

# 무기체계 목표성과와 목표비용 설정을 위한 품질기능전개(QFD) 응용모델 연구

이태화\* · 홍성훈\*\* · 권혁무\*\*\* · 이민구\*\*\*\*†

\*㈜톨레미

\*\*전북대학교 산업정보시스템공학과

\*\*\*부경대학교 시스템경영공학부

\*\*\*\*충남대학교 정보통계학과

## A Study on the Application of QFD Application Model for Target Performance and Cost Setting of The Weapon System

Lee, Tae Hwa\* · Hong, Sung Hoon\*\* · Kwon, Hyuck Moo\*\*\* · Lee, Min Koo\*\*\*\*†

\*Development team, Ptolemy System Corp.

\*\*Department of Industrial and Information Systems Engineering, Chonbuk National University

\*\*\*Division of Systems Management and Engineering, Pukyong National University

\*\*\*\*Department of Information and Statistics, Chungnam National University

### ABSTRACT

**Purpose:** To derive key requirements and key technologies for weapon system acquisition business by using Quality Function Deployment (QFD), and to reduce business cost by setting the target performance and key expense of weapon system.

**Methods:** We propose a QFD methodology that can induce rational decision-making by translating analyst's subjective opinions into quantitative values when analyzing requirements at the initial stage of weapon system development project. Based on QFD methodology, QFD application model combining house of quality, value engineering, and analogy cost estimating technique is presented.

**Results:** It was possible to analyze the specific requirements necessary for the development of the weapon system, to solve the communication problem of the participants, to set clear development direction and target.

**Conclusion:** By applying the QFD application model at the early stage of the weapon system acquisition project, it is possible to reduce the business cost by establishing clear development direction and goal through the procedural analysis process.

**Key Words:** Quality Function Deployment, House Of Quality, Value Engineering, Analogy Cost Estimating Technique

● Received 19 September 2018 1st revised 13 November 2018, accepted 14 November 2018

† Corresponding Author (sixsigma@cnu.ac.kr)

© 2018, The Korean Society for Quality Management This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

국내 무기체계 획득사업의 궁극적인 목적은 우수한 성능의 장비를 경제적인 비용으로 적기에 획득하는 것이다. 과거 국내 획득사업은 비용보다는 효과 측면을 고려한 의사결정이 중요시되었다. 하지만 현대의 무기체계는 정밀한 첨단기술이 적용되기 때문에 장비의 성능에 따라서 획득비용은 수천만 원에서 수조원에 이른다.

더욱이 국내의 장기적 경기침체와 국방비 삭감 추세는 획득사업 효율성의 중요성을 더욱 요구하고 있다. 이러한 상황으로 인해 획득의사결정시 체계요구사항분석과 비용분석의 중요성이 대두되고 있다.

무기체계개발사업의 초기단계에서는 포괄적인 요구사항을 얼마나 체계적으로 상세하게 분해하고 분류하느냐에 따라 군 요구사항 충족도와 만족도가 달라지기 때문에 매우 중요한 비중을 차지하고 있지만 분석자의 전문적 지식 수준 혹은 성향, 개별 사업 담당 영역에 따라 의사결정 시 상반된 분석결과가 도출되기도 한다. 일관성이 부족한 요구사항분석은 비용분석에도 영향을 미친다. 요구사항분석 결과는 체계요구성을 결정하는데 영향을 미치고 결정된 체계요구성은 체계구성품별 제원과 성능에 영향을 미친다. 체계구성품은 제원과 성능에 따라 비용이 달라지기 때문에 획득비용분석결과에 대한 신뢰성과 정확성은 요구사항분석의 결과에 달려있다.

또한, 사업초기단계인 개념연구단계 혹은 사전분석단계에서는 개발하고자 하는 체계에 대한 개발방향이 뚜렷하게 드러나 있지 않으며 이에 대한 설계데이터, 비용데이터, 구조데이터, 성능데이터 등의 확보할 수 있는 데이터가 매우 적다는 분명한 한계점을 지니고 있다. 이런 한계점을 가지고 정확성 낮은 획득비용 분석결과를 반영하여 사업예산을 책정한다면 실제 무기체계의 시제품개발 혹은 양산단계에서는 추가적인 비용이 소요되어 사업수행의 난항을 겪을 가능성이 매우 높다.

본 연구에서는 무기체계개발사업의 초기단계에서 요구사항분석 시 분석자의 주관적 의견을 정량적인 수치로 변환하여 합리적인 의사결정을 유도할 수 있는 QFD(Quality Function Deployment)를 제시한다. 또한, 국내 상황에 적합하며 적은 양의 데이터로 효율적으로 비용을 추정할 수 있는 유사장비 비용추정기법, 성능과 비용에 대한 가치평가를 통해 최적 안을 설정하는 VE(Value Engineering)개념을 결합한 무기체계 목표성능 및 비용을 설정하는 QFD 응용모델을 연구하고자 한다.

## 2. 기존연구

QFD 설계기법에 대해서는 국내외 할 것 없이 품질과 비용을 연결시키고자하는 연구와 QFD 기법과 접목하여 효과를 극대화할 수 있는 응용기법에 대한 연구가 많이 이루어졌다.

Kim(1995)는 QFD를 사업초기단계에 적용함으로써 품질이 향상되는 효과에 대하여 강조하였다. Kim et al.(1999)은 제품설계를 위한 QFD와 다꾸찌 방법의 접목을 통해 QFD 모형확장에 대한 연구와 제품의 강건설계 방법에 대하여 연구하였다. Woo et al.(2002)은 QFD와 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 접목하여 품질과 비용의 득실관계를 고려한 QFD 개선모형을 연구하였다. Kim et al.(2004)은 QFD에서 속성열거법을 기반으로 하는 체계적인 설계특성후보 도출 방법을 제안함으로써 브레인스토밍의 단점을 보완하고 체계적인 절차를 통한 고객요구사항과 직결되는 설계특성후보 도출로 일관성과 불필요한 중복을 해결하고자 하였다. Min et al.(2004)은 QFD에서 주관적이고 불확실성을 내포하는 CA(Customer Attributes)와 EC(Engineering Characters)의 입력 값에 대한 변동성을 분석하기 위하여 차이지수와 우월지수라는 새로운 지수를 제안하여 설계특성의 우선순위를 결정에 대한 새로운 방법을 제안하였다. Kim et al.(2005)은 QFD의 입력정보에 대한 불확실성을 고려하기 위해 CA와 EC 중요도 값

에 대한 확률 분포개념을 적용하였다. Lee(2006)는 QFD의 프레임워크에 VI(Value Innovation)기법 중 “가치평가 방법”의 원리를 접목하여 비용을 고려한 품질기능 전개 방법론을 연구하였다. Min(2007) 등은 목적달성 문제에서 다 시점 효과를 고려한 QFD 계획 모형의 확장에 관한 연구를 통해서 QFD 모형의 확장가능성과 그 효율성을 연구 하였다. Choi et al.(2007)은 비용을 고려한 QFD를 위해 제품의 WBS(Work Breakdown Structure)를 HOQ(House Of Quality)에 적용할 수 있는 QFCD( Quality Function Cost Deployment)를 연구 하였다. Lee(2013)은 QFD기반 요 구사항 분석을 통해 명확하고 구체적인 설계목표를 설정함으로써 사업관리 위험도 경감방안에 관한 연구를 하였다.

무기체계 개발사업 분야에서는 현실적인 사업비용추정과 분석을 위한 연구도 활발하게 진행되었다. Lee et al.(2006)은 전문가 사전지식기반 국방연구개발 비용추정모델 개발 연구를 통해서 활용할 수 있는 자료가 적은 사업초 기 단계에 적용할 수 있는 비용추정 모델을 연구하였다. Won(2011)는 유사추정을 이용하여 효율적인 획득비용 추정 방안을 연구하였다. Kim(2013)은 무기체계의 생존성 설계 최적화를 위한 비용 대 효과분석 방법을 제안하였다.

### 3. QFD 응용모델

#### 3.1 QFD 응용모델의 구성

본 연구에서 제안하는 QFD 응용모델은 군의 작전운용성능(ROC; Required Operational Capability) 혹은 운용요 구서(ORD; Operational Requirements Document)에 명시된 군 요구사항을 QFD 모델에 적용하여 체계구성품별 목 표성능과 목표비용의 최적 설계 안을 설정하기 위한 프로세스이다. QFD 응용모델은 요구사항분석, 비용분석, 개선 관정분석, 대안분석과 HOQ가 결합되어 구성되며 각 분석을 단계적으로 수행하는 총 6단계의 프로세스를 가진다. 총 6단계의 프로세스를 거치는 과정에서 입출력되는 모든 데이터가 HOQ에 포함된다.

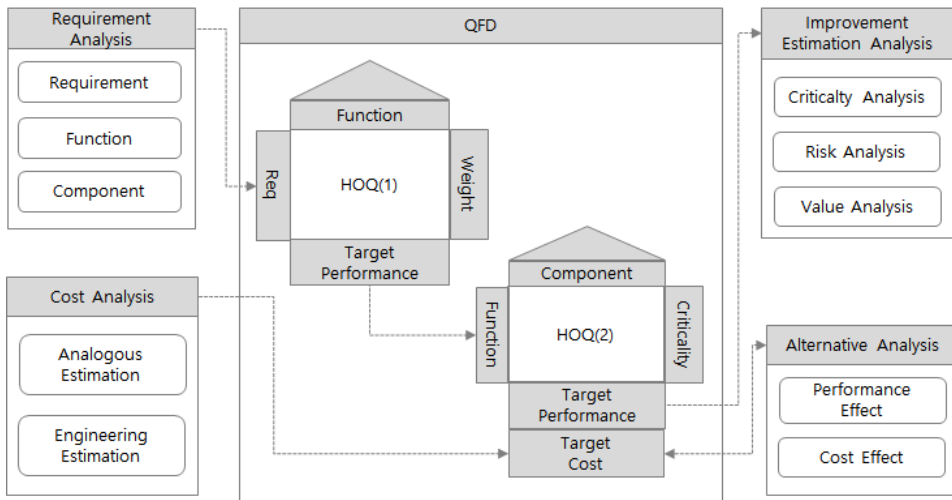


Figure 1. Configuration of the proposed QFD application model

### 3.2 기존 QFD와 차이점

기존 QFD 모델은 HOQ를 활용하여 고객요구사항(CA)을 제품의 기술특성(EC)으로 변환하여 EC의 우선순위를 평가하여 제품 설계 목표를 결정하는 것이 주목적이다. 기존 QFD 모델의 HOQ에서 얻을 수 있는 결과는 EC의 우선순위 평가결과와 타 제품과의 벤치마킹 결과 주를 이룬다고 할 수 있다.

