



Received: 2024/05/03
Revised: 2024/05/13
Accepted: 2024/05/31
Published: 2024/06/30

***Corresponding Author:**

Min-Gyu Jeon

Dept. of Mechanical Engineering, Republic of Korea
Naval Academy

1 Jungwon-ro, Jinhae-gu, Changwon-si,
Gyungsangnam-do, 51704, Republic of Korea

Tel: +82-55-907-5335

E-mail: mgjeon@navy.ac.kr

운용 및 정비실적 기반 기뢰탐색음탐기 RAM 목표값 설정 연구

A Study on Setting RAM Values for VDS Based on Operational and Maintenance Performance

전민규^{1*}, 최영두², 홍창우³, 한민석⁴, 홍순국⁵

¹해군사관학교 기계시스템공학과 조교수

²해군 소령/해군사관학교 전기전자공학과 조교수

³해군 소령/해군사관학교 기계시스템공학과 조교수

⁴해군사관학교 전기전자공학과 부교수

⁵해군 대령/해군사관학교 기계시스템공학과 교수

**Min-Gyu Jeon^{1*}, Youngdoo Choi², Chang Woo Hong³, Minseok Han⁴,
Soonkook Hong⁵**

¹Assistant Professor, Dept. of Mechanical System Engineering, Republic of
Korea Naval Academy

²LCDR, ROK Navy/Assistant Professor, Dept. of Electrical Engineering,
Republic of Korea Naval Academy

³LCDR, ROK Navy/Assistant Professor, Dept. of Mechanical System Engineering,
Republic of Korea Naval Academy

⁴Associate Professor, Dept. of Electrical Engineering, Republic of Korea
Naval Academy

⁵CDR, ROK Navy/Professor, Dept. of Mechanical System Engineering,
Republic of Korea Naval Academy

Abstract

기뢰탐색음탐기는 소해함의 핵심장비로서 수중의 기뢰를 탐지하는 장비로 사용된다. 기뢰탐색음탐기의 RAM 목표값 설정을 위해 현재 우리 해군에서 운용 중인 함정의 운용 및 정비수리실적을 수집하였다. 기존 기뢰탐색음탐기는 외산장비로 운용되므로 국산화를 고려한 절사평균 분석으로 새로운 기뢰탐색음탐기의 RAM 목표값을 제시하였다.

The variable depth sonar (VDS) functions as a critical element in mine clearance operations, aiding in the detection of underwater mines. To determine the RAM (Reliability, Availability, Maintainability) value for the VDS, relevant data concerning the operational and maintenance repair performance of the presently employed naval traps has been compiled. Considering the foreign provenance of the existing VDS, a fresh RAM value for the system has been suggested through a trimmed mean analysis, while acknowledging the importance of localization endeavors.

Keywords

기뢰탐색음탐기(VDS),
소해함(Mine Sweeper Hunter),
운영형태 종합(OMS),
절사평균(Trimmed Mean)

1. 서론

해양은 국가 간 무역 및 국방의 전략적 중요성을 가지고 있어 해양 안보가 강조된다. 하지만 기뢰, 잠수정, 미식별 선박 등 다양한 위협으로부터의 공격에 취약하다. 특히 기뢰는 수중에 적은 비용으로 설치되어 적에게 막대한 피해를 입힐 수 있다. 수중에 설치된 기뢰는 함정의 접촉이나 음향, 자기 등에 감응하여 적의 함정을 파괴한다. 이러한 이유로 해군은 함으로부터 바다에 부설된 기뢰의 위협을 제거하기 위해 기뢰탐색함과 소해함 등의 수상소해전력을 운용하고 있으며, 따라서 기뢰의 탐색에 관한 연구와 개발이 필요하다[1-2]. 그 중에서도 기뢰탐색음탐기(VDS, variable depth sonar)는 소해함의 핵심장비로서 초음파를 발신하여 그 반사 파동으로 수중의 기뢰를 탐지한다. 해당 장비는 대한민국 해군에서는 외산장비

로 운용되며, 차기 소해함 개발에 있어 국산화의 필요성이 있다.

