

고객 중심 기술 중요도 결정 방법

윤철환* · 김용필** · 윤덕균***

* 한양대학교 산업공학과 박사과정, IBM BCS 컨설턴트

** 한양대학교 산업공학과 박사

*** 한양대학교 산업공학과

On How to determine Customer-oriented Technical Importance Ratings : An Evaluative Study

Cheol Hwoan Yoon* · Yong Pil Kim** · Deok kyun Yun***

* Dept. of Industrial Engineering , Hanyang University

** Dept. of Industrial Engineering , Hanyang University

*** Prof. of Industrial Engineering , Hanyang University

Key Words : Quality Function Deployment, House of Quality, Analytic hierarchical process (AHP), inconsistency, weighting scale, density difference, Extreme Pairwise comparison

Abstract

Obtaining and fully understanding the true requirements of customers is hard task. However, successful use of quality function deployment(QFD) depends on capturing customers' requirements and reflecting them during the design of a product. One of common mistakes in QFD is to perform analysis using an inconsistent house of quality(HoQ) chart. This article presents a model for prioritizing customer attributes and design characteristics in order to make a product more attractive to customers. The proposed model modifies the analytic hierarchical process(AHP) with simple pairwise comparison. Our exploration using of QFD identifies how practitioners maintain consistency, whilst quantifying HoQ speedily from the customer's perspectives. This paper also identifies and justifies an alternative position on QFD that is supported by statistical examples.

1. 서론

품질기능전개(QFD, Quality Function Deployment)는 신제품 개념정립, 설계, 부

품계획, 공정계획, 그리고 생산계획과 판매까지 모든 단계를 통해 고객의 요구가 최종 제품과 서비스에 충실히 반영되도록 하여 고객의 만족도를 극대화하는데 초점을 맞추

고 있는 품질경영방법론 중 하나이다.(박영택,1997) 특히, 품질기능전개는 개발 life-cycle에서 각 단계의 고객요구를 타당한 기술적 요구로 전환시켜 준다. 이처럼 고객요구에 우선 초점을 두는 것은 품질기능전개가 갖는 특징이며 따라서 이러한 품질기능전개의 완성과정은 기술 혁신 중심이 아니라 고객 중심이다.(Bossert,1990) 이러한 고객 중심으로 품질기능전개를 사용하는 회사는 고객이 진정으로 원하는 것이 무엇인지를 결정하는데 그 노력을 집중시킨다. 그리고 나서 이러한 정보를 기술력 증대와 특별한 공학적 특성을 적절히 발전시키기 위해 사용한다. 이러한 특징 때문에 6시그마 기법에서는 과제를 도출하기 위해 또는 고객의 핵심요구를 명확히 정의하여 고객이 만족하는 제품을 설계 개발하기 위한 방법 등 다양한 형태로 품질기능전개를 이용하고 있다.

설계 비용의 60% 절감, 설계 기간의 40% 단축, 팀워크 고취 그리고 문서화의 제공 등과 같은 많은 이점 때문에, 점점 더 많은 회사들이 생산되는 일부 또는 모든 제품/서비스 개발에 품질기능전개를 적용하고 있다. 그러나, 불행히도 품질기능전개를 적용하여 개발된 제품의 1/4은 고객 불만에 이익을 창출하는데 실패한다고 한다. 이러한 불만족은 설계 요구의 우선순위를 결정하는데 주로 사용되는 주요 요소인 신뢰할 만한 기술 중요도(Technical Importance Ratings, 이하 TIR)를 유도하는데 실패한 결과일 수 있다.(Wasserman, 1993). 그러므로 올바른 기술 중요도(TIR)를 도출하기 위해 회사들은 차별화된 설계 강도가 고객 만족에 미치는 영향을 파악하기 위한 정량적인 측정기준(metrics)을 결정해야만 한다.

요구 설계(Design Requirement)의 기술 중요도(TIRs)는 고객 중요도와 상관강도를 이용하여 계산된다. 많은 경우에 고객이 인지하는 중요도를 구하기 위해 L-point Likert 척도를 사용한다. 고객의 요구 속성(Customer Attribute, CA)과 기술 특성(Engineering Characteristic, EC) 사이의 관련 강도를 일반적으로 약함, 보통, 강함의 3가지 기호로 표현한다. 그러므로 고객요구의 왜곡은 이 두 가지 구성 요소를 정량화하는 데서부터 기원한다.

Likert 척도는 고객의 요구에 대한 중요성의 정도를 측정하기에 비교적 용이하지만, 고객의 요구를 차별화하는 데에는 한계가 있다. 고객들이 제품의 기능적인 면과 미적인 면을 평가하기 위해 Likert 척도를 사용하나, 이러한 고객 중심의 우선 순위는 요구설계의 특성을 결정하기 위해 변환되지 않으며 게다가, 하나의 고객 요구 속성(CA)과 하나의 기술 특성(EC) 사이에 연관 강도는 명백하지 않으며 주관적이다(Bouchereau and Rowlands(2000)). 때문에, 다음과 같은 질문을 낸다. 첫째, 만약 N-W-M-S 척도가 (N<W<M<S) 해당 요구 사항에 no, weakly, moderately, 그리고 strongly로 사용된다면, 의사 결정자가 기술 특성(EC)과 고객요구속성(CA)과의 관련 여부를 얼마나 객관적으로 평가할 수 있는가? 그리고 그 관계를 정량화 하는 것은 무엇인가? 라는 것이다. 둘째, 왜 의사 결정자들이 관계의 강도를 정량화함에 있어 0-1-2-3,0-1-2-4, 0-1-3-5, 0-1-5-7, 0-1-5-9 등과 같은 서로 다른 척도를 선택하는가? 위와 같은 질문에 대하여, 기존 연구는 다음과 같다.

Shin et al.(2002)은 기술 특성(EC)이 고객 요구 속성(CA)과 연관이 여부를 결정

하는데 모순이 존재함을 논하였다. 또한, HoQ에서 roof matrix의 일치성을 확인하는 방법을 제안하였으며 기술 특성(ECs)이 관계성을 갖는지를 보여주었다. 둘째로, Franceschini and Rupil(1999)과 Shin and Kim(2000)는 관계성 평가를 위한 척도로 무엇을 선택하는가에 따라 순위의 역전(reversal)이 빈번하게 발생됨을 보여주었다. 또한, Shin and Kim(2000)은 이러한 현상이 Wasserman(1993)이 의해 심도 있게 다루어졌던 Lyman의 정규화(normalization)법에 의해 막을 수 없음을 밝혔다.