제안하는 QFD 응용모델은 CA와 EC에 대한 개념을 무기체계특성에 맞게 변환하여 적용하여 최종적으로 체계 구성품 성능특성의 목표성능치와 목표비용을 결정하는 것이 목적이다. 이와 같은 목적을 달성하기 위해 제안하는 QFD 모델은 크게 세 가지 요소에서 차이점을 가진다.

첫 번째 요소는 비용이다. EC의 목표값은 보통 제품의 설계사양, 성능특성의 목표값을 말한다. 하지만 제안하는 QFD 모델에서는 EC의 목표값을 충족시키는데 소요되는 비용까지 반영하여 제품의 설계 목표를 결정한다. 비용요소를 적용하기 위하여 유사장비 비용추정기법을 HOQ와 접목하였다. 두 번째 요소는 효과이다. 효과는 성능 대비 비용에 대한 효과를 말한다. 앞서 결정한 EC의 목표값과 비용이 어느 정도의 효과를 가지는지를 정량적 수치로 분석함으로써 설계 목표가 적합하게 설정 되었는지를 판단할 수 있다. 세 번째 요소는 대안이다. 대안은 최초 결정한 목표값과 비용보다 효과 면에서 더 우수하며 적합한 최적의 설계 안을 말한다. 효과와 대안 요소를 적용하기 위해서 VE과 HOQ를 접목하였다.

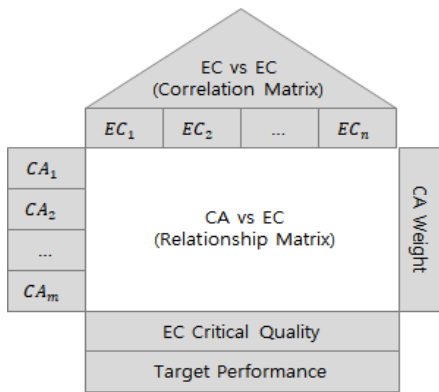


Figure 2. HOQ of QFD Model

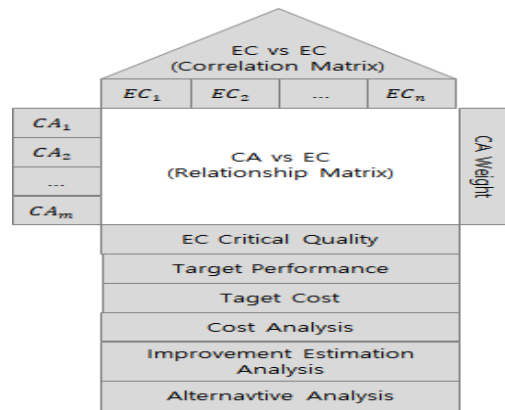


Figure 3. HOQ of the proposed QFD

### 3.3 체계분석(1단계)

체계분석단계에서는 HOQ에 적용할 요구사항(이하 CA로 명시)와 기능성능특성(이하 EC로 명시), 구성품 성능특성(이하 CBS로 명시)의 후보를 결정하는 단계이다.

Step 1) CA 분해: 무기체계에 대한 ROC 혹은 ORD를 기준으로 하위수준 까지 상세하게 CA를 분해한다.

Step 2) 기능정의 및 EC 설정: 분해한 요구사항을 충족시키기 위해 필요한 체계기능을 정의하고 그 기능의 성능특성(KPP; Key Performance Parameter)을 설정한다. 이 때 분해된 최하위 수준의 요구사항 한 건당 하나 이상의 기능으로 정의해야 하며 한 기능에 대한 성능특성은 한 개 이상으로 설정하면 된다. 또 EC은 정량적인 수치로 표현 가능한 지표이어야 한다. 이렇게 정의한 기능과 설정한 성능특성을 기능도로 구성한다.

Step 3) 구성품정의 및 CBS 설정: Step 2와 마찬가지로 정의된 체계기능을 수행하기 위하여 필요한 체계구성품

을 정의하고 그 KPP를 설정한다. 이 때 정의된 한 기능에 대한 구성품은 한 개 이상으로 설정하고 하나의 구성품에 대한 성능특성 또한 한 개 이상으로 설정 한다. 또 CBS은 정량적인 수치로 표현 가능한 지표이어야 한다. 이렇게 정의한 구성품과 설정한 성능특성을 비용분할구조로 구성한다.

Step 4) CA-EC-CBS 상호연결: 위 단계에서 정의하고 설정한 CA, EC, CBS를 요구사항 추적성을 위하여 상호 연결한다. 즉 요구도와 기능도, 비용분할구조를 한 요구사항과 그에 연결된 체계기능, 그 기능에 연결된 체계 구성품으로 상호 연결하는 것이다.

Step 5) 최종 CA, EC, CBS 후보 결정: 앞 단계에서 설정된 CA, EC, CBS에 대하여 중복성, 유의성 검사를 한 후 최종적으로 HOQ에 적용될 CA, EC, CBS 후보를 결정한다.

(1) CA 후보 :  $CA_i \quad i = 1, \dots, n$

(2) EC 후보 :  $EC_j \quad j = 1, \dots, m$

(3) CBS 후보 :  $CBS_k \quad k = 1, \dots, l$

### 3.4 기능성능분석(2단계)

이 단계에서는 QFD수행을 위한 기본도구인 HOQ를 활용한다. 결정된 CA과 EC 후보를 적용하여 HOQ 도표를 작성한 후 EC의 중요우선순위를 결정하고 각 EC의 목표값을 결정하는 단계이다.

Step 1) CA 가중치 결정 : 먼저 CA에 대한 가중치를 결정하는데 제안하는 모델에서는 스코어링 기법과 AHP기법을 활용한다.

Step 2) EC간 상관도 결정: EC와 EC간의 상관관계를 결정한다.

Step 3) CA와 EC간 연관도 결정: CA와 EC간의 연관관계를 결정한다.

Step 4) EC 중요도 산출 및 우선순위 도출: CA의 상대적 가중치와 CA와 EC간의 연관관계점수를 곱하여 EC의 중요도를 산출한다.

Step 5) EC 목표값 결정: 앞선 단계에서 도출된 EC 우선순위와 각 CA와 EC들 간의 상관도, 연관도를 바탕으로 EC 목표값을 결정한다. 여기서 결정된 EC 목표값은 다음 단계에서 CBS의 목표값을 결정할 때 매우 중요한 정보가 되며 현재 개발하고자하는 무기체계의 기능성능의 목표치가 되는 것이다.

(4) CA 가중치 :  $W_i \quad i = 1, \dots, n$

(5) CA&EC 관계점수 :  $M_{ij} = CA_i \& EC_j, 1, 3, 9$ 점 척도로 관계점수를 부여하며 관계의 방향과 상관없이 관계의 정도만을 고려하여 점수를 부여한다.

(6) EC&EC 상관점수 :  $C_{jj} = EC_i \& EC_j, 1, 3, 9$ 점 척도로 관계점수를 부여하며 관계의 방향까지 고려하여 양의 상관성을 보이면 +, 음의 상관성을 보이면 -를 부여한다.

(7) EC 중요도 :  $Q_j = \sum_{i=1}^n W_i \times M_{ij}$

(8) EC 상대중요도 :  $Qn_j = \frac{Q_j}{\sum_{j=1}^m Q_j} \times 100$

(9) EC 상관도 :  $R_j = \sqrt{\sum_{j=1}^m C_{jj}^2}$

(10) EC 목표성능치 :  $TP_j \quad j = 1, \dots, m$

### 3.5 구성품 성능분석(3단계)

결정된 EC와 CBS 후보를 적용하여 HOQ 도표를 작성한 후 CBS의 중요우선순위를 결정하고 각 구성품 성능의 목표값을 결정하는 단계이다.

Step 1) EC 가중치 결정: EC 가중치는 새로이 부여하지 않고 앞 단계에서 산출된 EC 상대중요도 값을 그대로 적용한다.

Step 2) CBS간 상관도 결정: CBS와 CBS간의 상관관계를 결정한다.

Step 3) EC와 CBS간 연관도 결정: EC와 CBS간의 연관관계를 결정한다.

Step 4) CBS 중요도 산출 및 우선순위 도출: EC의 가중치와 EC와 CBS간의 연관관계점수를 곱하여 CBS의 중요도를 산출한다. 산출된 중요도를 기준으로 CBS 우선순위를 도출한다. CBS 중요도는 체계기능 목표성능을 충족시키기는 가장 핵심적이고 중요한 체계구성품을 파악하는 지표가 된다.

