



Received: 2026/05/07
Revised: 2026/05/19
Accepted: 2026/06/08
Published: 2026/06/30

***Corresponding Author:**

Kitae Kim

E-mail: navystar52@naver.com

계층분석법을 이용한 기뢰전 전투체계의 기뢰대항작전 효과 분석

An Analysis on the Mine Counter Measure Operations Effectiveness of the Mine Warfare Combat System Using Analytic Hierarchy Process

임요준¹, 김기태^{2*}

¹국립한국해양대학교 해양무인기술교육센터 부센터장

²해군 중령/합동참모본부 분석실험실 제2전력분석과 해상/공중전력운영분석담당

Yojoon Lim¹, Kitae Kim^{2*}

¹Deputy center director/Maritime Unmanned Technology Education Center, Korea Maritime & Ocean University

²CDR, ROK Navy/Maritime/airborne forces operations researcher, 2nd Military Forces Analysis Division, Joint Analysis and Experiment Center, ROK Joint Chiefs of Staff

Abstract

해군은 기뢰전 전투체계를 개발하여 차기 기뢰탐색소해함(MSH- II)에 탑재할 예정이다. 기뢰전 전투체계는 음탐기 등 약 20여 종의 탑재 장비를 통합·운용하며, 기뢰 탐색, 식별, 제거 등 기뢰탐색소해함의 기뢰대항작전을 효과적으로 지원한다. 본 연구에서는 계층분석법을 이용하여 기뢰전 전투체계의 기뢰대항작전 효과를 분석하였다. 기뢰전 전투체계 작전 효과를 측정하기 위하여 계층구조를 작성하고, 쌍대비교법 기반의 전문가 설문문을 통해 16개 속성에 대한 가중치를 산출하였다. 능동적 기뢰대항작전-기뢰탐색-기뢰처리 효과요소의 가중치가 가장 높게 산출되었으며, 기뢰전 전투체계의 기뢰대항작전 효과지수는 현재 대비 약 1.45배 우수한 것으로 확인되었다.

ROK Navy plans to develop the mine warfare combat system and install it on the next-generation Mine Sweeper and Hunter(MSH- II). The mine warfare combat system integrates and operates approximately 20 types of equipment, including SONAR, and effectively supports the mine counter measure operations of MSH- II, such as mine detection, identification, and disposal. In this study, the mine counter measure operations effectiveness of the mine warfare combat system was analyzed using Analytic Hierarchy Process. A hierarchical structure for measuring the mine counter measure operations effectiveness of the mine warfare combat system was developed, and weights of 16 attributes were calculated by expert surveys and pair-wise comparisons. The weight of active mine counter measure - mine hunting - mine disposal was calculated to be the highest. The mine counter measure operations effectiveness of the mine warfare combat system was confirmed to be approximately 1.45 times better than the current one.

Keywords

기뢰전(Mine Warfare), 전투체계(Combat System), 기뢰대항작전(Mine Counter Measure), 계층분석법(Analytic Hierarchy Process)

Acknowledgement

본 연구는 한화시스템의 '기뢰전 전투체계 연구개발사업' 지원을 받아 수행한 연구결과이다.

1. 서론

기뢰(mine, 기계수뢰의 준말)는 적의 전쟁 수행 의지를 약화하고, 전쟁 지속능력을 차단하는 유용한 무기이다. 다양한 수단을 통해 부설하기는 쉽지만, 부설된 기뢰를 제거하기 위해서는 수많은 시간과 노력·비용이 소모된다. 이러한 이유로 인해 기뢰가 탄생한 이후 모든 전쟁사에서 다양한 목적으로 사용되어왔다. 제2차 세계 대전에서 미국은 일본 근해에 12,000여 기의 기뢰를 부설하여 일본 해외수입물량의 97%를 차단하고, 650여 척의 함선을 침몰시켰다. 6.25전쟁에서 북한은 원산과 진남포에 다수의 기뢰를 부설하여 유엔군의 병참 지원 및 상륙 작전을 지연시켰으며, 우크라이나-러시아 전쟁에서는 흑해 항구 인근에 양국이 다수의 기뢰를 부설하여 주요 곡물 수출로가 봉쇄되었다[18]. 최근 이란은 세계 에너지 수송의 핵심 통로인 호르무즈 해협을 기뢰로 봉쇄하겠다고 으름장을 놓고 있다.

