

## Robust QFD : 체계 및 적용사례 Robust QFD : Framework and a Case Study

김덕환, 김광재, 민대기

포항공과대학교 산업경영공학과

[thekan@postech.ac.kr](mailto:thekan@postech.ac.kr), [kjk@postech.ac.kr](mailto:kjk@postech.ac.kr), [pupamin@postech.ac.kr](mailto:pupamin@postech.ac.kr)

### Abstract

Since the focus of QFD is placed on the early stage of product development, the uncertainty in the input information of QFD is inevitable. If the uncertainty is neglected, the QFD analysis results can be misleading. This paper proposes an extended version of the QFD methodology, called Robust QFD, which is capable of considering the uncertainty of the input information and the resulting variability of the output. The proposed framework aims to model, analyze, and dampen the effects of the uncertainty and variability in a systematic manner. The proposed framework is demonstrated through a case study on the ADSL-based high-speed internet service.

### 1. 서론

품질기능전개(Quality Function Deployment, QFD)는 고객의 목소리(Voice of customer)를 제품 개발 및 디자인 과정에 반영하는 방법으로써(Wasserman, 1993), 고객 지향적인 제품 개발을 통해 품질 혁신을 이룩하는 방법을 의미한다(Govers, 1996). 이러한 QFD의 목적은 제품 개발 기간을 단축시키는 동시에 제품의 품질을 향상시키며, 보다 낮은 원가로 제품을 완성하는 것이다. 궁극적으로는 이를 통해 시장 점유율을 향상시켜, 기업의 경쟁력을 높이는 것이다(Kim and Moskowitz, 1997).

QFD의 구현을 위해 'House of Quality (HOQ)'라는 특수한 도표를 사용한다. HOQ는 고객의 요구를 나타내는 '고객요구사항 (Customer Attributes; CA)'과 제품의 특성에 해당하는 '설계특성 (Engineering Characteristics; EC)'의 두 축으로 이루어지고, CA의 상대적 중요도, CA-EC 간의 연관관계, EC 간의 상관관계, 각종 벤치마킹 자료 등의 입력정보가 포함된다. HOQ를 이

용한 분석의 주요 목적은 EC들이 CA를 잘 반영하는지를 나타내는 EC의 중요도를 산출하고, 중요도 순위에 따라 각 EC의 우선순위를 결정하는 것이다. 이러한 우선순위 결정은 중요도의 변화에 따라 매우 민감하게 변화하는 특징이 있다.

기존의 HOQ를 이용한 QFD 분석에서는 앞에서 언급한 모든 입력정보가 확실하다는 가정하에 분석이 진행된다. 하지만 QFD의 입력정보는 고객이나 엔지니어의 주관적인 생각을 수치적으로 나타낸 것이며 다수의 고객, 엔지니어의 입장을 하나의 값으로 표현한 것이다. 또한 설계 초기 단계에서 QFD가 수행되기 때문에 입력정보는 미래의 가치를 예측한 값이 된다. 이러한 이유 때문에 입력정보는 불확실성을 가지게 된다.

QFD 분석에서 입력정보의 불확실성은 EC 중요도의 변동성을 유발하고, 이에 따라 EC 우선순위의 변화를 야기한다(Min and Kim, 2004). 우선순위의 변화는 이후 설계 과정에서 불필요한 자원의 낭비, 잘못된 설계를 유발할 수 있다. 이러한 오류를 피하기 위해 QFD 분석과정에서 입력정보의 불확실성은 반드시 고려되어야 하고, 이로 인한 EC 중요도의 변동성 및 우선순위의 강건성에 대한 고려가 필요하다.

본 연구에서는 QFD 입력정보에 불확실성의 존재를 인식하고, 불확실성으로 인한 EC 중요도의 변동성 및 EC 우선순위의 강건성을 고려한 'Robust QFD' 분석체계를 제안한다. Robust QFD 분석체계는 입력정보의 불확실성을 수리적 고려하고 이로부터 EC 중요도의 변동성을 산출한다. 그리고 EC 중요도의 변동성을 고려하여 EC의 우선순위를 결정하고, 결정된 우선순위의 강건성을 평가한다. 마지막으로 EC 우선순위의 강건성을 저해하는 입력정보의 불확실성을 파악하여 강건성 향상을 위한 가이드를 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2절에서는 기존의 QFD 분석에 대해 살펴보고 ADSL 사례에 대한 예를 보여준다. 3절에서는 Robust QFD 분석체계를 제안하고 4절에서는 ADSL 사례에 대해 Robust QFD 분석체계를 적용한다.

