

Received: 2026/08/12
Revised: 2026/08/20
Accepted: 2026/09/02
Published: 2026/09/30

***Corresponding Author:**

Young-Won Choi

20, Daewangpangyo-ro 851beon-gil, Sujeong-gu,
Seongnam-si, Gyeonggi-do, 13449, Republic of Korea
Fax: +82-31-326-9379
E-mail: youngwon.choi@ligdna.com

Abstract

본 연구는 시뮬레이션 기반 RAM-C 분석에서 행정 및 군수지연시간(ALDT)의 구성요소 설정이 운용가용도와 동시조달수리부속(CSP) 비용에 미치는 영향을 분석하였다. ALDT를 72시간으로 고정하고 조달시간과 이동시간의 구성비를 변화시키는 민감도 분석을 수행하였으며, 기준 시나리오를 중심으로 조달시간과 이동시간을 각각 변화시킨 결과, 조달시간 증가는 CSP 확보를 통해 운용가용도를 일정 수준 유지할 수 있었으나, 이동시간 증가는 CSP 확보만으로 보완하는데 한계가 있는 것으로 나타났다. 이를 통해 동일한 ALDT를 적용하더라도 구성요소 설정에 따라 RAM-C 분석 결과가 달라질 수 있으며, 시뮬레이션 기반 분석에서는 사업별 운용환경을 고려한 ALDT 구성요소의 개별 설정이 중요함을 확인하였다.

This study analyzed the effects of administrative and logistic delay time (ALDT) component settings on operational availability and concurrent spare parts (CSP) cost in simulation-based RAM-C analysis. A sensitivity analysis was conducted by fixing the total ALDT at 72 h and varying the proportions of lead and transportation times. Furthermore, the effects of each factor were analyzed independently based on a baseline scenario. The results showed that an increase in lead time could maintain operational availability to some extent through additional CSP provisioning, whereas the effect of increased transportation time could not be fully compensated by increasing CSP. These results demonstrate that RAM-C analysis outcomes can vary depending on how ALDT components are configured, even when the same total ALDT is applied. Therefore, in simulation-based RAM-C analysis, individual ALDT components should be appropriately configured by considering the operational environment of each weapon system.

Keywords

신뢰성기반 비용관리(RAM-C),
행정 및 군수지연시간(ALDT),
운용가용도(Operational Availability),
동시조달수리부속(Concurrent Spare Parts),
조달시간(Lead Time),
이동시간(Transportation Time)

시뮬레이션 기반 RAM-C 분석에서 행정 및 군수지연시간(ALDT) 구성요소 설정에 따른 영향성 연구

Study on the Effects of Administrative and Logistic Delay Time Component Settings in Simulation-Based RAM-C Analysis

최영원^{1*}, 이광민¹, 원선주¹, 전진원¹, 김경록², 손은호¹

¹LIG디펜스엔에어로스페이스 미래전장IPS연구소 선임연구원

²LIG디펜스엔에어로스페이스 미래전장IPS연구소 수석연구원

Young-Won Choi^{1*}, Gwang-Min Lee¹, Sun-Ju Won¹, Jin-Won Jeon¹,
Kyung-Rok Kim², Eun-Ho Son¹

¹Research engineer, Future Warfare Integrated Product Support R&D Lab, LIG Defense&Aerospace

²Chief research engineer, Future Warfare Integrated Product Support R&D Lab, LIG Defense&Aerospace

1. 서론

최근 무기체계 RAM-C 분석은 공학적 계산뿐만 아니라 시뮬레이션 기반 분석을 병행하여 수행되고 있다. 운용가용도는 고장률과 정비시간뿐만 아니라 행정 및 군수지연시간(ALDT, administrative and logistic delay time)으로 인한 불가동 시간의 영향을 크게 받는다. 일반적으로 공학적 분석에서는 ALDT를 하나의 평균값으로 적용하는 경우가 대부분이다. 반면, 시뮬레이션에서는 ALDT를 단일 변수로 입력하지 않고, 수리부속 조달시간, 정비 이동시간, 재고 부족이나 정비인력, 지원장비 등 정비자원 부족으로 인한 정비대기시간 등 다양한 지연 요인들이 각각 모델링의 입력력값이 된다. 따라서 동일한 ALDT를 적용하더라도 세부 입력값의 구성 방법에 따라 운용가용도, 동시조달수리부속(CSP) 등 체계지원요소 산출 결과가 크게 달라질 수 있다.

