

극한확률의 개념과 Median Rank를 이용한 HOQ 도표의 일관성 검정

원유웅 · 김기영[†] · 윤덕균

한양대학교 산업공학과

Consistency Check of a House of Quality Chart by Limiting Probability Concept and Median Rank

Yu-Woong Won · Ki-Young Kim[†] · Deok-Kyun Yun

Dept. of Industrial Engineering, Hanyang University

Six sigma has been the most influential management innovation tool in order to achieve the customer's satisfaction and keep the competition in the age of limitless competition. The success in six sigma is to find the correct CTQ (Critical to Quality). QFD (Quality function deployment) is the efficient tool ever created to tie product and service design decisions directly to customer wants and needs. One of the mistakes in QFD is to analyze using an inconsistent HOQ (House of quality) chart. An inconsistent HOQ chart is one in which the information from the correlation matrix is inconsistent with that from the relationship matrix. This study presents the consistency check and inconsistency check in case of failing the consistency check. Also we propose the procedures using the Limiting Probability in correlation matrix and the Median Rank in relationship matrix in order to be consistent in HOQ chart.

Keywords : Quality Function Deployment(QFD), House of Quality(HOQ), Limiting Probability, Median Rank, Consistency Check

1. 서 론

Akao Yoji(1966)는 처음으로 QFD의 개념을 제시하여 고객의 다양한 요구에 대응함으로써 제품 개발기간 단축의 필요성이 증시되고 있는 현 시점에서 시장이나 고객의 요구사항을 빠르고 올바르게 제품 설계 과정 단계에 반영하고자 하였다.

QFD의 기본적인 목표는 정성적인 고객의 요구사항을 정량적인 특성으로 전환하여 제품설계에 반영함으로써 고객의 만족을 극대화시키는데 있다. QFD는 신제품의 개발시간을 단축하고 낮은 비용과 제품의 품질을 향상시키고, 더 나아가 제품 및 서비스의 시장 점유율을 높

이는데 목적을 둘 수 있다(Kim and Moskowit, 1997).

QFD를 구현하기 위해 일반적으로 사용되는 것이 HOQ(House of Quality)이다. HOQ는 고객의 소리(VOC : Voice of Customer)를 반영하는 고객의 요구사항(CA : Customer Attributes)을 정확하게 파악하여 이를 기술적 언어인 기술특성(EC : Engineering Characteristics)으로 전환하여 고객의 요구사항을 가장 잘 반영할 수 있는 기술특성을 찾는 것이다(Wasserman[16]). 이러한 기술특성은 제품을 가장 잘 설명할 수 있어야 하고, 고객요구사항의 많은 부분을 다룰 수 있어야 하며, 객관적으로 측정·평가가 가능해야 한다(Hauser and Clausing[11]). 기술특성을 도출하기 위해 브레인스토밍과 같은 아이디어 발상 기법을 이용하였고

(Cohen[8]), 문제가 되는 대상을 가능한 한 잘게 나누어 새로운 아이디어를 얻기 위한 속성열거법(Attribute Listing) 등을 사용하였다(Geschka[10]).

고객의 엄격한 품질 문제에 대한 요구에 유연하게 대처하기 위해 최근 많은 기업에서 사용되는 6시그마 혁신 활동에서 가장 중요한 것이 정성적인 고객의 요구사항을 정량적으로 표현하는 것이다(김동훈 외, 2000). 고객의 요구사항을 모두 만족하는 기술특성을 측정하고 고객 요구사항과 기술특성간의 관계를 정하는 것은 HOQ를 작성하는데 매우 중요한 역할을 한다. 그렇지 못하면 고객요구사항을 제대로 반영하지 못하고 HOQ를 통해 얻어진 최종적인 결과에 대해 타당성이 부족하게 된다. 고객의 요구사항과 기술특성 간의 관계를 설정함에 있어 일관성을 유지하기 위해 일관성 검정과 불일관성 검정 방법을 사용하였다(Shin and Kim[14]).

그러나 이러한 방법들은 직관적으로 이루어지고(Geschka, 1983), 도출된 기술특성간의 상호연관관계가 불명확하며, 하나의 고객요구사항과 하나의 기술특성 사이에 연관관계는 명백하지 않고 상당히 주관적이고 모순이 존재한다(Bouchereau and Rowlands[7]). 그리고 관계성 평가를 위한 척도로 무엇을 선택하는가에 따라 순위의 역전이 빈번하게 발생한다(Francedschini and Rupil[9]). 또한 질적 수준이나 연관성에 대한 고찰이 없어 유용성이 부족하며 기본적인 개념만을 제시하고 있어 실제로 적용되기 위해서는 좀 더 자세한 절차가 필요하다(김진호 외[2]).