차기 소해함에 적용하기 앞서 현대 무기체계에서는 획득 전 단계에 장비가동률을 향상시키고 소요군의 전투준비태세를 유지함과 동시에 총 수명주기 비용을 절감하는 것이 중요한 과제이다. 이러한 문제를 정량적으로 검토하기 위해서는 핵심성능지표라 할 수 있는 RAM(reliability, availability, maintainability) 검토가 수행되어야 한다[3-6]. RAM 검토는 무기체계 운용 시 고장을 최소화하고 장비가동률을 증대시켜 전투준비태세를 유지하는 데 필요한 정보이다. 또한 무기체계에 있어 OMS/MP(operational mode summary/mission Profile)를 기반으로 운용시간, 경계시간, 대기시간 등의 시간정보로 정량화하여 RAM 목표값의 기초자료로 사용되고 있다[7-8].

본 연구에서는 차기 소해함에서 운용할 기뢰탐색음탐기 탐색개발 단계에서 국산화에 앞서 기존함의 행동실적을 분석하여 기뢰탐색음탐기의 운용시간을 산출하고, 정비 실적자료를 검토함으로써 기뢰탐색음탐기의 RAM 목표값을 산출하고자 한다.

2. 기뢰탐색음탐기의 운용 및 정비수리실적 적용 방안

본 연구에서 다루는 차기 소해함의 기뢰탐색음탐기는 기뢰부설이 예상되는 주요 항만의 해저환경정보를 수집하고 기뢰를 탐색하는 임무를 부여받는다. 기뢰탐색음탐기의 RAM 분석을 수행하기 위해서는 함정 전체에 대한 운용형태 종합/임무유형(OMS/MP) 분석이 선행되어야 한다. OMS/MP는 무기체계 신뢰도 향상 및 수명주기 비용 절감을 위한 중요문서이다. 이어서 유사체계의 실제 운용실적 및 정비수리실적을 분석하여 RAM 목표값 설정에 반영한다.

2.1 기뢰탐색음탐기의 OMS/MP 정량화

OMS는 무기체계에 있어 운용형태를 종합적으로 계량화하는 것으로 기뢰탐색음탐기를 이용한 임무유형 및 운용형태 등으로부터 운용시간(OT, operation time), 경계시간(AT, alert time), 대기시간(ST, standby time)으로 구성된 총 가동시간과 그 밖의 총 불가동시간(TDT, total down time)을 분석해야 한다. 총 불가동시간은 고장정비시간(TCM, total corrective maintenance time), 예방정비시간(TPM, total preventive maintenance time), 행정 및 군수지연시간(TALDT, total administrative and logistics delay time)으로 구성된다.

평시 기뢰탐색음탐기 OMS/MP의 정량화를 위해 해군에서 운용 중인 ○○척의 함 행동실적 및 교육훈련 계획 등에 근거하여 OMS/MP를 작성한 후 유사체계 운용실적 시간으로 보정하여 산출한다. 평시 함 행동실적은 연간 평균 출동, 지원 정박대기, 훈련, 정비 및 수리 시간으로 구분되며 총 가동시간(TUT, total up time), 총 불가동시간(TDT)으로 산출된다. 이와 더불어 함의 전체 운용시간(TT, total time)에 대해 Fig. 1과 같이 도식화할 수 있다.

2.2 기뢰탐색음탐기의 총 가동시간에 대한 분류 및 정의

함정에서 운용 중인 기뢰탐색음탐기의 실제 총 시간(TT)에 대한 분류가 필요하다. 함정의 총 가동시간(TUT)은 운용시간(OT), 경계시간(AT), 대기시간(ST)으로 구분하여 상태를 표현하였다. OT는 실제 장비 운용시간으로 모든 장비가 작동하는 상태 또는 각 구성품의 전원이 인가되어 즉시 가동할 수 있는 상태를 의미한다. AT는 장비 운용을 위해 경계상태

