

QFD 방법을 이용한 신뢰성 시험 대상 선정 방안 및 적용

김재황*, 정주현, 김무영, 최동현, 이영훈
LIG넥스원 IPS연구소

Method and Application of Identifying Items for the Reliability Test Using Quality Function Deployment Methodology

Jae-Hwang Kim*, Joo-Hyun Jung, Moo-Young Kim, Dong-Hyun Choi, Young-Hoon Lee
LIG Nex1 IPS(Integrated Product Support) Lab.

요약 무기체계는 전투준비태세에 영향을 미치는 신뢰성이 목표값을 만족하는지 검증하기 위해 신뢰성 시험을 실시해야 한다. 고장유형영향 및 치명도 분석 결과, 창정비 대상품목 여부 및 부품단종의 위험성을 중점 요소로 고려하여 산출된 핵심부품 중 일부 품목을 선정하여 신뢰성 시험을 수행해야 한다. 현 국방 규정에는 신뢰성 시험 대상 품목을 선정하기 위한 중점 고려 요소는 제시되어 있지만, 핵심부품을 산출하기 위한 세부 절차 및 방법론은 명시되지 않아 무기체계 사업 진행 간 다양한 문제점을 야기하고 있다. 이에 본 논문에서는 합리적이고, 객관적인 핵심구성품 산출 세부 절차를 마련하기 위해, QFD와 정규화를 바탕으로 종합 값을 산출하는 방법론을 제안하였다.

QFD를 통해 핵심부품을 산출하기 위한 중점 요소 간 가중치를 부여하고, 정규화를 통해 중점 요소 간 범위의 차이로 인해 발생할 수 있는 왜곡을 줄이는 세부 절차와 방법론을 제시하였다. 실제 데이터에 방법론을 적용한 결과의 검증을 위하여 무기체계 개발에 참여하고 있는 각 분야 전문가 8명의 설문조사를 바탕으로 도출된 결과와 비교 검토하였다. 무기체계를 구성하고 있는 전체 16개 장치를 비교한 결과에서 상위 3개 품목 순위가 일치함을 확인하였고 하위 순위 변화 또한 근사함에 따라 QFD 및 정규화 방법론이 합리적임을 확인하였다. 이를 통해 향후 신뢰성 시험 대상품목 선정을 위한 핵심부품 산출 방법을 구체화 할 수 있으며 무기체계 개발 간 공통의 선정 절차와 기준을 토대로 효과적인 의사결정이 이뤄질 수 있을 것으로 기대한다.

Abstract Weapon systems should be tested to verify the reliability of target values affecting combat readiness. The reliability test should be performed for the item selected using the Failure Mode, Effects & Criticality Analysis (FMECA) results of the 'core components', depot maintenance requirements, and the risk of component discontinuation as the key factors. There is currently no detailed procedure or methodology for selecting these core components and the absence of such a standardized procedure causes various problems. In this paper, we propose a methodology for calculating composite values by using quality function deployment (QFD) and normalization to arrive at a detailed procedure for the selection of reasonable and objective core components. Through QFD, each key factor is given a set of correction values for the selection of core components. With normalization, we outlined a detailed procedure to reduce the distortions caused by scale differences between key factors. To verify the procedure, we ranked 16 components of the actual weapon system and interviewed eight experts for 'their' rankings for comparison. The results of the comparison showed that the top three items were found consistent and lower ranked items were also approximated. With our calculation method, the procedure to select reliable test item(s) can be formulated in detail. Furthermore, with this standardized procedure, decision-making will have increased effectiveness.

Keywords : QFD, HoQ, Critical Item, Reliability Test, Normalization

*Corresponding Author : Jae-Hwang Kim(LIG Nex1)

email: jaehwang.kim2@lignex1.com

Received August 2, 2022

Accepted November 4, 2022

Revised September 8, 2022

Published November 30, 2022

1. 서론

과학 기술이 고도화됨에 따라 무기체계 또한 빠르게 최신 기술이 적용되었으며 이 결과로 무기체계를 구성하는 장비의 정교화, 첨단화 및 고집적화 설계가 이루어지고 있다. 하지만 아무리 우수한 성능을 가진 장비를 설계 하더라도, 잦은 고장이 발생하면 전투준비태세에 심각한 영향을 미치게 되며 이를 유지 및 관리하기 위한 비용 또한 많이 발생하게 된다. 이에 전투준비태세에 직접적으로 영향을 미치는 신뢰도(주어진 조건 하에서 일정기간 동안 의도된 기능을 수행할 수 있는 확률)에 목표값을 부여하고, 충족 여부를 확인하기 위한 신뢰성 시험을 수행해야 한다. 하지만 무기체계가 운용되는 운용환경을 재현할 수 있는 시험장비도 부족하고 막대한 시험 비용과 시험 기간이 필요하다. 이러한 가용 자원의 한계로 인해 모든 장비에 대한 신뢰성 시험은 불가능하므로 핵심부품을 선정하여 신뢰성 시험을 수행해야 한다. 핵심부품이란 부품의 고장이 무기체계의 안전성, 가용도 혹은 수리 및 교체 비용에 중대한 영향을 주는 부품을 말한다[1].

