 각 경쟁회사들의 리커트 9점 성능 점수

속성 (i)	회사 (k)																					
	1					2					3				4				5			
	고객 (j_k)																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	3	3	1	2	2	3	1	1	2	2	1	2	4	1	2	2	4	3	5	4	2	5
2	3	4	5	4	8	5	7	3	5	6	3	5	8	7	8	4	5	3	5	6	7	5
3	7	9	8	7	9	6	9	8	9	9	7	8	9	8	9	7	9	6	7	9	8	5
4	9	5	7	8	7	1	3	3	5	4	2	5	3	5	7	4	3	3	1	3	4	1
5	4	3	2	1	2	9	9	7	8	8	9	6	8	8	9	7	4	8	5	8	4	5
6	7	5	3	5	4	9	7	8	7	6	8	7	6	7	8	7	9	7	9	4	6	5
7	9	7	9	9	6	7	4	6	7	5	5	2	3	3	4	6	7	3	8	7	7	9
8	3	5	5	4	6	5	7	6	5	8	3	4	4	3	5	5	6	4	6	5	3	8
9	5	6	5	7	3	3	4	3	5	1	7	2	5	3	4	3	2	2	3	4	3	2
10	3	2	3	5	2	4	7	6	4	5	8	5	7	3	5	6	4	5	5	6	8	7

최종 중요도 점수에 기초하여 속성을 중요한 순서로 나열해 보면 속성6 > 속성1 > 속성2 > 속성3 > 속성8 > 속성7 > 속성4 > 속성9 > 속성5 > 속성10의 순서임을 알 수 있다.

3.1.2 통계적 유의성을 고려한 경우

3.1.1절에서는 각 고객이 속성의 중요도에 대해 평가한 점수의 표본 평균을 이용하여 속성의 상대적 중요도를 결정하였다. 그런데, 각 속성의 중요도 점수의 표준오차를 계산하여 보면

$$SE(\hat{g_1}, \hat{g_2}, \cdots \hat{g_{10}}) = (0.447214,\ 0.447214,\ 0.489699,\ 0.399809,\ 0.374318,\ 0.447214,\ 0.399809,\ 0.245073,\ 0.374318,\ 0.374318)$$

이다. g_i의 값을 추정하는데 있어 3.1.1절에서와 같이 각 속성의 중요도 점수의 표준오차를 무시하고 평균 점수를 사용하기 보다는 통계적으로 유의한 차이가 있지 않은 속성들은 하나의 집단으로 묶어서 중요도 점수를 추정하는 것이 더 타당할 것이다.

먼저 <표 2>에서 각 고객은 10개의 속성의 중요도 점수를 모두 평가하므로 고객1이 속성1과 속성2에 대해 평가한 중요도 점수는 서로 독립이 아니라 반복 측정된 자료이다. 본 예제에서는 표본의 크기가 5로 작기 때문에 평균의 차이를 검정하기 위해 비모수적 접근법을 사용하는 것이 타당하다. 그러나 Griffin and Hauser (1993)에 따르면 25-30명 이상의 고객을 표본 추출하는 것이 일반적이므로 본 논문에서는 소 표본이지만 모집단의 분포를 정규분포로 가정하고 반복 측정 분산분석(repeated measure analysis of variance)을 사용하기로 한다. 그 결과는 <표 4>에 요약되어 있다. 유의확률이 0.000으로 10개 속성의 평균 중요도 점수가 모두 같다는 귀무가설을 유의수준 0.05에서 기각 할 수 있다.

이제 중요도 점수가 같은 속성끼리 분류하기 위하여 대응별 비교를 수행하면 <표 5>와 같다. <표 5>에서 $g_{10} = g_5 = g_9 < g_4 = g_7 = g_8 = g_3 = g_2 < g_1 = g_6$임을 알 수 있다. 따라서 속성10, 속성5, 속성9의 중요도 점수를 함께 추정하게 되고 그 결과 2.067을 얻게 된다. 비슷한 방법으로 각 속성의 모평균 중요도 점수를 산정하면 다음과 같다.

