

Received: 2024/11/24
Revised: 2024/11/30
Accepted: 2024/12/20
Published: 2024/12/31

***Corresponding Author:**

Inhyuck Hwang

Dept. of Naval Architecture, Republic of Korea Naval Academy

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

Tel: +82-55-907-5322

E-mail: ih.hwang@navy.ac.kr

함포 급탄체계 자동화 시뮬레이션

Simulation of Naval Gun Ammunition Handling System Automation

황인혁*

해군사관학교 조선공학과 부교수

Inhyuck Hwang*

Associate professor, Dept. of Naval Architecture, ROK Naval Academy

Abstract

함포 급탄체계를 효율적으로 운영하기 위해서는 최적의 인력배분이 필요하다. 전통적인 인력 관리는 주로 경험과 관습에 의존해 왔다. 그러나 기술의 발전으로 이제 시뮬레이션 분석과 같은 도구를 사용하여 보다 과학적인 접근 방식이 가능하다. 본 연구에서는 기존의 급탄체계와 자동 급탄체계를 비교하여 자동화를 통해 달성할 수 있는 인력 절감 가능성을 평가하였다. 그 결과는 향후 신형 군함 개발 과정에서 인력 감축에 대한 대안을 제시할 수 있을 것이다.

In order to efficiently operate the naval gun ammunition handling system, optimal manpower distribution is necessary. Efficient operation of The ammunition handling system of naval guns requires the optimal allocation of personnel. Traditional manpower management has largely relied on experience and convention. However, advancements in technology now enable a more scientific approach using tools such as simulation analysis. This study compares the conventional ammunition handling system with an automated ammunition handling system, evaluating the potential manpower reduction achieved through automation. The results of this study may provide an alternative to manpower reduction in the process of developing new warships in the future.

Keywords

함포(Naval Gun),
함포 급탄(Naval Gun Ammunition Handling System),
모델링과 시뮬레이션(Modeling and Simulation),
운영 최적화(Operation Optimization)

Acknowledgement

이 논문은 해군사관학교 해양연구소의 연구비 지원을 받아 수행한 연구 결과임(과제명: 함포 급탄체계 시뮬레이션).

1. 서론

현대 해군 전력의 핵심은 첨단 기술과 효율적인 인력 운영의 결합에 있다. 함정의 전투 효율성을 극대화하기 위해서는 무기 시스템과 같은 주요 장비를 효과적으로 운영할 수 있는 최적의 승조원 수를 설정하는 것이 필수적이다. 그러나 해군 함정의 승조원 구성은 제한된 자원과 공간, 임무의 다양성, 무기 시스템의 복잡성 등 여러 가지 제약 요인을 고려해야 하므로 단순하지 않은 문제이다.

특히, 함정의 주요 무기 시스템인 함포의 급탄체계는 전투 상황에서 중요한 역할을 하며, 이를 효과적으로 운용하기 위해서는 인력의 효율적인 배치와 역할 분담이 필요하다. 기존의 인력 배치는 경험과 관행에 의존하는 경우가 많았으나, 오늘날과 같은 기술 발전 시대에는 시뮬레이션과 같은 분석 기법을 통해 보다 과학적이고 체계적인 접근이 가능하다.

본 연구에서는 기존의 함포 급탄체계와 자동 급탄체계를 비교 분석하고 시뮬레이션을 통해 자동 급탄체계 적용을 통해 얻을 수 있는 인력 절감 효과를 확인하고자 한다. 본 논문은 다음과 같은 구조로 구성된다. 먼저, 관련 선행 연구를 검토하여 함정 운용 효율화를 위한 선행 연구의 방향을 확인한다. 이후, 함포 급탄 과정을 분석하여 기존의 급탄체계와 자동 급탄체계의 시뮬레이션 모델을 작성하고 시뮬레이션을 수행한다. 마지막으로, 시뮬레이션 결과를 바탕으로 자동 급탄체계 적용의 타당성과 한계를 논한다.

2. 관련 연구 현황

기존 방식을 개선하는 많은 연구가 그러하듯 인력 운용과 관련

한 연구는 현재의 인력 운용 방법에 대한 분석을 수행하고, 기존 방법의 개선 방안에 대해 연구한 다음 개선 효과를 확인하는 순서로 진행된다.