신뢰성 시험과 관련과 규정을 보면 총수명주기관리 업무훈령[2], 방위사업관리규정[3]과 무기체계 RAM 업무지침[4]에서 핵심부품을 선정하여 신뢰성 시험을 수행하도록 되어있으나 각 규정에는 핵심부품을 선정하는 구체적인 방법론을 명시하지 않았다. 방위사업관리 규정[3]은 고장유형영향 및 치명도 분석 결과, 창정비 대상품목 및 부품단종 등을 고려한 사업/체계별 특성을 고려한 기준을 수립하여 선정하도록 핵심 요소로 제시하고 있지만, 항목별 분석값을 종합하는 방법은 규정되어 있지 않다.

핵심부품 선정 관련 연구를 살펴보면 J. Y. Kim의 논문[5]에서는 FMECA(FMECA : Failure Modes Effects & Criticality Analysis) 결과만을 이용하여 대상 품목을 선정하는 것을 한계점으로 지적하고 있다. '신뢰성 시험을 위한 핵심부품·구성품 선정 사례 연구'[6]에 따르면 주로 고장유형영향 및 치명도 분석 결과를 이용하여 치명도 및 위험도 분석 혹은 고장률이 높은 품목 중에서 선정함으로써 신뢰성을 고려하여 선정하거나, 창정비 대상품목 및 정비성이 낮은 품목 중 선정하였다. J. H. Kim의 연구[7]에서는 핵심구성품 선정 시 QFD(Quality Function Deployment)의 적용 가능성을 연구하였다.

핵심부품 선정 관련 사례를 살펴보면 최근 2년 내 무기체계 체계개발 사업 6건을 조사한 결과는 사업별 핵심

부품 선정 시 각기 다른 기준 및 방법론으로 선정 결과를 도출하였다.

본 연구는 핵심부품 선정을 위한 구체적인 방법의 부재로 인한 문제점을 확인하였고, 이에 핵심부품 선정을 위해 FMECA뿐만 아니라, 창정비, 부품단종 등 다양한 항목을 분석하였을 때의 각 분석값을 합리적이고 객관적으로 종합하여 대표값을 산출할 수 있는 방법론으로 QFD와 정규화를 제안하였다. 그리고 이 방법론의 타당성을 검증하기 위해 실제 무기체계 개발 사업의 16개 장치 데이터를 제안된 방법론에 적용하여 선정된 핵심부품과 무기체계 개발자가 경험적 판단을 근거로 선정된 핵심부품을 비교하였다. 연구 진행 과정은 Fig. 1과 같다.

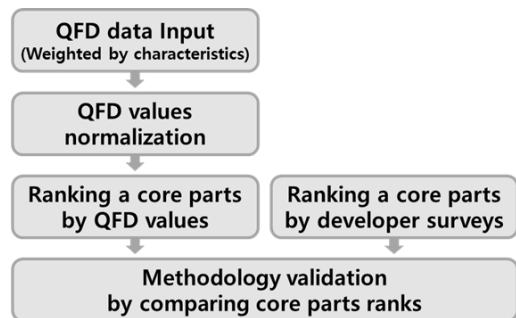


Fig. 1. The procedure of research

2. 본론

2.1 QFD(품질기능전개)

QFD(Quality Function Deployment)는 추상적인 고객의 요구사항을 제품 개발과 생산에 활용할 수 있도록 만들어진 신제품 개발 기법이다. 고객의 요구가 설계에 반영될 수 있도록 고객의 요구사항을 기술특성으로 변환하여 엔지니어가 고객을 이해하고 고객 만족을 실현하는 방법이다. 이를 위해 고객의 요구사항을 정확하게 이해하여 기술적 특성으로 명확하게 전환하는 분석이 수행되어야 한다. 이런 절차를 통해 계획단계에서부터 고객의 요구가 반영될 수 있도록 하는 것이 QFD의 목적이다[8]. 해당 기법은 신제품 개발뿐 아니라 서비스 분야, 소프트웨어 개발 등의 여러 분야에서 다양하게 활용하고 있다. QFD의 개념도는 Fig. 2와 같다.

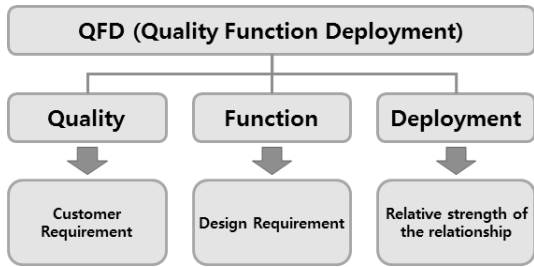


Fig. 2. Conceptual diagram of QFD

2.2 QFD 값 입력(특성별 가중치 부여)

QFD에서 사용하는 다양한 도구들이 있지만 그중에서 HoQ는 고객의 요구를 만족할 수 있도록 고객의 요구사항 파악부터 기술적 특성까지 논리적인 흐름을 Fig. 3과 같이 시각화하는 QFD의 핵심 모델이다[8]. 본 논문에서는 HoQ 모델을 적용하여 QFD를 진행하였다. QFD 각 항목의 입력 및 분석 방안은 Fig. 3의 순번 ①에서 ⑥에 따라 2.2.1부터 2.2.6에 표기하였다.