그러므로 계층 분석적 의사결정 과정(Analytic hierarchical process, 이하 AHP)은 앞에서 언급한 약점을 극복하기 위해 사용되어 왔으며, AHP는 대안이나 항목의 상대적 가중치를 얻기 위해 1-9척도를 갖는 쌍대 비교를 이용한다. 이러한 쌍대 비교는 대안의 수가 9보다 작을 때 이용하는 것이 좋다고 한다.(Saaty,1980). 그러나 보통의 경우 품질기능전개는 보통 많은 수의 고객 요구속성과 기술 특성을 갖는다. 따라서 본 논문에서는 다수의 항목들을 정량화하고 앞에서 언급된 품질기능전개에서의 문제를 해결하기 위해 AHP를 단순 쌍대 비교로 수정하여 이용하고자 한다.

본 논문에서 제시한 방법은 두 개의 고객 요구속성을 비교함에 있어서 어느 것이 더 중요한가? 그리고 2개의 기술 특성을 비교함에 있어, 어떤 기술 특성이 고객 요구 속성과 더 밀접한 관계가 있는가? 등을 평가하기 때문에, 단 하나의 항목을 평가하는 것보다 쌍대 비교를 통하여 평가하는 것이 더 객관적이라는 것을 전제로 한다. 또한, 의사결정자가 비교할 때, 우수(Superior), 열등(inferior) 또는 동등(indifferent) 만을 결정

한다. 우리는 이러한 비교를 ‘극한 쌍대 비교(Extreme pairwise comparison)’라 부른다. 극한 쌍대 비교법은 오직 순위의 일관성만을 요구하므로, 관계의 중요도는 순위통계량을 사용하여 쉽게 산출해 내게 된다.

결론적으로, 본 연구의 목적은 AHP를 극한 쌍대 비교로 단순하게 수정하여 이용함으로써 고객의 요구에 잘 부합하는 객관적이고 신뢰성 있는 기술 중요도(TIRs)를 얻기 위함이다.

본 연구에서는 품질기능전개의 목적과 절차를 소개하고, 고객 요구 속성의 중요도(customer importance rating)와 관계의 강도의 정량화에 관한 논점과 주석을 토론한다. 또한, 기존 연구에 의해 제시된 한계와 문제점을 없애기 위해, 극한 쌍대 비교 방법과 AHP를 토론하며 마지막으로 비교연구와 도달된 결론을 수학적 예제를 이용하여 증명한다.

2. 품질기능전개 : 고객 중심의 경영 도구

품질기능전개는 고베 조선소에서 발전되어 지금은 품질기능전개는 고객 인식과 감성적으로 결정된 제품/서비스의 속성을 끌어내기 위한 가장 널리 사용되는 경영 도구 중의 하나로 널리 이용되고 있다. 품질기능전개의 주요 관점은 고객의 목소리를 파악하는 것이고 이를 제품 설계와 제조 공정으로 전환하는 것이다. 따라서 품질기능전개는 대부분 고객의 요구로 출발로 해서 고객 만족의 결과를 낳는 제품으로 끝나게 된다. 전형적인 품질기능전개 시스템은 고객요구(초기 입력), 설계 스펙(단계 I), 제품 또는

부품의 특성(단계 II), 제조 공정(단계 III) 그리고 운영 조건 또는 관리(control)(단계 IV)인 4가지 단계로 구성된다. (Bossert, 1990; Sullivan 1986). 품질의 집(House of Quality, 이하 HoQ)으로 인용되는 단계I은 품질기능전개의 토대를 이루는 중요한 것이다.

HoQ의 궁극적인 목적은 단계II에서 각각의 설계요구에 대한 우선순위를 결정하는데 사용될 기술 중요도(TIRs)를 얻기 위함이다. 기술 중요도(TIRs)는 다음과 같은 고객의 중요도와 관계성의 강도에 의해 계산되어진다.

m개의 고객 요구 속성(CAs)과 n개의 기술 특성(ECs)이 존재한다고 가정해 보자. j 번째 기술 특성(EC_j)의 절대 중요도인 기술 중요도(TIR_j)는

$$TIR_j = \sum_{i=1}^m R_{ij}w_i \quad (1)$$

여기서,

$R_{ij}(i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n)$ = 관계 행렬에서 할당된 가중치.

w_i = i 번째 고객요구속성(CA)에 대한 중요도로 구해진다.

단계I 에서 얻어진 기술 중요도(TIRs)는 품질기능전개 진행과정의 다음 단계에서 입력 요소로 들어간다. 따라서 단계I에서 구한 기술 중요도(TIRs)를 신뢰할 수 없다면, 품질기능전개의 고객 만족 설계라는 노력은 실패할 수 있다. 따라서 고객 중심 설계라는 목적에 부합한 믿을 만한 기술 중요도(TIRs)를 얻기 위해서, 고객이 실제로 인식하고 있는 고객요구 속성의 중요도와 관계 강도를 정량화하는 것은 매우 중요하다.

3. 믿을만한 기술 중요도(TIRs)도출의 장애 : 대안 방법(alternative method)

신뢰성 있는 기술 중요도(TIRs)를 얻는데 있어 주요 애로사항은 다음과 같다. :

- (1) 고객의 평가는 등급 척도에 의존한다.
- (2) 고객 요구 속성(CA)과 기술 특성(EC) 쌍 사이의 관계 강도는 애매 모호하고 주관적인 척도에 의해 결정된다.
- (3) Roof Matrix는 무시된다.

고객요구들은 고객의 포커스그룹이나 개별 인터뷰에 의해 수집되며 고객의 언어로 표현된다. 일반적으로 고객의 언어/문장은 보통 너무 일반적이거나 또는 너무 상세해서 고객의 요구 속성으로 바로 이용될 수 없기 때문에 친화도법이 고객의 언어를 유용하게 하기 위해 널리 사용된다. (Bossert,1991; Chan et al.,1999; Cohen,1995). 고객들이 L-point Likert 척도를 사용하여 고객 중요도를 평가하나 고객이 Likert 척도를 사용함에 있어 두 가지 기본적인 문제가 조사되었다.

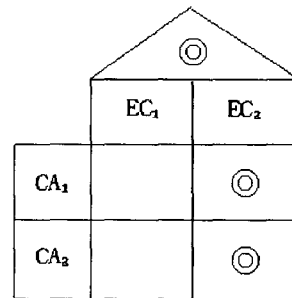
첫 번째는 고객이 선호하는 것을 표현하는 능력에 관한 것이다. 일반적으로 고객은 단지 하나의 항목(item)을 평가함에 있어서도 중요한 고객 요구 속성 대부분을 평가하는 경향이 있다. 이러한 경우 중요도의 통계적 분석 시 왜도가 0보다 훨씬 더 적고 척도는 때때로 매우 높은 값을 보여준다. 예를 들면, 경쟁력 있는 상품을 개발하기 위해 시도했던 한국의 한 회사는 고객의 요구를 조사했고 그리고 친화도를 이용 22개의 고객 요구 속성(CAs)을 얻었다. 그 다음으로 152명의 고객들이 7점 Likert 척도를 이용하여 고객 요구 속성(CAs)을 평가하도록 요청을 받았다. 그러나 그 결과는 형편

없었다. 즉 그 평균은 6.12였고 왜도는 2.44 그리고 첨도는 11.95였다. 비록 그 결과가 다소 극단적이긴 하지만, 이 사실은 고객들이 개인적인 판단을 할 때 trade-offs를 고려하지 않는다는 것을 보여 준다.

