

A study on the differences in the perceived importance of jet fighter performance improvement factors

Cho, Youngjae* · Min, Soonhong** · Lim, Sehwan*** · Choi, Kyunghwan****

ABSTRACT

The rapid advancement in software-based technology has significantly shortened product life cycles, leading to the proliferation of new products. However, the high initial investment makes it practically impossible for armed forces to rapidly replace existing weapons systems with new ones due to technological obsolescence. A more realistic alternative is to focus on performance improvements (or weapon upgrades) in existing systems. The challenge lies in making the right upgrades with the right technology at the right cost and time given the limited defense budget. Unfortunately, weapons upgrade decisions have mostly been based on costs and politically considered budget allocations to different branches of the armed forces rather than by considering a comprehensive range of decision factors. In light of the escalating national security threats, it is necessary to maximize the cost-effectiveness of weapons upgrade projects and effectively address rising national security challenges. The objective of this study is to develop a performance improvement Decision Index that quantifies the opinions of field-operating experts. Field experts are believed to possess the necessary expertise to select the appropriate fighter types, technologies, and upgrade timings, making it beneficial to factor in their opinions to determine what, how, and when to upgrade. Specifically, this study aims to establish weighted values for major decision factors regarding fighter performance improvement programs in the Republic of Korea Air Force. To achieve this, we collected survey data from 134 active-duty pilots and maintenance, operations, and repair (MRO) personnel from major fighter wings of the Republic of Korea Air Force and

* (First Author) Air Force, Major, biigy@naver.com, <https://orcid.org/0000-0001-5179-3264>.

** (Co-Author) Yonsei University, School of Business, Professor, sminscm@yonsei.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0003-4514-2013>.

*** (Co-Author) Yonsei University, School of Business, Master's course student, limseh@yonsei.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0001-9563-4740>.

**** (Corresponding Author) DAPA, Air Force, Lt.Col, ckh5028@korea.kr, <https://orcid.org/0000-0003-4710-3544>.

analyzed the data using the Fuzzy-AHP (Analytical Hierarchy Process). The analysis results indicate that the highest weighted value is given to the “relative (fighter) performance” against hostile nations, followed by “operating rate,” “durability,” “performance improvement cycle,” and “budget.” Furthermore, this study identified perceptual differences among field experts—particularly between pilots and MRO personnel—regarding the importance of relative performance, budget, performance improvement intervals, and operating rates of different fighter types. The proposed performance improvement index aims to provide a quantitative tool that incorporates field experts’ opinions into the decision-making process to upgrade weapons, facilitating balanced decisions and departing from a policymaker-centered approach. This balanced approach to weapons upgrade decisions will contribute to maximizing cost-effectiveness and, eventually, enhancing combat readiness.

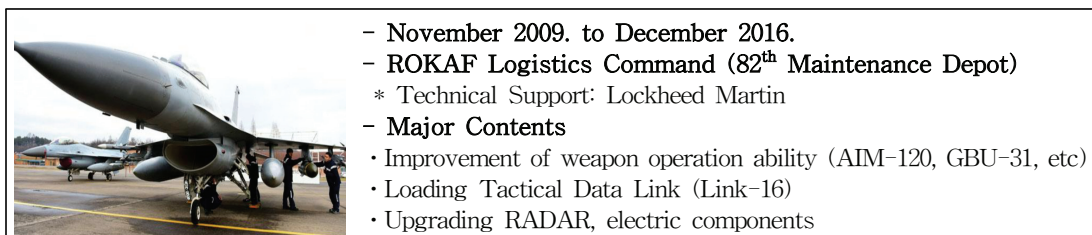
Keywords : performance advances in fighter aircraft, performance improvement index, Fuzzy-AHP, product life cycle, cost-effectiveness

I. 서론

무기체계 성능개량(Product Improvement Program[PIP] 혹은 weapons upgrade)¹⁾은 운용·개발 중인 무기체계에 대하여 일부 성능·기능 변경을 통해 작전운용 성능향상, 기술변경·품질개선을 무기체계의 능력 향상 또는 운용유지 측면의 신뢰성과 가용성 향상을 추진하는 획득방법이다(Han, Hwang, Bae, & Lee, 2021). 성능개량은 안보 위협에 대비하는데 상대적으로 적은 예산투자로 무기체계의 최상 전력 수준을 유지할 수 있어 효과적인 대응 수단이라고 볼 수 있다. 또한 성능개량사업은 기존 활용 플랫폼을 이용하여 성능·기능을 변경하므로 신무기 연구개발이나 직구매 사업 대비 비용절감과 무기 획득 기간 단축의 효과를 달성할 수 있다(Park, 2021).

2022년 러시아-우크라이나 전쟁에서 전 세계 군사력 2위의 러시아는 군사력 2위 우크라이나를 상대로 제공권 장악에 실패했다. 이런 결과는 러시아 공군이 전력 수준을 유지하기 위한 전투기 성능개량에 미온적이었던 반면에 우크라이나는 1980년대 도입한 MIG-29MU를 2005년 레이더 교체, 2012년 이후 기체 수명연장, 전자장비 교체, 헬멧 장착 조준기(SURA-M) 운용 등 지속적인 성능개량에 성공했기 때문으로 추정할 수 있다(Jo, Min, & Choi, 2023). 우크라이나 공군 사례에 비추어 볼 때, 소요결정부터 도입까지 장기간이 소요되는 무기체계 획득사업 특성상, 기술 발전에 대응하는 선제적 성능개량이 이루어진다면 신무기체계 도입 없이도 위협에 효과적으로 대응할 수 있음을 보여준다.

하지만, 우리나라 무기체계 성능개량의 사례를 살펴보면, 기술 발전에 사전적 혹은 선제적(pre-emptive)으로 대응하지 못하고 외부 위협이 고조되었을 때 다소 대응적(reactive)으로 혹은 뒤늦게(laggard) 추진되어 온 경향이 있다. 예를 들면, F-4, F-5 전투기는 성능개량 검토 시 비용효율적(cost-efficient) 측면만을 중시하여 추가적인 주요 성능향상 없이 40년 이상 운용하고 있다. 지난 1986년 미국에서 직도입한 F-16 PB(Peace Bridge) 전투기는 초기형(block 32) 도입 이후에 지난 수십 년간 블록(block) 단위 성능개량형 무기체계가 시장에 출시되어 성능개량이 가능하였다. 그러나 2005년에 F-16 PB 성능개량 소요가 최초 제기되고, 이후 사업추진이 지연되다가 2016년에 성능개량이 완료되었다(Figure 1).



<Figure 1> Performance Improvement Program²⁾ for F-16 PB in ROKAF
(Republic of Korea Air Force)

1) 국방전력발전업무 훈령(국방부 훈령 제2749호) 제2장 제9절 성능개량 등.

상기 사례로 볼 때, 우리 군은 주변국의 안보 위협 상황에서 제한된 국방예산의 효율적 배분과 이용을 우선시하고 있어 주변국 위협이 고조되면 소요가 결정되고, 그마저도 예산 부족 등으로 실제 개량 관련 사업추진이 지연되는 등의 어려움을 겪고 있다(Jo, Min, & Choi, 2023).

현재 한반도 주변 정세를 보면, 북한의 핵무기 개발(Choi, 2023; Park & Park, 2022), 중국의 대만 침공 위협(Kang, J. Y., 2022; Kang, Y. T., 2022), 미국-중국 경제분쟁(Yang, 2022) 등으로 안보 위협 수준이 점차 커지고 있다. 게다가 주변국은 4차 산업혁명으로 인한 IT 기반의 급속한 기술 발전을 활용한 최신 기술의 무기체계 도입 경쟁이 가속화(Raska, 2019)되고 있어 우리나라의 현재 국방력의 대응 수준을 높이기 위한 노력이 필요한 시점이다. 이런 점에서 성능개량은 기술혁신에 따른 무기체계의 성능향상과 함께 수명주기를 관리하는 방안으로써 수행되어야 한다. 따라서, 우리 군은 향후 신무기체계 도입 시 무기체계 획득 후 제품수명주기 중 성능개량에 대한 로드맵을 사업 초기에 수립할 필요가 있다(Jo, Min, & Choi, 2023). 특히, 성능개량 시기는 비용효과 극대화를 위해 예산뿐만 아니라 개량 대상 구성품의 기술 수준, 주변국 무기체계 등을 고려하는 등 사업추진 방향 설정에 다양한 이해관계자의 의견을 반영할 수 있어야 한다.

