

AHP 기법을 적용한 부품국산화 제안요청서 정교화 연구

송형민
국방기술품질원

A Study on the Elaboration of Request for Proposal of Localization Parts using AHP method

Hyeong-Min Song

C4ISR Systems Engineering Team, Defense Agency for Technology and Quality

요약 본 연구는 국방기술품질원이 수행하는 핵심부품 국산화개발 지원사업의 제안요청서 정교화를 목적으로 한다. 제안요청서는 사업의 공고와 개발업체 선정, 개발품의 설계와 시험, 사업의 최종 평가와 규격화 등 부품국산화 사업의 전반에 걸쳐 가장 중요한 문서이다. 하지만 제안요청서가 사업 초기에 정교화 되지 않을 경우, 다양한 사유로 인해 잦은 변경이 이루어지면서 사업 실패의 위험이 증가하는 문제가 있다. 본 연구에서는 이러한 제안요청서의 정교화 필요성을 인지하고, 정량적인 정교화를 위해 AHP 기법을 적용하였다. 국산화개발품의 기계적/전기적 성능과 관련된 제안요청서의 8가지 요구사항과 각 요구사항별 3가지 정교화 방안을 계층화 구조로 설계하였고, 5점 척도의 AHP 기법을 적용하여 각각의 가중치를 산출하였다. AHP 설문조사는 부품국산화 사업에 참여하는 개발업체 인원 20명을 대상으로 실시되었고, AHP 설문결과의 일관성비율이 0.1 이하의 유효한 수준으로 나타났다. 산출된 가중치 중 가장 높은 값을 갖는 정교화 방안을 분류하고, 해당 정교화 방안의 해석 결과와 향후 연구방향을 제시하였다.

Abstract The purpose of this study is to elaborate the request for proposal (RFP) for the localization parts development support project of core parts carried out by the Defense Agency for Technology and Quality. The RFP is the most important document throughout the localization parts project, including project announcement and developer selection, design and test of the development product, final evaluation, and standardization of the project. However, if the RFP is not established at the beginning of the project, there is an increased risk of business failure due to frequent changes by various reasons. In this study, we recognized the necessity of elaboration of RFP and applied the AHP method for quantitative elaboration. Eight requirements of the RFP related to the mechanical/electrical performance of localized development products and three elaboration methods for each requirement were designed in a hierarchical structure, and each weight was calculated by applying the 5-point scale AHP method. The AHP survey was conducted with 20 developers participating in the localization parts project, and the consistency ratio of the AHP survey result was less than 0.1. The elaboration method with the highest value among the calculated weights is classified, and the analysis results and future research directions of the elaboration method are presented.

Keywords : AHP, Request For Proposal, Localization Parts, Consistency Ratio, Hierarchical Structure

본 논문은 국방기술품질원의 핵심부품 국산화개발 지원사업으로 수행되었음.

*Corresponding Author : Hyeong-Min Song(Defense Agency for Technology and Quality)

email: shm4748@daq.re.kr

Received September 24, 2019

Revised October 21, 2019

Accepted January 3, 2020

Published January 31, 2020

1. 서론

방위사업청의 「'18~'22 방위산업육성 기본계획」을 살펴보면, 무기체계 핵심부품 국산화개발 지원사업의 규모가 119억 원('18년) → 136억 원('20년) → 187억 원('22년)으로 점차 확대될 전망이다. 또한 부품국산화의 개념을 확장하여, 기존에 수입부품을 모방·대체하는 역할에서 벗어나 성능개량 및 순수개발 등으로 부품국산화의 범위를 확장하는 방향이 제시되고 있다.

이러한 변화를 발전시키기 위해서는 방위산업 분야 무기체계 부품국산화 사업의 성공률을 향상시켜야 한다. 하지만 최근 4년간(2014~2017년) 국방기술품질원에서 최종평가를 실시한 핵심부품 국산화개발 지원사업 33건 중, 12건이 성공하여 약 35%의 성공률을 기록하였다. 핵심부품 국산화개발 지원사업은 개발대상품에 관한 요구사항을 명시하는 문서인 제안요청서(RFP: Request For Proposal, 이하 RFP)의 요구사항을 모두 충족해야 성공으로 판정하므로, RFP의 완성도가 사업의 성공 여부에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 앞서 언급한 RFP 요구사항의 충족여부는 해당 요구사항에 따른 시험평가로 결정되므로, 시험평가와 관련된 요구사항의 정교화는 부품국산화 사업의 성공적인 시험평가 수행 및 사업 성공률 향상에 직결된다고 할 수 있다.

이처럼 부품국산화 사업의 성공률과 직결되는 RFP는, 최근까지도 잦은 변경이 이루어지고 있다. 2017년 4월부터 2019년 6월까지 국방기술품질원에서 심의한 RFP 변경 관련 평가위원회 9건 및 이와 관련된 핵심부품 국산화개발 지원사업 30건의 RFP 변경 유형과 사유를 조사하였다. 조사결과, RFP 변경 유형 118건 중 '시험기준 명확화'가 78건(약 66%)으로써 가장 주요한 RFP 변경 유형이었고, RFP 변경 사유 118건 중 '원제작사 기술자료'가 29건(약 25%)으로써 가장 주요한 RFP 변경 사유로 분석되었다.

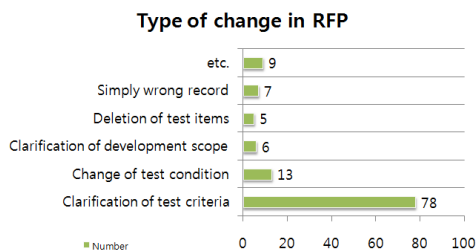


Fig. 1. The type of change in RFP(2017.4.~2019.6.)