따라서 본 연구에서는 기술특성의 상호연관관계 설정에 있어서 전체적인 EC간의 상호 의존성을 현실적으로 반영하기 위해 극한확률(Limiting Probability) 개념을 이용하였다. 또한 고객 요구사항과 기술특성 사이의 관계 강도의 애매함과 주관성을 배제하고 척도에 따른 순위 역전 현상을 제거하기 위해 Median Rank를 이용하여 일관성 검정과 불일관성 검정을 실시하고자 한다.

연구의 구성은 제 2장에서는 HOQ 및 HOQ 일관성 검정과 불일관성 검정 절차에 대해 살펴보고, 극한확률과 Median Rank에 대해 고찰함으로써 이론적 타당성을 제시하였다. 제 3장에서는 제안하는 방법에 대해 correlation matrix에서 EC간의 상호연관관계를 재결정하고, relationship matrix에서 CA와 EC의 관계를 표현하는 절차를 수치예제로 보였다. 그리고 제 4장에서는 연구결과의 성과를 정리하였다.

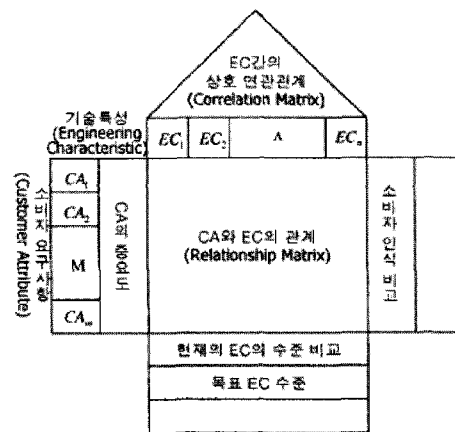
2. 이론적 배경

2.1 HOQ(House of Quality)

HOQ는 QFD의 전개과정에서 가장 핵심적이고 중요한

단계 중의 하나이며 이를 통해 고객의 요구 사항을 정확하게 전개하고 이를 기술적 언어인 기술특성으로 전환하고 고객요구품질과 기술특성전개 사이의 관계를 명확하게 파악하여 이를 2차, 3차의 전개를 통해 프로세스 단까지 전달된다.

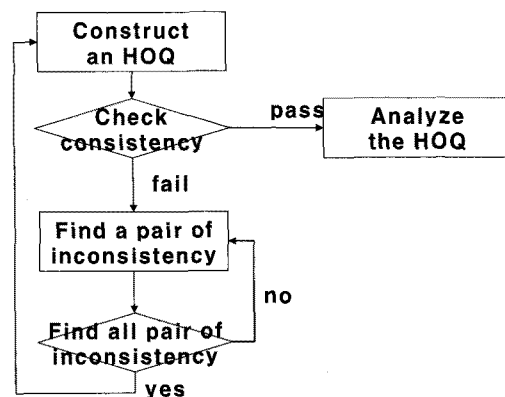
CA와 EC의 연관강도에 따라 기호로 나타내고 이를 점수로 부여한다. 이 점수와 여러 방법들을 통하여 얻어진 CA들의 상대적 중요도를 곱하여 각 EC별로 가중치를 구하여 우선순위를 정하고 이들의 목표 값 설정에 초점을 맞춘다. 즉, HOQ를 이용하여 고객의 요구 사항을 가장 잘 반영할 수 있도록 기술특성들의 우선순위를 결정하는 것이라 할 수 있다(<그림 1>).



<그림 1> HOQ의 기본적 구조

2.2 일관성 검정(Consistency Check)과 불일관성 검정(Inconsistency Check)

기존 논문(Shin and Kim[14])에서 제안한 일관성 검정과 절차는 아래의 <그림 2>와 같은 흐름을 따른다.



<그림 2> 일관성 검정의 흐름도

Step0 : 가중치 정규화
relationship matrix에서의 연관정도를 1-3-9척도를 사용하게 되면 0.11-0.33-1.00으로 가중치를 정규화 한다.

Step1 : 유사성 계수(Similarity coefficient) 계산
correlation matrix안에 0이 아닌 관계 계수를 가지고 있는 EC의 모든 쌍 사이에 유사성 계수를 계산한다.

$$S_{j1j2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m |f_{ij1} - f_{ij2}|}{d} \quad (1)$$

s_{j1j2} : EC_{j1} 와 EC_{j2} 의 유사성 계수

f_{ij} : CA_i 와 EC_j 관계의 가중치 정규화 값

d : 0이 아닌 관계 계수 값을 가지고 있는 EC_{j1} or EC_{j2} cell의 수

m : CA의 수

$$j1 = 1, \dots, n-1 \quad j2 = j1 + 1, \dots, n$$

Step2 : 일관성 지수 (Consistency index) 계산
correlation matrix에서 0이 아닌 관계계수 값과 Step2에서 구한 유사성 계수로서 일관성 지수(CI)를 계산한다.

