

## 함정 다층 방어체계 기반 무장 조합 최적화에 관한 연구

### A Study on Optimal Weapon Configuration for Ship-Based Layered Defense Systems

조경환\*<sup>1)</sup> . 손준하<sup>1)</sup> . 김동준<sup>1)</sup> . 장민우<sup>1)</sup>

Kyounghwan Jo\*<sup>1)</sup> . Junha Sohn<sup>1)</sup> . Dongjun Kim<sup>1)</sup> . Minwoo Jang<sup>1)</sup>

#### [ 초 록 ]

함정의 생존성을 확보하기 위해 다양한 요격 무장을 계층적으로 배치한 다층 방어체계의 운용이 요구된다. 본 연구는 CIWS, RAM, SM-2와 같은 상이한 특성을 지닌 무장을 활용하여 제한된 탑재 공간 내에서 최적의 무장 조합을 도출하고, 이를 통해 포화공격 상황에서 최대한의 생존율을 달성하는 전략을 제안한다. 실제 이지스 구축함의 탑재 수량과 무장 특성을 반영한 제약 조건을 설정하고, 각 무장 조합에 대해 Monte Carlo 시뮬레이션을 수행하여 생존 확률을 정량적으로 비교하였다. 시뮬레이션 결과를 기반으로 무장 수량 간의 절충안을 분석하고, 현실적으로 구현 가능한 최적 조합을 도출하였다.

#### [ ABSTRACT ]

To enhance the survivability of naval platforms, a multi-layered defense architecture employing various interceptor weapons such as CIWS, RAM, and SM-2 is essential. This study proposes an optimization strategy for weapon configuration under spatial constraints, aiming to maximize survivability against saturation missile attacks. Realistic constraints based on Aegis destroyer armament capacities and weapon-specific characteristics are applied. Monte Carlo simulations are conducted for each configuration to quantitatively evaluate the effectiveness of layered defense. The results provide insights into trade-offs among weapon quantities and identify optimal combinations feasible in real-world deployment.

**Key Words** : Layered Defense System(다층방어체계), Weapon Configuration Optimization(무장 조합 최적화), Naval Interceptor Weapons(해상 요격 무기)

#### 1. 서 론

현대 해군 작전 환경에서는 고속 다수의 적 미사일로부터 함정을 방어하기 위한 다층 방어체계(Multi-Layered Defense System)의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 함정 생존성은 민감성(susceptibility), 취약성(vulnerability), 복원성(recoverability)이라는 세 가지 구성 요소로 정의되며, 이들을 동시에 향상시키기 위한 전략으로 다층 방어 운용이 채택되고 있다<sup>1)</sup>. 특히, 근접방어체계, 단거리 함대공 유도무기, 중장거리 함대공 유도무기 등 사거리와 탐지·요격 방식이 상이한 다양한 요격 무장을 조합하여 계층적으로 구성함으로써 다양한 표적 유형에 효과적으로 대응하는 것이 가능하다<sup>2,3)</sup>.

미 해군은 이미 이러한 방어 전술을 Salvo 전투 개념과 함께 적용하고 있으며, 각 무장의 최소사거리, 요격 확률, 탑재량(magazine depth)과 같은 제약을 고려하여 생존성 기반 최적 운용 방안을 제시하고 있다<sup>4)</sup>. RAM 및 ESSM 계열 무기의 경우 근접 위협 대응에서 효율성이 높으며, 반면 SM 계열은 장거리 고도 위협에 효과적이지만, 고가의 비용과 제한된 VLS 탑재량을 고려해야 한다. 이러한 기술적 특성과 교전 환경의 불확실성은 무장 조합 최적화에 중요한 변수로 작용한다.

