Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 25, No. 1 pp. 47-54, 2024

https://doi.org/10.5762/KAIS.2024.25.1.47
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

부품단종에 따른 수리부속 소요량 산출에 관한 연구: CH-47D 헬기 구형 엔진 단종에 관한 사례연구

강경환*, 오제천, 임강희
대한민국 육군 분석평가단

A Study on Calculation Method of Spare Parts Amounts according to DMSMS: A Case Study of CH-47D Old Engine

Kyung Hwan Kang*, Jae-Chun Oh, Kang-Hee Lim
Center for Army Analysis and Simulation

요 약 국방분야에서의 부품단종(DMSMS : Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortage)관리는 무기체계의 획득과 운영단계에서 수리부속 등의 단종으로 인한 유지비용 증가 및 장비가동률 저하 등을 방지하기 위한 일련의 업무체계이다. 부품단종관리를 위한 사전관리방안으로 단종관리를 위한 설계, 부품의 표준화, 단종관리 시스템 구축 등이 있으며, 사후관리방안으로 부품 대체, 재고 확보, 설계변경의 방법들이 있다. 본 연구는 사후관리방안 중의 하나인 단종이 예정된 무기체계 구성품의 재고 확보에 관한 사례연구이다. CH-47D 헬기의 구형 엔진은 단종이 통보되었으며, 단종 이후 신형 헬기가 전력화되기 전까지 약 10년간 운용해야 한다. 구형 엔진의 단종에 따라 향후 잔존운용기간의 정비를 위한 구형 엔진의 수리부속 소요량 산출방안을 제안하였다. 수리부속 소요량 산출은 첫 번째 단계로 보유한 구형 엔진 중 잔존 운용 기간 계획정비를 수행할 구형 엔진의 대수와 시기를 결정한다. 대수와 시기는 엔진과 주요 구성품의 수명 한도에 선 도래하는 시점의 장비가 된다. 두 번째 단계로 정비를 수행하는 구형 엔진에 필요한 수리부속의 소요량을 예측하였다.

Abstract DMSMS management in military defense is a series of work systems to prevent increased maintenance costs and decrease equipment operation rates due to discontinuation of repair parts during the acquisition and operation stages of weapon systems. Proactive management for part-discontinuation management includes design for discontinuation management, standardization of parts, and establishment of a discontinuation management system. Post-management includes methods of part replacement, securing inventory, and design changes. This study is a case study on securing the inventory of weapon-system components scheduled to be discontinued, which is a follow-up management measure. The old engine of the CH-47D helicopter has been discontinued and must be operated for approximately 10 years before a new helicopter is put into service. In accordance with the discontinuation of the old engine, a method for calculating the required amount of repair parts for the old engine for maintenance during the remaining operating period is proposed. The first step is to determine the number and timing of old engines that will undergo planned maintenance during their remaining operating periods. The amount and timing of maintenance engines were determined by equipment that reaches its life-cycle limit first. Secondly, the amount of repair parts required for old engines undergoing maintenance was predicted.

Keywords : DMSMS, Spare Part, Inventory Management, Military Operations Research

*Corresponding Author : Kyung Hwan Kang(Center for Army Analysis and Simulation)
email: optimal11@icloud.com
Received October 20, 2023 Revised November 20, 2023
Accepted January 5, 2024 Published January 31, 2024

1. 서론

부품단종(DMSMS : Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortage)관리는 무기체계의 획득과 운영단계에서 수리부속의 단종으로 인한 유지비용 증가 및 장비가동률 저하를 방지하기 위해 부품 공급업체의 생산중단계획 정보 등을 획득하여 사전에 대응하기 위한 업무체계이다[1].

단종관리의 기본원칙은 무기체계의 총수명주기에 걸쳐 관리하고, 부품단종으로 인한 영향을 최소화하여 수명주기비용과 가동률에 부정적인 영향을 미치지 않도록 하여야 한다. 단종이 수명주기비용에 미치는 영향에 대한 사례 분석결과, 4개의 시스템(또는 구성품)의 단종된 부품 4개(Power control board, TV distribution board, Infrared sensor device, Processor)로 인해 총비용이 2~5배 증가한 것으로 나타났다[2]. 본 연구에서는 00무기체계를 대상으로 2018년에서 2022년까지의 국외도입 구성품의 수리부속 보급실적을 사례로 검토한 결과, 4개 품목의 단종이 발생하였고, 이에 따른 해외정비 소요기간도 평균 362일을 차지하였으며, 300일 이상 정비소요품목이 전체 국외도입 구성품의 61.9%를 차지해 장비가동에 어려움을 겪고 있다.

