

포병 표적탐지 레이더 운용의 계량적 효과 분석

강신성¹ · 이재영^{1†}

An Analysis of the Operational Effectiveness of Target Acquisition Radar

Shin Sung Kang · Jae Yeong Lee

ABSTRACT

In the future warfare, the importance of the counter-fire operation is increasing. The counter-fire operation is divided into offensive counter-fire operation and defensive counter-fire operation. Reviewing the researches done so far, the detection asset of offensive counter-fire operation called UAV(Unmanned Aerial Vehicle) and its operational effectiveness analysis is continually progressing. However, the analysis of the detection asset of defensive counter-fire called Target Acquisition Radar(TAR) and its quantitative operational effectiveness are not studied yet. Therefore, in this paper, we studied operational effectiveness of TAR using C2 Theory & MANA Simulation model, and showed clear quantitative analysis results by comparing both cases of using TAR and not using TAR.

Key words : Counter Fire, Simulation, Target Acquisition Radar, MANA

요약

미래전장에서 대화력전(Counter Fire)의 중요성은 더욱 부각되고 있다. 대화력전은 적 화력자산과 이를 지휘통제하는 모든 요소를 타격하여 적의 화력자산의 능력과 전투지속능력 및 전의를 약화시키는 화력전투를 말한다. 대화력전은 크게 공세적(Proactive) 대화력전과 대응적(Reactive) 대화력전으로 구분된다. 지금까지의 연구들을 보면 공세적 대화력전의 탐지수단인 UAV(Unmanned Aerial Vehicle:무인항공기)에 대한 운용효과 연구는 지속적으로 발전되고 있지만, 대응적 대화력전 탐지수단인 포병 표적탐지 레이더에 대한 운용효과를 계량적으로 분석한 결과는 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 운용중인 포병 표적탐지 레이더의 운용효과를 C2(Command & Control : 지휘통제)이론과 행위자 기반 시물레이션인 MANA(Map Aware Non-uniform Automata)모델을 이용하여 계량적으로 분석 제시함으로써 표적탐지레이더 운용 효과를 구체적으로 보여주었다.

주요어 : 대화력전, 시물레이션, 포병 표적탐지 레이더, MANA

1. 서론

장차 전쟁은 첨단화된 무기체계와 최근의 전쟁양상 등을 고려할 때 화력전의 성공여부가 전쟁의 결정적인 영향을 초래하게 될 것이다. 화력전은 초전에 전투의 승패를 결정짓는 핵심요소로 작용하게 될 것이다⁶⁾. 또한 장차 미래 전장의 규모가 커지면서 Sensor to Shooter(탐지자산과 타격자산을 직접 연동시키는 것)개념의 대화력전 체계가 구축되고 있으며 최근 이라크 전쟁이나 걸프전, 아프

간전등을 통해서 알 수 있듯이 대화력전의 중요도는 날이 갈수록 증대 되고 있는 실정이다²⁾.

대화력전이란 적 화력자산과 이를 지휘통제하는 모든 요소를 타격하여 적의 화력자산의 능력과 전투지속 능력 및 전의를 약화시키는 화력전투를 말한다. 대화력전은 크게 적이 아군에게 타격을 하기 이전에 적 화력자산과 지휘통제시설을 탐지하여 타격하는 공세적 대화력전과 적이 타격을 실시한 이후에 그 위치를 탐지하여 화력자산을 타격하는 대응적 대화력전으로 나눈다⁸⁾.

현재 한국군에 운용되고 있는 공세적 대화력전의 주요 탐지자산은 무인항공기와 인간자산이며, 대응적 대화력전의 주요 탐지자산은 포병 표적탐지 레이더이다.

지금까지 대응적 대화력전 탐지자산의 효율적 운용방법 연구는 일부 수행되었으나 운용효과에 대한 정량적인

2009년 12월 30일 접수, 2010년 5월 26일 채택

¹⁾ 국방대학교 운영분석학과

주 저 자 : 강신성

교신저자 : 이재영

E-mail; leeis100@yahoo.co.kr

연구결과는 없는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 대응적 대화력전 핵심자산인 포병 표적탐지 레이더 운용효과를 계량적으로 분석 제시 하는데 있다.

계량적 운용효과 분석을 위해 Schutzer박사의 C2(Command & Control : 지휘통제)효과 측정 모델을 활용하여 분석하였고, 이에 대한 검증으로 ABMS(Agent Based Modeling & Simulation: 에이전트 기반 모의)모델인 MANA (Map Awareness Non-uniform Automata) 모델을 구축 하였으며 이를 통해 대화력전의 전투상황을 모델링하고 총 4개의 시나리오를 각각 100번씩 모의실험을 통해 그 결과를 도출하였다. 본 연구는 모두 5개의 장으로 구성되었으며, 2장에서는 연구에 필요한 이론적인 내용을 고찰 하였고, 3장에서는 Schutzer박사의 C2체계 평가모델을 이용하여 포병 표적탐지 레이더 운용에 따른 효과를 생존을 향상 값으로 산출하였으며, 제 4장에서는 MANA 모델을 이용하여 생존을 향상에 따른 포병 표적탐지 레이더의 운용효과를 계량적으로 분석 제시하였다. 운용효과 분석을 위한 효과적도는 전투에 참여한 파·아 포병 피해를 결과를 이용하였으며, 추가로 표적탐지 확률과 표적처리 시간 변화에 따른 파·아 전투피해를 변화를 민감도 분석 하였다. 마지막으로 제 5장에서는 본 연구 결과를 제시 및 결론과 함께 향후 연구 방향을 기술하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 관련연구 고찰

