

해군 함정 수리부속품 최적 재고량 분석 연구

김성우
해군본부

An Analysis on the Optimal Inventory Amount of Repair Part for the Republic of Korea Naval Warship

Sung-Woo Kim
Republic of Korea Navy Headquarters

요약 대한민국 해군 함정은 다양한 장비를 탑재하고 있으며, 특정 임무기간 동안 장비에 고장이 발생하면 함정에 보유한 수리부속품을 이용하여 함정 정비요원이 고장난 장비를 직접 수리하게 된다. 하지만 장비별 고장발생률, 정비시간 상이 등의 특성으로 인해 함정에서 특정임무기간 동안에 보유해야 될 수리부속품의 최적 재고량 판단은 어려운 문제이다. 이러한 사유로 함정에서는 수리부속품 부족에 따른 임무실패를 최소화하기 위해 가능한 보다 많은 수리부속을 확보하려고 노력할 수밖에 없고 이는 과다청구로 이어져 결과적으로 국방예산이 비효율적으로 집행되어진다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 흡수마코프 체인을 이용하여 수리부속품 최적 재고량 분석 모형을 개발하였다. 이 모형을 활용하면 특정임무기간 동안 함정에서 보유해야 할 각 장비별 최적의 수리부속품 재고량뿐만 아니라 수리부속품의 상태 및 함정 정비요원의 능력이 임무성공률에 미치는 영향 등을 분석 가능하다. 그리고 군의 의사결정권자가 본 연구의 분석된 자료를 활용한다면 각 함정의 수리부속품을 최적으로 할당 가능하여 함정의 전비태세 향상 및 효율적인 국방예산 사용에 기여할 수 있다는 점에서 본 연구의 의의가 있다.

Abstract The Republic of Korea Naval Warship is armed with various equipment. If a breakdown occurs in the equipment during a specific mission period, the ship maintenance personnel will repair the equipment using the repair parts possessed by the ship. On the other hand, it is difficult to determine the optimal inventory of repair parts to be stored in a naval warship during a specific mission period due to characteristics, such as the failure rate of each piece of equipment and the difference in maintenance time. For this reason, the ship tries to secure as many repair parts as possible to minimize mission failure due to a lack of repair parts, which leads to excessive claims for repair parts, resulting in inefficient execution of the defense budget. This study developed an optimal inventory of repair parts of an analysis model using the absorbing Markov chain to solve this problem. This model estimates the inventory of repair parts for each piece of equipment that the ship must possess during a specific mission period and analyzes the effects of the condition of the repair parts and the capabilities of ship maintenance personnel on the mission success rate. This study is meaningful because if a military decision-maker uses the analyzed data, they can allocate the optimal amount of repair parts to a naval warship and help improve the warship posture of the ship and the efficient use of the defense budget.

Keywords : Optimal Inventory, Repair Part, Naval Warship, Defense Budget, Absorbing Markov Chain

*Corresponding Author : Sung-Woo Kim(Republic of Korea Navy Headquarters)

email: navywoo@daum.net

Received March 3, 2021

Accepted July 2, 2021

Revised March 18, 2021

Published July 31, 2021

1. 서론

한국 해군 함정은 다양한 장비를 탑재하고 특정임무 수행을 위하여 동/서/남해 등에 위치한 함대 또는 기지에서 벗어나 별다른 정비 및 보급지원(정비, 수리부속 등) 없이 일정한 기간동안 해상에서 다양한 임무(경비, 훈련, 구조작전 등)를 수행하게 된다. 이러한 특성으로 인해 임무수행 중 특정장비에 고장이 발생하면 함정이 보유한 수리부속품을 이용하여 함정 승조원이 수리를 직접 실시하여야 하고, 수리부속품이 부족하거나 정비역력이 부족 등의 이유로 수리불가 시에는 동/서/남해 등의 기지에 정박하고 있는 대체함정이 투입되게 된다. 이러한 수리, 임무교체 등으로 임무수행이 제한 또는 불가능한 상황이 발생하게 되면 해당 기간 만큼 임무에 공백이 발생하고 이는 해상 경계의 실패로 이어져 대국민 신뢰도를 저하시키고 있는 실정이다.

