

M&S를 활용한 RAM-C 기반 최적 정비 개념 설정 방안 연구

김경록^{*.1)} · 이기원¹⁾ · 정 준¹⁾ · 차종한¹⁾

¹⁾LIG넥스원(주) C4ISTAR IPS연구소

A Study on the Method for Setting the Optimal Maintenance Concept based on RAM-C Using Modeling & Simulation

Kyungrok Kim^{*.1)} · Kiwon Lee¹⁾ · Jun Jeong¹⁾ · Jonghan Cha¹⁾

¹⁾C4ISTAR IPS Lab, LIG Nex1, Co., Ltd., Korea

(Received 4 April 2022 / Revised 3 August 2022 / Accepted 16 September 2022)

Abstract

Recently, the R&D of weapon systems has been strengthened in terms of economic cost management throughout the entire life cycle from performance. This study proposes the method for setting the optimal maintenance concept based on RAM-C in weapon system acquisition stage by calculating the operation & maintenance cost as well as reliability, availability, and maintainability. First, we design a simulation model for analysis of weapon system logistic supportability. In addition, information such as weapon system Part Breakdown Structure, operation & maintenance system, cost, and etc for simulation analysis, is applied. Based on the obtained simulation results, the optimal plan is selected among alternatives designed with various maintenance concepts through normalization and weight setting. It is expected to be of technical help in the application of RAM-C in the weapon system acquisition stage.

Key Words : Mutiple Attribute Decision Making(다 속성 의사 결정), Modeling & Simulation(모델링&시뮬레이션), RAM-C(신뢰도, 가용도, 정비도 및 비용)

1. 서론

무기체계는 지속적으로 첨단화 및 복잡화되고 있으며, 고 성능 및 고 품질을 요구 받아 설계/개발되고 있다. 최근 무기체계 개발 동향은 무기체계 전 수명

주기 동안 비용 관리도 기대하고 있다. 획득단계에서 소요되는 획득비 뿐만 아니라, 전력화 이후 운용유지 단계에서 무기체계 유지/보수를 위해 소요되는 운영 유지비까지 장비 및 정비 개념 설계/개발 간 분석하여 최적 의사 결정을 하는 것이다. 미 국방성은 ‘미 국방성 신뢰성 업무지침서(2015)’를 발행하면서 기존 성능(Performance) 중심의 신뢰도(Reliability), 가용도(Availability), 정비도(Maintainability)를 지칭하는 RAM

* Corresponding author, E-mail: kyungrok.kim2@lignex1.com
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

과 수명주기비용(Cost)을 혼합한 용어인 RAM-C를 언급하면서 전 수명주기 동안 지속성과 수용 가능한 비용의 유지를 보장할 수 있도록 관리하는 것에 대한 중요성을 강조하고 있다. 왜냐하면 무기체계 설계/개발간 수명주기비용을 고려하지 않고 성능 강화 측면만의 의사 결정이 이루어진다면 비경제적인 방식을 제어할 수가 없기 때문이다.

본 연구의 목표는 무기체계 획득 단계에서 RAM-C 기반 최적 정비 개념 설정(대안 결정) 방법을 제시하는 것이다. 기존 연구와 가장 큰 차이점은 기대 수명 및 정비 성을 가름할 수 있는 RAM 이의 수명주기비용을 산출하여 의사 결정을 위한 주요 속성/기준으로 활용하는 점이다. 이를 위해 무기체계 설계(부품 목록 구조 등), 운용 및 정비 시스템, 비용 정보(단가 등)가 적용된 무기체계 군수지원성 시뮬레이션 모델을 설계하여 신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M) 및 수명주기비용을 산출한다. 이렇게 산출된 의사 결정 평가 속성/기준 값은 정규화 및 가중치 적용을 통해 최적 의사 결정이 수행된다. 이때, 수명주기비용은 획득비, 운영유지비, 폐기비로 나뉘는데 본 의사 결정 평가 속성/기준에서는 운영유지비(C)를 선택한다. 획득비는 보통 기본 설계방안에 따른 개발 / 양산 비용 등으로 무기체계 설계에 따른 편차가 크지 않고 대개 확정비용으로 처리된다. 그러나 운영유지비는 설계 및 정비 개념에 따라 변경 소요가 크다. 폐기비는 폐기 시점에 폐기 방안에 따라 달라지므로 고려하지 않는다.