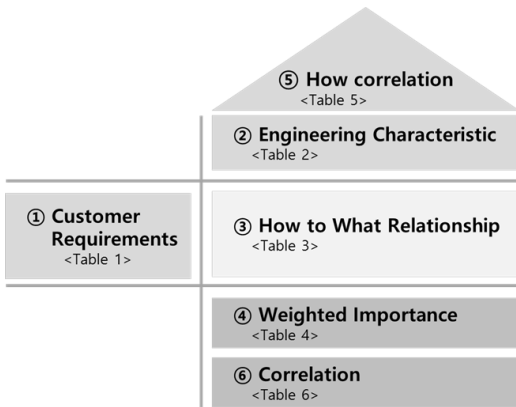


Fig. 3. Explanation of QFD (Applied HoQ model)

2.2.1 고객 요구사항 (① Customer Requirements)

QFD ①은 고객요구사항이며 관련 규정을 보면, 총수명주기관리업무훈령[2] 제66조(RAM 시험평가)에서 시험에 의한 평가는 시험용 제품을 만들어 요구된 RAM목표값 달성 여부를 실제 시험을 통해 확인하며, 설계고장영향분석(D-FMEA), 창정비 대상 품목 및 부품단종 등을 고려하여 선정된 핵심부품에 대하여 신뢰성 시험을 수행해야한다고 명시되어 있다. 방위사업관리규정[3] 제 125조(체계개발 내용)에 따르면 핵심부품은 체계개발계획 수립 단계에서 고장유형영향 및 치명도 분석결과, 창정비 대상품목 및 부품단종 등을 고려한 사업/체계별 특성

에 맞는 핵심부품 선정 기준을 수립하고 이에 따른 핵심부품을 선정한다. 그리고 무기체계 RAM 업무지침[4], 무기체계 RAM 업무편람[9]에서는 체계의 특성, 운용개념, 유사무기체계, 야전운용체원의 고장 및 정비 실적, 기술성속도, FMECA를 고려하게 되어있고, 무기체계 시험평가 실무가이드 북[10]에서도 필수무기기능에 해당하는 경우, FMECA 결과 치명도가 높은 경우, 기술성속도 평가 결과 상대적으로 낮은 기술 수준인 경우, 창정비를 필요로 하는 대상 품목인 경우를 핵심부품 선정 대상으로 보고 있다.

고객요구사항 관련 문헌을 보면, MIL-STD-785B [11]에 Task 208 Reliability Critical Items에서 FMECA를 고려하여 핵심부품을 선정하게 되어있다. RiAC에서 발간한 System Reliability Toolkit[1]에 Topic 5.4.7:Critical Item Reliability에서는 핵심부품 선정 시 고려사항으로 비용, 새로운 기술과 프로세스, 시한성 품목, 경험적인 신뢰성 민감 품목, 치명품목(고장이 운용 능력 전체 손실을 야기하는 품목)을 제시하였다.

본 연구에서는 방위사업관리규정에 따라 고장유형영향 및 치명도 분석(FMECA) 결과, 창정비 대상품목 및 부품단종을 고려한 사업/체계별 특성을 핵심부품구성품 선정을 위한 요구사항으로 설정하여 연구를 진행하였다. FMECA는 고장 유형을 정의하고 영향을 판단하여 고장이 체계에 미치는 영향을 정량화하여 치명도를 분석하며, 고장이 미치는 영향이 크고 치명도가 높을수록 핵심부품으로 선정되어 관리되도록 하였다. 그리고 부품 단종 시 무기체계의 전투준비태세에 결정적 영향을 미치므로 부품단종 우려가 큰 대상을 핵심부품으로 선정되도록 하였다. 또한 개발 장비의 정비난이도 및 해외도입품 현황 등을 분석하여 창정비 대상품목을 도출하였으며, 각 조립체 별로 하부구성품의 창정비 대상품목 비율이 높은 품목을 대상으로 핵심부품으로 판단하였다.

각 요구사항 별 상대적 중요도는 사업 참여 개발자의 설문조사 및 협의를 통해 Table 1과 같이 결정하였다. 핵심부품의 선정 이유가 신뢰성 있는 장비를 만드는 것에 목적이 있으므로 신뢰성을 판단할 수 있는 FMECA 요소에 중요도를 높게 주었다. 창정비 대상품목 요소는 무기체계 OO 개발사업 장비 특성 상 대부분이 회로카드 조립체와 같은 품목으로 구성되어 있으므로 중요도를 낮게 설정하였다. 요구사항 및 요구사항 별 상대적인 중요도는 사업/체계별 특성을 반영하여 협의 및 설문조사를 통해 결정되었다.