한편, 해상에서 장비를 수리할 수 없을 정도의 심각한 고장의 경우에는 대체함정을 투입하고 항구로 복귀하여 수리를 하여야겠지만, 경미한 수리의 경우에는 항정에서 보유한 수리부속을 이용하여 정비를 하게 되는 데, 이때 함정 입장에서는 장비별 보유해야 될 최적 수리부속품 재고량에 대한 별다른 정량적인 분석없이 보다 많은 수리부속을 확보하여 최소한 임무기간 동안에 수리부속 부족에 의한 수리불가 상황을 최소화하려고 하는 실정이다. 이것은 수리부속의 과다청구로 이어져 국방예산을 낭비하게 되며 수많은 장비에 대하여 과도한 수리부속을 보유함에 따라 함 무게(톤수)의 증가로 인한 속력감소, 유류사용량 증가, 복원력 감소 등의 문제가 발생한다. 또한 함정은 공간의 제약으로 인해 수리부속품을 최적의 상태로 보관할 수 있는 항온·항습 등의 기능이 되는 제공되는 않는 일반창고에 수리부속품을 보관하여 파도 등에 의한 함정 요동, 해수에 의한 습기 등으로 수리부속이 제 성능을 발휘하지 않는 사례가 빈번히 발생한다. 이에 반해 육상 기지에는 수리부속을 최적의 상태로 유지 가능한 보관장소를 보유하고 있으며 함정이 정박 시에 부족한 수리부속을 보급할 수 있는 보급지원시설 역시 갖추고 있다.

한편, 함정은 특정한 임무를 수행할 수 있는 능력(기간)이 유류적재량, 주/부식적재량 등에 의해 결정되어 있으며 위와 같은 군수품이 부족할 시에는 기지에 복귀하여 군수품을 재보급을 받을 수 있는 체계로 유지된다.

이러한 특성을 고려한다면 특정임무 기간 중 임무수행을 보장할 수 있는 최적의 수리부속품 재고량을 산출하고 임무종료 시에 육상 기지에서 보관하고 있는 최적의

상태의 수리부속을 보급한다면 수리부속 과다청구 방지, 함 무게(톤수) 감소에 따른 유류절감 등의 국방예산의 효율적 사용은 물론 속력 및 복원력 증가에 따른 작전 수행 능력 향상에 기여할 수 있을 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 흡수마크프 체인을 활용하여 함정이 특정임무 기간 중 임무수행을 보장할 수 있는 최적의 수리부속량을 산출할 수 있는 모델을 제시하고자 한다.

우선, 수리부속량 산출과 관련된 기존 연구를 살펴보면 Yoon and Lee[1]는 대기행렬 모형을 활용하여 단계형분포의 수리시간을 갖는 육군 무기체계의 적정예비품 수 결정에 관한 연구를 하였다. Yoon and Kim[2]은 데이터마이닝을 활용하여 함정의 해군함정 수리부속 수요예측 모형을 제시하였다. 그리고 Kim and Kang[3]은 육군의 장비정비정보체계에 구축된 자료를 바탕으로 적정 재고보급수준에 관해 연구하였지만 본 연구와 같은 확률과정(고장률, 정비율, 장비고장률 등)이 아닌 정량적인 자료를 바탕으로 분석을 실시하였다. Kim et. al.[4]은 해군의 복구성 수리부속의 재고관리 모형을 바탕으로 계획정비, 재생율 등의 요소를 반영하여 기존에 연구된 5개 모델을 구성하여 비교분석하였지만, 확률과정과 수리부속의 불량률을 고려하지 않았다. 위에서 언급한 기존연구 이외에 군의 수리부속에 관련된 다양한 연구가 존재하지만, 본 연구와 같이 특정임무 기간 중 함정이 적재해야 될 최적의 수리부속량 산출하기 위해 고장 발생과 정비소요시간이 지수분포의 확률과정으로 발생하고 특정한 상태 즉, 재고가 부족하여 정비 불가능한 상태에 도달 시까지 소요되는 시간을 모형화하기에는 어려움이 있다.

한편, 본 연구와 같이 재고부족으로 인한 정비 불가능한 상태까지 소요되는 시간을 모형화하기 적합한 흡수마크프 체인을 국방분야에 활용한 연구는 적정 장비의 재고 수 부품수 소요 가용률 등을 분석하는 연구가 진행되었다. 손영수 등[5]은 고장률, 피격률, 수리률 등의 항공기 운용특성 변수를 고려하여 적정 운용대수를 산정하였다. 윤봉규 및 차건호[6]는 육군 항공 통신장비의 적정 예비품 수 결정에 대기행렬 및 흡수마크프 체인 개념을 적용하여 연구하였다. 김용[7]은 흡수마크프 체인을 활용하여 기계수리 문제의 M/F 판단에 대하여 연구하였다. 그리고 김성우 및 윤봉규[8]는 흡수마크프 체인을 활용하여 함정 근접무기체계의 효과도를 분석하였다. 그 외 흡수마크프 체인을 활용한 다수의 연구가 존재하지만, 특정 임무기간, 수리부속 제약 등을 고려한 각 장비의 적정 수리부속품의 재고량에 관한 연구는 미비함을 알 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 흡수마크프 체인을 활용하여 해

군함정 수리부속품 적정 소요량에 관하여 분석하였다.

