

정비대체장비(M/F) 소요산출 방법비교 및 검증방안 연구

이학재[†] · 김재황 · 정재우 · 서무경 · 권기상

LIG넥스원

Comparison and Validation Plan for the Calculation Method of Required Maintenance Float (M/F)

Hak-Jae Lee[†] · Jae-Hwang Kim · Jae-Woo Jung · Mu-Kyung Seo · Ki-Sang Kwon

LIG Nex1

Purpose: In this paper, we propose calculation methods of Maintenance Float (M/F). Results of each method are compared and verified by using commercial tool (OPUS Suite). As modern weapon systems become more expensive, we need to find the most economical and efficient method to achieve the target operational availability (Ao).

Methods: Three kinds of methods (Considering the number of CSP, Applying the Poisson distribution, and Applying M&S Tool) are used to find the number of M/F. Three methods (Considering the number of CSP, Applying the Poisson distribution, and Applying M&S Tool) were used to estimate the required number of M/F. The analysis results were verified by SIMLOX. The cost of equipment calculated by each analysis method was compared and the cause of the difference was analyzed.

Conclusion: Ao and cost must be considered to find the optimal number of M/F. In general, it costs more to increase availability. But the cost is not necessarily proportional to Ao. Therefore, it is better to compare the calculation method and determine the final MF quantity.

Keywords: Maintenance Float(M/F), Poisson distribution, Concurrent Spare Parts(CSP), OPUS Suite

1. 서론

현대 과학기술이 매우 빠르게 발전하면서 그에 따라 최근 개발되는 무기체계도 최첨단 기술이 적용되는 장비들로 거듭나고 있다. 이로 인해 복잡도가 증가하면서 무기체계의 수명주기에 부담으로 작용하고 있다. 즉, 무기체계의 수명주기 내 유지비용 증가 및

목표 운용가용도 저하와 같은 문제들이 새롭게 발생하였다. 이러한 현상은 돌발적으로 발생하는 소요를 증가시키는 비가동 시간 및 예비 수량의 민감도를 크게 증가시키는 원인으로 나타나고 있다. 현대 무기체계 획득비용이 점증하는 추세이며, 이에 따라 다량의 무기를 확보하는 방법보다 현재 보유한 무체계의 목표 운용가용도를 달성하여 수명주기비용을 감소시키

[†] 교신저자 hakjae.lee@lignex1.com

2018년 4월 26일 접수, 2018년 6월 12일 수정본 접수, 2018년 6월 13일 게재 확정.

는 것이 보다 더 경제성과 효율성 측면에서 우수하다 [1-2]. 이 목표 운용가용도의 달성은 실제수리시간행정 및 군수지원시간을 최소화하고 수리부속 및 예비품 등의 보유량을 늘리는 것과 밀접한 연관이 있다. 이 때, 최적의 정비대체장비(M/F: Maintenance Float) 소요를 산출하여 적정 재고 수량을 보유하면 목표 운용가용도 달성 뿐만 아니라 수명주기비용도 감소시키는 효과를 가져 올 수 있다. 여기서 M/F란, 정비지원시설에서 즉각적인 수리가 불가능하거나, 정비가 중단된 정비 대상장비를 장기간 운영하지 못함으로써, 임무수행에 지장을 초래하는 것을 방지하기 위하여 정비대체품목을 정비지원시설에 저장토록 인가한 완성장비 또는 장비 구성품을 말한다[3]. M/F 운영은 정비부대에 입고 가능성이 높은 주요장비 및 구성품에 대해 입고/정비기간 공백을 M/F로 지원하여 전력 공백을 방지하는데 목적이 있다[4]. 지금까지의 M/F 산출 방법은 운영장비인가량, 가동률 및 비가동률만 적용하여 소요량을 산출했기 때문에 상대적으로 낮은 정확성을 보이고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 전환보급 제도를 활용한 보급체계 개선[5]이나 재고수준을 고려한 연구[6] 등이 있지만 무기체계 특성과 각 군별 특성이 상이하여 M/F 선정을 위한 공통 방안을 마련하기는 어렵다. 이에 따라, 다양한 M/F 선정 방법에 따른 운용가용도 및 예비 수량 변화를 비교 분석 할 수 있는 방안이 요구된다.

본 논문에서 제안하는 M/F 소요산출 모델은 ① CSP(동시조달 수리부속) 확보 수량을 고려한 산출, ② 포아송 분포 적용, ③ 상용 M&S 프로그램을 적용한 M/F 최적 재고 수량을 제시한다. 또한, 제안하는 소요산출 모델을 적용하여 최소 수리 및 군수지원시간을 달성하는 M/F 소요량 산출 결과를 ④ 상용 M&S 프로그램으로 최종 검증하여 무기체계의 목표 운용가용도 충족 및 예산 절감을 달성하고자 한다.

