

연구개발 단계에서 Modeling & Simulation을 활용한 무기체계 수명주기비용 산출 방안 연구

권면재^{1*}, 박영민¹, 계영진¹, 신주환², 조현주²
¹한화시스템 MRO부 IPS팀, ²국방과학연구소 함정전투체계단

A Study on the Calculation of Life Cycle Cost of Weapon System Using Modeling and Simulation at the R&D Phase

Myeon-Jae Kwon^{1*}, Young-Min Park¹, Young-Gin Kye¹, Ju-Hwan Shin², Hyun-Ju Cho²
¹MRO Dept. IPS Team, Hanwha Systems
²Naval Combat Systems PMO, Agency for Defense Development

요약 최근 방위사업에서는 무기체계의 수명주기 전 단계에서 효율성과 연계성을 강화하고 전체 최적화를 달성하고자 총수명주기체계관리 정책을 확대 적용하고 있다. 이로 인해 전 수명주기 단계를 관리하기 위한 수명주기관리계획서의 작성이 요구되며, 수명주기 간 무기체계의 경제적인 운영을 위해 지속적으로 수명주기비용을 산출하고 관리해야 한다. 수명주기비용의 절감 기회는 대부분 연구개발 단계에 존재하므로, 연구개발 단계에서 수명주기비용에 대한 충분한 분석 및 검토가 이루어져야 한다. 본 연구에서는 연구개발 단계에서 수명주기비용 M&S 도구를 활용하여 수명주기비용을 추정하였으며, 수명주기비용 구조를 모델링하고 각 비용 요소별 산출 방안을 제시하였다. 또한, 추정된 수명주기비용의 타당성을 검증하기 위해 공학적 분석 방법에 의해 산출된 수명주기비용과 비교 분석을 수행하였다. 본 연구 결과는 무기체계 수명주기비용 관리의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다. 본 연구에서 반영하지 못했던 몇몇 비용요소에 대해 추후 소요군의 실 데이터를 확보하고, 관련 규정 및 지침이 마련되면 후속연구에 포함하여 보다 정확한 수명주기비용을 산출할 예정이다.

Abstract Recently, the Total Life Cycle System Management policy is being extended to the defense industry to strengthen the efficiency and connectivity and achieve optimization throughout the life cycle of weapon systems. As a result, it is required to prepare a Life Cycle Sustainment Plan to manage the entire life cycle. In addition, Life Cycle Cost must also be continuously calculated and managed for the economical operation of a weapon system. Since most of the opportunities to reduce the Life Cycle Cost exist in the R&D phase, sufficient analysis and review of the Life Cycle Cost should be conducted in the R&D phase. This study estimated the Life Cycle Cost using the M&S tool in the R&D stage. The Life Cycle Cost structure was modeled and a method for calculating each cost element was presented. Also, a comparative analysis was performed with the Life Cycle Cost calculated by the engineering analysis method to verify the validity of the estimated Life Cycle Cost. The results of this study are expected to be used as basic data for life cycle cost management of weapon systems. In future, when some cost elements that were not reflected in this study are obtained from the military and related regulations and guidelines are prepared, they will be reflected in the follow-up studies.

Keywords : TLCSM, LCSP, Life Cycle Cost, Cost Breakdown Structure, Cost Element

*Corresponding Author : Myeon-Jae Kwon(Hanwha Systems)

email: auswo0704@hanwha.com

Received December 7, 2021

Revised December 27, 2021

Accepted March 4, 2022

Published March 31, 2022

1. 서론

우리 군의 무기체계 획득 실태를 살펴보면 획득 중심의 사업관리로 인해 후속 운영유지에 대한 관심이 저조하고, 무기체계 개발 시 개발비를 줄이기 위한 노력은 운영유지비용을 증가시키는 역 현상을 초래하고 있다[1]. 또한, 소요기획, 획득, 운영유지 단계별로 주관 기관이 변경되면서 각 단계 간 업무 연계성이 부족하다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 방지하기 위해 최근 방위사업에서는 무기체계의 소요결정, 획득, 운영유지 및 폐기에 이르는 전체 수명주기 과정에서 성능, 비용, 기술, 정보 등을 통합적인 관점에서 관리하는 총수명주기체계관리(TLCSM: Total Life Cycle System Management)로 정책을 전환하고 있다. 총수명주기체계관리가 본격적으로 적용됨에 따라서 탐색개발단계와 체계개발단계에서만 작성 및 관리하던 종합군수지원계획서(ILS-P: Integrated Logistics Support-Plan)는 전 수명주기 단계를 아우르는 수명주기관리계획서(LCSP: Life Cycle Sustainment Plan)로 대체되고 있다. 수명주기관리계획서는 총수명주기체계관리를 성공적으로 추진하기 위한 주요 문서로서 해당 문서의 작성을 통해서 무기체계의 획득과 운영유지 간 지속성과 연계성을 강화하고 궁극적으로 경제적인 운영유지비용으로 무기체계의 수명주기 간 전투준비태세를 보장할 수 있다.

