



Received: 2024/10/23
Revised: 2024/11/02
Accepted: 2024/11/26
Published: 2024/12/31

*Corresponding Author:

Jonu Lee

System Analysis Center, Force Analysis Test
Evaluation Group, ROK Navy
663, Gyeryongdae-ro, Sindoan-myeon, Gyeryong-si,
Chungcheongnam-do 32800, Republic of Korea
Tel: +82-42-553-7254
E-mail: jonulee@gmail.com

시뮬레이션을 활용한 항만경비정 (HP) 임무 수행률에 관한 연구

A Study on the Mission Effectiveness Rate of Harbor Patrol Using Simulation

이전우^{1*}, 김성우², 조윤철³

¹해군 5급/해군 전력분석시험평가단 기뢰전/상륙함전력소요분석담당

²해군 중령/해군 전력분석시험평가단 소요분석과장

³해군 대령/해군 전력분석시험평가단 체계분석처장

Jonu Lee^{1*}, Sung-Woo Kim², Youn-Chul Cho³

¹Civil official(5th grade)/Mine warfare/amphibious warfare capability
requirements analyst, Force Analysis Test Evaluation Group, ROK Navy

²CDR/Chief of Requirements Analysis Division, Force Analysis Test Evaluation
Group, ROK Navy

³CAPT/Chief of Systems Analysis Division, Force Analysis Test Evaluation
Group, ROK Navy

Abstract

항만경비정은 적의 해상 및 수중침투 도발에 대비하여 항만 및 연안경비를 수행하는 해군의 중요 함정 중 하나로, 효율적인 운용을 위한 항만경비정의 임무 수행률을 분석하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 항만경비정의 임무수행 개념을 바탕으로 항만경비정의 임무 수행절차를 모델링하여 임무 수행률을 분석한다. 항만경비정의 임무 수행률에 영향을 미치는 요소들을 확인하고, 그 요소들의 입력값 변경을 통하여 항만경비정의 임무 수행률이 향상됨을 확인하였다. 본 연구의 결과는 효율적인 항만경비정의 운용을 위한 지휘관의 의사결정에 도움이 되기를 기대한다.

The harbor patrol is one of the ROK Navy's key assets for execution port and coastal security operations in response to enemy maritime threats and underwater infiltration attempts. Therefore, analyzing the mission effectiveness rate of these vessels for efficient operations is critically important. This study models the operational procedures of harbor patrol based on the mission execution concept, aiming to analyze their mission effectiveness rate. The factors affecting the mission effectiveness rate of harbor patrol were identified, and it was confirmed that adjusting the input values of these factors led to an improvement in the vessels' mission effectiveness rate. The results of this study are expected to aid commanders in making tactical decisions for the effective employment of harbor patrol.

Keywords

항만경비정(Harbor Patrol),
임무 수행절차(Mission Execution Procedures),
임무 수행률(Mission Effectiveness Rate),
모델링(Modeling), 시뮬레이션(Simulation)

1. 서론

지구의 71%는 바다이며 인류는 바다와 함께 공생관계를 유지하고 있다. 바다는 다양한 자원의 보고이며 정보의 수집 및 교환, 수송, 국가의 영향력을 행사하는 수단으로 활용된다. 우리나라는 지정학적으로 3면이 바다로 둘러싸여 있고 북으로는 북한과 대치하고 있다. 또한, 수출·입 물동량의 대부분이 해상을 통하여 이동되고 있어[1,2] 항만의 자유로운 사용을 보장하는 것은 전쟁 지속능력을 유지·보장하는데 필수적인 요소이다.

항만의 방호를 위해 우리 해군은 외해에서는 중·대형함, 고속정, 항공기(대잠초계기, 해상작전 헬기 등), 전탐감시대, 인접 부대 경비전력을 이용하여 적의 수상·수중 세력을 조기 탐지·격멸한다. 내해에서는 고속정, 항만경비정, 전탐감시대, 해안 경계부대를 이용하여 외해를 통과한 적 세력을 탐지·격멸한다. 항만경비정은 적의 해상 및 수중침투 도발에 대비하여 항만 및 연안경비를 수행하는 해군의 주요 함정 중 하나이다. 항만경비정은 어업 통제, 인원 및 화물 이송 등의 업무도 수행하며, 인천해역방어사령부 경비정대 소속 항만경비정의 경우 NLL 경비까지 수행한다. 항만경비정의

형상 및 제원은 Fig. 1 및 Table 1과 같다.