본 연구는 무기체계 성능개량 사업추진 시 의사결정 과정에 장비 운용전문가(조종, 군수)의 의견이 반영되지 못하였거나 정성적으로만 반영되었던 한계점을 극복하기 위해 정량적 성능개량지수(performance improvement Index) 개발을 모색하고자 한다. 이를 위해 본 연구는 장비 운용자를 대상으로 수집한 데이터를 Fuzzy Analytic Hierarchy Process(Fuzzy-AHP) 기법을 활용하여 분석 후 이들의 시각에서 주요 성능개량 의사결정 요인과 그 가중치를 구한다. 본 연구는 운용자 성능개량 지수를 바탕으로 운용자의 의견을 객관화함으로써 기존 국방정책 결정자 위주 상의하달(top-down) 방식의 무기체계 성능개량 의사결정 과정을 보완하고자 한다. 또한, 분석 요인별로 이해관계자 간 의사결정 요인 및 가중치를 비교·분석함으로써 운용자들 간 성능개량에 대한 인식 차이를 제시하여 후속 연구자들이 이해관계자의 의견을 좁히고 의사결정의 품질을 높이는 방안 수립과 관련 연구를 수행하는 데 이바지하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1 전투기 성능개량의 필요성

전투기 성능개량은 기존 플랫폼은 유지하면서도 핵심 구성품을 수명연장, 교체, 개량함으로써 신기종 도입에 필적하는 성능을 발휘하는 방안이다. 전투기 성능개량의 효익에 관한 선행연구(Lee &

2) 국방일보(2016.12.19.). F-16, 성능개량을 통해 KF-16급 능력 확보.

https://kookbang.dema.mil.kr/newsWeb/m/20161220/2/ATCE_CTGR_0010050000/view.do

Choi, 2022; Kim & Shim, 2020; Park, 2021)의 주요 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

-
- 항공기 사용기간이 증가하면서 전체 수명주기 대비 소요 비용 감소
 - 성능개량을 통한 항공기 체공시간 증가
 - 레이더 성능 향상, 사용 무장 확대 및 사거리 증대 등 작전 능력 향상에 기반한 직접적 전력 상승
 - 기존 플랫폼을 계속 사용함으로써 획득기간 단축, 행정 소요 감소, 교육 훈련 시간 단축, 운용비용 절감 등에 기반한 간접적 전력 상승
-

위에서 제시한 전투기 성능개량의 효익을 고려하면 무기체계 성능개량은 장비의 수명이 EOL (End of Life) 단계에 도달했을 때 막대한 초기 투자를 통해 신제품을 도입하는 방식보다 비용적으로 효과적일 수 있다.

2.2 성능개량 의사결정 요인: 자원기반 관점 및 동적역량 관점

전투기는 제공권(air superiority)이라는 공군의 경쟁우위(competitive advantage)를 결정하는 핵심자원(core resource)이다. 따라서, 전투기 성능개량 의사결정은 조직의 경쟁우위 획득을 위한 조직 특유 자원의 역할과 활용을 설명하는 경영학 이론을 바탕으로 논리적으로 접근할 필요가 있다.

자원기반 관점(Resource Based View, RBV)에 따르면, 각 산업 분야의 선도기업은 보유한 우수 자원을 시장경쟁의 전략적 수단으로 활용한다(Barney, 1991). 고객에게 가치가 있고(value), 시장에서 획득이 쉽지 않고(rareness), 다른 기업들이 모방하기 어렵고(inimitability), 가치 있는 차별화된 자산의 잠재력을 적극 활용할 수 있는 조직역량을 가진 기업(VRIO framework)은 시장에서 경쟁우위(competitive advantage)를 달성할 수 있다(Barney, 1997). 그러나 자원은 시간이 지나면서 그 특성이 변화하므로 보유 자원의 특성 변화에 적절하게 대응하지 못한 기업은 경쟁우위를 상실하게 되어 경쟁동위(competitive parity) 혹은 경쟁열위(competitive disadvantage)에 처하게 된다. 반면 동적역량 관점(Dynamic Capability View, DCV)(Jun & Oh, 2016; Teece, 2007)에서 볼 때, 조직은 내·외부 환경변화 속에서도 경쟁우위를 지속하기 위해서 변화를 인지하고 기회를 탐색할 수 있는 역량(sensing), 필요 자원 확보하는 역량(seizing), 이미 조직이 보유한 자원과 새로운 자원을 결합하여 재구성(transformational/reconfiguring)할 수 있는 종합적인 동적역량(dynamic capability)을 갖추어야 한다. Khan, Stoll, West, & Wuest(2022)는 자원(resource)과 역량(capability) 관점을 토대로 기존 제품 성능개량(upgrade)의 중요성을 전략적, 시장, 회계적 측면에서 살펴보았다. 성능개량이 전략적으로 경쟁기업의 제품개발로 인한 시장 확대에 대응하고, 시장 측면에서 신규 규제, 장비 진부화 문제를 해결하며, 회계적 측면에서는 안정적 수익 창출을 통해 경쟁우위를 지속해서 유지할 방안이라고 주장하였다. 기존 제품 성능개량의 전략적 중요성은 기술의 외부 의존성이 높은 제품일수록 더 중요하다고 할 수 있는데, 이는 경쟁기업도 시장에서 동일한 기술을 획득하여 유사

한 제품을 개발할 수 있기 때문이다. 이런 경우, 기업의 경쟁우위는 기존 기술과 신기술의 통합, 융합을 통해 최적의 결과물을 신속하면서도 정확하게 만들 수 있는 조직의 동적역량이 중요해진다는 것을 의미한다.

RBV와 DCV를 우리 공군 전투기 성능개량에 적용해 보면, 공군은 일정 기간 이미 보유한 우수한 자원(최신형 전투기)을 활용하여 제공권(경쟁우위)을 확보할 수 있다. 이는 RBV로 설명할 수 있는 전략이다. 그러나 주변국도 시간이 지남에 따라 공군이 보유한 유사한 자원을 획득하게 되는데, 이는 공군이 제공권을 더 이상 확보하기 힘든 경쟁동위(competitive parity) 상황에 도달했음을 의미한다. 따라서, 공군은 경쟁우위를 유지할 수 있는 자원을 확보하여야 한다. 이상적으로는 주변국에 앞서 차세대 신규 전투기 플랫폼을 도입함으로써 지속해 제공권을 유지하는 것이다. 그러나 제한된 국방예산을 감안할 때, 차세대 전투기 플랫폼 도입은 초기 투자가 매우 높아 통상 30년 이상 장기간 운영할 수밖에 없다(e.g., Jo, Cho, & Jang, 2021). 따라서, 공군은 지속적 경쟁우위(즉, 제공권)와 안정적 후속지원 확보 방안을 모색해야 하며, 이를 위한 가장 비용효과적인 방안은 다음과 같다.

우선으로 기존 전투기 플랫폼에 시장의 기술진보에 맞춰서 새로운 자원(부품, 무장, 소재, 운용소프트웨어 등)을 결합하거나 융합한다면 주변국 대비 우월한 성능(경쟁우위)을 지속하여 유지할 수 있을 것이다. 이런 성능개량 사업방식은 그 우수성이 검증된 기존 자원에 새로운 작전 역량을 신속하게 추가함으로써 시간적 공백 없이 전투기 제공권을 확보할 수 있어 신규 전투기 도입 대비 우수한 방식이라고 볼 수 있다. 요약하면, 최신 전투기 플랫폼 신규 도입을 통해 제공권을 확보하는 전략은 공군 특유의 자원 확보를 통한 경쟁우위 창출이므로 RBV 관점으로 볼 수 있으며, 최신 기술 발전의 변화 및 주변국 공군력 향상에 대응하여 주기적으로 기존 전투기 플랫폼에 최신기술을 활용하여 신속하고 지속적으로 제공권을 유지하는 전략은 공군의 동적역량을 확보하는 DCV 관점으로 설명할 수 있다.

전투기 성능개량의 중요성에 기반한 성능개량 의사결정 요인은 Table 1과 같이 요약할 수 있으며, 세부 내용은 다음과 같다. 첫째, 전투기의 긴 수명주기는 노후화로 인한 결함 발생, 기술의 진부화로 인한 상대적 성능 저하, 부품 단종 등의 문제요인(가동률 저하, 공중우세 상실 등)이며, 구성품 단위 이상의 성능개량 소요를 발생시키는 원인이다(Khan, Stoll, West, & Wuest, 2022; Khan, West, & Wuest, 2020). 둘째, 전투기 무기체계의 주요 전자계통 구성품(센서, 통신장비 등)의 기술 변화 주기가 5년 이내로 단축됨에 따라 지속적인 성능개량 없이는 기술 진부화로 최신 기술의 주변국 전투기 위협에 효과적으로 대응할 수 없다(Jang, Kang, & Choi, 2015). 이에 따라 성능개량 의사결정 요인은 장기간 안정적 전투기 운영을 위한 기술 및 공급망 측면에서의 ‘내구연한’과 ‘가동률’, 주변국 위협 등 외부환경 대응한 비용효과적 전투기 확보 측면에서의 ‘상대적 성능 유지’, 그리고 이들 문제 해결에서 제약조건으로 작용하는 ‘예산(비용)’으로 분류할 수 있다. 더 나아가 본 연구는 전략적 자원의 수명주기를 고려한 최대 가치 창출을 달성하는 관점에서 ‘성능개량 주기’를 추가로

포함한다. 통상 성능개량은 짧게 수개월, 길게 수년간의 시간이 필요하므로 해당 기간에 작업공정으로 일정 수량의 전투기가 주요 전투자원으로 활용되지 못하게 된다(e.g., Doerr, Eaton, & Lewis, 2016). 그래서 전투기의 전략적 가치를 높이기 위해 작전공백을 최소화하는 수명주기의 적정 시기를 필수적으로 고려할 필요가 있다. 예를 들어 비용과 시간 측면에서 전투기의 예상되는 불가동 시기(예 : 창정비)에 성능개량을 추진하는 대안을 고려할 수 있다(Jang, Kang, & Choi, 2015; Jeon, 2013; Lee & Choi, 2022).