## 2. 기존의 QFD 분석

기존의 QFD 분석에서는 고객 지향적인 설계를 하기 위해 HOQ를 이용하여 고객요구를 가장 잘 반영하도록 EC의 중요도를 산출하고 이들의 우선순위를 결정한다. 이러한 분석을 위해서는 먼저 고객요구를 나타내는 CA와 제품의 특성에 해당하는 EC를 도출한다. 그리고 CA의 상대적 중요도( $w_i$ ), CA-EC 연관관계( $f_{ij}$ )와 같은 입력정보를 수집한다( $i=1, \dots, CA$ 항목 수,  $j=1, \dots, EC$ 항목 수). 수집된 입력정보 중에서  $w_i$ 와  $f_{ij}$  정보를 바탕으로 EC의 중요도( $ECI_j$ )를 식 (1)과 같이 산출하게 된다.

$$ECI_j = \sum_i w_i f_{ij} \quad (1)$$

그리고 식 (1)과 같이 산출된  $ECI_j$ 의 크기에 따라 EC의 우선순위를 결정한다.  $ECI_j$ 에 기반한 EC의 우선순위 결정은 매우 작은  $ECI_j$  차이가 존재하더라도 우선순위를 구분하게 된다. 따라서  $ECI_j$ 의 변화에 대해 우선순위가 매우 민감하게 변하게 된다.

위에서 설명한 기존 QFD의 분석 절차를 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) 사례에 적용해 보았다(Kim *et al.*, 2005). ADSL은 초고속 인터넷을 위한 전송 기술의 일종으로 초고속 인터넷 사용자의 급증과 더불어 서비스 시장이 크게 확대되었다. 본 사례 연구는 ADSL을 이용한 통신 서비스의 품질 향상을 위한 것으로 11개의 CA와 14개의 EC가 존재한다. 11개의 CA에 대해 30명의 평가자로부터 상대적 중요도를 수집하였고, 전문가들의 합의를 통해 CA-EC 연관관계를 Weak-Medium-Strong의 세단계로 평가하였다.

$ECI_j$ 를 산출하기 위해 30명이 평가한 CA의 상대적 중요도에서 평균을 구하여 식 (1)의  $w_i$ 로 사용하였고, Weak-Medium-Strong으로 평가된  $f_{ij}$ 는 각각 1-3-9점으로 변환하여 사용하였다. ADSL 사례의 HOQ는 그림 1과 같다.

ECs \ CAs		Relative CA Weight	Network Quality				Customer Service Quality																															
			EC1: Download speed	EC2: Upload speed	EC3: Packet transfer delay	EC4: Packet loss rate	EC5: Connection success rate	EC6: In-time installation rate	EC7: Early defect rate	EC8: Defect report rate	EC9: Defect rate	EC10: Defect repair rate	EC11: Time to announce trouble	EC12: Response rate	EC13: Error rate in billing	EC14: Error correction rate in billing																						
Network	Speed	CA1: Guarantee of speed	0.2680	⊙	⊙	⊙	⊙																															
		CA2: Minimization of speed variability	0.2012	⊙	⊙	⊙	⊙																															
Availability		CA3: Availability	0.0790	⊙	⊙	⊙	⊙																															
		CA4: Ease of connection	0.1960	⊙	⊙	⊙	⊙																															
Customer Service	Subscription	CA5: Ease of subscription	0.0235					⊙																														
		CA6: Accuracy	0.0278					⊙																														
Customer support		CA7: Access	0.0204					⊙																														
		CA8: Responsiveness	0.0280					⊙																														
Billing/Charge		CA9: Reliability	0.0320					⊙																														
		CA10: Adequacy of charge	0.0040					⊙																														
		CA11: Flexibility of charge option	0.0450					⊙																														
Absolute EC Importance				3 13.4%	4 1.89%	5 7.9%	6 1.18%	7 2.3%	8 3.14%	9 7.1%	10 1.07%	11 1.68%	12 1.74%	13 4.3%	14 0.64%	15 0.34%	16 2.3%	17 0.43%	18 2.9%	19 0.43%	20 11.3%	21 2.72%	22 3.6%	23 0.62%	24 0.09%	25 2.1%	26 0.31%	27 2.6%	28 0.91%	29 1.6%	30 0.24%							
Relative EC Importance																																						
Priority of EC																																						