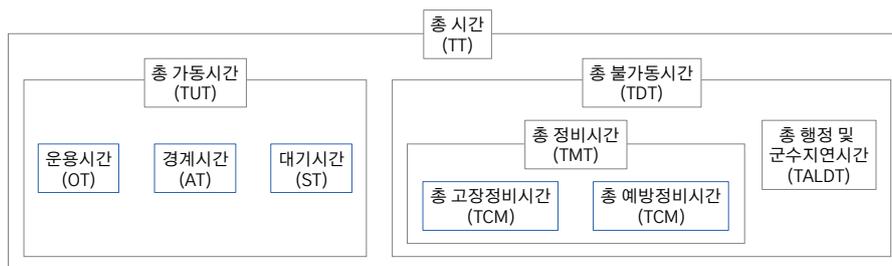


Fig. 1. 함정 전체 운용시간의 분류

로 대기하는 시간으로 필요 시 OT 상태로 전환 가능한 상태를 의미한다. ST는 장비가동을 위해 대기상태에 있는 시간으로 장비는 꺼져 있는 상태, 임무 또는 작전에 투입되지 않은 상태를 의미한다.

2.3 기뢰탐색음탐기의 총 불가동시간에 대한 분류 및 정의

기뢰탐색음탐기를 운용함에 있어 총 불가동시간(TDT)은 총 정비시간(TMT, total maintenance time)과 총 행정 및 군수지원시간(TALDT)으로 구분된다. 총 TMT는 총 고장정비시간(TCM)과 총 예방정비시간(TPM)을 합한 시간이다. TCM은 고장수리를 위해 소요되는 정비시간이며, TPM은 예방정비를 위해 소요되는 정비시간이다. TALDT는 고장수리정비와 예방정비를 수행하는 행정적, 군수적 측면에서의 지연시간으로 부속품 획득 및 수송, 정비요원의 이동 등을 고려한다. 또한 실제 전체 정비 실적자료를 다음의 Table 1과 같이 정비 종류에 따라 구분할 수 있다.

Table 1. 정비 실적자료 기반 정비 종류에 따른 분류

구분	설명	
예방정비	정기수리기간(계획정비) 중 단순 표준정비	
고장정비	정기수리기간(계획정비) 중 표준정비를 제외	
긴급수리	정박대기 중 실시하는 정비	
정비분류	장비고장보고	장비고장으로 입항한 함정에 대한 정비
이동정비	정비지원부대의 계획에 의거 정비운용 부대를 순회 지원하는 정비	

2.4 기뢰탐색음탐기의 RAM 목표값 설정

OMS/MP 분석으로 산출된 TUT와 TDT의 세부 항목 값을 바탕으로 차기 소해함에 적용할 RAM 목표값을 산정한다.

3. 기뢰탐색음탐기의 실제 운용 및 정비수리실적 기반 RAM 목표값 설정

차기 소해함의 평시 기뢰탐색음탐기 OMS/MP를 정량화하기 위해서 우리 해군에서 운용 중인 ○○척의

최근 10년간 함 행동실적 및 교육 훈련 계획을 조사하였다. 기뢰탐색음탐기의 사용시간은 출동, 지원, 정박대기, 훈련, 정비 및 수리 시간으로 산출하였다. 특히 정비 및 수리 시간 산정에 있어 유사체계의 기뢰탐색음탐기의 경우 외산장비로서 외주정비 등의 이유로 총 행정 및 군수지원시간(TALDT)이 과대하게 적용되고 있었다. 따라서 본 연구는 차기 소해함 기뢰탐색음탐기의 국산화 후 연평균 고장시간을 고려해야 하므로 양 극단(최대, 최소)을 제외한 절사평균(trimmed mean)을 반영하여 정비수리실적을 적용하였다.

3.1 유사체계 운용 함정의 함 행동실적 정량화

기뢰탐색음탐기의 OMS/MP를 정량화하기 위해 함 행동실적에서 수리 시간을 제외하고 출동, 훈련, 점검/검열, 기타 등이 무기체계를 운용하는 것으로 보았다. 전문가의 자문 결과 함 행동실적 상의 출동 및 훈련 시 기뢰탐색음탐기의 OT는 일일 평균 24시간으로 구성된다. 지원 시간의 경우 OT는 일일 평균 1시간, 그 외 23시간은 AT로 구성된다. 정박대기 시 OT는 일일 평균 1시간, 그 외 23시간은 ST로 구성된다. Table 2는 실제 기뢰탐색음탐기의 실제 운용개념을 고려한 유사체계 OMS/MP 정량화 결과이다.