Table 1. Requirements prioritization rating

Requirements	Rating
FMECA	0.68
Discontinued	0.21
Depot Maintenance	0.11

2.2.2 요구사항에 따른 기술적 특성
(② Engineering Characteristic)

QFD의 ②는 요구사항에 따른 기술적 특성이며, 고객 요구사항을 어떻게 반영할지를 나타낸다. 고객의 요구사항에 영향을 미치는 하나 이상의 기술 특성을 입력하게 되며 이 기술특성들은 정량적으로 측정할 수 있는 것들이다.

규정과 문헌에서 제시한 요구사항에 영향을 줄 수 있는 기술 특성을 식별하여 입력한다. 기술특성은 획득할 수 있으며 정량적인 값으로 나타낼 수 있어야 한다. 본 논문에서는 규정과 문헌을 바탕으로 사업 참여 개발자의 기술검토를 통해 기술 특성을 식별하였다. 식별된 7개의 기술특성은 Table 2와 같으며, 본 논문에서는 Engineering Characteristic의 약어 EC로 1부터 7까지로 표기하였다. EC1은 해당품목의 위험도, EC2는 고장률, EC3은 능동소자 비율, EC4는 부품 단종 대응 비용, EC5는 고장 시 부품 수급 소요 시간(개월), EC6은 하부 구성품의 창정비 대상 비율, EC7은 해외도입품 비율(%)이다.

Table 2. Engineering characteristic

	Description
EC1	Severity Classification
EC2	Failure Rate
EC3	Proportion of Active Parts
EC4	Cost for Response in Discontinued Parts
EC5	Time for Supply Parts
EC6	Proportion of Depot Maintenance in the Lower Components
EC7	Proportion of Imports

2.2.3 요구사항과 기술 특성의 관계
(③ How to What Relationship)

QFD의 ③은 요구사항과 기술특성 사이의 관계를 나타내는 행렬이다. 본 연구에서는 각 요구사항 산출 시 입력되는 요소와 기술특성간의 유사성을 개발자가 경험 및 유사 사례를 바탕으로 상관관계의 수준을 강, 중, 약으로 구분하고 MIL-HDBK-470A[12]에 따라 각각 5점, 3점,

1점의 가중치 적용하였다. 요구사항과 기술 특성의 관계가 크면 5점, 보통이면 3점, 약하면 1점, 그리고 관계가 없으면 공란으로 표시하였다. 분석한 요구사항과 기술 특성 간의 관계는 Table 3과 같다.

Table 3. Relationship between requirements and engineering characteristics

Requirements	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
FMECA	5	5	1				
Discontinued		1	5	5		3	1
Depot Maintenance				1	3	5	3

2.2.4 기술특성 중요도 (④ Weighted Importance)

QFD④는 기술특성이 얼마나 중요한지를 보여준다. 요구사항과 기술특성 간의 상관관계 점수와 요구사항별 중요도를 곱하여 각 기술특성 별 가중합을 산출한다. 앞에서 분석한 요구사항과 기술특성 간의 연관관계 강도와 각 요구사항의 상대적인 중요도를 곱하여 기술 특성 중요도를 계산한다. 예를 들어 EC2(고장률)의 기술특성 중요도는 FMECA의 상대적 중요도 0.68과 FMECA와 고장률 간의 관계 점수 5점의 곱과 단종의 상대적 중요도 0.21과 단종과 고장률 간의 관계 점수 1점의 곱을 합하여 $0.68 \times 5 + 0.21 \times 1 = 3.61$ 의 값을 가진다. 이러한 계산을 반복하면 Table 4와 같은 결과를 얻을 수 있다.

Table 4. Importance of engineering characteristics

	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
Importance	3.40	3.61	1.73	1.16	0.33	1.18	0.54

2.2.5 기술특성 간의 상관관계 (⑤ How correlation)

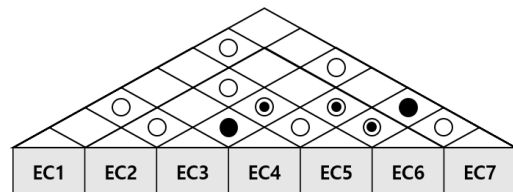


Fig. 4. Engineering characteristics correlation matrix

- : Strong correlation (5 points)
- (with dot) : Normal correlation (3 points)
- (empty) : Weak correlation (1 point)

Table 5. Correlation Matrix

	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
EC1		-	1	-	-	1	-
EC2	-		1	-	1	-	-
EC3	1	1		5	3	-	1
EC4	-	-	5		1	3	-
EC5	-	1	3	1		3	5
EC6	1	-	-	3	3		1
EC7	-	-	1	-	5	1	

QFD의 ⑤는 기술 특성 간의 상관관계를 나타낸다. 본 연구에서는 각 기술특성 간 최상위 시스템에 미치는 영향의 유사성을 개발자가 정성적으로 검토하여 상관관계를 강, 중, 약 3가지로 분류하였으며 강한 상관관계는 5점, 보통의 상관관계는 3점, 약한 상관관계는 1점을 부여하였다. 분석결과는 Fig. 4 및 Table 5와 같다.