‘가난한 국가의 전략적 무기’라 불리는 기뢰는 함선에 손상을 주거나 격침 또는 해상에서의 이동을 억제할 목적으로 수중에 부설되는 폭발물을 말한다. 기뢰는 주요한 해역에서 함선을 손상할 수

있다는 직접적인 위협과 기뢰부설에 대한 잠재적인 위협을 통해 많은 함선이 자유로이 또는 안전하게 해역을 사용하지 못하도록 행동을 제한시킨다. 또한, 기뢰대항작전(mine counter measure operations)에 필요한 많은 전력과 시간 투입을 강요하고, 공포감을 주어 사기를 떨어뜨리며, 전쟁 의욕을 감소시키는 심리적인 효과 등 전략적 가치를 지니고 있다. 이에 반해 기뢰는 표적이 접근 시까지 기다려야 하는 무기이므로 기뢰부설에 의한 즉각적인 효과는 없으며, 부설된 후 적·아 식별 능력이 없어 우군 함선에도 위협이 될 수 있고, 전쟁 종료 후 부설된 기뢰에 대해 장기간의 기뢰대항작전이 요구된다.

기뢰대항작전은 적의 기뢰부설 기도를 분쇄하고, 기뢰로 인한 위협을 감소시키는 모든 방법을 포함한다. 기뢰탐색소해함은 방어적 기뢰대항작전을 수행하며, 능동적 기뢰대항작전과 수동적 기뢰대항작전으로 분류된다. 능동적 기뢰대항작전은 적에 의해 부설된 기뢰를 탐지하여 기뢰를 직접 제거·무력화하거나 파괴하는 작전으로, 기뢰를 제거하는 방법은 기뢰탐색(mine hunting)과 기뢰소해(mine sweeping)가 있다. 수동적 기뢰대항작전은 기뢰대항전력뿐만 아니라 모든 함선을 대상으로 기뢰의 위협을 감소하려는 것이며, 기뢰 감시(mine watching), 기뢰 회피(mine avoidance), 자함 보호(ship self-protection)가 있다[16].

해군은 1956년부터 미국에서 사용되었던 소해함을 인수하여 운용해오던 중 1986~1994년 국내 기술로 기뢰탐색함(MHC, mine hunting coastal)을 건조하여 전력화함으로써 국산 소해함의 시대를 개막하였다. 1999~2004년, 2020~2023년 기뢰탐색소해함(MSH-I, mine sweeper and hunter)을 추가로 전력화하여 현재는 순수 국내 기술로 건조한 기뢰대항전력을 운용하고 있다[15]. 또한, 적 기뢰의 위협으로부터 주요 항만 개항 및 해상교통로 확보를 위한 기뢰대항작전 능력을 향상하고자 차기 기뢰탐색소해함(MSH-II)의 항해 장비, 탐색 장비, 소해 장비를 상호 연동·통합 운용하는 지휘통제체계로 기뢰전 전투체계를 개발하고 있다.

새로운 지휘통제체계나 전투체계의 개발에 따른 효과 측정에 관한 연구로 송영일[20]은 구축함의 전투체계가 임무 성공에 미치는 영향을 분석하였고, 정환식 등[6]은 네트워크 기반 전장 정보체계의 효과를

측정하였다. 박송기·이재영[14]은 지휘통제 시간의 단축과 정보의 정확성을 고려하여 군단 통합화력 운용에 따른 지상 전술 지휘통제체계의 효과를 측정하였다. 이수열·이재영[13]은 지휘통제 시간의 단축 측면에서 해군 전술자료처리체계의 효과를 측정하였고, Jolene Marshall et al.[5]과 송영일·이근록[21]은 테러 위협이 있는 해역에서 함정 전투체계의 효과를 측정하였다.