Step 5) CBS 목표값 결정: 앞선 단계에서 도출된 CBS 우선순위와 각 EC와 CBS들 간의 상관도, 연관도를 바탕으로 CBS 목표값을 결정한다. 여기서 결정된 CBS 목표값은 체계구성품의 개발 목표성능치를 의미하며 무기체계 요구사항을 충족시키기 위해서는 최소한 이 정도의 목표성능치는 달성해야 한다는 것을 의미한다. 즉, 이 단계에서 결정된 CBS 목표값은 구성품 별 체계구성품 성능의 최소요구치가 된다. 이 단계에서 설정한 CBS 목표성능치는 최종적으로 결정된 목표성능이 아닌 잠정적 목표성능치라는 것에 주의해야하며, 이는 개선판정분석(5단계)과 대안분석(6단계)에서 개선여부에 대한 판정과 성능 대비 비용 효과에 대한 판단을 할 때 기준이 된다.

$$(11) \text{ EC \& CBS 관계점수 : } NM_{jk} = EC_j \& CBS_k$$

$$(12) \text{ CBS \& CBS 상관점수 : } NC_{kk'} = CBS_k \& CBS_{k'}$$

$$(13) \text{ CBS 중요도 : } NQ_k = \sum_{j=1}^m Q_j \times NM_{jk}$$

$$(14) \text{ CBS 상대중요도 : } NQn_k = \frac{NQ_k}{\sum_{k=1}^l NQ_k} \times 100$$

$$(15) \text{ CBS 상관도 : } NR_k = \sqrt{\sum_{k'=1}^l NC_{kk'}^2}$$

$$(16) \text{ CBS 보정상관도 : } NRa_k = \frac{NR_k}{MNR} + 1, \text{ CBS 상관도의 평균값이 2가 되게 보정한 상관도}$$

(MNR은 상관도  $NR_k$ 의 평균값 mean 값을 의미한다.)

$$(17) \text{ CBS 목표성능치(잠정적 목표성능) : } RP_k, k = 1, \dots, l$$

### 3.6 구성품 비용분석(4단계)

앞 단계까지 각 구성품별로 각 성능특성에 대한 목표성능치가 설정되었다. 이 단계에서는 구성품의 비용을 추정하는 단계이다. 비용추정기법에는 대표적으로 공학적 추정, 유추추정, 모수추정, 가격조사추정 등의 기법들이 있지만 본 연구에서는 사업초기단계에 비용자료 수집이 어려운 점과 성능변수를 토대로 공학적추정 또는 모수추정이 어려운 점을 감안하여 유사무기체계의 비용자료만 있으면 비교적 쉽게 접근할 수 있는 유사장비 비용추정기법(유추추정

기법)을 활용하여 각 구성품의 비용을 추정한다.

Step 1) 구성품 특성 식별: 추정하고자 하는 하나의 구성품에 대한 특성을 식별한다. 구체적으로 말해 구성품의 제원이나 앞 단계에서 결정한 KPP의 목표치가 어느 정도 인지 파악한다.

Step 2) 유사무기체계 구성품 선정: 과거 유사한 무기체계의 구성품 중 비교 혹은 대체 가능하다고 판단되는 구성품을 선정한다.

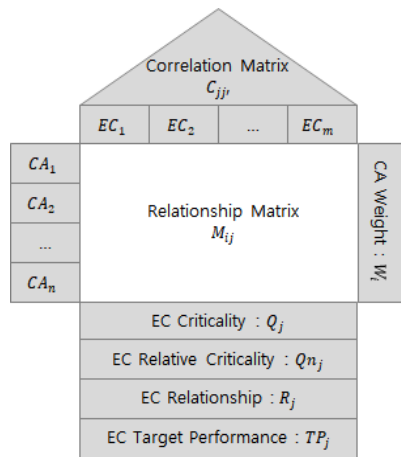


Figure 4. Configuration of HOQ (Functional Performance Analysis)

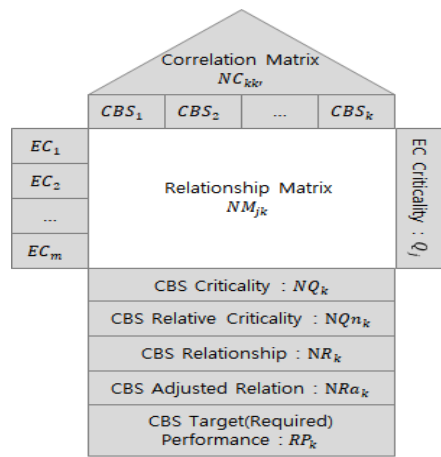


Figure 5. Configuration of HOQ (Component Performance Analysis)

Step 3) 조정계수 혹은 적정비용 산출: 현재 추정하고자 하는 구성품과 유사 구성품의 성능 혹은 제원 등을 비교하여 기술적 난이도, 복잡도 등을 고려한 후 조정계수를 설정한다.

Step 4) 구성품 비용 추정: 유사 구성품의 실적비용과 조정계수, 물가 상승률 등을 반영하여 현 체계구성품의 비용을 추정한다.

Step 5) 구성품 가용예산 할당: 무기체계 개발의 총 가용예산을 구성품 별로 할당한다.

(18) CBS 추정비용(잠정적 목표비용) :  $RC_k, k = 1, \dots, l$

(19) CBS 가용예산 :  $AB_k, k = 1, \dots, l.$

### 3.7 개선판정분석(5단계)

앞 단계까지 수행하면 체계 구성품별로 성능특성에 대한 목표성능치와 추정된 비용이 결정된다. 이 단계에서는 설정한 구성품의 성능과 비용의 적합성을 판단하기 위해서 중요도분석, 위험도분석, 가치분석 3가지 분석을 개선판정분석단계에서 수행한다.

위 3가지 분석에서 도출되는 지표는 VE의 성능/비용=가치(효과)라는 가치공식을 응용하여 산출되며 각 구성품이 가지는 중요도, 위험도, 가치의 정도에 대해서는 단순하게 1.0 기준으로 높고 낮음으로 결과에 대한 해석을 하기 때문에 쉽게 접근할 수 있다.

첫 번째, 중요도분석에서는 각 구성품이 체계 내에서 차지하는 기술적 비중과 비용적 비중을 고려하여 최종적으로는 구성품별 주요개선포인트를 착안한다. 즉, 어느 한 구성품에 대하여 목표성능 혹은 목표비용을 조정할 때 성능에

초점을 맞춰야하는지 비용에 초점을 맞춰야하는지를 착안하는 것이다.

예로, 한 구성품이 기술적 비중이 높다면 상대적으로 다른 구성품에 비해 성능측면에서 중요한 KPP를 가진다고 해석하고 비용적 비중이 높다면 상대적으로 다른 구성품에 비해 비용측면에서 고가의 비용을 차지한다고 해석하는 것이다. 이 두 가지 정량적 지표인 기술적 비중과 비용적 비중을 복합적으로 고려하여 상대적으로 기술적 비중이 높지만 비용적 비중이 낮은 구성품, 비용적 비중은 높지만 기술적 비중이 낮은 구성품에 대한 목표치 조정 방향을 설정할 수 있는 것이다.

Step 1) 품질특성점수 산출: 앞서 HOQ에 의해 도출된 CBS의 상대중요도와 보정상관도를 곱하여 품질특성점수를 산출한다.

Step 2) 기술적 비중 산출(공헌치): 각 구성품 성능특성들의 품질특성점수를 합이 100이 되도록 정규화하여 공헌치를 산출한다. 공헌치가 바로 기술적 비중이 된다. 모든 구성품 성능특성의 기술적 비중의 총 합은 100이 되기 때문에 결과에 대해서는 상대적으로 해석하여야 한다.

Step 3) 비용 비중 산출: 각 구성품의 추정비용을 합이 100되도록 정규화 하여 비용 비중을 산출한다. 모든 구성품의 비용 비중의 합은 100으로 결과에 대해서는 상대적으로 해석하여야 한다.

Step 4) 주요 개선 포인트 착안: 각 구성품들의 기술적 비중과 비용 비중을 복합적으로 고려하여 구성품별 주요 개선 포인트를 착안한다.

(20) 품질특성점수 :  $QC_k = NQn_k \times NRa_k$ , CBS 상대중요도와 CBS 보정상관도를 동시에 반영한 변수

(21) 기술비중 :  $QCn_k = \frac{QC_k}{\sum_{k=1}^I QC_k} \times 100$ , 품질특성점수를 합이 100이 되게 정규화한 값(공헌치)

(22) 비용비중 :  $CWn_k = \frac{RC_k}{\sum_{k=1}^I RC_k} \times 100$ , CBS 추정비용의 합이 100이 되게 정규화한 값

두 번째, 위험도분석에서는 각 구성품에 대한 성능향상위험도와 비용초과위험도를 산출하여 위험고려요소를 판단하는 분석단계이다. 여기서 성능향상위험도를 산출할 때는 국방 무기체계의 개발기술수준에 대한 평가지표인 기술성숙도(TRL; Technology Readiness Level)개념을 적용하여 기술적난이도와 기술적성숙도를 1~9등급으로 평가하여 산출한다.

위험도 분석은 어느 한 구성품의 성능을 향상시키는데 수반되는 위험의 정도와 비용을 투자할 때 가용예산 초과에 대한 위험의 정도를 고려하여 각 구성품별로 위험고려요소를 착안하는 것이다.

예로, 한 구성품이 성능향상위험도가 높은 경우에는 현재 해당 구성품의 성능을 향상시키는데 수반되는 국내 보유 기술의 수준이 요구하는 기술의 수준보다 낮음을 의미한다. 따라서 비용을 많이 투자하더라도 개발에 대한 위험소지가 있다고 해석할 수 있고, 비용초과위험도가 높은 경우에는 국내 보유기술의 수준은 문제없지만 투자비용이 많이 소요되어 할당된 가용예산을 초과할 수 있는 위험소지가 있다고 해석할 수 있는 것이다. 이와 같이 각 구성품별로 성능과 비용에 대한 위험도를 복합적으로 고려하여 목표성능 및 목표비용을 조정할 때 반영하여야 한다.

Step 1) 기술난이도 설정: 구성품을 개발 혹은 성능을 향상시키는데 수반되는 기술적 어려움의 정도를 TRL개념을 적용하여 1~9등급으로 설정한다.