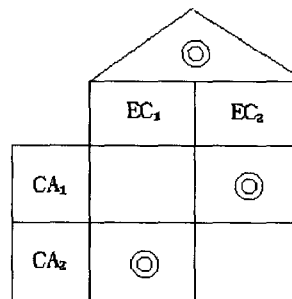
두 번째 문제는 고객이 L-point Likert 척도를 이용하여 중요도의 정도를 평가할 때 최대값 부여시 일관성을 갖고 있지 않다는 가정에 있다. 그 회사는 동일한 고객들에게 9점 척도를 사용하여 고객 요구 속성들(CAs)을 평가하도록 요구했다. 그 결과 8개의 고객 요구 속성(CAs)에서 중요도 순위가 역전되는 현상이 발견되었다. 이러한 문제는 고객 중요도 순위를 얻고자 하는 목적에 위배된다.

믿을 만한 기술 중요도(TIRs)를 얻음에 있어 또 다른 장애물은 고객 요구 속성(CA)와 기술 특성(EC) 쌍들 사이의 상관강도와 관련된 문제이다. 첫 번째로, 여러 개의 기술 특성(ECs)이 하나의 고객 요구 속성(CA)과 관련이 있는지의 여부를 결정함에 있어서 모순이 존재한다. 모순이 있는 HoQ도(圖)라는 것은 roof matrix로부터의 정보와 상관관계 행렬(relationship matrix)의 정보가 서로 일치하지 않은 HoQ도를 의미한다.(Shin et al.,2002). 기술 특성1(EC_1)과 기술 특성2(EC_2)가 관계가 있다고 가정한다면, 이때 roof matrix에서 기술 특성1(EC_1)과 기술 특성2(EC_2)로 정의되는 셀인 C_{12} 에 0이 아닌 값을 갖게 된다. 이는 기술 특성1(EC_1)의 수준이 변화된다면 기술 특성2(EC_2)의 수준이 병행하여 같이 변하거나 또는 반대로 변하게 됨을 의미한다. 만일 roof matrix에서 기술 특성1(EC_1)과 기술 특성2(EC_2) 사이에 강한 연관 관계가 존재한다면, 기술 특성1(EC_1)의 수준이 변할 때

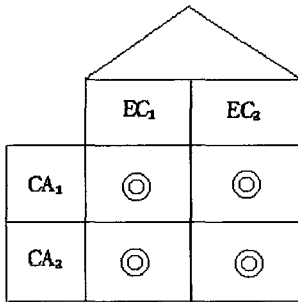
모든 i 에 대해 R_{i1} 과 R_{i2} 는 둘 다 0이 되거나 또는 둘 다 0이 아닌 값을 갖게 되는 것 이상적일 것이다. 반면에, 기술특성1(EC_1)과 기술특성2(EC_2)가 roof matrix에서 0이 아닌 C_{12} 를 가짐에도 불구하고 상관행렬의 기술특성1(EC_1)과 기술특성2(EC_2) 열에서 매우 불일치한 패턴을 보인다면(즉, R_{ii} 은 0 이고 R_{i2} 는 0이 아니거나 혹은 그 반대의 경우이거나), 그때의 상관 행렬 또는 roof matrix에 부여된 계수들은 잘못된 것이다. 또한 기술 특성1(EC_1)과 기술 특성2(EC_2)가 고객요구속성 i (CA_i)와 강한 관계를 가지나 C_{12} 가 공란이라면, 그 계수 역시 잘못된 것이다. 이러한 현상들이 모든 품질기능전개 적용 사례에서 관찰되었다. 그림1은 실증적인 경우들을 보여준다.



(a) 매우 불일치한 경우



(b) 약간 불일치한 경우



(c) 일치한 경우

(relationship - blank : no Δ : Weak ⊙ : Moderate ⊙ : Strong)

<그림 1> HOQ의 패턴

둘째로, 순위 역전은 관계 중요도 평가 척도를 어떤 것을 선택하는가에 따라 자주 발생된다.(Franceschini and Rupil,1999; Shin and Kim,2000).일반적으로 3개의 기호가 관계의 강도를 보여주는 데 사용되고 3개의 숫자가 이 기호에 할당된다. 또한, 제품 설계자들은 이 숫자를 임의로 선택한다. Shin and Kim(2000)의 연구에 따르면, 문헌에서 예로 보여준 30개의 HoQ 중에서 17개는 1-3-9 척도를 사용했고, 5개는 1-3-5 척도를 사용하고 그리고 나머지 8개는 1-2-4 또는 1-6-9척도와 같은 다른 척도를 사용했다고 한다. 또한, 그 어떤 예에서도 가중 척도를(weighting scale) 선택하는 것에 대한 명백한 타당성을 제공하지 못했다. 가중 척도를 임의로 선택하는 것은 기술 중요도(TIRs)를 우선 순위화 함에 있어 순위 역전을 자주 야기 시킨다. 예를 들면, 1-2-4 척도가 사용되는 그림2(a)에서 모든 고객 중요도 등급(customer importance ratings)은 1과 같다고 가정하자. 그때 기술특성 1(EC1)의 기술 중요도(TIR) 절대값은 5로 계산되고 기술특성2(EC2)는 4로 산출된다.

그러나 1-3-9 척도를 사용하고 있는 그림 2(b)에서는 그 결과가 그림2(a)에서의 결과와 확연하게 차이는 보여준다. 일명 순위 역전 현상이다. 추가적으로 그림3에 따르면, 이러한 순위 역전은 기술 특성들이(ECs) 밀도 차이를 갖는 경우에 즉, 어떤 기술특성(EC)이 또 다른 어떤 고객요구속성(CA)보다 고객요구속성들(CAs)과 더 많은 관계를 갖게 되는 경우에 고객 중요도 등급(customer importance rating)과 이에 따르는 상대적 요구 중요도 (relative demand weights) 사이의 모순(inconsistency)을 피하기 위해 사용되는 Lyman's normalization procedure에 의해서도 종종 발생된다(shin and Kim, 2000).

Lyman의 normalization procedure는

$$R_{ij}^n = R_{ij} / \sum_{j=1}^n R_{ij} \tag{2}$$

$$1,2,\dots,m ; j=1,2,\dots,n$$

여기서, R_{ij} : i 번째 고객 요구 속성과 j 번째 기술 특성의 상관강도이다.

결론적으로, HoQ에서 가중 척도(weight scale)와 밀도 차이(density difference)와 같이 직접적으로 영향을 주는 요인은 순위역전을 야기한다.