수명주기관리계획서의 핵심 중 하나는 수명주기비용(LCC: Life Cycle Cost)을 분석하는 것이다. 수명주기비용은 Fig. 1과 같이 특정 무기체계가 개발·획득·운영·도태되는 때까지 소요되는 전체 비용을 뜻하며[1], 일반적으로 연구개발사업을 통해서 획득된 장비의 경우에는 연구개발비용, 양산비용, 운영유지비용 및 폐기비용이 포함된다.

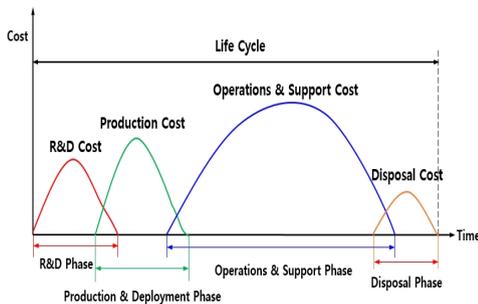


Fig. 1. Life Cycle Cost over Weapon System's Life Cycle

수명주기비용 분석은 획득단계와 운영유지단계 모두에서 수행해야 한다. 수명주기비용 중 가장 큰 비중을 차지하는 운영유지비용이 운영유지단계에서 확정되기 때문에 획득단계에서는 시뮬레이션 기법, 공학적 분석 등을 통해 수명주기비용을 추정해야 한다. 운영유지단계에서는 수명주기비용을 실측하여 획득단계의 추정가와 비교하며 수명주기비용의 추이와 경향성을 판단한다. 하지만 수명주기비용의 절감 기회는 획득단계의 초기인 연구개발 단계에서 대부분 찾을 수 있으며, 연구개발 단계 이후로는 수명주기비용의 절감 기회는 거의 없다[2]. 따라서 연구개발 단계에서부터 수명주기비용의 추정 및 고비용 품목 식별을 통해서 수명주기비용이 최적화되도록 군수지원요소를 개발하는 것이 수명주기 동안 무기체계를 경제적으로 운영하기 위한 필수 조건이다.

이러한 사유로 최근 연구개발 단계에서 수명주기비용을 추정하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 정준 등은 RAM(Reliability, Availability, Maintainability) 기반 운영유지비용 분석 도구인 NemoSIM을 활용하여 운영유지비를 분석하였으며, 상용 비용분석 도구인 PRICE-HL로 산출한 결과와 비교분석 하였다[3]. 김경록 등은 운영유지비용 산출을 위한 시뮬레이션 설계 방법을 제시하고, 가상의 무기체계와 가상의 지원조직에 시뮬레이션 모델을 적용하여 운영유지비용을 산출하였다[4]. 김보현 등은 마코프 프로세스(Markov Process) 방법론을 기반으로 M&S를 활용하여 무기체계 운영유지비용을 산출하는 방안을 제시했다[5]. 하지만 앞서 언급한 연구들은 가상의 단순한 체계 및 지원조직을 적용하여 비용을 산출하거나, 전체 수명주기비용 중 일부 비용요소에 대해 분석하거나, 국방전력발전업무훈령[6]에 명시된 수명주기비용 구조를 준수하지 않는 등 다소 아쉬운 부분이 있었다.

본 논문에서는 OO체계의 연구개발 단계에서 수명주기비용 M&S 도구인 OPUS10/CATLOC 소프트웨어를 활용하여 OO체계의 수명주기비용을 산출하였다. 연구개발 단계에서 획득한 군수지원분석 자료를 활용하여 데이터를 입력하고, 분석 대상의 축소 없이 OO체계를 구성하는 전체 품목을 대상으로 Full-Scale 분석을 수행하였다. 또한, 국방전력발전업무훈령에 명시된 수명주기비용 구조에 맞추어 비용구조를 모델링하고, 각 비용요소의 산출 방안을 제시하였다. 마지막으로, 제시된 비용요소별 입력방안과 산출된 수명주기비용의 타당성을 검증하기 위해 공학적 분석 방법으로 산출된 비용과 비교분석을 수행하였다.

2. 수명주기비용 산출

2.1 수명주기비용 산출 개요

OO체계의 수명주기비용 산출을 위해 수명주기비용 M&S 도구인 OPUS10/CATLOC (운영 환경: Windows 10) 소프트웨어를 활용하였으며, 그 절차는 Fig. 2와 같다. 체계/품목 정보, 지원조직 정보, 체계 임무/운용 정보, 정비 정보 등을 OPUS10 소프트웨어에 입력하여 운영유지 단계에서 무기체계의 정비와 지원에 소요되는 총 비용인 수명지원비용(LSC: Life Support Cost)을 산출하였다. 수명지원비용은 양산비용과 운영유지비용의 일부 비용요소이며, CATLOC 소프트웨어에서 양산비용과 운영유지비용의 나머지 비용요소를 산출하였다. 마지막으로 연구개발비용과 폐기비용을 포함하여 무기체계의 수명주기비용을 산출해야 하지만 폐기비용은 규정 및 지침에 정확한 산출 근거가 없어 본 연구에서는 미적용하였다.