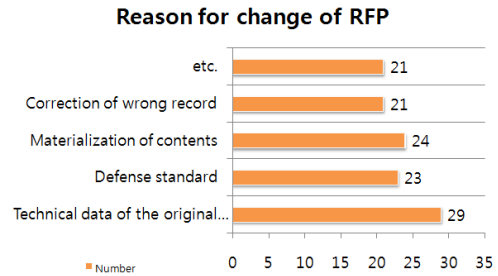


Fig. 2. The reason for change of RFP(2017.4.~2019.6.)

Fig. 1~2와 같이 부품국산화 사업의 수행 중 발생하는 RFP의 변경은, 경쟁 관계에 있는 개발업체 간의 형평성 문제를 야기할 수 있다. 국방기술품질원에서 공고하는 부품국산화 사업은 부품국산화 통합정보관리시스템(<http://compas.dtaq.re.kr/compas/>)에 RFP가 공고된다. 해당 사업에 참여하고자 하는 업체는 공고된 RFP의 요구사항을 달성하기 위한 방법 및 계획을 경쟁적으로 제시하게 되고, 평가를 통해 개발업체를 최종적으로 선정된다. 하지만 사업 도중에 RFP가 변경되어 요구사항이 완화된되거나 바뀔 경우, 공고 단계에서 경쟁에 밀린 업체에서는 불만을 제기할 수 있으며 민원이 발생할 여지가 생긴다.

또한 RFP가 변경됨에 따라, 개발대상품의 설계를 도중에 바꿔야 할 수 있으며, 시제품 제작 및 시험평가 기간의 부족을 초래하여 사업기간을 연장해야 할 수 있다. 사업기간의 연장은 단순히 협약기간이 연장되는 것에 국한되지 않으며, 개발대상품의 개발완료 시점과 이것이 적용되는 무기체계의 양산 시점이 틀어지고 결과적으로 원가절감 효과 및 중소기업 육성에 악영향을 미칠 수 있다. 이처럼 현재까지의 RFP는 다수의 변경이 발생하고 있으며 이에 따른 사업적인 문제를 해결하기 위해서는 RFP의 정교화가 필요하다. 하지만 방위산업 분야 부품국산화 사업의 RFP는 관련 규정에서도 명확한 작성 지침이 없으며, 정량적인 정교화 연구사례가 부족하다.

본 논문에서는 부품국산화 사업의 RFP 정교화 방안 연구를 위해, 계층분석법(AHP: Analytic Hierarchy Process, 이하 AHP)을 활용하였다. AHP는 해결하고자 하는 목표를 이루는 다수의 속성들을 계층으로 분류하고 각 속성별 가중치를 산출하여 목표 달성을 위한 최적의 방안을 평가하는 기법이다. 이것은 다양한 이해관계자가 참여하는 부품국산화 사업에서 객관적인 의사결정에 적합한 의사결정방법이다.

2. 선행 연구사례 및 이론적 배경

2.1 선행 연구사례

정성민[1]의 “AHP 기법을 활용한 부품국산화 활성화 방안 연구”는 부품국산화 사업에서 AHP를 적용한 대표적인 선행 연구사례이다. 이 연구에서는 ‘13~17 방산 부품 국산화 종합계획’에 근거한 부품국산화 활성화 방안을 연구하기 위해, 중점적으로 관리 및 추진해야하는 분야에 대한 정량적 가중치(weight)의 산출 및 상대적인 우선순위 도출을 위해 AHP를 적용하였다. 연구를 위해 설계한 계층화 구조의 각 단계별 일관성 비율(consistency ratio)을 0.2 이하로 산출하여 설문 및 AHP 분석결과의 신뢰성 확보 여부를 확인하였다. 그리고 평가항목별 가중치 값의 크기에 따른 우선순위를 도출하여, 부품국산화 활성화 방안들의 상대적인 중요도를 분석하였다.

부품국산화 사업의 RFP 연구 이외에도, 성윤필[2]의 “무기체계 핵심부품 국산화의 효율성 제고를 위한 개선 방안”과 같은 부품국산화 활성화를 위한 선행 연구사례가 있다. 여기에서는 2010년도 이후부터 2015년 1월까지 종료된 핵심부품 국산화개발 지원사업 14건에 관한 사례분석을 실시하고 개발실패 사례로부터 마일스톤 기반의 사업관리 절차 개선안을 제시하고 있다. 또한 개선안의 적용에 따른 부품국산화 사업의 예산절감 효과를 분석하기 위해, 민감도 분석 및 몬테카를로 시뮬레이션(Monte-Carlo simulation)을 실시하였다.

이 외에도 SW발주기술지원센터[3]의 “공공SW사업 제안요청서 작성을 위한 요구사항 상세화 실무 가이드라인” 연구사례를 들 수 있다. 이것은 불명확한 RFP 요구사항으로 인해 발생하는 품질저하 및 사업부실 문제를 해결하기 위해, 각 요구사항을 2가지의 데이터 기능 유형과 3가지의 트랜잭션 기능 유형으로 분류하고 유형별 기능점수(function point) 가중치를 적용하고 있다.

본 논문에서는 AHP를 적용한 선행 연구사례를 토대로, Fig. 3과 같은 절차에 따라 핵심부품 국산화개발 지원사업의 RFP 정교화 방안을 연구하였다. 그리고 부품국산화 사업의 요구분석, 설계, 시험평가, 규격화를 관리하는 개발관리의 관점에서 AHP 수행결과를 분석하였다.