CI = 상관이 존재하는 EC들의 g_{j1j2} 와 S_{j1j2} 의 통계적 상관계수

Step3 : 일관성 지수 평가
상관계수의 검정을 통해 일관성 지수를 평가한다.

$$\begin{aligned} H_0 : \rho &= 0 \\ H_1 : \rho &\neq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$T = \sqrt{n-2} \frac{r}{\sqrt{1-r^2}}$$

ρ = 모집단의 상관계수

n = correlation 매트릭스의 0이 아닌 cell의 수

r = correlation 매트릭스의 0이 아닌 cell들의 g_{j1j2} 와 S_{j1j2} 의 상관계수

만약 HOQ 도표가 일관성을 갖지 못하면 여유차(marginal differences)의 개념 식 (3)을 통해 불일관성 요소를 찾는다. 불일치하는 EC들의 쌍을 찾아내기 위해서 다음의 4가지 단계를 따르고 있다.

Step1 : 식 (3)에서와 같이 CI(consistency index)의 여유차(marginal difference)를 계산한다.

Step2 : 불일치에 영향을 미치는 EC들의 쌍을 기여율을 기준으로 순위를 정한다.

Step3 : 불일치를 야기하는 주요 EC들의 쌍을 확인한다.

Step4 : Step3에서 확인된 EC들의 쌍을 check 한다.

$$CI_{j1j2}^* = CI_{j1j2} - CI \quad (3)$$

$$j1 = 1, \dots, n-1$$

$$j2 = j1 + 1, \dots, n$$

$$g_{j1j2} \neq 0$$

CI_{j1j2}^* 는 품질특성간의 상관관계가 있는 EC에서 ECj1과 ECj2를 제거한 후 나머지 품질특성간의 상호연관관계와 유사성 계수를 이용하여 다시 한번 일관성 지수를 계산한다. 그리고 새로운 일관성 지수 값들을 내림차순으로 정리를 한 후 가장 높은 순위에 있는 EC를 하나씩 제거(drop)하면서 다시 CI_{j1j2}^* 값을 계산하고 통계적으로 유의할 때까지 상관계수 검정을 실시한다. 그렇지 않는 경우에는 일관성 지수가 양의 값을 가지게 될 때까지 한다.

2.3 극한확률(Limiting Probability)

상태의 개수가 유한한(m) 에르고딕 마코프 체인의 변화확률을 P라 하면 극한확률(limiting probability) 혹은 안정상태확률(steady-state probability)이라 하는 벡터 $\pi = [\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m]$ 이 존재한다(Fredrick and Gerald, 1990).

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P^{(n)} = \begin{pmatrix} \pi_1 & \pi_2 & \dots & \pi_m \\ \pi_1 & \pi_2 & \dots & \pi_m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \pi_1 & \pi_2 & \dots & \pi_m \end{pmatrix} \quad (4)$$

마코프 체인이 상당한 기간 변화를 한 후에는 안정상태에 도달하게 되며 이때 임의의 상태가 되어 있을 확률은 현재의 상태에 관계없이 일정한 값을 가진다는 것이다.

Satty[13]는 극한확률 개념에 의해서 각 원소의 상대적 중요도로 구성된 matrix가 기약적, 확률적 성질을 가지는 경우, 상대적 중요도는 특정한 실수로 수렴한다고 하였다(단, $k \rightarrow \infty$).

2.4 Median Rank

중앙값(median)이란 n개의 데이터를 크기 순으로 나열했을 때 데이터의 수가 홀수이면 중앙에 위치하는 데이터이고, 데이터의 수가 짝수이면 두 데이터의 평균치를 의미한다. 예를 들어 5개의 샘플을 뽑아서 크기 순으로 배열한다고 보았을 때, 가장 작은 첫 번째 값은 1/5, 두 번째 값은 2/5, 세 번째 값은 3/5를 가진다고 예상할 수 있다. 통계적인 방법으로 이를 확인하기 위해서 전 모집단의 몇 %가 샘플 5개 중에서 첫 번째 보다도 작은 값을 갖게 될 것인가를 추정할 값을 Median Rank로 나타낸다(박경수[4]).

Median Rank는 순위를 나열함으로써 계산이 간단하고 동떨어진 데이터가 있는 경우는 영향을 받지 않는 반면 데이터의 수가 많을 시 중앙값을 찾는 것이 용이하지 않기 때문에 샘플의 크기가 10미만인 경우에 많이 사용하며, 샘플의 수가 크면 식 (5)와 같이 근사식을 사용한다. 김충기[3]와 윤철환[5]은 Median Rank를 이용해 현실적인 문제들을 해결하였다.