Fig. 1. Harbor patrol(HP)

Table 1. Specifications of HP

Classification	Value
Size	26.1 m × 5.6 m × 3.0 m
Displacement (light/loaded)	55 ton/70 ton
Speed (maximum/cursing)	30 kts/15 kts
Operating range	300 NM
Weaponry	20 mm naval gun
Crew members	15 - 18

그러나, 해군은 병력 감소로 인해 여러 문제를 겪고 있다. 함정 도입에 필요한 인력이 부족해 기존 함정과 신규 함정의 운용에 부담이 가중되고 있다. 또한 연안 초계와 순찰 업무를 해경과 분담하는 구조적 한계로 인해 임무 수행 피로도가 높아지고 있다. 이러한 상황에서 기존의 함정을 효율적으로 운용하는 것은 중요한 문제이나, 출동주기, 기상변화, 고장률, 수리 기간 등의 확률적 특성으로 인하여 항만경비정의 운용을 최적화하는 것은 어려운 문제이다.

한편, 시뮬레이션을 활용하여 군 무기체계의 운용 효과를 분석하는 연구는 활발하게 이루어지고 있다. Parson et al.[3]은 공군의 폭격기 B-1의 공급과 유지관리 데이터에 바탕을 둔 시뮬레이션을 통하여 임무 수행능력의 효과를 분석하였다. Choi et al.[4]은 시뮬레이션을 활용하여 효과척도를 군집 드론의 임무 성공률, 생존율, 임무 소요 시간으로 하는 운용효과를 분석하였다. Choi et al.[5]은 시뮬레이션을 통해 무인항공기의 성능 요소인 고도, 속도, 감시 폭 등을 고려하여 운용효과를 분석하였으며, Jung et al.[6]은 육군의 K-55 자주포용 탄약 운반 장갑차의 운용효과를 시뮬레이션을 활용하여 분석하였다.

최근 Arena Simulation(이하 Arena)을 활용한 해군 전력에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다. Arena는 제조 공장, 공항, 항만, 군사, 물류 등 광범위한 분야에서 범용적으로 활용되는 시뮬레이션 도구이다. Kim et al.[7]은 Arena를 통해 승조원 순환제 효과를 임무 완수 여부, 함정 부하율, 승조원 부하율의 3가지 척도로 분석하였고, Jung et al.[8]은 잠수함 지원 예인정의 운용효과를 예인정의 지원을 받는 잠수함의 대기율과 대기시간을 척도로 분석하였다.

본 연구에서는 항만경비정의 임무수행 개념을 바탕으로 항만경비정의 임무수행 절차를 Arena를 활용하여 모델링한다. 시뮬레이션을 통하여 가동률, 출동 주기 준수 횟수, 해상 기동경비 수행시간, 계류 기지 계류시간의 네 가지 효과척도 측면에서 항만경비정의 임무 수행률을 분석한다. 현재 운용 중인 항만경비정과 유사한 조건으로 항만경비정의 임무 수행률을 분석하고, 임무 수행률에 영향을 미치는 요소들을 확인한다. 나아가 보다 효율적인 항만경비정의 운용을 위해 임무 수행률에 영향을 미치는 요소들의 변경을 통하여 항만경비정의 임무 수행률이 얼마나 향상되는지 확인한다.

2. 항만경비정 임무수행개념

주 기지(MB, main base)는 항만경비정이 고장으로 인한 수리(정기 수리, 긴급 수리 등) 상태가 아닌 출동 가능한 상태(RFS, ready for sea)로 대기하는 장소이며, 수리 기지는 항만경비정이 수리를 위한 대기 및 수리하는 장소이다. 정기 수리는 1년에 3~4회 정기적으로 받는 RA(restricted availability, 임시수리)와 3~4년에 한 번씩 받는 OVHL(overhaul, 완전 분해수리)로 나누어진다. 항만경비정을 운용하는 부대는 RA와 OVHL에 대한 계획을 수립하고, 또한 출동 대기과 휴식을 고려하여 항만경비정의 연간 출동 계획을 수립한다.