국방부는 2021년 선제적 부품단종관리를 통해 단종시점을 예측하고, 조달원 정보를 관리하여 부품획득을 위한 비용증가 및 장비가동률 감소를 방지하기 위한 추진계획과 관련 제도를 수립하였다[3].

단종관리는 사전관리와 사후관리로 나뉜다. 사전관리는 부품단종을 예측하여 부품단종의 영향력을 최소화하는 데 필요한 조치를 선행하는 능동적 관리로, 무기체계를 개발하는 단계에서부터 추후 발생 가능한 부품단종을 고려하여 설계하고, 운용유지단계에서 지속적인 부품단종 관리를 통하여 단종에 대응하는 방법이다. 사후관리는 부품이 단종되어 후속 조치하는 수동적 관리를 말한다. 박경덕[4]은 사전관리방법으로서 성능형 규격/개방형 시스템 설계, 모듈화 설계, 상용부품 및 부품 표준화 적용, 부품단종 시스템 구축 등을 제안하였으며, 사후관리방법으로서 부품 대체, 재고 확보, 설계변경의 방법을 제안하였다.

본 연구에서는 사후관리방법 중 하나인 재고 확보방안(수리부속 소요량 산출)의 사례연구를 하였다. 단종관리 업무프로세스에 관한 연구도 필요하며, 무기체계별 각기 다른 특성을 가지고 있는 군 보유장비의 특수성을 고려 시 각 무기체계별 특성을 고려한 단종관리에 관한 연구도 필요하다. 본 연구는 헬기가 가지는 특수성(엔진 운용시간, 구성품별 운용 Cycle, 예비엔진 보유기준 등)을 고려한 연구이다.

CH-47D 헬기에서 운용 중인 'T55-L-712 엔진' 은 2023년 이후 제작사(美 허니웰社)에서 단종을 통보하여, 2024년부터 외주정비 수행 제한이 예상된다. CH-47D 헬기 도태 전까지 엔진정비용 수리부속 일괄구매량 판단에 필요한 엔진정비 대수와 시기, 엔진 구성품의 수리부속 예측량 분석이 요구되었으며 이에 관한 연구를 수행하였다.

본 연구의 기여점은 대부분의 연구가 단종관리체계의 아키텍처 정립, 프로세스 설계, 시스템 구축, 제도개선 및 선진국의 부품단종관리업무체계 등의 총괄적이고 개념적인 연구가 진행되어 왔지만, 본 연구는 사후관리 방안의 하나인 재고 확보 측면의 소요량 산출방법에 관한 실증적인 사례연구라는 것이다. 연구에 적용된 엔진의 수명 한도 판단, 예비엔진 수량의 확보기준, 엔진의 운용시간 및 구성품의 운용 CYCLE 등 주요 기준과 데이터는 현장의 데이터를 활용하여 수집·분석을 하였다. 본 연구는 CH-47D 헬기를 대상으로 한 사례연구이지만, 우리 군에서 운용중인 다른 헬기 기종에도 본 연구에서 제안하는 방법론의 보완과 수정을 통해 적용이 가능하다고 판단된다. 현재 우리군에서 운용중이거나 운용예정인 헬기는 CH-47D 헬기이외에도 1990년대부터 면허 생산한 UH-60 헬기, 1970년대 도입한 AH-1 헬기, 2010년대 국외구매한 AH-64 헬기, 1·2차 해상작전헬기 사업으로 추진중인 AW-159 헬기, MH-60R 헬기, 기초비행훈련용 헬기(벨 505) 등 다양한 국외 도입 기종과 국내 연구개발한 수리온 헬기, 소형무장헬기가 있다. 이러한 기종들도 언젠가는 수명한계가 다가옴에 따라 향후에는 단종에 대한 문제가 부각되어 현재의 CH-47D 헬기와 유사한 분석이 필요할 것으로 보인다. 제시한 방법론이 여러 사례를 참조하거나, 통합하지 못한 사유는 단종에 따른 수리부속 일괄구매량 산출 방법론에 관한 군의 분석자료와 학술자료는 찾을 수 없었기 때문이며, 이러한 부분에 대한 학술적 또는 실증적 측면의 다양한 연구가 필요하다.

제2장에서는 기존의 연구현황, 제3장에서는 CH-47D 헬기의 구형 엔진 단종에 따른 수리부속 산출에 관한 연구사례에 관한 설명을 하였다. 제4장에서는 단종에 따른 수리부속 소요량 산출방법을 분석하였으며, 제5장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시하였다.

