

A Study on the Analysis Method of the Operations Effectiveness of the Joint Coastal Guard System Against Small Targets

Taeho Kim[†] · Hyun Jin Han^{††} · Byeong-Ho Lee^{†††} · Young-Tae Shin^{††††}

ABSTRACT

The Joint Coastal Guard System is composed of a maritime surveillance system and a anti-coastal infiltration system, and is a system in which the Navy is mainly responsible for the maritime and the Army is responsible for the coast. We analyzed the operations effectiveness of the joint coastal guard system, in which various weapon systems of the army and navy are operated in a complex way, to the extent to which successful operation is possible against small targets. The operations effectiveness analysis was conducted by defining the operations effectiveness by operation type, configuring the simulation environment using METT-T elements, establishing the assumptions of the simulation scenario, conducting the simulation and analyzing the simulation results by weather condition. The simulation tools used were NORAM and EADSIM. As a result of the operations effectiveness analysis, the joint coastal guard system currently in operation showed a significant difference in operational success depending on the size of the target and weather conditions. This research can be used as useful data for establishing an effective joint coastal guard system and conducting systematic guard operations.

Keywords : Joint Coastal Guard System, Operations Effectiveness, War Game Simulation, Weapon System

소형표적에 대한 합동 해안경계시스템 작전효과 분석방법 연구

김 태 호[†] · 한 현 진^{††} · 이 병 호^{†††} · 신 용 태^{††††}

요 약

합동 해안경계시스템은 해상경계시스템과 해안대침투경계시스템으로 구성되며 주로 해군이 해상경계를, 육군이 해안대침투경계를 책임지고 있는 시스템이다. 육군 및 해군의 다양한 무기체계가 복합적으로 운용되는 합동 해안경계시스템이 소형표적을 대상으로 어느 정도의 성공적인 작전수행이 가능한지에 대한 작전효과를 분석하였다. 작전효과 분석은 작전형태별 작전효과 정의, METT-T 요소를 활용한 모의환경 구성과 모의 시나리오 가정 수립, 모의실행 및 기상상태별 모의결과 분석으로 진행되었고 시뮬레이션 도구는 NORAM(해군작전 및 자원소요분석모델)과 EADSIM(통합방공작전분석모델)을 사용하였다. 작전효과 분석결과, 현재 운용중인 합동 해안경계시스템은 표적의 크기와 기상상태에 따라 작전 성공에 상당한 차이를 보였다. 연구결과는 효과적인 합동 해안경계시스템을 구축하고 체계적인 경계작전을 수행하는데 유용한 자료로 활용될 수 있다.

키워드 : 합동 해안경계시스템, 작전효과분석, 워게임 시뮬레이션, 무기체계

1. 서 론

국방부는 전 방위 안보위협에 주도적으로 대응하는 과학기술 기반의 정예화된 軍을 육성하기 위해 국방개혁 2.0을 추진하고 있다. 최근에는 발전된 과학기술로 새로운 무기체계를

개발할 뿐 아니라, 과학적인 도구(Tool)를 활용하여 싸우는 방법에 대한 분석도 가능하다. 2000년대 초반부터 우리 軍은 국방 워게임 시뮬레이션을 본격적으로 활용하기 시작하여 연합 연습 모의지원, 작전계획 분석, 군사력 건설소요 적정성 판단 등의 다양한 국방 분야에서 사용 중이다[1-4]. 특히, 국방 분석용 시뮬레이션을 통한 작전효과 분석은 신규 무기체계의 필요성을 뒷받침하는 합리적인 수단으로 인식되면서 국방관련 여러 부서에서 널리 실시되고 있다[5,6]. 하지만 워게임 시뮬레이션을 활용한 작전효과(Operations Effectiveness) 분석 중, 2개 이상의 군(軍)이 투입되는 합동작전과 2개 이상의 국가가 관여하는 연합작전 효과에 대한 시뮬레이션 분석은 다양한 무기체계와 복잡한 전략·전술의 운용으로 많은 연구가

※ 이 논문은 2021년 한국정보처리학회 ACK 2021의 우수논문으로 "합동 해안경계시스템 작전효과 분석에 관한 연구"의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임.

† 준 회 원 : 송실대학교 IT정책경영학과 박사과정

†† 비 회 원 : 한미연합군사령부 연합전투모의실장

††† 준 회 원 : 송실대학교 IT정책경영학과 박사과정

†††† 종신회원 : 송실대학교 컴퓨터학부 교수

Manuscript Received : December 23, 2021

Accepted : January 24, 2022

* Corresponding Author : Taeho Kim(c14197@gmail.com)