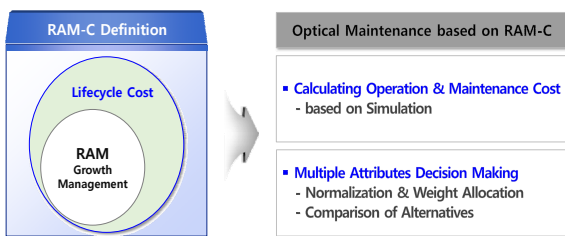


Fig. 1. Research concept

본 연구는 획득 단계에서 부터 무기체계의 기대 수명, 정비성과 운영유지비를 모두 고려하여 설계/개발하는 RAM-C 목적을 충실히 반영한 최적 정비개념 설정 방안이다. 이를 위해 시뮬레이션, 다 속성 의사결정(MADM), 쌍대비교 등 학문적 이론을 적용하였다. 이를 통해 무기체계 획득 단계의 RAM-C 적용에 기술적으로 도움이 되길 기대한다.

2. 관련 연구 동향

본 연구와 관련한 연구 동향은 아래와 같다.

탁정호(2018) 등은 운영유지 비용을 고려한 항공 무기체계 레이다의 최적 정비주기 설정 방안을 연구 하였다^[1]. 해당 연구는 정비 주기/빈도를 상승시키면 무기체계 신뢰성 면에서는 긍정적이지만, 유지/보수 측면의 운영유지비 면에서는 증가하여 경제성이 떨어진다는 문제의식은 본 연구과 동일하다. 그러나 이를 대변하는 운영유지비 세부 비용 항목 구조를 예방 정비 비용으로만 구분하였고, 산출 방법은 무기체계 설계 측면을 강조하여 공학적 산출 식으로 추정하였다. 이는 무기체계의 운용 기간에 따른 고장 정비와 계층화된 정비 계단 등 고려 사항이 다소 제약적인 것으로 판단된다.

김태희(2020)는 설비 최적 정비시기 산정을 위한 다 준규의사결정모델(MCDM) 사례연구를 하였다^[2]. 최적 정비 시기 산정을 위해 다양한 준거/기준 들을 토대로 의사 결정을 하는 것으로 이는 본 연구 방향과 유사하다. 특히 의사 결정 모형을 위한 가중치 설정 방법은 큰 중요성이 있다. 그러나 해당 준거/기준 정량적 값 추정의 고려 사항이 기본 제공되어있다는 대 가정에 준해서 연구한 것이 다소 아쉬운 부분이다.

김정록(2020) 등은 총수명주기관리계획서(LCSP, Life Cycle Support Plan) 개발 및 운영유지비 산출을 위하여 무기체계 군수지원성 분석용 시뮬레이션 설계 연구 및 무기체계 운영유지비 산출을 통한 RAM-C 성장 관리 연구를 하였다^[3,4]. 규정에 따른 무기체계 운영유지비 항목을 설정하고, 시뮬레이션 결과를 반영할 수 있도록 산출식을 수립하고, 무기체계 부품 목록, 고장률, 정비 계단, 운용 일정 등을 고려하여 설계된 시뮬레이션을 토대로 실제 운용 / 정비 시간 소요, 정비 자원 소요 등을 결과로 추정 / 제시한다. 이를 산출식에 적용하여 운영유지비를 산출한다. 해당 연구는 본 연구 M&S를 활용한 RAM-C 기반 최적 정비 개념 설정 방안의 기초가 된 연구이다. 본 연구에서 해당 연구의 무기체계 군수지원성 분석용 시뮬레이션 모델은 3장과 같이 국내 무기체계 적용에 다양성 있도록 제약 조건을 개선/추가하여 본 연구를 위한 평가 속성인 RAM-C 산출에 모델 현실성을 높였고, RAM-C 기반 최적 정비 개념 설정 방법을 4장과 같이 제시하였다.

3. 신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M) 및 운영유지비(C) 결과 산출 시뮬레이션 방법

RAM-C 기반 최적 정비 개념 설정 방안을 연구하기 위해 군수지원성 시뮬레이션 모델을 설계하여 우선 신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M) 및 운영유지비(C)를 산출한다.

3.1 무기체계 군수지원성 시뮬레이션 설계 개념

무기체계 군수지원성 시뮬레이션 모델은 신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M)와 운영유지비(C) 산출을 목적으로, 무기체계 설계, 운용 및 정비 개념을 시뮬레이션 설계에 적용한다. 운용 개념 적용을 위한 고려 항목은 무기체계 작전운용형태 및 임무유형(OMS / MP)를 바탕으로 수립한 운용 일정이 있고, 정비 개념 적용을 위한 고려 항목은 무기체계 RAM 및 군수지원분석을 토대로 산출된 구성품 별 고장률, 정비 수준/계단, 정비 업무별 필요 자원(정비 요원, 정비지원장비, 수리부속), 계획 정비 주기 등이 있다.