2.2 AHP 개념

AHP는 1970년대 미국의 Saaty에 의해 개발된 의사결정지원방법론(decision-aiding methodology)이다. AHP는 의사결정 문제를 해결하기 위한 목표를 설정하고, 그 목

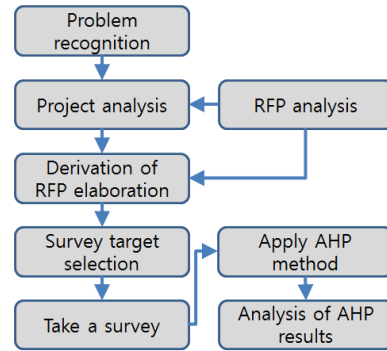


Fig. 3. AHP research procedure diagram

표를 달성하기 위한 기준(criteria)과 대안(alternatives)을 계층화(hierarchy)하여 쌍대비교(pairwise comparison)한다. 쌍대비교를 통해 기준과 대안들의 가중치를 산출하고 일관성 비율을 계산하여 설문 응답의 일관성을 판단한다.

본 연구에서는 “부품국산화 RFP 정교화”를 목표로 설정하고, RFP를 구성하는 8가지 요구사항(requirements)인 기능 및 성능, 적용장비 인터페이스, 환경조건, 신뢰도, 체계/부체계적합성, 운용시험, ILS, 소프트웨어 신뢰성을 쌍대비교의 기준으로 설정하였다. 그리고 기준 간 선호도를 척도(scale)로 설정하고, 선호도에 따른 기준 간 쌍대비교 설문을 수행하였다. AHP의 척도에 관한 관련 논문의 연구에 따르면, AHP에서 활용되는 대표적인 척도인 9점 척도의 경우, 5점 척도에 비해 일관성 비율이 낮게 산출되어 AHP 설문 응답자들의 일관성이 향상되는 결과가 소개되기도 한다.[4] 일반적으로 AHP 기법에서 설문 응답자들의 일관성 비율이 0.1 이내이면 합리적인 일관성을 갖는 응답으로 해석하며, 일관성 비율이 0.2 이내이면 용납할 수 있고, 그 이상일 경우엔 일관성이 부족한 응답으로 해석한다.[1, 4] 이에 따라 본 연구에서는 AHP 설문 응답자들의 일관성 비율이 0.2 이상일 경우엔 일관성이 부족하다고 판단하여 대상에서 제외하였다. 쌍대비교 횟수는 기준의 수에 따라 28회로 설정되었다. 이처럼 경우의 수가 많은 경우에서의 관련 연구결과를 인용하여 본 연구에서는 5점 척도를 적용하였다.[5]

2.3 AHP 설계

본 연구에서의 AHP 평가항목에 해당하는 8가지 기준에 관한 정의는 Table 1과 같으며, 각 기준별 정교화 방안인 세부기준(sub-criteria)은 Table 2와 같다. 여기서 기준은 2.2절에서 언급한 RFP 표준서식에서 ‘주요개발 요구사항’으로 제시되는 8가지 핵심 요구사항이며, 개발

대상품의 성능 및 사업의 성공에 영향을 끼치는 사항들 로써 본 연구에서 정교화 하려는 대상이다. 그리고 세부 기준은 2.2절에서 언급된 대안에 해당하며, 각 기준의 정교화 방안을 의미한다. 이것은 Fig. 1~2의 데이터 및 부품국산화 개발관리 경험으로부터 도출된 내용이다.

Table 1. Definition of AHP criteria

Criteria	Definition
Function and performance	Mechanical/Electrical function and performance of the developed product
Application equipment interface	Mechanical/Electrical/Software interface of developed product
Environmental condition	Environment/Electromagnetic compatibility condition of developed product or (sub)system equipment
Reliability	Hardware/Software reliability of developed product
System and subsystem compatibility	Mechanical/Electrical/Software functions and performance compatibility with developed and system equipment
Operation test	Operation performance of the developed product mounted on the (sub)system equipment
ILS	Influence of technical manual or maintenance manual
Software reliability	Software static and dynamic testing of developed products

Table 2. Definition of AHP criteria and sub-criteria

Criteria	Sub-criteria
Function and performance	Review of original manufacturer's technical documents
	Review of Korean Defense Specifications
	Analysis of original manufacturer's products
Application equipment interface	Hardware interface of the developed product
	Software interface of the developed product
	Interface with system equipment
Environmental condition	Environmental condition of the developed product
	Environmental condition of the subsystem product
	Environmental condition of the system product
Reliability	Reliability of the developed product
	Reliability of the subsystem product
	Reliability of the system product
System and subsystem compatibility	Subsystem compatibility test
	System equipment with the most severe compatibility test conditions among the various system equipment
Operation test	Compatibility test conditions of all system equipment
	No operational test required (only when necessary)
	M&S analysis for alternative operation test

	Practical operation test of equipment for operational test
ILS	Identify engineering changes in technical manuals
	Improve maintenance due to design changes
	Improve operational capability by changing design
Software reliability	Software reliability test(static/dynamic)
	Verification of open source software
	Avoiding software intellectual property rights of original manufacturer

본 연구의 기초 데이터로 활용된 Fig. 1~2에 해당하는 부품국산화 사업정보는 Table 3과 같으며, 각 사업의 개발관리번호(project code)별 요구사항 건수를 나타냈다.

