

합동 해안경계시스템 작전효과 분석에 관한 연구

김태호*, 한현진**, 이병호**, 신용태***

*합동참모본부, **한미연합군사령부, ***송실대학교

c14197@gmail.com, hanhj416@gmail.com, iceye@daum.net, shin@ssu.ac.kr

A Study for Analyzing Operations Effectiveness of Joint Coastal Security System

Taeho Kim*, Hyun Jin Han**, Byeong-Ho Lee**, Young-Tae Shin***

*ROK. Joint Chiefs of Staff

**ROK/US Combined Forces Command

***Dept. of Computer Engineering, Soongsil University

요 약

합동 해안경계시스템은 해상경계시스템과 해안대침투경계시스템으로 구성되며 주로 해군이 해상경계를, 육군이 해안경계를 책임지고 있는 시스템이다. 해군 및 육군의 다양한 무기체계가 복합적으로 운용되는 해안경계시스템의 작전효과를 시뮬레이션 기법을 이용하여 분석하였다. 작전효과 분석을 통해 현재 운용중인 해안경계시스템의 기상상태별 작전성공률 계량화가 가능하였다. 연구결과는 효과적인 합동 해안경계시스템을 구축하고 체계적인 경계작전을 수행하는데 활용될 수 있다.

1. 서론

국방부는 첨단 과학기술 기반의 정예화된 군을 육성하기 위해 국방개혁 2.0을 추진하고 있고 이를 위해, 국방 시뮬레이션을 도입하여 연합연습 모의지원, 작전계획 분석, 군사력 건설소요의 적정성 판단 등에 사용중에 있다[1],[2],[3],[4]. 하지만 2개 이상의 군이 투입되는 합동 및 연합작전 효과에 대한 시뮬레이션 분석은 투입되는 무기체계가 다양하고, 복잡하여 실질적으로 많은 연구가 실시되지 못하는 상황으로 특히, 해군 및 육군 경계시스템이 합동으로 운영되는 합동 해안경계작전에 대한 효과를 분석하는 것은 접근하기 어려운 도전적인 과제이다.

본 연구는 현재 운용중인 합동 해안경계시스템으로 특정 규모의 표적을 어느 정도 탐지하고 식별할 수 있는가에 대한 문제를 해결하기 위해 실시되었다. 먼저 다양한 무기체계가 운용되는 해상 및 해안 경계작전 환경에서 작전성공에 대한 개념연구를 통해 작전효과를 정의한다. 이후 정의된 작전효과를 계량화 하기에 가장 적합한 시뮬레이션 도구를 선택한다. 선택한 시뮬레이션 도구를 활용하여 모델링 및 시뮬레이션을 실시하고 분석결과와 시사점을 도출한다.

2. 시뮬레이션 도구

국방분야에서 시뮬레이션 도구를 사용하는 것은 실제로 전쟁을 하거나, 무기체계를 운용하여 타격을 하는 것이 비용, 시간 등의 현실적인 여건을 고려할 때 제한되기 때문이다[5]. 국방분야의 다양한 분석용 위게임 시뮬레이션 모델은 모델별로 특징을 가지고 있으므로 분석을 실시할 때에는 분석목적에 맞는 위게임모델을 선정하는 것이 필요하다. 금번 연구에서는 해상 및 해안 상황에서 경계작전 효과를 분석하기 위해 NORAM(Naval Operations, Resource Analysis Model, 해군작전소요분석모델)과 EADSIM(Extended Air Defense SIMulation, 통합방공작전모델)을 사용하였다.

