

안전성을 고려한 품질특성 선정 및 자원배분
Quality Characteristic Choice and Resources Allocation
under Consideration of Safety

김종걸, 정진호
Jong-Gurl, Kim · Jin-Ho, Jung

ABSTRACT

This paper presents a method for choosing quality characteristics to consider safety by integrating QFD based on quality requirements and AHP based on safety requirements, also shows resources allocation method to maximize customer satisfaction by ranking the index of technical importance to cost.

Key Words : QFD, AHP, quality characteristic, safety, resources allocation

1. 서론

최근 국가간 또는 기업간 경쟁이 심화되고 고객과 주주, 그리고 사회 전반의 요구사항이 높아지면서 기업의 입장에서는 한정된 자원을 활용하여 최고의 품질을 고객에게 제공해야만 경쟁에서 살아남을 수 있게 되었다. 이를 위해서는 제품 품질을 결정짓는 핵심 품질특성(CTQ)을 정확히 선정하고 기업의 제한된 자원을 효과적으로 할당하여 개선효과를 극대화 시킬 수 있는 전략이 필요하다. [8]

일반적으로 품질개선을 위해 사용되는 QFD(Quality Function Deployment) 방법은 고객만족 중심의 매력특성을 효과적으로 선정하여 투자효율을 높이는 데는 효과적일 수 있지만, 기술 중심으로 접근할 수 있는 리스크 및 안전관련 특성에 따른 비용절감에는 한계가 있다. 특히, 제조물책임법 (PL법)의 시행 등 제품의 안전성과 신뢰성이 요구되는 시장상황에서 QFD만으로는 이에 대응하기에는 부족하다. 또한, QFD는 품질을 극대화하기 위하여 기술적인 측면만을 강조하고 있으며, 품질과 비용간의 득실관계에 고민하고 있는 기업활동의 경제적 측면이 상대적으로 간과되고 있다.

이에 본 논문에서는 고객만족과 안전성을 동시에 확보할 수 있는 품질특성 선정을 위해 기존의 QFD 방법에 안전성 확보를 위한 엔지니어들의 의사결정을 AHP 기법으로 가중치를 산출하여 비교·결합시킴으로써 안전성을 포함한 고객만족을 달성할 수 있는 방법을 제안하고, 또한 선정된 품질특성에 대한 자원의 효과적인 배분을 위해 와서만(Wasserman)이 제시한 중요도/비용 지수로 우선순위 및 이에 따른 자원 할당 방안을 제시하고자 한다.

* 성균관대학교 시스템경영공학부

2. 안전성을 고려한 품질특성 선정

2.1 QFD와 AHP의 이론적 고찰

QFD(Quality Function Deployment)는 소비자의 요구사항을 우선 제품의 설계품질 특성으로 변환하고 이를 다시 부품특성, 공정특성, 그리고 마지막 단계인 생산을 위한 구체적인 사양으로까지 이들 간의 관계를 계통적으로 전개하는 체계적인 제품개발 방법이다. [1]

이런 QFD는 제품 품질의 향상과 보다 낮은 가격으로의 제품 출시를 동시에 가능케 하며, 제품의 개발 사이클을 줄일 수 있다는 장점이 있지만, QFD 의해 도출된 CTQ들은 반드시 최적의 해를 주는 것이 아니라 단순히 소비자의 욕구가 어디에 있는지를 파악하는데 사용된다. 또한 신제품 개발 시 사용되는 QFD는 제품특성치 사이에 상충관계를 파악하기에 미흡하며, 매력적 품질요소를 찾아내는데 있어서도 부족하다는 단점이 있다. [2][4][14]