<Table 1> Summary of literature reviews on critical factors for successful performance improvement

Factors			Sources
Air-Operational ability	Relative performance-level	Achieving a competitive advantage in fighter performance over other countries	Khan et al.(2022)
Technical characteristics	Durability	Extending the life of components and resolving technical deficiencies	Jang et al.(2015), Khan et al.(2020), Khan et al.(2022)
Supply-Chain	Operating rate	Maintaining of operational aircraft by preventing discontinuation of parts	Jang et al.(2015), Khan et al.(2022)
Cost	Budget	Level of input financial resources for effective performance improvement	Jang et al.(2015)
	Performance improvement cycle	Review of the appropriate timing for performance improvement (consistent with depot-level maintenance, etc.)	Jeon(2013), Jang et al.(2015), Lee & Choi(2022)

III. 연구방법

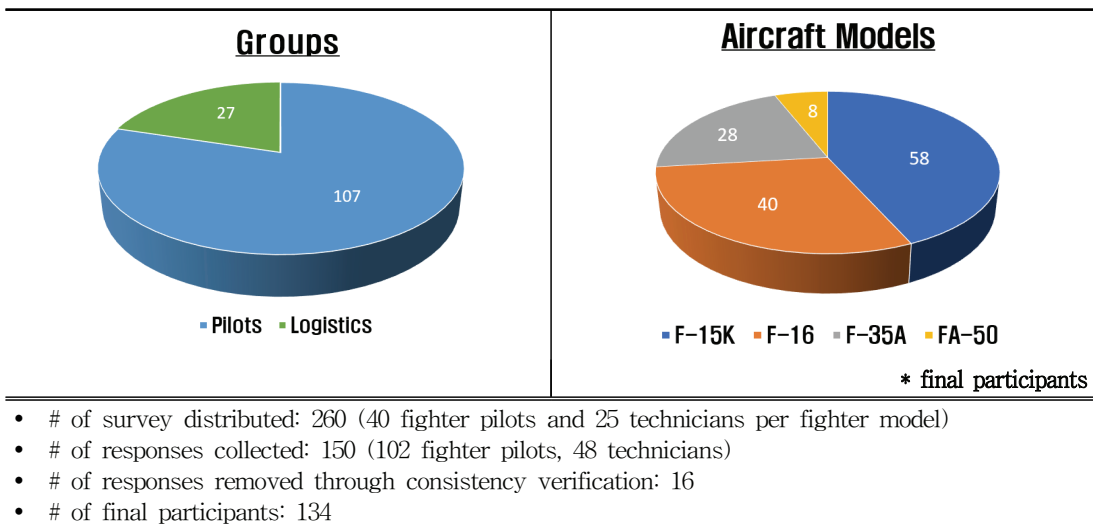
3.1 연구 문제 및 방법

본 연구는 무기체계 성능개량 사업추진에서 상의하달 방식의 정책결정 과정으로 현장에서 무기체계 성능개량의 필요성을 체감하는 전문가 의견 반영의 어려움에 초점을 두고 있다. 지금까지 성능개량 의사결정에서 일부 현장 전문가의 의견을 정성적으로 반영하려는 노력은 있었으나 실제 운용자의 의견을 정량적 분석한 접근은 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 앞서 선행연구를 통해 성능개량 주요 요인으로 전투기의 상대적 성능 수준, 내구연한, 가동률, 예산, 성능개량 주기를 제시하였다. 또한, 운용 전문가들을 조종과 군수 집단으로 구분하고, 국내·외 획득원에 대한 인식, 전투기 운용 기종별 상대적 결정요인 우선순위를 계량화하는 방식으로 세부 분석을 진행했다.

3.2 설문조사 개요

설문조사는 응답자의 전문성을 고려하여 F-35A 등 운용 전문가를 기종별로 4개의 집단으로 나누고, 각 기종별로 조종, 군수의 계층별 표집(stratified sampling)을 통해 총 260명에게 설문을 배포하여 수집하였으며, 설문 목적 이해도를 높이기 위해 방문 면접조사도 병행하였다(2022.11.6. ~ 12.15.). 초기 응답현황을 보면, 150명(조종사 102명, 군수 48명)이 응답을 완료(응답률 57.69%)하였으며, 응답자 중에서 일관성 검증(Consistency Ratio, CR) 후에 기준값을 벗어난 16명의 응답을 제외하고 최종 분석은 134명을 대상으로 진행하였다. 각 전문가 그룹에게 배포된 설문에 포함된 성능개량 결정의 평가요인은 동일하지만, 설문 응답자에게 국외 구매 전투기(F-15, F-16, F-35 등)와 국내 구매 전투기(FA-50)를 구분하여 대상 무기체계 유형별로 설문을 작성하게 했다(Table 2).

<Table 2> Summary of survey results



3.3 평가항목

3.3.1 상대적 성능수준

전투기의 상대적 성능수준은 성능개량 대상 무기체계의 잠재적 적국 전투기 대비 작전수행 능력 평가이다. 성능개량 의사결정 과정에서 의사결정자들은 성능개량 완료 시점부터 차후 성능개량의 수행 시점, 신규 무기체계의 교체 이전의 기술변화, 주변국의 전투기 성능, 도입계획 등을 종합적으로 고려하여 해당 기간에 전투기 성능유지의 상대적인 대등·우월 수준을 평가한다.

3.3.2 내구연한

내구연한³⁾은 전투기 성능을 유지하면서 운용할 수 있는 기간을 의미하는 시간적 평가요인이다. 우리 군의 무기체계에서는 성능개량 사업을 통한 항공기의 기골보강 등으로 내구연한을 확장하거나, 잔존 내구연한 범위 내에서 성능개량을 추진할 수도 있다.

3.3.3 가동률

가동률은 해당 장비의 총운용 시간 중 불가동 시간을 제외한 가동 시간을 판단하여 백분율로 표시한 값⁴⁾으로 임무수행 가능한 전투기 수량을 나타내는 중요 지표이다. 이에 우리 공군은 연도별, 항공기별 목표가동률을 제시하여 공급사슬관리 및 작전운용에 관한 총괄계획을 작성한다. 최근에는 전투기가 하드웨어 중심에서 소프트웨어 및 항공전자 장비 중심으로 설계되고 있어 수리부품 단종(Yoo, Hur, & Lee, 2019), 정비 지연 등의 요인이 가동률 저하에 심각한 문제를 일으키는 원인으로 작용하고 있다. 성능개량 사업을 통해 주요 수리부품 교체나 장비를 개량하면 장비의 장기적 사용에 따른 수리부품 단종의 위험성(Song & Choi, 2019)을 일부 낮출 수 있어 가동률 향상에 기여할 수 있을 것이다.

3.3.4 예산

예산은 성능개량 사업을 추진하기 위한 총사업 금액 및 연도별 할당 재원으로 성능개량 사업 세부 범위, 조달방식 등에 따라 예산 책정액이 달라질 수 있다. 그래서 성능개량 사업 전에 획득단계 분석평가 및 비용분석 절차⁵⁾를 거쳐 적정 예산 규모를 사전에 검토해야 한정된 국방예산 범위 내에서 효율적 예산 집행이 가능할 것이다. 앞서 검토한 선행연구(Khan, Stoll, West, & Wuest, 2022; Jang, Kang, & Choi, 2015)는 성능개량 사업의 주요 장점으로 신규 플랫폼 구매 또는 연구개발을 통한 전투역량 확보 대비 경제적인 면을 강조하고 있다. 그래서 예산 요인은 비용 대비 효과와 사업 타당성 측면에서 자세히 검토할 필요가 있다.

3.3.5 성능개량 주기

성능개량 주기는 대상 무기체계의 창정비 주기 또는 기술 수준 변화에 따른 성능개량 사업 수행의 시간적 간격을 의미한다. 성능개량 주기에 관해서는 국방 전력발전업무 훈령 제86조에 창정비 주기에 맞추어 성능개량을 통합하여 추진하도록 명시되어 있다. 이는 무기체계 분해, 조립 등 중복되는 공정을 최소화함으로써 예산 절감, 소요 시간 단축 등의 효율성을 높이기 위함이다. 창정비 개념을 적용하지 않고 있는 무기체계의 경우, 주요 구성품 교체 주기 또는 장비의 수명주기를 고려

3) 민수용 제품에서는 제품수명주기(PLC)로 불린다.

4) 국방과학기술용어사전, 2021. <http://dtims.dtaq.re.kr:8070/search/main/index.do>

5) 분석평가업무 실무지침(방위사업청 예규 제730호) '21. 7. 23.

한 적정 시기(약 10년 내·외)를 성능개량 주기로 설정할 필요성이 있다. 성능개량 주기는 성능개량 사업 착수 시점의 적절성을 판단하는 지표(Jeon, 2013)이며, 기술 능력과 요구 능력 대비 빠른 주기 설정은 수명주기 동안 과도한 예산이 투입될 수 있다. 반대로 성능개량 주기를 과도하게 길게 설정할 경우, 성능개량 수행 전까지 기술 진부화, 노후화 문제를 겪게 되어 해당 무기체계에 요구되는 능력을 발휘할 수 없게 된다.