$$(\hat{g_1}, \hat{g_2}, \cdots \hat{g_{10}}) = (8.000,\ 4.720,\ 4.720,\ 4.720,\ 2.067,\ 8.000,\ 4.720,\ 4.720,\ 2.067,\ 2.067)$$

경쟁사의 성능 분석을 위해서도 5개 회사의 성능 점수에 대해서 차이가 있는지를 먼저 검정하고 차이가 없는 회사에 대해서는 하나의 집단으로 묶은 다음 성능 점수를 추정한다. 고정된 속성 i에 대해 5개 회사의 성능의 차이가 있는지에 대하여 일요인 분산 분석을 실시하여 보면, 속성 1,2,3,8,9에 대해서는 유의확률이 각각 0.063, 0.905, 0.844, 0.064, 0.112로 유의수준 0.05에서 회사 간의 만족도 점수가 같다는 귀무가설을 기각할 수 없다. 그러나 속성 4,5,6,7,10에 대해서는 유의확률이 각각 0.002, 0.000, 0.030, 0.000, 0.021로 귀무가설을 기각할 수 있다. <표 6>은 귀무가설이 기각된 속성들에 대해 다중비교를 실시하여 회사들의 평균 성능이 차이가 없는 집단에 대해 묶어 주고 모평균을 추정하여 얻은 결과이다.

다중비교를 고려한 성능 점수 행렬을 가지고 엔트로

<표 4> <표 2>의 속성의 중요도 점수의 차이에 대한 반복측정 분산분석 결과

소스		제 III 유형 제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
요구속성	구형성 가정	213.380	9	23.709	26.908	.000
	Greenhouse-Geisser	213.380	3.252	65.607	26.908	.000
	Huynh-Feldt	213.380	9.000	23.709	26.908	.000
	하한값	213.380	1.000	213.380	26.908	.007
오차(요구속성)	구형성 가정	31.720	36	.881		
	Greenhouse-Geisser	31.720	13.010	2.438		
	Huynh-Feldt	31.720	36.000	.881		
	하한값	31.720	4.000	7.930		

<표 5> <표 2>의 속성의 중요도 점수의 차이에 대한 대응별 비교 결과

속성 (I)	속성 (J)	평균차 (I-J)	표준오차	유의확률 (a)	차이에 대한 95% 신뢰구간(a)	
					하한값	상한값
1	2	3.000*	.548	.005	1.479	4.521
	3	3.200*	.917	.025	.655	5.745
	4	3.400*	.678	.007	1.517	5.283
	5	5.800*	.583	.001	4.181	7.419
	6	.000	.632	1.000	-1.756	1.756
	7	3.400*	.748	.010	1.322	5.478
	8	3.400*	.510	.003	1.984	4.816
	9	5.800*	.200	.000	5.245	6.355
	10	6.200*	.583	.000	4.581	7.819
2	3	.200	.800	.815	-2.021	2.421
	4	.400	.510	.477	-1.016	1.816
	5	2.800*	.663	.013	.958	4.642
	6	-3.000*	.837	.023	-5.323	-.677
	7	.400	.510	.477	-1.016	1.816
	8	.400	.600	.541	-1.266	2.066
	9	2.800*	.583	.009	1.181	4.419
	10	3.200*	.583	.005	1.581	4.819
3	4	.200	.663	.778	-1.642	2.042
	5	2.600*	.678	.019	.717	4.483
	6	-3.200*	.663	.008	-5.042	-1.358
	7	.200	.490	.704	-1.160	1.560
	8	.200	.583	.749	-1.419	1.819
	9	2.600*	.812	.033	.344	4.856
	10	3.000*	.548	.005	1.479	4.521
4	5	2.400*	.400	.004	1.289	3.511
	6	-3.400*	.510	.003	-4.816	-1.984
	7	.000	.548	1.000	-1.521	1.521
	8	.000	.316	1.000	-.878	.878
	9	2.400*	.600	.016	.734	4.066
	10	2.800*	.735	.019	.760	4.840
5	6	-5.800*	.374	.000	-6.839	-4.761
	7	-2.400*	.510	.009	-3.816	-.984
	8	-2.400*	.245	.001	-3.080	-1.720
	9	.000	.548	1.000	-1.521	1.521
	10	0.400	.600	.541	-1.266	2.066
6	7	3.400*	.748	.010	1.322	5.478
	8	3.400*	.245	.000	2.720	4.000
	9	5.800*	.490	.000	4.440	7.160
	10	6.200*	.735	.001	4.160	8.240
7	8	.000	.548	1.000	-1.521	1.521
	9	2.400*	.748	.033	.322	4.478
	10	2.800*	.374	.002	1.761	3.839
8	9	2.400*	.400	.004	1.289	3.511
	10	2.800*	.583	.009	1.181	4.419
9	10	.400	.600	.541	-1.266	2.066