$$Median Rank = \frac{\text{측정치 석차} - 0.3}{\text{샘플의 수} + 0.4} \quad (5)$$

2.5 기존 연구의 성과와 문제점

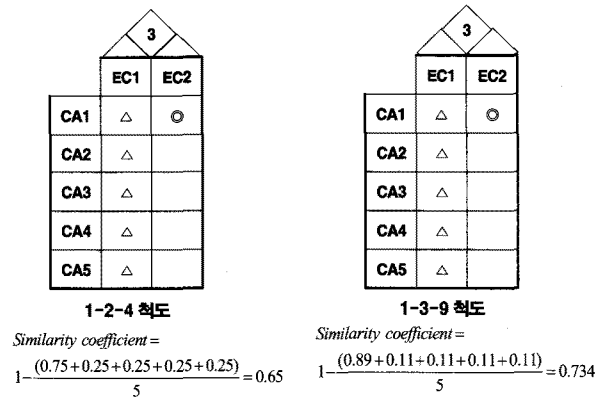
기존 연구는 고객요구사항을 기술특성으로 전환하기 위해 HOQ 도표에 포함된 정보의 일관성 검사방법을 소개하였다(Shin and Kim[15]). 이 방법은 HOQ 도표의 일관성 검증 시 많이 사용되는 방법이지만 연구 방법에는 다음과 같은 문제점들이 발생한다.

첫째, 일관성 검증 시 correlation matrix에서의 EC의 상호연관관계가 불명확하다. 예를 들어 <그림 3>에서 보는 바와 같이 EC1과 EC2간에는 3이라는 관계를 가지고 있고 EC2와 EC3간에는 9라는 관계를 가지고 있다. 하지만 EC1과 EC3간에는 아무런 관계가 없는 것으로 표시하더라도 EC1과 EC2, EC2와 EC3의 관계를 유추하여 EC1과 EC3도 관계가 있다고 볼 수 있다.

	3	?	9
EC 1	EC 2	EC 3	
1 . 0 0	0 . 1 1	1 . 0 0	
0 . 3 3	0 . 3 3	0 . 3 3	
0 . 1 1	0 . 1 1	0 . 3 3	
	0 . 1 1	0 . 1 1	

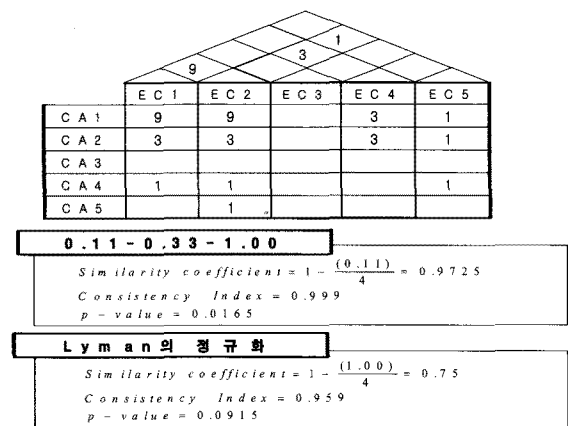
<그림 3> EC간의 상호연관관계의 불명확

둘째, relationship matrix의 CA와 EC의 연관 척도에 따라 일관성 검증 및 불일관성 검증의 결과가 다를 수 있다. 예를 들어 기존 연구(Shin and Kim[15])에서는 일관성 검증에 있어 단지 1-3-9척도만을 사용하였으나 척도의 비율이 다르게 된다면 유사성 계수가 다르다(<그림 4>). 또한 척도에 따라 어떤 HOQ는 일관성 검증을 합격할 수 있으나, 다른 척도를 사용하는 경우에는 합격하지 못할 경우도 있을 수 있다.



<그림 4> 척도에 따른 유사성 계수의 차이

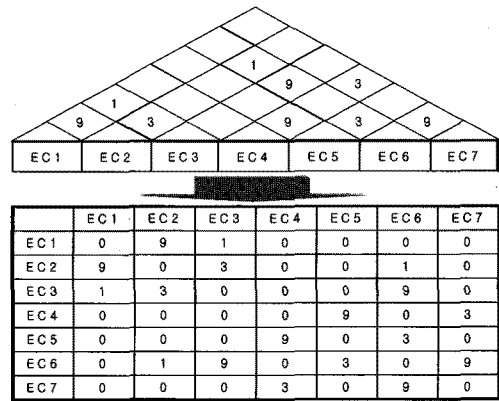
셋째, 가중치 척도의 정규화 방법에 따라 일관성 검증 및 불일관성 검증의 결과가 다를 수 있다. 기존 연구에서는 1-3-9척도의 정규화를 0.11-0.33-1.00으로 하였으나, Lyman이 제안한 정규화 방법을 따르면 유사성 계수가 다르며, HOQ 일관성 검증에도 차이를 나타낼 수 있다(<그림 5>). 즉, 기존 연구의 정규화 방법에 의한 일관성 검증 결과는 p-value가 0.0165로 유의수준 0.05에서 유의하여 일관성이 있지만, Lyman의 정규화 방법에 따른 p-value가 0.0915로 유의수준 0.05에서 일관성이 있다고 할 수 없다.