	EC ₁	EC ₂
CA ₁	Δ	⊙
CA ₂	Δ	
CA ₃	Δ	
CA ₄	Δ	
CA ₅	Δ	
TIR	5	4
Rank	1	2

(a)1-2-4척도를 사용한 경우

	EC ₁	EC ₂
CA ₁	Δ	⊙
CA ₂	Δ	
CA ₃	Δ	
CA ₄	Δ	
CA ₅	Δ	
TIR	5	9
Rank	2	1

(b)1-3-9척도를 사용한 경우

<그림 2> 평가척도에 따른 순위 역전 예

	EC ₁	EC ₁
CA ₁	△	◎
CA ₂	△	◎
CA ₃	△	◎
CA ₄	△	
CA ₅	△	
TIR	5	12
Rank	2	1

Normali-
zation

	EC ₁	EC ₁
CA ₁	0.2	0.8
CA ₂	0.2	0.8
CA ₃	0.2	0.8
CA ₄	1	
CA ₅	1	
TIR	2.6	2.4
Rank	1	2

(a) 1-2-4 척도의 경우

	EC ₁	EC ₁
CA ₁	△	◎
CA ₂	△	◎
CA ₃	△	◎
CA ₄	△	
CA ₅	△	
TIR	5	27
Rank	2	1

Normali-
zation

	EC ₁	EC ₁
CA ₁	0.1	0.9
CA ₂	0.1	0.9
CA ₃	0.1	0.9
CA ₄	1	
CA ₅	1	
TIR	2.3	2.7
Rank	2	1

(b) 1-3-9 척도의 경우

(관계성 - 공란 : 무(無) △ : 약함 ○ : 보통 ◎ : 강함)

<그림 3> 정규화 전후의 HoQ의 예

AHP는 일반적으로 결정안(decision alternatives)을 평가하기 위해 사용된다. 그 절차는 수학적인 값을 이용하여 대안들의 쌍대 비교와 함께 시작한다. 여기서의 수학적 값이 1에서 9까지의 값이다. '동등, 약간 선호, 선호, 상당히 선호, 절대적으로 선호'와 같이 선택되는 것들 사이에 선호도를 표현하는 방법으로 1, 3, 5, 7, 9를 사용한다. 그리고 그 사이 값으로 2, 4, 6, 8이 사용된다. 각 쌍대 비교는 비교되는 요소들의 우선순위 또는 가중치의 추정치를 나타내 준다. 이러한 데이터에 Saaty(1980)의 Eigenvector법을 적용하면, 가중치의 추정치들은 계층의 각 레벨에 대하여 각각 쌍대

비교 행렬에 대해 계산된다. 고객의 중요도 등급(Customer importance rating)을 얻기 위한 접근법이 AHP를 이용하여 Akao(1990)와 Aswad(1989)에 의해 제안되었다. Armacost et al.(1994), Doukas et al.(1995), Fukuda et al.(1993), 그리고 Xie et al.(1995)는 고객요구사항을 파악하고 우선 순위화 하기 위해 AHP를 사용하였다. 게다가, Davis et al.(2001), Fung et al.(1996), Partovi와 Corredoria(2002), 그리고 Zakarian and Kusiak(1999)은 관계의 강도를 정량화하기 위해 AHP를 사용하였다. 특히, Fung 과 Xie(1996)는 고객 요구 속성들(CAs)과 기술 특성들(ECs)을 매핑하는 과정에서 어떤 기술특성(EC)이 일부 고객 요구 속성들을(CAs) 실현시키기에 매우 적합하나, 한편으로는 그것이 다른 고객 요구 속성들에게는 반대의 영향을 줄 수 있음이 종종 발견됨을 제시하였다. 그러므로 Fung 과 Xie(1996)는 어떤 하나의 고객 요구 속성(CA)에 대해서 여러 기술 특성들(ECs)끼리 각각의 관계성을 AHP를 이용하여 결정하였다.

많은 대안을 갖고 있는 AHP에서, 1-9 척도를 갖는 쌍대 비교는 매우 많은 시간을 요하는 과정이다. 첫째로, n개의 대안을 평가하기 위해서 $n(n-1)/2$ 번의 쌍대 비교를 실시해야 한다.(Ra, 1999)

둘째로, 1-9 척도를 갖는 쌍대비교는 이산적이고 제한된 숫자 값을 사용하기 때문에 일관성을 확인하는 절차가 요구된다. 즉, AHP에서 일관성 정도를 나타내는 비율이 0.1보다 적은 경우에 일관성을 수용할 만하다고 판단한다. 따라서 만일 1-9 척도가 사용되면, 쌍대 비교를 실시하는데 많은 시간을 쓰고 또한 일관성을 판단하는 과정을

또한 겪어야 하므로 고객들이나 비전문가들이 쉽게 흥미를 잃는다. 그러므로 수많은 방법이 이러한 종류의 비교에서의 약점을 보완하기 위해 제안되어져 왔다. Harker(1987a, 1987b)는 $n(n-1)/2$ 번 보다 더 적은 쌍대 비교가 만들어지면서, 가중치와 일관성을 추정하기 위한 방법으로 불완전 비교법을 발전시켰다. Ra(1999)는 closed chain을 형성하면서 오직 n 번의 쌍대 비교가 n 개의 대안에 대하여 필요하게 되는 체인법(chainwise) 쌍대 비교를 제안하였다. Harker(ibid)와 Ra(ibid)에 의해 제시된 방법은 또한 전통적인 Eigenvector 와 기하평균 접근법에 근간이 된다. 그러나, 비록 이러한 방법들이 비교의 수를 줄이지만 그것들은 일치성을 유지하기 위해 추가적인 계산과 수정의 단계가 요구된다.

의사 결정자로서 고객은 보통의 경우 전문가가 아닌 사람, 인터넷 사용자, 주부 또는 심지어는 어린아이들이 될 수도 있고 또한 품질기능전개 팀 그룹 역시 전문가와 비전문가로 구성하기 때문에 평가 절차는 매우 단순하고 신속하면서도 그 결과는 수용 가능해야만 한다. 이를 위해, 본 논문에서는 고객의 중요도와 상관강도의 정도를 정량화하는 방법으로 극한 쌍대 비교법이라는 AHP를 단순하게 수정한 방법을 사용한다. 다음에서 극한 쌍대 비교법을 소개하고자 한다. 4. 극한 쌍대 비교 (Extreme Pairwise Comparison)

의사 결정자들은 그들이 선호하는 것들을 결정하고 의사 결정을 하는 것이 쉬운 방법을 선호한다. 특히, 선택 대안의 수가 많으면 많을수록 선호도를 결정하고 일관성을 유지하는 것은 점점 더 어려워진다. 만약 대안의 수가 많다면, 일반적으로 9개 이상

(Saaty, 1980), 의사 결정자들은 1-9척도로 쌍대 비교를 이용하여 순위의 일관성을 잘 유지할 수 없다. 그러므로, 의사결정자의 편의와 시간 절약을 위해 쌍대 비교는 반드시 단순해야 하고 효과적이어야 한다.