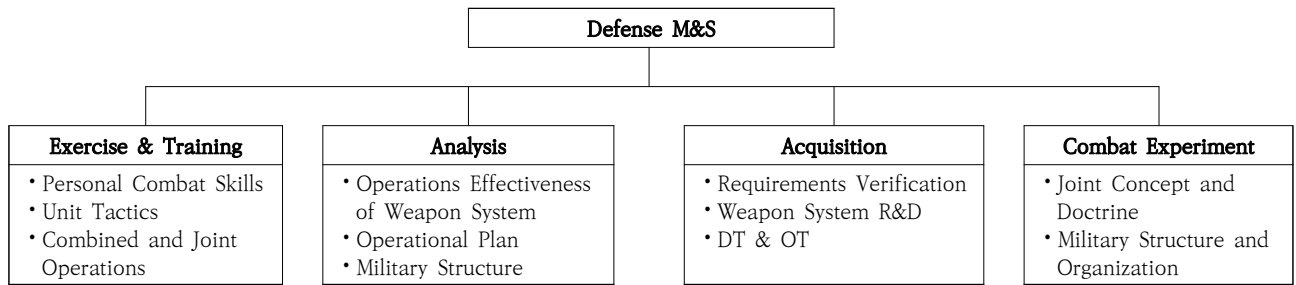


Fig. 1. Applications of Defense M&S

실시되지 못하는 상황이다. 특히, 육군과 해군의 경계시스템이 합동으로 운용되는 해안경계시스템에 대한 작전효과를 분석하는 것은 다양한 작전환경과 복잡한 경계시스템 요소를 고려해야 하는 도전적인 과제이다.

본 연구는 2019년 6월 삼척항에 표류하여 도착한 북한 소형목선을 발단으로 시작되었다. 당시 우리 軍 합동 해안경계시스템의 제지를 받지 않은 소형표적의 출현으로 현재 軍이 운용중인 합동 해안경계시스템으로 특정 규모의 표적을 어느 정도 탐지하고 식별할 수 있는가에 대한 문제가 대두된 것이다. 소형표적에 대한 합동 해안경계시스템의 작전효과를 확인하기 위해서는 먼저 작전환경에서 작전성공에 대한 개념연구와 이를 통한 작전효과 정의가 필요하였다. 작전효과 정의와 동시에 이를 계량화 할 수 있는 가장 적합한 위게임 시뮬레이션 도구를 선택하고, 선택된 시뮬레이션 도구를 활용하여 작전효과를 분석한 후 시사점을 도출할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 본 연구에 사용된 위게임 시뮬레이션 모델과 관련 연구를 설명한다. 3장에서는 합동 해안경계시스템 작전효과 분석방법론을 제시하고, 4장에서 분석결과를 설명한 후 5장으로 결론을 맺는다.

2. 시뮬레이션 도구와 관련 연구

국방M&S란 모델링 및 시뮬레이션 기법을 국방과 관련한 업무분야에 적용하여 과학적이고 합리적인 국방 의사결정을 지원하는 도구이다. 즉, 국방 M&S는 국방 분야에서 수행되는 연습 훈련, 작전계획분석, 전력분석, 획득, 합동 및 전투실험 등을 모의(Simulation)기법을 통해 과학적으로 지원한다. Fig. 1은 국방 M&S 적용분야를 요약한 것이다[1,7]. 분석용 모델은 분석대상 수준에 따라 공학급, 교전급, 임무급, 전구급 모델로 구분이 가능하다. 이 중 무기체계의 기능과 관련한 특성값을 분석하는 분야에 특화된 공학급 모델을 제외하면 현재 약 30여 개의 분석용 모델이 軍 및 관련 기관에서 운영되고 있다[8].

2.1 NORAM

NORAM(Naval Operations, Resources Analysis Model)은 해군작전 모의 및 해군 전시자원소요를 산정하기 위해 2011년 개발한 해상전 중심의 전구급(戰區級, Theater Level) 합동작전 분석모델이다[10]. NORAM은 합동참모본부(이하

합참) 및 해군에서 해상 합동작전계획 분석, 해상작전 지휘통제 분석, 해군 무기체계 분석 등에 활용되고 있다. [10]은 NORAM을 해군에서 가장 활발히 사용하고 있는 시뮬레이션 모델이며 무기체계(함포, 레이더 등 단일 무기체계 ~ 복합무기체계), 해군작전(단위부대, 개별 플랫폼 ~ 전구급), 전시자원소요(플랫폼별, 부대별 전시자원소요 산출)에 대한 분석에 활용하고 있다고 설명하였다. 또한, [11]은 NORAM을 기본 DB를 보유한 결정형 전투평가 모의논리 적용 모델로 설명하며 DB 구축 간 변수 값 조정 등의 운용성이 향상된 모델로 평가하였다. 이와 같이 NORAM은 해상경계작전 간 표적을 탐지하고 탐지된 결과를 분석하여 해상경계작전 효과에 대한 통찰력을 얻는데 가장 적합한 모델이다. 특히, NORAM은 해상경계작전 임무를 수행하는 수상함, 항공기, 육상기지에 탑재된 레이더의 탐지행위를 모의할 수 있고 가시선 이내에 위치한 표적을 대상으로 파고, 강우(설) 등의 기상요소가 고려된 탐지확률을 제시할 수 있다. 본 연구에서는 NORAM의 탐지 모의논리 신뢰성을 제고하기 위해 탐지거리별 탐지확률을 실제 해상경계작전 실측거리와 비교하여 보정하였고 이에 더하여 레이더방정식과 해면반사파(Sea Clutter) 등이 고려된 모의논리에 파고율(Wave Height Ratio) 감쇄 등을 반영하였다.