Step 2) 기술성숙도 설정: 현재 국내에서 보유하고 있는 해당 구성품 개발 혹은 성능을 향상시키는데 수반되는 기술의 수준을 TRL개념을 적용하여 1~9등급으로 설정한다.



- Step 3) 성능향상위험도 산출: 기술난이도 등급에서 기술성숙도 등급을 나누어 성능향상위험도를 산출한다. 이는 1.0 기준으로 해석하며 높을수록 성능향상 위험정도가 높은 것이다.
- Step 4) 비용초과위험도 산출: CBS 추정비용에서 가용예산을 나누어 비용초과위험도를 산출한다. 이는 1.0 기준으로 해석하며 높을수록 예산초과 위험정도가 높은 것이다.
- Step 5) 위험고려요소 착안: 구성품별 성능향상위험도와 비용초과위험도를 고려하여 각 구성품 목표성능 및 목표비용 설정 시 고려해야 되는 위험요소가 기술수준에 대한 기술 부족인지 예산초과에 대한 예산부족인지를 파악한다.

$$(23) \text{ 기술난이도 : } TD_k, k = 1, \dots, l$$

$$(24) \text{ 기술성숙도 : } TR_k, k = 1, \dots, l$$

$$(25) \text{ 성능향상위험도 : } PR_k = \frac{TD_k}{TR_k},$$

$$((26) \text{ 비용초과위험도 : } CR_k = \frac{RC_k}{AB_k}.$$

세 번째, 가치분석에서는 현 개발 체계의 목표성능과 목표비용 대비 과거 유사무기체계의 성능과 비용을 비교하여 개발체계의 가치를 성능측면과 비용측면에서 평가한다. 현재 설정된 목표성능과 목표비용 기준으로 무기체계를 개발했을 경우 과거 개발된 유사 기종의 체계보다 어떤 부분에서 우수한지 혹은 부족한지를 성능 및 비용측면에서 바라볼 수 있다.

가치분석에서는 성능지수, 비용지수, 종합지수 3가지 지표를 산출하여 체계의 현 가치에 대해서 평가한다. 이 3가지 지표는 각 구성품별로 산출하여 각 지표에 수치에 대하여 해석함으로써 구성품별 성능가치와 비용가치 최종적으로는 성능 대비 비용의 가치를 평가하여 과거 유사무기체계보다 더 우수한 체계를 개발하기 위해 어느 구성품의 성능을 조정할지 혹은 비용을 투자할 지에 대해서 판단한다. 이로써 더 우수한 무기체계를 개발하기 위한 개선권장사항을 파악하는 것이다.

성능지수가 높다면 현재 설정한 목표성능대로 체계를 개발한다면 과거 유사무기체계의 성능보다 우수하다고 해석할 수 있고, 비용지수는 반대로 낮다면 현재 설정한 목표비용대로 체계를 개발한다면 과거 유사무기체계보다 더 경제적으로 개발할 수 있음을 의미하는 것이다. 이를 종합지수로 보아 종합지수가 높을수록 성능 대 비용의 가치가 높은 것이라고 할 수 있겠다.

- Step 1) 유사무기체계(구성품) 선정: 현재 개발하고자 하는 무기체계와 성능과 비용측면에서 비교가 가능한 동일 기종 혹은 유사기종의 체계를 선정한다. 이때 각 구성품별로 동일 혹은 유사구성품을 선정할 수도 있다. 또, 유사무기체계는 1개 이상으로 선정할 수 있다.
- Step 2) 유사무기체계(구성품) 성능 및 비용 설정: 선정된 유사무기체계의 각 구성품별로 실제 성능과 실적 비용 정보를 수집하여 성능값과 비용을 설정한다. 이는 QFD 응용모델 4단계까지 수행하면서 설정한 현 개발 체계에 대한 목표성능과 목표비용과 비교되기 때문에 동일한 성능특성(KPP)에 대한 정보로 설정하여야 한다.
- Step 3) 성능지수 산출: 각 구성품별로 목표성능에서 유사체계의 평균성능을 나누어 산출한 값으로 1.0기준으로 높을수록 현 개발체계의 성능이 유사무기체계의 성능보다 평균적으로 우수하다고 해석한다. 이때 KPP가 망소특성일 경우에는 성능 값이 작을수록 우수함을 의미하기 때문에 성능지수 산출시 반대로 유사체계의 평균성능에서 목표성능으로 나누어 산출하여야 한다.

Step 4) 비용지수 산출: 각 구성품별로 목표비용에서 유사체계의 평균비용을 나누어 산출한 값으로 1.0기준으로 낮을수록 현 개발체계의 비용이 유사무기체계의 비용보다 평균적으로 경제적이라고 해석한다.

Step 5) 종합지수 산출: 각 구성품별로 산출된 성능지수에서 비용지수를 나누어 산출한 값으로 1.0기준으로 높을수록 현 개발체계가 유사체계보다 성능 대비 비용의 가치가 높다고 평가한다.

Step 6) 개선권장사항 도출: 산출된 3가지 지표인 성능지수, 비용지수, 종합지수를 동시에 고려하여 더 우수한 체계개발을 위해서 성능측면 혹은 비용측면에서 개선되어야 할 부분이 어느 부분인지 도출한다.

(27) 비교체계 성능 :  $CP_k$ ,  $k = 1, \dots, l$ , 비교체계가 2개 이상일 때는 비교체계 성능의 평균 값 적용

(28) 비교체계 비용 :  $CC_k$ ,  $k = 1, \dots, l$ , 비교체계가 2개 이상일 때는 비교체계 비용의 평균 값 적용

$$(29) \text{ 성능지수 : } PI_k = \frac{RP_k}{CP_k},$$

$$(30) \text{ 비용지수 : } CI_k = \frac{RC_k}{CC_k},$$

$$(31) \text{ 종합지수 : } II_k = \frac{PI_k}{CI_k}.$$

개선판정분석단계에서 수행한 중요도분석, 위험도분석, 가치분석 결과에 대해서는 각각 독립적으로도 해석해야 하며 3가지 분석결과를 상호적으로도 해석해야 한다. 또, 구성품 별로 독립적으로도 해석해야하며 체계 전체의 시각에서도 해석이 이루어져야한다. 이렇게 복합적으로 모든 부분을 고려하여 해석한 결과를 바탕으로 최초 설정한 목표성능과 목표비용을 어디서 어떻게 조정하여 개선할지 혹은 개선하지 않을지에 대하여 개선여부를 판정하는 것이다. 여기서 해석한 결과를 토대로 6단계 대안분석은 선택적으로 수행된다.

### 3.8 대안분석(6단계)

이 단계는 수행하는 QFD 모델의 마지막 단계로 체계 구성품들의 최종 목표비용과 목표성능을 결정하는 단계이다. 앞서 설명했듯이 개선판정분석 결과를 토대로 대안분석이 수행된다. 대안분석단계에서는 설계자의 설계방향에 맞추어 최초 설정한 목표성능 및 목표비용을 조정하여 대안이 되는 성능과 비용을 새로이 설정하게 된다. 여기서 새로이 설정된 대안성능과 대안비용을 최초 설정한 목표성능과 목표비용과 비교를 통해 성능 대 비용 효과를 분석하여 최종적인 목표성능과 목표비용을 결정하는 것이다. 이때 대안으로 설정된 새로운 대안성능과 대안비용을 기준으로 5단계 개선판정분석을 재수행하여 대안성능과 대안비용에 대한 적합성 또한 판단하게 된다.

유사무기체계보다 성능면에서 우수한 설계, 비용면에서 경제적인 설계, 비용과 성능을 동시에 만족시키는 설계 등 여러 가지 대안 설계를 한 후 효과분석을 통하여 가장 효과가 뛰어난 설계를 최적 안으로 설정한다. 최적 안으로 설정된 설계의 구성품 성능과 비용이 최종 목표성능과 목표비용이 된다.

대안분석단계에서 산출되는 지표는 효과도이며 이는 최초 설정했던 체계 목표성능 및 목표비용과 대안으로 설정한 성능 및 비용을 비교하여 성능과 비용측면에서 품질수준이 향상되는 정도를 나타내는 값이다. 효과도는 1.0 기준으로 높을수록 높은 효과가 있다는 것을 의미한다.

Step 1) 대안설계 방향 설정: 개선판정분석결과를 토대로 어떤 설계방향에 맞추어 대안을 설정할지 결정한다. 특정 성능특성을 우수하게 향상 시킨다든지, 과거 유사무기체계보다 전반적인 성능을 향상시킨다든지, 최소성능으로 조정하며 개발비용을 대폭 절감한다든지 등 대안설계의 방향을 설정한다.