3.4 Fuzzy-AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법론

계층적 분석모형은 다수 요인을 고려해야 하는 의사결정 문제의 해결 방법의 하나이다. AHP는 의사결정 대안과 평가 기준이 다수인 상황에서 의사결정(Multiple Criteria Decision Making, MCDM)을 지원하기 위해 개발된 평가기법으로 1980년대 초에 Saaty에 의해 제안된 후, 다양한 분야에서 활용되고 있다(Saaty, 1987; Han & Chung, 2013). 주요 의사결정이 필요한 사안에 AHP 기법을 적용하면, 의사결정에 영향을 미치는 평가요인 중 각 두 요인 간 상대적 중요도 비교·측정을 통해 전체적인 평가요인별 상대적 가중치를 도출할 수 있다(Maowei, Zhou, & Lee, 2022). 본 연구에서는 성능개량 시, 고려되는 5가지 요인에 대한 상호 비교를 수행하였는데, 그 세부 절차는 Table 3과 같다.

<Table 3> Steps of Fuzzy-AHP

Step No	Contents																																																																																																																																			
1	- Construct a pairwise comparison matrix between five assessment elements at the single layer system dimension $A = [a_{ij}] = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{23} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \cdots & w_1/w_m \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \cdots & w_2/w_m \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \cdots & w_n/w_m \end{pmatrix} \quad \left \quad \tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \widetilde{a}_{12} & \cdots & \widetilde{a}_{1n} \\ 1/\widetilde{a}_{12} & 1 & \cdots & \widetilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\widetilde{a}_{1n} & 1/\widetilde{a}_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \right.$																																																																																																																																			
	- Evaluate each commentary by suggesting which of the two assessment factors is more important on a nine-item ranking scale by pair, as follows: • Questionnaire questions																																																																																																																																			
	<table><tr><th rowspan="2">Factors</th><th colspan="8">Absolute → Important</th><th rowspan="2">Equal</th><th colspan="8">Important ← Absolute</th><th rowspan="2">Factors</th></tr><tr><th>9</th><th>8</th><th>7</th><th>6</th><th>5</th><th>4</th><th>3</th><th>2</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th></tr><tr><td>① Durability</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>② PI Cycle</td></tr><tr><td>① Durability</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>③ Operating rate</td></tr><tr><td>① Durability</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>④ Budget</td></tr><tr><td>① Durability</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>⑤ Relative Per – formance level</td></tr><tr><td>② PI Cycle</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>③ Operating rate</td></tr></table>	Factors	Absolute → Important								Equal	Important ← Absolute								Factors	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	① Durability																		② PI Cycle	① Durability																		③ Operating rate	① Durability																		④ Budget	① Durability																		⑤ Relative Per – formance level	② PI Cycle																		③ Operating rate
Factors	Absolute → Important								Equal	Important ← Absolute								Factors																																																																																																																		
	9	8	7	6	5	4	3	2		1	2	3	4	5	6	7	8		9																																																																																																																	
① Durability																		② PI Cycle																																																																																																																		
① Durability																		③ Operating rate																																																																																																																		
① Durability																		④ Budget																																																																																																																		
① Durability																		⑤ Relative Per – formance level																																																																																																																		
② PI Cycle																		③ Operating rate																																																																																																																		

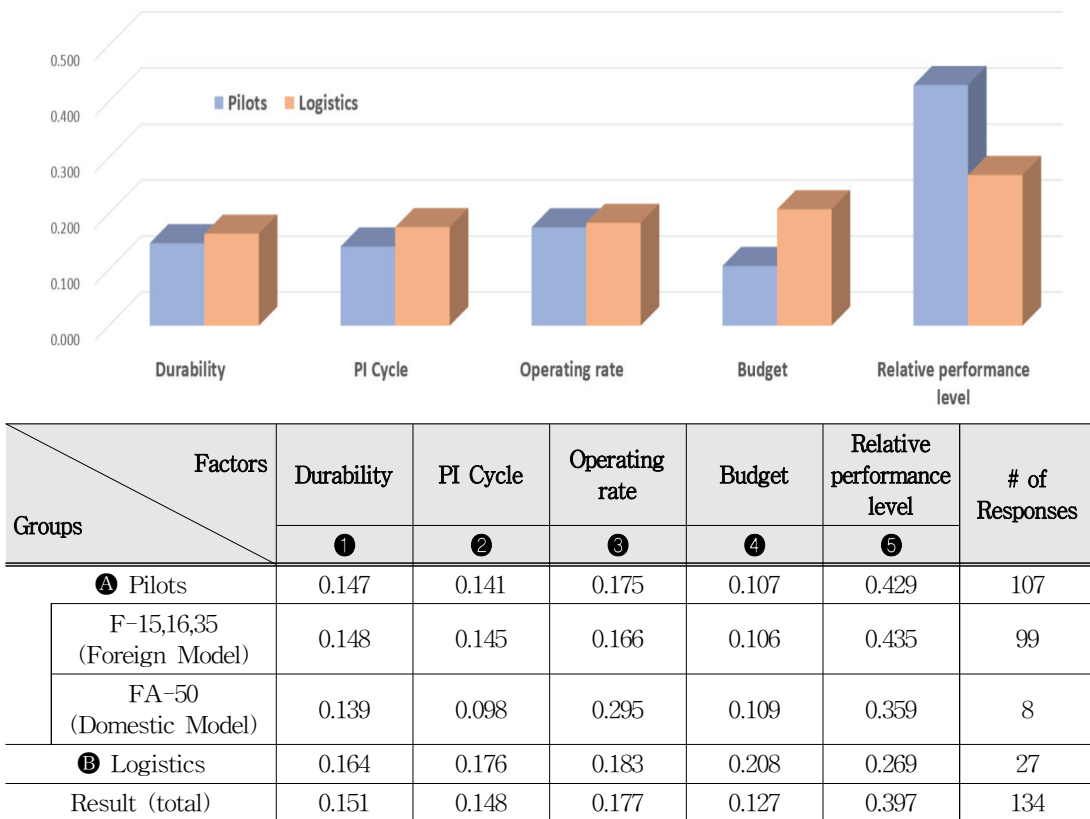
Step No	Contents																			
	② PI Cycle																	④ Budget		
	② PI Cycle																	⑤ Relative Per – formance level		
	③ Operating rate																	④ Budget		
	③ Operating rate																	⑤ Relative Per – formance level		
	④ Budget																	⑤ Relative Per – formance level		
2	– Calculate the average value of the weight according to the pairwise comparison between the five evaluation criteria using the Fuzzy scale.																			
3	– Multiply the geometrical mean and increasing order of the five evaluation factors for each questionnaire to calculate the fuzzy-weight value for each lower, middle, and upper value (Chen, Zhou, & Lee, 2022). $\widetilde{A}_w = \lambda_{\max} \widetilde{w}, \ \widetilde{w} = (\widetilde{w}_1, \widetilde{w}_2, \dots, \widetilde{w}_n)^T$																			
4	– Consistency index(CI) is calculated to verify the reliability of weights – If the consistency ratio CR value is less than or equal to 0.1(10%), consistency is recognized and if exceeded, the survey results are removed (Yoon & Byun, 2021). * In case of 5 evaluation items, 1.12 is applied to the difficulty index RL. $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \qquad CR. = \frac{CI}{RI}$																			

IV. 분석결과

4.1 현황분석

전투기 성능개량요소에 대해 엑셀 분석함수를 이용한 Fuzzy-AHP 분석 결과, 전투기의 상대적 성능수준, 가동률, 내구연한, 성능개량 주기, 예산 순으로 가중치가 산정되었으며 요인별 세부 인식 차이는 Table 4와 같다. 각 평가 요인별 설문자들의 가중치에 대한 분산분석 결과, 전투기 상대적 성능수준, 가동률 순으로 가중치가 높으며, 내구연한, 성능개량 주기, 예산의 평균치 차이는 유사한 수준이라고 판단할 수 있다.

<Table 4> Differences in perceived importance of performance improvement factors



또한, 본 연구는 설문 응답자별로 산정된 가중치 데이터를 활용하여 ‘운용 전문가 집단별(조종, 군수)’, ‘획득원별(국내, 국외)’, 설문 대상의 운용 ‘전투기 기종별(F-15, 16, 35, FA-50)’로 그룹화하여 평균 차이에 대한 검정을 통해 비교·분석을 수행하였다. 첫째, ‘운용 전문가 집단별’ 분석결과를 살펴보면, 조종과 군수 집단 응답자 모두 ‘전투기 상대적 성능수준(A/B-5)’을 가장 중요한 성능개량 요인으로 인식했다. 그러나, 조종 집단 응답자들이 ‘예산’ 항목을 가장 후순위로 선정한 것과는 달리 군수 집단은 이를 2순위로 선정했다. 이는 실제 작전환경 경험에서 주변국 대비 우수한 성능 확보에 중점을 두는 조종 집단과 달리 군수 집단은 운용 경험을 바탕으로 한정된 재무적 자원 범위 내에서 다수의 무기체계(사업)에서의 효율적인 성능 확보의 필요성을 인식한 결과로 보인다.

둘째, ‘획득원별’ 가중치 분석에서는 응답자들의 획득원별 인식에 대한 평균 차이를 확인하기 어려웠다. 다만 조종 집단은 ‘전투기 상대적 성능수준’에 대해 국내·외 획득원에 대해 모두 1순위로 가중치를 두고 있는데, 조종 집단이 현재 국외 도입 전투기가 주력 전력으로 운용하고 있는 실정을 고려하여 국외 획득원에 더 큰 가중치를 부여하기 때문이라고 추정할 수 있다.