2.2.6 기술특성 간 상관관계에 따른 영향도 분석 (⑥ Correlation)

QFD의 ⑥은 기술특성 간의 상관관계를 파악하여 하나의 기술특성이 다른 기술특성과의 영향 정도를 수치로 표현한다. 각 기술특성 중요도(Importance)와 기술 특성 간 상관관계 점수를 곱하여 계산하고, 계산된 값을 합산하여, 한 기술특성과 다른 기술특성과의 상관관계를 계산한다. 예를 들어 EC4(부품 단종 대응 비용(시간))의 영향도는 EC3과 EC4 간의 상관관계 점수 5점과 EC3의 기술적 특성 중요도 1.73의 곱과 EC4와 EC5 간의 상관관계 점수 1점과 EC5의 기술적 특성 중요도 0.33의 곱, EC4와 EC6 간의 상관관계 점수 3점과 EC6의 기술적 특성 중요도 1.18의 곱을 모두 합하여 $5 \times 1.73 + 1 \times 0.33 + 3 \times 1.18 = 12.52$ 가 된다. 그 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Engineering characteristics correlation

Correlation	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
Correlation	2.91	2.06	14.34	12.52	16.20	8.41	4.56

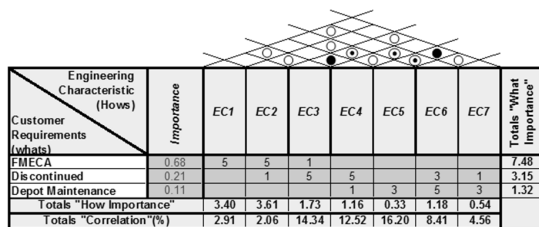


Fig. 5. Result of QFD

2.2.1에서 2.2.6까지의 분석 과정을 모두 거치면 Fig. 5와 같은 QFD가 완성된다.

2.3 QFD 입력값 정규화

QFD를 통해 기술특성의 중요도를 분석하였고 각 기술특성에 해당하는 값들을 분석 대상 장치마다 입력한다. 무기체계를 구성하는 모든 장치를 독립적 기능을 수행하는 단위로 총 16개로 나누고, 각 장치에 A부터 Q까지 번호를 부여하였다.

입력한 값 중 위험도는 FMECA에서 숫자가 낮을수록 위험한 품목이다. 해당 고장이 발생했을 때, 사망 또는 체제손실을 일으키는 고장을 1로 부여한다. 임무 기능의 상실을 초래하는 고장을 2, 경상을 일으킬 수 있는 고장을 3, 심각하지 않은 고장이지만 수리가 필요한 고장을 4로 부여한다. 본 연구에서는 숫자가 높을수록 핵심부품으로 선정이 되도록 높은 숫자가 위험한 품목이 되도록 수정하여 반영하였다. 예를 들어 위험도 1의 고장을 4점, 위험도 2는 3점, 위험도 3은 2점, 위험도 4는 1점으로 점수를 부여하여 장치 특성을 입력하였다.

Table 7. Original input data

Original Data	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
Equipment A	4.00	233.49	0.15	214.208	6	0.3	82
Equipment B	2.00	8.36	0.07	32.245	2	1.0	0
Equipment C	3.00	9.83	0.05	19.286	2	-	0
Equipment D	4.00	25.20	-	219.000	10	1.0	0
Equipment E	4.00	53.31	0.09	17.700	2	1.0	0
Equipment F	2.00	2.74	-	26.548	2	1.0	0
Equipment G	4.00	42.16	0.04	15.364	2	1.0	0
Equipment H	4.00	67.20	0.16	74.700	3	-	0
Equipment J	4.00	23.69	0.03	21.400	2	-	0
Equipment K	4.00	98.21	0.06	18.279	2	-	0
Equipment L	4.00	33.41	0.08	14.481	2	-	0
Equipment M	4.00	150.41	0.07	62.626	2	-	0
Equipment N	4.00	115.04	0.06	65.494	2	-	0
Equipment O	4.00	81.11	0.03	83.119	2	-	0
Equipment P	4.00	151.07	0.05	65.039	2	-	0
Equipment Q	4.00	183.59	0.11	33.948	2	-	0

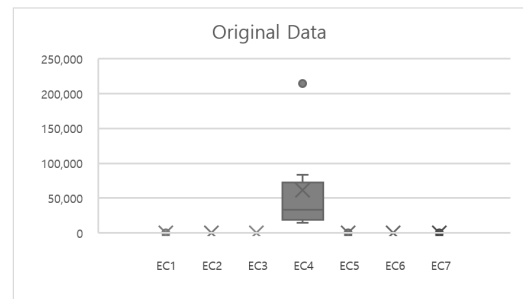


Fig. 6. Original input data

창정비 대상 비율은 SMR코드(근원, 정비 및 복구성 부호:Source, Maintenance & Recoverability)를 기준으로 식별하였다. 해당 품목의 차하위 구성품 SMR코드

세 번째 자리가 D인 품목의 고장률 합을 비율로 계산하였다. 해외도입품 단가 역시 해당 품목의 전체 단가 대비 차하위 구성품의 해외 도입품 단가 비율로 계산하여 적용하였다. 장치 I는 상용 노트북으로 신뢰성 시험을 위한 핵심부품으로는 적절하지 않아 제외하였다. 본 연구에서 예시로 분석하였을 때, Table 7과 Fig. 6의 결과를 얻을 수 있다.