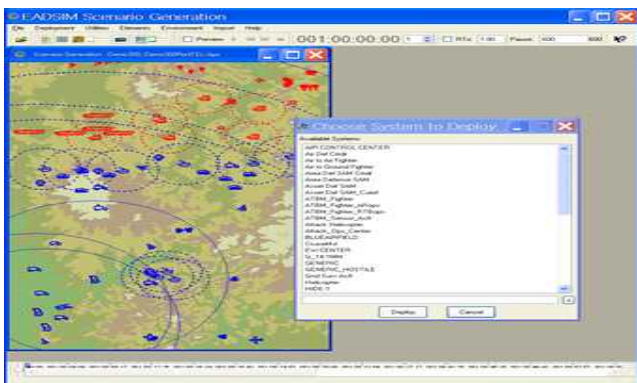
NORAM은 해상경계작전 간 표적을 탐지하고 탐지된 결과를 분석하여 해상경계작전 효과에 대한 통찰력을 얻는데 가장 적합한 모델이다. 특히, NORAM은 해상경계작전 임무를 수행하는 수상함, 항공기, 육상기지에 탑재된 레이더의 탐지행위를 모의할 수 있고 가시선 이내에 위치한 표적을 대상으로 파고, 강우(설) 등의 기상요소가 고려된 탐지확률을 제시할 수 있다. NORAM의 탐지 모의논리 신뢰성을 제고하기 위해 탐지거리별 탐지확률을 실제 해상경계작전 실측거리와 비교하여 보정하였고 이에 더하여 레이더방정식과 해면반사파(Sea Clutter) 등이 고려

된 모의논리에 과고율 감쇄 등을 반영하였다.



(그림 1) NORAM 운영절차

EADSIM은 통합방공작전에 대한 작전계획 및 지휘통제, 무기체계 운용성능을 분석하기 위해 1998년 미국에서 FMS 사업으로 도입한 모델로 비행과정모의, C3I 모의, 탐지모의, 정보전과모의 등의 4개의 하위 모델로 구성되어 있어 분석목적에 따라 선택하여 운용할 수 있다. 특히 EADSIM은 지상 플랫폼에 레이더를 탑재할 수 있고, 지형차폐가 고려된 지상 및 해상표적 탐지를 모의할 수 있다. EADSIM으로 해안경계작전의 효과를 분석하기 위해 해안감시레이더의 탐지거리별 탐지확률을 수집하여 레이더제원으로 입력하였다.

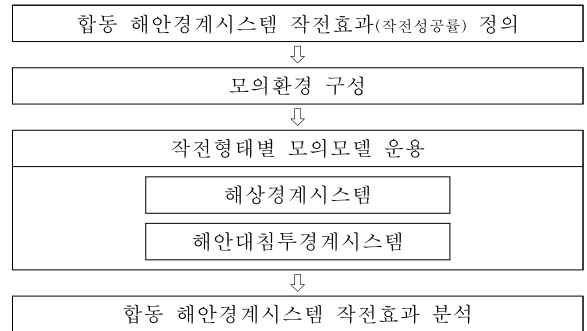


(그림 2) EADSIM 모의화면

3. 합동 해안경계시스템 작전효과 분석 방법론

본 연구는 해상을 통해 해안으로 접근하는 표적을 합동 해안경계시스템이 표적의 크기에 따라 어느 정도 탐지 및 식별할 수 있는지 확인하는 것이다. 이를 위한 분석절차는 <그림 3>과 같다. 작전효과 분석을 위해 먼저 합동 해안경계시스템의 작전효과를 정의한다. 다음으로 모의환경을 구성하고 해상경계시스템과 해안대침투경계시스템으로 나누어 각각의 작전효과를 도출한다. 마지막으로 경계시스템별

로 도출된 작전효과를 종합하여 합동 해안경계시스템 작전효과를 확인한다.



