

명중확률 개선 및 효율적인 대화력전 수행방안

김세용¹ · 이재영^{1†}

An Improvement of Hit-probability and an Efficient Counter-fire Execution

Se-Yong Kim · Jae-Yeong Lee

ABSTRACT

At an initial battle stage, counter-fire capability have critical impact on defeating the enemy in the future warfare. In this paper, we proposed an efficient method of counter-fire execution. To do that, hit-probability for each artillery type was evaluated using CEP and applied to calculate new target reference table of a counter-fire operation. In order to compare new result to the one obtained by using previous reference table from BTCS, we did simulation using MANA model. Simulation outputs show that new method is superior to previous method of counter-fire operation in various scenarios depending upon each method and usage of UAV.

Key words : Counter-fire, Mine artillery, Hit probability, UAV

요 약

미래전에 있어서, 전투 초기단계의 대화력전 능력은 적을 무력화 시키는데 핵심역할을 수행한다. 본 논문에서는 효율적인 대화력전 수행방안을 제안하였다. 이를 위해, CEP를 사용한 명중확률을 산출한 후 대화력전 작전시 활용 가능한 새로운 사격제원 계산에 적용하였다. 새로운 표적제원의 타당성 검증을 위해 MANA 모델을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. UAV 운용여부 등을 포함한 다양한 시나리오 상황 하에서 시뮬레이션 수행 결과, 새로운 사격제원산출 방법을 사용한 명중률이 기존의 BTCS 사격제원에 의한 명중률 보다 우수한 것으로 나타났다.

주요어 : 대화력전, 갱도포병, 명중확률, 무인항공기

1. 서 론

장차전에서 화력운용은 피·아간에 기동부대를 지원하면서 적의 화력지원 수단을 무력화하기 위하여 고강도의 대화력전이 수행 될 것으로 예상된다. 장차 미래 전장의 규모가 커지면서 Sensor to Shooter 개념의 대화력전 체계가 구축 되고 있으며 최근의 이라크 전쟁이나 걸프전 등을 통해 알 수 있듯이 대화력전의 중요도는 갈수록 증대 되고 있다. 그러나 현재 한국군의 포병은 북한의 포병 자산에 비해서 수적으로 열세(아군:적군=1:2.4)에 있고²⁾, 적은 갱도화 된 진지에서 초전 임무수행을 함으로써 생존

성을 보장받고 있다. 한국군은 이러한 열세를 만회하기 위해 질적 우세를 달성하기 위한 첨단화된 장비를 도입 운영하고 있으며, 점진적으로 적 갱도포병에 대한 타격을 위해 대화력전 자산을 증대 시키고 있는 추세이다.

효율적인 갱도포병 타격을 위해 갱도포병 진지의 크기와 위치 등의 특성과 포병화기의 오차 등을 고려한다면 이에 걸 맞는 사격 방법에 대한 연구가 필요하다. 과거 이와 관련된 연구에는 효율적인 갱도포병 타격을 위한 대화력전 전담부대 운용, UAV(Unmanned Aerial Vehicle : 무인항공기)와 연계한 대화력전 수행, 포병 자동화 사격 지휘체계 연계방안 등이 있다. 또한 포병화기의 명중확률로 적 갱도포병을 타격하기 위해서는 많은 시간과 탄약 소모가 발생하므로 새로운 탄을 개발하여 적용해야 한다는 연구가 있었으나 이러한 내용들은 현재 가지고 있는 자산의 능력이 제한되니 추가적인 전력을 확보해야 한다는 연구내용이다. 본 연구에서는 이러한 방법이 아닌 제

2008년 11월 10일 접수, 2008년 11월 30일 채택

¹⁾ 국방대학교 운영분석학과

주 저 자 : 김세용

교신저자 : 이재영

E-mail; leeis100@yahoo.co.kr

한된 자원을 가지고 효율적으로 적 강도포병 타격을 위한 방법을 제시함으로써 기존 연구와 차별화를 두고 있다. 또한 ABMS(Agent Based Modelling & Simulation) 모델인 MANA를 활용하여 미래 사단급 전장에서 강도포병 타격방안에 대하여 연구하였다.