이정환(2001)은 포병 표적탐지 레이더의 효율적 운용 방안을 통해 포병 표적탐지 레이더 생존보장 대책 그리고 지휘, 통제, 통신체계에 대해서 중점을 두고 연구하였다. 진차득(2009)은 포병 표적탐지 레이더 성능개량 조기추진 및 포병 표적탐지 레이더의 운용개념이 재정립되어야 된다고 하였다. 그러나 앞의 주요 연구들에서 포병 표적탐지 레이더의 운용효과에 대한 정량적인 효과는 언급되지 않았다. 또한 행위자 기반모의 모델인 MANA모델을 이용한 연구로 김세용(2008)은 미래 사단급 작전 수행에서 초전 UAV의 운용방안에 대하여 검토하였고, UAV의 운용효과를 MANA모델을 활용하여 검증하였다. 정영호(2009)는 경도포병 타격시 무인항공기 운용효과 평가 방법을 제시하였다. 김세용(2008)과 정영호(2009)의 연구는 MANA모델을 이용하여 공세적 대화력전 주요 탐지자산인 UAV의 운용효과를 정량적으로 분석한 연구 논문이다. 그러나 현재까지 포병 표적탐지 레이더의 운용효과와

계량적 분석관련 연구는 없는 실정이다.

2.2 포병 표적탐지 레이더 개요

포병 표적탐지 레이더는 무선 전자파를 공간에 방사하여 물체에 반사되어 돌아오는 수신신호를 분석하여 물체의 위치 및 거리를 탐지하는 장치로 적군이 박격포, 야포, 로켓 등으로 공격할 때 그 포탄에 반사되어 수신되는 신호를 분석하여 사격한 진지의 위치를 좌표로 산출하는 장비이다. 포병 표적탐지 레이더의 탐지원리는 그림 1에서 볼수 있듯이 빠른 주기로 송수신되는 펄스파를 좌에서 우로 반복 Search 하며 물체의 존재 여부를 확인하고, 물체가 빔에 인지되면 탄도인지 비표적인지 확인하고, 탄도로 확인된 표적을 역추적 계산완료시까지 충분히 추적하면서 적의 표적위치를 식별할 수 있다.

2.3 ABMS모델의 고찰

2.3.1 행위자(Agent) 기반 모의 모델

행위자의 가장 핵심적인 정의는 환경을 인식(Preception)하고 이해하여 표현(Representation)하며, 타 행위자와 정보를 교환(Communications)하고, 보유한 자산(Resources)을 이용하여 행동(action)을 스스로 결정하고 실행하는 개체를 말한다. 행위자 기반 모의모델은 이런 행위자를 모의모델에 적용한 것으로 영어 약자로 ABS(Agent Based Simulation)혹은 ABMS(Agent Based Modeling Simulation)로 불린다. ABS를 간단히 요약하면 특정 개체들(Individuals)의 특성 행동들(Behaviors)을 명시적으로(Explicitly) 모델링하여 모의하는 모델이며, 행위자인 개체들은 한정된 범위 내에서 자율적으로 행동하며, 다른 개체들 및 주변 전장 환경과 상호작용(Interaction)을 발생시키며 영향을 받는다. 행위자가 주어진 임무를 달성하기 위해 적절한 의사결정에 의해 자율적으로 행동을 결정하는 것은 행위자 기반 모의모델의 기본적인 특성이며, 행위자는 정보 획득을 위해 자체 정보수집능력 혹은 정보

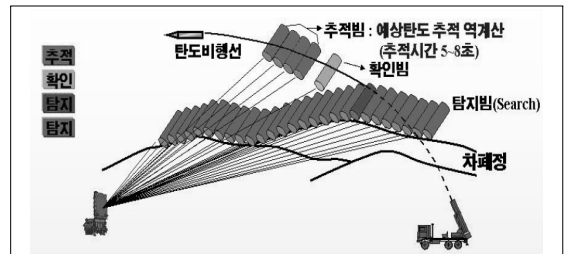


그림 1. 포병 표적탐지 레이더 탐지원리

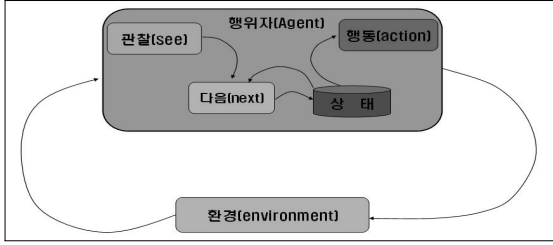


그림 2. 행위자 기반 모의모델 개념도

표 1. MANA모델 구성 단어의 의미

구 분	의 미
Map Aware	행위자가 자신의 정보수집수단과 다른 행위자에게 수집된 정보를 바탕으로 상황을 인식
Non-uniform	모든 행위자들이 모두 동일한 행동을 취하는 것이 아니라 제각각의 행동양식으로 행동을 취하는 것을 의미
Automata	각 행위자는 사건들에 독립적으로 반응 행동을 하며, 이것은 행위자의 개별성향에 의해 자동적으로 수행

자산을 가지고 있어야 한다. 또한 다른 에이전트와 정보 교환을 위해 통신능력을 가져야한다. 행위자 기반 모델을 그림으로 표현하면 그림 2와 같다. 그림 2에서 환경은 행위자 자신을 제외한 모든 객체를 의미하며, 행위자와 환경간의 지속적인 상호작용이 행위자 기본 모의모델의 기본적인 개념의 출발이다. 현재 군에서 사용 중인 행위자 기반모의 모델은 SEAS, NSS, MANA등이 있다¹⁾.

2.3.2 MANA모델

MANA모델은 뉴질랜드의 국방기술연구소(DTA : Defence Technology Agency)에서 개발한 모델이다. 이 모델은 누구나 쉽게 사용할 수 있으나 용량의 제한으로 대규모 시뮬레이션을 묘사하기에 제한된다. 현재 미 해병대 및 해군대학원에서 무기효과 분석용으로 사용되고 있다. MANA모델의 성격은 MANA(Map Aware Non-uniform Automata)라는 모델의 이름에서 명확히 알 수 있다. MANA모델 이름을 구성하고 있는 단어들의 의미는 표 1과 같다.