계층분석 과정(AHP : Analytic Hierarchy Process)은 대안의 우선순위 선정문제에서 주관적인 평가요인까지 포함하여 해석할 수 있는 유연한 해석방법으로서 객관적인 평가요인은 물론이고 주관적인 평가요인도 수용할 수 있으며 수학적인 이론보다는 직관을 바탕으로 하기 때문에 그 논리가 매우 쉽다는 장점을 가지고 있다. 하지만, 평가치로 일반수를 사용함에 따라 평가대안에 대한 평가자의 판단이 정확하게 정량화되지 못할 수도 있다는 단점이 있고, 또한 평가에 있어 주로 분명한(crisp) 의사결정문제에만 사용되며, 평가자의 판단을 수치로 정확히 변환하는데 있어 불확실한 요소들을 고려하지 않고 있다. 그리고 평가에 있어 균등하지 못한 크기로 평가될 수 있다. [5][7][11][12]

2.2 품질특성 선정을 위한 통합 모델

본 논문에서는 고객만족과 안전성을 동시에 확보할 수 있는 최선의 대안을 선정하기 위하여 QFD와 AHP의 통합 모델을 제시한다. 기존의 QFD 방법은 고객요구사항을 분석하고 설계특성을 선정함으로써 고객만족이라는 매력특성을 도출하는 데는 유용하지만 안전이라는 당연특성은 실제로 사고가 나기 전까지는 고객이 인식하기 힘들기 때문에 필드데이터와 시장조사를 통한 QFD 방법만으로는 안전성을 확보할 수 있는 대안을 도출하기에 부족하다. 이에 본 논문에서는 안전성을 확보하기 위해 QFD가 가지는 한계를 극복하기 위한 대안으로 복잡하고 불분명한 문제를 쉽고 명확하게 분석할 수 있는 AHP 기법을 사용하고자 한다.

본 논문은 상용화된 제품을 기초로 재설계를 위한 연구이므로 품질특성과 부품전개를 통합한 QFD를 활용하며, 고객의 요구사항의 가중치를 AHP 기법을 사용하여 우선순위를 결정하는 것이 아니라 고객의 요구사항은 필드 데이터를 활용하여 가중치를 결정하고, 제품의 안전관련 특성을 포함하기 위한 방안으로는 안전성을 고려한 엔지니어들의 의사결정을 AHP기법을 활용하여 우선순위를 선정하고, 두 순위 간에 스피어만 순위상관계수(Spearman's rank correlation coefficient)를 통해 상관관계를 분석하여 이를 근거로 두 가지 대안의 가중치를 결합하는 모델을 제안한다. [3][6][12][16]

특히 본 논문에서는 QFD에 의해 산출된 설계특성의 중요도와 AHP를 통한 특성별 중요도를 산출하고 각 특성별로 두 중요도를 곱하여 통합 중요도를 산출하는 방법을 제안한다. 이는 QFD 결과와 AHP 결과의 순위가 같더라도 전체에서 차지하는 중요도 간에는 차이가 있기 때문에 단순한 순위의 결합이 아니라 중요도를 결합함으로써 보다 유효한 순위를 얻을 수 있을 것이다.

3. 품질-비용 지수를 통한 자원배분

기업입장에서 단순히 제품 품질을 최대화하여 고객을 만족을 시키는 것도 중요하지만, 품질을 향상시키는데 자원도 같이 증가하므로 제한된 자원으로 최대의 효과를 창출할 수 있는 효과적인 자원배분이 필요하다. 전통적인 QFD는 기술적 목표를 고정시켜 놓고, 목표를 달성하기 위하여 자원을 무한정 활용할 수 있다는 가정을 하고 있다. 그러므로 문제해결을 위하여 기술적인 측면만 고려하고, 어떠한 경제적 제약조건도 무시하고 있는 것이다. 기술적 측면의 설계는 품질수준을 어떻게 각각의 공학적 목표달성을 통하여 얻을 수 있는가를 고려하여야 하는 반면에 경제적 설계는 품질향상을 어떻게 단위 비용당 획득할 수 있는지가 고려대상이다. 따라서 경제적 우선순위는 자원 제약하에서 최대의 고객만족을 이룰 수 있어야 한다.