이와 같은 방어체계의 효과성을 높이기 위해, 표적에 대한 위협평가(Threat Evaluation) 및 무장할당(Weapon Allocation) 알고리즘에 관한 다양한 연구가 시도되어 왔다<sup>5)</sup>. 예를 들어, 거리, 속도, 고도 등을 기반으로 표적의 위협도를 산정하고, 무장 별 사거리 및 고도 범위를 고려하여 최적의 무장을 할당하는 알고리즘이 제안된 바 있다<sup>6)</sup>. 또한, GRASP나 동적계획법을 기반으로 한 무장할당 최적화 접근도 활발히 연구되어 왔으며<sup>7-9)</sup>, 일부는 실시간성 확보와 계산 복잡도 완화를 목적으로 설계되었다.

1) LIG넥스원 미사일시스템 체계종합연구소

(Missile Systems Institute, LIG Nex1, Korea)

\* Corresponding author, E-mail: kyounghwanjo@lignex1.com

Copyright © The Korean Institute of Defense Technology

Received : September 5, 2025 Revised : September 29, 2025

Accepted : September 30, 2025

하지만, 대부분의 기존 연구들은 다음과 같은 한계를 지닌다. 첫째, 무기체계 운용 상 핵심적인 요소 중 하나인 무장 수량의 현실적인 제약 조건이나 탑재량 범위를 임의로 단순화하였다. 둘째, 무장 운용 교리(예: S-L-S[Shoot-Look-Shoot], S-S[Shoot-Shoot] 등)에 따른 교전 절차상의 차이를 수치화하여 분석한 연구는 드물며, 실제 탑재 가능한 무기 수량 내에서 생존성을 극대화하는 조합을 도출한 사례는 부족하다. 셋째, 다층 방어체계 하에서 무기 조합의 변화가 전체 생존율에 미치는 정량적 영향을 평가한 체계적 연구는 매우 제한적이다.

이에 따라 본 논문에서는 실제 해군 함정, 특히 이지스 구축함에 탑재 가능한 근접방어체계, 단거리 및 중장거리 유도무기의 성능 제원 및 탑재 수량 한계를 현실적으로 반영하고, 제한된 무장 수량 내에서 생존율을 극대화할 수 있는 무기 조합을 탐색하는 최적화 전략을 제안한다. 이를 위해 무기별 요격 확률, 사거리, 고도 범위 등을 기반으로 한 Monte Carlo 시뮬레이션 수행하고, 다양한 무장 조합에 대한 생존 확률을 정량적으로 비교·분석하였다.

## 2. 무기체계 제원 및 제약 조건 분석

현대 해군의 다층 방어체계는 표적의 탐지 시점, 고도, 속도 및 사거리에 따라 상이한 특성을 지닌 무기체계를 계층적으로 배치하여 함정의 생존성을 극대화하는 개념이다. 본 장에서는 본 연구의 대상인 중장거리 함대공 유도무기(SM-2), 단거리 함대공 유도무기(RAM), 근접방어체계(CIWS)에 대한 제원 및 운용 제약사항을 정리하고, 이를 바탕으로 최적화 문제에 반영할 수 있는 수량 제약 조건과 교전 범위를 기술한다.

### 2.1 무기체계별 성능 제원

각 무기체계의 주요 성능제원은 다음 표 1과 같다. 수치는 공개되어 있는 문헌 기준으로 정리하였다<sup>1-4)</sup>.

표 1. 함정방어 무기체계 성능제원  
Table 1. Performance specifications of naval defense weapons

무기체계	사거리 (Km)	대응고도 (Km)	요격확률 (%)	최소교전 거리(Km)	운용방식
SM-2	90-170	< 20	0.85	약 5.0	명령+능동유도
RAM	1-9	< 3	0.70	0.5	능동유도
CIWS	0.5-1.5	< 2	0.50	0.2	레이더 자동추적 사격

### 2.2 무장 수량 및 탑재 제약 조건

각 무기체계는 실질적으로 함정 공간 제약, 무장창 용량, 사격 간격 제한 등의 물리적 한계를 가지며, 이러한 요소는 최적화 계산 시 주요 제약 조건으로 반영된다. 따라서 본 연구에서는 표 2와 같이 각 무기체계에 대해 현실적으로 투입 가능한 수량을 정수로 제한하였다.