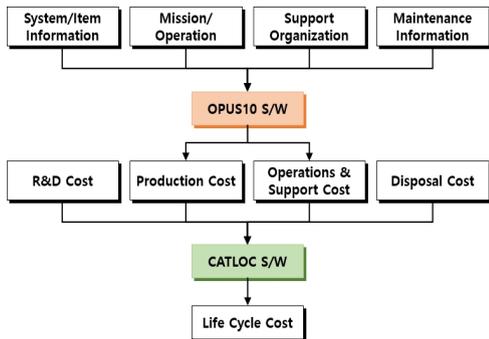


Fig. 2. LCC Analysis Process

2.2 OPUS10 입력값 정의

OPUS10 입력 인자는 체계개발 간 군수지원점검 (LDC: Logistics Data Check) 회의를 통해 확정된 군수지원분석 자료 및 소요군 제공 자료를 참고하여 적용하였으며 입력하는 주요 인자들은 Table 1과 같다.

Table 1. OPUS10 S/W Input Table

Classification	Input Table
System/Item Information	System
	Item
	Item Structure
	Redundancy
	Resource

Support Organization	Station
	Station Structure
	Item Station Data
Mission/Operation	Autonomous Mission
	System Deployment
Maintenance Information	Item Replacement
	Item Repair
	Item Reorder
	Materiel PM(Preventive Maintenance)
	PM Location

2.2.1 체계/품목 정보

체계/품목 정보에 해당하는 입력 테이블은 System, Item, Item Structure, Resource 테이블이다.

System 테이블에서는 OO체계의 식별자(부품번호), 체계 명칭, 체계 고장률, 체계 비용 등을 입력한다. 체계 고장률의 경우 값을 직접 입력하지 않고, Item, Item Structure, Redundancy 테이블에 입력하는 품목의 고장률, 구조, 수량, 다중화 정보를 바탕으로 자동 계산되었다. 체계 비용도 동일하게 품목별 비용과 수량 정보를 바탕으로 자동 계산되었다.

Item 테이블에서는 OO체계를 구성하는 품목별 식별자, 품명, 비용, 고장률, 유형을 입력하며, 세부 입력 파라미터와 입력 방안은 Table 2와 같다. OO체계를 구성하는 품목 중 정비행위(Task Code)가 있는 품목을 최하위 레벨까지 식별하여, 총 460종 품목에 대해 각각 세부 정보를 입력하였다.

Table 2. Item Table Input Parameters and Guide

Input Parameter	Input Guide
Identifier	Part number
Description	Item name
Price	Item price
Failure Rate	Reliability analysis results
Type	Select LRU, SRU, PRU, SPRU, DU, DP

품목 식별자는 부품번호를 입력하는 방법과 군수지원 분석 관리번호를 입력하는 방법이 있다. 군수지원분석 관리번호를 입력하는 방식은 동일한 품목에 대해서도 여러 가지 관리번호가 존재하기 때문에 추후 비용 정보를 좀 더 세부적으로 볼 수 있으나, 중복으로 입력되는 정보가 지나치게 많아진다. 반면, 부품번호를 입력하는 방식은 동일한 품목을 하나의 부품번호로 식별하기 때문에 정보 입력 과정이 좀 더 간결하다. 본 연구에서는 품목

식별자로 부품번호를 입력하였다. 비용은 양산단가를 입력하였고, 고장률은 신뢰도 분석을 수행하여 산출된 값을 품목별로 입력하였다.

품목의 유형은 LRU(Line Replaceable Unit), SRU(Shop Replaceable Unit), PRU(Partially Replaceable Unit), SPRU(Subitem of PRU), DU(Discardable Unit), DP(Discardable Part), ASSY(Assembly)가 있으며, 각 유형별 특성은 Table 3과 같다.

전체 460종 품목에 대한 품목 유형을 설정하기 위해 Fig. 3의 분류 기준을 적용하였다. ASSY 유형으로 분류된 품목은 고장 발생 시 교체되지 않으며 물리적 또는 기능적으로 묶인 품목으로 군수적 관점에서 무시될 수 있으므로 입력에서 제외하였다.

Item Structure 테이블에서 품목 간 구조(레벨, 수량 등)를 모델링하며, Redundancy 테이블에서 품목의 다중화(이중화, n 중 k 구조) 구조를 모델링하였다. Resource 테이블에서는 체계 정비장비에 대한 비용, 연간 유지비용을 입력하였다.

Table 3. Characteristics of Item Type

Item Type	Characteristics
LRU	Repairable primary item replaced directly in the system
SRU	Repairable secondary item replaced in a (partially) repairable item
PRU	Partially repairable primary item replaced directly in the system
SPRU	Partially repairable secondary item replaced in a (partially) repairable item
DU	Discardable primary item replaced directly in the system
DP	Discardable secondary item replaced in a (partially) repairable item
ASSY	Not replaceable in system or item

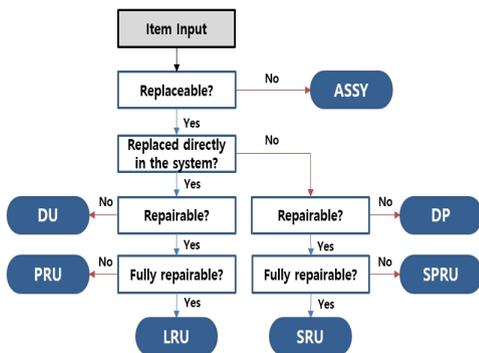


Fig. 3. Item Type Classification Flow Chart

2.2.2 지원조직 정보

지원조직 정보 해당하는 입력 테이블은 Station, Station Structure, Item Station Data 테이블이다.