셋째, ‘전투기 기종별’ 가중치 분석에서는 설문 응답자들이 국외 도입 전투기에 대해서는 ‘성능개량 주기’ 국내 도입 전투기에 대해서는 ‘가동률’에 대해 상대 집단 대비 더 높은 가중치를 부여했음을 확인할 수 있었다. 또한 국외 도입 세부 기종별로 전투기 도입 시점에 따라 ‘예산(F-35A > F-15K > F-16)’ 항목과 ‘전투기 상대적 성능수준(F-16 > F-15K > F-35A)’이 상반된 순서로 가중치를 두고 있음을 알 수 있었다. 이는 설문 응답자들이 현재 전투기의 전투력 지수에 따른 가중치가 반영되고 있으며, 우수한 가동률을 유지 중인 국내 전투기의 특성 등도 반영된 결과로 볼 수 있다.

4.2 운용 전문가 집단(조종, 군수) 간 인식 차이

전문가 집단별 인식 차이에 관한 세부 내용을 살펴보면(Table 5), 내구연한, 성능개량 주기, 가동률에 대한 집단별 인식에 대한 차이(평균차이 검정)는 통계적으로 확인되지 않았다. 예산에 대한 중요성 인식은 전체 5개 항목 중 낮은 편에 속하였지만, 조종 집단 평균 0.107(Table 5 ㉠-④), 군수 집단 평균 0.208(Table 5 ㉡-④)로 두 집단 간 인식 차이가 존재한다(Table 5-a). 두 집단 간의 인식 차이는 주로 무기체계 획득 및 운용과정을 경험한 군수 집단 전문가들은 한정된 예산 범위 내 수리부품 구매, 군직 및 외주정비 등 군수 운용과정에서의 경제성을 중요하게 고려하기 때문이라고 추정할 수 있다.

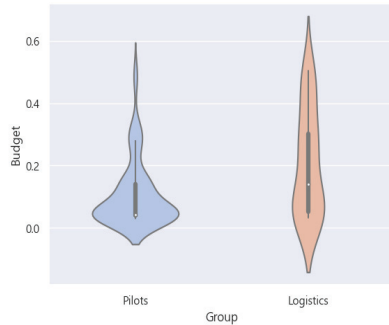
전투기의 상대적 성능수준 요인은 전체 5개 항목 중 가장 큰 가중치를 보였다. 특히 조종 집단이 부여한 성능수준 가중치는 0.429(Table 5 ㉠-⑤)로 군수 집단이 부여한 가중치 0.269(Table 5 ㉡-⑤) 대비 0.160 높게 나타났는데, 통계적으로도 조종 집단의 가중치가 더 높음을 알 수 있다(Table 5-b). 실제 전투기를 운용하고 임무에 투입되는 조종 집단 입장에서 제공권 확보를 위해 주변국 전투기 대비 우월한 성능 수준에 대한 요구가 큼에 따라 성능수준 요인에 대한 두 집단 간 인식 차이가 있다고 판단할 수 있다. 비록 조종 집단 대비 낮은 가중치가 나타났으나 군수 집단 응답자도 전투기 상대적 성능수준에 가장 큰 가중치를 부여했다. 이러한 분석 결과를 통해 현장 운용 전문가들이 성능개량 사업 의사결정에서 실질적 전투역량 향상을 가장 중시하고 있음을 확인할 수 있다.

<Table 5> Results of t-test for perceived importance of performance improvement factors

Groups	Durability	PI Cycle	Operating rate	Budget	Relative performance level	# of responses
	①	②	③	④	⑤	
㉠ Pilots	0.147	0.141	0.175	0.107	0.429	107
㉡ Logistics	0.164	0.176	0.183	0.208	0.269	27
Testing differences	×	×	×	○	○	-

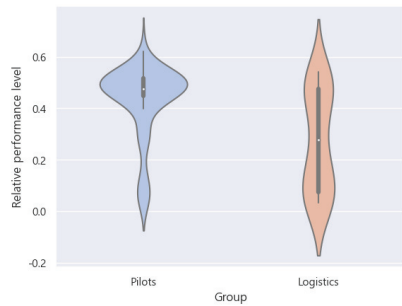
<Table 5-a> Analysis of perceived importance of Budget

	Pilots	Logistics
N	107	28
Mean	0.107	0.208
Variance	0.011	0.028
t-value	3.892	
df	132	
p	0.000	



<Table 5-b> Analysis of perceived importance of Relative performance level

	Pilots	Logistics
N	107	27
Mean	0.429	0.269
Variance	0.020	0.039
t-value	3.983	
df	33	
p	0.000	



4.3 획득원(국외, 국내)에 대한 인식 차이

획득원별로는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나 획득원별 가중치 결과를 조종·군수 집단으로 나누어 평균 차이를 분석하면, '전투기 상대적 성능수준'에서 조종사 집단은 국외 도입 방식에 대한 더 큰 가중치가 나타났다(Table 6). 이는 국외 도입 전투기인 F-35A, F-15K(high 급), F-16(middle 급) 모두 4세대급 이상 전투기로서 한국공군의 주력 전투기로 운용되고 있는 상황을 반영한다고 추정할 수 있다.

<Table 6> Results of t-test for perceived importance of performance improvement factors between acquisition type within pilot group

Acquisition type	Durability	PI Cycle	Operating rate	Budget	Relative performance level	# of responses
	①	②	③	④	⑤	
Ⓐ Foreign acquisition	0.148	0.142	0.161	0.094	0.454	51
Ⓑ Domestic acquisition	0.146	0.141	0.188	0.118	0.407	56
Testing differences	×	×	×	×	○ (Pilots)	—

<Table 6-a> Differences in perceived importance of Relative performance level

	Foreign acquisition	Domestic acquisition
N	51	56
Mean	0.454	0.407
Variance	0.013	0.026
t-value	1.777	
df	99	
p	0.039	



4.4 ‘전투기 기종별’ 인식 차이

본 연구의 설문조사 응답자의 운용 기종에 따른 성능개량 가중치 분석 결과에 따르면, ‘성능개량 주기’ 및 ‘가동률’에 대해 전문가 집단 간 통계적인 차이를 확인했다(Table 7, 7-a, 7-b). 첫째, 성능개량 주기에 관해서는 국외 도입 기종 운용자들이 부여한 가중치(Table 7 ①-②)가 더 높았는데, 이는 F-16 PB의 성능개량 사업이 장기화된 사례와 현재 진행되고 있는 KF-16 성능개량사업이 업체의 사업 지연 리스크에 대한 추가 비용 요구로 사업 무산 위기를 겪은 국외 기종 운용 전문가들이 성능개량 주기를 중요하게 고려한 결과라고 판단할 수 있다. 또한 현재 국외 도입 항공기가 주변국의 공군력에 대응하는 주력기종으로 운용되고 있는 점과 국내 도입 항공기 대비 성능개량을 위한 기술력 확보가 용이하지 않다는 점도 국외 도입 기종 운용 전문가들이 소요시기에 맞춘 성능개량 주기에 대해 높은 가중치를 부여하는 원인이라고 추정할 수 있다.

둘째, 가동률에 대해서 국내 도입 기종 운용자들이 가동률에 높은 가중치를 부여하고 있음을 확인했다(Table 7 ③-④). ‘17~’22년 공군 항공기 가동률 자료⁶⁾에 따르면, 전투기의 목표 가동률을 75%(국내 도입 전투기 80% 이상, 국외 도입 전투기 70%) 수준으로 유지 중이다. 그러므로 국내

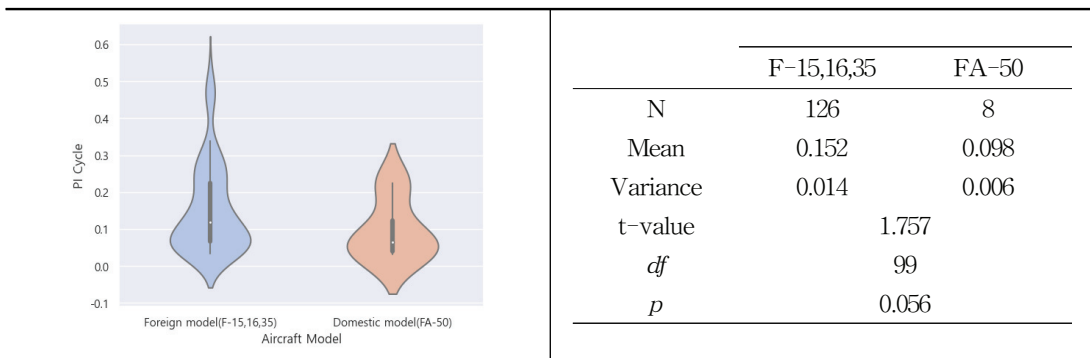
6) <https://www.donga.com/news/Politics/article/all/20221009/115871658/1?gid=115853749&srev=2®date=>

도입 항공기에 부여된 높은 가중치는 국내 생산 및 군수체계 운영으로 인해 얻은 높은 가동률을 지속적인 성능개량을 통해 향상시켜야 한다는 의지가 반영된 결과로 볼 수 있다.