표 2. 함정방어 무기체계의 탑재 수량 및 제약 조건  
Table 2. Loadout quantities and constraints of naval defense weapons

무기체계	탑재수량 (이지스함 기준)	연속교전 가능수량
SM-2	16~32발	1발/3초
RAM	21발/발사대 (1~2기)	동시대응 최대 2개표적
CIWS	1~2문 (6배럴 20mm)	약 1,000발/분

시뮬레이션 및 조합 최적화 과정에서는 다음 수식 (1)과 같이 탑재 수량 제약 조건을 사용한다.

$$\begin{aligned} 0 &\leq N_{SM2} \leq 32 \\ 0 &\leq N_{RAM} \leq 42 \\ 0 &\leq N_{CIWS} \leq 2 \end{aligned} \quad (1)$$

여기에서  $N_{SM2}$ ,  $N_{RAM}$ ,  $N_{CIWS}$  는 각각 SM-2, RAM, CIWS의 탑재 수량을 나타내며, 실제 함정 탑재 공간, 수직발사체계 슬롯 수, 무장 간 임무 분담 등을 고려하여 시뮬레이션에서는 이 범위를 벗어나는 조합은 제외하였다.

## 3. 수학적 모델 정립 및 제안 알고리즘

현대 해군의 다층 방어체계는 제한된 수량의 무장 자산을 활용하여 다수의 적 표적에 효과적으로 대응함으로써 함정의 생존율을 극대화하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 본 장에서는 무기-표적 간 할당 문제를 수학적으로 모델링하고, 시뮬레이션 기반 평가가 가능한 형태로 정리한다.

### 3.1 주요 가정

다음과 같은 가정 조건 하에서 다층방어 모델을 정립하였다.

- 모든 표적은 탐지되었고, 무장 사거리 내 존재
- 각 표적은 고유한 위협 수준과 파괴 확률 존재
- 모든 무장은 동종이며, 제한된 총 수량 존재
- 교전은 1단계 또는 2단계 수행, 교전 결과는 확률로 결정
- 다수 무기 동일 표적할당 가능, 잔여수량 제약 초과 불가

### 3.2 기본 무기-표적 할당 모델

기초 모델은 단일 단계에서 모든 무기를 표적에 할당하는 정수 비선형 최적화 문제로 정의된다. 이 모델은 초기 방어계획 수립에 활용되는 고전적 형태로, 특히 Manne에 의해 제안된 방어용 표적 배정 문제에서 기반을 차용하였다<sup>10)</sup>.

$$\min \sum_{i=1}^n v_i \cdot (1 - p_i)^{x_i} \quad (2)$$

여기에서  $i$ 는 표적의 인덱스,  $n$ 은 표적의 최대 수량,  $v_i$ 는 표적  $i$ 의 위협 수준,  $p_i$ 는 무기 1발이 표적  $i$ 를 파괴할 확률,  $x_i$ 는 표적  $i$ 에 할당된 무기 수량이다. 수식 (2)는 목적함수로 각 표적이 생존할 확률  $(1-p_i)^{x_i}$ 에 위협 수준  $v_i$ 를 가중하여, 전체 위협 기대치를 최소화한다.

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq w \quad (3)$$

$$x_i \in \mathbb{Z}_{\geq 0}, \forall i \in I$$

여기에서  $w$ 는 전체 무기 수량(제한조건)이며, 수식 (3)은 제약 조건이다.

기본 무기-표적 할당 모델은 정수 비선형 최적화 문제로, Branch and Bound 기법 또는 LINGO와 같은 Solver로 해를 도출할 수 있다.