본 연구는 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 해군 수리부속품 운용 특징 및 용어에 대하여 기술하고 3장에서는 최적 수리부속량 분석에 필요한 주요 이론을 정리한다. 4장에서는 임무수행을 보장할 수 있는 최적 수리부속량 산출을 위한 최적 수리부속량 분석 모델을 제시한다. 그리고 5장에서는 수치 실험 및 분석결과를 제시했다.

2. 해군 수리부속품 특성

해군 정비관리 규정에 따르면 수리부속품은 운용 장비의 수리 및 유지를 위하여 소요되는 부속으로, 장비의 기본 부분에 부가하여 그의 기본적인 사용범위와 목적을 확대 및 변경시킴 없이 사용되는 보충적인 품목으로 완제품을 수리, 정비하기 위하여 사용되는 부분품, 결합체 및 구성품으로 정의하고 있다. 따라서 본 연구에서는 수리부속품을 '함정 장비의 정비를 위해 소요되는 부속품'으로 정의한다.

한편, 함정은 타군에 비해 다품종의 장비를 탑재하고 있으며 이에 따라 다양한 수리 부속품을 보유하여야 하고, 함정에 장비탑재 공간, 승조원 거주 공간 등의 사유로 수리 부속품을 다량으로 적재하기에는 곤란하며 적재할 수 있는 최대한의 수리부속품을 적재했을 시는 함의 무게(톤수) 증가로 인해 함 속력 감소, 복원력 감소, 유류 사용량 증가로 함 작전수행능력 저하는 물론 유류비 증가로 예산을 낭비하게 된다. 또한 함정에 보유한 수리부속품은 함정의 운항 중 파도 등에 의해 발생하는 요동, 해상에서 임무 수행함에 따른 습기 문제 등으로 인해 적정 함온, 항습 기능이 있는 육상 수리부속품 저장소에 비해 수리부속품이 정비도 하기전에 고장이 나는 사례가 빈번하게 발생한다. 이러한 여러 가지 문제점이 있지만, 함정의 입장에서는 부여된 기간 중 작전 임무를 완벽하게 수행하기 위해 최대한 많은 수리부속품을 확보하려고 것이 사실이다. 이러한 사실로 인해 국방예산의 비효율적으로 사용하게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 의사결정자는 함정 임무기간 중 보유해야 할 적정 수리부속품을 산정하고 임무종료 후 정박기간에 양호한 수리부속품을 함정에 적재하는 것이 최선의 선택이 될 수 있다. 하지만, 함정에 탑재된 다종의 장비는 장비별로 고장율이 상이하고, 각 함정의 동일한 장비라고 하더라도 함의 특성(선령

등), 임무해역의 환경적 특성(파도, 바람 등) 등으로 고장 발생률, 해역별 작전임무 기간이 상이하여 최적의 수리부속품의 수량을 결정하기 상당히 어려운 현실이다. 이러한 분석의 어려움으로 인해 함정에서는 확실적인 요소를 고려하지 않고 월별 수리부속 소요량과 같은 정량적인 자료에 근거하여 수리부속을 청구하여 적재하고 수리부속의 소비 시 재청구하여 최대한 많은 양을 적재하는 등 체계적인 재고량 분석을 실시하지 않고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 연속시간 흡수마코프 체인을 활용하여 확률과정으로 고장과 정비행위등이 발생하는 수리부속품의 특성을 고려할 수 있는 분석모형을 개발하고, Matlab 2014a 분석도구를 이용하여 최적 재고량을 분석한다.

3. 연속시간 흡수마코프 체인

2장에서 설명한 바와 같이 특정 임무기간 중 각각의 장비에 대한 고장이 발생하고, 고장 발생 시 함에서 보유한 수리부속품을 이용하여 함 자체적으로 정비를 실시하며, 수리부속품에 대한 고장이 발생하는 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 연속시간 흡수마코프 체인 이론을 활용한다.

흡수마코프 체인은 확률과정이 특정한 상태에 도달 시 까지 소요되는 시간을 모형화 할 수 있는 유용한 방법론이며, 특정한 상태가 될 때까지 소요된 시간에 대한 정보가 중요한 경우 동적인 변화가 여전히 진행되고 있는 일시상태(Transient State), 특정상태(흡수상태, Absorbing State)에 소요되는 시간의 변화를 추적하기 용이하다. 이러한 특성은 특정임무 기간(시간) 동안에 재고량의 변화에 따른 임무성공률 변화를 분석하기에 적당한 방법론이다.