수용 가능한 쌍대 비교가 되기 위해서 최소한 순위 일관성은 반드시 유지되어야만 한다.(Saaty,1980). 극한 쌍대 비교법은 오직 순위의 일치만을 요구하고 편의성과 시간절약이 가능하며 그 결과 또한 수용 가능하다. 극한 쌍대 비교의 열쇠는 의사결정자가 두 개의 구성요소를 비교할 때 그들이 선호하는 것을 우등과 열등 또는 동등과 같은 단순한 표현을 이용하여 쉽게 결정한다는 것이다. 심지어 많은 수의 대안들이 존재한다고 할지라도 극한 쌍대 비교법은 의사결정자가 순위 일관성을 유지할 수 있도록 도와 줄 수 있다. 왜냐하면 의사 결정자는 오직 1(우등), -1(열등), 또는 0(동등)이라는 3가지 대안 중에 하나만을 선택하면 되기 때문이다.

극한 쌍대 비교는 $(i \neq j)$ 인 (i, j) entry가 m_{ij} 로 표시되는 $n \times n$ 정방행렬 M 을 발생시키는데 사용된다. Entry m_{ij} 는 Saaty(1980)의 entry rules를 적용함으로써 정의된다.

Entry Rules

Rule 1. 만약 $m_{ij}=a$ 라면,

$$\text{그 때 } m_{ji} = -a \quad (3)$$

$m_{ij} = -1$, 구성요소 m_i 는 m_j 보다 더 좋지 않다. 1, 구성요소 m_i 는 m_j 보다 더 낫다.

여기서, m_i 는 i 번째 대안, m_j 는 j 번째 대안을 의미한다.

Rule 2. 만약 m_i 와 m_j 가 동일한 상대적 중요도를 갖는다고 판단되면 그때 $m_{ij}=0$ 이다. 특히 모든 i 에 대해서 $m_{ii}=0$ 이다. 따라서 행렬 M 의 주 대각은 0의 값을 갖는다.

$$M = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & \dots & m_{1n} \\ -m_{12} & 0 & \dots & m_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ -m_{1n} & -m_{2n} & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

추가적으로 의사 결정자들은 단순 비교 알고리즘을 사용하기 때문에 순위일관성을 쉽게 유지할 수 있다. 따라서 대안들을 평가한 후에 추가적인 교정 단계와 일관성 확인 단계가 필요 없게 된다.

극한 쌍대 비교의 목적은 각 대안에 순위를 부여하기 위함이다. 각각의 순위는 극한 쌍대 비교법에 의해 평가된 각 대안 값을 행으로 합하여 결정된다. 여기서, 의사결정자의 목표는 대안의 상대적 중요도를 판정하고 또한 모든 대안의 판정에 대하여 정량적인 해석이 가능하도록 하기 위함이다.(Saaty,1980). 따라서 후자는 적절한 기술적인 지원을 요구한다. 따라서 순서 통계량에서 median의 특성을 소개하고자 한다.

순위라는 것은 대안의 상대적인 중요도를 결정하는데 적절하지는 않다. 따라서, 순위는 AHP 법의 고유벡터(Eigenvector)와 같이 각 대안의 상대적 가중치를 결정하기 위한 고유값으로 변환되어야만 한다. 예를 들어, 2개의 구성요소가 있다고 가정하자. 하나는 5개 중에 2등이고 다른 하나는 10개 중에 4등이라면, 어떤 것이 더 우수한가? 많은 사람들이 그것들이 같다고 생각할 수도 있다. 그러나 이 둘의 순서 통계량의 누적밀도함수(CDF) F(X)를 비교함으로써 우리는 이 두 개 중 어떤 것이 더 우수하다고 쉽게 말할 수 있다. 크기가 n인 샘플로부터 r 번째 순서통계량의 CDF F(X)는 (r-0.3)/(n+0.4)이다. 이처럼 F(X)는 간략한

형태로 이용하여 계산된다.(Dolson,1994) 그러므로 이 예에서, F(X)=0.3147을 갖는 전자의 구성요소가 F(X)=0.3557을 갖는 후자의 구성 요소 보다 더 우수하다.

결론적으로, 하나의 범주에서 구성요소의 수가 몇 개이건 간에, 결정된 대안의 순위는 그 정규화 과정(Normalizing process)를 통하여 상대적 가중치를 결정하는데 사용될 수 있다. 만약 동일한 순위가 존재한다고 가정하면, 메디안 랭크는 순위의 산술 평균을 통하여 계산될 수 있음에 주의하자. 이러한 메디안 랭크의 특성은 장비의 신뢰성을 예측하는데 널리 사용된다.(Dolson,1994)

5.메디안 랭크를 이용한 극한 쌍대 비교 법(EPCMR Method) : 활용과 장점

메디안 랭크를 이용한 극한 쌍대 비교(Extreme Pairwise Comparison with Median Rank, 이하 EPCMR)는 AHP에서의 고유벡터 방법(이하 Eigenvector method)로 이용할 수 있다. 이 EPCMR을 AHP에 대한 적용을 정당화하기 위해 Saaty의 연구(1980)의 사례에 적용하여 비교해 보기로 하자. 원래 쌍대 비교의 entry 값은 다음과 같이 변화된다:1 보다 큰 entry 값은 우등(superior (1)), 1 보다 작은 값은 열등(inferior (-1)) 그리고 1과 같은 것은 동등(indifferent (0)). <표 1>에 있는 실험결과 는 EPCMR과 Eigenvector method가 강한 상관 관계가 있음을 보여준다. 역순위를 보였던 학교 선정문제만을 제외하고 결정계수 R²가 0.82와 0.94사이에 존재한다. 특히 대

안의 수가 많으면 많을수록, 그 계수 값은 더 높아진다. 한편, Xie et al.(1998)는 AHP를 사용함에 있어, 고객 요구 가중치의 정확성이 민감도 분석을 실시해 보면 품질기능전개에서 결정적이지 않다는 것을 논하였다. 고객요구 가중치의 작은 변화에 대해서 품질기능전개는 공정과 제품설계 인자를 우선 순위화 함에 있어 매우 강건한 방법이다. 따라서 EPCMR을 품질기능전개에 적용하는 것은 문제될 것이 없다. 또한, HoQ 가 다수의 고객 요구 속성(CAs)과 기술 특성(ECs)를 갖는 경우에(예를 들면, 39개의 고객 요구 속성(CAs)과 39개의 기술적 특성(EC)이 존재하는 경우), EPCMR을 이용하여 고객의 중요도와 관련강도의 정도를 정량화하는 것이 더 효율적이며 이에 품질기능전개에 EPCMR을 적용하기로 하고자 한다. 품질기능전개에 EPCMR을 적용하기 전에, EPCMR 법의 일치성을 증명하기 위해 <표 1>의 학교 선정 문제의 결과를 토론하고자 한다.