2. 관련 문헌 연구

단종관리에 관한 연구는 크게 두 가지 분야의 연구가 진행되었다.

첫째, DMSMS 관리를 위한 업무 프로세스와 아키텍처 설계, 선진국 모델 분석 등 제도적이고 총론적 개념의 연구이다. James K. et al.[5]은 큐잉모델(Queuing model)을 활용하여 시스템 수준에서의 가용도(Availability)의 위험을 추정하는 프레임워크(framework)를 제시하였다. 문자영[6]은 부품단종 관리시스템에서의 주요 관리항목을 AHP (Analytic Hierarchy Process) 기법을 통해 분석하였다. 부품단종에 따른 영향성, 부품단종 확률, 부품단종 대응비용의 3가지 기준과 세부항목 15개를 계층화하여 유용한 항목을 도출하였다. 정현우[7]는 선진국의 부품단종 관리제도를 분석하여 국내 실정에 맞는 관리방안을 제시하였다. 이 연구에서 부품단종 대응방안으로 부품 대체, 재고 확보, 대체개발, 성능형 규격 및 개방형 시스템 설계, 모듈화 설계 등의 방안을 제시하였다. James K. et al.[8]는 DMSMS로 인한 영향이 적시에 해결되지 않으면 큰 비용이 소요되며, 시스템의 전체 수명주기비용을 최소화하는 것이 전략적인 DMSMS 관리전략이라고 밝혔다. 이 연구에서는 고정된 수명주기 동안의 최적의 성능개량 일정을 수립하려는 방안을 제시하였다. 김만기[9]는 SWOT 분석을 통한 부품단종 관리체계와 국산화 제도 발전전략을 제시하였다. 윤성기[10]는 획득단계부터 추후 발생 가능한 부품단종을 고려한 설계가 필요하다고 하였다. 최종수[11]는 미국과 영국의 단종관리 수행모델을 선정하여 세부 업무 프로세스를 조사 및 비교·분석하여 국내 적용하고자 하는 단종관리 수행방안을 도출하였다.

두 번째는 단종관리에 관한 사례연구로서, 박광효[12]는 유도 및 수중 무기의 부품단종에 대해 사전관리와 사후관리, 미관리를 수행할 경우 발생하게 되는 비용을 추정하였다. Christina M. et al.[13]은 DMSMS 관리 중 전기전자부품의 노후화 예측에 관한 연구를 하였다. 천원종[14]은 유도무기의 후속 군수지원 보장, 가동률 향상 및 작전 운용성 향상을 위해 운용유지단계에서의 부품단종 관리업무 수행절차와 방안을 제시하였다. 해군에서 운용 중인 유도무기 3종의 부품 단종관리업무 수행결과를 사례를 들어 관계기관별 임무와 세부 수행내용을 정립하였다. 본 연구의 정량적 분석과 유사한 연구는 남광식[15]의 연구로서, 도태예정장비의 적정 구매중단 시점을 시스템다이나믹스 시뮬레이션을 활용하여 산출하였다. 최소비용으로 목표 가동률 만족을 위한 모형으로 평균고장발생간격과 리드타임의 특성을 활용하였다. 이 연구의 목적은 적정 도태에 따른 구매중단 시점이며, 본 연구의 목적은 단종시점까지 운용할 수리부속 일괄 구매량을 산정한다는 점이 연구목적의 차이점이라 할 수 있다. 또한 최정호[16]는 무인항공기의 수리부속 소요량 예측 연구를 전통적인 시계열 방법이 아닌 오버샘플링과 언더샘플링을 활용하였다. 최종적인 산물인 수리부속 소요량 예측을 한다는 점은 본 연구와 연구목적이 동일하나 단종이라는 변수가 본 연구에서는 고려되었다는 점이 차이점이다.

3. 문제 정의

CH-47D 헬기에서 운용 중인 'T55-L-712 엔진(이하 712엔진)' 은 2023년 이후 제작사에서 단종할 예정이며 부품단종으로 수리부속 보급이 제한되어 도태 전까지 운용할 712엔진의 수리부속 일괄구매가 단종 전에 필요하다.