Fig. 2는 NORAM의 운영절차를 설명한 것이다. 먼저 준비(Preparation) 단계에서는 기본 DB 확인과 시나리오 작성을 실시한다. 시나리오는 작전계획 분석을 위한 해군작전 시나리오와 무기체계 효과분석을 위한 무기체계 시나리오로 구분된다. 시뮬레이션 단계에서는 모의 횟수, 모의 배속 등을 설정하고 모의된 결과를 사후분석기로 전송한다. 마지막 분석(Analysis) 단계는 시나리오별 모의결과를 불러와 저장하는데 무기체계별 명중률, 소모량, 탐지율 등을 확인한다.

2.2 EADSIM

EADSIM(Extended Air Defense SIMulation)은 통합방공작전(統合防空作戰)에 대한 작전계획 및 지휘통제, 무기체계 운용성능을 분석하기 위해 1998년에 미국에서 FMS(Foreign Military Sale, 해외군사판매) 사업으로 도입한 모델로 합참, 육군, 공군, 한국국방연구원 등 다양한 기관에서 사용하고 있다. EADSIM은 비행과정 모의, C3I(Command, Control, Communication and Intelligence) 모의, 탐지



Fig. 2. Operating Procedure of NORAM

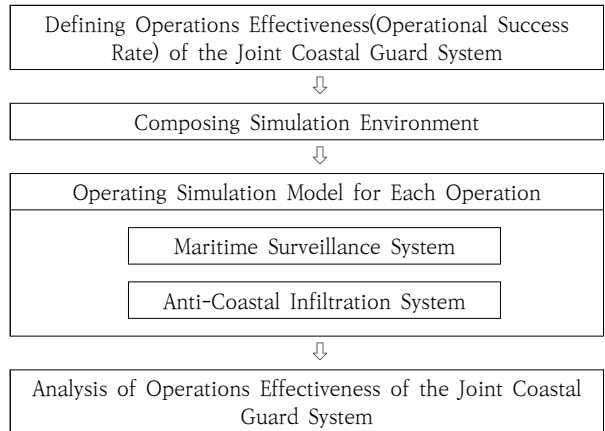


Fig. 4. Analysis Procedure

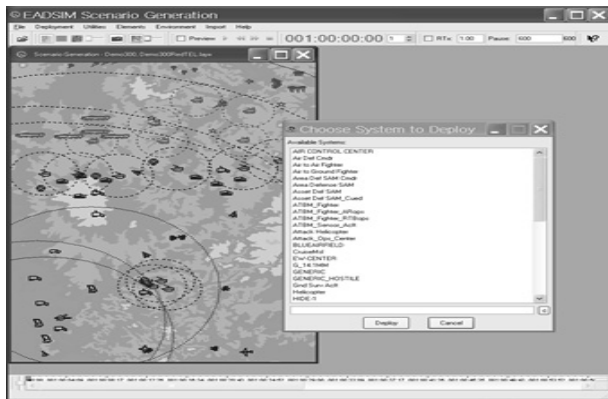


Fig. 3. Simulation Screen of EADSIM

모의, 정보전파 모의의 4개 하위 모델로 구성되어 있으며, 분석목적에 따라 적절한 하위 모델을 선택하여 운용할 수 있다. [12]는 EADSIM을 지대공, 탄도미사일 교전 등 다양한 공격 및 방어에 대한 시나리오를 모델링 할 수 있고 각 플랫폼들 사이에 지휘통제, 결심, 통신, 정보모의 그리고 DTED(Digital Terrain Elevation Data) 파일을 이용한 세부적인 지형모사가 가능한 것으로 평가하였다. 이러한 EADSIM의 특징으로 지상 플랫폼에 탑재된 레이더에 의한 지형차폐가 반영된 지상 및 해상표적 탐지 모의가 가능하다. 본 연구에서는 EADSIM으로 해안대침투경계시스템의 레이더 장비를 모의 하기 위해 해당 레이더의 탐지거리별 탐지확률을 별도로 수집하여 EADSIM 레이더 제원으로 입력하였다. 이를 통해 해상에서 해안으로 접근하는 표적에 대한 탐지확률 산출이 가능하였다. 필요한 경우에는 사전연구를 통해 EADSIM의 다른 입력변수 값들을 보정하여 분석결과의 신뢰성을 높일 수 있다. Fig. 3은 EADSIM 모의화면 예시이다.

2.3 관련 연구

해안경계시스템에 대한 연구는 軍과 해양경찰 등 관련기관에서 진행되고 있다. [13]은 소형선박 등의 침투에 따른 해상 경계작전 실패 문제를 소형표적의 특성을 고려한 탐색모형을

로 개선하고자 하였다. 탐색환경 특성이 반영된 탐색모형을 개발하기 위해 이동 경로 상 장애물에 대한 가중치를 산출하여 각종 시나리오에서 침투 확률지도를 작성하였고 이를 통해 침투할 확률이 가장 높은 영역을 우선적으로 탐색하는 방법을 제시하였다. 그리고 제시한 탐색모형이 현재 해군에서 시행하고 있는 탐색방법과 비교하여 더욱 효율적이라고 주장하며 보완사항으로, 시각 또는 근거리 레이더 등의 실제 센서 탐지확률 반영과 기상 및 해상상태에 따른 탐지확률 추가를 제시하였다.

[14]는 해양경계 임무를 해양경찰에서 전담하는 상황을 가정하여 효과적인 해안경계시스템 구축을 위해 먼저 해안경계 위협요소와 리스크를 분석한 해안경계 위협 특성을 도출하였다. 이밖에 우리나라 해안경계 자원을 선진국의 해안경계시스템과 비교하고 우리환경에 부합하는 해안경계시스템을 제안하였다.