(그림 3) 분석절차

3-1. 작전형태별 작전효과 정의

해상경계시스템 작전효과는 아축 해군이 침투하는 표적을 탐지하였을 때 발생하는 것으로 정의하였다. 이는 해상경계가 해안선에서 일정 거리 이상 떨어진 원해지역에서 중점적으로 실시되며, 일단 해안에서 표적을 탐지하면 조치할 시간이 충분할 것이라는 일반적인 상황을 고려했기 때문이다. 반면, 해안대침투경계시스템은 표적을 탐지하고 식별까지 완료한 경우에만 작전효과가 발생하는 것으로 정의하였다. 해안경계는 육지와 접해있는 해안가에서 실시하는 작전으로 적의 침투여부를 확인한 후에 대응할 수 있는 가용시간이 매우 짧기 때문이다. 침투하는 표적이 원해에서 근해로 접근하는 상황을 고려할 때 침투세력 중 아군의 해상경계시스템을 통과한 세력만 해안지역으로 접근할 수 있으므로 합동 해안경계시스템의 작전효과(작전성공률)는 다음식과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{합동 해안경계시스템 작전효과} = \text{해상경계시스템 작전효과} + \{(1 - \text{해상경계시스템 작전효과}) \cdot \text{해안대침투경계시스템 작전효과}\}$$

3-2. 모의환경 구성

실제 작전환경과 유사한 모의환경을 구성하기 위해 군 작전계획 수립 및 정책발전에 사용하는 METT+T요소를 사용하였다.

<표 1> METT+T를 활용한 모의환경 구성

항 목	환경 구성
임무(M)	1. 해상경계 2. 해안경계
적(E)	침투하는 적 소형선박(5톤급 이하)
지형 및 기상(T)	지형: 동해지역, 동해안 지형 기상: 파고, 풍속, 시정
시간(T)	표적별 원해에서 근해까지 이동시간
투입전력(T)	작전형태별 투입되는 전력

이번 연구에서 경계작전 대상표적은 5톤급 이하 소형표적으로 한정하였다. 그 이유는 5톤급 이하 소형표적에 대한 경계임무를 성공할 수 있다면 5톤을 초과하는 중·대형 표적은 더 용이하게 경계작전을 수행할 수 있기 때문이다. 수면에서 부유하는 소형 표적 특성상 기상상태가 경계시스템 운용에 미치는 영향이 매우 크다. 이에 따른 기상영향을 반영하기 위해 <표 2>와 <표 3>과 같은 해상상태 구분과 시정분류 기준을 사용하였다.

<표 2> 해상상태 구분[6]

해상상태(Sea State)		풍속 (㎞/h)	파고 (m)
1	Smooth	3.6 <	0.3 <
2	Slight	3.6 ~ 6.2	0.3 ~ 0.9
3	Moderate	6.2 ~ 8.2	0.9 ~ 1.5
4	Rough	8.2 ~ 9.8	1.5 ~ 2.4
5	Very Rough	9.8 ~ 11.8	2.4 ~ 3.7
6	High	> 11.8	> 3.7

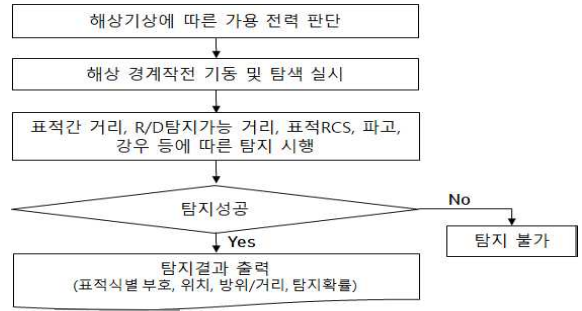
<표 3> 국제시정 분류

구분	시정거리	비고
Dense Fog	0~50 m	안개
Thick Fog	50~200 m	
Moderate Fog	200~500 m	
Light Fog	0.5~1 km	
Thin Fog	1~2 km	
Haze	2~4 km	연무
Light Haze	4~10 km	
Clear	10~20 km	맑음
Very Clear	20~50 km	
Exceptionally Clear	> 50 km	

경계작전에 투입되는 무기체계의 성능은 작전의 성패를 좌우하는 중요한 요소이다. 해상경계시스템은 함정, 초계기, 작전헬기 등으로 해안대침투경계시스템은 해안감시레이더, 열상장비 등으로 구성하였다.