국방 분야의 전투 효과 측정을 위해 동적인 전투상황을 반영한 시뮬레이션이 주로 활용되지만, 성능의 정량화가 제한되는 새로운 체계를 도입하거나 성능개량을 하는 경우에는 계층분석법(AHP, analytic hierarchy process)과 같은 정태적인 방법으로 효과를 측정한다[8,12]. 계층분석법을 활용한 연구로 강승철[7]은 센서, 타격, 지휘통제 등 3종으로 분류하여 지상 전술 지휘통제체계의 효과를 측정하였고, 이진우·김기태[11]는 잠수함 전술훈련 장비의 구성품별 성능개량 효과를 분석하였다. 또한, 김기태·임요준[9]은 전투수행개념을 기반으로 해군 신형 호위함의 전투 효과를 측정하였고, 이재문 등[10]은 육군 공격헬기, 조기홍[1]은 차기 다연장 로켓 운용에 따른 전투력 상승효과를 측정하였다.

본 연구에서는 차기 기뢰탐색소해함(MSH-II)에 탑재하여 지휘통제체계로 운용하는 기뢰전 전투체계를 대상으로 정태적 방법인 계층분석법을 이용하여 기뢰대항작전 효과를 분석하고자 한다. 이를 위해 기뢰탐색소해함의 기뢰대항작전에 적합한 효과요소 계층구조를 작성하고, 전문가를 대상으로 한 설문과 쌍대비교를 통해 효과요소별 가중치를 산출하며, 기뢰전 전투체계의 기뢰대항작전 효과를 종합한 후 비교·분석한다.

2. 기뢰탐색소해함과 기뢰전 전투체계

기뢰탐색소해함은 기뢰의 탐색과 처리가 모두 가능한 함정이며, 기뢰탐색용 음탐기와 기뢰제거용 소해구를 탑재한다. 현재 해군이 운용 중인 기뢰탐색함(MHC)과 기뢰탐색소해함(MSH-I), 그리고 차기 기뢰탐색소해함(MSH-II)의 주요 제원과 장비는 Table 1과 같다.

기존의 소해함에는 전투체계 대신 정보처리 장비를 통해 일부 탑재 장비만 연동할 수 있었다. 하지만,

Table 1. Specifications and equipments of MHC & MSH[2,4,17]

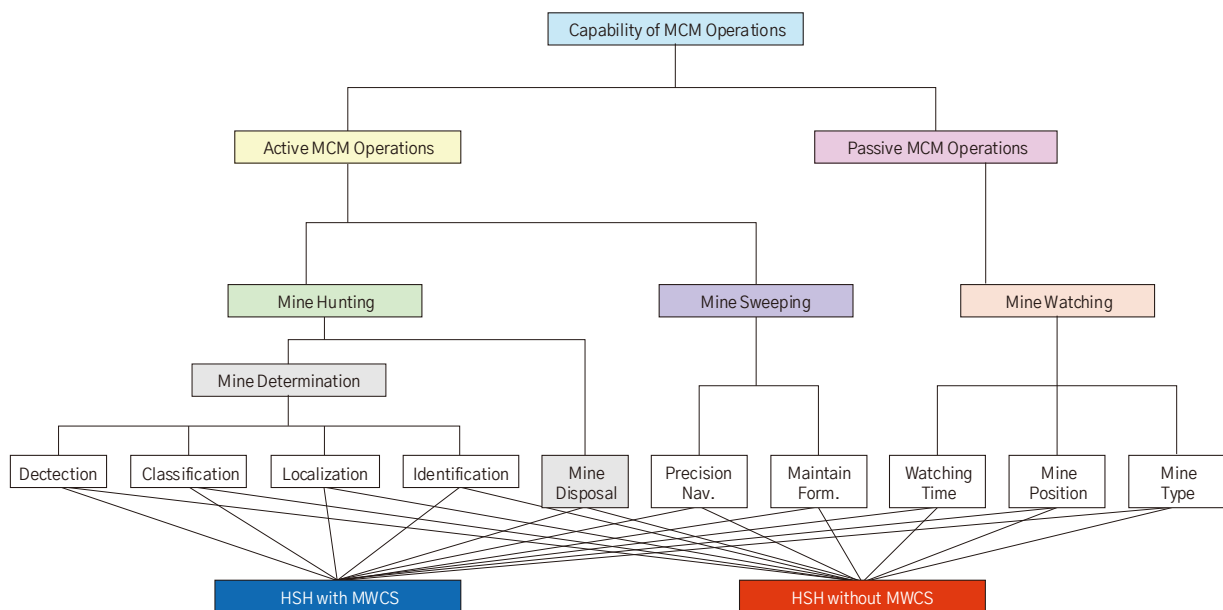
Categories	MHC	MSH- I	MSH- II
Type			
Tonnage / Max Sp.	454tons / 14.7kts	727~790tons / 15kts	900±10%tons / 15kts
Detection	HMS, SSS	VDS, SSS	VDS, SSS, AUV, EOTS
Mine Disposal & Sweeping	MDV, MCM Gear(Mechanical)	MDV, MCM Gear (Mechanical, Influence)	MDV, EMDW, MCM Gear (Mechanical, Influence)
Other	TDS	TDS, DPS	TDS, DPS, MWCS