3. 합동 해안경계시스템 작전효과 분석방법론

본 연구는 해상을 통해 해안으로 접근하는 소형표적을 합동 해안경계시스템이 어느 정도 탐지 및 식별할 수 있는지 확인하는 것이다. 이를 위한 분석절차는 Fig. 4와 같다.

작전효과 분석을 위해 먼저 합동 해안경계시스템의 작전효과를 정의한다. 다음으로 모의환경을 구성하고 해상경계시스템과 해안대침투경계시스템으로 나누어 각각의 작전효과를 도출한다. 마지막으로 경계시스템별로 도출된 작전효과를 종합하여 합동 해안경계시스템 작전효과를 산출한다.

3.1 작전형태별 작전효과 정의

해상경계시스템 작전효과는 우리 해군이 침투하는 표적을 탐지(Detection)하였을 때 발생하는 것으로 정의한다. 이는 해상경계가 해안선(Coastline)에서 일정 거리 이상 떨어진 원해(遠海)지역에서 중점적으로 실시되며, 일단 해상에서 표적을 탐지하면 조치할 시간이 충분할 것이라는 일반적인 상황을 고려했기 때문이다. 반면, 해안대침투경계시스템은 표적을 탐

Table 1. Composition of Simulation Environment Using METT-T

Items	Composition of Simulation Environment
Mission	1. Maritime Surveillance Operation 2. Anti-Coastal Infiltration Operation
Enemy	Enemy Small Ship(below 5 tons)
Terrain and Weather	Terrain : East Sea Area, East Coast Topography Weather : Wind Speed, Wave Height, Visibility
Time	Moving Time of the Enemy Small Ship from Far Sea to Coastline
Troops	System in Use for Each Operation

지하고 식별(Classification)까지 완료한 경우에만 작전효과가 발생하는 것으로 정의한다. 해안대침투경계는 육지에 인접한 해안가에서 실시하는 작전으로 적(Enemy)의 침투여부를 확인한 후에 대응할 수 있는 가용시간이 매우 짧고, 짧은 시간 안에 대응하지 못하면 침투한 적을 놓칠 수 있기 때문이다. 침투하는 표적이 원해에서 근해로 접근하는 상황을 고려할 때 침투세력 중 아군의 해상경계시스템을 통과한 세력만 해안지역으로 접근할 수 있으므로 합동 해안경계시스템의 작전효과(작전성공률)는 Equation (1)과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{합동 해안경계시스템 작전효과} = \text{해상경계시스템 작전효과} + \text{((해상경계시스템 작전효과) \times \text{해안대침투경계시스템 작전효과})} \quad (1)$$

3.2 모의환경 구성 및 가정

신뢰성 있는 작전효과를 분석하기 위해서는 작전의 유형(類型, Type) 및 형태(形態, Form), 작전에 영향을 미치는 요소 등을 종합적으로 고려하여 실제 작전환경과 유사한 모의환경을 구성하고 적절한 가정을 사용해야 한다. 합동 해안경계시스템을 분석하기 위한 모의환경 및 가정은 軍 작전계획 수립 및 정책발전에 사용하는 METT-T 요소를 활용하여 Table 1과 같이 구분하였다.

1) 임무(Mission)

모의환경 구성의 첫 번째 항목인 임무는 해군이 수행하는 해상경계작전과 육군이 수행하는 해안대침투경계작전이다. 본 연구에서는 해상경계작전과 해안대침투경계작전에 투입된 합동 해안경계시스템의 작전효과를 분석하였다.

2) 적(Enemy)

합동 해안경계시스템에서 적(Enemy)은 경계작전 대상으로 이번 연구에서는 5톤급 이하 소형표적으로 한정하였다. 그 이유는 2019년 6월 삼척항에 표류하여 진입한 북한 소형목선이 소형표적이었고, 만약 우리 軍의 합동 해안경계시스템이 5톤급 이하 소형표적(북한의 소형목선은 이보다 더 규모가 작은 표적이었으나 세부내용은 밝히지 않는다.)에 대한 경계임무를 성공할 수 있다면 5톤을 초과하는 중대형 표적은 더 수월하게 경계작전을 수행할 수 있기 때문이다. 모의

Table 2. Classification of Sea State[15]

Sea State	Wind Speed (%)	Wave Height (m)
1	Smooth	3.6 <
2	Slight	3.6 ~ 6.2
3	Moderate	6.2 ~ 8.2
4	Rough	8.2 ~ 9.8
5	Very Rough	9.8 ~ 11.8
6	High	> 11.8

Table 3. Classification of International Visibility

Division	Distance of Visibility	
Fog	Dense	0~50 m
	Thick	50~200 m
	Moderate	200~500 m
	Light	0.5~1 km
	Thin	1~2 km
Haze	Normal	2~4 km
	Light	4~10 km
Clear	10~20 km	
Very Clear	20~50 km	
Exceptionally Clear	> 50 km	

하는 소형표적은 해안선으로부터 200여 해리 이상 떨어진 위치에서 1척 단위로 출발하고 시간당 6~9노트의 속도로 임의의 최단경로를 통해 최기 해안가 지역으로 접근하는 것으로 가정하였다.