### 3.3 확장 모델 : 2단계 동적 무기 할당

기본 모델의 한계를 보완하기 위해 사격 후 잔존 표적에 대해 재할당을 고려한 2단계 동적 계획 기반 모델을 제안한다.

$$\min_{x,r} E[B(n(x^*(r)))] \quad (4)$$

여기에서  $r$ 은 예비 무기 수량(1단계 이후 남은 수량),  $x^*(r)$ 는 예비 수량  $r$ 에 따른 최적 1단계 무기 할당,  $n(x^*(r))$ 은 1단계 교전 이후 생존한 표적 집합,  $B(n(x^*(r)))$ 는 해당 표적의 위협값의 합,  $E$ 는 기댓값이다. 수식(4)는 1단계 할당 이후 생존하게 될 표적들의 위협 합에 대한 기댓값을 최소화하는 것을 목표로 하며, 아래 수식 (5)는 제약 조건이다. 기댓값 기반 시뮬레이션을 통해 기대 성능을 산출하고, 고속 표적 방어 전술의 실전 적용성을 분석한 사례<sup>[2]</sup>를 참고하여 모델을 수립하였다.

$$\sum_{i=1}^n x_i + r \leq w \quad (5)$$

$$x_i, r \in \mathbb{Z}_{\geq 0}$$

2단계 동적 무기 할당 모델은 확률적 잔존 집합에 대한 동적 계획(DP) 기반 해법이 필요하며, 본 연구에서는 Monte Carlo 반복을 통해 잔존 표적 집합을 추정하고 이에 따라 무장 재분배를 수행한다.

## 4. 시뮬레이션 구성 및 실험 조건

### 4.1 시뮬레이션 목적

본 연구의 시뮬레이션은 다음의 두 가지 목적을 달성하기 위해 수행된다.

1) 무기-표적 할당 전략에 따라 함정 다층 방어체계가 다양한 표적 수에 대해 어떤 함정 생존확률을 보이는지 평가

2) 무장 수량 제약 조건 하에서의 조합(CIWS, RAM, SM-2)을 다양하게 설정하고, 그에 따른 생존율 및 탄약 효율성 분석

이를 통해, 실질적인 무장 배치 최적화와 실전 적용 가능성 있는 운용 전략을 제시하는 것을 목표로 한다.

### 4.2 무장 제원 및 탑재 수량 설정

시뮬레이션에 사용된 무기체계는 다음 세 가지로 구성된다.

- SM-2 (중장거리 함대공 유도무기)
- RAM (단거리 함대공 유도무기)
- CIWS (근접방어체계)

각 무기체계의 성능제원은 표 1에서 제시한 수치를 반영하고, 탑재 수량은 표 2에 기반하여 표 3과 같이 가정하였다.

표 3. 무기체계 탑재 수량 설정

Table 3. Loadout configuration of weapon systems

무기체계	최소 탑재	최대 탑재	기본설정
SM-2	8 발	32 발	24 발
RAM	21 발	42 발	21 발
CIWS	1 문	2 문	2 문

### 4.3 표적 시나리오 구성

대함유도탄(Anti-Ship Missile, ASM)을 가정한 고속 침투 표적 시나리오를 표 4와 같이 설정하였다.

표 4. 표적 시나리오 조건 및 변수 설정

Table 4. Target scenario parameters and conditions

요소	설정
표적 수	10, 15, 20, 25, 30개
표적별 위협도	[1.0, 2.0] 구간에서 균등 분포
무기별 요격 확률	SM-2 : 0.85, RAM : 0.7, CIWS : 0.5
접근 속도	300 ~ 700 m/s
접근 각도	±45도 범위에서 균일 분포

### 4.4 시뮬레이션 절차 및 알고리즘 흐름

시뮬레이션은 다음과 같은 흐름으로 구성된다.

- 지정된 수량만큼 표적 생성/위협도 할당
- 주어진 무장 수량 하에서 무기 종류별 할당
- 무기-표적 간 최적 할당 수행
- 각 표적에 대해 요격 성공 여부 확률적 판정
- 생존한 표적 수 및 누적 위협도 집계
- 위 과정을 반복하여 평균 생존 확률 도출

4.5 반복 조건 및 평가 지표

시뮬레이션 조건 및 지표는 표 5와 같다.