MANA모델에서 구현 가능한 주요 모의기능은 크게 4가지로 구분되며 기본적인 내용은 다음과 같다¹⁾.

이동모의

셀은 격자크기와 무관하게 셀의 수로 모의할 수 있다.

행위자의 이동은 현 셀에서 다음시간(time step)에 위치할 셀을 찾는다. 상대방의 위치를 고려한 적의 존재와 이동불가인 셀을 고려하여 이동가능 셀을 추출하고 행위자 성향값과 적의 위협도에 따라 최적의 셀로 이동한다.

탐지모의

탐지는 Squad(Agent)가 보유한 탐지자산을 개별적으로 입력하는 것이 아니라 Squad의 탐지능력을 입력한다. Squad가 가진 탐지자산을 거리별 탐지 확률로 환산하여 입력한다.

교전/손실 모의

교전의 지속 여부와 교전대상의 선택은 Squad의 성향 자료에서 정의된 값을 이용한 규칙에 의하여 결정된다.

정보/통신 모의

정보의 유통을 모의하기 위해 통신부분의 모의를 강조하고 있다. 통신은 Squad 내에서의 공유지연과 Squad간의 공유 지연, 갱신 주기에 관련된 요인을 반영하고 있다.

3. C2 효과측정 모델을 이용한 운용효과 분석

3.1 C2 효과측정 모델

포병 표적탐지 레이더 운용에 따른 효과는 표적 획득 정보의 정확도 증대와 작전 반응시간 감소 효과로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 포병 표적탐지 레이더 운용에 따른 효과평가를 위해 미 해군대학원의 Schutzer 교수의 C2모델과 김세용(2008)의 모델을 이용 포병 표적탐지 레이더 운용에 따른 표적처리 과정에서 작전반응시간 단축과 표적의 획득 정확도 증대에 따른 효과를 동시에 적용 가능하도록 모형을 수립하였다.

3.1.1 기본개념

C2효과측정모델은 1982년 미 해군대학원 Schutzer 교수가 발표한 해군함대간의 교전시 지휘통제체계 개선으로 나타나는 전투력상승효과를 측정한 모델이다. 이 모델의 특징은 지휘통제체계 개선으로 나타나는 3가지 효과요소 “생존확률증가, 교환비율증가, 할당된 자산비율 증가”를 설정하여 지휘통제체계의 시간변수들과 란체스터 전투모델을 이용한 교전 전후의 부대 잔존전투력의 MOE(Measure Of Effectiveness : 효과측정)를 비교하여 전투력 상승효과를 측정한 것이다. 이 모델에서는 교전 전후의 전투력의 상대적인 비율과 최초 투입 전투력 대비 잔존 전

투력과의 비를 전투효과측정 기준으로 삼았다¹⁷⁾.

3.1.2 표적획득 과정상의 효과 모형

Schutzer 교수는 C2체계가 구축된 후 증가될 생존 확률이 적의 공격으로 부터 회피를 시작할 수 있는 시간에 연관된다고 보고 증가될 생존확률을 식(1)과 같이 표현하였다.

$$\alpha P_c = \frac{1}{1 + C_1 [v_p \sigma^2 (T_R - t_m)^2]} \quad (1)$$

αP_c = 생존확률 C_1 = 임의의 상수
 v_p = 적군의 이동속도 σ^2 = 정보의 부정확도
 T_R = 상황인지 시간 t_m = 전개시간

적 포병의 이동속도는 초전 대화력전을 고려 적 포병이 갠도진지에서 사격진지로 이동하는 속도를 고려 $v_p = 1$ 로 하고 문제를 해결하였다. 포병 표적탐지 레이더 운용에 따른 정보의 정확도를 나타내기 위한 모형은 식 (2)와 같다.

$$P_i = aE(X_i) + bE(Y_i) + cE(Z_k) \quad (2)$$

αP_c = 생존확률 C_1 = 임의의 상수

P_i = 정보의 정확도

a, b, c = 표적획득수단별 획득비율

X_i = i 번째 표적탐지레이더의 표적획득 정확도($i = 1, 2, \dots, n$)

Y_j = j 번째 인간자산 표적획득 정확도($j = 1, 2, \dots, m$)

Z_k = k 번째 무인항공기 표적획득 정확도($k = 1, 2, \dots, l$)

$$\sigma^2 = 1 - P_i$$

따라서 정보의 부정확도는 식 (3)과 같다.

$$\sigma^2 = 1 - P_i = 1 - [aE(X_i) + bE(Y_i) + cE(Z_k)] \quad (3)$$

정보의 부정확도(σ^2)와 이동속도($v_p = 1$)를 식 (1)에 대입하면 생존확률은 식 (4)처럼 구할 수 있다.

$$\alpha P_c = \frac{1}{1 + C_1 [1 - aE(X_i) + bE(Y_j) + cE(Z_k)](T_R - t_m)^2} \quad (4)$$

3.2 포병 표적탐지 레이더 운용효과 분석

3.2.1 작전 반응시간($T_R - t_m$)

C2 이론의 상황인지시간에서 전개시간까지의 시간을 작전반응시간으로 하였다. 표적 획득 자산은 대화력전의 주요자산인 포병 표적탐지 레이더, 무인항공기, 인간자산으로 제한하여 분석하였다. 포병 표적탐지 레이더 운용시 표적획득 비율을 3:2:5으로 포병 표적탐지 레이더 미 운용시에는 표적획득 비율을 0:4:6으로 반영하여 분석하였다. 자산별 표적획득 비율, 표적처리 시간은 김세용(2008) 연구 결과를 이용하였다. 자산별 작전반응시간에 대한 결과는 표 2와 같다.

작전 반응시간을 분석해보면 포병 표적탐지 레이더는 약 6.7분, 무인항공기는 약 4.2분, 인간자산은 약 9.8분이 소요됨을 알 수 있다. 따라서 효과 분석을 위한 총 작전 반응시간은 표 3과 같다.