각 장치들의 특성값은 각기 다른 스케일을 가지고 있다. 예를 들어 부품단종 대응 비용의 경우에는 숫자가 매우 크지만 이에 비해 고장 시 부품 수급 소요 시간은 매우 작을 수다. 이는 부품 수급 소요 시간 대비 부품 단종 대응 비용이 상대적으로 중요하다는 의미가 아니므로, 각 특성값에 대한 정규화 작업이 필요하다. 그래서 평균값을 0으로 고정하고, 표준편차를 척도로 하여 특성값들이 평균에서 표준편차 몇 배만큼 떨어져 있는지를 분석하여 Table 8과 Fig. 7의 결과를 얻을 수 있다.

Table 8. Input data normalization

Normalization	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
Equipment A	0.46	2.28	1.89	2.43	1.52	-0.15	3.87
Equipment B	-2.48	-1.07	0.05	-0.47	-0.39	1.47	-0.26
Equipment C	-1.01	-1.05	-0.41	-0.67	-0.39	-0.72	-0.26
Equipment D	0.46	-0.82	-1.47	2.51	3.43	1.47	-0.26
Equipment E	0.46	-0.40	0.59	-0.70	-0.39	1.47	-0.26
Equipment F	-2.48	-1.16	-1.47	-0.56	-0.39	1.47	-0.26
Equipment G	0.46	-0.57	-0.56	-0.73	-0.39	1.47	-0.26
Equipment H	0.46	-0.19	2.18	0.21	0.09	-0.72	-0.26
Equipment J	0.46	-0.77	-0.89	-0.64	-0.39	-0.72	-0.26
Equipment K	0.46	0.27	-0.22	-0.69	-0.39	-0.72	-0.26
Equipment L	0.46	-0.70	0.33	-0.75	-0.39	-0.72	-0.26
Equipment M	0.46	1.05	0.00	0.02	-0.39	-0.72	-0.26
Equipment N	0.46	0.52	-0.04	0.06	-0.39	-0.72	-0.26
Equipment O	0.46	0.01	-0.70	0.34	-0.39	-0.72	-0.26
Equipment P	0.46	1.06	-0.31	0.06	-0.39	-0.72	-0.26
Equipment Q	0.46	1.54	1.02	-0.44	-0.39	-0.72	-0.26

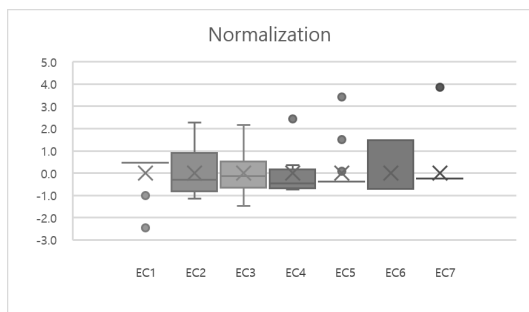


Fig. 7. Input data normalization

장치 특성값들을 정규화하게 되면 평균값을 0으로 하여 표준편차만큼 얼마나 떨어져있는지를 표현하기 때문에 음수도 나오게 된다. 음수가 영향이 적다는 의미가 아니라 표준편차만큼 떨어진 값을 표현하므로 중간값이 0.5 이고, 0과 1 사이의 값으로 변환하기 위해 정규화한 값(Z)을 Eq. (1) 에 대입하면

$$\frac{1}{1+e^{-Z}} \tag{1}$$

모든 특성값을 0과 1 사이의 값으로 변환하여 Table 9와 Fig. 8의 결과를 얻을 수 있다.

Table 9. Input data scaling [0, 1]

Scaling [0,1]	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7
Equipment A	0.61	0.91	0.87	0.92	0.82	0.46	0.98
Equipment B	0.08	0.26	0.51	0.39	0.40	0.81	0.44
Equipment C	0.27	0.26	0.40	0.34	0.40	0.33	0.44
Equipment D	0.61	0.31	0.19	0.92	0.97	0.81	0.44
Equipment E	0.61	0.40	0.64	0.33	0.40	0.81	0.44
Equipment F	0.08	0.24	0.19	0.36	0.40	0.81	0.44
Equipment G	0.61	0.36	0.36	0.32	0.40	0.81	0.44
Equipment H	0.61	0.45	0.90	0.55	0.52	0.33	0.44
Equipment J	0.61	0.32	0.29	0.35	0.40	0.33	0.44
Equipment K	0.61	0.57	0.45	0.33	0.40	0.33	0.44
Equipment L	0.61	0.33	0.58	0.32	0.40	0.33	0.44
Equipment M	0.61	0.74	0.50	0.50	0.40	0.33	0.44
Equipment N	0.61	0.63	0.49	0.52	0.40	0.33	0.44
Equipment O	0.61	0.50	0.33	0.59	0.40	0.33	0.44
Equipment P	0.61	0.74	0.42	0.51	0.40	0.33	0.44
Equipment Q	0.61	0.82	0.74	0.39	0.40	0.33	0.44