그림 1. ADSL 사례의 HOQ

그림 1의 HOQ를 통해 14개의 EC가 CA를 얼마나 잘 반영하는지를 나타내는  $ECI_j$ 를 산출할 수 있고 이로부터 EC의 우선순위를 평가할 수 있다. ADSL 사례의 경우에는 ‘EC3: Packet transfer delay’, ‘EC9: Defect rate’, ‘EC1: Download speed’, ‘EC5: Connection success rate’, ‘EC2: Upload speed’, ‘EC4: Packet loss rate’ 등의 순으로 우선순위가 나타남을 알 수 있다.

이렇게 결정된  $ECI_j$  및 우선순위는 다수의 평가자로 인해 발생하는  $w_i$ 의 불확실성을 고려하지 않은 것이다.

## 3. Robust QFD 분석체계

본 절에서는 QFD 입력정보에 존재하는 불확실성을 고려하기 위해 그림 2와 같은 Robust QFD 분석체계를 제안한다. 제안된 Robust QFD 분석체계는 기존의 QFD 분석체계를 확장한 것으로 Step 1: 입력정보의 불확실성 모형화, Step 2: EC 중요도의 변동성 산출, Step 3: EC의 우선순위 결정, Step 4: EC 우선순위의 강건성 평가 및 향상의 네 Step으로 이루어진다.

Robust QFD 분석체계는 기존의 QFD 분석체계를 확장한 것으로 입력정보를 수집하고 하나의 값을 나타내는 단계가 Robust QFD 분석체계에서는 Step 1에 해당하고, EC 중요도를 산출하는 단계가 Step 2, EC 중요도에 따라 우선순위를 결정하는 단계가 Step 3에 각각 해당한다. 그리고 Step 4는 기존의 QFD 분석체계에서 고려하지 않는 입력정보의 불확실성에 강건한 QFD 결과를 얻기 위해 수행되는 Step이다.

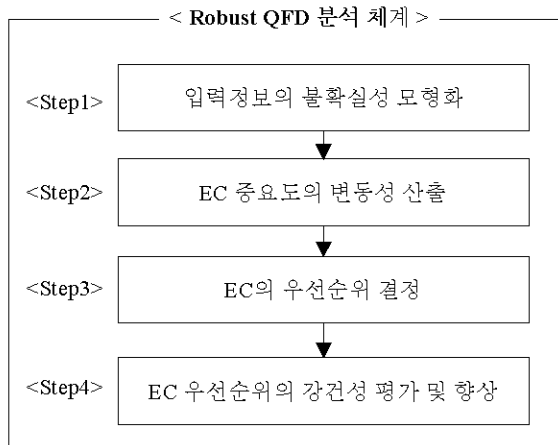


그림 2. Robust QFD 분석체계

**Step 1: 입력정보의 불확실성 모형화**

Step 1에서는 QFD의 입력정보에 나타날 수 있는 불확실성을 수리적으로 모형화한다. 이를 위해 QFD 입력정보를 확률변수로 고려한다. 입력정보의 불확실성은 입력정보가 하나의 확실한 값을 가지지 못하고 다양한 값을 가질 수 있음을 의미한다. 이와 유사하게 확률변수는 각각에 해당하는 확률분포에 따라 일정 확률을 가지고 다양한 값으로 나타나게 되므로 불확실성이 존재하는 입력정보를 나타내는데 적합하다. 각 입력정보의 확률분포는 실제 데이터로부터 구하거나 잘 알려진 분포로 가정할 수 있다.

**Step 2: EC 중요도의 변동성 산출**

Step 2에서는 EC 중요도의 변동성을 산출한다. EC 중요도의 변동성은 입력정보의 불확실성으로 인해  $ECL_j$  값이 변화하는 것을 의미한다. 이러한 변화를 알아보기 위해 시뮬레이션을 통해 다수의  $ECL_{jk}$  ( $k=1, \dots$ , 시뮬레이션 회수)값을 산출한다. 확률변수로 모형화한 입력정보에 해당하는 난수를 반복적으로 발생시켜 이를 바탕으로  $ECL_{jk}$  값을 식(1)과 같이 산출한다. 이렇게 반복적으로 산출된  $ECL_{jk}$  값은 다양한 값으로 나타나게 되는데, 이 변화가  $ECL_j$ 의 변동성을 나타낸다.