3) 지형 및 기상(Terrain and Weather)

경계작전 대상표적이 해수면에서 해안으로 접근하고 또 그 크기가 작은 소형표적인 점을 고려할 때, 지형과 기상이 경계시스템 운용성능에 미치는 영향이 매우 크다. 이번 연구에서 분석대상 지역은 선박 표류와 출몰이 상대적으로 빈번한 동해 및 동해안 지역으로 한정하였다. 또한 해안에 배치된 레이더가 수면에 부유한 소형표적을 실제와 유사하게 탐지할 수 있도록 실제 레이더 장비의 위치(고도정보 포함)를 시뮬레이션에 적용하였다.

지형과 함께 무기체계 운용능력 발휘에 결정적인 영향을 미치는 요소는 작전지역의 기상상태이다. 기상영향에 따른 경계시스템의 운용능력을 모의하기 위해 풍속(Wind Speed), 파고(Wave Height), 시정(Visibility)의 3가지 요소를 시뮬레이션에 반영하였다. 이를 위해 실제 작전지역의 풍속과 파고, 시정에 대한 통계자료를 수집하여 사용하였고, 풍속과 파고는 Table 2의 해상상태 분류기준을, 시정은 Table 3의 국제시정 분류기준을 적용하였다.

4) 시간(Time)

합동 해안경계시스템에 대한 작전효과 분석에서 시간적 제약은 고려하지 않았다. 왜냐하면 해상경계와 해안대침투경계

시스템의 주요 수단인 레이더의 특성상 주·야간 구분이 크게 의미가 없고, 2019년 6월 표류하면서 삼척항에 접근했던 북한 소형목선의 경우도 일정 시간 안에 침투를 성공해야 하는 등의 목적은 없었기 때문이다. 다만, 표적의 이동속도를 고려하면 표적이 출발지점에서 목표지점에 도착하기까지 약 2~3일의 기간 동안 아군은 표적을 탐지 및 식별해야 하기에, 이 기간 안에 표적을 탐지하거나 식별하지 못하면 합동 해안 경계작전은 실패한 것으로 간주되었다.

5) 투입전력(Troops)

합동 해안경계시스템 작전효과 분석에서 우리 육군 및 해군의 능력은 경계작전의 성패를 좌우하는 중요한 요소이다. 아군부대의 능력은 운용중인 무기체계의 성능과 무기체계를 운용하는 방법에 따라 결정된다. 경계작전에 투입되는 무기체계의 성능은 기상상태에 따라 차이가 있으므로 풍속, 파고, 시정별로 경계작전에 투입되는 무기체계의 성능을 산출하여 위게임 시뮬레이션의 입력 변수 값으로 사용하였다.

해상경계시스템에 운용중인 무기체계는 중대형함 및 고속함정, 해상초계기, 해상작전헬기, UAV, 해상감시레이더 등의 해군 전력이다. 해안대침투경계시스템에 사용되는 무기체계는 육군에서 운용중인 해안감시레이더, 열상감시장비, 육군 경비정, UAV 등이다.

3.3 작전형태별 모의실시

1) 해상경계작전

해상경계작전 모의절차는 Fig. 5와 같다. 해상경계시스템 작전효과 분석을 위해 가장 먼저 해야 할 절차는 풍속, 파고, 시정 등의 해상기상에 따라 가용 무기체계를 판단하는 것이다. 그 이유는 해군의 무기체계 운용이 기상에 따라 많은 차이를 보이기 때문이다. 기상이 양호한 경우에는 모든 무기체계를 운용할 수 있지만, 풍속이 강하고 파고가 높거나 시정이 불량한 경우에는 일부 무기체계 운용이 제한된다. 기상 상황이 적(Enemy)의 침투수단 운용에도 영향을 미칠 것이 분명하지만 본 연구에서 소형표적은 모든 기상상태에서 활동이 가능한 것으로 가정하였다. 침투가 어려운 기상상태에서 병력을 태우고 침투할 가능성은 낮지만 병력 탑승과 관계없이 표류하는 선박은 기상상태와 무관하게 해상에서 해안선으로 접근할 수 있고, 또 경계작전을 수행하는 부대는 비록 단순한 부유물 일지라도 의심되는 물체를 끝까지 확인해서 모든 표적을 탐지하고 식별해야하기 때문이다.

다음 단계는 경계작전 계획에 맞춰 해상경계 무기체계를 운용하는 것이다. 해상경계작전에 투입되는 무기체계별로 실제 계획되어 있는 탐색패턴 등을 입력하여 모의하였다. 해상경계작전에서 표적 탐지는 무기체계 플랫폼에 탑재된 레이더에 의해 결정된다. 탐지대상인 소형표적에 대한 레이더별 탐지거리는 해군 함대사령부에서 실제 적용하고 있는 소형표적 탐지거리를 적용하였고, 육상기지의 해상감시레이더는 육군

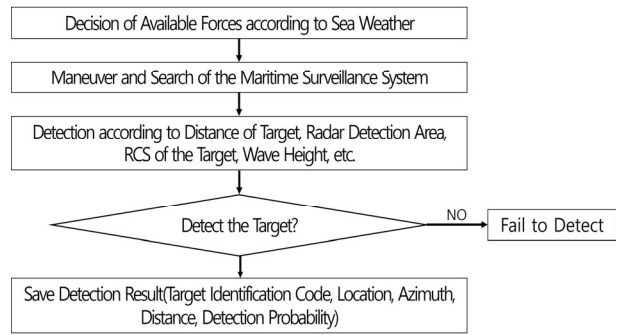


Fig. 5. Procedure of Operations Effectiveness of the Maritime Surveillance Operation