현재의 함정 인력 운용과 관련한 최근의 연구로, 기존 운용 중인 함정들의 승조원 수를 활용하여 함정의 승조원 수를 추정하는 방법을 제안한 연구가 수행되었다[1]. 통계적 분석 방법인 회귀분석을 활용하여 함정의 승조원 수를 추정하는 식을 개발하여, 신규 함정 개발 시 개념설계 단계에서 초기 승조원 수를 계산하기 위한 방법을 제안하였다.

시뮬레이션을 통해 기존의 운용 방식을 분석한 연구로 함정 내 승조원들의 배식 과정을 시뮬레이션하여 분석하고 개선 방향을 제안한 연구가 있다[2,3]. 현재 함정에 배치된 승조원과 배식 공간에 대한 제약 조건 하에서 배식 대기 시간을 최소화하기 위한 운용 방법을 시뮬레이션과 최적화 방법을 활용하여 제안하였다.

선박 및 함정 분야에서 자동화 기술을 적용을 검토한 최근의 연구들은 주로 사물 인식 기술을 적용하여 견시 임무를 대체하는 연구였다. 무인수상정에 적용하기 위해 대표적인 영상기반 사물인식 알고리즘인 YOLO를 활용한 연구가 수행되었다[4]. 사물을 인식한 이후 지속적으로 추적하기 위한 연구로 항만에서 운항하는 선박들을 자동 추적하는 견시 시스템과 관련한 연구도 수행되었다[5]. 이처럼 기존에 사람이 수행했던 작업을 자동화하기 위한 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

본 연구에서는 이러한 연구 추세에 따라 자동화 기술을 함포 급탄체계에 적용했을 때 효과를 시뮬레이션을 통해 확인하고 그 효과를 최대화하기 위한 방법을 제안하고자 한다.

3. 기존 함포 급탄체계

함포에서 발사하는 포탄은 실제 발사되어 공격 목표를 향해 날아가는 사출탄과 사출탄을 발사하는 추진력을 생성하기 위한 장약으로 구성되어 있다. 이러한 포탄은 탄약고에 사출탄과 장약이 분리된 상태로 보관한다.

함포 급탄체계는 탄약고에 보관된 사출탄과 장약을 결합하여 함포에 장전하는 모든 과정을 의미한다. 권총이나 소총을 예로 들면 총알이 들어있는 탄창을 교환하는 과정으로 생각할 수 있다. 함포의 경우 여러 종류의 포탄을 발사할 수 있으며 포탄의 크기가 크고 중량이 무겁기 때문에 여러 단계를 거쳐서 장전이 이루어진다.

Fig. 1은 현재 많은 함정에서 운용되고 있는 5인치 함포의 구조도이다. 상갑판 외부에 노출되어 포탄을 발사하는 포탑과 갑판 아래에서 탄약을 장전하는 하부 구조물로 구성되어 있다. 하부 구조물은 다시 비상시 장전을 위한 상부 장전구역과 상시 장전을 위한 하부 장전구역으로 나뉘어진다[6].

상부 장전구역은 상비탄약고에 위치하며 함포의 탄창 역할을 수행하는 장전드럼이 설치되어 있다. 5

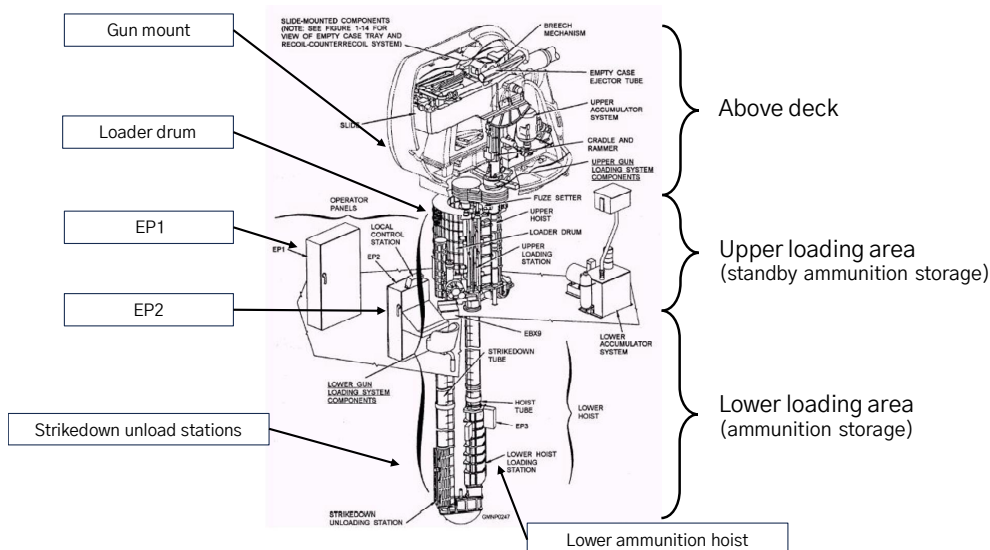


Fig. 1. Configuration of naval gun[6]