Station 테이블에서는 OO체계를 운용/정비하는 지원조직을 정의하며, 입력 파라미터는 지원조직의 식별자, 명칭, 개수, 유형, 임률 등이 있다. OO체계의 지원조직으로는 OO체계가 각 1식 탑재되는 함정 6척, 정비창, 군수전대(AA, BB, CC), 원제작사가 있다. 지원조직별 유형은 정비 수행 여부, 재고 저장 여부, 체계 운용 여부, 체계 운용 중 타 지원조직과의 단절 여부에 따라서 설정되며, 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Station Type Selection Results

Station	Type	Characteristics
Ship#1~#6	Autom	<ul style="list-style-type: none"> Items are both repaired and stocked Ordinary support is cut off while on mission
Maintenance Depot	Depot	<ul style="list-style-type: none"> Items are both repaired and stocked
AA, BB, CC Logistics Squadron		
Manufacturer	Workshop	<ul style="list-style-type: none"> End Support Station Used to model repair by contractor
	Store	<ul style="list-style-type: none"> Items are stocked but not repaired

함정의 경우 정비 수행과 품목 재고 저장이 가능하고, 임무 수행 중에 타 지원조직과 단절되는 특성이 있어 유형을 Autom으로 설정하였다. 정비창과 군수전대(AA, BB, CC)는 정비 수행과 품목 재고 저장이 가능하므로 유형을 Depot으로 설정하였다. 원제작사의 경우 수리 가능한 품목에 대해서는 창정비를 수행하는 최상위 지원조직이면서, 수리 불가능한 품목에 대해서는 재보급을 수행하는 지원조직이므로 Workshop 유형과 Store 유형이 결합된 지원조직으로 설정하였다.

지원조직별 임률을 입력하기 위해 함정과 정비창, 군수전대(AA, BB, CC)의 경우 국방부 수명주기관리과로부터 임률을 제공받아 적용하였으며, 원제작사의 경우 원제작사 정비부서의 임률을 적용하였다.

Station Structure 테이블에서는 지원조직 간 구조, 수송시간, 수송비용을 입력하였다. 지원조직은 해군 3단계 정비개념에 따라 부대-야전-창으로 구분된다. OO체계가 탑재되는 함정에서 체계를 운용하며 부대정비를 수

행하고, 정비창과 군수전대(AA, BB, CC)에서 야전정비를 수행한다. 마지막으로 원제작사에서 창정비를 수행한다. Station Structure 테이블에서 지원조직을 구조화해서 나타내면 Fig. 4와 같다. 지원조직 간 수송시간은 유사체계 ILS-MT 결과를 참고하여 입력하였으며, 수송비용의 경우 지원조직 간 거리에 따른 유류비용과 통행료를 계산하여 입력하였다.

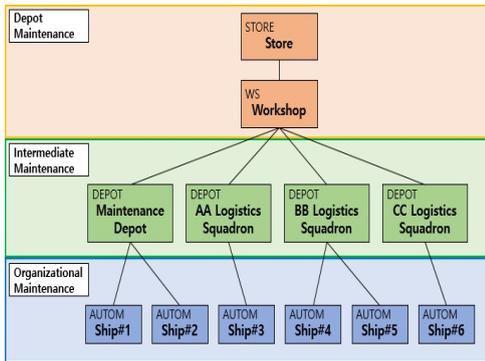


Fig. 4. Station Structure

Item Station Data 테이블은 품목이 재고로 저장되는 지원조직의 위치와 재고 수량을 제한하는데 사용된다. 해당 작업을 수행하지 않을 경우 야전정비 품목이 부대 지원조직에 저장되는 등 현실과 동떨어진 결과가 산출될 수 있으므로 반드시 해당 작업을 수행해주어야 한다. 본 연구에서는 군수지원분석의 결과로 설정되는 근원정비복구성 부호(SMR Code: Source Maintenance Recoverability Code)를 기준으로 품목별 저장 위치와 재고 수량을 제한했다. SMR Code는 군수품의 획득방법, 정비단계 선정, 복구 또는 폐기처리 한계를 5자리의 영문자로 표기한 부호이다[7]. SMR Code의 첫째, 둘째 자리인 근원 부호가 AO, XD인 품목들은 지원조직 내에서 재고로 보유하지 않기 때문에 지원조직 내 최대 재고량을 0으로 설정하였다. 또한, SMR Code의 셋째 자리인 사용 부호가 H인 품목들은 야전정비 품목이므로 부대정비를 수행하는 함정에서는 저장되지 않도록 설정하여 보다 현실적인 시뮬레이션 결과를 도출하였다.

2.2.3 체계 임무/운용 정보

체계 임무/운용 정보에 해당하는 입력 테이블은 Autonomous Mission, System Deployment 테이블이다.

Autonomous Mission 테이블에서는 체계 개발 간

수행되는 종합군수지원 실무조정회의(ILS-MT: Integrated Logistics Support - Management Team)에서 확정된 OO체계의 연간 임무 횟수와 평균 임무 시간을 입력하였다. System Deployment 테이블에서는 OO체계의 배치 정보와 임무 수행 시 활용률을 입력하였다. OO체계는 총 6척 함정에 각 1척이 배치되며, 임무 수행 중 100% 활용된다.