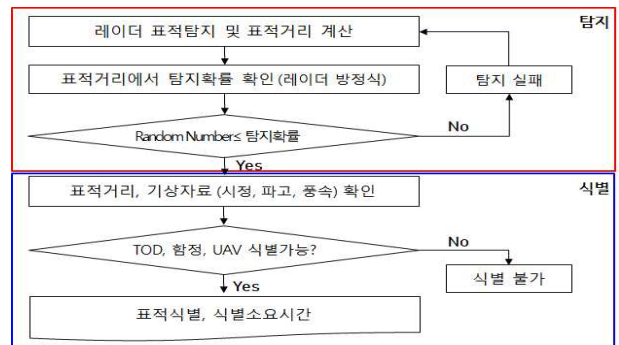
3-3. 작전형태별 모의실시

해상경계작전 모의 절차는 그림(4)와 같다. 먼저 기상에 따른 투입 가능 수단을 판단하고 경계작전 계획에 따라 경계시스템을 운용한다. 모의모델로 NORAM 사용하고 탐지된 결과를 확인한다.



(그림 4) 해상경계시스템 효과분석 절차도

해안대침투경계작전 모의는 그림(5)와 같다. 먼저 해안에 위치한 레이더의 탐지효과를 모의하기 위해 EADSIM의 하위 모델인 탐지모델을 사용하였다. 이어지는 식별여부 확인을 위해 작전지역 기상통계자료와 기상조건에 따른 무기체계 성능을 적용하였다.



(그림 5) 대침투해안경계시스템 효과분석 절차도

4. 작전효과 분석결과

앞서 언급한 분석절차를 표적크기와 <표 4>의 기상상태 분류에 따라 모의한 결과 표적의 크기와 기상상태에 따라 합동 해안경계시스템 작전효과 차이가 큰 것으로 확인되었다.

<표 4> 기상상태 분류

구분	파고(m)	풍속(노트)	시정(NM)	황천등급
기상양호	0.1~2.0	0~20	2NM 이상	無~7급
시정불량	0.1~2.0	0~20	2NM 이하	無~7급
파고/풍속높음	2.1 이상	21 이상	2NM 이상	6급 이상
기상불량	2.1 이상	21 이상	2NM 이하	6급 이상

기상이 양호한 경우에는 투입되는 무기체계의 성능발휘에 제한사항이 발생하지 않아 작전효과가 가장 높았다. 그 다음으로 파고 및 풍속이 높은 경우, 시정이 불량한 경우, 기상이 불량할 경우의 순으로 작전효과가 높은 것으로 확인되었다. 특히 시정이 불량할 경우 경계시스템을 구성하는 전자광학 및 열

상장비들의 성능저하가 현저하였다. 이에 따라 시정이 불량한 경우에는 장비에만 의존하기보다는 경계병력을 추가로 투입하는 방안 등의 고려가 요구되었다. 반면에 파고 및 풍속만 높은 경우에는 수면에 부유하는 소형표적에 대한 레이더 탐지가 일부 제한될 수 있는 것으로 확인되었으나, 시정이 불량한 경우보다 상대적으로 높은 경계시스템 작전효과를 기대할 수 있었다. 특정 높이 이상의 파고와 풍속 상황 하에서 시정도 불량한 악기상 시에는 경계작전에 성공할 확률이 높지 않았다. 하지만 이런 경우에는 침투세력 또한 해상으로 침투하는 것이 상당히 제한되기 때문에 경계작전 수행에는 큰 문제가 없을 것으로 판단된다. 그렇지만 청명한 기상상태에서 침투를 감행하다 도중에 기상이 악화되어, 해안으로 표류하는 경우가 발생할 수 있어 그에 대비한 작전수행체계 발전이 요구된다.