인치 마크 45 함포의 경우 장전드럼에 20발의 탄약을 장전할 수 있다. 하부 장전구역은 탄약고에 위치하며 탄약고에서 투입한 탄약을 장전드럼으로 이송하여 장전하거나 장전된 탄약을 장전해제하는 역할을 수행하는 양탄기가 설치되어 있다.

Fig. 2는 상시 및 비상시에 탄약을 장전하는 과정에서 탄약이 이동하는 경로를 보여준다. 상시에는 1번 경로와 같이 탄약고에 보관된 사출탄과 장약을 결합하여 인양장전스테이션을 통해 장전드럼에 장전한다. 이때 EP3 콘솔에 장전하는 사출탄의 종류를 입력하여 여러 종류의 탄약의 장전이 가능하다. 비상시에는 양탄기를 이용하지 않고 2번 경로를 따라 상비 탄약고에서 장전드럼에 직접 장전을 수행한다.

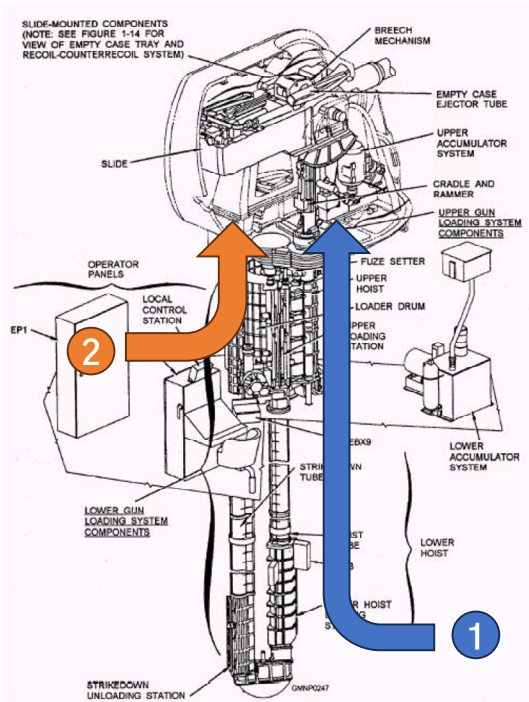


Fig. 2. Ammunition supply route

4. 함포 자동 급탄체계

앞에서 설명한 급탄체계는 자동과 수동이 결합된 반자동 급탄체계이다. 탄약고에서 사출탄과 장약을 이동시켜 양탄기에 공급하는 과정과 상비탄약고에서 장전 드럼에 직접 탄을 장전하는 과정만 수동으로 진행되고 나머지 모든 과정은 자동화 장비를 통해 수행된다. 장전드럼에 장전된 탄약을 발사하는 과정 역시 사람의 개입 없이 자동으로 진행된다. 따라서 함

포 자동 급탄체계는 탄약고에 저장되어 있는 사출탄과 장약을 양탄기에 공급하는 과정을 자동화한 체계이다.

Fig. 3는 BAE 시스템에서 제작한 함포 자동급탄체계의 구성도이다. 그림의 오른쪽에 위치한 포탑, 장전드럼, 양탄기는 기존의 함포와 정확히 일치한다. 추가된 장치는 보충스테이션, 탄약적재모듈, 탄약서틀이다. 탄약적재모듈은 탄약을 보관하는 장치로 사출탄과 장약이 결합된 상태로 탄약을 보관한다. 탄약서틀은 탄약을 이동시키는 장비로 보충스테이션을 통해 공급된 탄약을 탄약적재모듈에 보관하거나 탄약적재모듈에 보관된 탄약을 양탄기로 이동시키는 역할을 수행한다.