와서만(Wasserman)은 선형계획법을 이용하여 제품품질과 비용에 대한 득실관계 모형을 제시하고 있는데, 목적함수는 고객만족 (Z)을 최대화하기 위하여 식 (1)과 같이 의사결정변수 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 절에서 구한 통합 설계특성의 중요도 (W_i)의 선형함수로 나타낸다.

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^n W_i x_i \quad (1)$$

또한 기업의 정해진 자원내에서 최대의 고객만족을 위하여 이와 관련된 품질특성에 최적 할당을 하여야 한다. 비용계수 c_i 는 x_i 가 변함에 따른 증분단위비용을 나타낸다. 그리고 B 는 목표로 하는 최대가용자원이라고 하면, 제약조건식은 식 (2)와 같다.

$$C = \sum_{i=1}^n c_i x_i \leq B \quad (2)$$

이 모형은 제약조건식을 만족하면서 고객만족도 Z 를 최대화하는 것으로 OR에서의 전형적인 배낭(knapsack)문제이다. 즉, 배낭의 크기 B 안에 최대로 내용물을 채우는 문제로서 내용물당 단위가치가 최대인 것부터 차례로 넣는 우선순위를 정한다. 여기서 의사결정변수 x_i 가 정수라는 제약을 푼다면 x_i 값을 100% 값으로 나타낼 수 있어 본 모형의 우선순위를 정하는 문제해결에 적용할 수 있다. [9][10][13][15]

4. 사례 연구

휴대폰 검사장비에 대한 고객요구와 안전성을 동시에 확보할 수 있는 CTQ의 우선 순위 선정을 위해 본 논문에서 제안한 AHP 기반 통합 QFD 방법을 적용하고자 한다.

4.1 QFD와 AHP 통합 모델

우선, QFD 분석을 통한 고객요구사항을 파악하기 위해 수집된 원시 데이터를 품질에 관한 간결한 표현인 요구품질로 변환하였다. 본 논문은 초기 개발을 목표로 하는 것이 아니라 기존 제품의 리스크를 파악하고 보완하기 위한 연구이므로 <표 1>과 같이 고객의 요구 품질과 휴대폰 검사 장비의 부품 전개를 바탕으로 품질표를 작성하였고, 고객이 요구하는 품질이 어느 부품에 더 많은 영향을 미치는지 확인하였다. <표 1>에서 요구품질 가중치는 필드 데이터를 활용하여 구한 값이고, 기술특성의 가중치 (Q_i)는 식 (3)과 같이 정량적 측정치 값과 고객요구사항의 가중치를 곱하여 관계있는 고객요구사항을 더한 값이다. [3]

$$Q_i = EC_i = f_i(CA_1, CA_2, \dots, CA_n) = w_1g_{i1} + w_2g_{i2} + \dots + w_n g_{in} \quad (3)$$

w_j : CA_j 의 가중치 (본 논문에서는 고객요구 빈도수 사용)

g_{ij} : CA_j 가 EC_i 에 대해 가지는 관계정도

(본 논문에서는 1-3-9점 척도법 사용)

안전성 확보를 위한 AHP 기법의 적용은 휴대폰 검사장비의 제품설계특성을 3수준으로 구성하고 이들 각 수준의 속성들을 쌍대비교 함으로써 각 속성별 가중치를 구하였다. 본 논문의 목적이 제품의 안전성 확보에 있고, 계층분석 결과에서도 안전성이 제품설계특성에 대해 가장 높은 가중치를 얻었기 때문에 본 논문에서는 여러 속성들 중에서 안전성에 대해서만 대안의 평가를 실시하였다. 안전성을 확보하기 위한 대안들은 앞서 실시한 QFD의 대응특성 22개 부품을 대상으로 식 (4)와 같이 절대측정을 실시하여 가중치 (A_i)를 구하였다.