- Step 2) CBS 대안성능 설정: 설계방향에 맞게 특정 구성품에 대한 새로운 목표성능치를 설정한다.
- Step 3) CBS 대안비용 설정: 설계방향에 맞게 특정 구성품에 대한 새로운 목표비용을 설정한다.
- Step 4) 성능효과 산출: 각 구성품별로 새로이 설정한 대안성능에서 최초 설정한 목표성능(최초 요구성능) 값을 나누어 산출한다. 성능효과는 1.0 기준으로 높을수록 대안설계품질이 최초설계품질보다 성능면에서 우수함을 의미한다.
- Step 5) 비용효과 산출: 각 구성품별로 새로이 설정한 대안비용에서 최초 설정한 목표비용(추정비용) 값을 나누어 산출한다. 비용효과는 1.0 기준으로 반대로 낮을수록 대안설계품질이 최초설계품질보다 비용면에서 경제적인 의미를 의미한다.
- Step 6) 종합효과 산출: 각 구성품별로 새로이 설정한 대안비용에서 최초 설정한 목표비용(추정비용) 값을 나누어 산출한다. 비용효과는 1.0 기준으로 반대로 낮을수록 대안설계품질이 최초설계품질보다 비용면에서 경제적인 의미를 의미한다.
- Step 7) 대안채택: 설정한 대안들 중에 최적이라고 판단되는 대안으로 최종 채택함으로써 현 개발체계의 최종 목표성능과 목표비용이 결정된다.

$$(32) \text{ CBS 대안성능 : } AP_k, k = 1, \dots, l$$

$$(33) \text{ CBS 대안비용 : } AC_k, k = 1, \dots, l$$

$$(34) \text{ 성능효과 : } PE_k = \frac{AP_k}{RP_k},$$

$$(35) \text{ 비용효과 : } CE_k = \frac{AC_k}{RC_k},$$

$$(36) \text{ 종합효과 : } IE_k = \frac{PE_k}{CE_k},$$

$$(37) \text{ CBS 최종 목표성능 : } TP_k, k = 1, \dots, l$$

$$(38) \text{ CBS 최종 목표비용 : } TC_k, k = 1, \dots, l.$$

마지막 6단계까지 수행을 완료하면 군 요구사항을 만족시키면서 동시에 설계자의 설계방향과 일치하는 체계 구성품별 목표성능과 목표비용에 대한 최적 설계안이 도출된다.

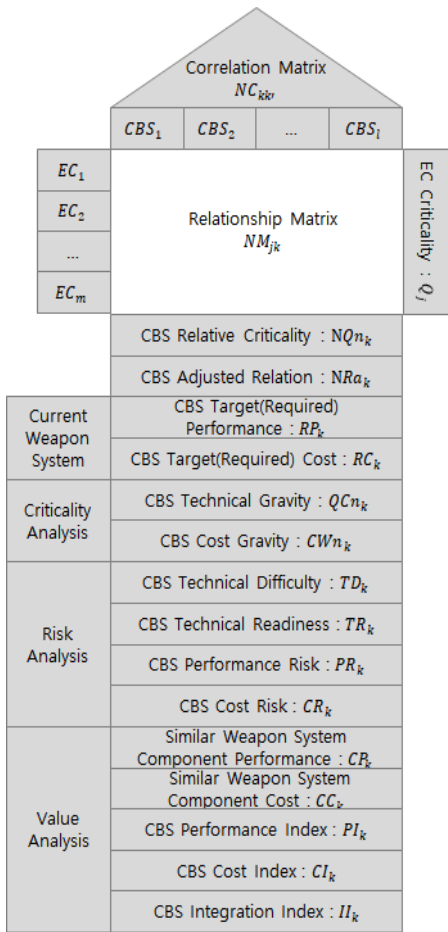


Figure 6. Configuration of HOQ (Improvement Estimation Analysis)

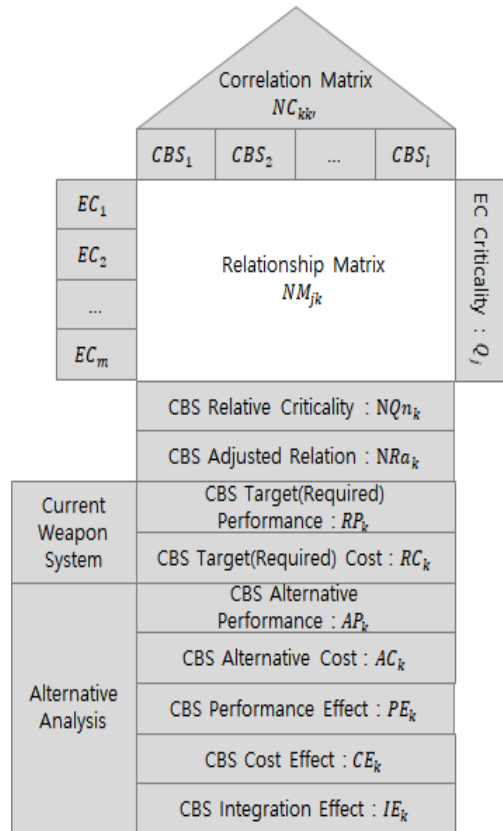


Figure 7. Configuration of HOQ (Alternative Analysis)

## 4. 수치예제

제안하는 QFD 응용모델의 프로세스 수행의 이해를 돕기 위해 가상의 수치예제를 적용하였다. 유도무기체계에 대한 가상의 요구사항을 설정하여 예제를 적용하였으며 간단하게 레벨 1 수준으로 분해하였다. 또한 가상 유도무기체계 개발사업의 가용예산한도는 5,500만원으로 가정한다.

### 4.1 체계분석(1단계)

유도무기체계에 대한 가상의 요구사항을 설정하여 예제를 적용하였으며 간단한 구조로 설명하기 위해서 레벨 1 수준으로 분해하였다. 가상의 체계요구사항에 따른 기능과 구성품 또한 레벨 1 수준으로 정의하였으며 각 기능과 구성품에 대한 KPP는 각 1개씩 설정하였다. Table 1과 같이 CA, EC, CBS의 후보가 결정되었으며 각 후보들은 일대일로 상호 연결되는 구조로 구성하였다.

예를 들어 CA1(비행속도 1.8Mh 이상)의 요구사항을 충족시키기 위해 필요한 체계기능은 EC1(추진기능-추진력)이 되며 EC1(추진기능-추진력)을 구현하기 위해 필요한 체계구성품은 CBS1(추진장치-추진속도)가 되어 상호 연결되며 이처럼 모든 요구사항에 대한 추적성을 확보한다.

Table 1. Decision of Requirements & KPPs

CA	Requirement	EC	Function	KPP	Unit	CBS	Component	KPP	Unit
CA1	Flying Speed more than 1.8Mh	EC1	Propulsion function	Driving force	Hp	CBS1	Propulsion device	Propelling speed	Km/h
CA2	Rangedistance more than 750Km	EC2	Movement function	Range distance	Km	CBS2	Engine	Horse power	Hp
CA3	Radius more than 20m	EC3	Explosion function	Explosive power	Kt	CBS3	Warhead	Rotational force	Kt
CA4	Within 20 m radius of target point range	EC4	Capture function	Accuracy	km	CBS4	Guidance device	Radius	km
CA5	Noise Less than 100dB	EC5	Prevention function	Noise	Db	CBS5	Steering gear	Noise	Db
CA6	Infrared ray detection	EC6	Detection function	Detection speed	mm/s	CBS6	Navigator	Detection speed	mm/s

### 4.2 기능성능분석(2단계)

Figure 8과 같이 CA가중치와 EC관계점수를 기입하여 EC 중요도를 산출한다. EC의 중요우선순위와 체계에 미치는 영향도를 고려하여 EC 목표값을 설정한다.

기능성능분석에서도 앞서 언급했던 보정상관도, 품질특성점수, 공헌치 등을 산출하여 추가적인 분석을 수행해도 무관하지만 QFD 응용모델의 핵심은 구성품별 성능과 비용을 할당하는 것이기 때문에 단계적 전개과정인 기능성능 분석 단계에서는 비교적 간단하게 EC의 상대적중요도와 상관도만을 산출한다.

Figure 8의 HOQ를 분석해보면 현재 개발하고자하는 체계에서 가장 중요하게 대두되어야 할 요구사항은 CA1(비

행속도 1.8MH 이상 요구)이며 이에 따라 6가지 요구사항(CA1부터 CA6까지)을 충족시키는데 가장 영향력이 깊은 기능성능특성은 상대중요도 26.8, 상관도 13.4로 EC1 추진기능의 추진력이라고 분석된다. 이 HOQ 결과에 따르면 설계자는 추진기능 향상에 중점을 두고 설계하는 것이 효율적이다.

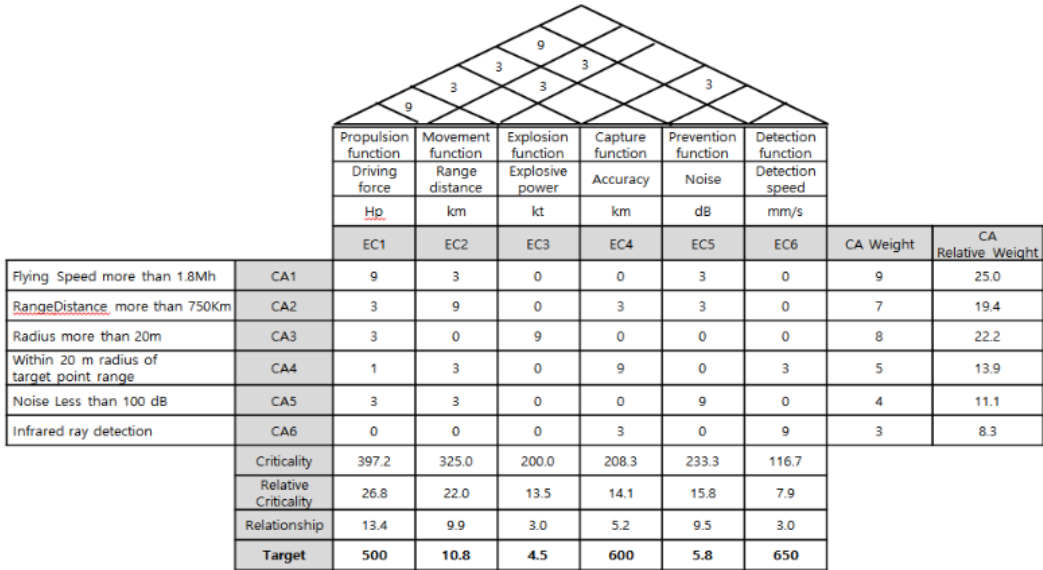


Figure 8. Example(HOQ of Functional Performance Analysis)

[2단계 기능성능분석 변수 계산 예시]

- (1) CA1 상대가중치  $\Rightarrow \frac{9}{9+7+8+5+4+3} \times 100 = 25.0$
- (2) EC1 중요도  $\Rightarrow (9 \times 25.0) + (3 \times 19.4) + (3 \times 22.2) + (1 \times 13.9) + (3 \times 11.1) + (0 \times 8.3) = 397.2$
- (3) EC1 상대중요도  $\Rightarrow \frac{397.2}{397.2 + 325.0 + \dots + 233.3 + 116.7} \times 100 = 26.8$
- (4) EC1 상관도  $\Rightarrow \sqrt{9^2 + 3^2 + 3^2 + 9^2} = 13.42$

4.3 구성품 성능분석(3단계)

Figure 9와 같이 EC&CBS관계점수와 CBS&CBS간 상관점수를 부여하여 CBS 상대중요도와 CBS 보정상관도를 산출한다. 여기서 EC의 가중치는 새로 부여하는 것이 아니라 기능성능분석(2단계)에서 산출된 EC 상대중요도 값을 적용한다. CBS의 중요우선순위와 체계성능에 미치는 영향도를 고려하여 CBS 목표성능치를 설정한다.