2. M/F 소요산출 방법

2.1 일반적인 M/F 대상선정 및 소요산출 방법

2.1.1 CSP 수량을 고려하지 않은 M/F 산출 방법

CSP 수량을 고려하지 않은 M/F 대상선정은 1) 임무수행 중요도(긴요도), 2) 현 보유량 및 보급, 3) 장비 인가 수량, 4) 정비능력을 고려하여 선정한다. 정비부

대 내 수리부속 부족, 초과 작업량 발생, 과다 정비 소요 등으로 적정 정비기간 내에 수리 후 반환이 불가능 시, 우선 확보된 M/F를 1:1로 교환 불출한다. M/F 장비로 교환된 입고장비는 정비 완료 후 M/F로 재확보된다. 단, 장비 특성에 따라 입고장비의 정비가 완료되면 소속부대로 회송시키는 동시에, 기 대여된 M/F를 정비시설로 재회수 할 수 있다. 그리고 이 M/F는 야전 및 창 정비부대에서 운용이 가능하다[1, 4].

CSP 수량을 고려하지 않고 M/F의 소요를 산출하는 방법은 운용장비 인가량과 장비 가동률을 바탕으로 소요량을 결정한다. 만약, 신규 배치 장비의 경우에는 유사장비의 M/F 인가기준을 적용한다. CSP 수량을 고려하지 않은 M/F 소요량 결정 계산식은 아래와 같다.

$$\text{소요량} = \text{운영장비인가량} \times \frac{\text{비가동률}}{\text{가동률}} \quad (1)$$

식 (1)을 보면, 연간 비가동일수가 가동 일수와 동일할 경우, 장비고장 정도 및 정비기간과는 상관없이 동일한 소요량이 산출되며, 고장 발생 시 체계운용 및 안전에 심각한 영향을 끼치는 품목에 대한 식별 어렵다. 신규 배치 장비의 경우, 유사장비의 M/F 수량을 반영하여 임무 및 기술 등의 차이를 식별할 수 없으므로 M/F 수량 결정 시 적중도가 낮아질 수 있다 따라서 본 논문의 기반이 되는 사업에서는 제2.1.2절과 같이 CSP 수량을 고려하여 M/F 소요의 정확성을 높이고자 한다.

2.1.2 CSP 수량을 고려한 M/F 산출 방법

CSP란, 초기 일정기간 동안 재보급 없이 무기체계에 주어진 운용임무를 수행하기 위해 필요한 필수소요 수리부속품을 말하며, 무기체계의 효율적인 유지 및 정비관리 도모를 위하여 초도 및 후속 보급되는 무기체계와 동시에 조달된다. 하지만 CSP를 보급하더라도 정비기간 소요로 인해 해당 무기체계의 공백이 생기므로, M/F를 적정 수량 운용하는 것이 전력 공백을 막기 위한 최적의 방안이 될 수 있다. 즉, 주장비 배치 수량이 많은 장비는 적정 M/F 수량을 확보하여야 고장정비 발생 시 적시에 교체하여 전력 공백을 막을 수 있다. 또한, 성능 개선 및 창정비 계획에 의해 장기간 정비를 하기 위해서는 적정 수량의 M/F가 필요하다. 따라서, 주요 구성품에 대한 M/F 확보는 완성장비 확보가 제한되는 현실적(경제적) 상황을 고려하고 과다 정비기간에 대비하여 전력 공백을 막을 수 있는 최선의 방법이다[3].

CSP 수량을 고려하여 M/F를 선정하기 위해서 먼저, 분석 범위 및 분석 대상을 선정하였다. 분석 범위는 고장정비 발생 시 운용유지 대체장비 소요로 범위를 제한하였고, 분석 대상은 장치(Equipment) 단위로 적용하였다. 또한, 관급품의 경우는 M/F 선정기준에서 제외하였다.

CSP 수량을 고려한 M/F 소요량을 산출하기 위해서는 대상품목에 대한 연간정비횟수, 평균복구소요일 및 평균복구소요일 적용비율을 고려하여야 한다. CSP 확보 여부를 고려한 M/F 소요량 산출은 식 (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{소요량} &= \text{연간정비횟수} & (2) \\ &\times \sum (\text{평균 복구소요일 적용비율} \\ &\times \frac{\text{평균 복구소요일}}{365\text{일}}) \end{aligned}$$

연간정비횟수의 계산식은 다음과 같다

$$\begin{aligned} \text{연간정비횟수} &= \text{장비배치대수} & (3) \\ &\times \frac{\text{연간운용시간}(t)}{\text{MTBF}} \end{aligned}$$

Table 1 The average recovery requirements dates

Classification	Field	Heavy	Depot
Securement	3days	5days	30days
Unsecurement	10days	10days	30days

Table 2 The calculated object of the applicable rate of the average recovery dates

Classification	Failure Rate	Stock Allocation	Type
Equip. A	1,000	-	
CCA & mod. B	500	Securement	Field
CCA & mod. C	100	Unsecurement	Field
CCA & mod. D	200	Securement	Heavy
CCA & mod. E	100	Securement	Heavy
CCA & mod. F	100	Unsecurement	Depot

Table 3 The applicable rate of the average recovery dates required

Classification	Field	Heavy	Depot
Securement	500÷1,000 = 0.5	(200+100)÷1,000 = 0.3	0
Unsecurement	100÷1,000 = 0.1	0	100÷1,000 = 0.1

평균복구소요일은 소요군에서 제시한 자료 기준이며 <Table 1>과 같다.