그러나 실제 사업에서는 ALDT가 소요군의 경험제원 또는 유사

체계 운용실적을 기반으로 하나의 평균값으로 제공되는 경우가 대부분이며, 이를 구성하는 세부 요소별 시간은 확인하기 어렵다[1]. 이로 인해 시뮬레이션 기반 RAM-C 분석에서는 조달시간과 이동시간을 어떻게 설정하며, 설정값이 분석결과에 미치는 영향성에 대한 연구가 부족한 실정이다.

본 연구에서는 동일한 ALDT 조건에서 조달시간과 이동시간의 구성비 변화가 운용가용도 및 CSP 산출에 미치는 영향을 분석하여, 시뮬레이션 기반 RAM-C 분석에서 ALDT 세부 입력값 설정의 중요성을 제시하고, 공학적 RAM-C 분석 결과와의 차이를 비교 분석하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 공학적 RAM-C 분석

공학적 RAM-C 분석은 신뢰성, 정비성 데이터를 기반으로 수학적 모델을 통해 가용도와 비용을 산출하는 방법이다. 일반적으로 평균정비간격(MTBM)과 평균수리시간(MTTR), 행정 및 군수지연시간(ALDT) 등의 평균값을 이용하여 운용가용도를 계산하며, 여기서 ALDT는 행정처리시간, 조달시간, 이동시간 등의 정비수행 이외의 지연요인을 통합한 평균시간으로, 육군규정 473을 준용하여 72시간으로 설정하는 것이 통상적이다[2]. 즉, 개별적인 지연요인을 구분하지 않고 평균적인 정비지연시간으로 모델링하기 때문에 계산은 단순하지만 실제 운용환경에서 발생하는 다양한 정비 및 보급 활동을 상세히 반영하는 데에는 한계가 있다.

2.2 시뮬레이션 기반 RAM-C 분석

시뮬레이션 기반 RAM-C 분석은 실제 무기체계의 운용 및 정비시나리오를 이벤트 단위로 모사하여 운용가용도와 체계지원요소를 분석하는 방법이다. 공학적 분석과 달리 정비보급 네트워크, 수리부속 재고, 정비인력, 수송체계 등 실제 군수지원환경을 반영하여 모델링할 수 있으며, 고장발생, 정비요청, 재고확인, 수리부속 조달, 수송, 정비수행 등의 절차를 시간 흐름과 인과관계에 따라 모사함으로써 현실적인 분석 결과를 제공한다.

시뮬레이션 분석에서는 공학적 분석과 달리 ALDT를 하나의 평균값으로 입력하지 않고, 고장 이벤트에 따른 수리부속 조달시간, 정비 이동시간, 재고 부족, 정비인력 부족, 지원장비 부족 등 다양한 지연요인들의 인과관계에 따라 입출력되어 ALDT가 산출된다. 따라서 동일한 ALDT라 하더라도 입력변수의 설정 방식에 따라 운용가용도 산출 결과가 달라질 수 있다.

2.3 행정 및 군수지연시간(ALDT)

행정 및 군수지연시간(ALDT)은 장비에 고장이 발생한 이후 실제 정비 작업이 수행되기 전까지의 행정 절차 또는 군수지원으로 발생하는 지연시간을 의미한다([3], p. 404, [6], p. 49, [8], p. 144).

ALDT는 행정지연시간(ADT, administrative delay time)과 군수지연시간(LDT, logistics delay time)으로 구분할 수 있다. ADT는 정비 승인, 작업 지시, 행정 처리 등으로 발생하는 지연시간이며, LDT는 부품 조달, 재고 부족, 수송, 인력 부족 등으로 발생하는 지연시간이다([4], pp. 43-60, [5], pp. 10-13, [7], p. 35, [8], p. 144, [9], p. 174).

각 규정별 ALDT에 대한 정의는 Table 1과 같다.