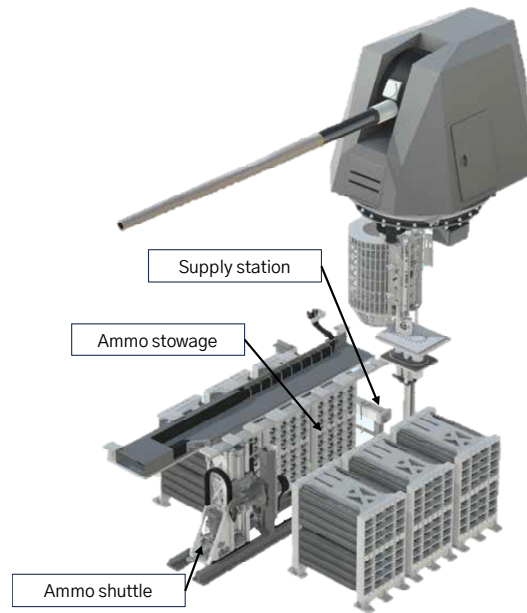


Fig. 3. Ammunition handling automation system

현재 함포 운영 방식에 따르면 자동 급탄체계 설치를 위해서는 추가 장치가 필요하다. 양탄기의 경우 일반적으로 탄약고에 설치되는데 탄약고에는 양탄기 외의 추가 장비의 설치가 제한되어 있다. 따라서 탄약적재모듈을 포함한 모든 자동화 장비들이 탄약고와 분리되어야 한다.

Fig. 4는 자동 급탄체계를 함정의 갑판 구조와 함께 나타낸 그림이다[7]. 탄약고를 급탄체계 아래에 배치하고 탄약고에서 승강기를 통해 탄약을 이동하여 탄약적재모듈에 공급하는 구조로 설치해야 하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 설치 방식은 운용상에

비효율을 가져오지만 자동 급탄장치의 적용 효과가 더욱 크다면 활용이 가능할 것이다.

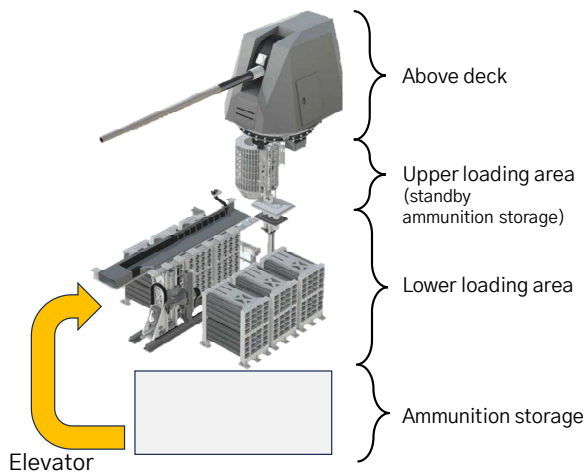


Fig. 4. Layout of ammunition handling automation system[7]

5. 함포 급탄체계 시뮬레이션

함포 자동 급탄체계의 적용 가능성을 확인하기 위해 기존의 함포 급탄체계와 자동 급탄체계에 대한 시

뮬레이션을 수행하였다. 기존 급탄체계는 크게 탄약고 양탄기 장전드럼 포탑으로 구성되어 있고 함포의 사양 정보에 따르면 장전 작업에 5명의 인원이 필요한 것으로 알려져 있다. 장전임무 지휘 1명과 상비 탄약고 상주 1명을 제외한 3명의 장전수가 양탄기를 통한 급탄작업을 수행하는 것으로 가정하고 시뮬레이션 모델을 작성하였다.

작성된 시뮬레이션 모델은 Fig. 5와 같다. 양탄기, 장전드럼, 포탑은 각각 장비의 제원 정보를 기준으로 자동으로 작동하며, 실제 장전수가 임무를 수행하는 구간은 탄약고에서 양탄기로 탄약을 공급하는 구간이다.

Fig. 6는 자동 급탄체계에 대한 시뮬레이션 모델이다. 기존의 급탄체계에서 탄약고와 양탄기 사이에 자동 급탄체계를 추가로 모델링하였다. 자동 급탄체계는 탄약적재모듈과 탄약셔틀로 구성되어 장전수가 탄약을 공급하면 탄약적재모듈에 탄약을 보관하고, 장전드럼에 탄약의 장전이 필요할 때에는 탄약셔틀이 탄약적재모듈에 보관된 탄약을 자동 장전한다. Table 1은 시뮬레이션 구성요소들의 성능과 관련하여 입력된 제원 정보이다.