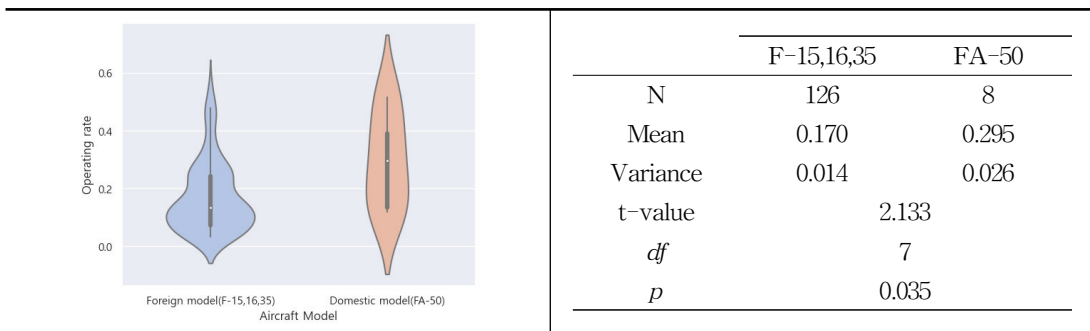
<Table 7> Results of t-test for perceived importance of performance improvement factors between aircraft models

Aircraft models	Durability	PI Cycle	Operating rate	Budget	Relative performance level	# of responses
	①	②	③	④	⑤	
A Foreign Model (F-15K, F-16, F-35A)	0.151	0.152	0.170	0.128	0.399	126
B Domestic Model(FA-50)	0.139	0.098	0.295	0.109	0.359	8
Testing differences	×	○	○	×	×	—

<Table 7-a> Analysis of perceived importance of Performance improvement cycle



<Table 7-b> Analysis of perceived importance of Operating rate



국의 도입 기종인 F-15K, F-35A, F-16 3개 기종을 운용하는 126명의 응답을 활용하여 국외 도입 기종 간의 상호 비교 분석결과, 기종별로 '예산'에 대한 차이가 나타났으며(Table 8 **A/B-④**,

8-a), ‘전투기의 상대적 성능수준’에서도 평균 차이를 식별할 수 있다(Table 8 ㉠/㉢-㉥, 8-b). 그러나, 국내 도입 전투기의 경우, 설문조사 회수율 및 신뢰성 저조로 8명의 응답(배부인원 65명)만 분석에 활용하여 운용 기종별 분석 결과가 제한될 수 있다. 그래서 후속연구는 국내 도입 전투기에 관한 충분한 응답자료 확보를 통한 비교분석이 필요할 것이다.

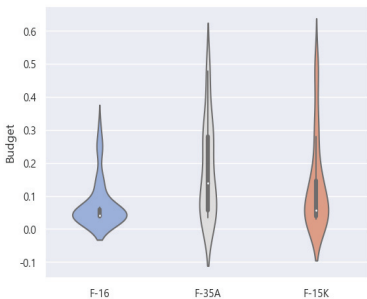
전투기 세부 기종별 ‘예산’과 ‘전투기 상대적 성능수준’에 대한 가중치를 분석한 결과, 세부 기종의 국내 도입 시점에 따라 상반된 가중치를 보였다. 예산의 가중치를 기종별로 살펴보면, F-35A > F-15K > F-16 순으로 가중치가 높은 것으로 나타났다. 전투기의 상대적 성능수준을 기종별로 보면, 역순인 F-16 > F-15K > F-35A 순으로 가중치가 높은 것으로 나타났다. 기종별 상이한 결과가 나타나는 원인을 좀 더 살펴보면, 최신 도입 기종인 F-35A(‘18년 최초 도입)을 운용하는 응답자는 F-35가 주변국 대비 최신성능을 보유함에 따라 상대적 성능수준보다는 적절한 수준의 지속적인 성능개량에 필요한 예산확보에 대해 가중치가 높음을 확인할 수 있었다. 반면 3개 기종 중 도입 시기가 가장 오래되고(1980~2000년대 도입) 상대적으로 성능수준이 낮은 F-16 계열 전투기에 관한 성능개량에 대해서는 주변국 전투기 대비 우수한 성능 발휘가 급선무이므로 F-16 기종의 응답자들은 상대적 성능수준에 가장 높은 가중치를 부여했다고 판단할 수 있다.

<Table 8> Results of t-test for perceived importance of performance improvement factors by Aircraft models

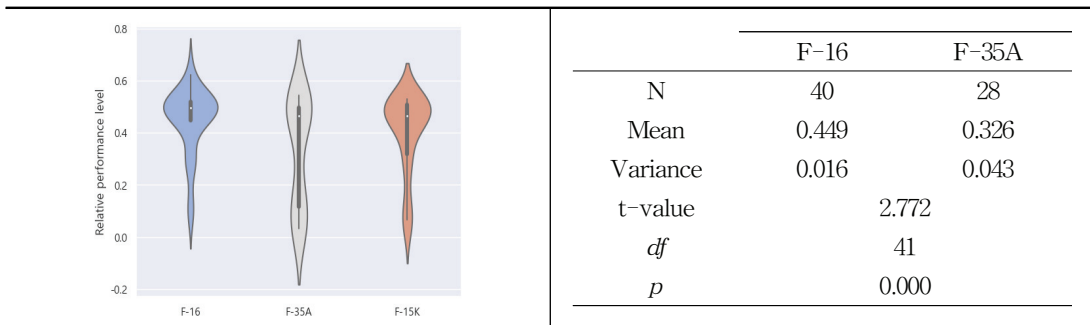
Foreign Models	Durability	PI Cycle	Operating rate	Budget	Relative performance level	# of samples
	①	②	③	④	⑤	
F-15K	0.134	0.154	0.172	0.138	0.401	58
㉠ F-16	0.175	0.138	0.162	0.076	0.449	40
㉢ F-35A	0.153	0.165	0.174	0.182	0.326	28

<Table 8-a> Differences in perceived importance of Budget

	Budget	
	F-16	F-35A
N	40	28
Mean	0.076	0.182
Variance	0.005	0.020
t-value	3.612	
df	36	
p	0.000	



<Table 8-b> Differences in perceived importance of Relative performance level



V. 결론 및 시사점

5.1 연구 결과 요약

무기체계의 경우, 막대한 규모의 초기 투자와 긴 시간이 소요되는 획득 프로세스의 특성으로 급속한 기술 발전에 신규 무기체계 도입으로 대응할 수 없다. 이에 따라 무기체제도 빠르게 변화하는 기술 발전을 고려하여 주기적 성능개량을 실시하여 단시간에 비용효과적으로 전투력 유지·향상 방법을 선택해야 할 것이다. 하지만, 우리 국군의 무기체계 성능개량 의사결정은 1986년 도입한 F-16 PB 성능개량사업('09년~'16년) 사례처럼 상의하달 방식으로 정책입안자들이 주변국의 심대한 위협에 직면해서 대응하는 방식으로 추진되어 왔다(Jo, Min, & Choi, 2023). 이러한 상의하달 방식은 긴 성능개량 주기로 인해, 무기체계 도입부터 성능개량이 완성되어 실전 배치되는 시기까지의 기술적 간극을 뛰어넘어야 함은 물론, 초기 도입 시 설계 개념과 성능개량에 포함되어야 할 부분품, 모듈 등의 설계 개념이 상이하여 비용의 급격한 증가, 신·구 기술의 불안정한 통합 등 다양한 위험에 직면할 가능성이 매우 높아서 비용효과성을 보장할 수 없다. 현재 대한민국은 급변하는 국방 환경에 직면해 있으나, 제한된 국방예산의 제약 하에서 신무기체계 도입의 대안으로 비용효과성을 극대화할 수 있는 성능개량을 시도하고 있다. 다만 무기체계 성능개량의 본연의 목표인 비용효과성을 달성하기 위해서 성능개량 예산 및 시기, 잠재적 적국이 운영하는 무기체계 대비 성능수준 등을 정확하게 인지할 수 있도록 관련 전문가의 의견을 반영하는 것이 선행되어야 한다. 전문가 의견을 반영하여 전투력의 향상을 극대화하는 적정 비용·시기와 적정 기술을 활용하는 것이 중요하다.

본 연구는 '전투기' 성능개량 소요를 가정하여 실제 장비 운용을 담당하는 조종 및 군수 전문가(정비사) 대상으로 의견을 조사하였다. 그리고 Fuzzy-AHP 방법론을 이용하여 데이터를 분석하고, 그 결과 성능개량 의사결정 평가요인별로 전투기 운용 전문가의 종합적인 가중치를 산출하였다. 이는 향후 전투기 성능개량 의사결정 과정에서 (1) 운용전문가의 의사결정 비중이 설정되고, (2) 성능

개량 대안에 대해 연구에서 제시된 요인을 운용 전문가가 평가하고, (3) AHP분석에서 도출된 가중치가 적용된다면 합리적으로 운용전문가의 의견이 반영될 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 본 연구는 Fuzzy-AHP 분석을 바탕으로 ‘운용 전문가 집단’, ‘전투기 획득원별(국내/국외) 인식’, ‘전투기 기종별’로 데이터를 구분하여 통계적 분석을 실시하여, 전문가 집단별 인식 차이를 발견했음은 물론, 획득원별, 전투기 기종별 성능개량 요인의 중요성에 대한 차이를 식별할 수 있었다. 본 연구는 향후 전투기 성능개량 사업에서 하의상달 방식의 의견을 과학적으로 반영할 수 있는 기초를 마련하였다고 할 수 있다.