다음 Figure 9의 HOQ 결과를 분석하면 체계기능의 목표성능을 만족시키기 위해 가장 중요한 체계 구성품 성능특성은 상대중요도 29.9로 CBS1 추진장치-추진속도가 되며 각 구성품 간의 영향도는 추진장치, 엔진, 유도장치, 조종장치 4개 구성품 성능특성의 상관도가 약 9.5의 양의 상관성을 띄고 있어 어느 하나의 구성품의 성능이 상승되면 양의 상관성을 가지는 대부분의 구성품의 성능 또한 상승되어야 함으로 분석된다.

상대중요도와 상관도를 동시에 고려한 공헌치의 산출결과를 살펴보아도 CBS2 엔진-마력과 CBS1 추진장치-추

진속도가 체계 내에서 가장 핵심적인 영향력 미치는 성능특성 1순위와 2순위로 나타나고 있기 때문에 설계자는 요구사항 충족성을 최대한 이끌어내기 위해서는 엔진과 추진장치 중심으로 목표값을 설정해야 한다.

Figure 9와 같이 각 구성품 성능특성별로 목표성능치가 설정되었으며 이는 잠정적 목표성능으로 확정된 것이 아님에 주의해야한다.

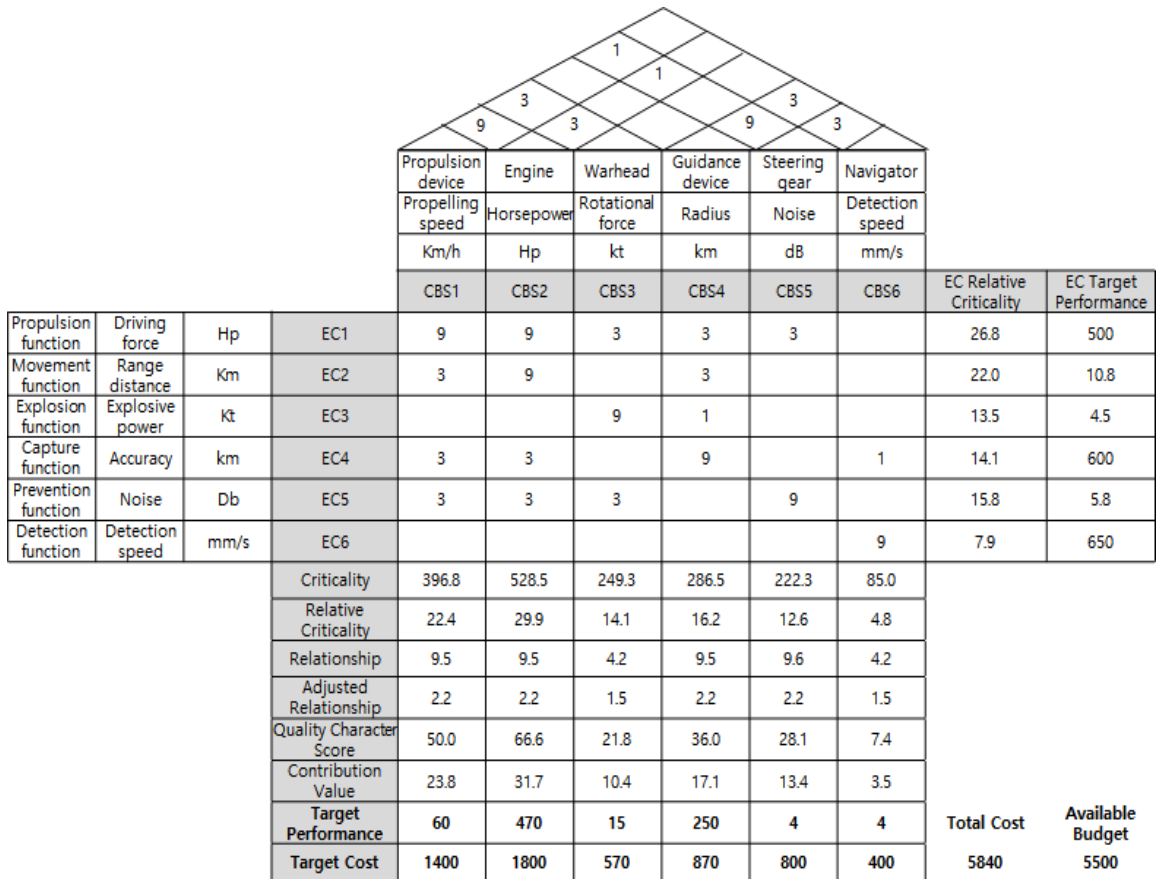


Figure 9. Example(HOQ of Component Performance Analysis & Cost Analysis)

[3단계 구성품성능분석 변수 계산 예시]

(1) CBS1 중요도  $\Rightarrow (9 \times 26.8) + (3 \times 22.0) + (0 \times 13.5) + (3 \times 14.1) + (3 \times 15.8) + (0 \times 7.9) = 396.8$

(2) CBS1 상대중요도  $\Rightarrow \frac{396.8}{396.8 + 528.5 + \dots + 222.3 + 85.0} \times 100 = 22.4$

(3) CBS1 상관도  $\Rightarrow \sqrt{9^2 + 3^2 + 1^2} = 9.54$

(4) CBS1 보정상관도  $\Rightarrow (9.5 \div \frac{9.5 + 9.5 + \dots + 9.6 + 4.2}{6}) + 1 = 2.2$

(5) CBS1 품질특성점수  $\Rightarrow 22.4 \times 2.2 = 50.0$

(6) CBS1 공헌치(기술비중)  $\Rightarrow \frac{50.0}{50.0 + 66.6 + \dots + 28.1 + 7.4} \times 100 = 23.8$

### 4.4 구성품 비용분석(4단계)

유사장비추정법에 의한 구성품 비용추정 단계는 별도 수행하여 그 결과 값을 Figure 9와 같이 HOQ 도표의 CBS 추정비용 란에 기입한다.

HOQ 결과를 보면 목표성능대로 각 구성품을 개발하기 위해 소요되는 비용을 추정한 결과 추정비용합계 총 5,840만원으로 가용예산한도 5,500만원을 초과하였다.

여기서 설계자는 잠정적이 설계 방향을 염두해 두어야 한다. 가령 세 가지의 설계방향으로 첫째 해당 개발사업의 예산증액이 어려운 경우, 둘째 예산증액도 가능하며 요구사항의 충족성을 최대화하여야 하는 경우, 셋째 가용예산 범위 내에서 특정 성능인 탄두의 회전력과 엔진의 마력만 대폭 상승시켜야 하는 경우를 가정해보자.

첫 번째 경우라면 핵심성능특성으로 분석된 CBS2 엔진-마력과 CBS1 추진장치-추진속도 외 비교적 체계성능에 영향력이 작은 탄두, 유도장치, 조종장치, 탐색기 등의 성능을 소폭 하향시켜 비용을 줄이는 방향을 첫 번째로 생각해 볼 수 있다. 두 번째 경우에는 예산증액이 가능하기 때문에 핵심성능특성인 CBS2 엔진-마력과 CBS1 추진장치-추진속도에 집중적으로 성능을 향상시키며 추가비용을 할당하며 나머지 성능특성은 그대로 유지하는 방향으로 생각해 볼 수 있다. 세 번째 경우에는 HOQ 분석결과에서는 가장 영향력이 큰 성능특성으로 식별되지는 않았지만 설계자의 방향대로 CBS3 탄두-회전력과 CBS2 엔진- 마력의 성능 향상에 투자하고 나머지 성능특성은 하향시켜 비용분배를 줄여 가용예산범위 내에서 목표성능과 목표비용을 조정하는 방향을 생각할 수 있다. 이처럼 HOQ 분석결과를 토대로 설계자가 잠정적인 설계방향을 미리 고려하는 것이다.

Table 2. Results of interim target performance and target cost settings

Component	KPP	Unit	Target Performance	Target Cost
Propulsion device	Propelling speed	Km/h	60	1400
Engine	Horse power	Hp	470	1800
Warhead	Rotational force	Kt	15	570
Guidance device	Radius	km	250	870
Steering gear	Noise	Db	4	800
Navigator	Detection speed	mm/s	4	400
Total	-	-	-	5840

### 4.5 개선판정분석(5단계)

최초 설정한 잠정 목표성능과 목표비용의 적합성을 판단하여 설계자가 고려한 설계방향을 명확히 하는 것이다. Figure 10과 같이 중요도분석, 위험도분석, 가치분석을 수행하고 그 결과를 해석한다.