<그림 5> 정규화 방법에 따른 유사성 계수 차이

기존 연구(Shin and Kim[15])의 일관성 검정에 대한 오류를 정리하면, correlation matrix에서의 전체적인 EC간의 상호연관관계의 불명확, relationship matrix에서의 척도와 가중치 척도의 정규화 방법에 따른 일관성 검정과 불일관성 검정의 상이한 결과가 발생한다.

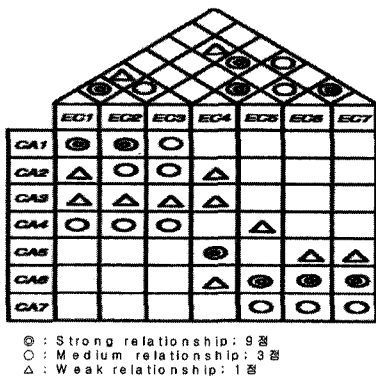
따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하여 보다 정확한 HOQ 일관성 검정 및 불일관성 검정을 위해 correlation matrix에서 EC간의 상호연관관계 설정은 극한확률을 이용하였으며, relationship matrix에서 Median Rank를 이용하여 CA와 EC간의 관계를 나타냈다.



<그림 7> 초기 Matrix

3. 제안하는 일관성 검정 방법

제안하는 HOQ 일관성 검정 및 불일관성 검정을 설명하기 위해, Shin and Kim[15]에서 소개된 HOQ 도표를 수치 예제로 사용하였으며 HOQ 도표는 <그림 6>과 같이 각각 7개의 CA와 EC로 구성되어 있으며 relationship matrix와 correlation matrix의 연관관계는 1-3-9척도를 사용하여 변환하였다.



<그림 6> 수치예제 HOQ 도표

3.1 극한확률을 이용하여 EC간의 연관관계 재결정

극한확률을 이용한 EC간의 상호연관관계 설정은 다음과 같이 3단계로 나누어진다.

Step1 : relationship matrix의 EC의 연관관계를 정방형 Matrix로 표현

예를 들어, EC1과 EC2가 강한 연관관계가 있다고 하던 아래의 <그림 7>과 같이 EC1과 EC2, EC2와 EC1은 같은 강한 연관관계를 가진다고 표현한다.

Step2 : 재구성된 matrix를 확률값으로 정규화(열벡터들의 합은 1)

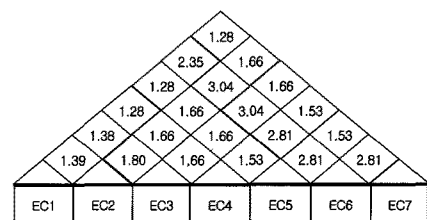
예를 들어, EC1과 EC2의 값은 <그림 8>과 같이 $0.692 = \frac{9}{9+3+1}$ 라는 정규화 과정을 거친다.

	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
EC1	0	0.692	0.077	0	0	0	0
EC2	0.900	0	0.231	0	0	0.046	0
EC3	0.100	0.231	0	0	0	0.409	0
EC4	0	0	0	0	0.750	0	0.250
EC5	0	0	0	0.750	0	0.136	0
EC6	0	0.077	0.692	0	0.250	0	0.750
EC7	0	0	0	0.250	0	0.409	0

<그림 8> 가중치가 반영된 Matrix

Step3 : 극한확률 개념을 이용하여 EC의 연관관계 설정 (Matrix를 11번 누적 곱셈하여 수렴된 값을 산출, 이를 다시 연관관계로 변형)

	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
EC1	0.106637	0.106637	0.106637	0.106637	0.106637	0.106637	0.106637
EC2	0.138702	0.138702	0.138702	0.138702	0.138702	0.138702	0.138702
EC3	0.138385	0.138385	0.138385	0.138385	0.138385	0.138385	0.138385
EC4	0.127419	0.127419	0.127419	0.127419	0.127419	0.127419	0.127419
EC5	0.127380	0.127380	0.127380	0.127380	0.127380	0.127380	0.127380
EC6	0.233940	0.233940	0.233940	0.233940	0.233940	0.233940	0.233940
EC7	0.127536	0.127536	0.127536	0.127536	0.127536	0.127536	0.127536



<그림 9> 수렴된 Matrix(M^{11})

예를 들어, EC1과 EC2의 값은 <그림 9>에서 보듯이 $1.39 = \frac{9 \times 0.138702}{0.9}$ 로 산출된다. 여기에서 분모의 9는 <그림 7>의 EC1과 EC2의 원래 연관도이며, 분모의 0.9는 <그림 8>에서의 EC1과 EC2의 가중치가 반영된 정규화된 연관관계이다.