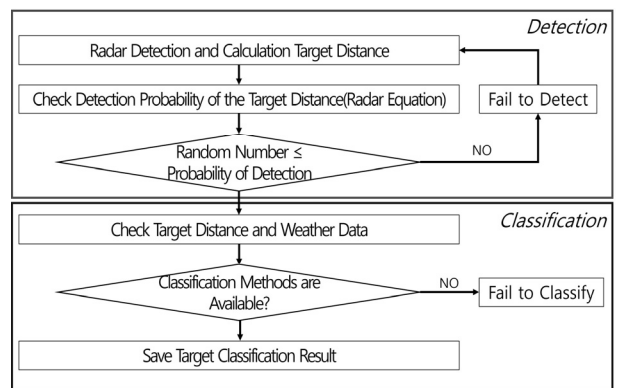


Fig. 6. Procedure of Operations Effectiveness of the Anti-Coastal Infiltration Operation

의 해안감시레이더 탐지거리 및 탐지확률을 적용하였다. 탐지가 성공하면 해상경계작전은 성공한 것으로 간주하고 실패한 경우에는 해당 표적을 탐지불가로 기록한다.

2) 해안대침투경계작전

해안대침투경계작전은 해상경계작전에 비해 비교적 해안선과 가까운 곳에서 실시되고 대응할 수 있는 가용시간이 짧은 특성을 고려하여 레이더로 표적을 탐지한 후 식별수단으로 식별까지 완료한 경우에만 해안대침투경계작전이 성공한 것으로 가정하였다. Fig. 6은 해안대침투경계 작전효과 분석을 위한 절차도이다.

해안대침투경계작전에 투입된 해안감시레이더의 탐지절차 모의는 다음과 같다. 먼저 EADSIM 탐지모델에 레이더의 위치(고도 포함), 거리별 탐지확률을 입력한 후 소형표적을 침투경로에 따라 침투시킨다. 이때 거리별 탐지확률은 해상상태에 따라 달라지므로 해상상태별로 레이더 탐지확률을 별도로 계산하여 EADSIM에 입력해야 한다. 이를 위해 Fig 7과 같이 레이더방정식을 활용한 또 다른 시뮬레이션을 실시하여 해상상태별 해안감시레이더의 거리별 탐지확률을 계산하였다. 레이더로 탐지된 표적은 식별절차에 진입하고 탐지가 실패한 표적은 해안가에 도착하기 전까지 계속해서 레이더에 의한 탐지절차가 반복된다.

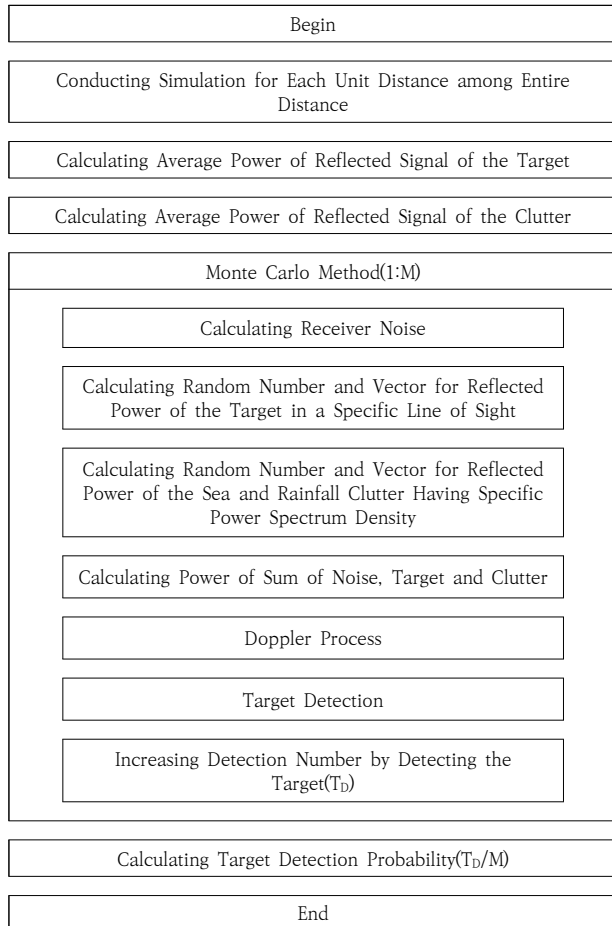


Fig. 7. Simulation Flowchart to Calculate Detection Probability of the Coastal Surveillance Radar for Each Distance

다음은 해안대침투경계작전의 식별절차이다. 탐지된 표적을 식별하기 위한 주요 해안대침투경계시스템 무기체계는 열상감시장비, 육군경비정, UAV 등이다. 탐지된 표적이 식별절차로 진입하면 표적의 거리와 기상상태를 확인하고 가용 식별수단의 투입이 가능하면 식별성공으로 판단한다. 그 이유는 각각의 무기체계는 기술적 특성에 따라 일정 수준의 기상상태에서만 식별능력 발휘가 가능하며, 기상이 불량할 경우에는 일부장비의 능력발휘가 제한되기 때문이다. 이와 관련한 기상상태는 작전지역의 최근 3개년 기상통계 자료를 활용하였다. 기상자료를 분석한 결과, 풍속(Wind Speed)과 파고(Wave Height)의 데이터는 상관관계수가 0.8 이상으로 매우 밀접하게 관련되어 있어 따로 구분할 필요가 없었다. 기상상태 분류결과는 Table 4와 같다. 맨 마지막 열의 황천 등급은 우리나라 육군, 해군, 해양경찰이 파고에 대해 사용하는 기상 용어로 자체적으로 수집한 정보에 의해 부여한다.