**Step 3: EC의 우선순위 결정**

Step 3에서는 Step 2에서 얻어진 다수의  $ECL_{jk}$  값을 바탕으로 EC의 우선순위를 결정한다. 입력정보의 불확실성으로 인한 EC 중요도의 변동성이 크면, EC의 우선순위를 판단하기 어려운 경우가 발생한다. 기존의 QFD 분석에서는 입력정보의 불확실성을 고려하지 않기 때문에

얻어진  $ECL_j$  크기 순서대로 우선순위를 결정한다. 하지만 이러한 적극적 우선순위 결정은 잘못된 우선순위를 제공하고, 이후 과정에서 불필요한 자원의 낭비, 잘못된 설계를 유발할 수 있다.

이러한 오류를 피하기 위해 Step 3에서는 우선순위 판단이 어려운 EC를 군집화하여 군집간의 우선순위를 결정한다. 먼저 EC들을 대상으로 군집화 분석을 수행하여 우선순위 판단이 어려운 EC들을 하나의 군집으로 설정한 다음, 군집간의 우선순위를 파악한다.

**Step 4: EC 우선순위의 강건성 평가 및 향상**

Step 4에서는 Step 3에서 결정한 우선순위가 입력정보의 불확실성에 대해 얼마나 강건한지를 평가하고, 강건성 향상을 위해 강건성 저해 요인을 파악한다. 강건한 우선순위는 입력정보의 불확실성으로 인해 발생하는 우선순위의 변화가 적다는 것을 나타내고, 강건한 우선순위에 기반한 설계과정은 잘못된 설계나 비효율적 자원 배분과 같은 오류가 최소화시킨다. 따라서 QFD 이후의 설계과정에 앞서 EC 우선순위의 강건성을 평가하고 이를 향상시키는 노력이 선행되어야 한다.

먼저 우선순위의 강건성을 평가하기 위해 Step 2에서 시뮬레이션을 통해 산출된  $ECL_{jk}$  값에서 Step 3에서 결정한 우선순위가 유지되는 실험적 확률을 산출한다. 그리고 강건성을 저해하는 입력정보의 불확실성을 파악하기 위해 각각 입력정보의 불확실성을 제거했다고 가정한 경우 강건성이 얼마나 증가하는지를 알아본다. 이렇게 파악된 입력정보의 불확실성을 줄임으로써 효과적인 강건성 향상을 가능하다.

**4. ADSL 사례의 Robust QFD 분석**

이 절에서는 2절에서 예를 든 ADSL 사례에 대해 Robust QFD 분석체계를 적용해본다. 2절에서 설명한 바와 같이 본 사례 연구에서는 11개의 CA와 14개의 EC를 도출하였고, 30명의 평가자가  $w_i$ 를 평가하였다. 그리고 전문가들이 합의를 통해  $f_{ij}$ 를 평가하였다. 이 과정에서  $w_i$ 와  $f_{ij}$ 에 불확실성이 나타난다. 본 사례연구에서는 문제를 간단히 하기 위해  $w_i$ 에만 불확실성이 존재한다고 가정하고 Robust QFD 분석체계를 적용하였다.

**Step 1 : 입력정보의 불확실성 모형화**

Step 1에서는 30명의 평가 결과를 바탕으로  $w_i$ 의 불확실성을 확률변수로 모형화 한다.  $w_i$ 의 확률분포를 파악하기 위해 본 사례연구에서는 30명의 평가결과로부터 선형 보간법을 통해 각  $w_i$ 의 누적확률분포의 역함수를 그림 3과 같이 구한다. 이때 누적확률분포의 역함수를 파악한 것은 Step 2의 시뮬레이션을 용이하게 하고자 함이다.