표 5. 시뮬레이션 반복 조건 및 평가 지표  
Table 5. Simulation iteration settings and evaluation metrics

항목	설정
Monte Carlo 반복 수	1,000 회
평가 지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>함정 생존율(Survivability)</li> <li>무기 사용량(Usage)</li> <li>남은 위협도(Residual threat level)</li> </ul>

5. 시뮬레이션 결과 분석 및 무장 배치 전략 도출

5.1 시뮬레이션 결과 요약

본 장에서는 1장에서 제기한 연구 목적에 따라, 4장에서 구성된 시뮬레이션 모델을 기반으로 도출한 결과를 기술하고, 이를 바탕으로 함정의 무장 배치 전략을 제안한다. 시뮬레이션은 총 1,000회의 Monte Carlo 반복 실험을 통해 수행되었으며, 표적 수 변화에 따른 함정 생존율, 무기 사용량, 잔여 위협도 등을 종합적으로 분석하였다.

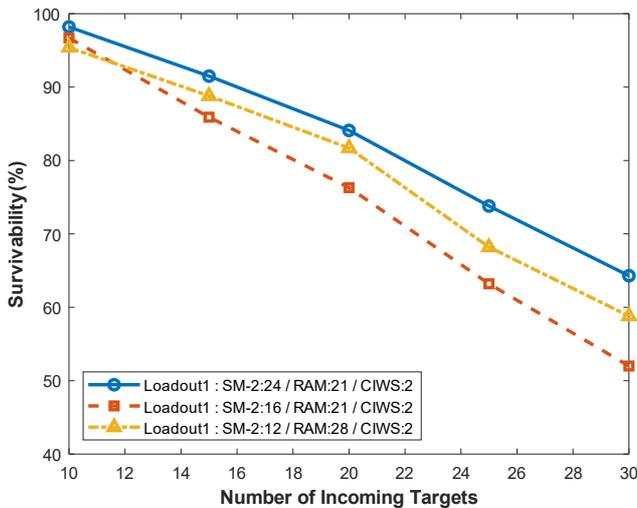


그림 1. 표적 수 증가에 따른 무장 조합별 함정 생존율

Fig. 1. Survivability of naval platform by weapon loadout and number of targets

그림 1은 세 가지 대표적인 무장 조합에 대해 표적 수가 증가함에 따라 함정 생존율이 어떻게 변화하는지를 나타낸다. 조합 1(Loadout1)은 SM-2 중심이며, 조합 2는 중간 수준의 SM-2 감축안, 조합 3은 RAM의 비중을 강화한 구성이다. 전반적으로 조합 1이 가장 우수한 함정 생존율을 보이며, 표적 수가 증가함에 따라 RAM이 강화된 조합 3의 함정 생존율이 조합 2 대비 향상됨을 확인할 수 있다.

5.2 무기 효율성 분석

본 절에서는 무기체계별 효율성을 정량적으로 비교하기 위해, 각 무기 1발당 제거한 평균 위협량을 산출하였다. 이 값은 Kill Efficiency로 정의되며, 그림 2에 나타난 바와 같이 SM-2가 가장 높은 효율성을 보인다.