2.2.4 정비 정보

정비 정보 해당하는 입력 테이블은 Item Replacement, Item Repair, Materiel PM, PM Location, Item Reorder 테이블이다.

Item Replacement 테이블에서는 고장 발생 시 수행하는 품목 교체에 대해 정의하며, 입력 파라미터는 교체되는 품목의 식별자와 상위 품목 식별자, 품목 교체가 수행되는 지원조직, 교체 소요 시간, 소요 인시 등이 있다. 품목 교체가 수행되는 지원조직은 품목의 SMR Code 셋째 자리를 기준으로 O인 경우 함정, H인 경우 정비창 및 군수전대, D인 경우 원제작사로 설정하였다. 교체 소요 시간과 소요 인시는 군수지원분석의 결과로 도출되는 값을 입력하였다.

Item Repair 테이블에서는 고장 발생 후 교체되어 수리되는 품목에 대한 수리 정보를 입력하며, 입력 파라미터는 수리 대상 품목의 식별자, 품목 수리가 수행되는 지원조직, 수리 소요 시간, 소요 인시, 소요 비용 등이 있다. 고장난 품목의 완전한 수리는 원제작사에서 창정비로 이루어지므로, 지원조직은 원제작사로 설정하였고, 소요 시간/인시/비용은 원제작사 정비부서에서 제공된 정비실적 자료를 참고하여 입력하였다.

Item Reorder 테이블에서는 Item Repair 테이블과 달리 고장 발생 후 교체된 품목의 수리가 불가능하여 폐기하는 품목에 대해 해당 품목을 재주문하는 정보를 입력하였다. 앞서 Item 테이블에서 품목 유형이 PRU, SPRU, DU, DP로 설정된 품목에 대해 재주문을 수행하는 지원조직과 재주문 시 보급행정지연시간을 입력하였다. 보급행정지연시간은 유사체계 ILS-MT 결과를 참고하여 입력하였으며, 재주문 시 소요되는 조달시간은 보급행정지연시간과 Station Structure 테이블에서 입력된 지원조직 간 수송시간을 더해서 계산된다. 품목 유형이 DU, DP인 품목들은 고장 발생 시 교체되어 100% 폐기되지만, PRU, SPRU인 품목들은 고장 발생 시 경우에 따라 폐기되기도 하고 수리되기도 한다. 따라서 이러한 품목들에 대해서는 폐기비율을 입력해야 하며, 유사체계

의 정비실적 자료를 참고하여 품목별 폐기비율을 설정하였다.

앞서 Item Replacement, Item Repair 테이블에서 입력한 정보들은 품목의 고장률을 기반하는 고장 정비를 시뮬레이션하기 위해 입력된 정보이다. 고장정비 이외에 예방정비도 시뮬레이션에 포함하여 분석하기 위해 Materiel PM, PM Location 테이블에서 RCM(Reliability Centered Maintenance) 분석을 통해서 도출된 예방정비 대상 품목, 예방정비 수행 지원조직, 예방정비 빈도, 소요 시간, 소요 인시, 소요 비용 등을 입력하였다.

2.3 수명지원비용 산출 결과

OO체제는 배치된 이후 30년간 운용되므로, 시뮬레이션 기간을 30년으로 설정하고 수명지원비용을 산출하였다. OPUS10 소프트웨어를 통해 산출되는 수명지원비용은 Fig. 5와 같이 비용-효과도 그래프로 나타난다.

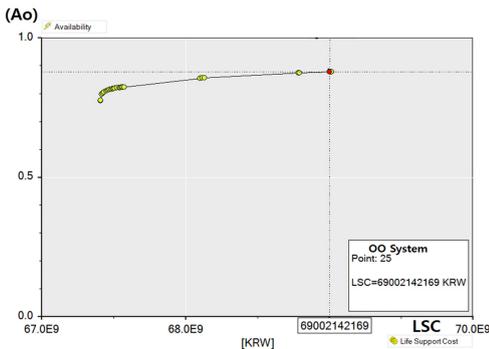


Fig. 5. Cost-Effectiveness Graph

그래프의 가로축은 수명지원비용을 나타내며, 세로축은 해당 비용을 투입하였을 때 달성할 수 있는 체계의 운용가능도(Ao)를 나타낸다. 비용-효과도 그래프를 보면 비용을 투입할수록 체계의 운용가능도는 높아지지만, 이는 비용에 정비례하지 않고 증가폭이 점점 완만해지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 비용-효과도 그래프는 비용과 운용가능도를 Trade off 하여 최적의 군수지원 조건을 정하기 위한 의사결정에 근거자료로 활용할 수 있다.

OO체제의 경우 운용가능도 요구사항을 고려하여, 운용가능도가 최대한 지점에서 수명지원비용을 산출하였으며, 그 결과는 Table 5와 같다.

Table 5를 보면 수명지원비용의 비용구조와 비용요소의 산출 결과를 확인할 수 있다. OO체제를 30년간 정비하고 지원하는데 소요되는 총 비용은 690 억원이었으

며, 운용가능도는 00%로 산출되었다. 수명지원비용 비용요소 중 가장 큰 비중을 차지하는 비용요소는 고장정비비용(CNC)였으며, 610 억원이 산출되었다.