* AUV: Autonomous Underwater Vehicle, DPS: Dynamic Positioning System, EMDW: Expendable Mine Destruction Weapon, EOTS: Electro Optical Targeting System, HMS: Hull Mount SONAR, MCM: Mine Counter Measure, MDV: Mine Disposal Vehicle, MWCS: Mine Warfare Combat System, SSS: Side Scan SONAR, TDS: Tactical Data System, VDS: Variable Depth SONAR

국내 기술로 연구개발하여 차기 기뢰탐색소해함에 탑재할 기뢰전 전투체계는 기뢰탐색용 음탐기 등 약 20여 종의 탑재 장비를 통합·운용함으로써 기뢰의 탐지, 식별, 제거 등 기뢰탐색소해함의 기뢰대항작전을 효과적으로 지원하게 된다. 또한, 유·무인 기뢰탐색 장비를 활용할 수 있어 기뢰 정보의 실시간 공유와 탐색·식별 능력이 기존 소해함보다 향상되고, 자동화된 함포와 무인 기뢰제거 장비를 통해 안전한 기뢰제거 작전능력을 갖추게 된다[3].

3. 효과요소 계층구조

본 연구에서는 기뢰전 전투체계의 기뢰대항작전 효과를 분석하기 위하여 계층분석법을 활용하였다. 계층분석법은 군이나 민간 기업에서 의사결정, 제한된 자원 배분 등을 해결하기 위해 많이 사용되는 다기준 의사결정 기법(multi criteria decision making method)이며, 1971년 Thomas L. Saaty가 개발하였다. 또한, 정성적인 요소를 정량화하여 표현할 수 있



* MCM: Mine Counter Measure, MSH: Mine Sweeper & Hunter, MWCS: Mine Warfare Combat System

Fig. 1. Hierarchical structure for measuring MCM operations effectiveness of MWCS

으며, 비정형적이거나 복잡한 문제를 계층화함으로써 융통성 있게 해결하는 의사결정 방법이다.

먼저 기뢰전 전투체계의 기뢰대항작전 효과 척도로 기뢰대항작전 수행능력을 선정하였다. Table 1의 기뢰탐색함 및 기뢰탐색소해함의 주요 제원과 장비, 기뢰대항작전의 분류와 수행절차, 기뢰전 전투체계의 운용개념과 체계구성 등을 바탕으로 장비 주관부서, 운용부대의 의견수렴을 거쳐 16개 효과요소를 정립하였으며, 문제를 분화하여 작성한 효과요소 계층구조는 Fig. 1과 같다.

효과요소 Level 1은 기뢰탐색소해함이 수행하는 방어적 기뢰대항작전인 능동적 기뢰대항작전과 수동적 기뢰대항작전으로 구성하였다. 효과요소 Level 2는 능동적 기뢰대항작전인 기뢰탐색과 기뢰소해로 구성하였고, 수동적 기뢰대항작전은 기뢰감시로 구성하였으며, 기뢰회피, 자함보호는 기뢰대항작전을 수행체계를 미보유한 함정에 적용하므로 제외하였다. 효과요소 Level 3~4는 기뢰탐색 수행절차, 소해전술 수행능력, 기뢰감시 보고내용의 정확도를 기반으로 구성하였다.