ALDT는 행정처리시간, 조달시간, 이동시간, 정비인력 대기시간, 지원장비 대기시간 등 다양한 지연요인으로 구성된다. 정비인력 및 지원장비 대기시간은 사업별 정비정책, 자원배치 수준에 따라 크게 달라지는 반면, 수리부속 조달시간과 정비 이동시간은 대부분 무기체계에서 공통적으로 발생하는 대표적인 군수지연 요인이다. 또한 시뮬레이션 RAM-C 분석에서는 수리부속 조달시간과 정비 이동시간을 독립적인 입력변수로 설정할 수 있으므로, 본 연구에서는 수리부속 조달시간과 정비 이동시간을 ALDT의 대표 구성요소로 선정하여 운용가용도 및 CSP 산출에 미치는 영향성을 분석하였다.

3. 사례 연구

3.1 분석모델

사례연구를 통해 ALDT의 핵심 요소인 수리부속 조달시간과 정비 이동시간으로 인한 지연시간이 CSP 비용 및 운용가용도에 미치는 영향성을 분석하

Table 1. ALDT definition

Documents	Definition
MIL-STD-1388-2B	ALDT: Administrative and logistics delay time spent waiting for parts, maintenance personnel, or transportation per calendar year
MIL-HDBK-338B	- Delay time: That element of downtime during which no maintenance is being accomplished on the item because of either supply or administrative delay. - Administrative time: That element of delay time, not included in the supply delay time. - Supply delay time: The time between the demand on the supply system for a part or item to repair a product, or for a new product to replace a failed product, and the time when it is available.
MIL-STD-721C	- Delay time: Downtime during which no maintenance is accomplished because of either supply or administrative delay. - Supply delay time: That element of delay time during which a needed replacement item is being obtained. - Administrative time: that element of delay time not included in supply delay time
DoD 3235.1-H	ALDT: Administrative and logistics down time spent waiting for parts, administrative processing, maintenance personnel, or transportation per specified period.
Logistics engineering and management, 6th Edition	- LDT: Downtime resulting from waiting for spare parts, test equipment, transportation, facilities, etc. - ADT: Downtime caused by administrative reasons.
RAM Guide Book	ALDT: Total time during which the system/equipment cannot be operated due to maintenance delays caused by administrative processing and logistics delays.
PSA Manual	ALDT: Total time during which the system/equipment cannot be operated due to maintenance delays caused by waiting for parts, maintenance personnel, and transportation

였다. 사례연구 대상 무기체계는 해군 무기체계로써 운용기간 20년 동안 무중단 운용되는 시나리오를 가진다.

이를 바탕으로 분석모델은 운용부대, 정비부대 및 보급체계를 포함한 시물레이션 기반 RAM-C 모델을 적용하였으며, 분석모델에는 LCSC suite 도구를 사용하였다. 분석모델에서 ALDT는 수리부속 조달시간

과 정비 이동시간의 합으로 정의하였으며, 소요군의 경험제원으로 입수된 72시간을 적용하였다. 분석모델에 대한 세부 입력값은 Table 2와 같다.

Table 2. Simulation model input data

	Elements	Input data
Operation Scenario	Operating unit	6 locations
	Deployment quantity per operating unit	1 set
	Annual operating hours	8,760 hours
Product Information	Product structure	BOM
	Failure Model	Exponential distribution (mean: apply RAM result;)
	Probability of item repair	Apply SMR code (-ZZ: 0 %, etc: 100 %)
	Replace time	Normal distribution (mean: apply PSA result; std.: 10 % of mean)
	Repair time	Normal distribution (mean: apply PSA result; std.: 10 % of mean)
Logistics Time	Average lead time	Variable (71 ~ 37 hours)
	Distribution of lead time	Normal distribution (mean: aver. lead time; std.: 10 % of mean)
	Average transportation time	Variable (1 ~ 35 hours)

3.2 임계치 기반 민감도 분석

본 연구에서는 임계치 기반 민감도 분석(threshold-based sensitivity analysis)을 수행하였다.

먼저 Case 1과 같이 ALDT 72시간 조건에서 이동시간과 조달시간의 구성비를 변화시키며 목표 운용가용도 88%를 만족하는 CSP 비용을 산출하였다. 시물레이션 결과 이동시간이 22시간, 조달시간이 50시간 일 때 목표 운용가용도를 만족하는 마지막 조건으로 확인되었으며, 이동시간이 23시간이 되는 순간부터 목표 운용가용도를 만족하지 못하였다.