Table 5. LSC Calculation Result

LSC Cost Structure	Cost (KRW)
Life Support Cost (LSC)	69,002,142,169
Total Investments (CI)	4,386,184,400
Item Investments (CII)	1,626,184,400
Resource Investments (CIX)	2,760,000,000
Recurring Cost (CN)	64,615,957,769
Item Consumption Cost (CND)	88,555,587
Transportation Cost (CNT)	381,598,670
Corrective Maintenance Cost (CNC)	61,098,243,758
Preventive Maintenance Cost (CNP)	732,148,590
Resource Sustainment Cost (CNW)	2,315,411,162

2.4 CATLOC 입력값 정의

2.4.1 수명주기비용 구조 및 요소 비교분석

CATLOC에서 산출되는 수명주기비용의 비용구조는 LAC(Life Acquisition Cost), LSC(Life Support Cost), LOC(Life Operation Cost) 및 LTC(Life Termination Cost)로 구성된다. 무기체제의 수명주기비용 구조는 국방전력발전업무훈령에 명시된 수명주기비용 구조를 준수해야 하지만, 이는 CATLOC의 수명주기비용 구조와 동일하지 않다. 따라서 훈령에서 제시하는 수명주기비용 구조로 수명주기비용을 산출하기 위해 훈령과 CATLOC 간 수명주기비용 비용구조 및 비용요소를 비교분석하였다. 또한 훈령의 수명주기비용 비용요소 중 연료비용, 탄약비용 등과 같이 OO체제에 해당하지 않는 비용요소는 비용구조에서 제외하였다. 그 결과 Fig. 6과 같이 훈령과 CATLOC의 수명주기비용 비용구조와 비용요소를 맵핑할 수 있었다. CATLOC은 수명주기비용 비용요소를 산출하고 각각의 비용요소를 훈령의 수명주기비용 구조에 맞추어 구조화하는데 활용되며, 이를 통해 훈령의 수명주기비용 구조를 준수하는 수명주기비용을 산출할 수 있었다.

2.4.2 연구개발비용

연구개발비용(CR)은 CATLOC에서 직접 입력되는 항목으로 OO체제의 체계개발 계약서에 명시된 비용을 입력하였다.

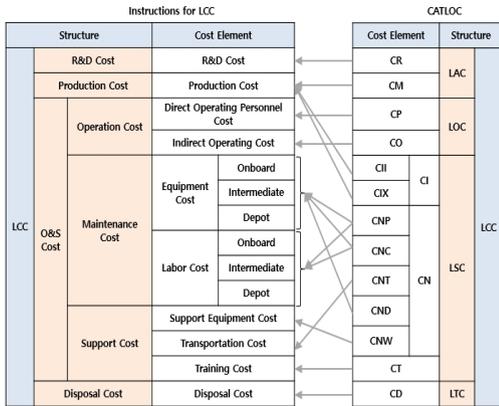


Fig. 6. Cost Element Mapping Result

2.4.3 양산비용

양산비용은 체계 자체의 양산비용(CM), 수리부속 투자비용(CII), 지원장비 투자비용(CIX)로 구성된다. 체계 자체의 양산비용(CM)은 직접 입력항목으로 OO체계 목표비용관리(CAIV) 보고서를 기준으로 입력하였다. 수리부속 투자비용(CII)과 지원장비 투자비용(CIX)은 OPUS10을 통해 산출된 LSC 비용요소를 적용하였다.

2.4.4 운영유지비용

운영유지비용은 일반적으로 수명주기비용의 50%이상을 차지하는 비용요소로서 운영비용, 유지비용, 지원비용으로 구성된다.

운영비용은 직접운영요원비용(CP)과 간접운영요원비용(CO)으로 구성된다. 직접운영요원비용(CP)은 OPUS10으로 산출되지 않는 직접 입력항목으로, OO체계 목표비용관리(CAIV) 보고서의 운영유지비 비용분석서를 기준으로 입력하였다. 간접운영요원비용(CO) 또한 OPUS10으로 산정되지 않는 직접 입력항목으로 기초자료를 소요군에 요청하였지만 확보하지 못해 본 연구에서는 적용할 수 없었다. 추후 후속연구 진행 시 간접운영요원비용(CO) 산출 방안을 구체화하여 반영할 예정이다.

유지비용은 장비유지비용과 정비요원비용으로 구성된다. 유지비용은 OPUS10에서 산출되는 계획정비비용(CNP), 고장정비비용(CNC), 품목소모비용(CND)을 활용하여 CATLOC에서 장비유지비용과 정비요원비용으로 구분하고, 각각을 해군 3단계 정비개념에 따라 부대정비비용, 야전정비비용, 창정비비용으로 구조화하여 산출하였다.

지원비용은 지원장비유지비용, 수송비용, 교육비용으로 구성된다. 지원장비유지비용(CNW)과 수송비용(CNT)은 OPUS10에서 직접 산출되는 항목으로 OPUS10을 통해

산출된 LSC 비용요소를 적용하였다. 교육비용(CT)은 OPUS10으로 산출되지 않는 직접 입력항목으로, OO체계 목표비용관리(CAIV) 보고서의 운영유지비 비용분석서를 기준으로 입력하였다.