3.2 Median Rank를 이용한 CA와 EC의 관계

먼저 relationship matrix에서 각 CA별로 값이 가장 큰 값에 순위 1을 부여한다. 그리고 관계 척도 값이 큰 순서대로 순위를 부여하게 된다. 그리고 빈칸으로 되어 있는 것은 0으로 간주하여 순위를 정한다. 만약 <그림 11>에서 보는 바와 같이 CA1에서 EC1과 EC2가 똑같이 9이라는 연관관계를 가지고 있는 경우에는 순위가 1과 2이므로 이들의 평균값인 1.5로 순위를 부여하게 된다. 부여된 순위를 식 (5)의 변형 식 (6)에 의해 CA와 EC의 관계를 재설정하게 된다(<그림 10>).

$$Median Rank = 1 - \left(\frac{CA와 EC의 연관관계 순위 - 0.3}{EC의 총 수 + 0.4} \right) \quad (6)$$

	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
CA1	9	9	3				
CA2	1	3	3	1			
CA3	1	1	1	1			
CA4	3	3	3		1		
CA5				9		1	1
CA6				1	9	9	9
CA7					3	3	3

	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
CA1	0.838	0.838	0.635	0.297	0.297	0.297	0.297
CA2	0.568	0.838	0.838	0.568	0.230	0.230	0.230
CA3	0.703	0.703	0.703	0.703	0.230	0.230	0.230
CA4	0.770	0.770	0.770	0.230	0.500	0.230	0.230
CA5	0.297	0.297	0.297	0.905	0.297	0.703	0.703
CA6	0.230	0.230	0.230	0.500	0.770	0.770	0.770
CA7	0.297	0.297	0.297	0.297	0.770	0.770	0.770

<그림 10> Median Rank를 이용한 관계 표시

예를 들어 CA1와 EC1의 값 9는 CA1에서 순위가 1.5이므로 $0.838 = 1 - \left(\frac{1.5 - 0.3}{7 + 0.4} \right)$ 이 된다.

극한확률을 이용하여 correlation matrix의 EC간의 상호 연관관계를 재설정하고 Median Rank를 이용하여 relationship matrix의 CA와 EC의 관계를 나타내어 최종적으로 수정한 HOQ 도표는 <그림 11>과 같다.

극한확률과 Median Rank를 이용하여 기존 Kim et al.(2002)이 제시하는 HOQ 도표의 일관성 검정을 하게 되면 일관성 지수(CI)가 -0.012이며 p-value가 0.4785로 유의수준을 0.05로 결정하였을 때 HOQ는 일관성 검정에서 불합격하게 된다.

따라서 불일관성 검정 식 (3)을 실시하면 <표 1>와 같은 결과를 얻을 수 있다. 불일관성 검정 결과 EC 3쌍 ((2, 6), (3, 6), (1, 2))을 제거한 뒤 CI(*)가 0.413이고 p-value가 0.0440으로 유의수준 0.05에서 일관성 검정에 합격하였다.

							1.28
						2.35	1.66
					1.28	3.04	1.66
				1.28	1.66	3.04	1.53
		1.38		1.66	1.66	2.81	1.53
	1.39	1.80		1.66	1.53	2.81	2.81
	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
CA1	0.838	0.838	0.635	0.297	0.297	0.297	0.297
CA2	0.568	0.838	0.838	0.568	0.230	0.230	0.230
CA3	0.703	0.703	0.703	0.703	0.230	0.230	0.230
CA4	0.770	0.770	0.770	0.230	0.500	0.230	0.230
CA5	0.297	0.297	0.297	0.905	0.297	0.703	0.703
CA6	0.230	0.230	0.230	0.500	0.770	0.770	0.770
CA7	0.297	0.297	0.297	0.297	0.770	0.770	0.770

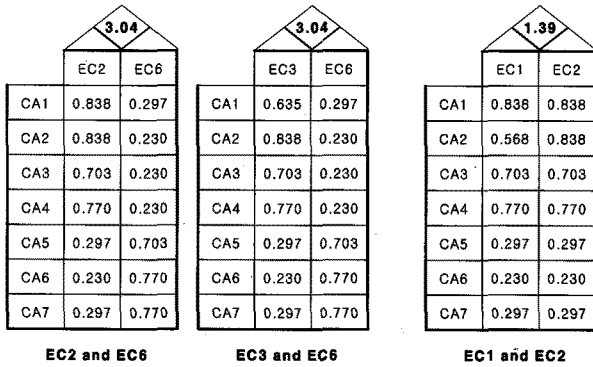
<그림 11> 수정된 HOQ 도표

<표 1> 불일관성 검정 결과

CI_{j_1, j_2^*} 의 순위	$CI_{2,6^*} > CI_{3,6^*} > CI_{1,2^*} > CI_{1,6^*} > \dots > CI_{1,7^*} > CI_{5,6^*} > CI_{6,7^*}$		
Pairs of ECs dropped	ECs	CI(*)	p-value
	(2, 6)	0.123	0.3030
	(2, 6), (3, 6)	0.303	0.1035
	(2, 6), (3, 6), (1, 2)	0.413	0.0440

* CI(*)은 처음 행의 ECs를 제거한 후의 CI값.