계류 기지는 MB에서 출동한 항만경비정이 출동 임무를 수행하는 장소이다. 항만경비정은 하루에 정해진 시간만큼 해상 기동경비를 수행하고, 계류 기지에 복귀하여 계류한다. 계류 시에도 출동 임무는 계속 수행한다. 출동 중인 함정에 고장이 발생하면 출동 대기 중인 함정이 대신 출동하여 임무를 수행하고 고장이 발생한 함정은 수리 기지에서 수리 후 MB로

복귀한다.

유류/청수 재보급 기지는 출동 기간 중 함정의 유류 또는 청수가 부족한 경우 군수 적재를 하는 장소이며, 해상상태가 악화되어 계류 또는 해상 기동경비 임무 수행이 제한되는 경우에 피항하는 장소이기도 하다. 군수 적재 및 피항 후 항만경비정은 계류 기지로 복귀한다. 항만경비정의 임무수행 개념을 도식화하면 Fig. 2와 같다.

3. 항만경비정 임무수행절차 모델링

본 장에서는 2장에서 언급한 항만경비정의 임무수행개념을 바탕으로 Arena를 통하여 항만경비정의 임무 수행절차를 모델링한다. 이를 위하여 초기 설정값을 Table 2와 같이 설정하였다. 항만경비정 총 운용척수는 17척, 운용 계류기지는 5개, 출동 척수는 5척, MB 내 출동 대기 척수는 7척, 정기수리는 5척(RA 척, OVHL 1척)이 수리 기지에서 수리를 하는 것으로 가정하였다.

Table 2. Initial configuration data for Arena modeling

Classification	Initial configuration data	
Harbor patrol	17 ships	
Mooring base	5 bases	
Deployable ships	5 ships	
Ships of RFS(ready for sea)	7 ships	
Scheduled maintenance	RA	4 ships
	OVAL	1 ships

MB의 출동 대기 함정이 정기 수리대상이면 수리 기지로 이동하여 정해진 기간 동안 수리를 진행한다. 또한, 수리 기지는 정기 수리 외에도 출동 대기, 기지 이동, 기지 계류, 재보급/피항, 해상 기동경비 수행 시 발생하는 고장에 대한 긴급 수리를 담당한다. 정기 수리 및 긴급 수리를 완료한 함정은 기동이 가능한 해상상태를 확인하고, 이동 중 고장이 발생하지 않으면 MB로 복귀하여 출동을 위해 대기한다. 기동이 불가능한 해상상태이면 수리 기지에 대기하고, 이동 중 고장이 발생하면 수리 기지로 복귀해 수리한다.

항만경비정의 이동 및 해상 기동경비 속력은 15 kts (순항속력)로 설정하였으며, 기지 간 거리는 Table 3와 같다. 기지 간 이동 소요시간은 기지 간 거리를 이동 속력으로 나누어 구할 수 있다.

Table 3. Distance between bases

Interval	Distance (NM)
MB ↔ Maintenance base	50
MB ↔ Mooring base 1, 2, 3	50
MB ↔ Mooring base 4, 5	25
Mooring base 1, 2, 3 ↔ Replenishment/refuge base	30
Mooring base 4 ↔ Replenishment/refuge base	40
Mooring base 5 ↔ Replenishment/refuge base	30
Replenishment/Refuge base ↔ Maintenance base	70
Mooring base 1, 2, 3 ↔ Maintenance base	70
Mooring base 4 ↔ Maintenance base	30
Mooring base 5 ↔ Maintenance base	50