5.2 시사점 및 활용방안

본 연구는 중요한 두 가지의 시사점을 제공한다. 첫째, 무기체계 성능개량 의사결정을 위한 운용 전문가들의 의견에 대한 정량화를 통해 성능개량 사업의 의사결정 상 가중치를 도출했다. 군 의사결정의 특성상 무기체계 도입 관련 의사결정 과정에 다양한 의견을 반영하기 위해서는 객관적 의사결정 지수 사용이 필수적이기 때문에 그 활용 가치가 높다고 할 수 있다. 둘째, 본 연구는 장비 운용 집단별, 획득원별, 운용 기종별 성능개량 결정 시 고려해야 할 요인의 가중치에 대한 운용전문가 집단 내 인식 차이를 확인했다. 일례로 조종사 집단은 작전 시 우월한 성능을 발휘하기 위해서 전투기의 상대적 성능수준에 가장 높은 절대적 가중치를 부여하였으나, 군수 전문가 집단은 한정된 예산과 군수 환경을 고려하여 전투기 상대적 성능수준과 예산에 높은 가중치를 부여했다. 또한 획득원별 의사결정 가중치에 대해 현장 운용 전문가가 모두 유사한 인식을 보였으나, 조종사 집단은 국외 도입 전투기에 대한 상대적 성능수준 요인에 높은 가중치를 부여했다. 이러한 차이점을 고려하는 것은 획일화된 성능개량 의사결정을 지양하는 데 참고할 자료로 활용할 수 있을 것이다.

실무적 활용 측면에서 본 연구결과를 토대로 합리적인 의사결정에 기여할 수 있을 것이다. 무기체계 획득과정은 소요제기부터 다양한 기관의 분석·평가 과정을 거치게 된다.⁷⁾ 이때 최초 소요제기 기관은 성능개량 대상 장비별 의사결정 요인에 대한 장비 운용자의 의견을 정량적으로 반영하여 제시한다면 소요 필요성에 대한 논리를 강화할 수 있다. 또한, 획득사업 단계별로 분석평가 시에는 성능개량의 ‘효과 분석’ 결과를 필수적으로 포함해야 하는데 적절한 비중의 운용요원의 가중치가 제시될 수 있다면 분석결과의 설득력을 제고할 수 있을 것이다. 특히, 본 연구는 전력지원체계 등의 획득 의사결정에 활용될 수 있는 확장성을 가지고 있다. 현재 군에서 운영 중인 노후 장비의 ‘폐기/재사용’ 의사결정에 신뢰성 있는 기준을 마련하는 노력이 이루어지고 있다(Lee & Kwon, 2017). 일반적인 의사결정은 1차적으로 경제적 수리한계(Economic Repair Limits)로 내구연한과 예산 요인을 검토하고 최종적인 심의(정성적 판단)를 통해 결정하는 방식으로 오랜 시간이 소요되지만, 본 연구와 같은 정량적 의사결정 모델을 장비 유형별로 구분한다면 보다 합리적이고 신속한

7) 국방전력발전업무 훈령(국방부 훈령 제2749호) 제2장 제11절 분석평가 원칙.

의사결정이 가능할 것으로 판단된다.

5.3 한계점 및 향후 연구 제언

본 연구는 전투기 성능개량 의사결정 시 참조할 수 있는 정량화된 성능개량지수로 5가지 요인(내구연한, 성능개량 주기, 가동률, 예산, 전투기의 상대적 성능수준)을 식별하였다. 다만, 현실적으로는 상당한 시간과 비용이 소요되는 성능개량을 결정하는 과정에서 고려해야 할 요인은 그 외에도 다수 존재할 것이다. 그러므로 향후 연구는 성능개량 관련 연구자료 및 전문가 의견을 심층 분석하여 성능개발지수에 포함할 수 있는 요인을 추가로 탐색할 필요가 있다. 또한 각 평가요인 간의 ‘가중치’를 제시하였지만, 평가요인의 측정방식에서 정량적 또는 정성적 산출방식에 대한 방법론을 정교화하는 연구설계가 필요하다. 본 연구는 실제 무기체계 운용 경험자인 조종사와 정비사를 대상으로 설문조사를 실시하고 이들의 의견을 Fuzzy-AHP 분석방법을 적용하여 정량화된 성능개량지수를 개발하였다는 점에서 학술적으로 기여하는 바가 크다고 볼 수 있다. 이런 연구적 의의에도 불구하고 현실적 여건에서 볼 때, 운용 전문가 이외에도 다양한 집단(무기체계 사업 관련 사업관리자, 성능개량 전문가, 운용 전문가, 국방 정책 입안 전문가 등) 의견을 포괄적으로 반영한 성능개량지수를 확장할 필요가 있다.

Acknowledgements

We are grateful for the helpful comments from the anonymous reviewers and for the editorial support provided by the Journal of Advances in Military Studies’ editorial team.

Declaration of Conflicting Interests

The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Author contributions

Conceptualization: CY and MS; Literature review: CY and CK; Resources and Data curation: CY; Investigation and Methodology: CY, MS, LS, and CK; Writing (Original Draft): CY, LS, and CK; Writing (Review and Editing): CY and LS; Project administration and Supervision: MS and CK.

Reference

- Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>
- Barney, J. B. (1997). *Gaining and Sustaining a Competitive Advantage*. Reading, MA: Addison Wesley. https://onlinelibrary.wiley.com/action/getFTRLLinkout?url=http%3A%2F%2Fscholar.google.com%2Fscholar_lookup%3Fhl%3Den%26publication_year%3D1997%26author%3DJ.B.%2BBarney%26title%3DGaining%2Band%2BSustaining%2Ba%2BCompetitive%2BAdvantage&doi=10.1111%2Fbeer.12115&linkType=gs&linkLocation=Reference&linkSource=FULL_TEXT
- Chen, M., Zhou, L., & Lee, H. S. (2022). A Study on the Safety Policies of Truck Traffic Using Fuzzy-AHP. *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, 21(2), 44-61. <https://doi.org/10.12815/kits.2022.21.2.44>
- Choi, H. J. (2023). A Study on South Korea's Damage Limitation Capability and Vulnerability in Preparation for North Korea's Nuclear Threat. *Military Research and Development*, 17(1), 55-80. https://cmrd.or.kr/html/sub3_01.html?pageNm=article&journal=1&code=431852&issue=32772&Page=1&year=2023&searchType=&searchValue=
- Doerr, K., Eaton, D. R., & Lewis, I. R. (2016). Measurement issues in performance-based logistics in Badiru. A. B., & Racz, L. (Eds.), *Handbook of measurements: benchmarks for systems accuracy and precision*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351228817>
- Han, B. K., & Chung, E. S. (2013). Application of Fuzzy Multi-criteria Decision Making Techniques for Robust Prioritization. *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, 33(3), 917-926. <https://doi.org/10.12652/Ksce.2013.33.3.917>
- Han, D. H., Hwang, J. Y., Bae, J. H., & Lee, J. H. (2021). Design of Open System Architecture and Data Model for Upgrading Ground based Weapon System. *Journal of Korean Institute of Information Technology*, 19(12), 151-161. <https://doi.org/10.14801/jkiit.2021.19.12.151>
- Jang, Y. C., Kang, K. R., & Choi, S. C. (2015). A Study of Improving Performance Improvement in Weapon Systems: Focused on the decision point of PIP for the ship weapon systems. *Journal of the Korea Association of Defense Industry Studies*, 22(2), 23-52. UCI : G704-SER000001543.2015.22.2.004
- Jeon, T. B. (2013). A Rational Model for Performance Improvement Decision Making of Korean