평균복구소요일 적용 비율은 1) 정비계단별 고장률 비율, 2) CSP 확보 여부를 고려하였다. 즉, <Table 2>와 같이 A장치가 CCA 및 모듈 B~F로 구성되어 있으며, 연간운용시간(t)은 6,300시간, 배치대수는 2대, MTBF는 1,000시간이고, 평균복구소요일 적용 비율은 <Table 3>과 같다.

식 (4)에 의해 장치 A의 소요량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{연간정비횟수} &= \text{장비배치대수} & (4) \\ &\times \frac{\text{연간운용시간}(t)}{\text{MTBF}} \\ &= 2\text{대} \times (6,300\text{시간}/1,000\text{시간}) \\ &= 12.6\text{회} \\ \text{Unit A 소요량} &= 12.6\text{회} \times [(0.5 \times 3\text{일}/365\text{일}) \\ &\quad + (0.1 \times 10\text{일}/365\text{일}) \\ &\quad + (0.3 \times 5\text{일}/365\text{일}) \\ &\quad + (0.1 \times 30\text{일}/365\text{일})] \\ &= 0.24\text{대} \end{aligned}$$

최종 M/F 소요 산출 결과는 소요량 기준으로 0.5개 이상인 품목을 M/F 대상으로 추천한다. 그리고 0.5개 미만인 품목 중 임무필수품목은 M/F 소요 산출 대상에 포함한다. 다시 말해서, 식 (4)의 결과에서 Equip. A가 0.5 미만의 소요량을 나타내더라도 임무필수품목일 경우, Equip. A의 최종 소요량은 1대를 할당하며, 임무필수품목이 아닐 경우라면 최종 소요량은 할당하지 않는다. 위의 산출 결과는 방사청 및 소요군 검토 협의체에서 타당한 것으로 판단되었다.

2.2 포아송 분포를 적용한 M/F 소요산출 방법

2.2.1 포아송 분포 정의 및 설명

포아송 분포란, 주어진 시간 또는 영역에서 어떤 사건의 발생횟수에 대한 확률모형이다. 만약 어떤 품목이 t시간 동안 운용될 경우 n번의 고장이 발생할 확률은 다음의 포아송 분포로 나타낼 수 있다[7].

$$f(n) = \frac{(k\lambda t)^n e^{(-k\lambda t)}}{n!} \quad (5)$$

$f(n)$ = 해당품목이 t 시간 동안 n 번 고장 발생 확률

λ = 장치의 단위고장율 = $10^6 / MTBF$

(Mean Time Between Failure, 평균고장시간)

k = 시스템 내의 해당품목 사용 수량

t = 장치 운용시간

$k\lambda t$ = 고장횟수(정비횟수)

식 (5)에서 나타난 바와 같이, $f(n)$ 은 무기체계 내에서 해당품목이 운용시간(t) 동안에 n 회 고장 발생 확률을 나타내며, 해당품목을 n 개의 M/F로 확보하고 있을 경우 고장 발생 확률을 낮출 수 있다. 즉, 포아송 분포 방정식 $f(n)$ 은 n 개의 M/F 확보 시 M/F의 가용할 확률 즉, 안전수준으로 표현할 수 있다 따라서, M/F의 수량 결정 시 예비수량이 전량 소진될 상황을 방지할 방안으로 포아송 분포를 적용할 수 있다

2.2.2 포아송 분포 적용 수식

포아송 분포를 적용하여 유도한 M/F 수량 결정식은 식 (6)과 같다[7]. 식 (6)을 보면, 적정 M/F 수량을 결정하는 것은 M/F가 필요한 상황에서 M/F가 가용할 확률(안전수준), 해당 품목의 신뢰성, 무기체계에 적용된 해당 품목의 수량 등에 대한 함수이다

식 (6)을 이용해서 M/F의 가용할 확률(안전수준, P)를 만족하는 최소 M/F의 수량(S)으로 결정한다. 이것은 해당 품목을 필요 시 보유해야 할 확률이다. 다시 말해서,

P가 90% 라는 것은 고장난 품목에 대하여 M/F를 여유분으로 보유하고 있을 확률이 90%임을 나타낸다.