기상상태에 따라 합동 해안경계시스템의 작전수행능력이 달라질 수 있다는 것은 당연한 이야기일 수 있지만, 위게임 시뮬레이션 모델을 통해 기상상태가 어느 정도의 수준으로 경계작전 수행에 영향을 미치는지 계량화 해보는 것은 현재 수행중인 경계작전의 취약점과 이러한 취약점을 보완하기 위해 우리군이 갖춰야 할 무기체계가 무엇인지 확인할 수 있도록 해준다는 면에서 상당한 연구가치가 있다. 특히, 데이터에 의한 과학적이고 체계적인 작전효과 계량화는 한정된 예산을 가장 필요한 곳에 우선적으로 투입해야 하는 유한한 국방예산 환경에서 합리적인 재원투입 의사결정을 실시하는데 매우 유용한 근거이다.

5. 결론

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

분석결과, 기상상태에 따라 작전효과가 매우 차이가 날 수 있음을 확인하였다. 특히, 합동 해안경계작전의 기상요소인 시정, 파고, 풍속 등이 작전에 어느 정도 영향을 미치는지 계량화 할 수 있었다. 또한, 금번 연구를 통해 합동 해안경계시스템에 가장 크게 영향을 미치는 요소가 해무(안개), 황사, 미세먼지 등과 같은 시정상태라는 것을 확인하였다.

연구결과는 효과적인 합동 해안경계작전 수행에 참고자료로 활용될 수 있을 것이다. 또한 작전효과 분석을 통해 식별된 문제점에 대해서는 이를 보완할

수 있는 무기체계 조기 확보 등 작전수행 능력을 향상시키기 위한 노력이 필요하다.

참고문헌

- [1] 한현진 외, “국방분야 인공지능, 모의분석 결과의 이해”, 합참지 제70호, 2017.
- [2] 하유진 외, “몬테카를로 시뮬레이션을 통한 장사정포 요격체계 효과분석에 관한 연구”, 한국국방경영분석학회지 제45권 2호, 2019.
- [3] 안남수 외, “무기체계 효과분석을 위한 수리모형 기반의 프레임 워크”, 한국국방경영분석학회지 제45권 2호, 2019.
- [4] 이정만 외, “국내개발 무기체계의 탄약효과 산출방법론”, 한국국방경영분석학회지 제44권 2호, 2018.
- [5] 한현진, “국방M&S를 이용한 신규 무기체계 작전효과 분석방법”, 제19차 한미 국방분석세미나, 2018.
- [6] Lewis B. Wetzel, “Sea Clutter, Radar Handbook”, Chap.15, pp. 15-6, 2008., www.digitalengineeringlibrary.com
- [7] 김태호, “소요기획단계 분석평가 작전효과 분석 기법과 적용사례”, 2019 국방 분석평가 심포지엄, 2019.
- [8] 합동참모본부, “국방 M&S체계 발전방향”, 2011.
- [9] 합동참모본부, “국방 위게임모델 목록집”, 2015.
- [10] 해군전력분석시험평가단, “해군분석모델 사용자 지침서”, 2019.
- [11] Richards M.A., Scheer J.A., and Holm W.A.(Eds.), Principle of Mordern Radar - Vol. I, Basic Principles, SciTech Publishing, Raleigh, NC, 2010.
- [12] Barton David K., Radar Equations for Modern Radar, ARTECH HOUSE, 2013.
- [13] Richards M.A., Fundamentals of Radar Signal Processing, McGraw-Hill, New York, 2005.
- [14] Curry Richard G., Radar System Performance Modeling, 2nd Ed., Artech House, 2005
- [15] Edde, B., Radar - Priciples, Technology, Applications, Prentice-Hall, 1995.
- [16] Ward Keith D., Tough Rober, and Watts Simon, Sea Clutter: Scattering, the K distribution and Radar Performance, The Institution of Engineering and Technology, London, 2006.