2.4.5 폐기비용

폐기비용은 규정 및 지침에 정확한 산출 근거가 없어 본 연구에서는 미적용 하였으며, 추후 관련 규정 및 지침이 마련되면 후속 연구에 포함할 예정이다.

2.5 수명주기비용 산출 결과

OO체계의 수명주기비용은 연구개발비용, 양산비용 및 운영유지비용으로 나누어 산출된다. OO체계의 선도함 1척에 대한 연구개발비용, 후속함 5척에 대한 양산비용, 그리고 30년의 운영유지기간을 고려해 산출된 운영유지비용을 더해 총 수명주기비용을 산출하였으며, 그 결과는 Fig. 7와 같다.

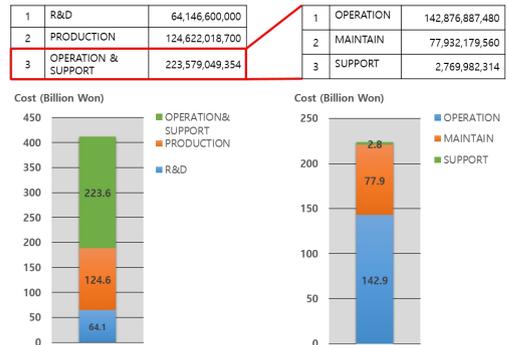


Fig. 7. OO System LCC Results

OO체계의 수명주기비용은 약 4,123 억원으로 추정되며, 연구개발비용이 약 641억원, 양산비용이 약 1,246억, 운영유지비용이 약 2,236 억원으로 산출되었다. 각각의 비율은 연구개발비용이 16%, 양산비용이 30%, 운영유지비용이 54%를 차지하였으며 Fig. 8와 같다.

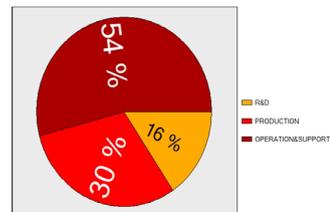


Fig. 8. OO System LCC Ratio

2.6 운영유지비용 검증

수명주기비용 중 연구개발비용과 양산비용은 계약사항으로 정해지는 비용이므로 해당 비용에 대한 별도의 검증은 불필요하다. 운영유지비용의 경우 일반적으로 수명주기비용의 50 % 이상을 차지하는 핵심 비용요소이나, 연구개발단계에서는 추정치로 확인할 수밖에 없어 추정값의 정확성에 대한 검증 절차가 반드시 필요하다. 따라서 본 연구에서는 운영유지비용 산출값의 정확성을 검증하기 위해 공학적 추정 방법으로 산출된 운영유지비용과 비교분석 하였으며 운영유지비용 산출값의 정확성을 재확인하였다.

2.6.1 공학적 추정

공학적 추정은 비용분석지침의 운영유지비용 구조 및 항목 표준을 기준으로 OO체계에 사업 진행 간 결정된 인자들을 적용한 결과이고 운영유지비용은 Fig. 9와 같이 약 2,165 억원으로 추정되었다.

Classification	Specification	Cost (KRW)
Labor Cost	Operation Personnel	142,876,887,480
	Operating Maintenance Personnel	9,539,819
	Intermediate Personnel	1,527,274,459
	Subtotal	144,413,701,758
Material Cost	Spared Item Cost (Operating/Intermediate)	3,692,279,980
	Subtotal	3,692,279,980
Expense Cost	Contract Maintenance (Labor Cost)	428,137,487
	Contract Maintenance (Material Cost)	67,543,449,480
	Education Cost	381,197,688
	Subtotal	68,352,784,655
Total		216,458,766,393

Fig. 9. Engineering Estimation Result

2.6.2 운영유지비용 검증 결과

합정 6척에 대한 OO체계의 30년간 운영유지비용을 공학적 추정을 통해 산출해 본 결과와 M&S 도구를 활용 해 산출한 운영유지비용을 비교하면 Table 6과 같다.

Table 6. OO System O&S Cost

Type	O&S Cost (Unit : Million Won)
Engineering Estimation	216,459
CATLOC	223,579
Deviation(Eng-CAT)	-3.2 %

이들 분석값의 편차는 3.2 %로 확인되었으며, 매우 유사한 결과값을 가지는 것을 알 수 있다. 공학적 추정

방법과 M&S 방법 모두 연구개발 단계에서 수명주기비용을 예측하는 방법으로 두 가지 방법으로 산출된 결과가 완전히 일치할 수는 없지만 5% 이내로 차이가 발생한다면 각각의 방법으로 예측된 결과의 유효성을 재확인할 수 있다고 판단하였다. 공학적 추정으로 산출한 운영유지비용과 비교분석을 수행한 결과 M&S 도구를 활용 해 산출한 운영유지비용 약 2,236 억원은 유의미한 결과로 판단된다.