아래의 내용은 윤봉규[9]의 연구내용을 바탕으로 본 연구에 활용된 연속시간 흡수마코프 체인에 대하여 기술하였다.

흡수상태 또는 흡수 집단을 갖는 마코프체인을 가역마코프체인(Resucible MC) 또는 흡수마코프체인(Absorbing MC)이라고 한다. 상태공간 $S=\{0,1,2, \dots, N\}$ 에서 정의되는 마코프체인 $\{X_n, n \geq 0\}$ 을 생각하자. $A=\{r, \dots, N-1, N\}$ 은 흡수상태들의 집합 $A^c=\{0,1,2, \dots, r-1\}$ 은 일시상태들의 집합이라고 하면 전이확률이 다음 식 (1)과 같이 구성되는 마코프체인을 이산시간 흡수마코프 체인이라고 한다.

$$P = \begin{bmatrix} Q & R \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$[O]_{ij}$ 를 행렬의 i 행 j 열 원소라고 정의하면 $[Q]_{ij}$ 는 transient 상태들 간의 전이확률을 나타내고 $[R]_{ij}$ 는 transient 상태에서 흡수상태로 전이하는 확률을 나타낸다. 또한, 아랫부분의 0행렬은 흡수상태에서 transient 상태로 전이하는 확률이 0임을 나타낸다. 식 (1)을 n 번 곱하면 식 (2)를 얻을 수 있다.

$$P^{(n)} = \begin{bmatrix} Q^n & (I + Q + \dots + Q^{n-1})R \\ 0 & I \end{bmatrix} \quad (2)$$

식 (2)로 부터 일시상태에서 시작해서 n 번 전이 후에 일시상태에 있을 확률은 Q^n 으로부터, 흡수상태에 있을 확률은 $(I + Q + Q^2 + \dots + Q^{n-1})R$ 로부터 얻을 수 있음을 알 수 있다.

$[E]_{ij}$ 를 i 상태에서 시작해서 흡수 될 때까지 j 를 방문한 횟수로 정의하면 $[Q^n]_{ij}$ 이 n 번 만에 j 를 방문할 확률이고 방문할 때 마다 방문 횟수 1회가 누적되므로, $[E]_{ij}$ 는 식 (3)과 같다.

$$[E]_{ij} = I + [Q]_{ij} + [Q^2]_{ij} + \dots + [Q^\infty]_{ij} \quad (3)$$

식 (3)를 간단히 하면 식 (4)와 같다.

$$E = I + Q + Q^2 + Q^3 + \dots + Q^\infty = (I - Q)^{-1} \quad (4)$$

식 (4)에서 일시상태 i 에서 시작해서 흡수될 때 까지 걸린 총 시간은 흡수 될 때 까지 $A = \{1, 2, \dots, r-1\}$ 를 방문한 총시간의 합이므로 식 (5)와 같이 유도된다.

$$\sum_{k=1}^{r-1} [E]_{ik} = \sum_{k=1}^{r-1} [(I - Q)^{-1}]_{ik} \quad (5)$$

한편, $[P_a^{(n)}]_{ij}$ 를 일시상태 i 에서 시작해서 n 번만에 j 로 흡수될 확률로 정의하면 마지막 전이에 조건을 걸어서 식 (6)를 얻을 수 있다.

$$[P_a^{(n)}]_{ij} = \sum_{k=1}^r [Q^{n-1}]_{ik} [R]_{kj} \quad (6)$$

식 (6)을 행렬의 곱셈 정의를 활용해 재정리하면 식 (7)과 같이 표현할 수 있다.

$$P_a^{(n)} = Q^{n-1}R \quad (7)$$

A_{ik} 를 일시상태 i 에서 시작하여 결국 흡수상태 k 로 흡수되는 확률 행렬이라고 하고 $[A]_{ik} = \sum_{n=1}^{\infty} [P_a^{(n)}]_{ij}$ 이므로 다음 식 (8)을 유도할 수 있다.

$$A = [I + Q + Q^2 + \dots + Q^\infty]R = (I - Q)^{-1}R \quad (8)$$

4. 해군 함정 수리부속 분석 모형

4.1 연구 모형의 가정

본 연구의 해군 함정 수리부속품 최적 재고량 분석 모형의 가정은 다음과 같다.