3.2.2 표적의 정확도

표적의 정확도는 각 획득자산별 레이더 성능제원을 교법¹⁾과 작전운용성능제원을 기준으로 산출하였고 표적획

표 2. 표적획득 자산별 작전반응시간 결과²⁾

구 분	탐지 레이더	인간자산	무인항공기
표적처리시간 (분/시간)	6.65/0.1108	9.82/0.1638	4.20/0.07

표 3. 탐지자산 운용에 따른 작전반응시간 변화

구 분	탐지 레이더 미운용시	탐지 레이더 운용시
작전반응 시간계산	$0.4 \times 0.1638 + 0.6 \times 0.07$	$0.3 \times 0.1108 + 0.2 \times 0.1638 + 0.5 \times 0.07$
계산결과	0.108 시간	0.101 시간

표 4. 탐지자산 운용에 따른 작전반응시간 변화

구 분	표적탐지레이더	무인항공기	인간자산
정확도(%)	80	95	70

표 5. 탐지자산 운용에 따른 정확도 변화

구 분	탐지 레이더 미운용시	탐지 레이더 운용시
정확도계산	$0.4 \times 0.7 + 0.6 \times 0.95$	$0.3 \times 0.8 + 0.2 \times 0.7 + 0.5 \times 0.95$
정확도	0.85	0.86
부정확도	0.15	0.14

1) 육군교육사령부, 교육회장, 08-32-5, 표적획득, 2008

득 비율은 야전부대 훈련결과를 바탕으로 가정하였다. 획득 자산별 정확도는 표 4와 같고 포병 표적탐지 레이더 운용에 따른 정확도 계산결과는 표5와 같다²⁾.

3.2.3 운용 효과 분석 결과

앞에서 산출된 작전 반응시간 및 표적정확도 분석 결과를 활용하여 포병 표적탐지 레이더 미운용시 생존확률을 50%라 하면 식 (4)로부터 C_1 을 아래와 같이 산출할 수 있다.

$$0.5 = \frac{1}{1 + C_1 (0.108)^2 (0.15)} \Rightarrow C_1 (0.108)^2 (0.15) = 1$$

$$\therefore C_1 = 571.559$$

C_1 을 활용하여 포병 표적탐지 레이더를 운용함에 따른 생존확률(αp_c)은 다음과 같다.

$$\alpha p_c = \frac{1}{1 + 571.559 (0.101)^2 (0.14)} = 0.55$$

따라서 포병 표적탐지 레이더를 운용함에 따라 야군 생존확률이 50%에서 55%로 5%증가함을 알 수 있다. 다음 장에서는 MANA모델을 이용하여 포병 표적탐지 레이더 운용시 증가된 5%가 실제 작전간 발생하는 파아 피해율에 어떻게 영향을 미치는지에 대한 계량적 효과를 분석 제시 하였다.

4. MANA모델을 이용한 운용효과 분석

MANA모델을 이용하여 운용효과 분석을 위한 모의절차는 시나리오준비, 데이터 입력 및 조정, 모의결과 분석 순으로 진행하였다. 첫째, 시나리오 준비단계에서는 모의의 목적, 시나리오설정, 적용 및 가정 사항을 설정하였다. 둘째, 데이터 입력 및 조정단계에서는 지도 작성, 지형규모 및 격자크기 선택, 단위변환, 모의개체 작성, 모의개체 운용 시나리오 입력, 행동규칙 입력, 모의 목적에 따른 입력 데이터를 조정하였다. 마지막으로 모의 결과 분석을 통해 본 연구의 목적인 포병 표적탐지 레이더의 운용효과를 분석하였다.

4.1 시나리오 준비

4.1.1 시나리오 개요

그림 3은 포병 표적탐지 레이더의 운용효과 분석을 위한 시나리오 개념도이다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 개전 초 청군과 홍군을 비교해 보면 홍군은 갱도진지에서 생존성을 보장 받으면서 사격임무수행을 하고, 청군은 갱도진지가 아닌 일반진지에서 홍군보다 생존성에 취약한 것을 볼 수 있다. 표적획득 체계에서는 청군은 인간자산과 포병 표적탐지 레이더를 함께 운용하고 홍군은 인간자산만을 이용하여 대화력전 임무를 수행하는 것을 볼 수 있다. 초전 전투에서 청군이 효과적으로 전투하기 위해서는 청군은 홍군포병이 사격을 위해 갱도진지를 나와 사격하고 갱도내부로 들어가기 전에 표적을 제압해야한다는 것을 알 수 있다.

4.1.2 시나리오 구성

시나리오는 그림 4에서 볼 수 있듯이 총 4개의 시나리오를 구성하였다. 시나리오는 먼저 초전 전투 개념을 적용 홍군은 갱도진지에서 청군은 일반진지에서 사격임무를 수행하는 것으로 하였다. 그리고 전투 시간이 흐른 후 청군, 홍군 모두 일반진지에서 상호 교전이 이루어질 때를 고려 시나리오를 구성하였다. 그리고 두 가지 경우 모두 청군에서 포병 표적탐지 레이더를 운용할 때와 운용하