Table 3. Data of RFP change deliberation

No.	Deliberation	Project code	Number of requirements	
			total	changed
1	17-5th	C130001	53	23
2		C140008	20	
3		C140009	61	
4		C150006	71	
5		C160003	40	
6	17-10th	C140006	34	10
7		C150003	21	
8		C150005	39	
9		C150007	17	
10	17-14th	C140003	21	29
11		C140011	20	
12		C150004	13	
13		C160001	27	
14		C160002	25	
15	18-5th	C160005	67	3
16		C150007	17	
17	18-9th	C170006	36	4
18	18-9th	C140011	20	4
19		C140011	20	
20	18-12th	C170007	55	5
21		C170002	24	
22	19-2nd	C170003	24	29
23		C170005	23	
24		C170008	30	
25		C180001	24	
26	19-3rd	C160004	30	1
27	19-6th	C170006	36	14
28		C180002	22	
29		C180003	14	
30		C180006	28	

Table 1~2에서 정의한 8가지 기준과 각 기준별 3가지 세부기준을 계층화 구조로 정리하면, Fig. 4와 같이 표현할 수 있다. 계층화 구조로부터 AHP 기법을 적용하여, 기준 및 세부기준의 가중치를 산출하고 그 결과를 분석하였다.[6-7]

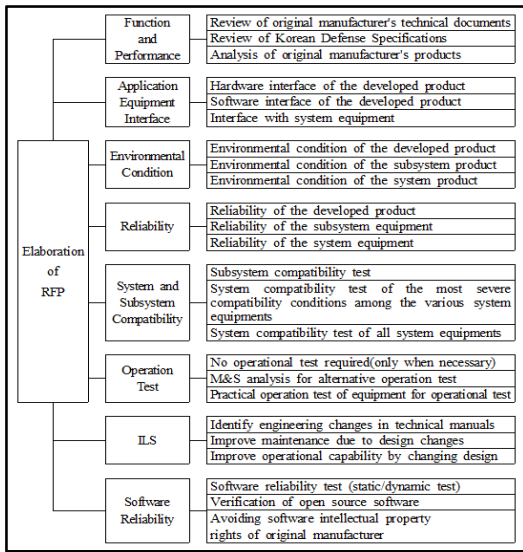


Fig. 4. Hierarchical structure of AHP

2.4 AHP 수행 방법

계층화 구조로부터 8가지 기준들의 쌍대비교 행렬을 구성하면, 8×8 정방행렬(square matrix)로 나타내진다. 이 쌍대비교 행렬은 i번째 기준이 j번째 기준보다 얼마나 중요한지에 관한 척도(a_{ij})를 5점 척도(3점, 2점, 1점, 1/2점, 1/3점)로 나타내며, i=j인 주대각선(main diagonal)은 1이 된다. 이때 정방행렬 A의 하삼각행렬 요소들은 상삼각행렬 요소들의 역수로 표현되며 Eq. (1)과 같다. 정방행렬 A로부터 합성화 과정(synthesization process)을 통해 AHP 결과를 도출할 수 있다. 각 단계별 절차는 다음과 같다.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} & a_{17} & a_{18} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} & a_{27} & a_{28} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & a_{34} & a_{35} & a_{36} & a_{37} & a_{38} \\ 1/a_{14} & 1/a_{24} & 1/a_{34} & 1 & a_{45} & a_{46} & a_{47} & a_{48} \\ 1/a_{15} & 1/a_{25} & 1/a_{35} & 1/a_{45} & 1 & a_{56} & a_{57} & a_{58} \\ 1/a_{16} & 1/a_{26} & 1/a_{36} & 1/a_{46} & 1/a_{56} & 1 & a_{67} & a_{68} \\ 1/a_{17} & 1/a_{27} & 1/a_{37} & 1/a_{47} & 1/a_{57} & 1/a_{67} & 1 & a_{78} \\ 1/a_{18} & 1/a_{28} & 1/a_{38} & 1/a_{48} & 1/a_{58} & 1/a_{68} & 1/a_{78} & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Where, A denotes square matrix, a_{ij} denotes entry

1단계) 정방행렬 A의 각 열에 대한 합을 구하고, 계산된 열의 합으로 각 성분(entry)을 나누는 정규화(normalization) 과정을 수행한다. 정방행렬의 1열에 대한 정규화를 수식으로 표현하면 Eq. (2)와 같으며 정규화된 열의 총 합은 1로 계산된다.

$$\sum_{j=1}^n \left\{ \frac{a_{j1}}{\sum_{i=1}^n a_{i1}} \right\} = \frac{a_{11}}{(a_{11} + \dots + a_{n1})} + \dots \quad (2)$$

$$+ \frac{a_{n1}}{(a_{11} + \dots + a_{n1})} = 1$$

2단계) 정규화된 정방행렬 A_w의 각 행에 대한 합을 구하고, 계산된 행의 합을 열의 개수로 나누어 행의 평균을 구한다. 이때 행의 평균값을 가중치(w_i)라고 한다. 정규화된 정방행렬 A_w는 Eq. (3)과 같다.

$$A_w = \begin{pmatrix} aw_{11} & aw_{12} & \dots & aw_{1n} \\ aw_{21} & aw_{22} & \dots & aw_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ aw_{n1} & aw_{n2} & \dots & aw_{nn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$= \begin{pmatrix} \frac{a_{11}}{\sum_{i=1}^n (a_{i1})} & \frac{a_{12}}{\sum_{i=1}^n (a_{i2})} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum_{i=1}^n (a_{in})} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum_{i=1}^n (a_{i1})} & \frac{a_{n2}}{\sum_{i=1}^n (a_{i2})} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum_{i=1}^n (a_{in})} \end{pmatrix}$$

Where, A_w denotes normalized square matrix, aw_{ij} denotes normalized entry

이때 n×1의 열벡터로 표현되는 가중치 행렬(W)은 Eq. (4)와 같이 계산되며 가중치 행렬 성분들의 합은 1로 계산된다.

$$W = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(\frac{1}{n} \right) \left\{ \frac{a_{11}}{\sum_{i=1}^n (a_{i1})} + \dots + \frac{a_{1n}}{\sum_{i=1}^n (a_{in})} \right\} \\ \vdots \\ \left(\frac{1}{n} \right) \left\{ \frac{a_{n1}}{\sum_{i=1}^n (a_{i1})} + \dots + \frac{a_{nn}}{\sum_{i=1}^n (a_{in})} \right\} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Where, W denotes weight matrix, w_i denotes weight