각 계층 내에서의 효과요소를 쌍대비교한 후 고유벡터법을 이용하여 효과요소별 상대적 중요도를 산출한다. 결과에 대한 일관성을 검증하기 위해 일관성 비율(CR, consistency ratio)을 활용하였으며, 일관성

비율이 0.2 이내이면 결과를 용납하나, 0.2 이상이면 결과의 일관성이 부족한 것으로 판단해야 한다[19].

4. 효과 분석

계층분석법은 해당 분야 전문가 집단의 의견을 종합하여 의사를 결정하는 방법이며, 결과가 객관성을 가질 수 있도록 해당 분야의 풍부한 전문지식과 이해관계가 있는 전문가를 선정해야 한다. 본 연구에서 기뢰전 전투체계의 기뢰대항작전 효과를 측정하기 위한 전문가 집단은 해군 제52기뢰전대 기뢰탐색소해함 승조원, 기뢰대항작전에 대한 전문지식과 근무경험을 보유한 장교 및 부사관 총 47명을 대상으로 하였다.

설문의 효과요소는 9점 척도를 사용하여 비교하였고, 일관성 비율이 0.2 이하인 설문결과만을 채택하였으며, 설문 대상자 중 용납이 가능한 83.6%(일관성 비율 0.1 이하 35명, 0.1~0.2 62명)의 설문결과를 활용하여 Expert Choice S/W Numerical Mode로 효과요소별 가중치를 산출하였다.

4.1 효과요소별 가중치

효과요소별 가중치를 산출한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Weights of each attribute

Level 1		Level 2		Level 3		Level 4		Complex Weights		
Attributes	Weights	Attributes	Weights	Attributes	Weights	Attributes	Weights			
Active MCM Operations	0.836	Mine Hunting	0.724	Mine Judgment	0.317	Detection	0.124	0.024		
						Classification	0.093	0.018		
						Localization	0.157	0.030		
						Identification	0.626	0.120		
		Mine Sweeping	0.276	Mine Disposal	0.683	-	-	0.413		
						Precision Navigation	0.794	-	-	0.183
						Maintain Formation	0.206	-	-	0.048
						Watching Time	0.093	-	-	0.015
Passive MCM Operations	0.164	Mine Watching	1.000	Mine Position	0.585	-	-	0.096		
						Mine Type	0.322	-	-	0.053
								Total		

* MCM: Mine Counter Measure

효과요소 Level 1의 가중치는 능동적 기뢰대항작전(0.836), 수동적 기뢰대항작전(0.164) 순으로 산출되었다. 이는 기뢰전 분야에 대한 전문지식과 근무경험을 지닌 전문가 집단의 관점에서 기뢰의 위협을 감소하려는 수동적 기뢰대항작전보다는 부설된 기뢰를 탐지하여 기뢰를 직접 제거·무력화하거나 파괴하는 능동적 기뢰대항작전이 중요한 요소로 평가한 것이 확인되었다.

효과요소별 가중치를 바탕으로 Level 2~4의 14개 효과요소에 대한 복합 가중치를 산출하였으며, 능동적 기뢰대항작전-기뢰탐색-기뢰처리(0.413)의 가중치가 가장 높게 산출되었다. 이는 기뢰탐색소해함이 수행할 상황이 기뢰소해보다는 기뢰탐색의 기회가 더욱 많으며, 기뢰를 최종적으로 처리하는 임무를 가장 중요하게 여기는 것으로 확인되었다.

4.2 기뢰대항작전 효과

계층구조 최하위의 효과 측정 대상인 기뢰탐색소해함에 대하여 쌍대비교 및 고유벡터법으로 기뢰전 전투체계 탑재 여부에 따른 효과요소별 상대적 점수(총점 100점 기준)를 산출하였으며, Table 3와 같다.