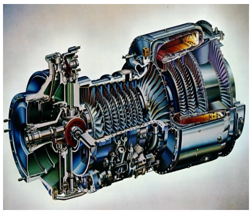
Shape	Main Specifications
	· No. of engines : 70+α EA · Power : 3,750 HP/EA · Kind of repair parts : 897 EA

Fig. 1. Shape and Specifications of 712 Engine

Fig. 1과 같이 현재 총 70여 대의 엔진을 보유하고 있으며, 엔진 내 수리부속 품목은 897종이다. 운용 엔진은 항공기에 장착된 엔진이며, 예비엔진은 장착 엔진의 고장, 정비 등으로 운용 불가 시 활용하기 위한 엔진이다.

712엔진의 정비시기는 CH-47D 기술회보(Engine-General-Rotating Component Service Life Limit)에서 엔진운용시간(2,400시간)과 구성품 9개의 운용 CYCLE로 명시한 회전체의 수명 한도를 규제하고 있으며, 정비 주기를 엔진운용시간과 엔진 구성품의 수명 한도 중 선 도래하는 시점에서 결정하도록 규정하고 있다[17]. Table 1은 엔진과 엔진 구성품의 수명 한도를 보여준다. 예를 들어 엔진 구성품 중 하나인 〈Disc, First Compressor〉의 수명 한도 운용 cycle은 4,600cycle이

며, 〈Disc, Fourth Turbine Rotor〉의 수명 한도 운용 cycle은 5,200cycle이다. 만약 엔진운용시간 2,400시간 도래 전 〈Disc, First Compressor〉의 운용 cycle이 4,600cycle에 도달했다면 엔진을 분해/정비를 하게 된다. 정비 시에는 〈Disc, First Compressor〉의 정비와 아울러 수명 한도에 근접한 다른 구성품의 정비도 동시에 이루어진다.

Table 1. Lifespan of engine and assembly

Classifications			Lifespan
Engine		Operating Time(H)	2,400
Key Components (Cycle)	①	Disc, First Compressor	4,600
	②	Disc, Third Compressor	3,100
	③	Disc, Fourth Compressor	2,200
	④	Disc, Fifth Compressor	3,100
	⑤	Disc, Sixth Compressor	3,500
	⑥	Disc, Seventh Compressor	3,200
	⑦	Disc, Second Turbine Rotor	3,000
	⑧	Shaft Assembly, Turbine Disc	5,200
	⑨	Disc, Fourth Turbine Rotor	5,200

CH-47D 헬기는 2032년까지 운용 후 도태될 예정이며, 도태 시기인 ① 2032년까지 정비할 712엔진의 정비 시기와 수량의 결정, ② 엔진 1대 정비에 필요한 수리부속의 소요량 예측이 필요하다. 최종적으로 ③ 도태 시까지 필요한 712엔진의 수리부속 총 소요량(일괄구매량) 산출이 필요하다. ③수리부속 총 소요량은 ① 정비 수량 × ② 1대 정비 시 소요 수리부속으로 구할 수 있다.

① 의 의사결정 사항인 정비시기와 대수의 검증은 예비엔진 보유기준의 충족 여부로 검증하였다. 정비 대수와 시기를 어떻게 결정하느냐에 따라 보유한 예비엔진의 수량이 변화하며 최적의 정비 수량과 시기는 정비를 통해 확보하는 예비엔진 수량이 예비엔진 보유기준을 만족하면서 최소가 되는 수량과 시기이다. 예비엔진 보유기준은 공본 지침서 "항공기 기관관리"에 의거 항공기 10대 이상 보유 시는 장착 엔진의 25%, 10대 미만 보유 시는 장착 엔진의 40%를 보유하게 되어있다[18].

4. 수리부속 소요량 산출방법

4.1 1단계 : 정비시기와 수량의 결정

정비시기와 수량의 결정은 각 엔진별 엔진 운용시간과 구성품의 수명한도 운용cycle 산출이 필요하다.

먼저, 엔진 운용시간은 비행간 운용시간과 지상 운용시간의 합으로 구할 수 있다. 보유한 총 70여 대의 엔진 중, 육군에서 운용 중인 44대의 712엔진 데이터 분석결과 각 엔진은 최소 21.3시간부터 최대 1620.3시간까지 비행시간을 기록하고 있다. 44대의 총 비행시간은 25769.7시간, 총 지상 운용시간은 2388.4시간으로 지상 운용시간은 비행시간의 약 9.3%를 차지하고 있다.

비행시간은 대당 연간 125시간으로 운용할 예정으로서 주어진 상수이며, 연간 지상 운용시간은 정비, 시험, 지상 이동 등의 시간으로 비행시간과의 회귀분석을 통해 산출할 수 있다. 회귀분석 결과 연간 지상 운용시간은 17시간으로 산정되었다. Fig. 2는 육군에서 운용 중인 712엔진의 비행시간과 지상 운용시간의 회귀분석 결과로서 지상 운용시간은 비행시간이 증가할수록 선형관계로 증가하고 있으며, R2값이 0.86으로 상관관계가 밀접하다고 볼 수 있다. (Eq. 4-5)는 비행시간과 지상 운용시간의 회귀모형이다.