$$P = \sum_{n=0}^{n=S} \left[\frac{R(-\ln R)^n}{n!} \right] = \sum_{n=0}^{n=S} \left[\frac{e^{(-k\lambda t)} (-\ln e^{(-k\lambda t)})^n}{n!} \right] \quad (6)$$

$$= \frac{e^{(-k\lambda t)} \text{tiems}(k\lambda t)^0}{0!} + \frac{e^{(-k\lambda t)} \times (k\lambda t)^1}{1!}$$

$$+ \frac{e^{(-k\lambda t)} \times (k\lambda t)^2}{2!} + \dots + \frac{e^{(-k\lambda t)} \times (k\lambda t)^S}{S!}$$

P = 정비대체장비의 가용할 확률(안전수준)

S = 재고로 가지고 있어야 하는 정비대체장비 수량

S = 재고로 가지고 있어야 하는 정비대체장비 수량

R = 정비대체장비 신뢰도; $R = e^{(-k\lambda t)}$

λ = 정비대체장비 단위 고장율 = $10^6 / MTBF$

(Mean Time Between Failure, 평균고장시간)

k = 시스템 내의 정비대체장비 사용 수량

t = 정비대체장비 운용시간

$kt/MTBF$ = 정비대체장비 고장횟수(정비횟수)

2.3 상용 M&S 틀을 적용한 M/F 산출 방법

2.3.1 상용 M&S 틀(OPUS10) 활용

현재 국내 종합군수지원 업무를 보면 RAM 업무 수준은 상당히 성숙되었으며 방사청에서 권장하는 M&S 프로그램을 적용하여 분석(비교/검증) 업무를 수행하고 있다. 그러나 RAM 분석 결과를 기초로 분석/개발하는 LSA 및 ILS 요소개발 분야는 시나리오

Table 4 OPUS10 main parameter & characteristic

Table	Parameter	Characteristic
Item	[PRICE]	Equipment price.
	[FRT]	Failure rate.
	[TYPE]	LRU, SRU Item maintenance Type.
ItemStructure	[QTYPM]	Higher Item or system per Item quantity.
Station	[QTY]	Quantity or total number of stations represented by STID.
	[TYPE]	The possibility to define storage and repair tasks for items at a station.
Station Structure	[TFRMS]	Transport an item down from the mother station, in time.
	[TTOMS]	Transport a faulty item up to the mother station, in time.
System	[QTYPS]	No. of systems per station.
Deployment	[UTILF]	The utilization factor describes the average ration between operational time and calendar time.
SystemRepair /ItemRepair	[DIRPT]	The turnaround time(TAT), in hours by default(per repair action that does not require subitem replacement).
ItemReorder	[LEADT]	The time from a reorder decision to the corresponding delivery.

바탕의 분석/검증 수행이 미흡한 상황이다. 이에 따라, 최근 방사청 및 각 군 본부는 각종 M&S 프로그램 사용을 권장하고 있다. 또한, 수출 시 다수의 국가에서 신뢰성 있는 분석 자료를 요구하면서, 상용 M&S 프로그램을 이용한 분석에 대한 요구가 높아지고 있다. 이에 본 논문에서는 현재 국내에 도입되어 사용 중인 M&S 프로그램을 선정하여 보급지원 분야에 대한 분석/검증을 수행하였으며, 그 결과로 적정 M/F 소요를 산출하였다. 본 논문에서 활용한 OPUS10은 비용대비 효과(가용도) 측면에서 시스템의 하드웨어적 구조, 고장률, 가격과 보급 및 정비 개념 등을 적용하여 최적의 수리부속을 산출하는 시뮬레이션 툴이다. 또한, 보급 및 운송방안 별로 Cost/Effectiveness(C/E) Curve를 비교하여 지원조직에 대한 대안 평가도 가능하다. 상용 M&S 프로그램 중 OPUS10에 대한 주요 파라미터 및 설명은 <Table 4>와 같다.

2.3.2 M/F 선정기준 및 소요산출 방법

상용 M&S 프로그램 활용을 위한 M/F 선정은 장치(Equip.) 및 조립체(Assembly)를 대상으로 하였으며, 관급품은 제외하였다. M/F 대상 범위는 고장정비 발생 시 운용유지에 필요한 대체장비 소요만 고려하였다.

상용 M&S 프로그램을 사용하여 본 논문의 M/F 소요 산출은 다음의 내용을 전제 및 가정하여 산출한다. 1) 무기체계 정비는 고장 발생 부품을 수리교환하는 것이 기본이다. 2) 지원조직은 재고량 및 정비시설이 구체적으로 확인되어야 한다. 3) 수송 시설에 의해서 연결되어야 한다. 4) 상위 보급체계 및 정비체계일 수록 높은 정비수준을 보유하므로 하위품목을 정비한다. 5) 하위품목 보급위치는 상위품목 수리위치 보다 상위에 있어야 한다.