$$A_i = \sum_{k=1}^n (a_k)(u_k^i) \quad (4)$$

a_k : 평가기준 k 의 상대적 가중치

u_k^i : 평가기준 k 에 대한 i 번째 대안의 가중치

또한, 안전성을 고려한 기술특성 선정을 위한 통합 중요도 (W_i)는 식 (5)와 같이 QFD에 의한 기술특성의 가중치와 AHP의 가중치를 결합하여 구하였다.

$$W_i = Q_i \cdot A_i = \left(\sum_{j=1}^n w_j g_{ij} \right) \left(\sum_{k=1}^n a_k u_k^i \right) \quad (5)$$

<표 1> QFD와 AHP의 통합분석 결과

기술특성	Cover	Frnt	LM Motor	Servo Motor	Morator	Sens	Air Part	Plat	Hold	Blacket	Block Cylinder	Clam	Sensor Block	Stopper	Sensor Stopper	Switc	Vacuum Pad	Sub Base	Servo Drive	Flexibl	Fitting	Ball Cast	가중치
기계소음이 적을 것			●	●			○				⊖						⊕		⊖				0.094
모니터 화면이 선명할 것	○				●	○																	0.086
작동이 편리할 것					⊖	⊖							○		○	●							0.163
이물질 유입이 적을 것	●	○					●															○	0.042
청소가 쉬울 것							⊖	⊖											○			⊖	0.076
모델교환이 용이할 것								○	⊖	●	⊖	○	○	○	○		⊖	○					0.213
장비의 이동이 용이할 것																							● 0.025
에러조치가 쉬울 것					⊖	●							○		⊖	○			○				0.175
외부환경에 변화가 없을 것	○	○	⊖	⊖		⊖											⊖						0.057
Frame Edge가 라운딩 될 것	⊖	●																					0.041
진선의 정리가 깔끔할 것										⊖											●		0.026
QFD에 의한 중요도 (Q_i)	0.64	0.46	1.017	1.017	1.788	2.32	0.47	0.44	0.87	1.995	0.921	0.21	0.551	0.213	0.901	1.64	1.092	0.291	0.457	0.234	0.276	0.22	
AHP에 의한 중요도 (A_i)	0.59	0.64	0.781	0.845	0.514	0.87	0.48	0.71	0.38	0.430	0.659	0.37	0.759	0.423	0.534	0.49	0.499	0.465	0.765	0.388	0.372	0.40	
통합 중요도 (W_i)	0.38	0.30	0.794	0.859	0.919	2.02	0.22	0.31	0.33	0.858	0.607	0.07	0.418	0.090	0.481	0.81	0.545	0.135	0.350	0.091	0.103	0.09	
통합 우선순위	11	15	6	3	2	1	16	14	13	4	7	22	10	21	9	5	8	17	12	20	18	19	

요구품질과 기술특성과의 관계 : 강한관계 (●)·9, 보통관계 (⊖) 3, 약한관계 (○)=1

분석결과 고객들은 품질에 대한 일반적인 요구사항 즉, 안전성을 최우선으로 고려하지 않고 작동의 편리성, 에러조치의 용이성 등을 선호하였고, 실제적으로 QFD에 의한 결과만으로는 안전성 확보가 목적인 본 연구에서 적용하기에는 많은 문제점들이 있다. 또한 엔지니어들이 AHP를 활용하여 산출한 안전성을 고려한 부품들의 우선순위만을 활용하기에도 고객의 요구사항과 부합되지 않는 문제들이 제기 되었다. 결과적으로 안전성을 우선시한 AHP의 결과와 품질에 관한 고객들의 일반적인 요구사항인 QFD의 결과를 모두 고려하여 우선순위를 결정하도록 하고 <표 1>과 같이 AHP와 QFD를 통합하여 가중치를 산출하고 우선 부품들의 우선순위를 결정하였다.