<그림 12>에서 보는 바와 같이 검정 결과 EC(2, 6)와 EC(3, 6)은 correlation matrix에서 상호연관관계는 3.04로 다른 상호연관관계에 비해 큰 값을 가지고 있어 EC간에 강한 연관관계를 가진다고 할 수 있으나, relationship matrix에서 유사성 있는 모습을 보여주지 않고 있다. 반면에 EC(1, 2)는 correlation matrix에서 연관관계는 1.39로 낮은 상호



〈그림 12〉 불일관성 검정에 의해 제거된 EC들의 짝

연관관계를 가지고 있지만 relationship matrix에서 높은 유사성을 가진 것을 볼 수 있다.

3.3 검출력

HOQ 차트의 일치성 검증 과정에서 가장 중요하다고 생각되는 것이 일치성 검증의 검출의 효과(불일치쌍의 검출)와 오류검출(일치쌍에 대한 검출, 불일치쌍에 대한 미검출)의 발생 여부일 것이다. 이것을 정리하면 아래의 표와 같이 정의될 수 있다.

〈표 2〉 HOQ 차트의 일치성 체크의 오류의 정의

검출효과	오류 검출	
	검출된 불일치쌍	일치쌍에 대한 검출 β 오류(Type II error)

만약 HOQ 차트에서 검출된 불일치쌍의 개수가 무시하지 못할 정도로 많다면 일치성을 판단하는 모델들의 통계적 검정능력(모비율차의 검정)에 대해 논의할 수 있다. 아래의 식 (7)과 같이 전체적으로 검출된 불일치쌍을 분모로 하고, α오류나 β오류에 의해 검출된 건수를 분자로 하여 불량률을 계산하고, 이것을 식 (8)과 같이 표준화된 통계량에 의해 검정을 실시하면 된다.

$$\text{일치성 check의 불량률} = \frac{\alpha\text{오류 혹은 } \beta\text{오류에 의해 발생한 건수}}{\text{전체 검출 불일치쌍의 수}} \quad (7)$$

$$Z_0 = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_0}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (8)$$

여기에서 \hat{p} 은 합동추정량임.

$$\hat{p} = \frac{X + Y}{n_1 + n_2} \quad (n_1, n_2\text{는 표본의 크기, } X, Y\text{는 오류 건수임})$$

만약 HOQ에서 검출된 불일치쌍의 개수가 충분하지 못하다면 통계적 검정은 무의미하며 단순히 식 (7)에 의한 불량지수의 비교에 의해서만 일치성 check 방법론에 대한 비교를 수행할 수 있다. 본 연구에서는 식 (7)의 분자부분과 분모부분을 아래의 식 (9)와 같이 수정한 불량지수를 사용하고자 한다. 왜냐하면, α나 β오류 중 하나로 불량률을 측정하거나 α나 β오류의 합으로 불량률을 측정하는 경우, 오류가 발생하지 않아 불량률이 모두 0으로 표시될 수 있기 때문이다. 이런 경우, 전체적으로 검출해낸 불일쌍의 수로 일치성 체크 모델의 검출력을 판단하고자 한다.

$$\text{일치성 check의 불량지수} = \frac{\text{전체 수출 불일치쌍의 수}}{\alpha\text{오류 혹은 } \beta\text{오류에 의해 발생한 건수} + 1} \quad (9)$$

식 (9)를 가지고, 앞서 언급된 2개의 일치성 체크 모델에 대한 검출력을 비교해 보면 다음과 같이 <표 3>을 얻을 수 있다. 이 결과 본 연구에서 제안된 모델의 불량지수가 더 높게 나와 검출력이 더 높은 것으로 판단되었다.

〈표 3〉 불량지수에 의한 제안 모델의 검출력 비교

불일치성 check 모델	검출한 불일치쌍	오류		불량지수
		β오류	α오류	
Shin, Kim and Chandra(2002)	EC3, 6 EC4, 5		EC2, 6	1
제안 모델	EC1, 2 EC2, 6 EC3, 6	EC1, 2		1.5

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 기업의 경영혁신을 위해 가장 많이 사용되는 6시그마 경영 혁신에서 고객 요구의 만족을 극대화시키기 위한 가장 기본이 되고 중요한 CTQ 도출을 위해 가장 유용하게 사용되는 QFD 과정에서 HOQ 도표의 일관성 검정과 불일관성 검정 방법을 고찰하였다. 특히, HOQ 도표에 포함된 정보의 일관성 검정을 하기 위한 과정을 극한확률과 Median Rank를 이용하여 HOQ 일

관성 검증 및 불일관성 검정을 실시하였다. HOQ 도표 분석시 일관성 유지의 중요성을 비추어 볼 때 제안하는 HOQ 일관성 검증 방법은 기존의 HOQ 일관성 검증에 비해 다음과 같은 장점을 가진다.

첫째, correlation matrix에서 기술특성(EC) 전체를 바탕으로 상호연관관계를 설정함으로써 보다 현실적인 기술 특성간의 관계가 상호 의존성을 가지도록 하였다.