위의 가정을 바탕으로 정비정책(정비개념), 정비시설 위치 및 M/F 재고 수준에 대한 데이터를 직접 입력

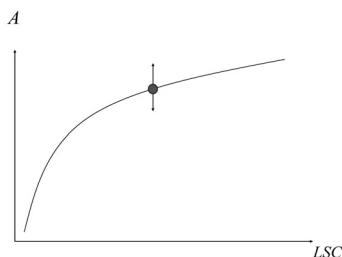


Fig. 1 OPUS10 cost/effectiveness curve

한다. 그 후, 각각의 부품 또는 부품 그룹에 대한 정비/보급정책 모델을 시뮬레이션하여 수리부속에 대한 최적의 수량을 산출한다. <Fig. 1>은 비용에 따른 최적의 수리부속량을 Curve로 나타낸 것이다.

2.4 상용 M&S 툴을 활용한 M/F 검증 방법

2.4.1 상용 M&S 툴(SIMLOX) 활용

SIMLOX는 실제 상황을 시나리오 형태로 모델링하여 시뮬레이션 할 수 있도록 한 툴이다. 다양한 시나리오 별 모델을 제시하고 각 모델에 대한 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있다. 따라서, SIMLOX를 통해서 효율적인 운용 방안, 초기 수리부속 소요, 수리부속 재고관리 및 재배치 운용과 관련된 한 내용을 해석 및 검증 할 수 있다. 상용 M&S 프로그램인 SIMLOX의 주요 파라미터 및 설명은 <Table 5>와 같다.

<Table 5>의 SIMLOX 주요 파라미터 및 특징에서 Mission Type 테이블과 Operation Profile은 분석 장치의 운용 시나리오를 입력하는 파라미터이다.

정비 정책, 정비시설의 위치, 장치 운용시나리오 등을 정의하고, 각각의 M/F 산출 방안의 결과를 직접 입력한 후 시뮬레이션 한다. 그러면 각각의 방법으로 M/F 수량이 반영된 장치 운용가용도가 분석이 되고 그 결과는 <Fig. 2>와 같은 형태로 나타난다.

Table 5 SIMLOX main parameter & characteristic

Table	Parameter	Characteristic
Control	[NREP]	Number of Replications.
	[SIMPE]	Simulation Period.
	[RSEED]	Random Seed.
	[APID]	Allocation Point Identifier.
Mission Type	[MTID]	Mission Type Identifier.
	[NOS]	Nominal Number of Systems.
	[MNOS]	Minimum number of systems.
	[DURN]	Mission Duration.
Operation Profile	[PRID]	Profile Identifier.
	[SPRID]	Subprofile Identifier.
	[STIM]	Start Time.
	[ITYPE]	Initiation Type.
	[IQTY]	Initiation Quantity.
	[IPER]	Initiation Period.

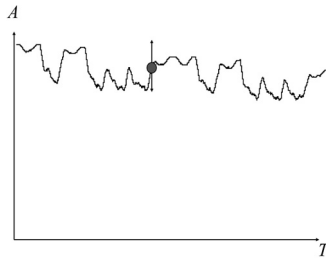


Fig. 2 SIMLOX time/effectiveness curve

2.4.2 M/F 소요산출 결과 검증 방법

본 논문에서는 3가지 M/F 산출 방법을 통해 나온 결과를 SIMLOX를 통해 검증하고자 한다. 동일한 운용 방안을 적용하였을 때 CSP 수량을 고려한 M/F 소요량 산출, 포아송 분포를 활용한 M/F 소요량 산출, OPUS10을 활용한 M/F 소요량 산출 결과를 SIMLOX를 통해서 검증한다.

3. M/F 소요산출 결과 분석

M/F 재고 소요는 3가지(CSP 확보 수량을 고려한 산출, 포아송 분포 적용 및 M&S 프로그램(OPUS10) 활용) 방안을 적용하여 산출하였다. 이를 위해 본 논문에 적용한 사업의 정보탐지 및 신호 시스템을 대상품목

으로 선정하고, 목표 운용가용도는 80%로 가정하였다. 또한, 예방정비시간, 보수정비시간, 행정/군수지원 시간은 본 논문에 적용한 사업에서 수행한 OMS/MP(운용형태요약 및 임무유형) 결과를 적용하였다.

M/F 소요산출 대상은 주요 구성품으로 선정된 정보탐지 및 신호 시스템 하위의 장치 A~D만 선정하여 산출하였으며, 상용 M&S 프로그램 활용 방법은 장치 A~M 전체를 분석하였다. 그 이유는, 상용 M&S 프로그램에서 장치 A~D만 특정하여 분석할 경우, 분석 대상 장치 수가 상대적으로 적어 무의미한 결과가 산출되기 때문이다. 장치 A~D의 특성은 <Table 6>과 같다.

