

## 품질과 비용의 득실관계를 고려한 품질기능전개 모형 A Model of Quality Function Deployment with Cost-Quality Tradeoffs

우 태희(Woo, Tae hee), 박 재현(Park, Jae hyun)  
서일대학 산업시스템경영학과

### Abstract

This paper presents an analytic method of quality function deployment(QFD) that is to maximize customer satisfaction subject to technical and economic sides in process design. We have used Wasserman's normalization method and the analytical hierarchy process(AHP) to determine the intensity of the relationship between customer requirements and process design attributes.

This paper also shows cost-quality model the tradeoff between quality and cost as a linear programming(LP) with new constraints that have designated special process required allocating firstly. The cost-quality function deployment of piston ring is presented to illustrate the feasibility of such techniques.

### 1. 서 론

품질기능전개(QFD)는 고객요구사항과 기술적 속성사이의 상호관계를 나타내는 방법으로 고객의 요구사항을 공정설계에 반영시키는 유력한 수법이다. 시장조사를 통해 얻은 고객의 요구사항은 측정 가능한 기술적 속성인 설계요구사항으로 바뀌어 지며, 이들의 상호 영향정도를 나타내는 관계(relation) 매트릭스와 기술적 속성사이의 내부종속관계를 표시하는 상관(correlation) 매트릭스로 나타낸다[2]. 이들 관계와 상관은 고객만족을 실현하기 위한 것이지만, 현재 적용하고 있는 대부분의 QFD는 품질을 극대화하기 위하여 기술적인 측면만을 강조하고 있다. 이는 품질과 비용사이의 득실관계에 고민하고 있는 기업활동에 경제적 측면을 무시하고 있는 것이다.

QFD에 비용을 고려하여 분석한 연구로서 Wasserman[7]의 연구가 있는데, 그는 기존의 QFD모형의 기술적중요도에다 비용인자(cost factor)를 고려하여 이들의 비율을 구하고, 이로부터 중요 우선순위를 정하였다. 그의 연구는 또한 기술적 속성사이의 종속관계가 존재할 때 이들의 관계를 정규화(normalization) 방법으로 체계화하여 그 활용 가능성을 제시한 논문이다. Bode와 Fung[3]은 Wasserman이 제시한 비용인자에 자원의 중요도를 고려하여 동일한 사례에 대하여 적용하였고, 고객요구사항과 경제성투

자분석에 관한 연구가 있다[1,5].

본 연구는 고객요구사항을 만족하기 위한 공정설계시 비용을 고려하여 자원을 우선적으로 할당하는 방법을 제시한다. 이를 위하여 본 연구는 Wasserman이 제시한 정규화 방법을 이용하여 공정설계시 가중치를 계산한다. 이 경우 상호관계의 크기를 1, 3, 9 점의 척도로 계산한 것과는 달리 계층분석과정(AHP)를 이용하여 수치화한다. 또한 고객요구사항인 품질을 만족하기 위한 공정설계시 한정된 자원인 비용을 고려하는데, Wasserman은 가중치/비용의 비율로 공정 우선순위화 및 이에 따른 자원을 할당하였지만, 본 연구는 선형계획법(LP)을 이용하여 문제를 해결하며, 특히 공정중 환경 및 법적요구사항에 따른 중요공정에 대하여는 우선 할당해야 하는 제약조건을 추가한다. 본 연구는 자동차부품업체(Y사)의 피스톤링에 대한 사례연구를 통하여 본 연구방법을 적용하며, 본 연구가 기존연구보다 현실적이고, 적용이 용이함을 제시하고자 한다.

## 2. AHP를 이용한 상호관계 계량화

이들 가중치는 고객요구사항과 공정특성간의 상호관계의 크기를 나타내며, “매우낮음,” “낮음,” “보통,” “높음,” “매우높음”의 관계를 나타내는 가중치는 0.035, 0.068, 0.134, 0.260, 0.503이다. 그리고 일관성 비율이 0.054라는 것은 이들 수치가 일관성이 있음을 보여준다.

## 3. 사례연구를 통한 정규화과정

자동차부품업체인 Y사는 피스톤링 등을 생산하여 국내자동차메이커 외에 해외로 수출하고 있으며 우수한 기술과 품질을 인정받고 있는 중견기업이다. 회사명은 실명이 아니며, 본 연구에서 사용되는 수치는 기밀보호를 위하여 변경된 것으로 적용방법과 절차에 의미가 있기 때문에 수치의 중요도는 무의미하다. Y사는 고객의 요구사항에 맞게 제품을 생산하던 중, 고객으로부터 모델변경에 따른 신제품을 생산할 예정이며, 기존의 제조비용으로 납품해 달라는 요구를 받았다. Y사는 고객의 요구사항을 만족하면서 원가를 맞추기 위하여, 품질과 비용을 동시에 만족하는 중요한 공정순대로 자원을 투입하고자 한다. 또한, 제품폭면 가공변경 공정은 배출가스 규제에 따른 환경적 측면을 고려하여야 하므로 우선적으로 자원이 투입되어야 한다. 설계에서 기술적 속성은 공정의 기술적 속성을 고려하며, 고객요구사항은 기존제품대비 신제품에서 요구사항만 고려하여 그룹컨센서스를 통해 관계매트릭스와 상관매트릭스의 값을 정하였다.

그러나 Wasserman은 설계시방간 종속관계가 강하게 존재한다면 중요도의 값이 부정확하게 되며, 이러한 종속관계를 제거하는 것이 실무적으로 어렵다고 하였다. 이를 해결하기 위하여 Lyman의 정규화방법을 확장하여 지붕매트릭스에서 열과 열의 상관관계를 포함하여 가중치를 계산하는 방법을 제시하였다. 그 결과 ‘착색 및 코팅방법변경’공정이 24.3%, ‘소재 열처리’공정이 23%로 중요순위가 바뀌었으며, 정규화 전에는 중요도 순위가 11.1%로 가장 낮았던 ,제품외주면 폭면가공 변경’공정이 20.5%로 3번째로

높아졌고, '제품폭면 가공변경'공정이 16%로 가장 낮아짐을 알 수 있다.