무기체계는 계획된 운용 일정에 따라 각 임무별 무기체계 요구 수량에 따라 해당 임무를 수행한다. 운용 일정이 진행됨에 따라 계획 / 비계획 정비 업무가 발생하며, 무기체계가 해당 정비 업무를 위해 필요 정비 수준에 맞게 해당 정비 계단(부대-야전-창)으로 이동하게 된다. 이때 비계획 정비 업무는 계획 정비 업무와 달리 실제 고장 시 정비를 수행하게 되는데 이는 정비 대상별 MIL-HDBK-217F를 통해 추정된 사용 환경과 스트레스 조건에 기반 고장률을 토대로 비계획 정비 업무 이벤트를 확률적으로 발생시킨다. 그리고 고장 발생 품목이 LRU(Line Replacement Unit) 혹은 SRU(Shop Replacement Unit) 여부에 따라 정비 절차와 정비 대상 범위가 나뉘게 된다. 이런 정비 업무는 불가동시간으로 구분되며, 해당 정비 업무를 위해 정비 요원, 정비지원장비, 수리부속의 조건을 충족하면 수행하고 미 충족 시 행정 및 군수지원 시간(대기 시간)으로 적용되어 해당 조건이 충족될 때까지 대기한다. 이러한 부분이 대기 행렬 개념을 적용했다 볼 수 있다.

정비가 완료된 무기체계는 운용 부대로 복귀하여, 운용 일정에 따라 운용을 수행하며 고장 시 탈거된 수리부속은 품목 특성에 따라 버리거나 수리하여 보급부대에 보관하여 추후 정비 업무 상 요구 시 활용된다⁴⁾.

시설별 특성으로 정비 시설은 주요 정비 업무 수행

조건인 정비 요원, 정비 장비, 소모성 물자가 배치되며, 정비 장비 경우 주기적 검/교정과 같은 점검 주기가 설정하고 소모성 물자는 업무별 소요 수량을 설정하여 점검 및 추가 조달까지 정비가 제약되도록 설계하였다. 보급 시설에서는 재고 관리 정책(s, S)를 적용하여 S 수량만큼 보유하고 있다가 재고 소진으로 s 수량 도래 시 S-s 수량만큼 보급하도록 제약사항을 설계하였다.

시뮬레이션 설계 주요 개념은 Fig. 2와 같고, 이 같은 배경을 대상으로 무기체계의 기본 운용/정비 절차는 Fig. 3과 같다.

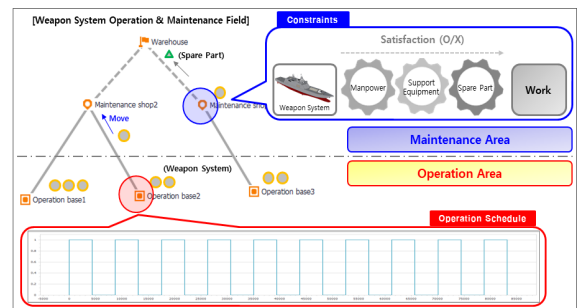


Fig. 2. Simulation design concept diagram

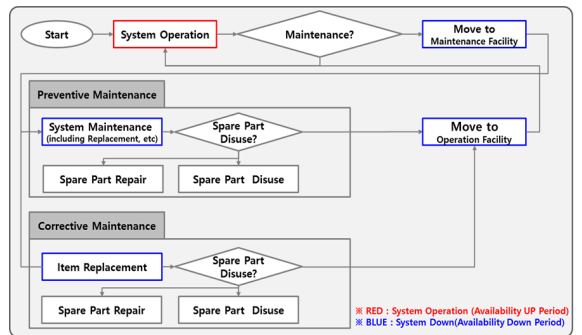


Fig. 3. Operation & maintenance procedure

3.2 RAM 산출

무기체계 군수지원성 시뮬레이션 모델을 통해 체계 기준 신뢰도(R), 정비도(M), 가용도(A)를 구할 수 있다. 하부 구성품 신뢰도는 각 구성품 별 고장 모형을 통해 예측된 수명을 지수분포 기준으로 적용하고, 예방 정비를 계획하여, 고장 간 평균 시간(MTBF, Mean Time Between Failure)의 체계 신뢰도 결과로 산출한다. 정비도(MTTR, Mean Time To Repair)는 예방 및