- Military Weapon Systems. *The Quarterly Journal of Defense Policy Studies*, 29(3), 89-117. <https://doi.org/10.22883/jdps.2013.29.3.004>
- Jo, G. S., Cho, Y. J., & Jang, J. G. (2021). An Experimental Study on CBM+ of Transmission in Depot Maintenance for Missile Vehicle System. *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, 47(1), 46-62. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE11062021>
- Jo, Y. J., Min, S. H., & Choi, K. H. (2023). How to Develop Regulations on Performance Improvement of Weapon Systems: Focusing on Korea F-16 Program Case Analysis. *Korean Journal of Military Art and Science*, 79(1), 155-173. <https://doi.org/10.31066/kjmas.2023.79.1.006>
- Jun, I., & Oh, S. H. (2016). Organisational Resources, Dynamic Capabilities and Competitive Advantage : The mediating role of Dynamic Capabilities. *Journal of Business Research*, 31(2), 386-416. <https://doi.org/10.22903/jbr.2016.31.2.386>
- Kang, J. Y. (2022). Reality of Armed Conflict between China and Taiwan: Focusing on the Scenario of US Support and Conflict in Taiwan. *Korean-Chinese Social Science Studies*, 20(1), 9-32. <https://doi.org/10.36527/KCSSS.20.1.1>
- Kang, Y. T. (2022). The characteristics of China's military negotiation strategy: Focusing on the change in the distributed negotiation strategy. *Journal of Advances in Military Studies*, 5(1), 79-94. <https://doi.org/10.37944/jams.v5i1.127>
- Khan, M. A., Stoll, O., West, S., & Wuest, T. (2022). Equipment upgrade service provision in the context of servitization: drivers, capabilities, and resources. *Production Planning & Control*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2063199>
- Khan, M. A., West, S., & Wuest, T. (2020). Midlife upgrade of capital equipment: A servitization-enabled, value-adding alternative to traditional equipment replacement strategies. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 29, 232-244. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2019.09.001>
- Kim, J. W., & Shim, S. R. (2020). A Case Study on the Evolutionary Development of U.S Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): Focusing on Tactical/Strategic Fixed-wing UAVs. *Journal of Advances in Military Studies*, 3(2), 17-46. <https://doi.org/10.37944/jams.v3i2.69>
- Lee, E. N., & Kwon, N. Y. (2017). Determination of Maintenance Expenditure Limits for Military Equipment: focusing on Army Vehicles. *The Quarterly Journal of Defense Policy Studies*, 33(3), 197-221. <https://doi.org/10.22883/jdps.2017.33.3.007>
- Lee, S. I., & Choi, K. H. (2022). A Study on the Weapon System Software Contract Type Using the Adaptive Life Cycle: Using TLCSM. *Military Research and Development*, 16(1),

- 153-172. <https://www.earticle.net/Article/A415029>
- Maowei, C., Zhou, L., & Lee, H. S. (2022). A Study on the Safety Policies of Truck Traffic Using Fuzzy-AHP. *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, 21(2), 44-61. <https://doi.org/10.12815/kits.2022.21.2.44>
- Park, J. H., & Park, J. S. (2022). North Korea's nuclear use scenario: Focusing on models for the probability of nuclear war and the impact-uncertainty grid. *Journal of Advances in Military Studies*, 5(2), 135-158. <https://doi.org/10.37944/jams.v5i2.152>
- Park, K. T. (2021). *A Study on the Development Strategy of Weapon System Performance Improvement: Focusing on the F-17 Case*. [Doctoral dissertation, Daejeon University]
- Raska, M. (2019). Strategic competition for emerging military technologies. *Prism*, 8(3), 64-81. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/26864277>
- Saaty, R. W. (1987). The Analytic Hierarchy Process—What It is and How It is Used. *Mathematical modelling*, 9(3-5), 161-176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Song, W., & Choi, Y. (2019). A Study on the Discontinuation Management of Parts in the Weapon System. *Journal of Advances in Military Studies*, 2(3), 23-52. <https://doi.org/10.37944/jams.v2i3.58>
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(13), 1319-1350. <https://doi.org/10.1002/smj.640>
- Yang, H. S. (2022). Comparison of Security Policies between the Trump and Biden Governments toward China. *Journal of Advances in Military Studies*, 5(3), 109-129. <https://doi.org/10.37944/jams.v5i3.168>
- Yoo, S. H., Hur, J. W., & Lee, H. R. (2019). Applying 3D Printing Spare Parts to Operation Field. *JOURNAL OF AEROSPACE SYSTEM ENGINEERING*, 13(1), 54-61. <https://doi.org/10.20910/JASE.2019.13.1.54>
- Yoon, J. S., & Byun, H. S. (2021). Feasibility Analysis of Korea TURA Reflecting Fuzzy Weights. *Korean Chemical Engineering Research*, 59(2), 186-190. <https://doi.org/10.9713/kcer.2021.59.2.186>

원 고 접 수 일 2023년 02월 27일

원 고 수 정 일 2023년 07월 10일

게 재 확 정 일 2023년 08월 11일

〈부록〉

〈부록 1〉 성능개량 지수 설문조사 양식(요약)

① 평가항목 별 세부내용 이해

평가항목	세부내용
① 내구연한	• 전투기 성능을 유지하면서 운영할 수 있는 기대 수명
② 성능개량 주기	• 창정비 또는 기술변화를 고려한 성능개량 간격
③ 가동률	• 임무 수행이 가능한 전투기와 총 보유 대수와의 비율
④ 예산	• 성능개량의 목적을 달성하기 위한 자원
⑤ 전투기 상대적 성능 수준	• 군사력 상위 10위 평균 및 주변국 대비 성능 수준

② 항목들 간 중요도 선행판단(설문 오류 방지)

- 선행판단은 다음에 실시할 항목별 중요도 평가에 혼선을 방지하기 위하여 참고로 미리 작성하고 이를 기준으로 중요도를 구체적으로 부여

평가항목	① 내구연한	② 성능개량 주기	③ 가동률	④ 예산	⑤ 전투기상대적 성능수준
중요도 판단결과					

③ 평가항목들 간 중요도에 따른 쌍대비교

- 계층 요소에 대한 쌍대비교법으로 한 쌍(좌·우측)의 요소를 비교하여 좌·우측을 기준으로 상대적 중요도에 따라 9점 척도를 이용하여 항목별 중요하다고 판단되는 부분에 체크(✓) 표시

※ ‘②항목들 간 중요도 선행판단’을 근거로 항목 간 중요도를 판단하여 설문

요 소	절대중요		아주중요		중요		약간중요		대등		약간중요		중요		아주중요		절대중요		요 소
	(9)	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		
① 내구연한																			② 성능개량 주기
① 내구연한																			③ 가동률
① 내구연한																			④ 예산
① 내구연한																			⑤ 전투기 상대적 성능수준
② 성능개량 주기																			③ 가동률
② 성능개량 주기																			④ 예산
② 성능개량 주기																			⑤ 전투기 상대적 성능수준
③ 가동률																			④ 예산
③ 가동률																			⑤ 전투기 상대적 성능수준
④ 예산																			⑤ 전투기 상대적 성능수준

모든 항목을 빠짐없이 표시하여 작성

전투기 성능개량 지수의 요인별 중요도 인식 차이에 관한 연구

조영재* · 민순홍** · 임세환*** · 최경환****

국문초록

소프트웨어 기반 기술의 급격한 발전은 제품수명주기(product life cycle, PLC) 단축과 이로 인한 신제품 도입을 촉진하고 있으나 국방 분야에서는 높은 초기 무기 획득비용으로 인해 신무기 도입을 통한 신기술 적용이 쉽지 않다. 따라서, 국방 분야에서 급격한 기술발전에 대처하는 합리적인 대안은 성능개량이다. 현재 성능개량사업은 상의하달(top-down) 방식으로 이루어지며, 다양한 결정요인을 고려하지 않고, 소요 비용과 가용예산의 적정한 배분을 주로 고려한다. 제한된 국방예산으로 성능개량이 이루어지는 현실을 고려할 때, 성능개량은 적정 무기체계를 적정 기술을 활용해서 적정 예산으로 적시에 달성해야 비용 효과적으로 전투력 극대화를 이룰 수 있다. 이를 위해 하의상달식(bottom-up)으로 성능개량에 대한 다양한 의견을 반영하는 방안을 적극 모색할 필요가 있다. 본 연구는 성능개량사업의 비용효과성을 높이는 도구로서 전투기 운용 전문가들의 의견을 정량화하는 성능개량지수(Performance Improvement Index) 개발을 목적으로 한다. 운용 전문가들은 성능개량이 필요한 기종, 적정 기술, 적시성에 대한 지식이 풍부하므로, 성능개량 의사결정 시 이들 전문가 인식 반영이 중요하다. 본 연구는 전투기 운용전문가들이 인식하는 성능개량 결정 요인별 가중치를 구하고, 전문가 집단 내 인식 차이도 살펴본다. 이를 위해 본 연구는 공군 주요 비행단 현역 조종 요원 및 군수 요원 134명으로부터 수집한 자료를 Fuzzy-AHP 방법론으로 분석한다. 성능개량 평가요인별 가중치 산정 결과, 중요도는 ‘전투기 상대적 성능 수준’, ‘가동률’, ‘내구연한’, ‘성능개량 주기’, ‘예산’ 순으로 나타났다. 또한, 조종과 군수 요원 간에 ‘예산’과 ‘상대적 성능 수준’에 대한 명확한 인식차가 존재하며, 운용 세부 기종별 ‘성능개량 주기’, ‘가동률’ 등에 대한 인식차도 확인했다. 본 연구가 제안하는 성능개량지수는 향후 성능개량사업 추진 시, 정책전문가 의견 중심의 의사결정에서 벗어나 다양한 전문가 의견을 반영할 수 있는 도구를 제시함으로써 균형 잡힌 의사결정을 바탕으로 비용효과성을 높이고 궁극적으로 전투력 향상에 기여할 수 있기를 기대한다.

주제어 : 전투기 성능개량, 성능개량지수, Fuzzy-AHP 분석, 제품수명주기, 비용효과성

* (제1저자) 공군, 소령, biigy@naver.com, <https://orcid.org/0000-0001-5179-3264>.

** (공동저자) 연세대학교, 경영대학, 교수, sminscm@yonsei.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0003-4514-2013>.

*** (공동저자) 연세대학교, 경영대학, 석사과정, limseh@yonsei.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0001-9563-4740>.

**** (교신저자) 방위사업청, 공군 중령, ckh5028@korea.kr, <https://orcid.org/0000-0003-4710-3544>.