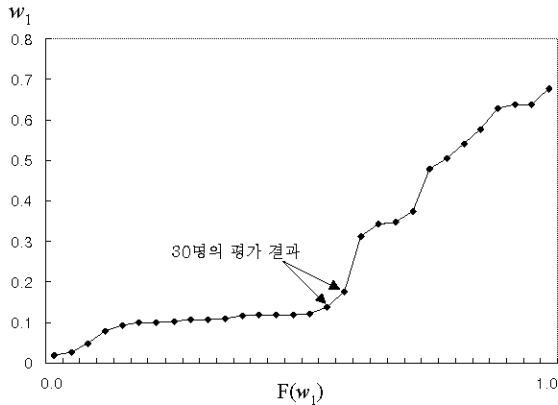


그림 3. ‘CA1: Guarantee of speed’ 중요도의 누적확률분포의 역함수

**Step 2 : EC 중요도의 변동성 산출**

Step 2에서는 Step 1에서 구한 각  $w_i$ 의 누적확률분포 역함수를 이용하여 시뮬레이션을 통해  $ECI_j$ 의 변동성을 산출한다. 먼저 Step 1에서 구한 누적확률분포와 동일한 확률분포를 가지는  $w_{ik}$ 를 1000번 발생시켜, 이로부터 식 (1)과 같이 1000개의  $ECI_{jk}$ 를 산출한다. 시뮬레이션 결과  $ECI_j$ 는 그림 4와 같이 변동성을 가지게 된다.

시뮬레이션 결과를 살펴보면  $ECI_{11}$ 과 같은 일부  $ECI_j$ 의 경우 거의 변동성이 나타나지 않지만  $ECI_3, ECI_5, ECI_6$  등의  $ECI_j$ 는 변동성이 매우 큰 것을 알 수 있다.

**Step 3 : EC의 우선순위 결정**

Step 3에서는 Step 2에서 산출된  $ECI_j$ 의 변동성을 고려하여 EC의 우선순위를 결정한다. 일부  $ECI_j$ 의 경우 그림 4와 같이 변동성이 매우 크므로 우선순위를 판단하기 어렵다. 따라서 본 사례연구에서는 Ward’s Method를 활용하여 우선순위 판단이 어려운 EC를 군집화 한 다음, 군집간의 우선순위를 파악한다.

본 사례연구에서는 군집화를 위해 다음 식 (2)와 같은 Likelihood를 지표로 사용하였다. 식 (2)의 Likelihood는 시뮬레이션에서 얻은  $k$  번째

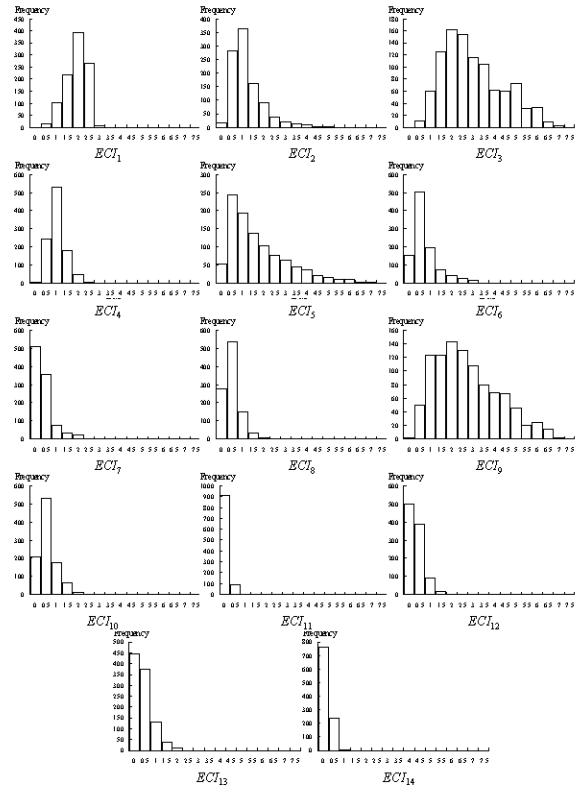


그림 4. 산출된 EC 중요도의 변동성

$ECI_{ik}$ 가  $ECI_{jk}$ 보다 큰 경우의 실험적 확률을 의미한다.

$$Likelihood(EC_i \phi EC_j) = \frac{\sum_k \{1 | \text{if } ECI_{ik} > ECI_{jk}\}}{K} \quad (2)$$

, where  $i$  and  $j = 1, \dots, 14; k = 1, \dots, 1000$ .

$Likelihood(EC_i \phi EC_j)$ 는 1에 가까울수록  $EC_i$ 가  $EC_j$ 보다 높은 우선순위를 가지게 됨을 의미하고, 0.5에 가까워질수록  $EC_i$ 와  $EC_j$ 의 우선순위 구분이 어려워진다는 것을 의미한다.