3.1 CSP 수량을 고려한 M/F 및 운용가용도 산출

3.1.1 CSP 수량에 따른 M/F 산출결과

CSP 확보 여부를 고려한 M/F 산출은 장치 A~D 하부 구성품에 대해 식(4)에 의해 연간정비횟수, 평균복구소요일 적용비율 및 평균복구소요일을 고려하여 산출하였으며, 최종 분석결과 장치 A와 장치 B는 각각 1대, 장치 C는 2대, 장치 D는 소요가 없는 것으로 산출되었다. 특히, 장치 A는 소요량 기준으로 0.5개 이하이지만 임무필수품목(정보탐지 및 신호수신을 위한 가장 핵심인 안테나 관련 품목)으로 판단되어 소요량으로 반영하였다. 상세 소요량 산출 결과는 <Table 7>과 같다.

Table 6 Equip. A~D characteristic

Classification	Equip. A	Equip. B	Equip. C	Equip. D
Failure rate(λ)	148.11	197.99	452.95	74.07
MTBF (hours)	6,751.90	5,050.79	2,207.74	13,500.21
Item quantity per system	1			
operating time per year(t)	6,362.75			
number of maintenance per year	0.94	1.26	2.88	0.47
number of systems per station	"48"			

※ Failure rate(λ) 및 MTBF는 소숫점 셋째자리에서 반올림한 값임.

Table 7 The output of M/F requirements considering the CSP secured

Item	SMR	Recommended Amount	Amount of M/F					Note
			Sum	P Station	Q Station	R Station	S Station	
Equip. A	XDOFD	1	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	essential item
Equip. B	PAFFD	1	0.6	0.2	0.2	0.1	0.1	-
Equip. C	PAFFD	2	1.2	0.5	0.4	0.2	0.1	-
Equip. D	XDOFD	0	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	Under the amount criteria (0.5)

3.1.2 시스템 운용가용도 산출 결과

정보탐지 및 신호 시스템의 운용가용도를 산출하기 위해서 <Table 8>의 정보탐지 및 신호 시스템의 정비업무분석 결과를 적용한다. 그리고 그 결과는 <Table 9>와 같다.

이하로 고장이 발생 할 가능성은 75.69%이고, 2대 이하로 고장 발생 할 가능성이 93% 임을 의미한다. 그리고 안전수준 90% 이상을 확보하기 위해 M/F로 장치 A는 2대가 필요한 것으로 나타났다. 같은 방법으로 분석하면 B는 3대, C는 5대, D는 1대 필요하다.

3.2 포아송 분포를 활용한 M/F 산출

3.2.1 장치별 포아송 분포 적용결과

안전수준(P) 별로 확보해야하는 장치 재고 수량(S)은 <Table 10>과 같다. 장치 A의 운용시간 동안에 1대

3.2.2 시스템 운용가용도 산출결과

정보탐지 및 신호 시스템의 운용가용도 산출 시 장치 A~D에 대한 고장률 적용은 다음 식(7)과 같다. 이는 안전수준을 초과하는 확률만큼을 장치 고장률에서 제거함을 의미한다.

Table 8 Maintenance task analysis

Classification	Maintenance Hour
Line MTTR(Mean Time To Repair)	0.65[HR]
Shop MTTR(Mean Time To Repair)	0.34[HR]
Line TCM(Total Corrective Maintenance Time)	10.97[HR]
Shop TCM(Total Corrective Maintenance Time)	195.86[HR]
Line TPM(Total Preventive Maintenance Time)	4.00[HR]
Shop TPM(Total Preventive Maintenance Time)	124.50[HR]

Table 9 Operational availability

Classification	Equipment	
OT+ST(Operation Time+Standby Time)	7,704.67[HR]	
TCM(Total Corrective Maintenance Time)	206.83[HR]	
TPM(Total Preventive Maintenance Time)	128.50[HR]	
TALDT(Total Administrative & Logistics Delay Time)	720.00[HR]	
Amount of M/F	Equip. A	1
	Equip. B	1
	Equip. C	2
	Equip. D	0
Ao(Operational Availability)	81.9%	
Cost(KRW)	189,418 thousand	

Table 10 Equip. A per safety stock

Variable	Equip. A		Equip. B			Equip. C			Equip. D	
λ	148.11		197.99			452.95			74.07	
MTBF(hours)	6,751.90		5,050.79			2,207.74			13,500.21	
k	1		1			1			1	
t	6,362.75		6,362.75			6,362.75			6,362.75	
kt/MTBF(No. of maintenance)	0.94		1.26			2.88			0.47	
S	1	2	1	2	3	3	4	5	0	1
P(Cumulative probability value(%))	75.69	93.00	64.11	86.63	96.08	67.36	83.47	92.75	62.42	91.84

$$\begin{aligned} & \text{안전수준 } 00\% \text{ 일 때의 장치 고장률} & (7) \\ & = \text{장치 고장률} \times (1 - (\text{안전수준 } 00\% / 100)) \end{aligned}$$

실제 고장에 대한 행정/군수지연시간 또한 반영이 필요하므로 감소한 고장률에 대한 업무빈도에 야전정비부대에서 운용부대로 이동하는 시간(왕복 5시간)을 포함하여 운용가용도를 산출하였다. 안전수준별로 장치 A~D 재고 확보 수량 및 정보탐지 및 신호 시스템의 운용가용도는 <Table 11>에서 확인할 수 있다. 이 결과를 바탕으로 80% 이상의 목표 운용가용도 및 90%의 안전수준을 만족하는 M/F 수량을 선택할 것인지, 아니면 목표 운용가용도 80% 이상을 만족하는 최소의 M/F 수량을 선택할 것인지 사업적 판단이 필요하다.