Table 2. RAM 목표값 설정을 위한 유사체계의 정량화

구분	기뢰탐색음탐기			
	OT	AT	ST	
총 가동시간(TUT)	출동	○.○	○.○	○.○
	지원	○.○	○.○	○.○
	정박대기	○.○	○.○	○.○
	훈련	○.○	○.○	○.○
	정비 및 수리	○.○	○.○	○.○
	소계	○.○	○.○	○.○
총 불가동시간(TDT)	수리	○.○	○.○	○.○
총 시간(TT)		○.○	○.○	○.○

3.2 유사체계 기뢰탐색음탐기의 총 불가동시간(TDT) 분석

총 불가동시간 항목에 대해 유사체계의 정비 실적,

긴급수리지원요청 실적 및 이동정비 실적으로부터 고장정비시간, 행정 및 군수지연시간을 산출하였다. 기뢰탐색음탐기를 운용 중인 유사체계의 총 고장 횟수를 총 운용기간으로 나누면 연 평균 고장 횟수 \bigcirc 회가 계산된다. 또한, 총 수리시간을 총 고장 횟수로 나누어 고장 건당 평균 수리시간을 산정할 수 있다. 하루 8시간 근무시간 기준으로 환산하면 평균수리 소요일수는 \bigcirc 일로 계산된다. 따라서 연간 총 고장 정비시간(TCM)은 아래의 식 (1)과 같이 연 평균 고장 횟수와 평균수리 소요일수의 곱으로 $\bigcirc \cdot \bigcirc$ 시간으로 계산된다.

$$TCM = \text{연평균 고장횟수} \times \text{평균 수리소요일수} \quad (1)$$

총 행정 및 군수지연시간(TALDT)의 총 합은 $\bigcirc \cdot \bigcirc$ 시간으로 총 고장건수를 나누어 1건당 평균 $\bigcirc \cdot \bigcirc$ 시간 소요되며, 1일 24시간 기준으로 약 \bigcirc 일 소요되는 것으로 산출되었다.

일반적인 함정에서는 함 행동실적 상의 수리시간을 총 예방정비시간(TPM)으로 설정할 수 있다. 그러나 함정의 수리실적에는 예방정비실적 뿐 아니라 고장 정비 실적이 포함되므로 먼저 고장정비를 제외한 실질적인 예방정비시간 산출이 필요하다. 따라서 기존의 유사 선행연구를 참고하여 함 행동실적 상 수리시간 중에서 고장수리시간, 예방정비시간, 행정 및 군수지연시간을 제외한 시간을 함정의 추가적인 대기시간(ST2)으로 고려하였다. 즉, 아래의 식 (2)와 같이 표현된다. 여기서 0.3은 유사사례 연구에서 언급한 국방군수 통합정보체계의 대일정 계획기간 대비 소일정계획기간의 비이다.

$$TPM = (8760 - OT - AT - ST - TCM - TALDT) \times 0.3 \quad (2)$$

3.3 차기 소해함 기뢰탐색음탐기의 RAM 목표값 설정

차기 소해함에 적용할 기뢰탐색음탐기의 RAM 목표값 설정에 앞서 분석한 유사체계의 총 가동시간(TUT)과 총 불가동시간(TDT)을 적용한다. 유사체계의 연평균 고장 수를 식별한 결과 1함정 연 평균 고장 수는 $\bigcirc \cdot \bigcirc$ 회로 산출되었다. 운용가용도(A_o), 고장 간 평균시간(MTBF, mean time between failure), 정비

도(MTTR, mean time to repair)로서 평가 가능하며 아래의 식으로 계산한다.