Table 3. Relative scores of each attribute

Attributes		MSH with MWCS	MSH without MWCS
Mine Hunting	Detection	56.3	43.7
	Classification	59.6	40.4
	Localization	55.7	44.3
	Identification	62.1	37.9
	Mine Disposal	63.5	36.5
Mine Sweeping	Precision Navigation	54.2	45.8
	Maintain Formation	51.8	48.2
	Watching Time	51.1	48.9
Mine Watching	Mine Position	56.4	43.6
	Mine Type	54.2	45.8
Total		564.9	435.1

* MSH: Mine Sweeper & Hunter, MWCS: Mine Warfare Combat System

상대적 점수는 기뢰전 전투체계를 탑재한 기뢰탐색소해함(564.9)이 기뢰전 전투체계를 미탑재한 기뢰

탐색소해함(435.1점) 대비 1.30배 높게 산출되었다.

효과 척도인 기뢰대항작전 수행능력을 종합하기 위하여 Table 2의 16개 효과요소 복합 가중치와 Table 3의 기뢰전 전투체계 탑재 여부에 따른 상대적 점수를 식 (1)과 같이 가중하여 합하였으며, Table 4와 같다.

$$E_k = \sum_{i=1}^n A_i \times S_{ik} \quad (1)$$

E_k : 기뢰탐색소해함 k 의 기뢰대항작전 효과

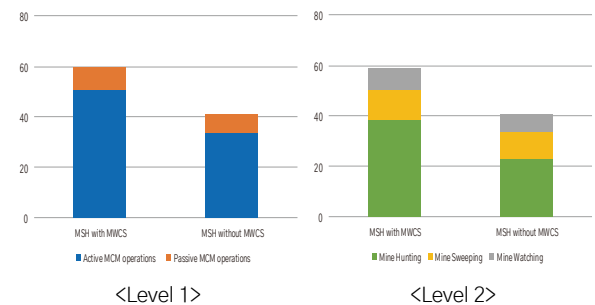
A_i : 효과요소 i 복합 가중치

S_{ik} : 효과요소 i 에 대한 기뢰탐색소해함 k 의 상대적 점수

n : 효과요소 i 의 수

Table 4. Aggregation of MCM operations effectiveness

Attributes		MSH with MWCS	MSH without MWCS
Active MCM Operations	Mine Hunting	37.790	22.736
	Mine Sweeping	12.392	10.682
Passive MCM Operations	Mine Watching	9.053	7.347
Total		59.235	40.765



* MCM: Mine Counter Measure, MSH: Mine Sweeper & Hunter, MWCS: Mine Warfare Combat System

기뢰전 분야의 전문가 집단의 관점에서 기뢰전 전투체계를 탑재한 기뢰탐색소해함의 기뢰탐색 능력이 획기적으로 향상된 것으로 평가하였다. 또한, 약 20여 종의 탑재 장비를 통합·운용하고, 유·무인 기뢰탐색 장비를 활용함으로써 기뢰전 전투체계를 미탑재한 기뢰탐색소해함 대비 기뢰대항작전 효과가 1.45배 우수하였다.

5. 결론

본 연구에서는 계층분석법을 이용하여 기뢰전 전투체계의 기뢰대항작전 효과를 분석하였다. 효과요소 Level 1의 가중치는 능동적 기뢰대항작전(0.836), 수동적 기뢰대항작전(0.164) 순으로 산출되었으며, Level 2~4의 14개 효과요소에 대한 복합 가중치는 능동적 기뢰대항작전-기뢰탐색-기뢰처리(0.413)가 가장 높게 산출되었다. 효과요소별 복합 가중치와 상대적 점수를 종합해보면 기뢰전 전투체계의 기뢰대항작전 효과는 미탐재함 대비 1.45배 우수하였다.

이처럼 새로운 체계의 성능의 정량화가 어려워 시뮬레이션과 같은 동태적인 효과의 측정이 제한된다면 정태적 방법인 계층분석법을 활용한 효과 측정이 매우 유용할 것이다.