Table 1. Cost construction and formula

비용 항목 구조		산 출 식
운영비	운용요원비	$= \Sigma (\text{연 단위}) \text{운용요원 운용 시간} * \text{연봉} / (\text{연간 근무일} * \text{일일 근무시간}) * \text{운용 시 운용요원 인원수} * \text{연차별 상승률}$
	장비 유지비	$= \Sigma \text{CSP 사용분 제외, (연 단위) 수리부속/소모성 물자 소요 빈도} * \text{수리부속/소모성 물자 가격} * (\text{주문 시점}) \text{연차별 상승률}$
유지비	정비 요원비	$= \Sigma (\text{연 단위}) \text{정비 요원 정비 시간} * \text{연봉} / (\text{연간 근무일} * \text{일일 근무시간}) * \text{연차별 상승률}$
	계약기반군수지원비	$= (\text{선택 년도}) \text{계약기반군수지원비} * \text{선택 년도 따라, 연차별 상승률 적용}$
	지원장비 유지비	$= \Sigma (\text{연 단위}) (\text{정비장비 사용 빈도} / \text{교체 주기}) * \text{정비장비 가격} * (\text{주문 시점}) \text{연차별 상승률}$
지원비	시설유지비	$= (\text{선택 년도}) \text{시설유지비} * \text{선택 년도 따라, 연차별 상승률 적용}$
	교육비	$= (\text{선택 년도}) \text{교육비} * \text{선택 년도 따라, 연차별 상승률 적용}$

고장 정비 시 행정적 소요시간을 제외한 순수 정비 평균 시간이다. 가용도(Availability)는 무기체계 가 예방 및 고장 정비로 비 가동 시간을 제외한 운용 및 대기 시간에 대한 전체 운용 시간의 비율이다. 이러한 RAM 결과는 다양한 이벤트 발생(계획 및 고장 정비) 시 지수 분포, 정규 분포 등 현실 상황을 반영 가능한 확률 값을 토대로 시뮬레이션에 적용되어 산출되며, 이를 통해 행정적 소요시간을 적용시킨다.

3.3 운영유지비(C) 산출

무기체계 군수지원성 시뮬레이션 모델을 통해 운영 유지비(C)를 구할 수 있다. 운영유지비 산출은 Table 1 세부 비용 항목별 산출 식으로 획득할 수 있으며, 산출 식 내 운용/정비요원 업무 시간, 수리부속 사용 빈도 등을 시뮬레이션 분석 결과를 토대로 적용한다.

4. RAM-C 기반 최적 정비개념 설정 방법(MADM)

RAM-C 기반 최적 정비개념 설정의 목적은 무기체계 획득 단계에서 무기체계 최적 유지/보수를 목적으로 장비 설계 및 정비개념 설정 등에 따른 다양한 대안 중 최적 안을 선택하는 것이다.

이를 위해 의사 결정 평가 속성으로 선정된 신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M) 및 운영유지비(C)를 무기체

계 군수지원성 시뮬레이션 결과를 통해 획득하고, 정규화 및 가중치 설정을 바탕으로 최적 정비개념을 다속성 의사 결정(MADM)을 통해 설정한다.

4.1 의사 결정 평가 속성 선정

획득단계에서 무기체계 최적 정비개념 의사 결정을 위한 평가 속성 항목은 무기체계 신뢰도(Reliability), 가용도(Availability), 정비도(Maintainability) 및 운영유지비(Cost)로 선정한다.

신뢰도는 무기체계 기대 수명 및 고장 빈도를 측정하는 정량적 평균값으로, 단위는 시간(Hr)이다.

(운용) 가용도는 무기체계가 운용 기간 중 운용 가능한 비율을 측정한 값으로, 단위는 비율(%)이다.

정비도는 무기체계 예방 / 고장 정비에 따른 전체 정비 업무 평균값으로, 단위는 (Hr)이다.

운영유지비는 무기체계 전력화 이후 유지/보수를 위해 소요되는 비용이며, 단위는 원(₩)이다.

이때 최적 의사 결정을 위해 평가 속성별 목적은 신뢰도와 가용도는 최대화이며, 정비도 및 수명주기비용은 최소화이다.

4.2 정규화 및 가중치 설정(쌍대 비교)

각 대안 별 속성을 통한 의사 결정을 위해서, 우선 각각의 속성 값들은 단위가 다르기 때문에 정규화 하는 과정이 필요하다. 정규화 공식은 (1)과 같다.

$$P_{ij} = y_{ij} / \sum_{i=1}^m y_{ij}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$y_{ij} = \begin{cases} x_{ij} & , (x_{ij} \text{의 목적이 Max인 경우}) \\ 1/x_{ij} & , (x_{ij} \text{의 목적이 Min인 경우}) \end{cases}$$

이때 x 값은 속성 값이 최대화를 목적으로 하는 것 이면 그대로 사용하고, 최소화를 목적으로 하는 것이 면 1/x 값으로 변경한다.