4.2 품질-비용 지수를 통한 자원배분

앞서 실시한 통합 QFD 분석을 통해 선정된 대안들에 대해 제한된 자원으로 최대의 효과를 얻기 위해 본 논문에서는 와서만(Wasserman)이 제안한 품질-비용 지수를 통해 우선순위를 선정하고 자원할당을 실시하였다. 기업의 책정된 자원을 고려하여 통합 QFD에 의해 선정된 품질특성 우선순위 중 상위 5개 항목에 대해서만 자원할당을 실시하였다.

자원할당을 위한 우선순위 선정을 위해 <표 2>와 같이 통합 QFD에 의해 선정된 중요도에다 비용인자(cost factor)를 고려하여 이들의 비율을 구하고, 이로부터 자원할당을 위한 우선순위를 선정하였다. 여기서 비용인자는 해당 품질특성의 개선 또는 교체를 할 경우 발생하는 단위당 증분비용을 비용인자로 선정하였다.

<표 2> 중요도/비용 지수 산정

품질특성	Sensor	Monitor	Servo Motor	Blacket	Switch
통합 QFD에 의한 중요도 (W_i)	2.029	0.919	0.859	0.858	0.819
비용인자 (c_i)	4	2	3	0.8	0.7
중요도/비용 지수	0.507	0.459	0.286	1.072	1.170

※ 비용인자 단위 : 백만원

<표 3> 기술, 비용, 중요도/비용 지수 우선순위

품질특성	기술적 중요도	비용인자	중요도/비용 지수
Sensor	1	1	3
Monitor	2	3	4
Servo Motor	3	2	5
Blacket	4	4	2
Switch	5	5	1

본 연구에서는 가용자원을 최적할당하기 위하여 선형계획법을 이용하였다. 연구 기업의 경우 연간 R&D 투자비용을 1,000만원으로 책정하였을 때, <표 4>와 같이 선정된 품질특성들에 대해 품질-비용 지수 우선순위에 따라 Switch, Sensor, Blacket, Monitor는 100% 비용이 할당되었으며, Servo Motor의 경우는 제한된 자원에 따라 총 요구되는 비용 300만원 중 83%인 250만원이 할당되어졌다. [10]

<표 4> 품질특성 별 자원할당

자원할당 우선순위	품질특성 (j)	중분단위비용 (백만원) (c_j)	할당율 (%) (x_j)	할당된 자원 (백만원)
1	Switch	0.7	100	0.7
2	Sensor	4	100	4
3	Blacket	0.8	100	0.8
4	Monitor	2	100	2
5	Servo Motor	3	83	2.5
총 할당 자원 (B)				10

5. 결 론

기업은 제한된 자원을 투자하여 최대의 효과를 창출하는 것이 우선적인 과제이다. 이를 위해서는 고객이 요구하는 특성을 정확히 파악하여 품질특성을 선정하고 제한된 자원의 효율적 배분을 통하여 고객만족과 기업의 이익을 모두 극대화 할 수 있는 전략이 필요하다. 본 논문에서는 품질특성을 선정하기 위해 QFD 방법을 선택하였다. 하지만, QFD 전개만으로는 매력특성을 선정하여 고객만족을 확보할 순 있지만 리스크/ PL 대응을 위한 제품의 안전이라는 당연특성을 선정하는 데는 어려움이 있다. 일반적인 고객요구가 안전관련 특성을 많이 고려한다면 문제가 없겠지만 본 논문의 제품인 휴대폰 검사장비의 경우에는 그렇지 못하기 때문이다. 이에 본 논문에서는 고객요구사항의 가중치는 필드데이터로 결정하고, 제품의 안전관련 특성은 엔지니어들의 의사결정을 AHP 기법을 통하여 산출하여 이 두 가중치를 결합하는 모델을 제시하였다.