EC의 군집화는 Ward’s Method(Lattin, J., et al., 2002)와 유사하게 이루어진다. 본 사례연구에서는 식 (2)의 Likelihood 지표를 바탕으로 군집 내부의 Likelihood의 기하평균과 군집 간의 Likelihood의 기하평균의 비 (W-B ratio)를 최소화하도록 군집화 하였다.

그리고 군집의 개수를 결정하기 위해 군집화에 따른 Scree Plot을 그림 5와 같이 그려 군집의 개수를 6개로 결정하였다. Scree Plot을 이용한 군집 개수의 결정은 군집화 분석, 주성분 분석, 요인분석 등에서 군집의 개수, 주성분 개수, 요인의 개수를 결정할 때 일반적으로 사용되는 방법이다(Lattin, J., et al., 2002).

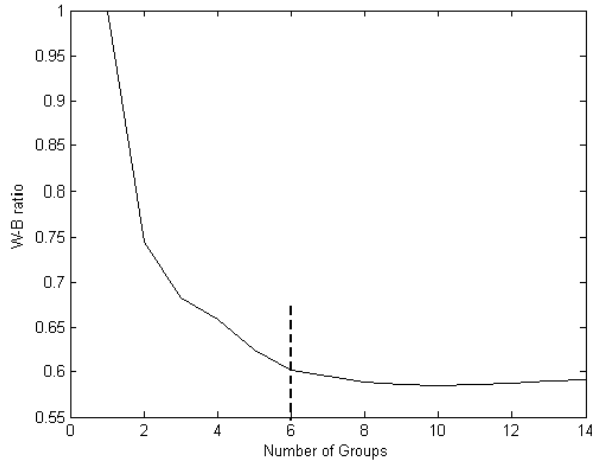


그림 5. 군집의 개수 결정을 위한 Scree Plot

결과적으로 {EC3, EC9, EC1}, {EC5, EC2, EC4}, {EC6, EC10, EC8}, {EC7, EC12, EC13}, {EC11, EC14}와 같이 군집화 된다.

그리고 이러한 군집간의 우선순위를 Likelihood를 바탕으로 결정하였다. 이 결과 {EC3, EC9, EC1}  $\phi$  {EC5, EC2, EC4}  $\phi$  {EC6, EC10, EC8}  $\phi$  {EC7, EC12, EC13}  $\phi$  {EC11, EC14}의 순서로 우선순위가 나타난다.

**Step 4: EC 우선순위의 강건성 평가 및 향상**

Step 4에서는 Step 3의 우선순위 결과를 바탕으로 강건성을 평가하고, 강건성 향상을 위해 강건성 저해 요인을 파악한다. Step 3에서 결정된 우선순위에서 가장 높은 우선순위를 가지는 것으로 결정된 {EC3, EC9, EC1}가 시뮬레이션 결과에서 모두 3순위 이내의  $ECI_{jk}$ 를 가지는 경우의 수의 비를 강건성 척도(Robustness Index; RI)로 평가한다 (식 (3) 참고).

$$RI = \frac{\sum_k^{1000} \{1 \mid \text{if } \text{rank}_k(ECI_3) \leq 3, \text{rank}_k(ECI_9) \leq 3, \text{rank}_k(ECI_1) \leq 3\}}{1000} \quad (3)$$

식(5)와 같이 평가한 RI 값은 0.345이다. 이는 전체 1000번의 시뮬레이션에서 EC3, EC9, EC1이 345번의 경우에만 3순위 내의  $ECI_{jk}$ 를

가지는 것을 의미한다. 이는  $w_i$ 의 불확실성으로 인해 EC3, EC9, EC1을 높은 우선순위로 평가하는 것이 잘못될 수 있다는 것을 나타낸다. 즉, 기존의 QFD 분석체계에서는 이러한 위험을 고려하지 않는 한계를 가진다.

따라서 이 후의 설계과정에 앞서  $w_i$ 의 불확실성을 제거하거나 감소시켜 강건성을 높여야 한다. 효과적인 강건성 향상을 위해 구체적으로 어떠한  $w_i$ 의 불확실성이 강건성을 저해하는지를 파악한다. 각  $w_i$ 의 불확실성을 완전히 제거한 경우에 대해 강건성 척도를 다시 산출하여 강건성이 얼마나 증가하는지를 파악한다. 이 때 강건성 증가가 큰  $w_i$ 일수록 강건성을 크게 저해하는 불확실성을 내포하고 있음을 의미한다. 이렇게 파악된 강건성의 증가는 다음 표 1에 나타내었다.