피를 계산하면 다음과 같다.

$$H(\text{속성1}),\ H(\text{속성2}), \cdots,\ H(\text{속성10})]$$
$$=(1.0000,\ 1.0000,\ 1.0000,\ 0.9624,\ 0.9567,\ 0.9918,\ 0.9712,\ 1.0000,\ 1.0000,\ 0.9844)$$

예를 들어서 속성4에 대한 5개 회사의 총 성능 점수는 $7.2+3.35+3.35+3.35+3.35=20.6$이고 따라서,

$$H(\text{속성 4}) = -\frac{1}{\log(5)}\left[\frac{7.2}{20.6}\log\left(\frac{7.2}{20.6}\right) + \frac{3.35}{20.5}\log\left(\frac{3.35}{20.6}\right) + \frac{3.35}{20.6}\log\left(\frac{3.35}{20.6}\right) + \frac{3.35}{20.6}\log\left(\frac{3.35}{20.6}\right) + \frac{3.35}{20.6}\log\left(\frac{3.35}{20.6}\right)\right]$$
$$= 0.9624$$

이다. 3.1.1절에서 속성4의 엔트로피가 가장 낮았으나 통계적 추론을 이용한 경우 속성5의 엔트로피가 가장 낮음을 볼 수 있다. 이제 각 속성의 경쟁 우위 점수는 식(11)과 같다.

$$(e_1, \cdots, e_{10}) = (0.101,\ 0.101,\ 0.101,\ 0.098,\ 0.097,\ 0.101,\ 0.098,\ 0.1014\ 0.101,\ 0.099) \qquad (11)$$

따라서 속성의 최종 중요도 점수는 $(f_1, f_{2,} \cdots f_{10})=$ (0.8112, 0.4786, 0.4786, 0.4602, 0.2005, 0.8040, 0.4644, 0.4786, 0.2096, 0.2063) 이다. 즉, 속성1>속성6>속성2=속성3=속성8>속성7>속성4>속성9>속성10>속성5의 순으로 중요하다. 통계적 유의성을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우 고객의 요구속성의 최종 중요도 점수는 상당한 차이가 있을 수 있음을 알 수 있다.

3.2 퍼지 수(Fuzzy Number)의 경우

2절에서 설명한 바와 같이 고객들이 평가하는 언어자료의 부정확하고 모호함을 고려하기 위하여 삼각 퍼지 수를 적용할 수 있다.

3.2.1 통계적 유의성을 고려 않은 경우

3.1.1절의 예제에 대해 삼각 퍼지수를 적용하면 <표 7>과 같고 식(2)의 퍼지 수 연산 규칙을 사용하여 다음의 중요도 점수를 얻을 수 있다.

$$\text{TFN}(\widehat{g_1}, \widehat{g_{2,}} \cdots \widehat{g_{10}})$$
$$=((7.0,\ 8.0,\ 8.6),\ (4.0,\ 5,\ 6),\ (3.8,\ 4.8,\ 5.8),\ (3.6,\ 4.6,\ 5.6),\ (1.4,\ 2.2,\ 3.2),\ (7,\ 8,\ 8.6),\ (3.6,\ 4.6,\ 5.6),\ (3.6,\ 4.6,\ 5.6),\ (1.4,\ 2.2,\ 3.2),\ (1.2,\ 1.8,\ 2.8)) \qquad (12)$$

식(9)와 식(12)을 식(10)에 대입하면서 식(2)를 이용하면 다음을 얻게 된다.