참고문헌

- [1] K. H. Cho, 'A Study on the Analysis of the Cost-Effectiveness for the New Generation Multiple Launcher Rocket System Using AHP & Parametric Estimating,' Journal of the KIMST, VOL. 13, NO. 1, 2010, pp. 84-90.
- [2] Command ROK Fleet, MHC/MSH Operational Guidelines, 2011.
- [3] Defense Acquisition Program Administration, Developing the Brain of the MSH with Domestic Technology [Press Release], 2024.11.25.
- [4] Defense Acquisition Program Administration, Launch of Basic Design for MSH- II [Press Release], 2023.01.13.
- [5] Jolene Marshall, Eric R. LeMay, Joshua Tapp, Alfred T. Diotte, Daniel Quigley, John Givens, Kenneth Reszka, Curt Williams, & Mark Bonnett, An Analysis of the Open Architecture Warfare System Domain Model for Surface Time Critical Targets, Monterey, CA: Naval Postgraduate School, 2007.
- [6] Whan-Sik Jung, Jae-Yeong Lee, & Yong-Heup Kim, 'An Assessment of Combat Effectiveness for C4I System Considering Network Effect,' Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering, VOL. 33, NO. 2, 2010, pp. 23-32.
- [7] S. C. Kang, 'A Study on the Analysis of Combat Effectiveness of the Ground Tactical C4I Systems Using AHP,' Master's thesis, Korea National Defense University, 2001.
- [8] K. T. Kim & G. W. Jeon, 'Efficiency Evaluation for Battleships by Using AHP & DEA Model,' Journal of Military Science and Technology Studies, VOL. 1, NO. 2, 2007, pp. 68-91.
- [9] Kitae Kim & Yojoon Lim, 'A Study on the Measuring of Combat Effectiveness for Naval Frigates Using Analytic Hierarchy Process,' Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering, VOL. 44, NO. 1, 2021, pp. 9-16.
- [10] Jaemoon Lee, C. Y. Jeong, & Jaeyeong Lee, 'The Combat Effectiveness Analysis of Attack Helicopter Using Simulation and AHP,' Journal of the Korea Society for Simulation, VOL. 19, NO. 3, 2010, pp. 63-70.
- [11] Jonu Lee & Kitae Kim, 'A Study on the Measuring of Performance Improvement Effectiveness for Submarine Tactical Training Equipment Using AHP,' Journal of KNST, VOL. 5, NO. 1, 2022, pp. 84-91.
- [12] M. H. Lee, H. K. Moon, & C. W. Park, 'Development of Defense Simulation Model for Ground Weapon System Effectiveness Analysis,' in proceedings of the Korea Society for Simulation, 2002, pp. 131-136.
- [13] S. Y. Lee & J. Y. Lee, 'A Study on the Assessment of Force Improvement Effectiveness of KNTDS,' Journal of the Military Operations Research Society of Korea, VOL. 27, NO. 2, 2001, pp. 56-75.
- [14] S. K. Park & J. Y. Lee, 'A Study on the Assessment of Power Improvement Effectiveness of Corps Level C4I System Applied to Integrated Fire Operation,' Journal of the Military Operations Research Society of Korea, VOL. 29, NO. 1, 2003, pp. 8-27.
- [15] ROK Navy Flotilla 5, Sea Mine Story, 2015.
- [16] ROK Navy Headquarters, Mine Counter Measure Operations, 2024.
- [17] ROK Navy Headquarters, MSH Operations, 2022.
- [18] ROK Navy Mine Squadron 52, Useful and Mysterious Story About Mine Warfare, 2025.
- [19] Thomas L. Saaty, Decision Making for Leaders; The Analytic Hierarchy Process Decisions in a Complex World, RWS Publications, 1982.
- [20] Young-il Song, 'A Study on the Effectiveness Measures of Ship Combat Systems in the Composite Warfare,' Journal of National Defense Studies, VOL. 53, NO. 1, 2010, pp. 163-192.
- [21] Y. I. Song & G. L. Lee, 'A Study on the Improvement Effectiveness of Ship Combat System by Using the Simulation Model,' Journal of Military Science and Technology Studies, VOL. 3, NO. 1, 2009, pp. 74-93.