<표 1>의 EPCMR에서의 상대적 가중치와 Eigenvector 법에서의 상대적 가중치를 비교해 보면 학교 선정이라는 항목에서 학교 A와 C의 순위가 뒤바뀌어 있음을 알 수 있다. 이를 이해하기 위해 다음의 <표 2>를 살펴보자. <표 2>는 <표 1>의 학교 선정이라는 항목이 상대적 가중치를 부여받는 과정을 설명하는 표이다.

<표 2>에서 Eigenvector법의 경우, Priority 열의 각 항목별 값을 보면, '직무 훈련'이 '학습'과 '대학의 입학 준비' 보다 중요하지 않은 것으로 나타났으나, 적용 결과 '직무 훈련'이 A학교의 결과 값에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타난다.

<표 1> EPCMR 과 Eigenvector 법 비교 결과

문제	대안	상대적 가중치	
		EPCMR 법	Eigenvector 법
국가의 영향	US	0.258	0.429
	USSR	0.156	0.175
	CHINA	0.053	0.032
	FRANCE	0.127	0.076
	UK	0.098	0.070
	JAPAN	0.163	0.127
	W. GERMANY	0.145	0.112
에너지 할당	CONSUMERS	0.529	0.62
	TRANSPORT	0.333	0.26
	POWER	0.138	0.12
가전제품의 연간 kw/h 소모량 추정	RANGE	0.229	0.362
	REFRIGERATOR	0.199	0.252
	COLOR TV	0.140	0.088
	DISHWASHER	0.170	0.118
	B&W TV	0.110	0.083
	IRON	0.080	0.053
	RADIO	0.051	0.030
HAIRDRYER	0.021	0.014	
학교 선정	School A	0.304	0.37
	School B	0.383	0.38
	School C	0.313	0.25

이는 Eigenvector법에서 직무 훈련이 대안의 상대적 가중치 값들 중 가장 큰 편차를 갖고 있기 때문이다. 이는 특정한 어떤 항목의 평가 값이 대다수의 값들을 합한 것보다 더 큰 경우이다. 따라서 이 항목에 의해 마치 특정 대안이 마치 매우 중요한 것처럼 평가되어 질 수 있다. 그러나, EPCMR은 동일한 수의 항목이 비교될 때 동일한 기대값과 분산을 주기 때문에 이와 같은 현상을 방지할 수 있다.

<표 2> 범주의 영향

범주	EPCMR				결과	Eigenvector 법				결과
	Priority	대안의 중요도				Priority	대안의 중요도			
		A	B	C			A	B	C	
학습	0.297	0.138	0.529	0.333	A=0.304 B=0.383 C=0.313	0.32	0.16	0.59	0.25	A=0.37 B=0.38 C=0.25
친구들	0.167	0.333	0.334	0.333		0.14	0.33	0.33	0.33	
학교 생활	0.036	0.431	0.138	0.431		0.03	0.45	0.09	0.46	
직무 훈련	0.089	0.529	0.138	0.333		0.13	0.77	0.05	0.17	
대학 준비	0.245	0.236	0.529	0.235		0.24	0.25	0.50	0.25	
음악 수업	0.166	0.529	0.138	0.333		0.14	0.69	0.09	0.22	

측정 가능한 현상의 결과이거나 의사 결정자가 전문가의 지식을 갖고 판단이 일어난다면 1-9 척도는 효과적일 수 있다. 그러나 만약 측정 가능한 현상의 결과가 아니거나, 의사결정자가 비전문가이거나, 일반적인 보통 사람일 경우, 심지어 의사 결정자가 어린아이들이라고 하면, 1-9 척도를 이용하여 판단된 결과가 공정하기는 어렵다. 만일 문제에 대한 계층이 5단계로 존재하고 각 수준에 대한 일관성 비율(Consistency ratio:CR)이 0.1이라면, 그 계층 구조의 신뢰성은 $(1-CR)^5=0.9^5=0.6$ 이 되고 이는 수용 불가능한 값이다. 그러나, 극한 쌍대 비교는 정확하게 사람의 성격과 직관력은 반영하고 복잡한 계층 구조에서 정확성을 개선시키기 때문에 의사 결정자가 EPCMR을 이용하여 완벽한 일관성을 유지하게 된다.

게다가, 그룹의 의견일치(group consensus)는 과반수의 범칙 하에 쉽게 도달할 수 있다. 의사 결정자들은 좋고 나쁨의 양론으로 가중 점수를 줌으로서 모든 항목에 대해 값을 결정할 수 있다. 예를 들면, '우수' 비율이 0.7을 초과할 때 그 항목은 1(superior)이 되고 '열

등' 비율이 0.3 보다 작을 때 그 항목의 값은 0(indifferent)이 되며, 이를 제외한 모든 경우는 -1(inferior)이 된다.

EPCMR의 다른 장점은 상관강도가 순위를 매김으로서 객관적으로 결정되고 어떤 기술 중요도(TIR)에서의 왜곡도 Lyman의 normalization 과정을 통하여 쉽게 방지할 수 있다는 것이다. Franceschini and Rupil(1999)의 입증에 따르면, 매우 주관적인 Likert type 척도는 이따금 왜곡 현상을 낳는다. 만일 하나의 고객 요구 속성과 관계있는 많은 수의 기술 특성이 존재한다면, 많은 것들이 개인적인 관점에 따라 주관적이며 각 관계의 강도는 각 개인에 따라 다양하기 때문에, 여러 기술 특성들이 하나의 고객 요구 속성과의 관계가 강하다, 보통이다, 또는 약하다라고 결정하기에는 근본적인 어려움이 존재할 수 밖에 없다.

6. 사례연구 및 제언

본 절에서는 Wasserman에 의해 사용된 일종의 필기도구와 관계가 있는 HoQ의 예를 본 논문에서 제안한 방법(그림 4 참조)을 설명을 위해 이용하기로 하자. 그의 연구에서는 주로 고객의 요구사항이 '쥐기 편해야 한다(easy to hold, CA1)', '얼룩이 묻지 않아야 한다.(does not smear,CA2)', '연필심의 끝이 뾰족하게 유지되어야 한다.(Point lasts, CA3)' 그리고 '구르지 않아야 한다.(does not roll, CA4)' 라는 것들이었다. 이러한 요구에 대응하기 위한 기술 특성은 다음과 같이 선정되어졌다. : 연필의 길이(length of pencil, EC1), 연필심이 뭉뚝

해 지는 시간(Time between sharpening, EC2), 발생된 먼지양(lead dust generated, EC3), 6각형형(Hexagonality, EC4), 그리고 최소한의 지우개 찌꺼기(minimal erasure residue, EC5).