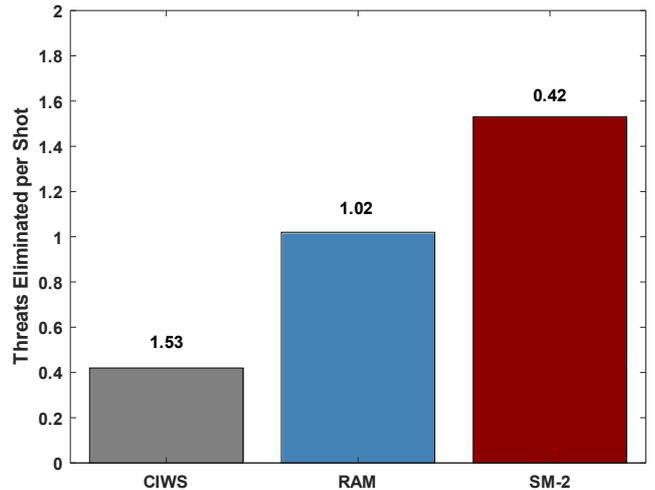


그림 2. 무기 종류별 1발당 위협 제거량

Fig. 2. Kill efficiency per weapon type

해당 결과는 SM-2가 정밀한 타격 능력을 통해 제한된 수량으로도 높은 파괴력 발휘가 가능함을 시사한다. 반면, RAM은 다수 운용 시 전체적인 기여도가 크고, CIWS는 최종 방어단계의 보완 수단으로 기능함을 확인할 수 있다.

5.3 표적 수에 따른 무기 사용량 변화

무장 시스템의 사용량은 함정의 생존성뿐만 아니라 실전에서의 지속교전 능력에도 직결된다. 그림 3은 표적 수 증가에 따른 무기별 평균 사용량을 도시한 것으로, 표적 수가 많아질수록 RAM과 CIWS의 사용 빈도가 크게 증가함을 보여준다.

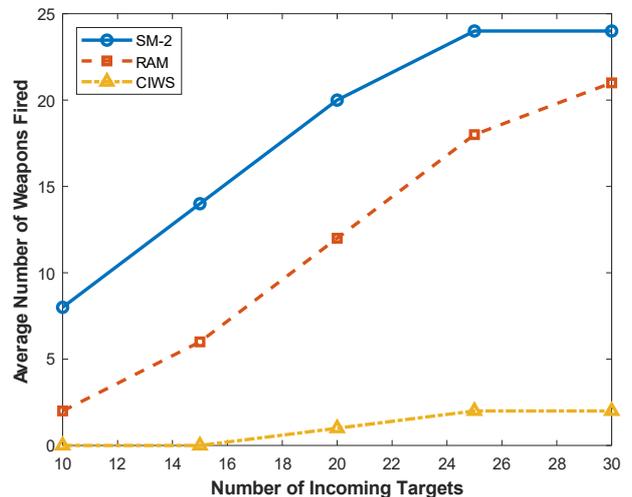


그림 3. 표적 수 증가에 따른 무기 사용량 변화

Fig. 3. Weapon usage by target quantity

SM-2는 대부분의 시나리오에서 조기 소진되며, RAM과 CIWS가 그 뒤를 이어 사용되는 양상이 관찰된다. 이는 다층 방어체계 내 무기 간 역할 분담과 단계별 운용이 자연스럽게 발현됨을 의미한다.

5.4 무장 조합별 잔여 위협도 분석

생존을 외에도 교전 후 잔존하는 표적의 위협도는 함정이 직면할 피해의 심각성을 반영하는 핵심 지표이다. 그림 4는 조합별로 표적 수가 증가할 때의 누적 잔여 위협도를 비교한 것이다.

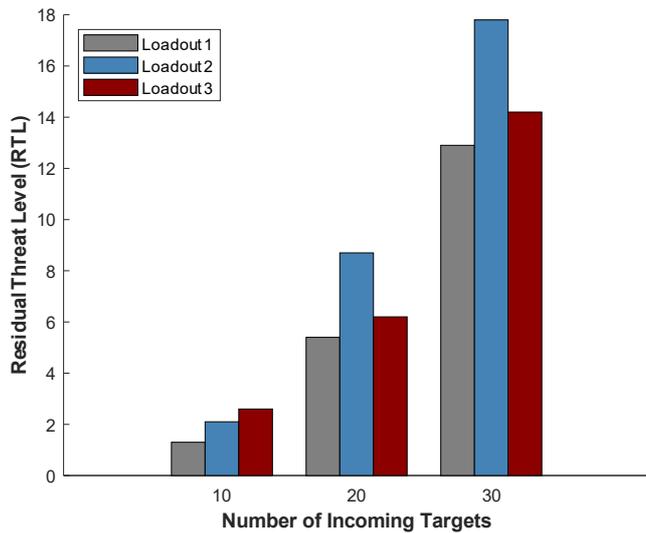


그림 4. 무장 조합별 잔여 위협도 비교  
Fig. 4. Residual threat level by weapon loadout

RAM의 비중을 높인 조합 3은 표적 수가 많아질수록 오히려 잔여 위협도를 상대적으로 낮게 억제하는 결과를 보였다. 이는 장거리 유도무기의 한계를 보완하는 RAM의 분산요격 효과를 수치적으로 증명한 결과로 해석할 수 있다.