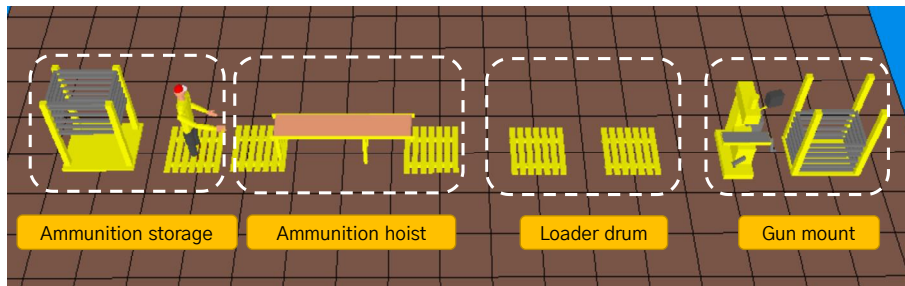


Fig. 5. Simulation model of current ammunition handling system

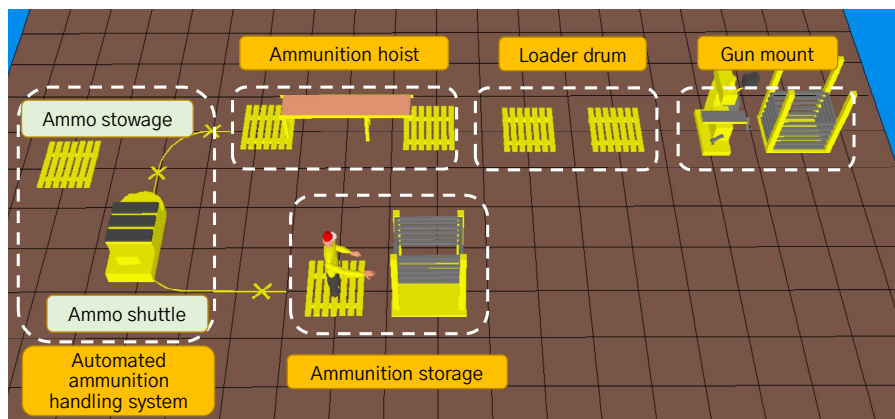


Fig. 6. Simulation model of ammunition handling automation system

Table 1. Simulation component specifications

Component	Specification	
	Type of spec.	Value
Ammunition storage	Capacity	300 rounds
Ammunition hoist	Supply speed	5 sec/round
Loader	Loading speed	40 sec/round
Load drum	Rounds in gun	20 rounds
Naval gun	Rate of fire	20 rounds/min
Ammo shuttle	Supply speed	10 sec/round
Supply station	Supply speed	40 sec/round
Ammo stowage	Capacity	128 rounds

6. 시뮬레이션 결과 분석

기존의 급탄체계 모델과 자동 급탄체계 모델 모두 탄약고의 모든 탄약을 소진할 때까지 지속적으로 함포를 발사하는 것으로 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과는 함포의 기능을 나타내는 함포 가동율과 작업자의 부하를 나타내는 장전수의 작업부하율을 기준으로 분석하였다.

기존 급탄 방식의 함포 가동율은 평균 9.4 %의 결과가 나왔고 자동 급탄체계의 함포 가동율은 평균적으로 16 %가 기록되었다. 이는 자동 급탄체계를 사용할 경우 기존 방식에 비해 함포의 효율이 약 60 % 정도 증가하는 것으로 생각할 수 있다. 하지만 9.4 %와 16 % 모두 높은 효율이 아니고, 실제 함정 운용에서 탑재된 모든 탄약을 쉬지 않고 발사하는 상황을 일반적인 운용 형태로 보기 어렵기 때문에, 함포의 운용 효율만으로 자동 급탄체계의 적용 결과가 우수하다고 판단할 수 없었다.

장전수의 작업부하율도 Table 2와 같이 자동 급탄체계의 결과가 약 10 % 가량 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 배치된 장전수의 수가 차이가 나는 이유는 시뮬레이션 모델에서는 생략되었지만 탄약고와 자동 급탄체계의 갑판 위치가 분리되면서 승강기 작동요원 2명이 배치되었기 때문이다.