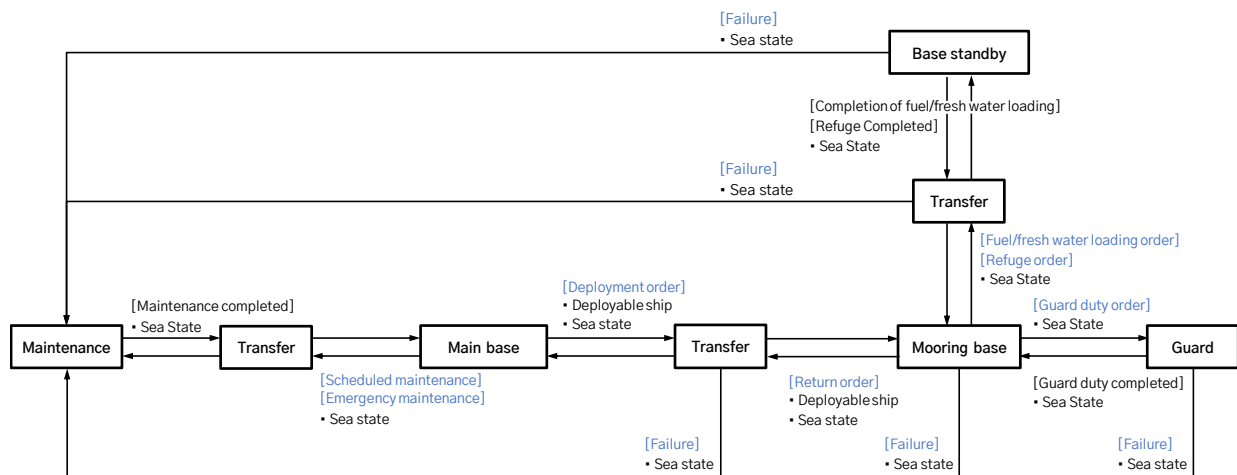


Fig. 2. Mission execution concept diagram for HP

출동 주기가 도래한 MB의 항만경비정은 계류 기지로 출동한다. 해상상태를 확인하여 기동이 가능하면 이동하고, 불가능하면 가능할 때까지 MB에 대기한다. 이동 간 고장이 발생하면 수리 기지로 이동하고, 발생하지 않으면 계류 기지에서 출동 임무를 수행한다. 계류 기지에 계류하는 항만경비정은 기동 가능한 해상상태가 아니면 피항 기지로 피항한다. 고장이 발생하면 수리 기지로 이동하고, MB의 출동 대기합정이 출동 임무를 대신한다. 유류/청수 재보급 주기가 되면 재보급 기지로 이동하여 군수 적재를 하고, 재보급과 피항이 끝난 함정은 해상상태와 고장 여부를 판단하여 계류 기지로 이동한다. 계류 기지에 계류하던 함정은 경비시간이 되면 해상상태와 고장 여부를 판단하여 해상 기동경비를 수행하고, 경비 수행이 완료되면 계류 기지에 계류하면서 출동 임무를 계속 수행한다.

출동 주기 동안 출동 임무를 수행한 함정은 MB에 출동 대기 합정이 존재하면 MB로 복귀하고, 출동 대기 합정이 없으면 대기 합정이 생길 때까지 임무를 계속 수행한다. 항만경비정의 임무 수행절차 모델링의 결과는 Fig. 3와 같다.

본 연구에서는 항만경비정의 임무 수행률을 네 가지 측면(효과척도)에서 측정하였다. 첫 번째 효과척도는 함정 운용에 있어서 가장 중요하게 여겨지는 것

중 하나인 함정의 가동률이다. 함정 운용부대는 가동률을 적정 수준 이상으로 유지하기 위해 부단한 노력을 기울인다. 본 연구에서는 항만경비정의 연 평균 가동률을 식 (1)과 같이 측정하였다.

$$\text{가동률} = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} \frac{H - R_i}{H} \tag{1}$$

여기서, H 는 항만경비정 총 운용 척수로 17척을 의미하며, R_i 는 i 일의 항만경비정 수리 척수이다.

두 번째 효과척도는 출동 주기 준수 횟수이다. 항만경비정은 한 번 출동하면 정해진 기간동안 출동 임무를 수행하여야 하지만 함정의 노후로 인한 잦은 고장으로 출동 주기를 다 채우지 못하는 경우가 많다. 그로 인해 휴식을 취해야 할 다른 함정들 역시 대신 출동하면서 피로도가 심화되는 문제가 발생한다. 출동 주기 준수 횟수는 출동한 항만경비정이 출동 주기 8일을 몇 회 준수하였는지로 측정하였다.

세 번째 효과척도는 해상 기동경비 수행시간이다. 항만경비정은 하루에 정해진 시간만큼 해상 기동경비를 수행해야 하지만 고장 및 기상악화로 인한 피항으로 그 시간을 채우기가 어려운 실정이다. 본 연구에서는 항만경비정 한 척당 1일 평균 해상 기동경비 수행시간을 식 (2)와 같이 측정하였다.