- 지상 운용시간=0.0823×비행시간(125시간)+ 6.0989 = 16.38 ≈ 17시간 (Eq. 4-1)

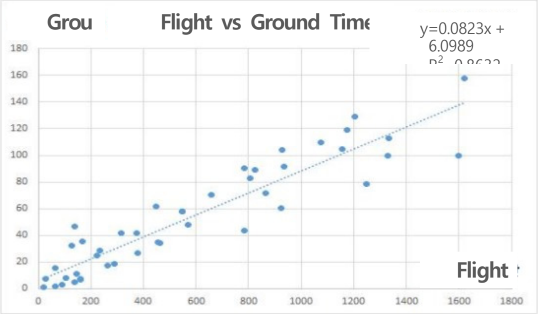


Fig. 2. Regression model of flight time and ground operating time

각 구성품의 운용 cycle 소모량은 (Eq. 4-1)과 같이 비행시간당 운용cycle 소모량과 지상 운용시간의 운용 cycle 소모량의 합으로 구할 수 있다. 연간 운용 cycle 소모량은 (Eq. 4-2)와 같이 구할 수 있다.

- 운용 cycle 소모량 = 비행시간당 cycle 소모량 + 지상 운용시간당 cycle 소모량 (Eq. 4-1)
- 연간 운용cycle 소모량은 = [비행시간당 cycle 소모량 × 연간 비행시간(125시간)] + [지상 운용시간당 cycle 소모량 × 연간 지상 운용시간(17시간)] (Eq. 4-2)

비행시간당 cycle 소모량과 지상 운용시간당 cycle 소모량은 CH-47D 기술회보(Engine-General-Rotating Component Service Life Limit)에 명시된 (Eq. 4-3), (Eq. 4-4)에 따라 산출할 수 있다. 비행임무상수는 구성품별 착륙횟수에 따라 다르게 적용하며, 대표임무시간은 2시간으로 지정되어 있다.

- 비행시간당 cycle 소모량 = 총 비행시간×비행임무상수/대표임무시간)+(5×비상엔진 가동횟수) (Eq. 4-3)
- 지상 운용 간 CYCLE=지상 운용 간 엔진 시동횟수 × 비행임무상수(1회) (Eq. 4-4)

보유한 70 여대의 엔진 이력을 분석하여 (Eq. 4-1)~(Eq. 4-4)까지의 산식을 적용하여 산출한 구성품별 연간 cycle 소모량은 Table 2와 같다.

Table 2. Annual consumed cycle of each component

Classifications		Life span	Consumption of cycle		
			Year	Flight (No./H)	Ground (No./H)
Engine	On Time	2,400	142 H	-	-
Key Comp-onents (Cycle)	①	4,600	251.4	1.60	3.01
	②	3,100	205.4	1.30	2.52
	③	2,200	251.4	1.60	3.01
	④	3,100	218.0	1.40	2.52
	⑤	3,500	205.4	1.30	2.52
	⑥	3,200	205.4	1.30	2.52
	⑦	3,000	221.9	1.46	2.33
	⑧	5,200	217.1	1.31	3.16
	⑨	5,200	217.1	1.31	3.16

엔진은 연간 비행시간 125시간과 지상 운용시간 17시간의 합인 142시간을 운용하며, ①번 구성품인 〈Disc, First Compressor〉의 수명 한도 운용cycle은 4,600 cycle이며, 연간 251.4cycle을 소모하게 된다.

엔진별 현재까지의 엔진운용시간과 구성품별 운용 cycle에 Table 3의 연간 엔진운용시간과 cycle 소모량을 적용하면 2032년까지의 잔여 엔진운용시간과 잔여 운용cycle을 확인할 수 있다.

Table 3은 한 개의 엔진의 잔여 운용시간과 구성품의 잔여 운용cycle 사례를 분석한 것이다. 2022년 기준으로 엔진의 잔여 운용시간은 1,561시간이며 구성품별 잔여 운용cycle은 표와 같다. 가장 먼저 수명 한도에 도달하는 것은 구성품 ③ 〈Disc, Fourth Compressor〉와 ④ 〈Disc, Fifth Compressor〉로서 각각 2022년 기준 726 cycle, 600 cycle의 잔여 수명을 가지고 있어 2025년에 수명 한도가 '-'로 소진된 것을 확인할 수 있다.