<표 6> <표 3>을 이용한 경쟁사 성능 점수 추정치

속성 (i)	통계적 유의성을 고려하지 않은 경우					통계적 유의성을 고려한 경우				
	회사 (k)					회사 (k)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2.20	1.80	2.00	2.75	4.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
2	4.80	5.20	5.75	5.00	5.75	5.27	5.27	5.27	5.27	5.27
3	8.00	8.20	8.00	7.75	7.25	7.86	7.86	7.86	7.86	7.86
4	7.20	3.20	3.75	4.25	2.25	7.20	3.35	3.35	3.35	3.35
5	2.40	8.20	7.75	7.00	5.50	2.40	8.00	8.00	7.70	5.50
6	4.80	7.40	7.00	7.75	6.00	4.80	7.39	7.39	7.39	6.00
7	8.00	5.80	3.25	5.00	7.75	8.00	5.80	3.25	5.00	7.75
8	4.60	6.20	3.50	5.00	5.50	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
9	5.20	3.20	4.25	2.75	3.00	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
10	3.00	5.20	5.75	5.00	6.50	3.00	5.77	5.77	5.00	5.77

$\mathrm{TFN}(f_1, f_2, \cdots f_{10})$
=((0.695, 0.794, 0.853), (0.408, 0.510, 0.611), (0.388, 0.490, 0.592), (0.350, 0.447, 0.545), (0.137, 0.215, 0.313), (0.709, 0.810, 0.870), (0.357, 0.456, 0.555), (0.364, 0.465, 0.566), (0.140, 0.220, 0.321), (0.120, 0.181, 0.281))

이제 각 속성들의 중요도 점수를 비교하기 위해 식(3)을 이용하여 비 퍼지화를 하면 속성의 최종 중요도 점수는 다음과 같다.

$(f_1, f_2, \cdots f_{10})$=(0.7800, 0.5098, 0.4900, 0.4473, 0.2200, 0.7998, 0.4560, 0.4650, 0.2253, 0.1908)

따라서 우선순위는 속성6>속성1>속성2>속성3>속성8>속성7>속성4>속성9>속성5>속성10으로 퍼지 집합을 사용하지 않은 경우와 같은 결과를 얻게 된다. 물론 이러한 결과는 우연히 나타난 것으로 경우에 따라서는 일반 집합과 퍼지 집합의 경우에 확연히 다른 결과를 초래할 수 있다.

3.2.2 통계적 유의성을 고려한 경우

3.1.2절의 예제에 대해 삼각 퍼지수를 적용하고 <표 5>의 결과를 이용하여 속성의 중요도 차이가 없는 속성들끼리 하나의 집단으로 묶은 다음 식(2)를 사용하면 다음을 얻을 수 있다.

$\mathrm{TFN}(\widehat{g_1}, \widehat{g_2}, \cdots \widehat{g_{10}})$
=((7, 8, 8.6), (3.72, 4.72, 5.72), (3.72, 4.72, 5.72), (3.72, 4.72, 5.72), (1.33, 2.07, 3.07), (7, 8, 8.6), (3.72, 4.72, 5.72), (3.72, 4.72, 5.72), (1.33, 2.07, 3.07), (1.33, 2.07, 3.07)) (13)

식(11)과 식(13)을 식(10)에 대입하면서 식(2)를 이용하면 다음의 결과를 얻게 된다.

$\mathrm{TFN}(f_1, f_2, \cdots f_{10})$
=((0.71, 0.81, 0.87),(0.38, 0.48, 0.58), (0.38, 0.48, 0.58),(0.36, 0.46, 0.56), (0.13, 0.21, 0.30),(0.70, 0.80, 0.86), (0.37, 0.46, 0.56),(0.38, 0.48, 0.58), (0.14, 0.21, 0.31),(0.13, 0.21, 0.31))

식(3)을 이용하여 비 퍼지화를 하면 최종 중요도 점수는 $(f_1, f_2, \cdots f_{10})$=(0.8011, 0.4786, 0.4786, 0.4602, 0.2070, 0.7940, 0.4644, 0.4786, 0.2164, 0.2130)이며 따라서 우선순위는 속성1 > 속성6 > 속성2 = 속성3 = 속성8 > 속성7 > 속성4 > 속성9 > 속성10 > 속성5임을 알 수 있다.