Table 2. Symbol definition

기 호	내 용
n	전체 속성의 수
m	전체 대안의 수
x_{ij}	대안 별 속성 평가 치
P_{ij}	x_{ij} 를 정규화한 값
W_j	속성별 가중치

이렇게 정규화된 속성 값은 대안별 의사 결정을 위 해 가중치를 설정해야 한다. 가중치 설정은 쌍대 비교 법을 활용한다.

우선 신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M) 및 운영유지 비(C)의 2개씩 상호 비교하여 우선순위를 Table 3과 같이 선택한다.

Table 3. Pairwise comparison

	R	A	M	C
R	-	R	R	C
A	-	-	A	C
M	-	-	-	C
C	-	-	-	-

이를 통해 신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M), 운영유 지비(C)의 우선 순위를 구분하고, 배점을 하위에서 부 터 1, 2, 3, 4로 할당 후 총합(10)으로 나누어 가중치 를 설정한다. 해당 가중치는 무기체계 사업 배경, 검 토자 주관 등에 따라 변경될 수 있다.

Table 4. Weight allocation of the attribute

	우선 순위	배점 할당	가중치 할당(W)
R	2	3	0.3
A	3	2	0.2
M	4	1	0.1
C	1	4	0.4
총합		10	1

4.3 최적 대안 선택

각 대안 별 속성을 통한 의사 결정은 정규화된 결 과에 가중치를 적용한 합산 비교를 통해 결정 한다. 대안 별 최적 대안 산출 식은 (2)와 같다.

$$\text{대안별 우선순위 산출} = \sum_{j=1}^n P_{ij} \cdot W_j \quad (2)$$

5. 사례 연구

5.1 사례 연구 대상 무기체계 개요

본 연구에 대한 사례 연구를 위해 대상 무기체계를 아래와 같이 가정하여 모의한다.

- 무기체계 운용 일정은 연중무휴 상시 가용한다.
- 무기체계 주요 구성품은 운용자콘솔 및 캐비닛 장 비 위주로 구성된다.
- 무기체계 운용 환경은 일반 육상 시설로 국한한다.

이때, 사례 연구 대상 무기체계는 최적 정비개념 설 정을 위해 대안 4가지 중 최적 안 선정이 필요함을 가정한다. 대안 별 차이는 Table 5와 같다.

Table 5. Alternatives's Description

	무기체계 설계	정비 개념
대안 #1	설계 A	3계단
대안 #2	설계 B	3계단
대안 #3	설계 A	2계단
대안 #4	설계 B	2계단

설계 A는 무기체계 주요 구성 품을 랙 형태로 개발하는 것이고, B는 서버 형태로 모듈 화하여 개발하는 것으로 정의하였다. 설계 A의 장점은 현장에서 하부 단위로 직접 정비(부대/야전 수준)가 가능하며, 단점으로는 하부 구성 품 접근을 위한 사전 절차가 많이 전체 정비 절차가 복잡하다. 설계 B의 장점은 모듈화 형태로 장/탈착이 가능함으로 정비 절차가 용이하며, 단점으로는 정비 단위인 모듈 형태가 비교적 상위 구성 품이기에 수리부속 단가가 높다.

정비 개념 3계단은 부대 - 야전 - 창 으로 구조로 되어 있으며, 무기체계 구성품 정비 절차에 따라 나뉜다. 그리고 수행 주체를 부대 / 야전 정비는 소요 군이, 창 정비는 개발 업체로 지정되어 수행됨으로 정의하였다. 2계단은 야전 정비와 창 정비로 별도 정비 계약을 통해 개발 업체가 통합 관리함으로 정의하였다. 3계단의 장점으로는 야전 정비 업무를 소요 군에서 직접 관리하여 정비를 위한 대기 시간이 단축될 수 있으며, 단점으로는 정비를 위한 기반 시설 구축이 필요하며 주기적 정비 교육이 필요하다. 2계단의 장점은 개발 업체의 통합 관리를 통해 유지/보수 측면 관리가 용이하며, 단점으로는 고장 정비 업무 발생 시 즉각 처리/관리에 대기 시간이 발생할 수 있다.

5.2 시뮬레이션 입력 항목

신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M), 운영유지비용(C) 산출을 위해 사례 연구 대상 무기체계를 토대로 군수 지원성 시뮬레이션 모델을 개발해야 한다.

이를 위해 필요한 입력 항목은 공통 및 대안별 구분 사항으로 분류하여 정의한다.