3단계) 가중치행렬 W의 각 성분을 정방행렬 A의 각 성분에 곱한 후, 각 행에 대한 합을 구한다. 이후 행렬 A_w의 각 행의 합을 가중치행렬의 각 요소로 나누는 후, 행렬 A_w의 모든 성분의 산술평균을 산출한다. 이때 산술평균의 값은 AHP 기법에서 적용되는 고유값 방법(eigenvalue method)의 최대 고유값(λ_{max})이 된다. 이때 최대 고유값 λ_{max}는 Eq. (5)와 같이 계산된다.[8-9]

$$\lambda_{\max} = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \left[\left\{ \frac{\sum_{j=1}^n (a_{ij} \times w_j)}{w_i} \right\} \right] \quad (5)$$

$$= \left(\frac{1}{n} \right) \left[\left\{ \frac{(a_{11}w_1 + \dots + a_{1n}w_n)}{w_1} \right\} + \dots \right. \\ \left. + \left\{ \frac{(a_{n1}w_1 + \dots + a_{nn}w_n)}{w_n} \right\} \right]$$

Where, λ_{\max} denotes maximum eigenvalue

4단계) 계산된 최대 고유값을 통해 Eq. (6)과 같이 일관성 지수(consistency index)를 계산한다. 계산된 일관성 지수를 정방행렬 A의 성분 개수에 해당하는 무작위 지수(random index)로 나누어, Eq. (7)과 같은 일관성 비율을 구한다.

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (6)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{1}{1.41} \left\{ \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \right\} \quad (7)$$

Where, CI denotes consistency index, RI denotes random index, CR denotes consistency ratio, n denotes number of criteria

Table 4. Random Index

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

3. 연구 결과

3.1 AHP 수행 결과

국방기술품질원의 부품국산화 사업에 참여하는 개발 업체 인원 20명을 대상으로, AHP 설문조사를 수행하였다. 설문 대상자들이 2015년부터 현재까지 최근 5년간 참여한 부품국산화 사업을 중복 집계한 결과, 총 58건으로 나타났고 이 중 핵심부품 국산화개발 지원사업이 43건(74.14%)이었다. 그리고 중소벤처기업부가 정부사업비를 지원하는 구매조건부 신제품개발사업이 5건(8.62%), 개발업체가 사업비를 자체 투자하여 개발하는 일반부품국산화사업이 8건(13.79%), 무응답 2건(3.45%)으로 나타났다. 위와 같은 집계결과에 따라, AHP 설문조사대상으로서 타당하다고 판단하였다.

Fig. 4와 같은 계층화 구조에서 8가지 기준 및 3가지 세부기준들에 관한 5점 척도의 선호도 조사를 수행하였고, 상대적인 가중치 값을 산출하였다. 모든 설문 응답자들의 일관성 비율은 0.2 이내로 확인되었으므로, 유효한 설문 응답으로 판단하였다. AHP 설문지는 Fig. 5~6과 같으며, AHP 5점 척도는 Table 5와 같이 적용하였다.

AHP Question	
1	How important do you think "Function and Performance" is than "Application Equipment Interface" ?
2	How important do you think "Function and Performance" is than "Environmental Condition" ?
3	How important do you think "Function and Performance" is than "Reliability" ?
4	How important do you think "Function and Performance" is than "System and Subsystem compatibility" ?
5	How important do you think "Function and Performance" is than "Operation Test" ?
6	How important do you think "Function and Performance" is than "ILS" ?
7	How important do you think "Function and Performance" is than "Software Reliability" ?
8	How important do you think "Application Equipment Interface" is than "Environmental Condition" ?
9	How important do you think "Application Equipment Interface" is than "Reliability" ?
10	How important do you think "Application Equipment Interface" is than "System and Subsystem compatibility" ?
11	How important do you think "Application Equipment Interface" is than "Operation Test" ?
12	How important do you think "Application Equipment Interface" is than "ILS" ?
13	How important do you think "Application Equipment Interface" is than "Software Reliability" ?
14	How important do you think "Environmental Condition" is than "Reliability" ?
15	How important do you think "Environmental Condition" is than "System and Subsystem compatibility" ?
16	How important do you think "Environmental Condition" is than "Operation Test" ?
17	How important do you think "Environmental Condition" is than "ILS" ?
18	How important do you think "Environmental Condition" is than "Software Reliability" ?
19	How important do you think "Reliability" is than "System and Subsystem compatibility" ?
20	How important do you think "Reliability" is than "Operation Test" ?
21	How important do you think "Reliability" is than "ILS" ?
22	How important do you think "Reliability" is than "Software Reliability" ?
23	How important do you think "System and Subsystem compatibility" is than "Operation Test" ?
24	How important do you think "System and Subsystem compatibility" is than "ILS" ?
25	How important do you think "System and Subsystem compatibility" is than "Software Reliability" ?
26	How important do you think "Operation Test" is than "ILS" ?
27	How important do you think "Operation Test" is than "Software Reliability" ?
28	How important do you think "ILS" is than "Software Reliability" ?