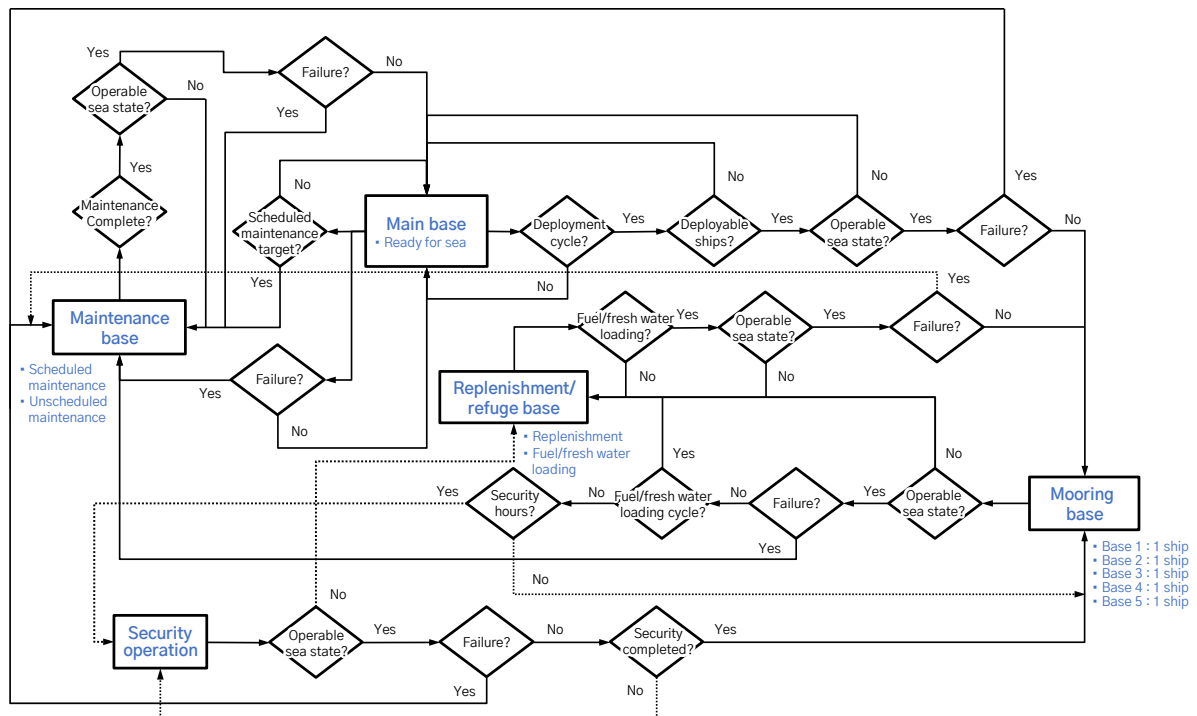


Fig. 3. Result of mission execution procedure modeling for HP

$$\text{해상 기동경비 수행시간} = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} \left(\frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} G_{ij} \right) \quad (2)$$

여기서, N_i 는 i 일에 출동한 항만경비정의 척수이고, G_{ij} 는 i 일의 j 번째 항만경비정이 해상 기동경비를 수행한 시간이다. 괄호 안의 수식은 i 일의 항만경비정 한 척당 평균 해상 기동경비 수행시간을 의미한다.

마지막으로 네 번째 효과척도는 계류 기지 계류시간이다. 항만경비정은 출동 중 정해진 시간 동안 해상 기동경비를 수행하고 나머지 시간은 계류 기지에서 계류하면서 출동 임무를 수행한다. 그러나 고장으로 인한 긴급수리, 유류/청수 부족으로 인한 재보급, 기상악화로 인한 피항 등으로 계류 기지를 비우는 상황이 발생한다. 항만경비정 한 척당 1일 평균 계류시간은 식 (3)과 같이 측정하였다.

$$\text{계류 기지 계류시간} = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^{365} \left(\frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} T_{ij} \right) \quad (3)$$

여기서, N_i 는 i 일에 출동 나간 항만경비정의 척수이고, T_{ij} 는 i 일의 j 번째 항만경비정이 계류 기지에 계류한 시간이다. 괄호 안의 수식은 i 일의 항만경비정 한 척당 평균 계류 기지 계류시간을 의미한다.

시뮬레이션을 위한 입력값은 Table 4와 같다.