본 논문은 수명주기비용 최소화가 목적이므로 80% 이상의 목표 운용가용도를 만족하는 최소 M/F 수량을 선택하였다. 즉, 수명주기비용 최소로 설정하기 위해서는 장치 A는 1대, 장치 B는 2대, 장치 C는 4대, 장치 D는 1대의 M/F가 필요한 것으로 산출되었다.

3.3 상용 M&S 틀(OPUS10)을 활용한 M/F 산출결과

정보탐지 및 신호 시스템의 M/F 소요와 이것과 연관되는 운용가용도 및 산출된 비용(상용 M&S 틀에서 장치 A~D만 선정하여 산출하는 것이 의미가 없으므로 13개(A~M) 장치 모두를 분석)은 <Fig. 3> 및 <Table 12>와 같다.

Table 11 The stock of equip. A~D and operational availability by safety level

Classification		Safety Level			
		90%	80%	70%	60%
Amount of M/F	Equip. A	2	2	1	1
	Equip. B	3	2	2	1
	Equip. C	5	4	4	3
	Equip. D	1	1	1	0
Ao(Operational Availability)		81.8%	81.1%	80.5%	79.8%
Cost(KRW)		477,536 thousand	388,836 thousand	358,433 thousand	259,733 thousand

Table 12 Amount of M/F, operational availability, and cost

Classification		Amount of M/F			
		Outcome 1	Outcome 2	Outcome 3	Outcome 4
Amount of M/F	Equip. A	1	0	0	0
	Equip. B	1	1	1	1
	Equip. C	1	1	0	0
	Equip. D	1	1	1	1
	Equip. E	1	1	1	1
	Equip. F	1	1	1	0
	Equip. G	1	1	1	1
	Equip. H	1	1	1	1
	Equip. I	0	0	0	0
	Equip. J	0	0	0	0
	Equip. K	0	0	0	0
	Equip. L	1	1	1	1
	Equip. M	0	0	0	0
Ao(Operational Availability)		87.68%	86.61%	83.53%	79.40%
Cost(KRW) (Equip. A~M)		379,157 thousand	348,753 thousand	278,438 thousand	186,016 thousand

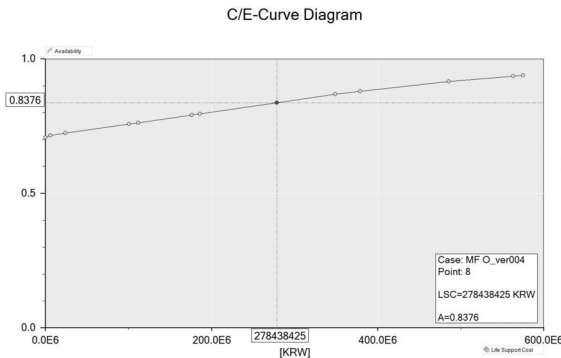


Fig. 3 The process of availability contrasted with cost by using M&S program

4. 상용 M&S 틀(SIMLOX)를 활용한 M/F 산출결과 검증

M/F 최적 재고 소요산출 결과 분석을 종합하여 SIMLOX로 검증한 결과는 <Fig. 4> 및 <Fig. 5>과 같다. 3가지 방법을 적용하여 산출한 M/F 소요를 SIMLOX 틀 통하여 검증한 결과, <Table 13>처럼 운용가용도는 상용 M&S 프로그램을 사용한 산출 방법만 목표 운용가용도 80% 이상을 만족하였다.

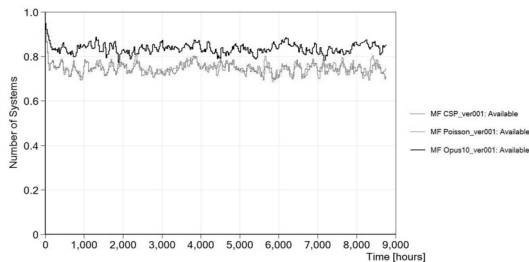


Fig. 4 The process of availability contrasted with cost by using M&S program

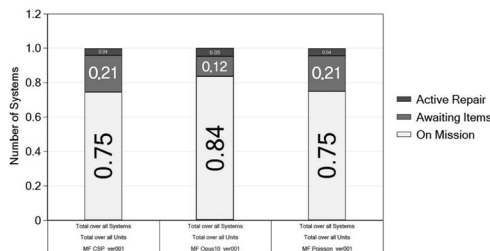


Fig. 5 The process of availability contrasted with cost by using M&S program

Table 13 Analysis summary

Classification	Target Ao	Ao	SIMLOX Ao	Cost (KRW)
CSP Consideration	80% or more	81.9%	75%	189,418 thousand
Poisson distribution		80.5%	75%	358,433 thousand
Commercial M&S program		83.53%	84%	278,438 thousand