본 연구에서는 Wasserman 사례에서의 고객 요구 관계의 가중치들은 극한 쌍대 비교를 이용하여 분석하고자 한다. 예를 들면, '쥐기 편해야한다(easy to hold, CA1)'와 '얼룩이 묻지 않아야 한다.(does not smear,CA2)' 둘을 비교할 때 어떤 것이 당신에게 더 중요한 항목입니까? 과 같은 것이다. 마케팅 연구를 통하여 극한 쌍대 비교표(EPCMR Matrix)에서의 그 entries는 다수결 원칙에 의해 1,0,-1,과 같은 수학적 값을 갖게 된다. 결론적으로 고객요구속성들의 등수는 각 행을 합하는 것에 의해 계산 될 수 있고 이 결과는 <표 3>에서 입증된다. 좀더 쉬운 설명을 위해, 입력 값들은 Xie et al(1998's)의 수학적 예에 따라 점수 매겨진다.

<항목 정의>

- 고객 요구 속성
- CA₁ : 쥐기 편해야한다
 - CA₂ : 얼룩이 묻지 않아야 한다.
 - CA₃ : 연필심의 끝이 뾰족하게 유지되어야 한다.
 - CA₄ : 구르지 않아야 한다

기술 특성

- EC₁ : 연필의 길이
- EC₂ : 연필심이 뭉뚱해 지는 시간
- EC₃ : 발생 먼지량.
- EC₄ : 6각형형
- EC₅ : 최소한의 지우개 찌꺼기

중요도		EC ₁	EC ₂	EC ₃	EC ₄	EC ₅
CA ₁	15	○			◎	
CA ₂	25		○	◎		◎
CA ₃	45	△	○	◎		◎
CA ₄	15	△			◎	
TIR		105	210	630	270	630

(a) 정규화 전 (Before Normalization)

중요도		EC ₁	EC ₂	EC ₃	EC ₄	EC ₅
CA ₁	15	0.250			0.750	
CA ₂	25		0.190	0.405		0.405
CA ₃	45	0.023	0.185	0.396		0.396
CA ₄	15	0.100			0.900	
TIR		6.2	13.1	28.0	24.8	28.0

(b) 정규화 후(After Normalization)

(관계성 빈칸 : 무(無) △ : 약함 ○ : 보통 ◎: 강함, 0-1-3-9 척도)

<그림 4> Wasserman(1993)의 필기도구 HoQ 도

<표 3> 고객요구의 극한 쌍대 비교

고객 요구	CA ₁	CA ₂	CA ₃	CA ₄	Sum	Rank
CA ₁	0	-1	-1	0	-2	3
CA ₂	1	0	-1	1	2	2
CA ₃	1	1	0	1	3	1
CA ₄	0	-1	-1	0	-2	3

다음에서, 하나의 고객 요구 속성과 하나의 기술 특성사이 관계의 정도는 EPCMR로 구한다. 여기서 심지어 그것들이 소 그룹으로 나뉘질 수 있더라도 같은 관계 강도는 동일하게 순위가 매겨진다. 그 결과는 <그림 5>에서 보여 진다. 관계 행렬(Relationship matrix)에서 공란은 해당 고객 요구 속성에서는 가장 낮은 순위를 갖도록 했으며, 결론적으로, 우리는 정규화(normalization) 전후에 변함없는 관계의 값과 순위를 갖는 기술 중요도(TIR)를 얻을 수 있다.

중요도	EC ₁	EC ₂	EC ₃	EC ₄	EC ₅	
CA ₁	0.133	0.685	0.315	0.315	0.871	0.315
CA ₂	0.310	0.222	0.500	0.800	0.222	0.800
CA ₃	0.424	0.315	0.500	0.800	0.219	0.800
CA ₄	0.133	0.685	0.315	0.315	0.871	0.315
TIR		0.385	0.451	0.671	0.355	0.671

(a) 정규화 전 (Before Normalization)

중요도	EC ₁	EC ₂	EC ₃	EC ₄	EC ₅	
CA ₁	0.133	0.274	0.126	0.126	0.348	0.126
CA ₂	0.310	0.089	0.200	0.320	0.089	0.320
CA ₃	0.424	0.126	0.200	0.320	0.052	0.320
CA ₄	0.133	0.274	0.126	0.126	0.348	0.126
TIR		0.154	0.180	0.268	0.142	0.268

(b) 정규화 후 (After Normalization)

<그림 5> EPCMR법에 의한 필기도구 HoQ 도

Wasserman(1993)의 결과와 비교해 보면, EC1, EC2, EC4 항목에서 기술적 중요도의 순위가 역전된다. 이러한, 순위 역전의 주된 원인은 가중치의 척도에 있다. Wasserman (1993)의 1-3-9 척도를 이용한 순위연구에서는 EC4는 중요하지 않은 고객 요구 속성들 즉, CA1, CA4와 강한 연관관계를 갖고 있다. 그러나, 중요한 어떤 고객 요구 속성에도 관계를 갖고 있지 않는다. 반대로, EC1, EC2는 중요한 고객 요구 속성들과 관계를 갖고 있는 반면에, 그것들의 관계강도는 약하거나 보통의 수준이다. 따라서 EC4의 순위는 다른 것들보다 더 높은 값을 갖게 된다. 정규화절차(Normalization procedures)는 앞에서 학교선정 문제를 가지고 토론한 것과 유사한 한 현상을 막지 못한다. 만일 1-2-4 또는 1-3-5 척도를 원래 연구에서 관계의 정도를 정량화하기 위해 사용하였다면, 그 결과는 또 다른 순위 역전의 결과로 나타나게 될 수도 있다.

현실적으로 고객 요구 속성들의 수와 기

술적 특성들의 수는 보통의 경우 10개를 넘는다. 그리고 HoQ의 Roof에서 정의되는 상관행렬(이하 roof matrix)는 축소될 수는 없다. Fung et al(1996)이 논했던 것에 따르면, 어떤 하나의 기술 특성은 아마 모든 고객 요구 속성들과 직접적으로 또는 간접적으로 관계가 있을 수 있다 라고 가정할 수 있기 때문에 HoQ의 roof matrix는 축소될 수 없다. 그러므로, 많은 수의 고객 요구 속성들과 기술 특성들을 갖고 있는 HoQ 에서 고객 요구 속성들과 기술 특성들 사이의 관계에 대해 EPCMR법을 사용해야 할 지도 모른다.