4. 결 론

기존 연구들은 고객의 요구속성의 최종 중요도 점수를 결정하기 위해 주어진 속성 내에서 다수의 고객이

<표 7> <표 2>에 삼각 퍼지수를 적용한 결과

속성 (i)	고객 (j) 1	2	3	4	5
1	(6,7,8)	(8,9,9)	(6,7,8)	(7,8,9)	(8,9,9)
2	(3,4,5)	(5,6,7)	(4,5,6)	(5,6,7)	(3,4,5)
3	(5,6,7)	(3,4,5)	(5,6,7)	(3,4,5)	(3,4,5)
4	(4,5,6)	(3,4,5)	(3,4,5)	(5,6,7)	(3,4,5)
5	(1,2,3)	(1,1,2)	(1,2,3)	(2,3,4)	(2,3,4)
6	(8,9,9)	(6,7,8)	(6,7,8)	(7,8,9)	(8,9,9)
7	(3,4,5)	(3,4,5)	(5,6,7)	(4,5,6)	(3,4,5)
8	(4,5,6)	(3,4,5)	(3,4,5)	(4,5,6)	(4,5,6)
9	(1,2,3)	(2,3,4)	(1,1,2)	(1,2,3)	(2,3,4)
10	(1,1,2)	(1,2,3)	(2,3,4)	(1,1,2)	(1,2,3)

입력하는 리커트 점수의 표본 평균을 사용하였다. 중요도 점수를 추정하기 위해 단순히 각 속성의 표본 평균을 사용하는 경우 그 중요도 점수는 표본으로 뽑힌 고객에게만 적용되는 것으로 전체 고객으로 일반화할 수 없다. 또한 각 고객이 여러 속성의 중요도를 동시에 평가하면서 생기는 속성 중요도 점수간의 종속성이나 주어진 속성 내에서 고객 간의 개인 차이로 인한 중요도 점수의 불확실성 즉, 표본 변동을 고려할 수 없다는 단점이 있다.

본 연구에서는 표본으로부터 얻은 중요도 점수를 이용하여 전체 모집단 고객들의 중요도 점수를 추측하고자 통계적 추론을 사용할 것을 제안하였다. 즉, 속성의 중요도 점수의 평균이 서로 유의한 차이가 없는 집단에 대해서는 모평균을 함께 추정하는 방법을 사용하여 고객 간의 차이로 생기는 산포를 반영하도록 하였다. 리커트 점수를 일반 수(crisp number)로 고려하는 경우와 그 부정확함을 보정하기 위해 퍼지 수(fuzzy number)로 고려하는 경우의 각각에 대해 기존 방법과 제안된 방법의 결과를 비교함으로써 두 방법의 결과가 상당한 차이가 있음을 보였다. 이는 기존 방법의 결과가 모집단의 의사를 왜곡할 수 있음을 의미한다.

<그림 1>에서 설명한 바와 같이 기술특성의 우선순위를 계산하기 위해서는 고객의 요구속성의 중요도 점수와 함께 고객의 요구속성과 기술특성의 관계 점수가 고려된다. 요구속성의 중요도 점수를 평가하는데 있어 기존의 방법을 사용하면 속성들 간의 중요도 점수가 동일하게 나오기는 거의 불가능한 반면 제안된 방법을 사용하면 통계적으로 유의한 차이가 없는 속성들은 동일한 중요도를 가지게 된다. 즉, 고객이 평가한 속성의 중요도 점수들의 평균에 비해 산포가 큰 경우 제안한 방법은 요구속성간의 중요도 점수를 동일하게 산정하게 되고 그 결과 기술특성의 우선순위는 전적으로 고객의 요구속성과 기술특성의 관계에 의해 결정되게 된다.