첫째, 함정의 고장발생률은 각 함정의 고장 발생이 독립적으로 발생하므로 포아송과정으로 발생한다.

둘째, 정비시간은 정비량, 정비 난이도에 따라 결정되고 각각의 행위가 독립적, 무기억 속성(Memoryless Property)으로 발생하므로 지수분포를 따른다.

셋째, 수리부속의 상태는 부속을 교체하여야만 알 수 있으므로 성공 시와 실패 시의 정비율의 차이는 존재하지 않는다.

넷째, 고장상태일 때는 해당 장비의 고장이 발생하지 않는다.

다섯째, 수리부속이 부족하여 수리를 못하는 경우를 가동불가로 정의한다.

여섯째, 함정의 각 장비에 대하여 특정 수의 수리부속을 보유하고 임무를 수행한다.

일곱째, 수리부속이 부족하여 수리를 못하는 경우를 가동불가 상태로 정의한다.

여덟째, 본 연구에서는 임무수행에 직접적으로 영향을 주는 수리부속에 한하여 분석을 실시한다.

4.2 분석모형

본 연구에서 사용될 용어는 아래와 같다.

<Notations>

- λ_i : i 장비의 고장 발생률(1일 단위)
- μ_i : i 장비의 서비스율(1일 단위)
- p_i : i 장비의 수리부속이 정상상태 확률
- q_i : i 장비의 수리부속이 불량상태 확률($1-p_i$)
- N_i : i 장비의 수리부속 수
- S_i : i 장비의 상태 (0:고장상태, 1: 정상상태)
- K : 전체 장비의 수
- M : 목표 임무성공률
- P_i : i 임무성공률

해군 함정 수리부속품 최적재고량 분석을 위하여 전이 상태를 (N, S) 이 때 N : 수리부속수, S : 장비상태(1:정상상태, 0: 고장상태)로 정의하고, 수리부속 수를 3개를 가졌다고 가정하면 전이율 다이어그램은 Fig. 1과 같다.

예로, 상태 (3, 1)에서 (3, 0)로의 전이는 지수분포로 고장이 발생한 상태이고 (3, 0)에서 (2, 1)로의 전이는 지수분포로 수리를 성공적으로 실시한 경우이다. 그리고 (3, 0)에서 (2, 0)으로 전이는 지수분포로 수리를 실패한 경우이다. 마지막으로 (0, 0)은 흡수상태, 즉 수리부속이 없어 고장난 장비에 대한 정비가 불가능한 상태이다.

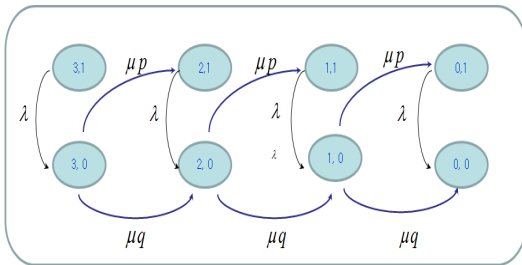


Fig. 1. Diagram

위 다이어그램을 전이율 행렬로 표현하면 Fig 2.와 같다.

	3,1	3,0	2,1	2,0	1,1	1,0	0,1	0,0
3,1		λ	0	0	0	0	0	0
3,0	0		μp	μq	0	0	0	0
2,1	0	0		λ	0	0	0	0
2,0	0	0	0		μp	μq	0	0
1,1	0	0	0	0		λ	0	0
1,0	0	0	0	0	0		μp	μq
0,1	0	0	0	0	0	0		λ
0,0	0	0	0	0	0	0	0	

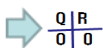


Fig. 2. Transition rate Matrix

전이율 행렬은 일시상태(Q)인 (3, 1), (3, 0), (2, 1), (2, 0), (1, 1), (1, 0), (0, 1)이 존재하고 (0, 0)의 흡수상태(R), 그리고 단위행렬(I)가 존재함을 알 수 있다. 위에서 언급한 식(8을 이용하면 특정 기간동안 특정 일시상태에서 흡수상태로 전이율을 분석할 수 있으며, 흡수상태에 머물러 전이율이 함정이 수리부속이 부족하여 불가능한 상태가 될 확률이 되고 1에서 흡수상태를 뺀 값이 가동상태일 확률이 된다.

그리고 행렬의 대각선 값은 각 행의 합을 0으로 만들어주는 값이 된다.

모형의 성능척도는 식(9)과 같으며 제약식은 식 (10)과 같다.

$$\text{Min. } K = \sum_{i=1}^K N_i \tag{9}$$

$$\text{St. } P_i \geq M \tag{10}$$

식(9)은 각 장비의 수리부속의 합을 최소화한다는 의미의 목적식이고, 식(10)은 각 수리장비의 임무성공률은 목표성공률 이상이라는 제약식이다.