7. 결론

본 논문의 주된 주제는 다음과 같은 3가지 기본 아이디어로부터 비롯되었다. (1) 인간은 2개의 항목을 단순히 비교하는데 항상 일치하는 능력을 갖고 있다. (2) L-point Likert 척도의 임의 선택은 정당성을 갖지 않는다. (3) 실제로 품질기능전개를 적용함에 있어 roof matrix는 감소시킬 수 없고, 즉, 기술 특성들은 서로에게 직접적이든 간접적이든 서로 영향을 주기 때문에, 밀도차(density difference)는 관계행렬(relationship matrix)에서 배제된다. 따라서 고객 중요도와 상관강도의 정도를 결정하는 것은 여전히 필요하다. 본 논문은 AHP 철학과 보조를 맞추어 많은 수의 비교들에 대하여 품질 기능 전개에 처음으로 단순 쌍대 비교법을 적용하는 것을 제안하였다. 고객 요구 속성들의 중요도와 고객 요구 속성과 기술 특성 사이의 관계의 정도는 EPCMR에 의해 수립되며, EPCMR을 이용하기 때문에 일치성 평가 과

정이 제거될 수 있고 전문지식에 대한 요구를 줄일 수 있다. 이는 의사 결정자로 남성이나 여성, 인터넷 사용자들, 때로는 어린이들이 될 수도 있으며 품질기능전개 팀이 고객들과 비전문가들로 구성될 수 있기 때문에 많은 상업적으로 적용의 장점이 있다. 예를 들면, 한국 온라인 게임 시장을 주도하고 있으며 그 주된 고객들이 어린이들이인 Nexon 사는 극한 쌍대 비교를 이용하여 유명한 온라인 게임(BnB HiddenCatch 등..)을 성공적으로 발전시켰다.

HoQ도는 품질기능전개의 수많은 trade-off를 통하여 고객만족을 얻기 위해 고객의 요구를 설계 요구사항으로 변환하기 위한 핵심이다. 따라서 중요도나 관계성의 정도를 정량화함에 있어 치우침이나 왜곡을 막는 것은 필수적이다. HoQ에서의 치우침과 왜곡은 고객의 중요도와 가중척도 그리고 밀도차이를 어떻게 구하느냐에 따라 주요 인자들에 의해 빈번히 나타나게 된다. 왜냐하면 어떤 특정 척도를 사용함에 어떤 이유도 존재하지 않기 때문에 하나의 범주 안에 존재하는 아이тем들의 상대적 가중치를 결정하는 것이 합당하다. 그러므로, AHP는 고객 요구 속성들의 중요도와 HoQ에서의 관계 정도를 정량화하기 위해 널리 사용되어져 왔다.

비록 본 연구의 방법론이 수용할만하더라도, 이러한 분야에 더 많은 노력이 행해져야만 할 것이다. 특히, 더 발전된 연구를 통해 다른 서비스와 제조 영역에 그 모델의 가능한 활용이 권장되도록 되어야 한다. 왜냐하면, 그런 연구가 추구하는 것은 생산과 고객 요구 둘 다를 만족을 보장하는 것이기 때문이다. 결론적으로 비록 EPCMR을 사용한다 할지라도 1-9 척도를 사용하는 쌍대 비교가 9개 이하의 속성이나 특성을 갖는

경우에 더 매력적일 것이다.

참고문헌

- [1] 박영택(1997), "품질기능전개의 확장에 관한 연구", 「대한품질경영학회지」, 25권, 4호, pp. 27-49.
- [2] Akao, Y.(1990), Quality Function Deployment : Integrating Customer Requirements into Product Design, Productivity Press, Cambridge, Massachusetts.
- [3] Armacost, R.L., P.J.Mullens, and W.W.Swart(1994), "An AHP Framework for Prioritizing Customer Requirements in QFD - An Industrialized Housing Application", IIE Transactions, Vol.26 No.4, pp. 72-79.
- [4] Aswad, A.(1989), "Quality function deployment : A system's approach," 1989 IIE Integrated Systems Conference & Society for Integrated Manufacturing Conference Proceedings, pp.27-32.
- [5] Bouchereau, V. and H. Rowlands(2000), "Methods and techniques to help quality function deployment," Benchmarking : An International Journal, Vol.7 No.1,8-19.
- [6] Bossert, J.L(1990), Quality function deployment : A practitioner's approach, ASQC, Milwaukee.
- [7] Chan, L.K., H.P. Kao, and M.L.Wu(1999), "Rating the importance needs in quality function deployment by fuzzy and entropy method," International Journal

- of Production Research, Vol.37 No.11, pp.2499-2518.
- [8] Cohen,L.(1995), Quality Function Deployment : How to Make QFD Work for You, Addition-Wesley, Massachussets.
- [9] Davis, G, C. Zannier, and A. Geras (2001), Quality Function Deployment Presentation, University of Calgary, Calgary.
- [10] Dodson, B.(1994), *Weibull Analysis*, ASQC., Milwaukee.
- [11] Doukas,L., W.W.Parkins and C Jeyaratnam (1995), "Integrating quality factors into system design," *Proceedings of the 1995 IEEE International Engineering Management Conference*, pp.235-240.
- [12] Franceschni,F. and A.Rupil(1999), "Rating scales and prioritizing in QFD", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol.16 No.1, pp 85-97.
- [13] Fukuda,S. and Y. Matsuura(1993), "Prioritizing the customer's requirements by AHP for concurrent design," Design for Manufacturability - 1993 american Society of Mechanical Engineering, Design Engineering Division, Vol.52, pp.13-19.
- [14] Fung, R.Y.K.,S.Ren, and J.Xie(1996), "The prioritization of attributes in customer requirement management," *IEEE international Conference on System, Man and Cybernetics*, Vol.2, pp.953-958.
- [15] Harker,P.T.(1987a), "Alternative modes of questioning in the analytic hierachy process", *Mathematical Modeling*, Vol.9 N0 3-5, pp.353-360.
- [16] Harker,P.T.(1987b), "Incomplete pairwise comparisons in the AHP", *Mathematical Modeling*, Vol.9 No.11, pp.837-848.
- [17] Partovi,F.Y. and J.M.Epperly(1999), "A quality function deployment approach to task organization in peacekeeping force design", *Socio-Economic Planning Sciences*, Vol.33, pp.131-149.
- [18] Patel. J.K., C.H. Kapadia, and D.B. Owen(1976), *Handbook of Statistical Distributions*, Marcel Dekker, INC., New York.
- [19] Ra, J.W(1999), "Chainwise paired comparisons", *Decision Sciences*, Vol. 30 N0.2, pp.581-599.
- [20] Saaty, T.L.(1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- [21] Shin, J.S. and K.J. Kim(2000),"Effect and choice of the weighting scale in QFD", *Quality Engineering*, Vol.12 No.3, pp.347-356.
- [22] Shin, J.S.,K.J.Kim, and M.J.Chandra (2002), "consistency check of a house of quality chart", *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol.19, No.4, pp.471-484.
- [23] Sullivan, L.P.(1986), "Quality function deployment", *Quality progress*, Vol.19 No.6, pp.39-50.
- [24] Xie.,M.,T.N.Goh, and H.Wang(1998), "A study of the sensitivity of customer voice in QFD analysis", *International Journal of Industrial Engineering*,

Vol.15, No.4, pp.301-307.

- [25] Xie.,M.,T.N.Goh, and W.Xie(1995), "Prioritizing processes for better implementation of statistical process control techniques", Proceedings of the IEEE Annual International Engineering Management Conference, pp.260-263.
- [26] Wasserman, G.S.(1993), "On how to prioritize design requirements during the QFD planning process", IIE Transactions, Vol.25, No.3, pp.59-65.