또한, 본 논문에서는 제한된 자원 내에서 고객만족을 극대화 할 수 있는 자원배분을 위해 와서만(Wasserman)이 제시한 품질-비용 지수를 통해 비용에 따른 기술적 속성의 우선순위를 제시하였으며, 이를 해결하는 분석적 방법으로 선형계획법을 이용하여 자원을 배분하는 방안을 제시하였다.

하지만, 본 논문이 안전성과 고객만족을 동시에 만족시킬 수 있는 특성을 선정하고, 이들 특성에 대해 제한된 자원을 효과적으로 활용할 수 있는 노력했다는 것이 성과라 할 수 있지만, 비용인자를 산정함에 있어 단순히 눈에 보이는 재무적 효과만을 고려했기 때문에 보다 정확한 자원할당을 위해서는 잠재적 손실비용을 모두 고려할 수 있는 방안이 제시되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김광재, "QFD를 통한 설계단계에서의 품질향상", 대한산업공학회, IE 매거진 2권 1호, 1995, pp.1619
- [2] 김성희·차상현·한창희·김재경·임성국, "품질기능전개를 이용한 정보시스템 개발 우선순위 결정방법 : 자동차 회사 적용사례를 중심으로", 한국경영정보학회, 경영정보연구 8권 1호, 1998, pp.2930
- [3] 김진국, 「리스크 경영시스템 기반 PL 대응시스템 구축에 관한 연구」, 석사학위논문: 성균관대학원, 2003, pp.4355
- [4] 김재배, "Six Sigma 추진단계에서의 QFD의 효율적 활용방안", 한국 시그마 경영 컨설팅, 월간 시그마 경영 2000. 9월호 (webzine), 2000
- [5] 민재형, "AHP를 이용한 측정과 평가", 서강대학교 경영학 연구원, 서강경영총론, 7권 1996, pp.6369
- [6] 박노국·손문익·문희영, "품질기능전개와 AHP기법을 이용한 기능평가", 한국품질경영학회지 21권 제 2호, 1993, pp.8691

-
- [7] 서의호 · 황현석 · 김수연, "AHP를 이용한 의사결정 사례연구", 한국경영학회, '98 추계 학술발표 논문집, 1998, pp.3539
- [8] 이승식, 「6시그마 품질프로그램과 CTQ 선정 과정 평가 및 개선 방법론」, 석사 학위논문 : 포항공대, 2000, pp.145
- [9] 우태희, "품질기능전개를 이용한 자본예산투자프로젝트 선정방법", 안전경영과학 회지 2권 제 4호, 2000, pp.125138
- [10] 우태희 · 박재현, "품질과 비용의 득실관계를 고려한 품질기능전개 모형", 안전경영 과학회지 4권 제 2호, 2002, pp.169178
- [11] 허길환 · 조현관 "제한 자원하에서의 연구개발 과제 선정을 위한 최적의사결정 기법 연구", 한국경영과학회/ 대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, 2001, pp.5154
- [12] C.K. Kwong and H. Bai, "A fuzzy AHP approach to the determination of importance weights of customer requirements in quality function deployment", Journal of Intelligent Manufacturing, Vol.13 No.5, 2002, pp.365377
- [13] GARY S. Wasserman, "On How to Prioritize Design Requirements during The QFD Planning Process", IIE Transactions, Vol.25 No.3, 1993, pp.5965
- [14] Kwang-Jae Kim, 「Herbert Moskowitz, Integrated Product, Process and Enterprise Design, Ch 4. Quality function deployment: optimizing product designs」, Chapman & Hall, 1997, pp.6489
- [15] Partovi, F.Y., "A Quality Function Deployment Approach to Strategic Capital Budgeting", The Engineering Economist, Vol.44 No.3, 1999, pp.239260
- [16] P.-T. Chuang, "Combining the analytic hierarchy process and quality function deployment for a location decision from a requirement perspective", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.18, No.11, 2001, pp.842849