따라서 이동시간 22시간, 조달시간 50시간을 기준 시나리오(critical baseline scenario)로 선정하였다. 이후 로컬 OFAT 민감도 분석(local one-factor-at-a-time sensitivity analysis)을 수행하였으며, Case 2는 기준 시나리오에서 결정된 대로 이동시간을 22시간으로 고정하고 조달시간을 변화시키는

시나리오, Case 3은 조달시간을 50시간으로 고정하고 이동시간을 변화시키는 시나리오를 적용하였다.

- (1) Case 1: ALDT 고정, 이동시간과 조달시간의 구성비 변화
- (2) Case 2: 이동시간(22시간) 고정, 조달시간 변화
- (3) Case 3: 조달시간(50시간) 고정, 이동시간 변화

4. 분석 결과

4.1 Case 1: ALDT 고정, 이동시간과 조달시간의 구성비 변화

Case 1은 기준 시나리오를 확인하기 위한 케이스로 이동시간은 1시간부터 1시간 단위로 커지고, 조달시간은 71시간부터 1시간 단위로 작아지게 하여, 이동시간과 조달시간의 합이 72시간으로 고정되도록 모델링을 수행한 결과이다. 시뮬레이션 결과 Fig. 1과 같이 ALDT가 72시간으로 동일하더라도 이동시간이 증가할수록 CSP 비용은 급격히 증가하는 결과가 산출되었다. 이동시간 1시간부터 이동시간 22시간까지는 목표 운용가용도 88%를 만족하였으나, 이동시간이 23시간으로 증가하는 순간 운용가용도는 87.9%로 감소되었다. 특히 이동시간 23시간부터는 CSP 비용이 증가하더라도 목표 운용가용도를 회복하지 못하였다. 이는 충분한 수리부속이 확보되더라도 정비 부대까지 이동하는 물리적인 시간이 증가하게 되면 정비 착수가 지연되므로 운용가용도가 감소하는 것으로 해석할 수 있다.

따라서 운용가용도를 만족하는 임계 시점인 이동시간 22시간, 조달시간 50시간을 기준 시나리오로 결정하고, 이동시간과 조달시간 중 어느 지연요인이 CSP 비용과 운용가용도에 더 큰 영향을 미치는지 알아보기 위해 Case 2, 3과 같이 로컬 OFAT 민감도 분석을 수행하였다.

4.2 Case 2: 이동시간(22시간) 고정, 조달시간 변화

Case 2는 이동시간을 22시간으로 고정하고 조달시간만 변화시킨 결과로 Fig. 2와 같이 약 300시간까지 조달시간이 증가할 때 CSP 비용은 거의 영향이 없으며, 이후 조달시간이 크게 증가할 때 CSP 비용도 증

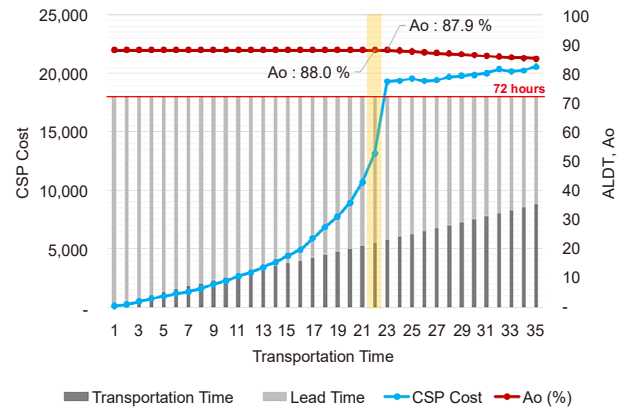


Fig. 1. Case 1: ALDT (72 hours) fixed

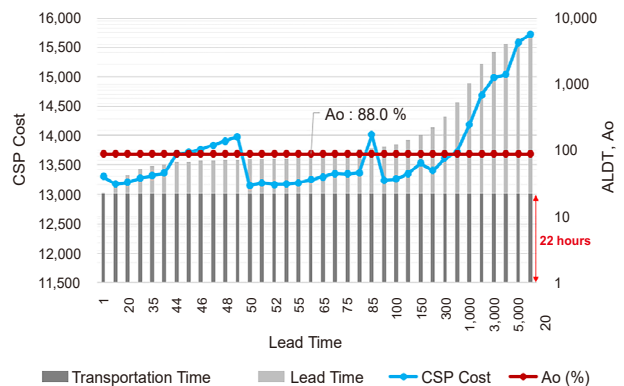


Fig. 2. Case 2: Transportation time (22 hours) fixed

가하는 경향을 보였다. 특히 모든 조달시간 조건에서 목표 운용가용도를 만족하는 결과가 산출되었다. 이는 일정 수준의 조달시간 증가는 운용가용도에 큰 영향이 없으며, 조달시간이 크게 증가할 때는 추가적인 재고 확보를 통해 운용가용도를 달성 가능함으로 판단할 수 있다.