5. 수치실험 및 분석 결과

5.1 실험조건 및 수치

본 연구의 실험에서는 Window 10 운영환경에서 Matlab 2014a 프로그램(분석도구)을 활용하여 분석하였으며 본 연구의 실험에 사용되는 수치는 장비별 특성을 고려하고 최대한 현실을 반영한 수치를 사용했으며, 시뮬레이션을 위한 장비별 고장발생률, 서비스율, 장비고장 확률 등은 Table 1과 같다.

Table 1. Rate and time by repair part for simulation

Equipment	N_1	N_2	N_3	N_4
failure rate	15/30	20/30	25/30	30/30
repair time (hour)	4	8	12	15
failure probability	0.1	0.2	0.3	0.4
mission period	19 day			

5.2 분석결과

해군 수리부속 분석 모형을 활용하여 분석한 장비 수리 부속별 임무일수에 따른 임무성공률 변화는 Fig. 3과

같다.

분석결과에 따르면 장비 1의 경우 N_1 의 개수의 증가에 따라 임무성공률이 상승함을 알 수 있다. 특히 $N_1=9$ 인 경우 임무성공률이 100%임을 알 수 있다. 이와 동일하게 분석결과를 해석하면 $N_2=11$, $N_3=14$, $N_4=15$ 일 때 임무성공률을 100% 달성함을 알 수 있다. 따라서 해당 함정의 최적 수리부속품의 수는 $N_1 \sim N_4$ 를 합한 49개임을 알 수 있다.

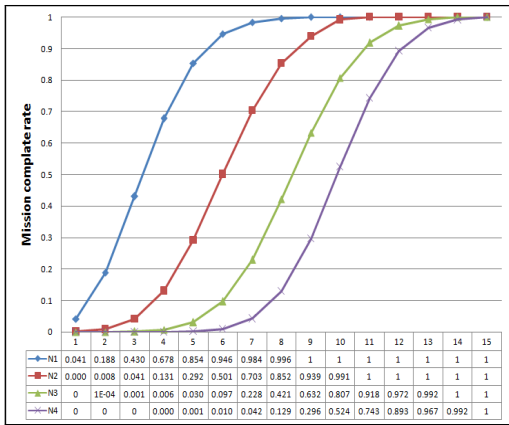


Fig. 3. Mission complete rate by N_i ($K=4$)

한편, 장비 4의 수리부속이 정상상태일 확률의 변화에 따른 임무 성공률을 분석한 결과는 Fig. 4와 같다.

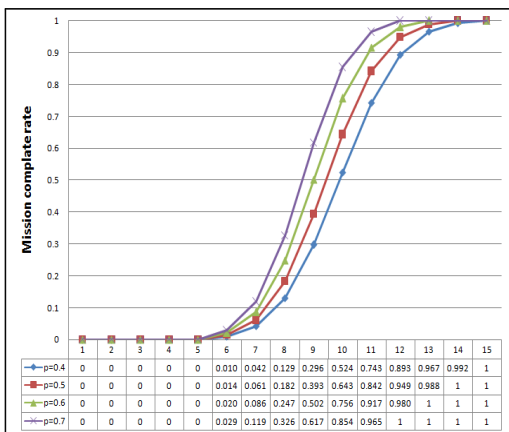


Fig. 4. Mission complete rate by P (N_4)

Fig. 4. 분석결과를 보면 수리부속의 상태가 양호할 확률이 높아질수록 임무성공률이 높아지고 $p=0.4$ 일

경우 $N_4 = 15$ 이지만, $p = 0.7$ 일 경우 $N_4 = 12$ 로 분석된 결과로 판단해보면 보유해야 할 수리부속의 수도 감소함을 알 수 있다. 이것은 임무기간 동안에 사용되어야 할 수리부속의 수도 감소됨을 의미하여 수리부속의 효율적 사용을 위하여서는 장비를 양호한 상태로 보관해야함을 알 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이 육상보다는 함정에 다량의 수리부속 보유는 수리부속의 불량률을 증가시키고 사용해야 될 수리부속의 양을 증가시켜 불필요한 예산의 낭비로 이어질 수 있다는 것을 의미한다.

Fig. 5.는 정비시간의 변화에 따른 임무수행 성공률을 분석한 결과이다.