Fig. 5. AHP questionnaire form for criteria

1. Question for "Function and Performance"	
1	How important do you think "Review of original manufacturer's technical documents" is than "Review of Korean Defense Specifications" ?
2	How important do you think "Review of original manufacturer's technical documents" is than "Analysis of original manufacturer's products" ?
3	How important do you think "Review of Korean Defense Specifications" is than "Analysis of original manufacturer's products" ?
2. Question for "Application Equipment Interface"	
1	How important do you think "Hardware interface of the developed product" is than "Software interface of the developed product" ?
2	How important do you think "Hardware interface of the developed product" is than "Interface with system equipment" ?
3	How important do you think "Software interface of the developed product" is than "Interface with system equipment" ?
3. Question for "Environmental Condition"	
1	How important do you think "Environmental condition of the developed product" is than "Environmental condition of the subsystem product" ?
2	How important do you think "Environmental condition of the developed product" is than "Environmental condition of the system product" ?
3	How important do you think "Environmental condition of the subsystem product" is than "Environmental condition of the system product" ?
4. Question for "Reliability"	
1	How important do you think "Reliability of the developed product" is than "Reliability of the subsystem equipment" ?
2	How important do you think "Reliability of the developed product" is than "Reliability of the system equipment" ?
3	How important do you think "Reliability of the subsystem equipment" is than "Reliability of the system equipment" ?
5. Question for "System and Subsystem Compatibility"	
1	How important do you think "Subsystem compatibility test" is than "System compatibility test of the most severe compatibility conditions among the various system equipment" ?
2	How important do you think "Subsystem compatibility test" is than "System compatibility test of all system equipment" ?
3	How important do you think "System compatibility test of the most severe compatibility conditions among the various system equipment" is than "System compatibility test of all system equipment" ?
6. Question for "Operation Test"	
1	How important do you think "No operational test required(only when necessary)" is than "M&S analysis for alternative operation test" ?
2	How important do you think "No operational test required(only when necessary)" is than "Practical operation test of equipment for operational test" ?
3	How important do you think "M&S analysis for alternative operation test" is than "Practical operation test of equipment for operational test" ?
7. Question for "ILS"	
1	How important do you think "Identify engineering changes in technical manuals" is than "Improve maintenance due to design changes" ?
2	How important do you think "Identify engineering changes in technical manuals" is than "Improve operational capability by changing design" ?
3	How important do you think "Improve maintenance due to design changes" is than "Improve operational capability by changing design" ?
8. Question for "Software Reliability"	
1	How important do you think "Software reliability test(static / dynamic test)" is than "Verification of open source software" ?
2	How important do you think "Software reliability test(static / dynamic test)" is than "Avoiding software intellectual property rights of original manufacturer" ?
3	How important do you think "Verification of open source software" is than "Avoiding software intellectual property rights of original manufacturer" ?

Fig. 6. AHP questionnaire form for sub-criteria

Table 5. AHP 5-point scale

Strongly important	Moderately important	Usually	Not important	Not very important
3	2	1	1/2	1/3

AHP 설문 응답자들의 설문결과를 종합하기 위해서는 기하평균을 적용해야 한다. i번째 응답자의 정방행렬 B, j번째 응답자의 정방행렬 C, k번째 응답자의 정방행렬 D 를 가정하고, 각 행 및 열에 위치한 성분들의 기하평균 방법을 적용한 정방행렬 A는 Eq. (8)과 같이 계산될 수 있다.

$$A = \begin{pmatrix} \sqrt[3]{b_{11}c_{11}d_{11}} & \sqrt[3]{b_{12}c_{12}d_{12}} & \cdots & \sqrt[3]{b_{1n}c_{1n}d_{1n}} \\ \sqrt[3]{b_{21}c_{21}d_{21}} & \sqrt[3]{b_{22}c_{22}d_{22}} & \cdots & \sqrt[3]{b_{2n}c_{2n}d_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sqrt[3]{b_{n1}c_{n1}d_{n1}} & \sqrt[3]{b_{n2}c_{n2}d_{n2}} & \cdots & \sqrt[3]{b_{nn}c_{nn}d_{nn}} \end{pmatrix} \quad (8)$$

Where, A denotes square matrix applied geometric mean

Eq. (8)과 같이 8가지 기준에 관한 AHP 설문 응답 결과를 종합하면, Eq. (9~10)과 같은 정방행렬 A와 가중치행렬 W가 구해진다. 또한 이 정방행렬 A의 일관성 비율은 Eq. (11)과 같이 계산되었으며, 이 값은 0.1보다 매우 작으므로 AHP 설문 결과의 일관성이 확보되었다고 해석할 수 있다.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1.423 & 1.374 & 1.423 & 1.189 & 1.282 & 1.751 & 1.534 \\ 0.703 & 1 & 1.256 & 1.347 & 1.155 & 1.282 & 1.525 & 1.556 \\ 0.728 & 0.796 & 1 & 1.214 & 1.041 & 1.041 & 1.452 & 1.423 \\ 0.703 & 0.743 & 0.824 & 1 & 1.066 & 1.015 & 1.282 & 1.308 \\ 0.840 & 0.865 & 0.960 & 0.938 & 1 & 1.327 & 1.565 & 1.565 \\ 0.779 & 0.779 & 0.960 & 0.985 & 0.753 & 1 & 1.634 & 1.726 \\ 0.571 & 0.656 & 0.689 & 0.779 & 0.639 & 0.612 & 1 & 1.041 \\ 0.652 & 0.643 & 0.703 & 0.764 & 0.639 & 0.579 & 0.960 & 1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

$$W = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \\ w_6 \\ w_7 \\ w_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.166 \\ 0.146 \\ 0.129 \\ 0.119 \\ 0.135 \\ 0.126 \\ 0.089 \\ 0.089 \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{1}{1.41} \left\{ \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \right\} = \frac{1}{1.41} \left\{ \frac{(8.03943 - 8)}{(8-1)} \right\} \approx 0.0039 \ll 0.1 \quad (11)$$

Eq. (10)의 가중치 행렬의 각 행별 성분들은, 부품국산화사업 RFP의 8가지 요구사항별 가중치이며 Table 6과 같다. 이로부터 부품국산화 RFP의 8가지 요구사항 중 '기능 및 성능'이 가장 중요한 요구사항으로 해석되었고, '적용장비 인터페이스'와 '체계/부체계적합성'이 그 뒤를

이었다. 반면 ILS 요소와 소프트웨어 신뢰성은 가장 낮은 가중치를 기록하였다.