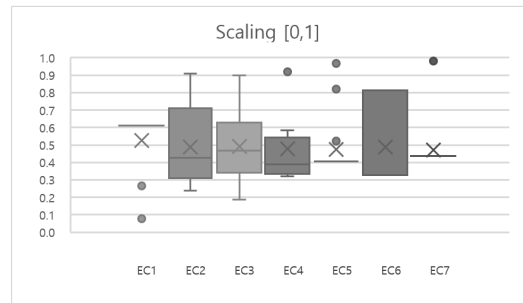


Fig. 8. Input data scaling [0, 1]

2.4 QFD 분석값 기준 핵심부품 순위 선정

장치 특성값, 기술특성의 중요도, 기술특성 간의 상관관계 영향도 3개 항목을 곱한다. 이렇게 계산된 각각의 기술특성들을 모두 더하여 장치의 핵심부품을 구한다. 수식으로 표현하면 Eq. (2)와 같다.

$$\sum_{i=1}^7 (x_i \times y_i \times z_i) \tag{2}$$

where,

x_i = Totals “How Importance” of EC_i (Table 4)

y_i = Totals “Correlation” of EC_i (Table 6)

z_i = Target equipment scaled data of EC_i (Table 9)

각 장치별 핵심부품 점수는 Table 10에서 확인할 수 있으며, 이 핵심부품 점수를 비교하여 높을수록 핵심부품으로 간주하여 순위를 매긴다. A장치 59.08점, H장치 46.84점, Q장치 42.61점으로 산출되어 신뢰성 시험 대상 품목 선정 시 A, H, Q 장치의 순으로 선정되도록 분석되었다.

Table 10. Critical item results of QFD and survey

Item	Result of QFD		Result of Developer Survey	
	Score	Rank	Score	Rank
A	59.08	1	7.6	1
B	32.30	13	3.0	12
C	25.85	15	2.6	15
D	40.73	5	6.3	6
E	41.13	4	6.9	3
F	23.79	16	1.4	16
G	33.78	10	2.9	14
H	46.84	2	7.5	2
J	27.17	14	3.0	12
K	32.69	12	4.5	7
L	34.09	9	4.5	7
M	37.79	6	6.6	5
N	36.87	7	3.8	9
O	33.03	11	3.4	11
P	36.06	8	3.6	10
Q	42.61	3	6.9	3

2.5 설문조사를 이용한 핵심부품 순위 선정

분석결과가 타당하지 확인하기 위해 무기체계 OO 개발사업에 참여하고 있는 각 분야의 개발자 8명에게 설문 조사를 실시하였다. 설문 참가자의 무기체계 개발 경력은 평균 8.6년이었으며, 해당 사업에 1년 이상 참여하여 장비 설계 특성에 대한 이해도가 높은 인원을 대상으로 하였다. 설문은 익명으로 실시하였다. 설문 항목은 기술적 중요도, 개발 간 고장 빈도, 고장 시 차상위 및 완제품에 미치는 영향성, 고장 시 부품 수급 소요시간 등의 항목이며, 각 설문 항목별로 신뢰성 시험이 필요한 경우 1점에서 10점 중 높은 점수를 부여하도록 하였다. A ~ Q 각 장치에 대해 8명의 설문 답변을 평균 내고, 점수가 높은 항목 순으로 신뢰성 시험대상으로 선정하였다. 분석한 설문조사 결과는 Table 10과 같다. A장치 7.6점, H장치 7.5점, E장치와 Q장치가 6.9점으로 산출되어 신뢰성 시험 대상 품목 선정 시 A, H, 그리고 E와 Q 장치의 순으로 선정되도록 분석되었다.

2.6 핵심부품 순위 비교를 통한 방법론 검증

두 결과를 비교해 보면 A장치와 H장치가 1, 2위로 나타났다고, 3위는 QFD결과 Q장치, 설문조사 결과 3위는 E와 Q장치가 동점으로 나타났다. 하위 순위로 갈수록 QFD 순위와 설문조사 순위가 상이한 경우가 발생했지만, 신뢰성 시험 대상 품목 선정에 중요한 상위 순위는 동일하게 나타났다. 이를 통해 방법론을 적용한 최종점수가 요구사항별 가중치가 반영되어 합리적이고 객관적으로 산출됨을 확인할 수 있었다.

3. 결론

총수명주기관리업무훈령 및 관련 규정에 따라 무기체계 개발 시 핵심부품 중 신뢰성 시험 대상 품목을 선정하여 신뢰성시험을 수행하도록 되어있지만, 선정을 위한 요구사항(FMECA, 창정비, 부품단종)만 정해져 있고 이 요구사항의 분석값을 종합하는 구체적인 방법론(대표값을 산출하는 방법)은 규정되어 있지 않다.