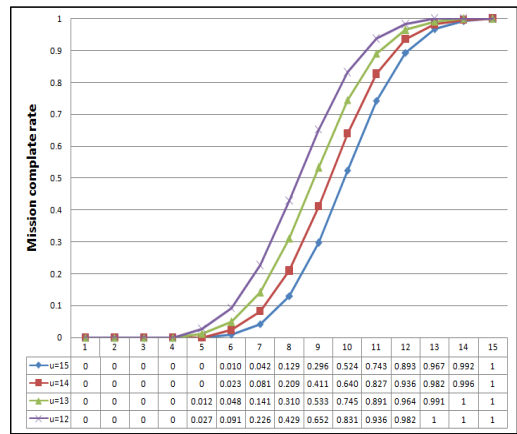


Fig. 5. Mission complete rate by u (N_4)

분석결과를 보면 정비시간이 짧아질수록 동일한 수리부속품을 가지고 있을 시 임무성공률이 높아짐을 알 수 있다. 예로 $N_4 = 10$ 일 경우 임무성공률은 $u = 15$ 와 $u = 12$ 일 때를 임무성공률을 비교하면 약 52%와 83%로 임무성공률이 30% 이상이 상승함을 알 수 있다. 이는 함정 정비인력의 정비수준 향상이 효과적인 수리부속 관리에 중요한 요소임을 알 수 있다.

Fig. 6.은 장비의 고장률 변화에 따른 임무수행 성공률을 분석한 결과이다. Fig. 6의 분석결과를 보면 장비의 고장률이 증가할수록 동일한 수리부속품을 보유했을 때 임무 성공률이 감소함을 알 수 있다. 예로 $N_4 = 10$ 일 경우 임무성공률은 $\lambda = 15/20$ 와 $\lambda = 25/30$ 일 때를 임무성공률을 비교하면 약 84%와 62%로 임무성공률이 20% 이상이 감소함을 알 수 있다. 이는 장비의 고장률이 수리부속품의 보유량을 증가시킴을 알 수 있다. 이러한 자료를 바탕으로 의사결정권자는 비용 대 효과를 고려하여

함정의 탑재장비를 선택할 수 있을 것이다. 즉 해당 장비의 비용과 수리부속품의 비용을 고려할 수 있다는 의미이다.

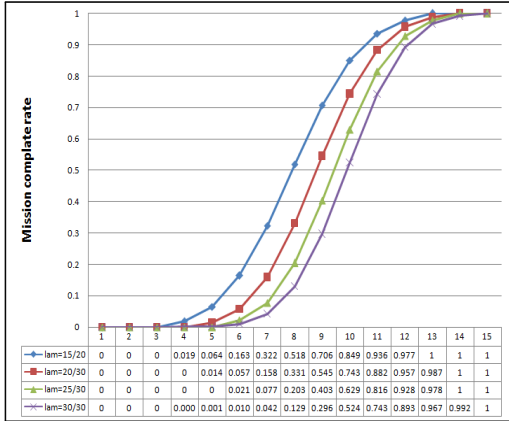


Fig. 6. Mission complete rate by λ (N_1)

본 연구의 수리부속품 최적 재고량 분석모형을 이용하면 함정이 다량의 장비를 보유하고 있다는 사실을 고려한다면 본 연구에서 기술하지 않은 보다 다양한 장비의 적정 수리부속량을 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 결과를 요약하면 아래와 같다.

첫째, 각 장비의 특성(고장 발생률, 정비율, 수리부속의 정상상태 확률)을 고려하여 특정임무 기간 동안에 임무 성공을 보장하기 위한 수리부속품 최적 재고량을 판단하였다. 이는 의사결정권자에게 수리부속품 최적 재고량에 대한 정보를 제공하여 함정에 불필요하게 수리부속을 많이 적재하여 발생하는 유류소비량 증가, 복원력 감소, 속력 감소에 따른 작전 수행능력 감소 등의 문제점을 해결가능한 것이고, 결국 국방예산을 효과적으로 사용할 수 있다.

둘째, 수리부속의 부속품의 상태가 최적 수리부속품량에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 수리부속품의 상태가 양호할수록 보다 적은 수리부속품으로 임무를 성공적으로 수행할 수 있다는 것이다. 이는 임무 기간 동안에 필요한 적정 수리부속품을 함정에 적재하는 것 보다 함정에 비해 상대적으로 수리부속품을 양호한 상태로 보관할 수 있는 육상의 기지에 보관하는 것이 불필요한 수리부속품의 낭비를 막을 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한 이러한 자료를 바탕으로 의사결정권자는 수리부속품을 육상기지에 보관하고 함정이 임무 시 적정 수리부속품을 보급하는 것이 합당한 의사결정이라고 판단된다.