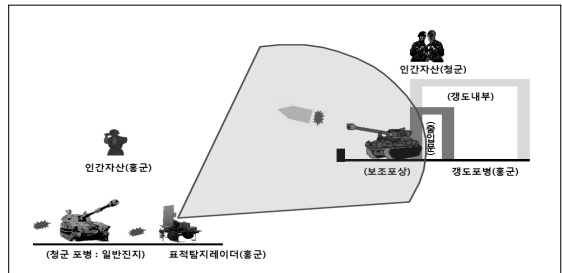


그림 3. 시나리오 개념도

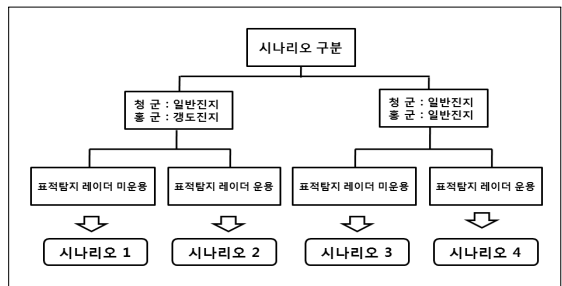


그림 4. 시나리오 구성

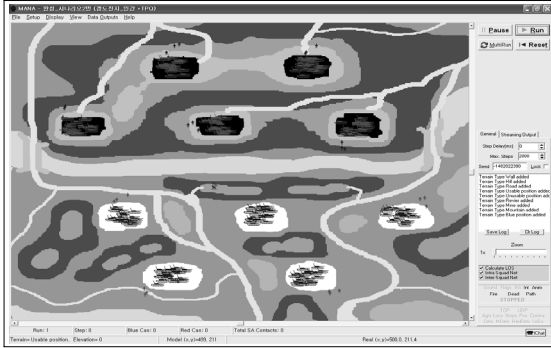


그림 5. 시나리오 2번 구성 화면(MANA모델)

지 않을 경우를 나누어 시나리오 1에서 4까지 모델링을 하였다. 그림 5는 시나리오 2를 모델링한 화면이다.

4.1.3 가정사항

일반적인 대화력전 교리에 기초하여 아래와 같은 가정 사항을 고려하였다.

- (1) 무기체계를 운용하는 요원들의 능력은 동일하다.
- (2) 창-홍군의 포병 명중확률은 0.5로 동일하다.
- (3) 살상반경이내에 자주포 파괴확률은 동일하다.
- (4) 창-홍군 포병은 상대방으로부터 3발을 맞아야 파괴되며, 양쪽 자주포 모두 장갑두께는 동일하며 동일한 능력의 대전차용 포탄을 사용한다.
- (5) 창-홍군의 인간자산의 관측능력은 동일하며 적과 교전하지 않고, 표적요청만 한다.
- (6) 표적탐지레이더의 운용효과 분석을 위해 시뮬레이션시간 동안에 파괴되지 않는다.
- (7) 시뮬레이션 종료조건은 창-홍군 포병이 각각 90씩 파괴되거나 시뮬레이션 time이 2000time을 경과될 때 이다.
- (8) 시뮬레이션은 100회 반복 실행한다.

4.2 데이터 입력 및 조정

4.2.1 시뮬레이션 효과측도

표적탐지 레이더의 운용효과측도는 식 (5) 과 같이 평균 포병 피해를 사용하였다.

$$\text{자주포 피해율} = \frac{\text{최종 자주포 파괴 대수}}{\text{최초 자주포 투입 대수}} \quad (5)$$

4.2.2 지형편집 및 최초 배치

포병 표적탐지 레이더의 운용효과 분석을 위해 운용

표 6. 이동속도 변환표

◆ 이동속도 변환표 ◆		50 Km vs 500 grid				
전장크기 입력	전장크기 모사(Km)	50 Km	50000 m			
	MANA 모듈 크기(grid)	500 grid				
단위 변환	단위 변환(grid→m)	100 m				
	단위 변환(m→grid)	0.010 grid				
이동속도 변환	구분	시간당 이동 속도(Km/h)	시간당 이동거리	1step(sec)당 이동거리(m)	1step당 이동 grid	MANA 입력
		인간자산	4	4000	1.111	0.0111
	자주포	30	30000	8.333	0.0833	8

표 7. 부대 특성 입력자료

구분	부대/Squad 종류	Squad	Agent	위협도	범 주		
청군	포 병	B_K-55_01	1	18	2	11	
		B_K-55_02	1	18	2	22	
	자 산	B_K-55_03	1	18	2	33	
		B_K-9_04	1	18	3	44	
		B_K-9_05	1	18	3	55	
인간	인간	B_deep_01	1	3	1	-	
		B_deep_02	1	3	1	-	
	자 산	B_deep_03	1	3	1	-	
		B_deep_04	1	3	1	-	
		B_deep_05	1	3	1	-	
탐 지 레이더	B_TA_RA	1	1	2	-		
홍군	포 병	R_152SP_01	1	18	2	11	
		R_152SP_01	1	18	2	22	
		R_152SP_03	1	18	2	33	
	자 산	R_170SP_04	1	18	3	44	
		R_170SP_05	1	18	3	55	
	인 간	인 간	R_deep_01	1	3	1	-
			R_deep_02	1	3	1	-
		자 산	R_deep_03	1	3	1	-
			R_deep_04	1	3	1	-
			R_deep_05	1	3	1	-

되는 자산들의 능력을 고려 전장지역을50Km×50Km로 하였다. 1cell=100m로 가정하였기 때문에 지형크기의 입력란에 500cell×500cell을 입력하였다. 홍군지역 갱도진지(Mine Position)모사는 장갑 방어력(Armor Thickness)을 최대로 입력하고, 상태별 탐지자산으로 부터 탐지가능(Stealth)을 0%, 적 포병으로부터 파괴되는 포탄 수(No. Hits to Kill)를 1000발 입력 하였다.

4.2.3 이동속도변환

이동하는 대화력전 자산 묘사를 위해 이동속도를 모델

에 맞도록 변환 하였고 그 결과는 표 6과 같다.

4.2.4 모의개체(Squad, Agent)구성

청군과 홍군의 포병자산과 표적 획득 자산은 Squad로 구성하였고, Squad 별로 명칭을 부여하였다. 포병부대는 1Squad = 18 agent(1개대=18명), 인간자산은 1Squad = 3 agent(1개팀=3명)으로 포병 표적탐지 레이더는 1Squad = 1 agent(1개포대)으로 구성하였다. 모델에 입력된 청군, 홍군의 부대특성자료는 표 7과 같다.