해안대침투경계작전의 성공은 레이더로 탐지된 표적이 기상상태를 극복할 수 있는 식별장비로 식별이 완료되었을 때 달성된다. 탐지가 되더라도 식별장비가 Table 4의 기상상태 분류에 의해 표적이 해안선에 도달하기 전까지 식별하지 못하면 작전실패로 판단한다.

Table 4. Classification of Weather Condition

Division	Wind Speed (kts)	Wave Height (m)	Visibility (NM)	Level of Hwangcheon
Good	0~20	0.1~2.0	Above 2	None~Level 7
Visibility bad	0~20	0.1~2.0	Below 2	None~Level 7
Wind speed & Wave Height High	Above 21	Above 2.1	Above 2	Above Level 6
Bad	Above 21	Above 2.1	Below 2	Above Level 6

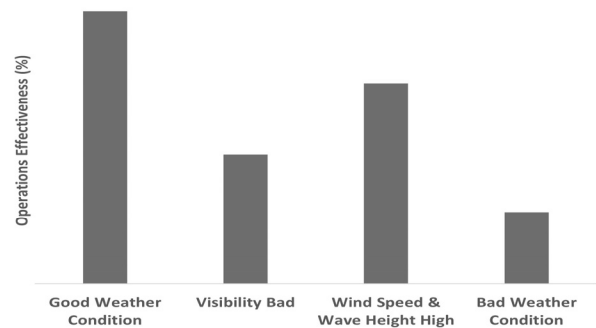


Fig. 8. Analysis Result of Operations Effectiveness

4. 작전효과 분석결과

3장에 언급한 분석절차에 따라 모의한 결과를 軍 임무수행 특성상 자세히 기술할 수는 없지만, Table 4의 기상상태 분류기준에 따라 정리하면 표적의 크기와 기상상태는 합동 해안경계시스템 작전효과에 큰 영향을 주는 것으로 확인되었다. 기상이 양호한 경우(Good Weather Condition)에는 투입되는 무기체계의 성능발휘에 제한사항이 발생하지 않아 작전효과가 가장 높았다. 그 다음으로 풍속 및 파고가 높은 경우(Wind Speed & Wave Height High), 시정이 불량한 경우(Visibility Bad), 모든 기상이 불량한 경우(Bad Weather Condition)의 순으로 작전효과가 높은 것으로 확인되었다. Fig. 8은 이러한 작전효과 분석결과의 경향을 구체적인 수치를 제외하고 나타낸 것이다.

특히, 시정이 불량한 경우 경계시스템을 구성하는 전자광학 및 열상장비들의 성능저하가 현저하였다. 이에 따라 시정이 불량한 경우에는 장비에만 의존하기보다는 경계병력을 추가로 투입하는 방안 등의 고려가 요구되었다. 반면에 풍속 및 파고만 높은 경우에는 수면에 부유하는 소형표적에 대한 레이다 탐지가 일부 제한될 수 있는 것으로 확인되었다. 하지만, 시정이 불량한 경우보다 상대적으로 높은 경계시스템 작전효과를 기대할 수 있었다. 특정 높이 이상의 풍속과 파고 상황에서 시정까지 불량한 기상 시에는 경계작전에 성공할 확률이 높지 않았다. 하지만 이런 경우에는 침투세력 또한 해상으로 침투하는 것이 상당히 제한되기 때문에 경계작전 수

행에는 큰 문제가 없을 것으로 판단된다. 그렇지만 청명한 기상상태에서 침투를 감행하다 도중에 기상이 악화되어, 해안으로 표류하는 경우가 발생할 수 있어 그에 대비한 작전수행 체계 발전이 요구된다.

기상상태에 따라 합동 해안경계시스템의 작전수행능력이 달라질 수 있다는 것은 당연한 이야기일 수 있지만, 워게임 시뮬레이션 모델을 통해 기상상태가 어느 정도의 수준으로 경계작전 수행에 영향을 미치는지 계량화 해보는 것은 현재 수행중인 경계작전의 취약점과 이러한 취약점을 보완하기 위해 우리 軍이 갖춰야 할 능력, 즉 무기체계가 무엇인지 확인할 수 있도록 해준다는 면에서 상당히 중요한 연구이다. 특히, 데이터를 기반으로한 과학적이고 체계적인 작전효과 계량화는 한정된 예산을 가장 필요한 곳에 우선적으로 투입해야 하는 제한된 국방예산 환경에서 합리적인 재원투입 의사 결정을 실시하는데 매우 유용한 근거이다.