5.2.1 공통 사항

5.2.1.1 운용 일정

연중무휴 상시 가용하는 무기체계로, 연간 8,760시간을 운용하며, 운용 인원은 총 12명(4명 * 3교대)이다. Fig. 4와 같이 운용 시 무기체계 소요는 1대로 기준 한다.

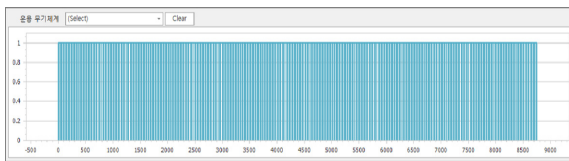


Fig. 4. Operation schedule

5.2.1.2 비용 기초 정보

운용, 부대/야전/창 정비 요원 연봉은 50,000,000원, 인력 근무 정보로 연간 근무일 365일, 일일 근무시간 8시간으로 가정한다.

연차별 상승률은 2.5 %로 정한다.

5.2.1.3 무기체계 PBS 입력 지침

무기체계 부품 구조인 PBS(Part Breakdown Structure)는 체계 내 하부 구성품의 품목, 레벨, 수량 등 체계 설계 자료이다.

Table 6. PBS input instructions

순번	구분	적용 기준
1	LCN	LCN 입력
2	상위 LCN	상위 LCN 입력
3	품명	통상 명칭 입력
4	품번	부품 번호 입력
5	품목 유형	ASSY / LRU / SRU 구분 입력
6	구성 수량	구성 수량입력
7	단가	수리 부속 단가 정보 입력
8	연간 재고 유지 비용	30,000 공통 적용
9	교환 확률	1로 적용
10	수리 가능 확률	(SMR 기준) ZZ 품목은 0, 그 외 1 적용
11	조달 시간	정규 분포 적용(표/편: 평균 10 %) - 단순 상용품목 : 3일(*24시간) - 부대/야전 복구품목 : 10일(*24시간) - 창 복구품목 : 90일(*24시간)
12	고장 모형	지수 분포 적용, MTBF 입력
13	교환 시간	정규 분포 적용(표/편: 평균 10 %) - 품목별 MTA 결과 활용
14	(교환) 정비 수준	부대 / 야전 / 창 구분 입력 - 품목별 SMR 부호 3째 자리 기준
15	아이템 수리 시간	정규 분포 적용(표/편: 평균 10 %) - 야전 정비 대상 : 10일 - 창 정비 대상 : 30일
16	(아이템수리) 정비 수준	부대 / 야전 / 창 구분 입력 - 품목별 SMR 부호 4째 자리 기준

군수지원성 시뮬레이션 분석을 위해 체계 설계 자료 내 구성품별로 부품 번호, 품목 유형, 수량, 단가, 재고유지비, SMR정보(교환/수리 정비계단), 조달 시간, 고장 모형, 정비 시간 등 정보 입력이 필요하며, 그 적용 기본 지침은 Table 6과 같다.

5.2.1.4 정비 자원 및 할당

정비 요원은 부대(4명) / 야전(2명) / 창(1명) 으로 구분하여 할당되며, 정비 지원 장비는 부대 / 야전 / 창 정비 지원 장비 1식 씩 각 정비 부대에 배치된다. 정비 개념이 2계단인 경우 야전에 할당된 정비 요원 및 정비 지원 장비는 창으로 할당 한다.

5.2.1.5 시뮬레이션 실행 조건

시뮬레이션 수행 기간은 10년(87,600시간), 반복 횟수 30회, 시드 번호 랜덤으로 적용/설정한다.

5.2.2 대안별 구분 사항

5.2.2.1 무기체계 PBS 대안별 구분 지침

설계 A/B 차이는 무기체계 부품 하부 구조로 차이를 만들며, 설계 A는 정비 단위가 부대 교환 정비인 LRU와 야전/창정비인 SRU로 다양하고, 설계 B는 LRU로 구성되어 정비 난이도는 비교적 용이하다. 그 외 품목별 고장 모형, 교환 시간 등도 구분된다.

Table 7. Difference between design A and B

구분	부품 구조
설계A	System — LRU1 — SRU1 LRU2 — SRU2 SRU3
설계B	System — LRU1 — LRU3 LRU2 — LRU4

5.2.2.2 정비 네트워크 구조

1) 정비 개념 3 계단

무기체계는 운용 부대에 배치되어 운용이 되며, 정비 시 부대 / 야전 / 창으로 이동하여 정비가 수행되며 수리 부속이 필요한 경우 통합 운용되는 보급 시설을 통해 조달 받는다. 부대별 이동 시간은 제외한다.