4.2.5 무기체계 특성자료 변환

무기체계 성능자료는 일반 특성자료 입력과 동일하며 거리자료는 grid단위로, 시간단위는 모의 시간간격(time steps)으로, 속도 단위는 그리드/시간간격 단위로 전환하였다. 표 8은 무기체계 특성 데이터를 환산한 결과이다. 무기체계 특성자료는 표적탐지 레이더 운용효과 분석에 영향을 미치지 않는 범위에서 조정하였으며, 이에 따라 실제 한국군과 북한군의 무기체계의 능력과는 실제와 약간 상이하다.

4.2.6 운용 시나리오 입력

MANA모델은 각 상태(State)별로 에이전트 특성을 다르게 정의할 수 있다. 모델에서는 59개의 기본적인 상태

표 8. 무기체계 특성자료 변환

◆ 무기체계 특성자료 변환 ◆

무기체계(거리단위 : grid)

구분	부대/Squad/종류	무기 명칭	최소	최대	표적반경	최대포탄수 (STEP별)	관측확률	탐지비율
타격	B_K_55_00	K-55	50	300	1	3	0.5	0
	B_K_9_00	K-9	50	400	1	6	0.5	0
	R_152SP_00	152SP	50	300	1	3	0.5	0
	R_170SP_00	152SP	50	540	1	6	0.5	0
감시	B_deep_00	인간자산	0	60	0	0	0	0.7
	R_deep_00	인간자산	0	60	0	0	0	0.7
	B_TARA	TPQ - 36	0	240	0	0	0	0.8

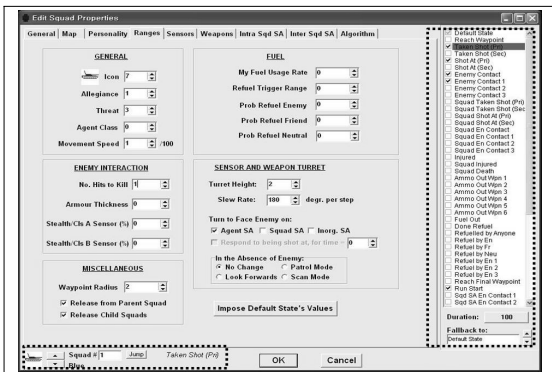


그림 6. 모델에서 상태 설정

가 정의되어 있다. 그림 6의 오른쪽 네모 부분은 상태를 설정하고 각 상태는 그 상태에서 머물 수 있는 최대지속 시간(duration time)과 다음상태(fallback to)를 결정해야 한다. 왼쪽 아래의 네모 부분에서 새로운 Squad를 설정하고 각 상태별로 특성을 다르게 결정할 수 있다^[8].

이런 특성을 이용하여 시나리오에 제시한 내용에 적합한 특성을 상태별로 Squad(자주포, 인간자산, 포병 표적탐지 레이더)에 따라 모델링하였다. 표 9는 시나리오 1,2의 특징적인 상태에서 각 자산의 임무를 나타낸 것이다. 이 특징을 정확하게 모델링해야 원하는 결과를 얻을 수 있다.

시나리오 모델링에서 중요한 갱도포병과 포병 표적탐지 레이더를 구현하기 위해 상태별 설정방법은 다음과 같다. 갱도포병의 구현을 Default 상태에서 홍군포병은 청군 관측 장비로부터 관측 회피 Stealth/Class Sensor(%) 값을 100으로 입력하면 Default 상태에서 청군에 관측되지 않고, 청군 포병에 의한 피해도 발생하지 않는다. 그러나 홍군포병이 갱도진지 밖으로 나오면 홍군의 인간자산에 의해 관측이 되고 청군 포병으로부터 포탄 피해도 입기 때문에 다른 상태에서는 Stealth/Class Sensor(%)를 0로 설정하였다. 두 번째로 포병 표적탐지 레이더를 구현하기 위해 MANA 모델에서 Sensor를 Class A, Class B

표 9. 특정 상태에서 각 자산의 임무

구분	피아	무기체계	임무
Default (교전 전)	청군	자 주 포	주둔지 진지에서 대기
		인간자산	홍군 포병 관측
	홍군	표적탐지 레이더	표적획득 준비
		자 주 포	갱도내부에서 대기
Enemy Contact (적 접촉)	청군	인간자산	청군 포병에게 사격요청
		표적탐지 레이더	청군 포병에게 사격요청
	홍군	자 주 포	사격준비
		인간자산	갱도출구 개방 후 사격준비
Taken Shot (포병 사격)	청군	자주포	홍군 포병에게 사격 이동
	홍군	자주포	청군 포병에게 사격 후 갱도로 이동
Shot At (포병 피해)	청군	자주포	임무 종료 후 임의진지 이동
	홍군	자주포	임무 종료 후 갱도진지로 이동

구분할 수 있는 특징을 이용하였다. 인간자산을 Class A, 포병 표적탐지 레이더를 Class B로 설정하여 운용방식이 다른 점을 적용할 수 있었다.

4.3 모의분석 결과

4개의 시나리오별로 각 100회씩 반복실험을 하였다. 그림 7은 시나리오 4번의 전투 시뮬레이션 장면이다. 그림에서 볼 수 있듯이 청군과 홍군 포병이 전투에 참가하여 전투를 하고 있으며 표적획득을 위해 청군은 인간자산과 포병 표적탐지 레이더를, 홍군은 인간자산만을 운용하고 있다. 직선으로 보이는 것은 포병사격을 하고 있는 장면이고 ×표시는 완전 파괴된 자주포를 나타낸다.