한편 고객의 요구속성의 중요도 점수가 조직 구성원의 이해관계와 관련이 있는 경우에도 기존의 방법에 비해 제안한 방법은 합의를 도출하기 쉬운 장점이 있다. 즉, 기존방법을 사용하면 불확실하고 모호한 리커트 측정 자료를 분석하여 그 결과 각 속성들의 우선순위를 나열하게 되는데 반해 제안된 방법은 몇 개의 우등, 동등 그리고 열등한 그룹으로 묶을 수 있다.

본 연구에서는 경쟁 우위 점수를 산정하기 위해 기존 논문에서 제시된 엔트로피 기법을 그대로 적용하였다. 엔트로피 기법은 경쟁사별로 만족도 점수의 산포가 클수록 속성의 경쟁 우위 점수를 낮게 평가한다. 즉, 속성 i에 대한 경쟁사의 성능 점수가 비슷하면 자회사에서 이러한 속성에 자원을 투자하는 것이 경쟁 우위를 확보할 수 있다는 개념이다. 반대로 속성 j에 대한 경쟁사의 성능 점수의 산포가 크면 자회사에서 이러한 속성에 자원을 투자하여 경쟁 우위를 얻기는 어렵다는 의미이다. 그런데 이러한 엔트로피 기법은 자회사의 성능 점수가 경쟁회사의 성능 점수에 비해 우월한지 또는 열등한지는 고려하지 못한다는 단점이 있다. 예를 들어 속성1에 대한 5개 회사의 성능 점수를 추정한 값이 각각 4,6,6,6,6점이라고 하고 속성2에 대한 5개 회사의 성능 점수를 추정한 값이 각각 6,4,4,4,4이라고 하자. 엔트로피 기법을 사용하여 경쟁 우위 점수를 계산하면 동일하다. 그러나 회사1이 자회사라는 입장에서 보면 속성1에 자원을 투자하여 경쟁 우위를 확보하기는 아주 어렵지만 속성2에는 약간의 자원을 투자하여 경쟁우위를 확보할 수 있다. 추후 연구에서는 엔트로피의 이러한 단점을 보완할 수 있는 기법을 개발하는 것이 필요하다.

참고문헌

[1] Chan, L.K., Kao, H.P., Ng, A. and Wu, M.L. (1999). "Rating the importance of customer needs in quality function deployment by fuzzy and entropy method", *Int. J. Prod. Res*, Vol. 37, No. 11, pp. 2499-2518.

[2] Cohen, L. (1995) *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*, Addison Wesley Longman, Inc., Massachusetts.

[3] Dubois, D. and Prade, H. (1980), *Fuzzy Set and System: Theory and Applications*, Academic Press, New York.

[4] Griffin, A. and Hauser, J.R. (1993) "The voice of the customer", *Marketing Science*, Vol. 12, No. 1, pp. 1-27.

[5] Lee, E.S. and Li, R.L. (1988) "Comparison of fuzzy numbers based on the probability measure of fuzzy events," *Computer and Mathematics with Applications*. Vol. 15, pp. 887-896.

[6] Runkler, T.A. (1997) "Selection of appropriate defuzzification methods using application specific properties," *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 5, No. 1, pp. 72-79.

[7] Khoo, L.P. and Ho, N.C. (1996) "Framework of a fuzzy quality function deployment system," *International Journal of Production Research*, Vol.

34, No. 2, pp. 299-311.

[8] Shen, X.X., Tan K.C. and Xie, M. (2001) "The implementation of quality function deployment based on linguistic data," *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 12, No. 1, pp. 65-75.

[9] Chan, L. and Wu, M. (2002) "Quality function deployment: a literature review" *European Journal of Operations Research*, Vol. 143, pp. 463-497.

[10] Hsu, T. and Lin L. (2006) "QFD with fuzzy and entropy weight for evaluating retail customer values," *Total Quality Management*, Vol. 17, No. 7, pp. 935-958.

[11] Chan, L. and Wu, M. (2005) "A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example," *Omega*, Vol. 33, pp. 119-139.

[12] Saaty, T.L. (1980) *The Analytical Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.

[13] Zadeh, L.A. (1965) "Fuzzy sets" *Information and Control*, Vol. 8, pp. 338-353.

[14] Hauser, J.R. and Clausing, D. (1988) "The house of quality," Harvard Business Review, May-June, pp. 63-73.