화포로 표적을 타격시에 생기는 오차를 최소화 하는 방안으로 명중확률을 고려한 화포별 최적 사격제원을 산출하고 현 계획사격 적용시 효과에 대하여 분석하였으며, 현재 화두가 되고 있는 사단급 UAV 도입시 효과는 미 해군대학원 Schutzer 교수의 C2(Command & Control : 지휘통제)효과측정모델과 Arena를 응용 및 활용하여 분석하였고, 추가적으로 MANA를 통해 최적의 강도포병 타격방안을 도출하였다.

2. MANA 모델에 대한 이해

2.1 에이전트 기반모의 정의

에이전트 기반 모의는 자율성, 통신능력, 협동능력, 적응적인 행동, 신뢰성, 추론능력 및 기동성의 속성이 있는 특정 개체들(Individual), 즉 에이전트의 행동들(Behaviors)을 명시적(Explicitly)으로 모델링하여 모의 하는 것이다. 그리고 각 에이전트들은 한정된 범위 내에서 자율적으로 행동하며, 다른 에이전트들과 상호작용(Interaction)이 발생하는 Rule-Based & Stochastic M&S(Modeling & Simulation)이다^[1].

에이전트는 소프트웨어 객체로 구현되며, 특성(Attributes)과 행동(Method)을 보유한다. 에이전트는 기본적으로 보유하고 있는 편제자산으로 정보를 획득하여 이용하며, 주어진 임무를 달성하기 위해 적절한 의사결정에 의해 자율적인 행동을 한다^[1]. 이러한 에이전트 기반모델과 기존의 수식기반모델과의 가장 큰 차이는 그림 1과 같다. 기존의 수식기반모델은 지속적인 부대별 운용명령을 하달해야 하나 에이전트 기반모델은 최초 작전명령만 하달하면 자동으로 워게임이 수행되고 모의결과만 운영자에게 제공함으로써 분석용 워게임에 적당하다. 현재 군에서 사용 중인 에이전트 기반모의 모델은 Einstein, SEAS, NSS, MANA 등이 있다.

2.2 MANA 개요

본 연구에서 사용된 모델인 MANA(Map Aware Non-uniform Automata)는 호주의 DTA(Defense Technology Agency)에서 1999년 개발되어 사용 중에 있다. 이 모델은 사용자가 쉽게 통제할 수 있고 저용량으로 개발되어 누구나 쉽게 사용할 수 있으나 용량의 제한으로 대규모

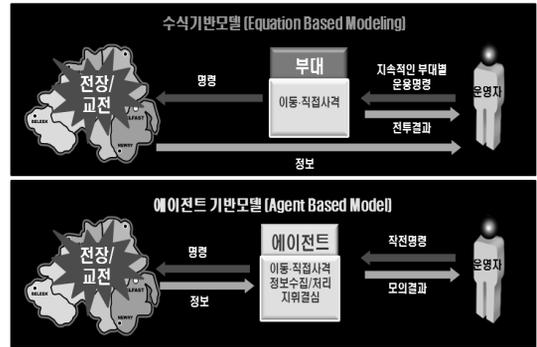


그림 1. 에이전트 기반모의의 개념도

시물레이션을 묘사하기에는 제한된다. 개발은 호주에서 되었지만 현재 미 해병대 및 해군대학원에서 미래전장에 대한 무기효과 분석용으로 많이 사용되고 있다.

2.3 에이전트의 특성

MANA의 경우 에이전트는 지도인식, 비 일률적, 자동자의 특성을 가지고 있다. 지도인식은 자신의 활동영역내의 지형뿐만 아니라 피·아를 식별하여 행동하며, 비 일률적 특성은 에이전트가 개별적인 파라미터와 능력을 가지고 행동한다. 자동자는 디지털 컴퓨터의 수학적 모델로 입력장치, 출력장치, 저장장치, 제어장치를 가지고 있는 자동기계장치를 의미하며, 이것은 에이전트들이 각자의 상황인식 및 성향에 따라 독립적으로 행동하게 한다.

2.4 파라미터

에이전트의 파라미터로는 조직구성, 지형, 접근성향, 무기, 탐지 및 식별, 의사결정, 이동 등이 있으며, 사전에 입력된 파라미터 값에 의하여 행동을 하고 결과를 모델 사용자에게 알려준다.

파라미터의 조직구성은 Squad와 Agent로 구분된다. Squad를 분대, Agent를 소총수라 할 수 있다. Agent를 Squad와 Agent로 구분하는 것은 단순한 조직구성을 위한 것이며, Squad와 Agent의 특성은 동일하다. 파라미터는 정해져 있는 것이 아니고 모델 사용자의 목적과 용도에 따라 다르게 정의할 수 있다.