이때, 소요군은 야전 정비를 위해 신규 시설이 구축

되며, 주기적 정비 교육이 필요하다. 이를 위한 소요 비용으로 신규 시설은 10억 원, 주기적 정비 교육은 회당 5천만 원으로 가정한다.

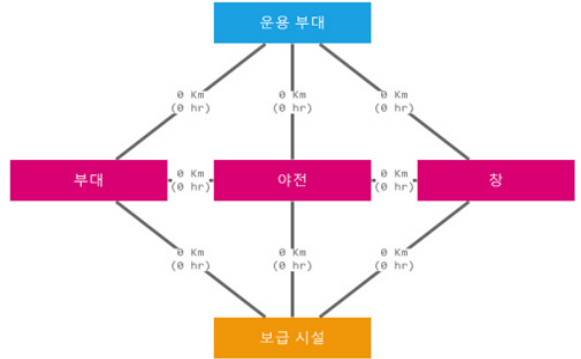


Fig. 5. Operation & maintenance network model(3 step)

2) 정비 개념 2 계단

무기체계는 운용 부대에 배치되어 운용이 되며, 정비 시 부대 / 창으로 이동하여 정비가 수행되며 수리 부속이 필요한 경우 통합 운용되는 보급 시설을 통해 조달 받는다. 부대별 이동 시간은 제외한다.

이때, 통합 창정비를 위해 개발 업체와 정비 계약이 필요하다. 이를 위한 소요 비용으로 10년 운용 기준 5억 원으로 가정한다.

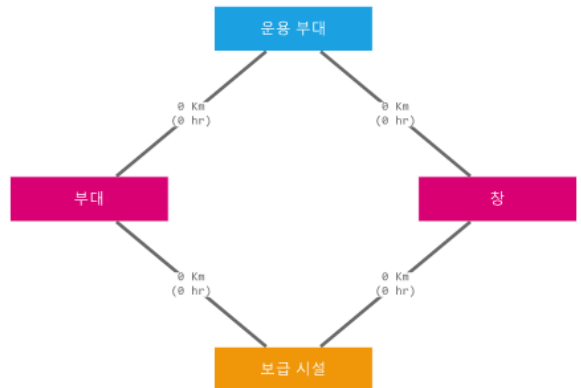


Fig. 6. Operation & maintenance network model(2 step)

5.3 대안별 시뮬레이션 결과

대안별 시뮬레이션 산출 결과인 신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M), 운영유지비용(C)은 Table 8과 같다.

설계 B가 적용된 대안 #2과 #4는 모듈러 형태 등

고 신뢰성 설계로 추구된 것을 반영하여 상대적으로 대안 #1와 #3 비해 신뢰도 값이 크게 반영된 것으로 확인된다.

그리고 정비 개념은 2계단이 적용된 대안 #3과 #4는 3계단이 적용된 대안 #1과 #2에 비해 상대적으로 운영유지비가 낮게 산출됨이 확인된다.

Table 8. Simulation results

구분	대안#1	대안#2	대안#3	대안#4
R(hr)	215	397	207	392
A(%)	0.91	0.92	0.91	0.92
M(hr)	22	36	21	36
C(천원)	9,167,113	9,330,657	8,337,657	8,482,186

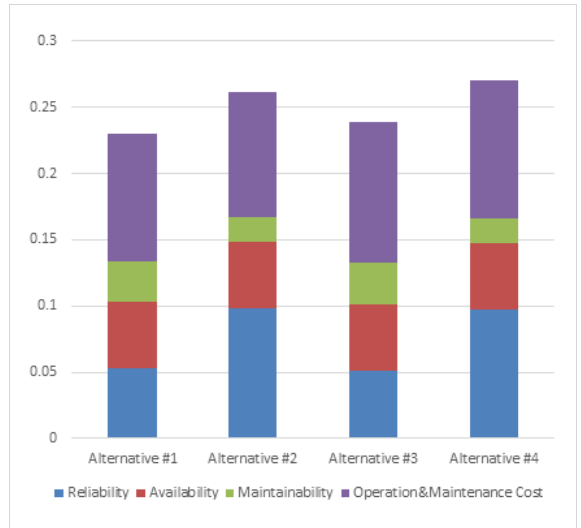


Fig. 7. The bar graph of results

5.4 최적 정비 개념 설정 의사 결정

최적 정비 개념 설정을 위해서는 각 대안 중 최적 안을 선택해야 한다. 이를 위해 각 단위가 다른 RAM-C 산출 결과를 정규 화하여 단위를 맞추고, 이를 4장에서 정의한 가중치를 각 속성 값에 곱한 후 대안별 총합을 상호 비교하여 대안#4를 최적 안으로 선택한다.