대표값을 산출하면 핵심부품 산출을 효과적으로 결정할 수 있지만, 산출 과정에서 분석자에 따라 요구사항 별 가중치를 다르게 부여할 수 있다는 우려가 있다. 이러한 우려를 불식시키기 위해 본 논문에서는 요구사항 간 가중치를 합리적으로 부여하고, 대표값을 객관적으로 산출해 낼 수 있는 방법론으로 QFD 및 정규화 적용 방법론을 제시하였다. 이후 무기체계 OO 사업 데이터에 논문의 방법론을 적용하여 선정된 신뢰성 시험 대상 품목과 무기체계 개발자 8인이 경험적 판단을 근거로 선정한 신뢰성 시험 대상 품목을 비교하여 두 결과의 높은 유사성을 확인하였다.

본 논문에서는 상관관계를 단일 사업의 데이터와 개발자의 경험 및 유사사례를 바탕으로 분석하였기 때문에 추후 여러 사업의 데이터를 확보하고 정량적인 상관관계 분석을 통해 타당성을 추가로 확인하는 것이 필요하다.

향후 무기체계 개발 사업에서 핵심부품 산출 시 본 연구의 방법론으로 선정기준(대표값)을 산출하고 신뢰성 시험 대상 품목을 선정한다면, 무기체계 개발 간 공통의 선정기준에 따른 분석에 기반하여 효과적이고 합리적인 의사 결정이 가능하며, 결과적으로 신뢰성 시험 진행 간 일부 과도하게 책정된 시험 기간 및 비용의 절감을 통해 무기체계 개발 비용의 효과적 사용을 도모할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] RiAC, "System Reliability Toolkit", pp.933, RiAC, 2015, pp.315.
- [2] Ministry of National Defence, "Instruction for Total Life Cycle System Management", pp.137, Ministry of National Defence, 2022, pp.39.
- [3] Defence Acquisition Program Administration, "Regulations on the Management of Defence Acquisition Program", pp.186, DAPA, 2021, pp.52.
- [4] Defence Acquisition Program Administration, "Rule

for Weapon System RAM analysis”, pp.31, DAPA, 2021, pp.11.

- [5] J. Y. Kim, G. Y. Kim, J. S. Kim. “Case Study on Identifying Critical Items for the Reliability Test”, *A collection of papers for Autumn Conference of The Korean Reliability Society*, The Korean Reliability Society, Goyang, Korea, October, 2019.
- [6] Y. H. Jung, A. M. Jung, K. H. Hwang. “Case Study on Selection of Core parts and Components for Reliability Test”, *KIMST Annual Conference Proceedings*, KIMST, Jeju, Korea, June, 2020.
- [7] J. H. Kim, B. K. Choi, G. S. Kwon, Y. H. Lee, J. W. Hwang. “Identify a Critical Item Using QFD”, *KIMST Annual Conference Proceedings*, KIMST, Jeju, Korea, June, 2019.
- [8] Y. T. Park. “Theory of Quality Management”, p.702, Korea Standards Association Media, 2014, pp. 199-216, pp. 314-363.
- [9] Defence Acquisition Program Administration, “Weapon System RAM(Reliability, Availability, Maintainability) Guidebook”, pp.153, DAPA, 2018, pp.41.
- [10] R.O.K Joint Chiefs of Staff, “Guidebook for Weapon System Test and Evaluation”, pp.315, R.O.K Joint Chiefs of Staff, 2015, pp.141-195.
- [11] DOD MIL-STD-785B, “Reliability Program for Systems and Equipment Development and Production”, pp.88, DOD, 1980, pp.42.
- [12] DOD MIL-HDBK-470A, “Designing and Developing Maintainable Products and Systems”, pp.716, DOD, 1997, pp.37.

김 재 황(Jae-Hwang Kim)

[정회원]



- 2015년 2월 : 성균관대학교 시스템경영공학과 (공학사)
- 2015년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 IPS연구소 선임연구원

<관심분야>

신뢰성공학, Machine Learning

정 주 현(Joo-Hyun Jung)

[정회원]



- 2010년 2월 : 한양대학교 산업공학과 (공학학사)
- 2013년 2월 : 한양대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2014년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원

<관심분야>

인간공학, UX, GUI

김 무 영(Moo-Young Kim)

[정회원]



- 2006년 7월 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (공학사)
- 2006년 7월 ~ 현재 : LIG넥스원 C4ISTAR IPS연구소 수석연구원

<관심분야>

통합체계지원(IPS), 총수명주기관리(TLCSM), 센서공학

최 동 현(Dong-Hyun Choi)

[정회원]



- 2008년 2월 : 한양대학교 산업공학 (공학석사)
- 2008년 8월 ~ 현재 : LIG넥스원 수석연구원

<관심분야>

시스템공학, TLCSM, 데이터마이닝

이 영 훈(Young-Hoon Lee)

[정회원]



- 2003년 8월 : 성균관대학교 전자
전기공학부 (공학학사)
- 2006년 2월 : 성균관대학교 전자
전기공학과 (공학석사)
- 2006년 4월 ~ 현재 : LIG 넥스원
선임연구원

〈관심분야〉

신뢰성 시험, 무기체계 양산