먼저 중요도분석 결과를 보면, 체계 내에 기술이나 비용이 차지하는 비중이 높은 구성품은 CBS2 엔진과 CBS1 추진장치이며 상대적으로 기술적, 비용 비중이 낮은 구성품은 CBS6 탐색기와 CBS3 탄두이다. 엔진의 경우에는 기술과 비용 비중이 모두 높기 때문에 성능과 비용 동시에 고려하여 목표값을 조정해야 한다. 하지만 탐색기의 경우를 보면 기술비중이 3.54로 매우 낮는데 반해 비용 비중은 6.85로 기술 비중보다 2배 정도 높다. 이런 경우에는 해당



구성품은 체계 내 성능에는 크게 영향력이 없는데 반해 비용은 다소 높게 차지하기 때문에 추후 목표값 조정시 비용 절감을 위해 1순위로 고려되어야하는 구성품이라고 할 수 있겠다.

다음 위험도분석 결과를 보면 CBS2 엔진에 대한 성능향상위험도는 2.67로 엔진의 마력 상승을 위해 요구되는 기술 수준보다 현재 국내 보유 기술수준이 현저히 못 미치는 것으로 해석된다. 이런 경우에는 체계 성능에 가장 영향력 높은 구성품이 엔진이지만 성능을 향상시키고 싶어도 기술수준이 현저히 부족하여 향상시킬 수 없고 향상시킨다고 하더라도 추가되는 비용부담이 너무 크기 때문에 성능조정 대상에서는 사실상 제외 되어야 한다.

CBS1 추진장치와 CBS3 탄두의 경우에도 기술난이도에 비해 기술성숙도가 낮기 때문에 성능향상의 위험이 크다고 볼 수 있지만 설계자가 주관적으로 판단하여 이 정도의 차이는 추가 비용투자로 해결할 수 있다고 판단하면 성능을 상향조정할 수도 있는 부분으로 판단할 수 있다. 하지만 여기서 추진장치의 경우에는 비용초과위험도 또한 1.0 이상으로 가용예산을 초과하고 있기 때문에 성능의 상향조정 대상에서는 제외될 가능성이 높다. 나머지 유도장치, 조종장치, 탐색기의 경우에는 성능향상위험도 1.0이하로 요구기술 수준 충족에 대한 위험은 없기 때문에 비용초과 위험도만을 고려하여 목표값 조정을 할 수 있다. 구체적으로 보면 조종장치는 기술수준은 성능향상위험도 1.0으로 충족하지만 비용초과위험도가 1.14로 이미 가용예산을 초과하고 있기 때문에 실질적인 성능 향상조정은 어려울 것으로 보인다.

마지막으로 가치분석은 현재 설정된 목표성능대로 체계를 개발했을 경우 과거의 유사기종의 무기체계보다 어느 부분이 우수하고 떨어지는지를 판단하기 위한 분석으로 이 역시 구성품별 지표별로 독립적, 상대적 해석을 하여야 한다. 먼저 평균종합지수 0.88로 1.0기준보다 낮은 것으로 보아 현 개발체계는 유사체계 A, B, C보다 전반적으로 성능 대비 비용가치가 떨어지는 체계라고 할 수 있겠다. 이를 구체적으로 살펴보면 각 구성품별 성능지수는 평균적으로 1.0이상을 웃돌기 때문에 성능 면에서는 과거유사체계보다 우수하다고 볼 수 있지만 비용지수 또한 평균적으로 1.0이상을 웃돌기 때문에 비용 면에서는 다소 경제적이지 못한 체계라고 할 수 있다. 체계 전체적인 시각에서 바라보면 전반적으로 목표성능치가 높게 설정되었고 소요되는 비용 또한 가용예산을 초과하기 때문에 전반적으로 성능을 하향조정하여 비용을 낮출 필요가 있다. 이는 가용예산 증액 가능여부에 따라 목표값 조정이 이루어 져야 한다. 이렇게 개선판정분석의 3가지 중요도분석, 위험도분석, 가치분석 결과를 복합적으로 고려하여 설계자는 설계방향을 명확히 하고 개선여부를 판정한다.

이 수치예제의 경우에 설계자는 설계방향을 과거유사무기체계의 평균 성능 수준을 유지하되 가장 경제적인 무기체계를 개발하는 것으로 정했다고 가정하고 각 구성품별로 개선여부를 판정한다면 아래와 같다.

CBS1 추진장치는 기술비중과 비용비중이 높아 중요구성품이지만 국내 기술수준도 부족하고 이미 가용예산을 초과하고 있음을 고려하여 유사체계 A, B, C 평균 수준의 성능으로 하향시키고 비용도 하향조정한다.

CBS2 엔진은 기술비중과 비용비중이 가장 높은 구성품이지만 국내 기술수준이 현저히 부족하고 가용예산도 가장 많이 초과하였기 때문에 유사무기체계 A, B, C의 평균 수준의 성능으로 하향 시키고 비용도 대폭 하향 조정한다.

CBS3 탄두는 기술비중과 비용비중도 낮고 국내 기술수준도 부족하지만 현재 목표성능치가 유사무기체계의 평균 성능치이고 가용예산도 초과하고 있지 않기 때문에 목표성능 조정 없이 유지하기로 한다.

CBS4 유도장치는 성능 향상에 요구되는 기술수준을 보유하고 있지만 과거유사무기체계 유도조종장치의 성능보다 크게 우수하지 않은데 비해 비용은 다소 높게 추정되어 있기 때문에 성능을 소폭 하향시키고 비용을 대폭 절감하는 방향으로 조정하기로 한다.

CBS5 조종장치는 성능 향상에 요구되는 기술수준을 보유하고 있지만 과거유사무기체계 유도조종장치의 성능보다 크게 우수하지 않은데 비해 비용은 다소 높게 추정되어 있기 때문에 성능을 소폭 하향시키고 비용을 대폭 절감하는 방향으로 조정하기로 한다.

CBS6 탐색기는 기술비중과 비용비중이 체계 내에서 가장 낮기 때문에 큰 투자 가치가 없다고 해석되며 과거 유사 체계의 탐색기의 비용과 비교해보면 성능은 우수하지만 비용 증가 폭이 크기 때문에 이를 고려하여 성능을 평균수준으로 하향시키고 비용을 절감하기로 한다.

목표값 조정의 우선순위는 설계방향이 가장 경제적인 무기체계를 개발하는 것이기 때문에 기본적으로 비용단가가 높은 엔진, 추진장치, 유도장치 순으로 조정하는 것이 바람직하다.

[5단계 개선판정분석 변수 계산 예시]

- (1) CBS1 기술비중(공헌치)  $\Rightarrow \frac{50.0}{50.0+66.6+\dots+28.1+7.4} \times 100 = 23.8$
- (2) CBS1 비용비중  $\Rightarrow \frac{1400}{1400+1800+\dots+400} \times 100 = 23.97$
- (3) CBS1 성능향상위험도  $\Rightarrow \frac{7}{5} = 1.40$
- (4) CBS1 비용초과위험도  $\Rightarrow \frac{1400}{1300} = 1.08$
- (5) CBS1 성능지수  $\Rightarrow 60 \div \frac{55+50+62}{3} = 1.08$
- (6) CBS1 비용지수  $\Rightarrow 1400 \div \frac{1200+1000+1500}{3} = 1.14$
- (7) CBS1 종합지수  $\Rightarrow \frac{1.08}{1.14} = 0.95$

	Propulsion device	Engine	Warhead	Guidance device	Steering gear	Navigator	
	Propelling speed	Horsepower	Rotational force	Radius	Noise	Detection speed	
	CBS1	CBS2	CBS3	CBS4	CBS5	CBS6	
<b>Target Performance</b>	60	470	15	250	4	4	
<b>Target Cost</b>	1400	1800	570	870	800	400	5840
<b>Available Budget</b>	1300	1500	580	900	700	520	5500

Criticality Analysis	Technical Gravity	23.82	31.72	10.39	17.14	13.39	3.54
	Cost Gravity	23.97	30.82	9.76	14.90	13.70	6.85
	Major improvements	Per/Cost	Per/Cost	Per/Cost	Performance	Per/Cost	Cost

Risk Analysis	Technical Difficulty	7	8	7	6	6	6
	Technical Readiness	5	3	5	7	6	6
	Performance Risk	1.40	2.67	1.40	0.86	1.00	1.00
	Cost Risk	1.08	1.20	0.98	0.97	1.14	0.77
	<b>Risk factors</b>	<b>Lack of Tech</b>	<b>Lack of Tech</b>	<b>Lack of Tech</b>	-	<b>Budget Excess</b>	-

Similar System A	System A Performance	55	450	14	200	5	5	4750
	System A Cost	1200	1700	500	550	600	200	
Similar System B	System B Performance	50	420	14	230	5	5	4100
	System B Cost	1000	1300	500	550	550	200	
Similar System C	System B Performance	62	470	16	240	3	4	5800
	System B Cost	1500	1800	600	850	650	400	
Value Analysis	Performance Index	1.08	1.05	1.02	1.12	1.08	1.17	Average
	Cost Index	1.14	1.13	1.07	1.34	1.33	1.50	
	Integration Index	0.95	0.94	0.96	0.84	0.81	0.78	
	<b>Recommendations for improvement</b>	<b>Compromise</b>	<b>Compromise</b>	<b>Performance improvement</b>	<b>Cost reduction</b>	<b>Cost reduction</b>	<b>Cost reduction</b>	
							0.88	

Figure 10. Example(Improvement Estimation Analysis)

### 4.6 대안분석(6단계)

개선판정분석 결과를 토대로 설계자가 명확히 설정한 설계방향에 맞게 대안을 설정한다. 여기서 대안을 설정한다는 것은 최초 구성품 성능분석(3단계)와 구성품 비용분석(4단계)를 통해 설정했던 목표성능 및 추정비용 값을 설계 방향에 맞게 재설정하는 것이다. 즉, 각 구성품별로 목표성능과 비용 값을 재설정하는 것이다.

대안이 설정되면 재설정된 목표값(성능 및 비용)이 최초 설정한 잠정목표값(성능 및 비용)에 대비하여 성능측면과 비용측면에서 어느 정도 효과가 있는지를 분석하여 최적 설계 안을 도출하는 것으로 마무리된다.