4.3 Case 3: 조달시간(50시간) 고정, 이동시간 변화

Case 3는 조달시간을 50시간으로 고정하고 이동시간을 변화시킨 결과로 Fig. 3와 같이 이동시간 증가에 따라 CSP 비용은 크게 증가하였다. 특히 이동시간이 22시간을 초과하는 순간 목표 운용가용도를 만족하지 못하였다.

이는 수리부속 재고가 충분히 확보되더라도 정비 부대로의 이동시간이 증가함에 따라서 정비 지연이 발생하고, 이동시간이 일정 시간 이상 커질 경우 목표 운용가용도를 달성하지 못하는 데에 직접적인 영향을 미치는 것으로 판단된다.

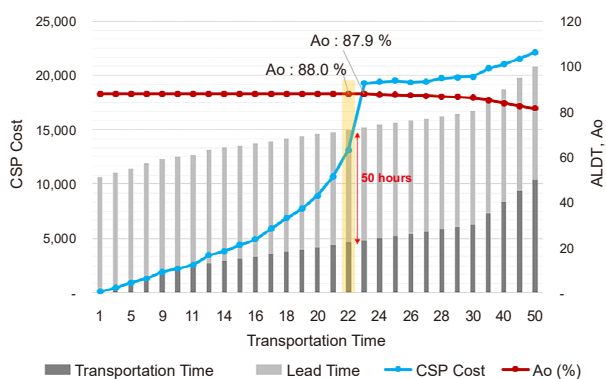


Fig. 3. Case 3: Lead time (50 hours) fixed

4.4 행정 및 군수지연시간 구성요소 설정에 따른 영향성

조달시간과 이동시간이 운용가용도에 미치는 영향은 다음 Table 3와 같이 정리할 수 있다.

Table 3. Impact of logistics times on CSP and availability

Logistics times (ALDT)	Impact on CSP Cost	CSP Cap	Impact on Availability
Increased Lead time	Cost Increases	Uncapped (No CSP cost limit)	Indirect Impact (Ao Achievable)
Increased Transportation time	Marginal Cost Increases	Capped (CSP cost limit)	Direct Impact (Marginal Ao Achievable)

조달시간이 증가하는 경우, 수리부속을 미리 확보하여 재고를 쌓아둘 경우 지속적으로 목표 운용가용도를 만족시킬 수 있다. 조달시간이 무한정 증가하더라도 CSP 예산만 확보된다면 운용가용도 달성에 제한이 없다고 볼 수 있다.

반면 이동시간이 증가하는 경우는 일정 시간까지는 재고를 확보하면(CSP 비용이 증가하면) 조달시간을 줄이는 간접적 효과가 발생하여 목표 운용가용도를 달성할 수 있지만, 충분한 재고를 확보하여 조달시

간을 더 줄일 수 없는 상황에서는 이동시간 증가 영향을 조달시간 감소가 상쇄시킬 수 없으므로 운용가용도 달성이 어려워진다고 볼 수 있다.

4.5 공학적 RAM-C 분석과의 비교

앞의 시뮬레이션 RAM-C 분석 결과를 공학적 RAM-C 분석결과와 비교해보았다. 공학적 RAM-C 분석 시, ALDT 시간은 소요군 입수 경험제원인 72시간으로 입력되었으며, 계산 결과 운용가용도는 92.3%, 운영유지비는 32.15억원으로 산출되었다. 시뮬레이션 RAM-C 분석은 Table 4와 같이 이동시간과 조달시간의 합이 72시간이고, 이동시간이 각각 10시간, 22시간, 30시간인 경우에 대해 운영유지비를 산출하였다.