Table 4. Input data for Arena Simulation

Classification		Input data
Deployment cycle		8 days
Maritime patrol operation time per day		○ hours
Scheduled maintenance	RA	4 times a year, 4 ships unit, 25 days of repair period
	OVHL	3-year period, 5 ships per year, 35 days of repair period
Failure	Frequency	63.2 times per year
	Repair period	Average: 6.4 days (min. 1 day; max. 62 days)
Fuel/fresh water loading	Period	Loading once per ○ days
	Required time	Average: 1.3 hours (min. 1 hour; max. 1.5 hours)
Operational sea state		Sea state below 3 (significant wave height: 0.5 m - 1.25 m)
Refuge sea state		Sea state above 3

고장 발생은 기하분포, 수리 기간 및 유류/청수 재보급 소요시간은 삼각분포를 이용하여 발생시켰으며, 해상상태는 2017년부터 2021년까지(5년간) 기상청(data.kma.go.kr) 기상자료를 바탕으로 12시간 단위로 랜덤(Random)하게 발생시켰다. 시뮬레이션 기간은 1년(365일)으로 하였다.

4. 항만경비정 임무수행률 분석 결과

3장에서 모델링한 결과를 바탕으로 앞에서 소개한 항만경비정 임무 수행률을 네 가지 효과척도의 측면에서 도출하였다. 그 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Analysis result of mission performance rate for HP

Classification	Analysis result
Operational readiness rate (ORR)	44 %
Compliance frequency with deployment cycle (CFDC)	72 times
Maritime patrol operation duration (MPOD)	4.3 hours
Mooring base mooring time (MBMT)	6.2 hours

항만경비정 임무 수행률을 분석한 결과, 가동률은 44 %로 낮게 분석되었다. 이는 잦은 고장 발생과 긴 수리기간에 기인하며, 가동률이 낮으면 항만경비정의 잦은 출동을 야기하여 승조원의 피로도가 높아지고, 항만경비정을 운영하는 부대의 계획적인 함정 운용이 제한된다.

출동 주기 준수 횟수는 72회로 1년 출동 주기 총 준수 횟수인 228회(365 ÷ 8일 × 5척)에 비하여 현저하게 낮게 분석되었다. 이는 낮은 가동률과 기상 악화로 인한 피항에 기인하며, 출동 주기를 준수하지 못하면 승조원의 피로도가 상승하고 계획적인 함정 운용이 제한된다.

해상 기동경비 수행시간은 1일 4.3시간, 계류 기지 계류시간은 6.2시간으로 낮게 분석되었다. 이는 낮은 가동률과 기상 악화로 인한 피항, 유류/청수 재보급에 의한 군수적재에 기인하며 하루 24시간에서 해상 기동경비 수행시간과 계류 기지 계류시간을 뺀 나머지 시간인 13.5시간만큼 경비 공백이 발생하는 심각한 문제를 야기한다.

위 분석 결과를 바탕으로 항만경비정의 임무 수행률에 영향을 미치는 주요 요소들을 확인하였다. 고장률, 수리 기간, 유류/청수 재보급 주기, 내항성능(기동 가능 해상상태) 등이 그것이다. 본 연구에서는 효율적인 항만경비정의 운용을 위해 이 요소들을 변화시킴으로써 얼마나 항만경비정의 임무 수행률이 향상되는지도 확인하였다. 다른 조건들은 3장에서 모델링 결과를 그대로 적용하고 Table 6의 요소들만 변화시켜 분석을 수행하였다.

Table 6. Modification of key influencing factor input data

Classification		Change of setting
Failure	Frequency	45.5 times per year
	Repair period	Average: 2.7 days (min. 1 day; max. 4 days)
Fuel/fresh water loading	Period	Loading once per 8 days
	Required time	Average: 3 hours (min. 2.7 hours; max. 3.2 hours)
Operational sea state		Sea state below 4 (significant wave height: 1.25 m - 2.5 m)
Refuge sea state		Sea state above 4