Table 9. Normalization result

구분	대안#1	대안#2	대안#3	대안#4
R	0.1775392	0.3278282	0.1709331	0.3236994
A	0.2486338	0.2513661	0.2486338	0.2513661
M	0.3058252	0.1868932	0.3203883	0.1868932
C	0.2402284	0.2360178	0.2641271	0.2596266

Table 10. Decision making by assigned weight

구분	대안#1	대안#2	대안#3	대안#4
R(0.3)	0.0532617	0.0983484	0.0512799	0.0971098
A(0.2)	0.0497267	0.0502732	0.0497267	0.0502732
M(0.1)	0.0305825	0.0186893	0.0320388	0.0186893
C(0.4)	0.0960913	0.0944071	0.1056508	0.1038506
총합	0.2296624	0.2617181	0.2386963	0.2699230
최적	-	-	-	●

6. 결론

본 연구에서는 무기체계 군수지원성 시뮬레이션을 활용한 RAM-C 기반 최적 정비 개념 설정 방안을 제시하였다. 무기체계 최적 정비 개념은 다양한 대안 중 가장 우수한 대안을 선택하는 방법으로 설정하였으며, 선정 시 신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M) 및 운영유지비(C)를 평가 속성/기준을 두어 수립하였다. 이때 각 속성/기준의 우선순위는 정규화 및 가중치 설정을 통해 적용하였다. 이는 최적 정비 개념 설정을 기존 성능 중심에서 경제성까지 고려한 방법론으로, 기존 연구와는 보다 규정/훈련에 맞도록 비용 항목 및 산출 식 등을 정의하여 보다 적용이 용이하도록 하였고, 시뮬레이션 방법을 활용하여 보다 체계적으로 분석 가능하도록 연구하였다. 특히 시뮬레이션을 통해 각 속성/기준 평가 값을 산출할 경우, 보다 다양하고 고려하기 복잡한 고려사항을 적용하기 용이하여 확장성이 높기 때문에 해당 방법을 활용하였다.

향후 추가 연구로는 가용도를 기존 운용가용도가 아닌 물자가용도 형태로 산출 및 적용하여 보다 RAM-C 적용 취지에 부합하는 연구를 수행할 것이다.

References

- [1] J. H. Tak, W. Jung, "Optimal Maintenance Cycle Plan of Aerial Weapon System Radar Considering Maintenance Cost," *Journal of Applied Reliability*, Vol. 18, No. 2, pp. 184-191, 2018.
- [2] T. H. Kim, "Application of MCDM to Estimate Optimum Overhaul Period of Plant Equipment : Case Study," *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, Vol. 32, No. 8, pp. 398-404, 2020.
- [3] K. R. Kim, H. W. Kim, J. Jeong, J. H. Cha, and D. S. Jeong, "Simulation Study on the Calculation of Weapon System's Operating Maintenance Costs to Develop LCS-P," *J. of the Korea Academia-Ind. cooperation Soc.*, Vol. 21, No. 9, pp. 82-91, 2020.
- [4] K. R. Kim, K. W. Lee, J. Jeong, J. H. Cha, "A Study on RAM-C Growth Management by Calculating Operation and Maintenance Cost of Weapon System," *Journal of Applied Reliability*, Vol. 21, No. 2, pp. 155-163, 2021.
- [5] Korea Ministry of Military Defense, "Life Cycle Support Plan Guidebook," pp. 33-40, 2019.
- [6] S. W. Kim, B. K. Yoon, "A Study on the Optimal Allocation of Maintenance Personnel in the Naval Ship Maintenance System," *Korea Academy Industrial Cooperation Society*, Vol. 16, No. 3 pp. 1853-1862, 2015.
- [7] S. J. Lee, S. W. Kim, "The Optimal Inventory Level of the Maintenance Float to Achieve a Target Operational Availability of Korean-Made Helicopter," *The Korean Operations Research and Management Science Society*, Vol. 24, No. 2, pp. 81-93, 2007.
- [8] W. Y. Yun, D. K. Park "Determining Optimal Maintenance Units in Modularized Systems," *Korean Institute Of Industrial Engineers*, Vol. 43, No. 5, pp. 350-360, 2017.
- [9] H. S. Kim, J. W. Hur, "Verification of the RAM-C Analysis Tool Using the OPUS Suite," *Journal of Applied Reliability*, Vol. 20, No. 1, pp. 9-18, 2020.
- [10] J. H. Kim, S. H. Kim, "Evaluation Scheme for EcoMobility Policy Based on Multi-criteria Decision Making, AHP and ANP," *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 35, No. 3, pp. 183-196, 2017.