공학적 RAM-C 분석 결과로 산출된 운용가용도 값(92.3%)이 시뮬레이션 분석 결과값(87.9~88.0%)에 비해 상대적으로 높게 산출되었는데, 이는 공학적 분석에서는 수리부속, 정비인력 및 지원장비의 부족으로 인한 지연요인이 반영되지 않아 따라 지연시간이 과소 산출되었기 때문이다.

시뮬레이션 RAM-C 분석 결과는 앞서 분석한 바와 같이 이동시간이 22시간이 넘어가는 경우 목표 운용가용도를 달성하지 못하게 되며, 전체적으로 이동시간이 증가할수록 운영유지비도 증가하는 추이가 확인되었다. 이는 이동시간이 증가함에 따른 정비지연 증가를 수리부속 재고확보비용 투자를 통한 정비지연 감소로 상쇄하려 함이다. 앞서 본 바와 같이 본 사례의 경우와 이동시간 22시간이 초과하는 경우에는, 재고 투자를 많이 하여 수리부속 부족으로 인한 정비지연이 발생하지 않더라도 이동시간으로 인한 지연 효과가 크기 때문에 목표 운용가용도를 달성하지 못하는 결과가 산출되었다. 또한 이동시간이 30시간 이상으로 커질 경우, 수리부속 재고 투자가

Table 4. RAM-C analysis result comparison

Category	Logistics Times (ALDT)		Availability (%)	O&M cost (KRW)
	Transportation time (hours)	Lead time (hours)		
Engineering Analysis	72		92.3	32.15 billion
Simulation Analysis	10	62	88.0	28.49 billion
	22	50	88.0	40.54 billion
	30	42	87.9	49.72 billion

충분히 있더라도 목표 운용가용도를 달성하지 못하므로 운영유지비는 그 이상으로 크게 증가하지 않을 것으로 예상된다.

5. 결론

본 연구에서는 시뮬레이션 기반 RAM-C 분석에서 ALDT를 구성하는 이동시간과 조달시간의 영향성을 분석하였다. 동일한 ALDT를 적용하더라도 이동시간과 조달시간의 구성비에 따라 운용가용도와 CSP 비용은 크게 달라지는 것으로 나타났다. 또한 임계치 기반 민감도 분석 결과 이동시간은 조달시간보다 운용가용도에 훨씬 큰 영향을 미치는 변수로 확인되었다. 반면 조달시간은 운용가용도보다는 CSP 비용 증가에 주된 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 따라서 시뮬레이션 기반 RAM-C 분석에서는 ALDT를 하나의 평균시간으로 적용하기보다는 조달시간과 이동시간을 실제 운용환경에 맞게 개별적으로 산정하여 입력하는 것이 필요하다.

아울러 본 연구에서 제안한 임계치 기반 민감도 분석 방법은 시뮬레이션 입력변수의 적정성을 검증하고 기존 분석결과와의 차이를 정량적으로 평가하는 유용한 방법으로 활용될 수 있을 것으로 판단한다.

향후 연구에서는 정비인력 부족, 지원장비 부족, 재고 부족 등 다양한 군수지연요인을 포함한 통합적

인 ALDT 모델을 구축하고, 다양한 정비보급 네트워크 환경에서의 영향성을 비교 분석할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] Jin Chol Ju, Mu Kyung Seo, Yun Kyung Park, Jong Rae Park, 'Decision Tree Method for Administrative & Logistics Delay Time (ALDT),' in proceedings of the 2009 Korean Society for Quality Management Spring Conference, April 2009, pp. 118-123.
- [2] Joon-Hyung Jun & Kyoung-Hwan Hwang, 'Study on ALDT Optimal Setting Considering Retention Level of Repair Items,' Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, VOL. 21, NO. 3 2020, pp. 269-275.
- [3] Department of Defense, DoD Requirements for a Logistics Support Analysis Record, Appendix E, 1991.
- [4] Department of Defense, Electronic Reliability Design Handbook, 1988.
- [5] Department of Defense, Definitions of Terms for Reliability and Maintainability, 1981.
- [6] Department of Defense, Test & Evaluation of System Reliability Availability and Maintainability, 1982.
- [7] Benjamin S. Blanchard, Logistics Engineering and Management (6th ed.), 2026.
- [8] Republic of Korea Ministry of National Defense, RAM Guide Book, 2018.
- [9] Republic of Korea Ministry of National Defense, Product Support Analysis Manual, 2021.