Table 6. Result of AHP for criteria

Criteria	Weight	Priority
Function and Performance	0.166	1
Application Equipment Interface	0.146	2
Environmental Condition	0.129	4
Reliability	0.119	6
System and Subsystem Compatibility	0.135	3
Operation Test	0.126	5
ILS(Integrated Logistic Support)	0.089	7
Software Reliability	0.089	7

3가지의 세부기준에 관한 AHP 결과는 Table 7과 같으며, 설문으로부터 얻어진 세부기준들의 중요도는, 부품국산화 사업에 참여하는 설문 응답자들이 생각하는 RFP 기준별 우선적으로 고려되어야 할 방안의 중요도를 나타낸다.

Table 7. Result of AHP for sub-criteria

No.	Sub-criteria	Weight	Priority
1	Review of original manufacturer's technical documents	0.434	1
	Review of Korean Defense Specifications	0.292	2
	Analysis of original manufacturer's products	0.274	3
2	Hardware interface of the developed product	0.382	1
	Software interface of the developed product	0.315	2
	Interface with system equipment	0.303	3
3	Environmental condition of the developed product	0.344	1
	Environmental condition of the subsystem product	0.337	2
	Environmental condition of the system product	0.319	3
4	Reliability of the developed product	0.410	1
	Reliability of the subsystem product	0.321	2
	Reliability of the system product	0.269	3
5	Subsystem compatibility test	0.385	1
	System equipment with the most severe compatibility test conditions among the various system equipment	0.324	2
	Compatibility test conditions of all system equipment	0.291	3
6	No operational test required (only when necessary)	0.372	1
	M&S analysis for alternative operation test	0.304	3
	Practical operation test of equipment for operational test	0.323	2
7	Identify engineering changes in technical manuals	0.269	3
	Improve maintenance due to design changes	0.358	2
	Improve operational capability by changing design	0.373	1
8	Software reliability test(static/dynamic)	0.416	1
	Verification of open source software	0.306	2
	Avoiding software intellectual property rights of original manufacturer	0.279	3

3.2 AHP 결과 해석

AHP 결과는 RFP 요구사항 및 정교화 방안들의 가중치를 정량적으로 보여주며, RFP 요구사항의 완성도를 정량적으로 평가하는 평가지표 마련을 위한 참조자료가 될 수 있다. 현재 방위사업청과 국방기술품질원의 관련 규정에서는 부품국산화 사업의 RFP를 평가하는 평가지표가 정량화되어 있지 않아, 이 분야에서 본 연구결과가 갖는 의미는 크다고 할 수 있다.

AHP 설문 응답자들은 '기능 및 성능'(0.166)을 가장 중요한 RFP 요구사항으로 선정하였고, '원제작사 기술자료 검토(0.434)'를 가장 적절한 정교화 방안으로 선정되었다. 이것은 Fig. 1의 RFP 변경 유형에서 약 66% 비율로 집계된 '시험기준 명확화'와 RFP 변경 사유에서 약 25% 비율의 '원제작사 기술자료'와 연관이 깊다. '기능 및 성능'은 원제작사 기술자료에 근거한 정량적인 기계적/전기적 성능으로써, 국산화 개발된 제품의 성능 검증을 위한 시험평가의 기준이 된다. 또한 '기능 및 성능'은 시험평가 이후 국산화 개발품의 규격화 시, 양산품질 관리를 위해 작성하는 품질보증요구서(QAR: Quality Assurance Requirement, 이하 QAR)에도 반영된다. 따라서 AHP 결과와 Fig. 1의 결과를 토대로, RFP 요구사항 중 '기능 및 성능'이 가장 중요한 요구사항이라 할 수 있다.

국산화개발품의 '기능 및 성능' 이외에, 국산화개발품이 적용되는 체계/부체계장비와 관련된 '적용장비 인터페이스(0.146)', '체계/부체계적합성(0.135)', '환경조건(0.129)', '운용시험(0.126)', '신뢰도(0.119)' 순으로 가중치가 산출되었다. 적용장비 인터페이스와 환경조건, 신뢰도의 정교화 방안은 모두 개발품에 집중하는 방향성을 보였다. 다만 체계/부체계적합성의 가중치가 환경조건, 운용시험, 신뢰도보다 상대적으로 높다는 점이 주목할 만하다.

체계/부체계적합성 시험은 체계장비의 확보 문제, 해당 체계장비를 운용중인 군과의 협조 문제, 과도한 시험비용의 발생, 시험난이도 상승에 따른 시험기간의 장기화 등 사업관리 측면의 위험이 따르는 어려운 시험이다.[10] 따라서 국산화개발품의 기능 및 성능이 체계장비에 미치는 영향성을 면밀히 검토하여, 체계/부체계적합성 시험의 범위를 결정할 필요가 있다. 이에 대한 정교화 방안으로는, '부체계 장비에서의 적합성시험(0.385)'이 가장 높은 가중치로 산출되었다. 이것은 최상위 체계장비가 아닌 부체계장비의 QAR에 따른 적합성시험만으로도, 국산화 개발품의 체계 연동성 검증이 가능하다는 설문 응답자들의 인식을 시사한다.