기존의 HOQ의 일관성 검증에서 EC간의 상호연관관계를 설정함에 있어서 단순히 서로 다른 두개의 EC만을 비교하다 보니 전체적인 EC간의 상호연관관계를 고려하지 못한채 HOQ 일관성 검정을 실시하였지만 극한확률을 이용하여 모든 EC간의 상호연관관계를 고려하여 재설정 후 HOQ 일관성 검정을 실시하였다. 이러한 모든 EC간의 연관관계를 고려하는 것은 일관성 검정을 보다 정확하게 할 수 있어 효과적인 HOQ 도표 작성을 유도할 수 있다.

둘째, Median Rank를 이용하여 CA와 EC의 관계를 나타낼 때 척도의 위험과 정규화 방법에 따른 일관성 및 불일관성 검증 결과가 바뀌는 것을 방지하였다.

결론적으로 HOQ 도표의 일관성을 저해하는 요소를 찾아 relationship matrix의 CA와 EC 연관관계에 대해 신중히 검토하고, correlation matrix에서 기술특성간의 상호연관관계에 대해 전문가 토론을 거쳐 HOQ 도표를 수정함으로써 일관성을 가지는 HOQ 도표를 도출할 수 있는 기회를 제공하였다. 그 결과 기존의 연구에 대비하여 더 높은 검출력을 가질 수 있었다.

하지만, 본 연구는 correlation matrix에서 EC간의 상호연관관계를 맨 처음 설정함에 있어서 어느 정도의 타당하다고 가정을 한 뒤 극한확률을 이용하여 상호연관관계를 재결정하는 것으로 하였다. EC의 상호연관관계를 정하는 것에 있어 객관적인 면보다는 주관적인 면이 크게 작용하기 때문에 상호연관관계를 결정함에 있어 불확실성을 제거할 수 있는 보다 객관적이고 체계적인 연구가 필요하겠다. 그리고 제시된 방법의 실효성을 입증하기 위하여 실제 데이터를 이용한 사례연구가 뒷받침 되어야 하겠다.

참고문헌

- [1] 김덕환, 이명수, 김광재, “품질기능전개에서 체계적인 설계특성후보 도출 방법 제안”, 한국경영과학회, 춘계 학술대회 논문집, 2004.
- [2] 김진호, 황인극, “QFD 기반에 의한 제화류의 감성지향적 품질설계 요소도출에 관한 실증적 연구”, 품질경영학회지, 32(1) : 130-143, 2004.
- [3] 김충기, 윤덕균, “메디안랭크를 이용한 효율적인 군 인력평가시스템”, 한국경영과학회 학술대회 논문집, 1 : 445-448, 2000.
- [4] 박경수, 신뢰성공학 및 정비이론, 175-177, 회중당, 1991.
- [5] 윤철환, 김용필, 윤덕균, “고객 중심 기술 중요도 결정 방법”, 품질경영학회지, 32(3) : 29-44, 2004.
- [6] Akao, Y.; Quality Function Deployment : Integrating Customer Requirements into Product Design, Productivity Press, Cambridge, MA, 1990.
- [7] Bouchereau, V. and Rowlands, H.; “A Helping Hand for Quality Function Deployment (QFD),” *European Quality Congress*, 44(2) : 282-289, 2000.
- [8] Cohen, L.; Quality Function Deployment : How to Make QFD Work Four You, MA : Addison Wesley Longman., 1995.
- [9] Franceschini, F. and Rossetto, S.; “Tools and Supporting Techniques for Design Quality,” *Benchmarking*, 6(3) : 212, 1999.
- [10] Fredrick S. H. and Gerald J. L.; Introduction to Operations Research (5th ed.), McGraw-Hill, 1990.
- [11] Geschka, H.; “Creativity Techniques in Product Planning and Development : A View from West Germany,” *R&D Management*, Oxford, 13(3) : 169-184, 1983.
- [12] Hauser, J. R. and Clausing, D.; “The House of Quality,” *Harvard Business Review*, May-June, 63-73, 1988.
- [13] Lyman, D.; “Deployment Normalization,” *Transactions from A Second Symposium on Quality Function Deployment*, 307-315, 1990.
- [14] Saaty, T. L.; Decision Making with Dependence and Feedback : The Analytic Network Process, Pittsburgh, PA : PWS Publication, 1996.
- [15] Shin, J. S. and Kim, K. J.; “Restructuring a house of quality using factor analysis,” *Quality Engineering*, 9(4) : 39-46, 1997.
- [16] Shin, J. S., Kim, K. J. and Chandra, M.; “Consistency check of a house of quality chart,” *International Journal of Quality and Reliability Management*, 19(4) : 471-484, 2002.
- [17] Wasserman, G. S.; “On how to prioritize design requirements during the QFD planning process,” *IIE Transactions*, 25(3) : 59-65, 1993.