- 구성품③ cycle 소진 = 726 - 251.4×3 = -28
- 구성품④ cycle 소진 = 600 - 218.0×3 = -54

이때 엔진의 잔여 운용시간은 1,135시간으로 충분히 남아있지만 수명 한도가 선 도래하는 ③, ④의 영향으로 2025년 정비대상 엔진이 된다. 2025년 정비 시에는 잔여 운용cycle이 2년 이하로 남은 타 구성품인 ⑥은 동시에 정비한다.

Table 3. Remaining time(engine) and cycle(component) by year

	On Time	Key Components								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Stan-dard	2400H	4600 cycle	3100 cycle	2200 cycle	3100 cycle	3500 cycle	3200 cycle	3000 cycle	5200 cycle	5200 cycle
'22	1,561	1,593	1,888	726	600	1,065	765	1,706	2,778	2,778
'23	1,419	1,342	1,683	475	382	860	560	1,484	2,561	2,561
'24	1,277	1,090	1,477	223	164	654	354	1,262	2,344	2,344
'25	1,135	839	1,272	-28	-54	449	149	1,040	2,127	2,127
'26	993	587	1,066	-280	-272	243	-57	818	1,910	1,910
'27~'32	*(Omission)*									

이처럼, 보유한 712엔진 70여 대를 대상으로 정비시기와 수량을 확인한 결과 2025년에 7대의 엔진을 정비해야 하는 것으로 분석되었으며, 이후 2032년까지의 추가적인 정비는 필요하지 않다.

4.2 2단계 : 예비엔진 보유기준 충족 여부 확인

현재 보유 중인 항공기가 26대이며, 장착 엔진이 52대이므로 Table 4와 같이 예비엔진 보유기준은 13대가 된다. 2027년부터는 후속기종이 전력화되어 CH-47D 헬기는 보유 대수 감소에 따라 예비엔진 보유기준이 감소하게 된다.

계획정비의 기준정비시간은 실제 18개월이 소요되나, 본 연구에서는 입고대기시간 1년, 정비기간 1년, 출고대기 1년이 소요되는 것으로 가정하였다. 즉 정비를 위한 입고부터 출고까지 3년이 소요된다.

Table 4. Datum point of Spare Engine

Year	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32
Engine Installed	52	52	52	52	52	40	22	18	18	18	18
Criteria of spare engine	13	13	13	13	13	10	8	8	8	8	8

예비엔진은 정비대상 엔진, 운용예비 엔진, 입고대기 엔진, 출고대기 엔진의 합으로 구할 수 있다. t 년도 정비대상 엔진은 t+1년에 출고 대기 엔진으로 분류가 된다. 2022년부터 2024년까지 정비대상 엔진은 총 7대로서 주어진 값이며, 4.1절에서 산출한 2025년 7대 정비 시 예비엔진의 수량변화는 Table 5와 같으며 도태 시기인 2032년까지 예비엔진 보유기준보다 예비엔진 보유 수량이 많음을 알 수 있다.

Table 5. The amount of spare engine (7 engines maintained in 2025)

Year	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32
Engine Installed	52	52	52	52	52	40	22	18	18	18	18
Criteria of spare engine	13	13	13	13	13	10	8	8	8	8	8
No. of spare engine	19	19	19	17	13	16	27	24	20	20	18

만약 2025년 6대, 8대를 정비했을 경우, 예비엔진 보유수량은 Table 6과 같다. 6대 정비 시에는 2026년 보유한 예비엔진은 12대로서 보유기준을 충족하지 못하며, 8대 정비 시에는 7대 정비 시 보유한 예비엔진 수량 13대보다 많은 14대를 보유하여 정비 수량이 증가한다는 단점이 있다.

Table 6. The amount of spare engine (6 and 8 engines maintained in 2025)

Year	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32
Engine Installed	52	52	52	52	52	40	22	18	18	18	18
Criteria of spare engine	13	13	13	13	13	10	8	8	8	8	8
No. of spare engine (6 Maint.)	19	19	19	16	12	15	26	23	19	19	17
No. of spare engine (8 Maint.)	19	19	19	17	14	17	28	25	22	22	20

4.3 3단계 : 수리부속 일괄구매량 산출

분석자료는 2016년부터 2022년까지 정비 간 교환한 수리부속 897종을 활용하였다. Table 7은 〈COMP DISC〉, 〈TUBE ASSY〉의 수리부속 교환실적 사례이다.