5.5 무장 배치 전략 도출

시뮬레이션 결과를 종합하면, 무기체계 간 단순 비교를 넘어 전술적 역할 분담과 적시 운용 전략이 중요하다는 결론에 도달할 수 있다.

표 6. 표적 수 및 제약 조건에 따른 권고 무장 조합  
Table 6. Recommended weapon loadout by target count and deployment constraints

운용 시나리오	권고 무장 조합 (SM-2 / RAM / CIWS)	기대 생존율
일반(≤20개 표적)	24 / 21 / 2	≥ 84%
다수표적(≥25)	12 / 28 / 2	≥ 68%
공간 제한형 구성	12 / 21 / 1	≤ 60%

표 6과 같이 조합 선택은 단순 성능이 아니라, 운용 환경(공간, 탄약고 한계, 임무 특성)에 따른 맞춤 설계가 핵심이다. 또한 RAM 중심 조합은 전술 유연성, 재장전 속도, 공간 대비 효과 측면에서 실용적 대안이 될 수 있다.

5.6 요약 및 시사점

본 장에서는 현실적인 함정 무장 탑재 제약 하에서 함정 다층 방어체계의 운용 전략을 시뮬레이션 기반으로 분석하였다. 결론적으로 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있었다.

- 무기 간 단계적 운용은 생존율과 위협 억제에 유리
- SM-2는 제한된 수량으로 고효율 요격에 적합하나, 보완 수단 필요
- RAM은 SM-2의 한계를 메우는 핵심 구성요소이며, 분산 대응 능력에서 강점
- CIWS는 생존성 극대화를 위한 최후 방어선으로 필수적

이러한 결과를 바탕으로, 향후 연구와 실무 적용에서는 다음과 같은 방향이 요구된다.

- 국내 무기체계 적용 확대 : CIWS-II, 해공, 함대공유도탄-II 와 같은 신형 무기체계 성능을 본 연구의 시뮬레이션 프레임워크에 통합하여, 실제 전력 설계와 운용 교리 반영
- 복합 위협 환경 반영 : 전자전(EW) 교란, 포화 공격, 기만 표적 등 현실적 변수를 고려한 고도화된 시뮬레이션 필요
- 협업 방어 모델 확장 : 단일 함정 방어를 넘어 다함정 연합 전력 차원의 무장 배치 최적화로 연구 범위 확대
- 비용-효과 분석 통합 : 생존을 뿐만 아니라 비용, 탑재 공간, 재장전 제약 등을 함께 고려하여, 정책적 의사결정에 기여할 수 있는 최적 무장 조합안 도출

6. 결 론

함정의 생존성을 결정짓는 핵심 요소 중 하나는 다수의 대함 표적에 대응할 수 있는 효율적인 다층방어 운용전략이다. 본 연구에서는 대표적인 함정 방어무기인 SM-2, RAM, CIWS를 대상으로 다층방어 구조에서의 무장 배치 전략을 Monte Carlo 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 우선 각 무기체계의 탑재 가능 수량, 요격 확률, 대응 범위 등 주요 성능 제약을 기반으로 방어 모델을 수립하였고, 이 모델에 대해 다양한 무장 조합 및 표적 수 시나리오를 설정하여 생존율, 위협 제거 효율성, 무기 사용량, 잔여 위협도 등을 평가하였다. 시뮬레이션 결과, 다음과 같은 주요 결론을 도출하였다.