표 10은 4개 시나리오에 대한 자주포 피해 대수를 나타낸 결과이며, 그림 8은 4개의 시나리오에 대해 자주포



그림 7. 전투 시뮬레이션 장면(시나리오 4)

표 10. 시나리오별 자주포 피해 대수

구분	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3	시나리오 4
청군	81.81±0.83	72.7±1.41	64.19±1.25	51.36±1.24
홍군	39.44±1.24	63.13±1.95	66.97±1.13	86.92±0.72

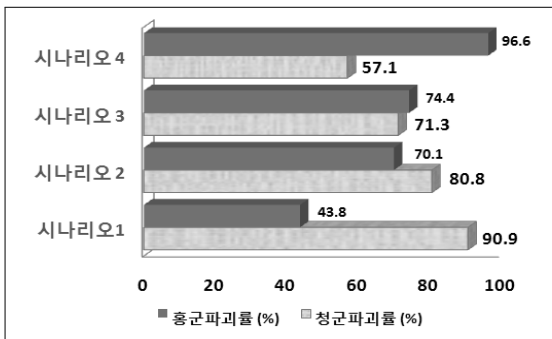


그림 8. 시나리오별 자주포 피해율

피해율을 그래프로 표현한 것이다.

모의 결과를 분석해 보면 홍군이 갯도진지, 청군이 일반진지에서 전투하여 생존성 측면에서 홍군이 우위를 가지는 시나리오 1은 청군의 피해율 90.9% 홍군은 43.8%로 약 48%의 피해율 차이가 있다. 이 결과는 동일한 인간자산을 하여 전투하지만 생존율 우위를 가지는 갯도진지가 전투 승리 요인임을 알 수 있다. 시나리오 2번은 1번 시나리오에 추가로 청군에 포병 표적탐지 레이더의 장비를 추가한 시나리오이다. 표 11의 분석결과를 보면 청군의 경우 시나리오 1에 비해 피해율이 90.9%에서 80.8%로 10.1% 피해가 감소하고, 홍군의 경우는 43.8%에서 70.1%로 피해가 26.7% 증가한 것을 알 수 있다. 이것은 포병 표적탐지 레이더의 운용효과가 계량적으로 표현된 결과로 볼 수 있다. 시나리오 3번은 미래전쟁에 예상되는 전투상황으로 청군과 홍군 모두 유사한 생존성을 보장 받는 일반 진지에서 전투 상황을 묘사한 것이다. 전투 실험 결과를 보면 피해율이 71%와 74%로 거의 유사한 것을 볼 수 있다. 시나리오 3에 표적 탐지 레이더를 추가한 시나리오 4번의 결과를 보면 홍군의 경우 피해율이 74.4%에서 96.6%로 22.2% 증가하고 청군의 경우 71.3%에서 57.1%로 14.2% 감소하는 것을 볼 수 있다. 시나리오 4번도 시나리오 2번의 결과에서 볼 수 있듯이 포병 표적탐지 레이더를 운용함으로써 청군의 생존성을 높여지고 홍군의 피해율은 높아지는 것을 계량적으로 확인 할 수 있다.

4.4 민감도 분석

민감도 분석에서는 포병 표적탐지 레이더 탐지확률의 변화와 표적처리시간 변화에 따른 청군과 홍군의 포병전투 피해율의 변화를 분석하였다. 탐지확률 변화는 모델에 입력한 확률 80%를 기준으로 ±10% 범위 내에서 분석하였다. 그림 9는 탐지확률 변화에 따른 시나리오 2, 4번에서 청군과 홍군 전투피해율 변화를 나타낸 것이다.

그래프를 분석해 보면 청군은 탐지 레이더 탐지확률이

표 11. 포병 표적탐지 레이더 운용효과 분석결과

구분	갯도진지		일반진지	
	청군피해율	홍군피해율	청군피해율	홍군피해율
레이더미운용	90.9%	43.3%	71.3%	74.4%
레이더운용	80.8%	70.1%	57.1%	96.6%
운용효과	-10.1	+26.7	-14.2	+22.2

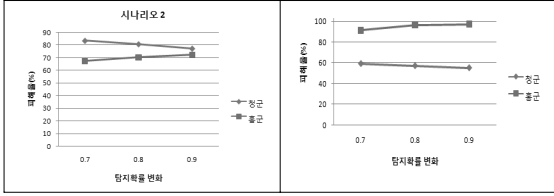


그림 9. 탐지확률 변화에 따른 민감도 분석결과

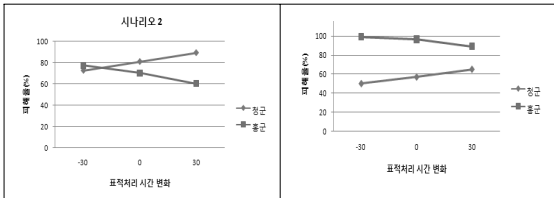


그림 10. 표적처리시간 변화에 따른 민감도 분석결과

높을수록 피해율이 줄어들고 탐지확률이 낮을수록 피해율이 높아진다는 것을 확인할 수 있다. 반대로 홍군은 청군 표적탐지 레이더의 탐지확률이 높을수록 피해율이 늘어나고 탐지확률이 낮을수록 피해율이 줄어든다. 시나리오 2번과 4번을 분석해 본 결과 갯도포병을 운용하는 시나리오 2번의 경우 탐지확률이 높은 포병 표적탐지 레이더를 운용하는 것이 더욱 효과적인 것을 알 수 있다. 표적처리 시간변화는 모델입력시간 6.65분에서 ±30초 범위 내에서 운용효과에 미치는 영향을 분석하였다. 그림 10은 표적처리 시간변화에 따른 청군과 홍군의 전투피해율 변화를 나타낸 것이다.