<Table 13>에 3번째 열과 4번째 열을 비교해 보면, 포아송 분포를 활용한 산출법과 CSP를 활용한 산출법에 대하여 각각의 분석 방법으로 산출한 가용도보다 SIMLOX로 검증한 운용가용도가 각각 81.9%에서 75%로, 80.5%에서 75%로 낮아졌다.

그 이유는 포아송 분포를 활용한 산출법과 CSP를 활용한 산출법에서는 주요 구성품인 장치A~D만을 대상으로 M/F를 선정하였다. 하지만 SIMLOX에서는 그 외의 장치(E~M)에서도 M/F가 필요하다고 분석하였고, 장치E~F가 M/F로 선정되지 않으면 가용도가 떨어지므로 위와 같은 결과가 나타났다.

그리고 <Table 13>에 4번째 열과 5번째 열을 함께 보면, 위에서 제시한 3가지 방법 중 포아송 분포를 활용한 산출결과는 CSP를 활용한 산출결과에 비해 훨씬 많은 비용(약 1억 6천9백만 원)이 요구되지만 SIMLOX 검증 결과 운용가용도는 동일하였다. 그 이유는 포아송 분포를 활용한 결과에서 장치B와 C의 M/F 수량이 필요 이상으로 선정되어 운용가용도는 올리지 못하고 비용만 올라가는 상황이 발생하였다. 다시 말해, 포아송 분포를 활용한 산출결과에서는 장치B와 C가 각각 여러 개가 선정되어도, 1개만 산출된 CSP를 고려한 산출방법과 가용도의 차이가 크지 않았다. 따라서, 예산과 목표 운용가용도 간의 관계를 고려할 때 비용 상승이 운용가용도 상승에 비례하지 않음을 확인하였으므로, 목표 운용가용도를 달성할 수 있는 적정M/F 수량을 검증하는 과정이 반드시 필요하다.

5. 결론

본 연구에서는 M/F의 최적 소요 산출을 위해 CSP 확보 수량을 고려한 산출방법, 포아송 분포를 적용한 산출방법, 상용 M&S 프로그램을 적용한 산출방법을

살펴보았다. 특히, 이 3가지 방법이 무기체계의 운용 가용도 및 예비 수량에 얼마나 영향을 미치는지 비교 분석하였으며, 최종적으로는 CSP 확보 수량을 고려한 산출방법이 목표 운용가용도 80% 이상을 만족할 수 있는 가장 적절한 M/F 수량 산출방법임을 확인하였다. 이 결과는 최적의 M/F 수량을 산출하는 근거로 활용이 가능하다. 또한, 시뮬레이션 툴(SIMLOX)을 적용한 M/F 산출결과 검증은 OMS/MP를 반영하므로 보다 현실성 있는 적정 M/F 수량 검증이 가능하다. 즉, 다양한 방법으로 M/F를 산출하고 SIMLOX로 검증하게 되면 각 군별 특성과 무기체계 특성이 반영된 최적의 방법을 선택할 수 있을 것으로 예상된다.

추후 목표 운용가용도와 해당무기체계의 예산에 대한 Trade-off를 통한 M/F 소요량 재산출, 연간 장비 배치현황, 그리고 치명 품목과 임무필수품목의 고장률에 대한 가중치 적용 등을 고려하여 보완발전시켜 나아갈 것이다.

References

- [1] Lee, S. J. and Kim, S. W. (2007). "The Optimal Inventory Level of the Maintenance Float to Achieve a Target Operational Availability of Korean-Made Helicopter". Korean Management Science Review, Vol. 24, No. 2, pp. 81-93.
- [2] Security Management Institute (2014). "Efficient management plan of M/F". Seoul: Security Management Institute.
- [3] ROK Army Headquarters (2006). "Army Regulation 017 Army acquisition management regulation (Wartime · Peacetime)". ROK Army Headquarters, p. 319.
- [4] ROK Army Headquarters (2006). "Army Regulation 432 Equipment supplies maintenance regulation (Wartime · Peacetime)". Daejeon: ROK Army Headquarters p. 40.
- [5] Korean Operations Research And Mangement Society (2007). "The Optimal Inventory Level of the Maintenance Float to Achieve a Target Operational Availability of Korean-Made Helicopter".
- [6] Korean Operations Research And Mangement Society (2014). "The Impact of Aircraft Spare Engine and Module Inventory Level on Warfare Operational Availability".
- [7] Blanchard, B. S. (2004). "Logistics engineering and management". Prentice Hall, pp. 104-106.