5. 결 론

육군 및 해군의 다양한 무기체계가 투사되는 합동 해안경계시스템에 대한 작전효과를 계량화하기 위해 작전효과분석 방법론을 정립하고 적용하였다.

분석결과, 표적의 크기와 기상상태에 따라 작전효과에 상당한 차이가 있음을 확인하였다. 특히, 합동 해안경계작전의 기상요소인 풍속, 파고, 시정 등이 작전에 미치는 영향을 계량화 하였고, 기상요소 중에서 해무(안개) 등과 같은 시정(Visibility)요소가 해안경계시스템에 가장 큰 영향을 주고 있음을 확인하였다.

연구결과는 효과적인 합동 해안경계작전 수행에 참고자료로 활용될 수 있고 작전효과 분석을 통해 식별된 문제점에 대해서는 이를 보완할 수 있는 무기체계 조기 확보 등의 작전수행능력 발전이 요구된다.

또한, 향후 연구 과제로 잠수함 수중침투와 전력화 예정 무기체계까지 고려된 미래 해양 경계작전시스템 작전효과 분석이 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] H. J. Han, "Defense AI, a comprehension of the result of a simulation analysis," *ROK Joint Chiefs of Staff*, Vol.70, pp.36-40, 2017.
- [2] Y. J. Ha, "A study on the effectiveness analysis of counter-long range artillery using monte-carlo simulation," *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.45, Iss.2, pp.56-70, 2019.
- [3] N. S. An, "Framework for effect analysis of firing weapon system using mathematical programming," *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.45, Iss.2, pp.37-44, 2019.

- [4] J. M. Lee, "The methodology for estimating munitions effectiveness of domestic developed weapon systems," *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.44, Iss.2, pp.21-31, 2018.
- [5] T. H. Kim, "Analysis techniques and cases of the operations effectiveness in planning phase analysis and evaluation," *2019 Defense Analysis and Evaluation Symposium*, 2019.
- [6] H. J. Han, "An analysis method of operations effectiveness for a new weapon system using defense," *The 19th ROK-US Defense Analysis Exchange*, 2018.
- [7] ROK JCS, "Development Direction for Defense M&S," 2011.
- [8] ROK JCS, "List of Defense Wargame Simulation Model," 2015.
- [9] ROK Navy, "User Manual of NORAM," 2019.
- [10] C. H. Park, "A study on the design and evaluation of combat scenario model in M&S based naval warfighting experimentation," Ph.D. dissertation, Kongju National University, Korea, 2018.
- [11] K. C. Ok, D. S. Yim, and B. W. Choi, "A case study on implementation of methodology for wartime warships damage rate estimation," *Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology*, Vol.20, No.1, pp.137-147, 2017.
- [12] Y. C. Jang, C. Y. Kim, S. H. Kim, H. S. Myung, C. K. Ji, and Y. S. Hong, "The system development of the interoperability EADSIM and virtual combat simulation model," in *Proceedings of the The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, pp.1055-1058, 2013.
- [13] H. C. Lee and M. G. Lee, "A model for search and detection of maritime small targets and its operation procedure," *Journal of the Korean Journal of Military Arts and Science*, Vol.77, No.3, pp.405-424, 2021.
- [14] B. G. Han, S. J. Kim, H. S. Yoon, and E. B. Lee, "A study on coastal guard system at risk basis," in *Proceedings of the The Korean Society of Marine Environment & Safety*, pp.183-192, 2010.
- [15] Lewis B. Wetzel, "Sea clutter, radar handbook," Chap.15, pp.15-16, 2008.



김 태 호

<https://orcid.org/0000-0002-9867-4892>

e-mail : c14197@gmail.com

2003년 육군사관학교 토목공학과(학사)

2008년 미국 Air Force Institute of Technology, Department of Operational Science(석사)

2018년 ~ 현 재 합동참모본부 전력분석담당

2021년 ~ 현 재 숭실대학교 IT정책경영학과 박사과정

관심분야 : Optimization, 작전효과분석, 비용분석, Simulation



한 현 진

<https://orcid.org/0000-0002-8299-7726>
e-mail : hanhj416@gmail.com
1992년 육군사관학교(학사)
2001년 국방대학교 국방관리학과(석사)
2007년 미국 Auburn University,
Department of Industrial and
Systems(박사)

2021년 ~ 현 재 한미연합군사령부 연합전투모의실장
관심분야: Optimization, Decision Analysis, 비용분석,
Simulation



신 용 태

<https://orcid.org/0000-0002-1199-1845>
e-mail : shin@ssu.ac.kr
1985년 한양대학교 산업공학과(학사)
1990년 Univ. of Iowa, 컴퓨터학과(석사)
1994년 Univ. of Iowa, 컴퓨터학과(박사)
1995년 ~ 현 재 송실대학교 컴퓨터학부
교수

관심분야: 정보보호, 인터넷 프로토콜, IoT, 클라우드 컴퓨팅



이 병 호

<https://orcid.org/0000-0002-9668-5272>
e-mail : iceye@daum.net
2004년 육군3사관학교 기계공학과(학사)
2009년 고려대학교 산업공학과(석사)
2004년 ~ 현 재 대한민국 육군장교
2021년 ~ 현 재 송실대학교 IT정책경영학과
박사과정

관심분야: 국방M&S, 국방관리분석, 빅데이터