Table 7. The example of exchange of spare part

Classifications	Total	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22
#1 COMP DISC	29	2	3	5	4	5	4	6
TUBE ASSY	11	2	0	3	1	0	3	2

수요예측방법은 산술평균, 단순 이동평균, 가중 이동평균법, 지수평활법 등 4종류의 예측방법을 적용하여 예측하였다. 산술평균은 최근 데이터가 반영되도록 최근 3년 치의 값을 적용하였다. 예측방법은 2022년을 기준으로 수리부속 실제 교환율과 예측된 값을 비교하여 가장 가까운 예측방법론을 적용하였다. (Eq. 4-5)는 예측방법 선정의 산식이다.

• 방법선정 = *Min* { | '22년 실제 교환율 - 산술평균 | ,
| '22년 실제 교환율 - 이동평균(단순, 가중) | ,
| '22년 실제 교환율 - 지수평활 | } (Eq. 4-5)

예측결과의 정확도를 확인하기 위해 2022년 기준 실제 교환이력이 있는 수리부속 653개 품목과 예측값 사이에 발생한 오차율은 Table 8과 같다. 오차율 10% 이내는 약 67%, 20% 이내는 약 80%의 정확도를 보이고 있다.

Table 8. The error between real value and expecting value in 2022

Error	계	0%	〈5%	〈10%	〈20%	20%〈
Number (ea)	653	228	175	39	81	130
Rate(%)	100	34.9	26.8	6.0	12.4	19.9

주기성 교환품목 9개는 구성품 CYCLE의 수명 한도를 계산하여 산출하였다. 수리부속 소요산출은 평균값이 적용되므로, 최종 수량 산출시 소숫점 이하는 정수화 하였다. 분석결과 712엔진 1대당 잔여 운용 기간인 2032년까지 897종의 3,027점의 수리부속이 필요한 것으로 예측되었다. 정비 7대에 필요한 수리부속은 총 897종 21,577점이 필요하다.

5. 결론

군용 장비는 특수목적의 요구성능을 충족시켜야 하므로, 범용이나 상용으로 충족이 안되는 특수구성품이 필요하다. 이러한 구성품들은 그 소요가 제한적이므로 안정적 단종관리가 필요하며, 불가피하게 일반 범용제품보다는 조기에 단종이라는 문제에 직면할 수 밖에 없다.

본 연구에서는 CH-47D 헬기 구형엔진의 단종에 따라, 향후 잔존 운용 기간의 정비를 위한 구형엔진의 수리부속 소요량 산출방안을 세단계의 방법론을 제시하였다. 먼저 구형 엔진의 정비시기와 수량을 결정한다. 구형 엔진의 엔진운용시간(2,400시간)과 엔진 구성품의 수명 한도 중 선 도래하는 시점에서 결정하게 된다. 정비시기와 수량에 따라 시기별 예비엔진의 보유 대수가 달라지며, 결정된 정비시기와 수량은 예비엔진의 보유기준 충족 여부를 통해 검증하였다. 마지막으로 정비가 결정된 예비엔진에 소요되는 수리부속의 소요량에 대해 수요 예측을 통해 향후 정비에 소요되는 수리부속의 일괄구매량을 산출하였다. 실증적 측면에서 향후 CH-47D 헬기 구형 엔진의 수리부속 일괄구매에 활용될 수 있기를 기대한다.

향후 연구 방향으로 최적의 정비시기와 결정을 위한 최적화 수리모델의 개발, 통계적 접근, 대규모 무기체계의 수리부속 교환 시기와 대상을 구하기 위한 알고리즘에 관한 연구가 필요하다. 아울러 기동, 화력, 통신, 항공 무기체계의 단종구성품에 대해 확보해야 할 수리부속의 소요량에 대해 일반적이고 보편적으로 활용될 수 있는 방법론에 대한 추가적인 연구를 진행할 것이다.

References

[1] *Dictionary of Military Logistics and Force for National Defense*, Ministry of National Defense of the Republic of Korea, 2019.

[2] K. H. Park, B. H. Shim, "A study on the Diminishing Manufacturing Source and Material Shortages Management and Cost Analysis to Select Optimization Alternatives", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.21, No.4, pp.311-316, 2020.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.4.311

[3] *Establishment of Preemptive Parts Discontinuation Management System*, Ministry of National Defense of the Republic of Korea, 2021.

[4] K. D. Park, J. M. Rhee, "A Study on DMSMS Management for Weapon systems", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.14, N0.11, PP.5866-5871, 2013.