분석 결과는 Table 7에 나타냈다. 가동률은 66 %로 22 %가 향상되었으며 출동 주기 준수 횟수는 171 회로 99회 증가, 해상 기동경비 수행시간은 5.9시간으로 1.6시간 증가, 계류 기지 계류시간은 17.4시간으로 11.2시간이나 증가하였다. 특히 경비공백은 13.5시간에서 0.7시간으로 12.8시간이나 줄일 수 있음을 확인하였다. 효율적인 항만경비정의 운용을 위해 항만경비정 운용부대는 부대 현실에 맞게 다른 영향요소를 변화시킴으로써 지휘관의 의사결정에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

Table 7. Change in mission performance rate for HP

Classification	Analysis result	Remarks
ORR	66 %	22 % (increased)
CFDC	171 times	99 times (increased)
MPOD	5.9 hours	1.6 hours (increased)
MBMT	17.4 hours	11.2 hours (increased)

5. 결론

본 연구에서는 항만경비정의 임무수행 개념을 바탕으로 Arena를 활용하여 항만경비정의 임무 수행 절차 모델링을 통하여 임무 수행률을 분석할 수 있는 모델을 개발하였다. 보안상의 이유로 실제 data를 활용하지는 못하였으나, 현재 운용 중인 항만경비정과 유사한 조건으로 임무 수행률을 분석하였으며, 그 과정에서 임무 수행률에 영향을 미치는 주요 요소들을 확인하였다.

항만경비정의 임무 수행률에 영향을 미치는 요소들의 입력값을 변경하여 분석한 결과 가동률은 22 %, 출동 주기 준수 횟수는 99회, 해상 기동경비 수행시간은 1.6시간, 계류 기지 계류시간은 11.2시간 증가하는 것으로 분석되었다. 특히 경비공백은 12.8시간이나 줄일 수 있는 것으로 확인되었다.

본 연구는 항만경비정의 임무 수행률을 분석할 수 있는 모델을 개발한 것에 의의가 있으며, 항만경비정 운용부대는 실측자료를 활용하여 실제 항만경비정의 임무 수행률의 분석이 가능하다. 또한 고장률, 수리기간, 유류/청수 재보급 주기, 내항성능(기동 가능 해상상태) 등 항만경비정의 임무 수행률에 영향을 미치는 주요 요소들을 확인하였으며, 이 요소들을 포함한 여러 입력값 변경을 통하여 항만경비정을 보다 효율적으로 운용할 수 있도록 항만경비정 운용부대 지휘관의 의사결정에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다. 끝으로, 본 연구의 결과는 신조 함정 건조 시 함정의 작전운용성능(ROC, required operational capability)을 선정하는 근거 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] Lee, I. H., 5-year Plan for Shipping Reconstruction and Established Ocean Promotion Corporation, Maritime Korea, 2018, Vol. 543, pp. 20-21.
 [2] Ministry of Oceans and Fisheries, 5-year Plan for Shipping Reconstruction, 2018.
 [3] Parson, C. R., Miller, J. O. and Weir, J., D. Simulation and Analysis of Mission Capability Degrades Due to Supply for the B-1 Bomber, The Journal of Defense Modeling and Simulation, 2012, Vol. 9, No. 3, pp. 297-290.
 [4] Choi, M. W., Moon, H. S., Han, S. W. and Cho, N. S., An ABM Simulation Study on Operational Effectiveness and

Mission Organization for Swarm Drones, Journal of the Military Operations Research Society of Korea, 2021, Vol. 47, No. 2, pp. 75–90.

[5] Choi, K. S., Jeong, H. G., Park, T. Y. and Jeon, J. H., A Study on Mission Analysis in Consideration of Effectiveness Measurement of UAV System Operations, Journal of the Military Operations Research Society of Korea, 2011, Vol. 37, No. 1, pp. 119–128.

[6] Jung, C. Y., Lee, J. M., Lee, J. Y. and Park, Y. K., Operational Effectiveness Analysis of Field Artillery Ammunition Support Vehicle for K-55 Self-Propelled Artillery

Using Simulation, Journal of the Korea Society for Simulation, 2011, Vol. 20, No. 3. pp. 11–18.

[7] Kim, K. M. and Ma, J. M., A Study on the Effectiveness of Crew Rotation System using Simulation, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, 2024, Vol. 25, No. 1, pp. 646–653.

[8] Jung, C. H. and Kim, K. T., An Analysis on the Operational Effectiveness of Submarine Support Tugboats Using Simulation, Journal of the Korea Society for Naval Science and Technology, 2023, Vol. 6, No. 1, pp. 66–71.