$$A_o = \frac{OT + AT + ST + ST2}{(OT + AT + ST + ST2 + TCM + TPM + TALDT)} \quad (3)$$

$$MTBF = \frac{OT}{\text{연평균 고장수}} \quad (4)$$

$$MTTR = \frac{TCM}{\text{연평균 고장수}} \quad (5)$$

기뢰탐색음탐기의 실제 운용 및 정비수리 실적에 기반하여 위의 수식을 이용한 기뢰탐색음탐기의 최종 RAM 목표값은 Table 3와 같다. 운용가용도(A_o)는 $\bigcirc \cdot \bigcirc$ % 이상, 목표 신뢰도(MTBF)는 $\bigcirc \cdot \bigcirc$ 시간 이상이었으며, 목표 정비도(MTTR)는 $\bigcirc \cdot \bigcirc$ 시간 이하로 정비 및 수리가 이뤄져야 할 것으로 계산되었다.

Table 3. RAM values for VDS

가용도(A)	신뢰도(R)	정비도(M)
운용가용도 (A_o)	고장 간 평균시간 (MTBF)	평균수리시간 (MTTR)
$\bigcirc \cdot \bigcirc$ % 이상	$\bigcirc \cdot \bigcirc$ 시간 이상	$\bigcirc \cdot \bigcirc$ 시간 이하

4. 결론

본 연구는 우리 해군에서 운용 중인 유사체계 기뢰탐색음탐기와 관련하여 함정의 함 행동실적 및 정비실적을 참고하여 차기 소해함에 탑재될 기뢰탐색음탐기의 RAM 목표값을 제시하였다. 외산장비인 기존 유사체계의 기뢰탐색음탐기를 국산화하는 경우를 고려해야 하므로 절사평균을 이용하여 해당 문제를 해결하였다. 따라서 본 연구결과는 차기 소해함 개발에서 운용할 기뢰탐색음탐기의 RAM 목표값 설정에 이용될 수 있으며, 향후 기뢰탐색음탐기와 유사한 무기체계의 RAM 목표값 설정에 참고가 될 것으로 생각된다.

참고문헌

[1] S. J. Hong, I. S. Jeong, S. S. Park, "The Naval Mine

Threats Armed with New Technology in the 4th Industrial Revolution and Our Countermeasures,” *Journal of the KNST*, Vol. 3, No. 2, pp. 147–156, 2020.

[2] J. Y. Kim, C. H. Shin, “A System Design Method of Mine Warfare Using Information for SONAR and MDV,” *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 39C, No. 12, pp. 1243–1249, 2014.

[3] Y. J. Han, Y. D. Choi, S. K. Hong, M. S. Han, J. B. Jeong, Y. M. Park, K. W. Lee, S. W. Lee, “A Study of Verifying RAM Target Value for Close-in Weapon System (CIWS) Using Simulation,” *Journal of the KNST*, Vol. 6, No. 4, pp. 488–493, 2023.

[4] Y. M. Park, Y. D. Choi, S. K. Hong, M. S. Han, J. B. Jeong, Y. J. Han, K. W. Lee, S. W. Lee, “A Study of Setting the RAM Goals for CIWS Using Field Operations Data,” *Journal of the KNST*, Vol. 6, No. 4, pp. 409–413, 2023.

[5] H. C. Choi, T. H. Kang, B. J. Youn, H. C. Lee, “A Study on

OMS/MP for Establishing Target RAM Values of New Weapon System in Precedent study: Focusing on the case of unmanned combat vehicle,” *Convergence Security Journal*, Vol. 19, No. 2, pp. 163–174, 2019.

[6] K. H. Song, Y. M. Park, S. K. Hong, S. S. Min, J. W. You, C. H. Choi, “A Study on Establishing OMS/MP and Target RAM Values of SONAR Using Field Data of Similarity Equipment,” *Journal of the KIMST*, Vol. 18, No. 1, pp. 22–30, 2015.

[7] K. H. Cho, S. C. Park, “RAM Calculation of Sea Surveillance Radar using OMS/MP Analysis,” *Society for Computational Design and Engineering*, pp. 215–219, 2015.

[8] I. Seok and K. Jung, “Comparative Analysis of RAM Value Correction Method Based on the Evaluation of the Weapon system Staff,” *Journal of Applied Reliability*, Vol. 19, No. 4, pp. 374–381, 2019.