Figure 11와 같이 개선판정분석단계에서 설정한 설계방향(과거유사무기체계의 평균 성능 수준을 유지하되 가장 경제적인 무기체계를 개발하는 것)과 각 구성품별 개선판정결과를 바탕으로 대안분석을 수행하였다.

효과분석 결과를 보면 최초 설정한 잠정목표값 대비 새로이 설정한 대안목표값이 성능면에는 5% 상승 효과, 비용에서는 24% 절감 효과를 보이고 있으며 성능 대비 비용 효과를 보면 전체적으로 49% 효과가 상승하는 것으로 해석된다. 구성품별 성능은 유사무기체계의 평균 성능보다 저하되지 않도록 설정되었고 총 개발비용은 4,620만원으로 설정되어 가용예산 5,500만원을 초과하지 않으며 유사무기체계보다도 훨씬 경제적인 비용으로 개발할 수 있을 것으로 예상된다. 추가적으로 대안목표값을 기준으로 5단계의 위험도분석 및 가치분석을 재수행한 결과 비용초과위험도는 대부분 1.0을 넘지 않으며 가치분석의 평균종합지수 또한 1.07로 잠정목표값 보다 좋은 결과로 나타나고 있다. 이와 같은 대안분석 결과를 반영하여 최종 목표성능과 목표비용으로 최적 설계안으로 도출한다. 위와 같은 방식으로 여러 가지 대안을 설계한 후에 가장 효과가 뛰어나고 사용자가 추구하는 방향에 맞는 대안을 최적 안으로 설정하고 체계구성품별 목표성능과 목표비용을 최종 결정한다.

		Propulsion	Engine	Warhead	Guidance device	Steering gear	Navigator		
		Propelling speed	Horsepower	Rotational force	Radius	Noise	Detection speed		
		CBS1	CBS2	CBS3	CBS4	CBS5	CBS6		
Alternative	Alternative Performance	55	440	15	230	5	5		
	Alternative Cost	1200	1550	570	550	550	200	4620	
	Available Budget	1300	1500	580	900	700	520	5500	
Target(Required)	Target Performance	60	470	15	250	4	4		
	Target Cost	1400	1800	570	870	800	400	5840	

Criticality Analysis	Technical Gravity	23.82	31.72	10.39	17.14	13.39	3.54		
	Cost Gravity	25.97	33.55	12.34	11.90	11.90	4.33		

Risk Analysis	Performance Risk	1.40	2.67	1.40	0.86	1.00	1.00		
	Cost Risk	0.92	1.03	0.98	0.61	0.79	0.38		

Value Analysis	Performance Index	0.99	0.99	1.02	1.03	0.87	0.93		
	Cost Index	0.97	0.97	1.07	0.85	0.92	0.75	Average	
	Integration Index	1.02	1.02	0.96	1.22	0.95	1.24	1.07	

Effect Analysis	Performance Effect	0.92	0.94	1.00	0.92	1.25	1.25	1.05	
	Cost Effect	0.86	0.86	1.00	0.63	0.69	0.50	0.76	
	Integration Effect	1.07	1.09	1.00	1.46	1.82	2.50	1.49	

Figure 11. Example(Alternative Analysis)

## [6단계 대안분석(효과분석) 변수 계산 예시]

(1) CBS1 성능효과  $\Rightarrow \frac{55}{60} = 0.92$

(2) CBS1 비용효과  $\Rightarrow \frac{1200}{1400} = 0.86$

(3) CBS1 종합효과  $\Rightarrow \frac{0.92}{0.86} = 1.07$

## 4.7 수치예제 결과 요약

Table 3과 같이 각 체계구성품별 최적 목표성능과 목표비용이 설정되었다. 이것은 추후 체계설계단계에서 본격적으로 체계에 대한 상세한 설계가 이루어질 때 하나의 기준이 되며 합리적인 의사결정을 할 때 의사소통의 고리 역할을 하여 합리적인 체계설계를 수행할 수 있는 기본이 될 것이다.

Table 3. Results of final target performance and target cost settings

Component	KPP	Unit	Target Performance	Target Cost
Propulsion device	Propelling speed	Km/h	55	1,200
Engine	Horse power	Hp	440	1,550
Warhead	Rotational force	Kt	15	570
Guidance device	Radius	km	230	550
Steering gear	Noise	Db	5	550
Navigator	Detection speed	mm/s	5	200
Total	-	-		4,620

## 4. 결론 및 향후 연구 방향

본 연구에서는 QFD방법론을 기반으로 HOQ, VE, 유사장비추정법을 결합하여 무기체계개발사업의 초기단계에서 ROC 혹은 ORD 기준의 요구사항분석을 통한 군 요구사항을 충족시키는 최적의 체계 목표성과 목표비용을 추정할 수 있는 QFD 응용모델을 제안하였다. 제안하는 QFD 응용모델은 다음과 같은 장점을 가진다.

첫째, 요구사항분석 시 분석자의 주관적 의견을 정량적인 수치로 변환하여 합리적인 의사결정을 유도할 수 있다. ROC 혹은 ORD 기준으로 요구사항을 상세 분석하는 과정에서 분석자의 주관적인 의견에 따라 상반되는 결과가 도출되기 때문에 합의점을 찾아 합리적인 분석결과를 도출하는 것은 쉬운 일이 아니다. 하지만 QFD 방법론을 활용하여 다수의 주관적 의견을 정량적인 수치로 객관화하여 보여주기 때문에 합리적인 의사결정을 유도할 수 있다.

둘째, 비교적 적은 양의 데이터로 체계구성품별 목표성과 목표비용을 추정할 수 있다. 사업초기단계에서는 사업의 물리적인 구조가 확정되지 않은 상황이기 때문에 그에 따른 제원, 성능, 비용 등의 데이터가 매우 부족하다. 하지만 제안하는 QFD 응용모델에서는 ROC, ORD, 최소한의 과거유사무기체계의 데이터만을 가지고 비교적 명확한 체계구성품별 목표성과 목표비용을 추정할 수 있다.

셋째, QFD방법론, HOQ, VE, 유사장비추정법 등에 대한 통계적, 회계적인 전문지식이 없더라도 명확한 프로세스와 비교적 간단한 분석로직으로 쉽게 QFD 응용모델을 활용할 수 있다.

결론적으로 사업초기단계에 적용한다는 점을 감안하면 ROC 혹은 ORD만을 적용하여 비교적 명확한 체계구성품별 목표성과 목표비용을 추정할 수 있다는 것이다. 이로써 본격적인 체계설계에 들어가기에 앞서 설계방향을 제시하거나 체계요구성능 할당에 대한 기준을 제시하며 전체 사업의 소요비용을 예측할 수 있는 기대효과를 가진다.

추후 연구과제로는 제안한 QFD 응용모델에서 입력정보와 출력정보를 활용하여 사용자가 무기체계를 보다 최적으로 설계할 수 있도록 분석정보를 제공하는 것을 고려해 볼 수 있다. 또한, 유도무기체계사업의 실례를 적용하여 보완점을 찾아내 현실적이고 실용적으로 활용할 수 있도록 QFD 응용모델을 최적화하는 것이다.

## REFERENCES

- Kim, K. J. 1995. "Improved quality in the design phase via QFD." *ie Magazine*. 2(1):16-21.
- Kim, J. R., and Kim, D. H. 1999. "Application of QFD and Taguchi method for product design." *Chosun University Production technology research*. 21(1):103-121.
- Woo, T. H., and Park, J. H. 2002. "A Model of Quality Function Deployment with Cost-Quality Trade offs." *Korea Safety Management & Science Conference*. 4(2):169-178.
- Kim, D. H., Lee, M. S., and Kim, K. J. 2004. "A Systematic Method for Generating EC Candidates in QFD." *The Korean Operations Research and Management Science Society, Spring Conference*. 2004(2):483-486.
- Min, D. K., and Kim, K. J. 2004. "Variability Analysis in QFD : Prioritizing Engineering Characteristics." *Korea Safety Management & Science, Spring Conference*. 2004(S):466-469.
- Kim, D. H., Kim, K. J., and Min, D. K. 2005. "Consideration of Uncertainty in Input Information of QFD." *Korea Safety Management & Science/Korean Institute of Industrial Engineers Spring Conference*. 2005(5):543-550.
- Lee, H. S., Yoo, C. B., Lee, M. Ju., and Choi, Y. J. 2005. "A Study on the Method of Implementing QFD Considering Cost." *Institute of Industrial Technology, A collection of essays*. 30:47-55.
- Kim, K. J., and Min, D. K. 2007. "An extended QFD planning model for goal attainment considering longitudinal effect." *Korea Safety Management & Science/Korean Institute of Industrial Engineers, Spring Conference*. 2007(5):834-838.
- Choi, Y. J., Lee, P. J., and Han, W. Chul. 2007. "A Study on Method for Realization of Cost-based Quality Function Deployment(QFCD)." *korean society of computer and information, A collection of essays*. 12(4):221-228.
- Lee, T. H. 2013. "On the Risk Mitigation with Requirements Analysis based on the QFD Method." *Ajou University, Department of Systems Engineering*. 1-121.
- Won, J. H., Han, B. Y., and Kim, S. H. 2011. "A Study on Effective Model of Estimation of Acquisition Costs Based on Analogy Method." *Korea Association of Defense Industry Studies* 18(2):262-281.
- Kim, J. H. 2013. "A Study on the Cost-effectiveness Analysis for Survivability Design Optimization of Light Armed Helicopter." *The Korean Society for Aeronautical & Space Science, Autumn Conference*. 2013(11):861-865.
- Lee, H. S., Ha, K. Y., and Kwak, S. W. 2009. "Theory and practice of cost analysis." *Korea Institute for Defense Analyses*.