‘운용시험(0.126)’은 국산화개발품의 실제 군 작전운용 성능 등을 검증하는 시험으로서, 국산화개발품의 특성에 따라 필요 시 수행하고 있다. 하지만 한정된 기간 동안 시험을 완료해야하는 부품국산화 사업의 특성상, 작전수행을 최우선으로 하는 군과의 시험평가 일정을 조율하는 것은 매우 어렵다. 이에 대한 정교화 방안으로는, ‘운용시험 불필요(필요시에만 수행)(0.372)’가 가장 높은 가중치로 산출되었다. 이것은 체계장비 중 일부분의 성능에만 관여하는 대부분의 국산화개발품 특성상, 체계/부체계 적합성 시험보다 시험범위와 난이도가 높은 운용시험이 불필요하다는 설문 응답자들의 인식을 시사한다.

‘ILS요소(0.089)’ 및 ‘소프트웨어 신뢰성(0.089)’는 다른 요구사항 기준들에 비해 낮은 가중치로 산출되었다. 이것은 부품국산화 사업에서 개발하는 국산화개발품의 특성상, 기술교범에 영향이 없는 하위 부품 또는 소프트웨어가 포함되지 않는 부품 등을 개발하는 경우도 있기 때문인 것으로 해석될 수 있다. 이에 대한 정교화 방안으로는 ‘설계 변경에 따른 작전운용능력의 향상(0.373)’, ‘소프트웨어 신뢰성시험(0.416)’이 가장 높은 가중치로 산출되었다. 이것은 국산화개발품의 설계 단계에서, 군 작전운용능력을 향상시킬 수 있는 설계방안이 필요하며, 관련 규정에 따른 소프트웨어 신뢰성시험 수행이 필요함을 뜻한다. 이러한 정교화를 통해 사용자 중심의 설계와 소프트웨어 성능 검증 내용을 RFP에 반영해야 한다.

향후 연구 방향으로는, 본 연구에서 분석된 AHP 수행 결과의 기준별 가중치를 $\pm 10\%$ 범위로 변경시켜서 초기 가중치에 비해 얼마나 민감하게 변화하는지에 대한 민감도 분석을 수행할 필요가 있다.[11] 이것은 기준들의 가중치 변화에 따른 세부기준들의 선호도와 우선순위 변화를 추적하는 분석으로써, 일반적으로는 분석 결과에 대한 강건성(robustness)을 판단하게 해주며, 세계 60여개 나라에서 활용되던 AHP 분석 프로그램인 ‘Expert Choice’를 대체하는 ‘I Make It’과 같은 유료소프트웨어로 분석될 수 있다.[8, 11]

4. 결론

본 연구는 핵심부품 국산화개발 지원사업의 RFP 정교화를 위한 AHP 분석을 수행하여, RFP 요구사항 및 정교화 방안에 관한 정량적인 가중치를 산출하고 AHP 결과에 대한 부품국산화 개발관리 측면의 해석을 제시하였다. 부품국산화 사업은 그 규모와 중요성, 난이도에 비해 사

업 성공률에 직접적인 영향일 미치는 RFP에 관한 정량적인 평가지표가 부재하였다. 이러한 RFP 평가지표는 핵심부품 국산화개발 지원사업을 총괄하는 방위사업청과 해당 사업을 수행하는 국방기술품질원이 관련 규정의 개정 또는 제정을 통해 마련할 수 있다. 이를 통해 부품국산화사업 RFP의 완성도를 끌어올려야 하며, 여기에 본 연구결과가 적용될 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] S. M. Jung, An Analysis on the Measures for Promoting of Components Localization Using AHP, [cited 2013], Available From : <https://www.kdia.or.kr> (accessed Oct. 13, 2019)
- [2] Y. P. Sung, S. I. Sung, “Ways to Improve the Efficiency of Core-Component Localization of Weapons Systems”, *The Quarterly J. of Defense Policy Studies*, Vol.31, No.2, pp.103-126, 2015
- [3] Software Acquisitions Support Center, Practical Guideline for detailed Requirements for drafting Public SW Project RFP, p.489, Software Acquisitions Support Center, 2018, p.24
- [4] K. W. Song, Y. Lee, “Re-scaling for Improving the Consistency of the AHP Method”, *Social Science Research Review*, Vol.29, No.2, pp.271-288, 2013
- [5] Y. L. Jung, H. H. Nam, “A Development of the Post-evaluation Index about Maintenance of Remains by Using Delphi and AHP Method”, *J. of Architectural History*, Vol.23, No.4, pp.19-33, 2014
DOI: <https://doi.org/10.7738/JAH.2014.23.4.019>
- [6] C. S. Kim, K. K. Cho, “A Study on the Development of Evaluation Indicators for the Proposals of National Defense Core-Technology R&D Projects”, *Industrial Engineering Interfaces*, Vol.21, No.1, pp.96-108, 2008
- [7] C. S. Kim, “Development of Evaluation Indicators for the Proposals of National Defense Core Technology R&D Projects”, Ph.D dissertation, National University of Pusan, pp.57-60, 2008
- [8] J. H. Min, Smart Management Science, p.696, Life & Power Press Publishers, 2015, p.431
- [9] K. Sekitani, N. Yamaki, “A Logical Interpretation for the Eigenvalue method in AHP”, *J. of the Operations Research Society of Japan*, Vol.42, No.2, pp.219-232, 1999.
DOI: <https://doi.org/10.15807/jors.42.219>
- [10] Defense Agency for Technology and Quality, DTaQ Magazine, p.62, Defense Agency for Technology and Quality, 2019, p.41
- [11] S. J. Park, Y. C. Choi, “Prioritizing the Functions of Local Education Support Authority Using AHP Method”, *The J. of Educational Administration*, Vol.28, No.4, pp.281-300, 2010

송 형 민(Hyeong-Min Song)

[정회원]



- 2013년 2월 : 건국대학교 항공우주정보시스템공학과 (공학사)
- 2015년 2월 : 건국대학교 항공우주정보시스템공학과 대학원 (공학석사)
- 2015년 6월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

〈관심분야〉

전자분야 부품국산화