[5] J. K. Starling, Y. J. Choe, C. Mastrangelo, "Identifying DMSMS availability risk at the system level", *International Journal of Production Research*, Vol.59, No.10, pp.2905-2925, 2021.

[6] J. Y. Moon, "A Study on the Importance and order of priority of the Major control item for DMSMS by using AHP analysis", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vo.21, N0.10, pp.48-54, 2020.

[7] H. W. Jung, B. H. Shim, "DMSMS Management Survey and Analysis Method", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vo.21, No.5, 257-265. 2020.

[8] J. K. Starling, Y. J. Choe, C. Mastrangelo, "Optimal Technology Refresh Strategies for Strategic DMSMS Management using Ranking and Selection", *2019 Winter Simulation Conference*, 2019.

[9] M. K. Kim, S. C. Choi, "A Study on the localization of weapon system development strategy in preparation for DMSMS", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea (MORS-K)*, Vol.40, No.1, pp.69-93, 2014.

[10] S. K. Yoon, S. L. Lee, S. O. Kim, J. B. Yoon, J. K. Moon, "A Plan for the Management of Discontinuance of Weapons System Based on Pre-Management", *The Korean Society for Quality Management*, Vol.2019, p.47, 2019.

[11] J. S. Choi, S. J. Chio, "A Study on the Establishment of the Optimization Plan for the Management of Parts Discontinuance through the Analysis of Model in Developed Countries", *The Korean Society for Quality Management*, Vol.2021, p.118, 2021.

[12] K. H. Park, B. H. Shim, "A study on the Diminishing Manufacturing Source and Material Shortages Management and Cost Analysis based on Pilot Application of the Guided Weapons", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.21, No.3, pp.390-398, 2020.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.3.390

[13] C. M. Mastrangelo, K. A. Olson, D. M. Summers, "A risk-based approach to forecasting component obsolescence", *Microelectronics Reliability*, Vol.127, 2021.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.microrel.2021.114330

[14] W. J. Chun, Y. K. Choi, J. G. Kim, "A Study on DMSMS Management for Guided Missiles at Operation and Sustainment Stage", *Journal of the KNST*, Vol.1, No.1, pp.7-13, 2018.

[15] K. S. Nam, S. A. Moon, "A study on Calculating the Proper Purchase Suspension Point for Repair Parts of Military Equipment Scheduled for Disposal", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.24, No.6, pp.231-238, 2023.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.6.231

[16] J. H. Choi, J. H. Hoon, J. D. Kim, "Demand Forecast

for imbalanced spare parts of UAV", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.24, No.6, pp.349-357, 2023.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.6.349

[17] *CH-47 Engine Techinical Bulletin*, Republic of Korea Air Force, 2007.

[18] *Air Force Guideline 5-51-2: Aircraft Engine Management*, Republic of Korea Air Force, 2017.

강 경 환(Kyung Hwan Kang) [정회원]

• 2002년 2월 : 연세대학교 산업공학과 (산업공학 석사)
• 2007년 2월 : 연세대학교 산업공학과 (산업공학 박사)
• 2007년 3월 ~ 2018년 12월 : 방위사업청 사업관리 담당/팀장
• 2019년 12월 ~ 현재 : 육군본부 전력단, 분석평가단 과장

〈관심분야〉
무기체계사업관리, 운영분석, 분석평가, 최적화

오 제 천(Jaecheon Oh) [정회원]

• 2000년 3월 : 인하대학교 건축공학 학사
• 2009년 12월 : 미국 해군대학원 운영분석 석사
• 2022년 8월 : KAIST 지식재산대학원 석사
• 2013년 2월 ~ 현재 : 육군본부 분석평가단 비용 및 전력분석, 전투지휘훈련단 모의논리 담당

〈관심분야〉
과학기술 동향, IP R&D, 비용추정, 지식재산, 분석평가, 소요기획 등

임 강 희(Kang-Hee Lim) [정회원]

• 2000년 3월 : 육군사관학교 무기체계공학 학사
• 2006년 8월 : 중국 북경항공항천대학교 항공기설계(재료) 석사
• 2014년 8월 : 중국 북경항공항천대학교 항공기설계(구조) 박사
• 2015년 3월 ~ 현재 : 육군본부 시험평가단, 기획관리참모부, 전력단, 분석평가단 담당

〈관심분야〉
과학기술 동향, 항공기 설계, 감항인증, 우주정책/기술, 사업관리, 시험평가, 분석평가, 소요기획