작업부하율 결과에서 확인할 수 있는 특별한 결과는 기존 급탄방식에서 장전수3(Loader3)의 부하율이 특히 낮은 것이다. 이는 급탄 과정의 병목 현상이

사출탄과 장약의 운반보다 탄약을 결합하여 양탄기에 투입하는 과정에 있기 때문으로, 양탄기에서 병렬 작업을 할 수 없기 때문에 1명 이상의 장전수가 반드시 대기하는 문제가 발생하였다. 이는 자동 급탄체계에서 보충스테이션을 통해 탄약을 공급하는 과정에서도 똑같이 발생하는 문제이지만 배치된 장전수가 2명이라 부하가 적절히 분산되었다. 따라서 사람이 탄약을 공급하는 과정은 2명의 인원으로 충분히 운용할 수 있으며 자동 급탄체계를 활용할 경우 장전수의 부하가 10 % 정도 절감되는 효과를 볼 수 있었다. 하지만 이는 자동 급탄체계를 설치하기 위한 비용 및 공간을 고려했을 때 충분한 효과로 보기는 어렵다. 따라서 현재의 급탄체계를 유지하는 것이 더 나은 선택으로 판단된다.

Table 2. Results of ammunition system simulation

Ammunition handling system		Workload (%)
As-Is model	Loader1	61
	Loader2	60.9
	Loader3	0.3
Automated model	Loader1	50.1
	Loader2	19.9

이러한 결과가 나오는 원인은 크게 두 가지로 분석할 수 있다. 첫 번째 원인은 탄약고와 탄약적재모듈의 갑판 분리로 인한 승강기의 사용이다. 이로 인해 추가 공간과 승강기를 운용할 인원이 필요하다. 두 번째 원인은 탄약적재모듈의 적재수량과 함정에 탑재된 탄약 수량의 차이이다. 자동 급탄체계의 경우 탄약적재모듈에 적재된 탄약에 한해 완전자동화를 수행할 수 있다. 하지만 탄약적재모듈의 탄약을 소진한 후에는 인력을 사용하여 탄약을 공급해야 한다. 따라서 함정에 탑재된 모든 탄약을 탄약적재모듈에 탑재할 수 있다면 함포 급탄 임무를 완전 자동화하여 높은 수준의 인력 절감 효과를 얻을 수 있을 것이다.

7. 결론

본 연구에서는 함포 자동 급탄체계를 적용했을 때

인력 절감 효과를 기존의 급탄체계와 비교하여 분석하였다. 이 과정에서 급탄체계에 대한 분석 및 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 통해 현재의 탑재 탄약 및 함포 운용 상황에서는 자동 급탄체계를 적용했을 때 인력 절감 효과가 10 % 이내로 크지 않은 것을 확인할 수 있었다. 또한 자동 급탄체계의 적용 효과를 높이기 위해서는 탄약전재모듈의 적재수량과 관련한 추가적인 개선이 필요함을 확인하였다.

본 연구의 결과는 향후 개발될 신규 함정에 새로운 자동화 기술을 적용하는 과정에서 활용이 가능할 것으로 생각한다.

참고문헌

- [1] Inha Hwang, "A Study on a Manpower Forecasting Model for Naval Ships," *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, 2019, 56(6), pp. 523-531.
- [2] Daekyun Oh, "A Simulation Case Study of Congestion Assessment for Validation of Naval Ship's Operability Performance in a Crew Mess Room," *Journal of the Korea Society for Simulation*, 2010, 19(4), pp. 31-41.
- [3] Zhang Yu, "A Study of Optimal Groups-distribution Plan Using the Simulation of Food Distributing Operation in Naval Ship," *Korean Journal of Computational Design and Engineer*, 2019, 24(2), pp. 152-160.
- [4] Junhee Lee, "Marine Ship Detection based on Enhanced YOLOv7 for Unmanned Surface Vehicles," *Journal of KIIT*, 2024, 22(2), pp. 9-20.
- [5] Kiuk Kim, "The Construction of the Automatic Object Targeting System for Sailing Lookout," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 2013, 17(7), pp. 1583-1588.
- [6] MK45, BAE Systems, <https://www.baesystems.com>
- [7] Ammunition Handling System, BAE Systems, <https://www.baesystems.com>
- [1] Inha Hwang, "A Study on a Manpower Forecasting Model for Naval Ships," *Journal of the Society of Naval Architects of*