#### 4. 품질-비용 득실관계의 평가

Wasserman[7], Bode와 Fung[3]은 선형계획법을 이용하여 제품품질과 비용에 대한 득실관계 모형을 제시하고 있는데, 목적함수는 고객만족을 최대화하기 위하여 식 (1)과 같이 의사결정변수  $x_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ )와 (그림 1)에서 구한 기술적 중요도( $W_j$ )의 선형함수로 나타낸다.

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n w_j x_j \quad (1)$$

또한 신제품개발 초기단계에서 목표로 하는 제품가격을 위하여 주어진 자원 내에서 최대의 고객만족을 위하여 이와 관련된 공정설계에 최적 할당을 하여야 한다. 비용계수  $c_j$ 는  $x_j$ 가 변함에 따른 증분단위비용을 나타낸다. 그리고 B는 목표로 하는 최대가용자원이라고 하면, 제약조건식은 식 (2)와 같다.

$$C = \sum_{j=1}^n c_j x_j \leq B \quad (2)$$

이 모형은 제약조건식을 만족하면서 고객만족도  $Z$ 을 최대화하는 것으로 OR에서의 전형적인 knapsack 문제이다. 즉, 배낭의 크기 B안에 최대로 내용물을 채우는 문제로서 내용물당 단위가치가 최대인 것부터 차례로 넣는 우선순위를 정한다. 여기서 의사결정변수  $x_j$ 가 정수라는 제약을 푼다면  $x_j$ 값을 100% 값으로 나타낼 수 있어 본 모형의 우선순위를 정하는 문제해결에 적용할 수 있다.

본 연구는 공정설계시 우선순위에 따라 자원을 최대 100%까지 할당할 수 있기 때문에 제약조건식에 각 의사결정변수  $x_j$ 값은 식 (3)와 같이 나타내며, 여기서 중요공정으로 지정된 임의의  $x_j$ 은 우선순위와 관계없이 먼저 할당되어야 하므로 1의 값을 가진다.

$$x_j \leq 1 \quad (j=1, 2, \dots, n, \text{ 임의의 } j \text{에 대하여 } x_j = 1) \quad (3)$$

가용자원은 목표가 이루어질 때까지 기술적 속성의 상위순서에 따라 먼저 할당하고, 이어서 다음 순서의 속성에 자본예산을 할당하여 이 금액이 다 소모될 때까지 계속하게 된다. Wasserman이 제시한  $W_j/c_j$  지수에 따르면 가용자원이 60원인 경우 우선순위에 따라 100%할당되다가 5번째 순위인 '제품폭면 가공변경'공정만 66.7%인 20원이 투입된다. 본 연구는 가용자원을 최적할당하기 위하여 선형계획법을 이용한다. Y사의 경우 신규가용자원은 80원이 들지만, 이전의 가용자원인 60원으로 고객만족을 하면서 공정설계를 해야 한다. 또한 '제품폭면 가공변경'공정은 매연규제에 따른 중요공정이므로 우선 할당해야 한다. 이를 계산하면, '제품외주면 가공변경'공정만 50%의 자원인 10원이 투입되고, 나머지 공정은 100% 할당됨을 알 수 있다. 만일 우선 할당을 하지 않

고 선형계획법으로 계산하면, 그 결과는 Wasserman의  $W_j/c_j$  값과 동일하게 나온다.

## 5. 결 론

본 연구는 고객요구사항을 만족하기 위한 공정설계시 비용을 고려하여 자원을 우선적으로 할당하는 방법을 보여주기 위하여 Wasserman이 제시한 정규화 방법을 이용하여 공정설계시 가중치를 계산하였다. 이 경우 상호관계의 크기를 계층분석과정(AHP)을 이용하여 수치화하였으며, 또한 고객요구사항인 품질을 만족하기 위한 공정설계시 한정된 자원인 비용을 고려하여 비용에 따른 기술적 속성의 우선순위를 제시하였다.

본 연구는 선형계획법(LP)을 이용하여 문제를 해결하며, 특히 공정중 환경 및 법적 요구사항에 따른 중요공정에 대하여는 우선 할당해야 하는 제약조건을 추가하였다. 본 연구는 자동차부품업체인 Y사의 피스톤링에 대한 사례연구를 통하여 본 연구방법을 적용하며, 본 연구가 기존연구보다 현실적이고, 적용이 용이함을 제시하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 우태희, "품질기능전개를 이용한 자본예산투자프로젝트 선정방법," 안전경영과학회지 제2권 제4호, pp.125-138, 2000.
- [2] 赤尾洋二, 品質展開入門, 日本科學技術聯盟(JUSE), 1990.
- [3] Bode, J and Fung, R.Y.K., "Cost Engineering with Quality Function Deployment," Computers Industrial Engineering, Vol. 35, No. 3-4, pp. 587-590, 1998.
- [4] Forman, E.H. and Gass, S.I., "The Analytic Hierarchy Process-An Exposition," Operations Research, Vol. 49, No. 4, pp. 469-486, 2001.
- [5] Partovi, F.Y., "A Quality Function Deployment Approach to Strategic Capital Budgeting," The Engineering Economist, Vol 44, No. 3, pp. 239-260, 1999.
- [6] Saaty, T.L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [7] Wasserman, G.S., "On How to Prioritize Design Requirements During the QFD Planning Process," IIE Transactions, Vol. 25, No. 3, pp. 59-65, 1993.