3. 결론

최근 방위산업에서는 무기체계의 전체 수명주기 과정에서 통합적 관점에서의 관리를 위해 총수명주기체계관리(TLCSM) 제도로 전환 중이며, 이에 따라 무기체계의 수명주기비용을 필수적으로 산출해야 한다. 본 연구에서는 제도적 변화에 발맞추어 선제적으로 OO체계의 연구개발 단계에서 수명주기비용을 산출하였다.

연구개발단계에서는 시뮬레이션 기법, 공학적 분석 등을 통해 수명주기비용을 추정해야 하며, 본 연구에서는 M&S 도구인 OPUS10/CATLOC 소프트웨어를 활용하여 OO체계의 수명주기비용을 산출할 수 있었다. OO체계의 연구개발 단계에서 획득한 군수지원분석 자료를 활용하여 데이터를 입력하고, 분석 대상의 축소 없이 OO체계를 구성하는 전체 품목을 대상으로 Full-Scale 분석을 수행하였다. 체계의 다중화구조, 임무 및 운용 시나리오, 지원조직, 정비개념을 반영하여 모델링을 수행하고, 30년의 운영기간 동안 시뮬레이션을 수행하여 보다 현실적인 수명주기비용을 산출할 수 있었다. 또한 국방전력발전업무훈령에 명시된 수명주기비용 구조를 준수하기 위해, M&S로 산출된 비용요소를 훈령의 수명주기비용 구조에 맞추어 구조화하였다.

OO체계의 수명주기비용으로 4,123 억원이 산출되었으며 이중 운영유지비용이 2,236 억원으로 전체 수명주기비용의 54%를 차지하였다. M&S로 산출된 운영유지비용은 공학적 추정을 통해 산출한 결과와 비교하였으며, 3.2%의 편차를 가지는 것을 확인했다. 본 연구 결과는 OO체계의 수명주기비용 관리의 기초자료로 활용되며, 타 무기체계의 수명주기비용 산출에 참고자료로 활용될 것으로 기대된다. 본 연구에서 반영하지 못했던 몇몇 비용요소에 대해서는 추후 소요군의 실 데이터를 확보하고, 관련 규정 및 지침이 마련되면 후속 연구에서 반영할 것이다.

References

- [1] Ministry of National Defense, Life Cycle Sustainment Plan Guidebook, p.160, Ministry of National Defense, 2019, pp. 5-18.
- [2] J. Y. Moon, Defense and Technology (435), p.117, Korea Defense Industry Association, 2015, pp.76-83. Available Form: <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE06282060>
- [3] J. Jeong, K. W. Lee, J. H. Cha, D. H. Choi, K. D. Park, "A Study on Comparison Analysis for Calculating of Weapon System Operation Cost at the Development Stage", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.20, No.2, pp.83-94, 2019 DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.2.83>
- [4] K. R. Kim, H. W. Kim, J. Jeong, J. H. Cha, D. S. Jeong, "Simulation Study on the Calculation of Weapon System's Operating Maintenance Costs to develop LCS-P", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.21, No.9, pp.82-91, 2020 DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.9.82>
- [5] B. H. Kim, H. S. Song, J. H. Park, "A Study on the Method of Operation and Maintenance Cost Analysis using M&S", *2019 Integrated Conference of Korea Institute of Military Science and Technology*, KIMST, Jeju, Korea, pp.2072-2073, June 2019. Available Form: https://www.kimst.or.kr/electronic_paper/index.kin?gubun=3&year=2019&type=total
- [6] Ministry of National Defense, National Defense Force Development Work Instructions, p. 245, Ministry of National Defense, 2021, pp. 213-214.
- [7] Defense Acquisition Program Administration, Integrated Logistics Support Development Guidebook, p. 376, Defense Acquisition Program Administration, 2015, pp. 187-207.

권 면 재(Myeon-Jae Kwon) [정회원]



- 2012년 7월 : 경북대학교 기계공학부 (공학학사)
- 2014년 7월 : 경북대학교 기계공학부 (공학석사)
- 2017년 1월 ~ 현재 : 한화시스템 선임연구원

<관심분야>

TLCSM, 신뢰성공학

박 영 민(Young-Min Park) [정회원]



- 2011년 1월 : 숭실대학교 정보통신전전자공학 (공학학사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : 한화시스템 전문연구원

<관심분야>

TLCSM, 시뮬레이션, 시스템공학

계 영 진(Young-Gin Kye) [정회원]



- 2017년 7월 : 경북대학교 전자공학부 (공학학사)
- 2018년 1월 ~ 현재 : 한화시스템 선임연구원

<관심분야>

TLCSM, 시스템공학, 신뢰성공학

신 주 환(Ju-Hwan Shin) [정회원]



- 1988년 2월 : 경남대학교 산업공학과 (공학학사)
- 1990년 2월 : 성균관대학교 산업공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 부산대학교 산업공학과 (공학박사)
- 1990년 3월 ~ 현재 : 국방과학연구소 수석연구원

<관심분야>

TLCSM, 통합체계지원, RAM

조 현 주(Hyun-Ju Cho)

[정회원]



- 2012년 1월 : 한국과학기술원
산업및시스템공학과 (공학학사)
- 2014년 1월 : 한국과학기술원
산업및시스템공학과 (공학석사)
- 2014년 2월 ~ 현재 : 국방과학연
구소 선임연구원

〈관심분야〉

TLCSM, 통합체계지원, RAM