표 1에서 보는 것과 같이  $w_4$ 에 나타나는 불확실성으로 인해 강건성이 크게 저해되는 것을 알 수 있다. 즉 QFD 분석 이후의 설계 과정 이전에 설문조사를 재설시하는 등의 과정을 통해  $w_4$ 의 불확실성을 줄이는 것이 필요하다. 실제로  $w_4$ 의 불확실성을 완전히 제거한 경우, EC3, EC9, EC1의 RI 값은 0.553까지 증가할 것이다.

**5. 결과 및 토의**

기존의 QFD 분석체계는 실무자들이 사용하기에는 편리하고 유용한 도구였지만, 입력정보의 불확실성을 고려하지 않은 점에서 한계를 가진다. QFD의 입력정보는 주관적 평가, 평가자간의 입장 차이, 시간, 환경의 변화로 인한 입력정보의 변화, 정보 수집 능력의 한계 등의 이유로 불확실성이 항상 포함되기 때문이다. 사례에서 나타난 것과 같이 이러한 입력정보의 불확실성을 고려하지 않는 경우 많은 경우에 있어 우선순위가 변할 수 있다.

본 논문에서 제안된 Robust QFD 분석체계는 비록 실무자들에게 추가적인 노력을 요구하지만, 기존의 QFD에서 범할 수 있는 오류를 최소화할 수 있다. 따라서 상황에 맞게 기존의 QFD 분석과 제안된 Robust QFD 분석을 선택적으로 사용하면 보다 효과적인 설계가 가능할 것이다.

표 1. {EC3, EC9, EC1}의 강건성 평가 및 향상 (RI = 0.345)

	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$	$w_8$	$w_9$	$w_{10}$	$w_{11}$
$\Delta RI$	-0.119	-0.054	0.029	0.208	-0.094	-0.08	-0.01	0.11	-0.029	0	0

제안된 Robust QFD 분석체계는 입력정보의 의미를 가지는 변화에 둔감한 한계가 있다. 실제로 의미가 있는 변화를 불확실성으로 고려함으로써 EC 우선순위가 변하지 않는 ‘Over-Robust’ 문제는 제안된 분석체계가 극복해야 할 문제이다. Over-Robust 문제는 확률분포의 모형화 방법과 EC 군집화 방법, 군집간의 우선순위 결정 방법에 따라 영향을 받게 된다. 따라서 추후 연구과제로써 Robust QFD의 장점을 유지하면서 Over-Robust 줄이는 방안이 입력정보의 불확실성 모형화 과정과 EC 우선순위 과정을 중심으로 연구되어야 한다.

그리고 강건성 향상을 위해 불확실성을 줄일 수 있는 구체적인 방법이 마련되어야 한다. 본 논문에서는 불확실성을 제거하여 강건성을 향상시키는 노력의 일환으로 어떠한 입력정보의 불확실성을 줄일 것인지에 대한 지침을 마련하였다. 하지만 이 뿐만 아니라 입력정보의 불확실성을 얼마나 어떻게 줄여야 하는지에 대한 방법이 필요하다.

## 참고문헌

- Govers, C., “What and How about Quality Function Deployment,” *International Journal of Production Economics*, 46-47, 575-585, 1996.
- Kim, K., Cho, H., Jeong, I., Park, J., Park, Y., Kim, C., and Kim, T., “Service Quality Analysis and Improvement: Development of a Systematic Framework (a Case Study),” *International Journal of Industrial Engineering*, 13(7), 177-187, 2005.
- Kim, K. and Moskowitz, H., “Quality Function Deployment: Optimizing Product/Process Design, Integrated Product, Process and Enterprise Design (Ed. Wang, B.),” Chapman & Hall, London, 64-90, 1997.
- Lattin, J., Carroll, D., and Green, P., “Analyzing Multivariate Data,” Thomson Learning, Inc., Canada, 283, 2002.
- Min, D. and Kim, K., “Variability Analysis in QFD: Prioritizing Engineering Characteristics,” *Proceeding of the Joint Conference of Korean Institute of Industrial Engineering and Korean Operations Research and Management Science Society*, Jeonju, Korea, May 21-22, 2004.
- Wasserman, G., “On How to Prioritize Design Requirements during the QFD Planning Process,” *IIE Transaction*, 25, 59-65, 1993.