그래프를 분석해 보면 청군은 표적탐지 레이더 표적처리 시간이 짧을수록 피해율이 줄어들고 표적처리시간이 길수록 피해율이 높아진다는 것을 확인할 수 있다. 반대로 홍군은 청군 표적탐지 레이더의 표적처리시간이 짧을수록 피해율이 높아지고 표적처리 시간이 길수록 피해율이 낮아진다. 민감도 분석결과로 얻을 수 있는 결론은 탐지확률은 장비별로 유사하기 때문에 운용자들에 의해 표적처리 시간을 줄이는 것이 포병 표적탐지 레이더의 운용효과를 극대화할 수 있는 방법이라는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 연구는 한국군에 도입되어 운용중인 포병 표적탐지 레이더의 운용효과를 정량적으로 분석하였다. 지금까지 포병 표적탐지 레이더에 관한 연구는 효율적 운용방법에 초점을 맞추어 연구되어 표적탐지 레이더의 정량적인 운

용효과 연구는 없는 실정이었다. 본 연구에서는 이런 점에 착안, 포병 표적탐지 레이더 운용효과를 수리적 모형과 시뮬레이션 모델을 이용 정량적으로 분석하였다. 수리적 모형의 효과 분석을 C2 효과평가모형을 이용하여 분석한 결과 포병 표적탐지 레이더를 운용함으로써 생존율이 5% 향상된 것으로 나타났다. 또한 에이전트 기반 모의 모델인 MANA모형을 이용하여 아군생존을 증가로 인해 실제 작전효과에 미치는 파아 전투피해율에 대한 영향을 두 가지 경우로 나누어 분석하였다. 첫째, 초전 대화력전에서 포병 표적탐지 레이더 운용의 효과분석을 위한 시나리오 1과 2의 결과를 보면 청군의 경우 자주포 피해율이 10.1% 감소하고 홍군은 26.7% 증가하였다. 둘째, 청군과 홍군 모두 일반진지에서 대화력전을 할 경우 청군의 포병 표적탐지 레이더의 운용효과를 분석하기 위한 시나리오 3과 4번의 결과를 보면 청군의 피해율이 14.2%감소하고 홍군의 피해율은 22.2% 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 민감도 분석을 통한 결과로 표적탐지확률이 높을수록 청군 전투피해율이 감소하고 표적처리시간이 짧을수록 청군 전투피해율이 감소하는 것으로 나타났다.

종합적으로 분석해볼 때 수리적 모델을 이용하여 청군의 생존확률이 향상되는 것을 계량적으로 확인할 수 있었고, 시뮬레이션 모델을 통해서 생존확률 증가에 따라 파아 자산 피해율에 미치는 영향을 초전 대화력전과 이후 일반진지 작전단계로 구분하여 분석하였다. 민감도 분석을 통해 탐지확률이 좋은 표적탐지 레이더를 초전 갯도포병 전투에 운용하는 것이 더 효과적이라는 것을 제시하였고, 탐지 레이더의 운용효과를 극대화하기 위해서는 운용자들의 표적처리시간 감소를 위한 노력이 필요하다는 결론을 도출하였다.

끝으로 본 연구에서 적용하지 못한 대화력전에 영향을 미칠 수 있는 피아 항공자산, 특작부대활동, 기상 등의 요소와 포병 표적탐지 레이더 운용에 미치는 표적획득 위치의 정확도(측지제원), 방열의 정확도(방열오차), 전자전 위협, 레이더 운용시간 등을 적용한 추가적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

1. 고 원, “ABS기법을 이용한 전투실험 분석모델 발전방안”, 육군전투실험세미나, 2006년.
2. 김세용, “에이전트 기반 모의를 통한 갯도포병 타격방안 연구”, 국방대학교 석사논문, 2008년.
3. 김영진, “에이전트 기반모의를 통한 기동전단 전력판단 연

- 구”, 국방대학교 석사논문, 2007년.
4. 김용흡, “네트워크기반 하 전장 정보체계의 전투효과 측정 방안 연구”, 국방대학교 석사논문, 2008년.
 5. 김충영외 5명, 군사 OR이론과 응용, 도서출판 두남, 2004년.
 6. 육군교육사령부, 교육회장 02-3-7 초전 대화력전 수행, 2002년.
 7. 육군교육사령부, 교육회장 08-32-5, 표적획득, 2008년.
 8. 육군본부, 야전교범 3-10, 화력, 2008년.
 9. 육군본부, 참고교범 32-0-47, 화력운용실무, 2004년.
 10. 윤명훈, “시물레이션을 이용한 정찰용 무인항공기 운용효과 과도분석”, 국방대학교 석사논문, 2006년.
 11. 이정환, “효과적인 대화력전 수행방안”, 육군대학논문, 2001년.
 12. 정영호, “시물레이션을 이용한 갠도포병 타격에 관한 연구”, 서울대학교 석사논문, 2009년.
 13. 진차득, “초전 대화력전 수행능력 향상 방안 고찰”, 군사평론, 397호, 2009년.
 14. Calfee, Sharif H, Autonomous Agent Based Simulation of an AEGIS Cruiser Combat Information Center Performing Battle Group Air Defence Commander Operations, Naval Postgraduate School, pp. 99-105, 2003.
 15. Defence Technology Agency, MANA VERSION 4 USER MANUAL, 2007.
 16. Kewley, Robert. & Larimer, Larry, An Agent Based Modeling Approach to Quantifying the Value Battlefield Information, pp. 10-20, 2003.
 17. Schutzer, Daniel M, “Selected Analytical Concepts In Command and Control; C2 Theory and Measures of Effectiveness”, Gordon and Breach Science Publisher, 1982.



강 신 성 (knewstar36@naver.com)

1998 금오공과대학교 산업공학과 학사
 2009 국방대학교 운영분석학과 석사
 2010~현재 육군 보병 제 1사단 근무

관심분야 : 모델링&시물레이션, SCM, TOC



이 재 영 (leeis100@yahoo.co.kr)

1980 육군사관학교 졸업 및 임관
 1988 미국 해군대학원 졸업(OR 석사)
 1995 미국 North Carolina State University 졸업(OR&통계학 박사)
 2000~현재 국방대학교 운영분석학과 교수

관심분야 : C4I 체계 효과분석, 국방 M&S 개발 및 응용, 무기체계 비용 대 효과 분석, OR & 통계의 군사적 응용