첫째, 무장 간 단계적 운용은 함정 생존율 향상에 유효하며, 함정 다층 방어구조의 전략적 설계 필요성을 시사한다. 둘째, SM-2는 고위협 요격에 적합하지만 제한된 수량 문제로 인해, RAM 및 CIWS와의 조화로운 운용이 중요하다. 셋째, RAM 비중을 강화한 무장 조합은 표적 수가 많은 시나리오에서 잔여 위협도와 생존율 모두에서 우수한 성능을 나타냈다. 넷째, CIWS는 최후방 방어 수단으로서 생존율 극대화에 기여하는 필

수적 구성요소로 확인되었다.

이러한 분석을 기반으로 본 연구는 표적 수 및 공간 제약 조건에 따라 권고되는 무장 조합을 제안하였으며, 실제 전력 설계 시 무장 구성의 유연성 확보와 역할별 분산 운용 전략이 중요함을 확인하였다.

특히 본 연구의 분석 모델과 결과는 국내개발 함정방어 무기체계인 함대공유도탄-II, 해궁, CIWS-II 등의 최적 탑재 수량 결정 및 전술 운용 전략 수립에 유용하게 활용될 수 있다<sup>[10]</sup>. 이들 국내 무기체계의 요격 능력, 운용 범위, 사격 제약 조건 등을 본 논문의 시뮬레이션 프레임에 통합함으로써, 국내 함정 전투체계에 최적화된 다층방어 운용 방안을 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

향후에는 본 연구의 모델을 고도화하여, 표적의 기만·분산 기동, 전자전 환경 하 성능 저하, 다함정 협업 교전 등 보다 현실적인 전장 환경을 반영한 복합 시뮬레이션으로 확장할 수 있다. 또한 비용-효과 분석과의 통합을 통해 최적 무장 탑재 전략에 대한 정책적·경제적 근거 제시로도 발전이 가능할 것이다.

## References

- [1] United States Government Accountability Office, "Littoral Combat Ship: Knowledge of survivability and lethality capabilities needed prior to making major funding decisions," GAO, 2015.
- [2] A. E. Opcin, "Modeling anti-air warfare with discrete event simulation and analyzing naval convoy operations," M.S. thesis, Naval Postgraduate School, 2016.
- [3] M. Gunzinger and B. Clark, "Winning the Salvo Competition: Rebalancing america's air and missile defenses," Center for Strategic and Budgetary Assessments(CSBA), 2016.
- [4] Whitefleet, "The SM-2, SM-3, SM-6, ESSM, and RAM: A guide to US naval air defense missiles," Whitefleet Publications, 2016.
- [5] M. Yoon, "A weapon assignment algorithm for rapid reaction in multi-target and multi-weapon environments," The Journal of the Korea Contents Association, v.18, n.8, pp. 118-126, 2018.
- [6] S. Lee, I. Lee, C. Han and B. Na, "Proposal of the threat assessment and weapon-target allocation for multiple high speed target in naval combat management system," Journal of the Korea Society for Naval Science & Technology, vol. 7, no. 1, pp. 66-71, 2023.
- [7] K. Park, T. Kang, C. Ryoo and Y. Jung, "GRASP algorithm for dynamic weapon-target assignment problem," J. Korean Soc. Aeronaut. Space Sci., vol. 47, no. 12, pp. 856-864, 2019.
- [8] S. Baik and S. Jo, "Optimal weapon-target assignment models in weapon data link using dynamic programming," Journal of the Military Operations Research Society of Korea, vol. 49, no. 2, pp. 60-69, 2023.
- [9] S. Lee, "Polynomial-time greedy algorithm for anti-air missile assignment problem," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), vol. 19, no. 3, pp. 185-191, 2019.
- [10] A. Manne, "A target-assignment problem," Operations Research, vol. 6, no. 3, pp. 346-351, 1958.
- [11] H. Park, "Optimal interface design between short-range air defense missile system and dissimilar combat systems," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, vol. 18, no. 3, pp. 260-266, 2015.