셋째, 함정 정비요원의 정비능력과 임무성공률의 관계를 분석하였다. 분석결과에 따르면 정비능력이 효과적인 수리부속품 관리에 중요한 요소임을 알 수 있어 의사결정권자는 함정 정비요원에 대한 정비 교육을 강화하여 정비능력에 보다 많은 노력을 기울여야 할 것으로 판단된다.

넷째, 함정 탑재장비의 고장률이 임무 성공률에 미치는 영향을 분석하였다. 분석결과에 따르면 장비의 고장률이 증가할수록 임무성공률이 감소한다는 사실을 고려하여 의사결정권자는 장비 운용 시 소요되는 비용을 종합적으로 판단하여 함정의 탑재장비를 선택할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 함정 수리부속품 최적 재고량 판단을 위한 모형을 개발하였다. 특히, 본 연구에서는 함정 장비 특성이 상이한 각각의 장비에 대해 적정 수리부속품을 판단할 수 있는 방법론을 제시하였다는 점에 의의가 있다. 그리고 해군 함정에 최적의 수리부속품 적재를 통하여 전비태세 향상 및 효율적인 국방예산 사용에 기여할 것이다. 또한 해군 함정 정비요원의 전문 교육 분야 소요 산출을 위한 근거 자료로 활용이 가능할 것으로 기대된다. 한편, 본 연구의 범위를 확장하여 각 함정 유형별(신형/중·대형/소형) 장비특성, 기지별 함정 보유 척수, 지리적 환경 등을 고려한 적정 수리부속품을 판단한다면 각 동/서/남해 해군기지의 보유해야 할 수리부속품 배분문제도 연구범위를 확대 할 수 있을 것으로 판단된다.

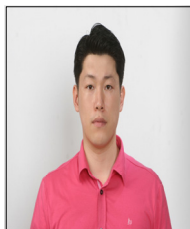
References

- [1] H. Yoon and S. Lee, "The Optimal Spare Level of a Weapon System Having Phase-type Repair Time", Journal of The Korean Operations Research and Management Science Society, Vol. 26, pp.145-156, 2009.
- [2] H. M. Yoon and S. W. Kim, "A Naval Vessel Spare Parts Demand Forecasting Using Data Mining", Journal of The Korean Operations Research and Management Science Society, Vol. 40, pp.253-259, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.11627/jkise.2017.40.4.253>
- [3] Y. J. Kim and S. K. Kyung, "Improving the supply level of repair parts", Journal of Korea Safety

- Management & Science”, Vol. 16, pp.369-376, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.12812/ksms.2014.16.3.369>
- [4] S. P. Kim, S. J. Park, Y. R. Chung, “A Simulation Analysis of R.O.K Navy’s Inventory Management Model for Repairable Parts”, Journal of Korea Society for Simulation, Vol. 22, pp.31-40, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.9709/JKSS.2013.22.1.031>
- [5] Y. S. Son, S. W. Kim and B. K. Yoon, “A Study on the Criteria to Decide the Number of Aircrafts Considering Operational Characteristics,” Journal of the Kora Institute of Military Science and Technology, Vol. 17, No. 1, pp. 41-49, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.9766/kimst.2014.17.1.041>
- [6] B. K. Yoon and K. H. Cha, “Analysis on the Optimal Spare Level for Army Aviation Avionics through Capacity Pooling,” Korean Journal of Logistics, Vol. 16, No. 1, pp. 1-17, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15735/klj.2008.16.1.006>
- [7] Y. Kim and B. K. Yoon, “Analysis on the Determination of Machine Repair Problem Maintenance Floats with Divided Repair Time Through Absorbing Markov Chain,” Korea Management Operation Research, Vol. 34, No. 2, pp. 163-174, 2008.
- [8] S. W. Kim and B. K. Yoon, "An Analysis on the Performance of the Close-In-Weapon-System Using Absorbing Markov Chains", Journal of the KIMST, Vol. 17, pp.733-743, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.9766/kimst.2014.17.6.733>
- [9] B. K. Yoon, “Markovian Arrival Process and its Application in Defense Area, Research for National Security Affairs,”2010.

김 성 우(Sung-Woo Kim)

[정회원]



- 2001년 3월 : 해군사관학교 군사학과(군사학학사)
- 2010년 6월 : 연세대학교 경영대학원 경영정보학과 (경영학 석사)
- 2014년 6월 : 국방대학교 군사운영분석학과(군사학 박사)
- 2020년 7월 ~ 현재 : 해군본부

〈관심분야〉

재고관리, 시뮬레이션, 대기행렬, 최적화