2.5 모의 수준 및 묘사범위

모델의 모의수준과 묘사범위는 모델의 사용목적과 밀접한 관계를 가지고 있다. 세부적인 분석결과를 요구하는 모델이라면 모의수준은 작아지고 묘사범위는 자세하게 되며, 개략적인 분석결과를 요구한다면 모의수준은 커지

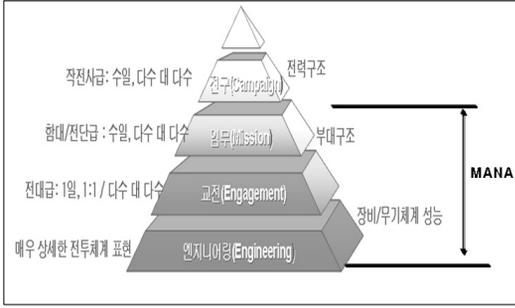


그림 2. 모의수준 및 묘사범위 구분

고 묘사는 개략적으로 이루어진다.

그림 2와 같이 MANA모델의 모의수준은 아직 구체적으로 구분되어 있지 않으나, 육군의 경우는 분대단위에서 대대급까지, 공군의 경우에는 개별 전투기에서 대대급까지, 해군의 경우에는 개별 함정에서 전대급까지 모의가 가능하다. 이러한 모의 수준은 모의 목적에 따라 다를 수 있다. 묘사수준은 현재 운용중인 분석모델보다 더 상세하게 장비/무기체계 성능 등을 표현할 수 있다.

3. UAV 운용 효과 분석

3.1 UAV 운용의 장점

UAV는 작전지역 상공을 비행하면서 우수한 센서를 이용 표적을 탐지하는 능력을 고려할 때 원하는 시간과 장소에서 운용이 가능하고, 주야 기상의 영향을 적게 받으며, 비행체 격추시 인명손실이 없고, 일정시간에 많은 표적 획득이 가능하며, 실시간 정보획득 및 타격이 가능한 장점을 가지고 있다. 따라서 제한된 포병의 표적획득 수단을 보완할 수 있는 무인항공기를 어떻게 운용할 것인가의 문제는 결국 무인항공기가 가진 장점을 어떻게 적용하느냐 하는 문제일 것이다¹⁶⁾.

3.2 포병부대 UAV 활용방안

포병이 UAV를 활용하여 표적을 타격하는 방법에는 표적획득 수단을 활용하여 탄착을 유도해 가는 과정을 거쳐 마지막에 효력사로 타격하는 방법과 탄착을 유도해 가는 과정 없이 표적의 위치와 성질 및 규모 등에 관한 정보만을 기초로 하여 처음부터 효력사 하는 방법의 두 가지가 있다.

3.2.1 특수표적 획득 및 피해평가 (방안 1)

특정지역에 가치 있는 표적을 획득한 경우 탄착의 유도 및 타격결과 평가 및 필요시 재타격을 유도하여 표적을

표 1. 특수표적 획득 및 피해평가방안 장단점

구분	내용
장점	가치가 높은 특수표적을 확실히 제압 가능 고도의 표적분배체계 미구축시 적용가능
단점	임무종료시까지 UAV 타임무 전환 불가 타 지역 탐지제한으로 유휴화력 발생 가능

표 2. 다수표적 획득 방안 장단점

구분	내용
장점	일정한 시간내 다수의 표적 획득
단점	무관측 사격으로 인하여 사격의 효과 불확실 지역사 / 소사의 적용으로 탄약 소모량 증대 고도의 전술사격 지휘 및 표적분배체계 필요

제압시까지 UAV를 운용하는 방안이다. 다수의 표적을 획득하기 보다는 지휘관의 관심을 가지고 있는 핵심표적 (240mm RL, 170mm SP 등)을 추적/제압 하는데 중점을 두는 방안이다. 이 방안은 표적이 많지 않은 상황 또는 표적이 많아도 고가치 표적을 제압해야 하는 상황, 수적으로 화력의 확실한 우세를 유지하고 있는 상황에서 제한적으로 사용하는 것이 적합할 것으로 판단된다. 장단점은 표 1과 같다.

3.2.2 다수표적 획득 (방안 2)

UAV에서 제공되는 표적에 대해서 탄착유도 과정 없이 바로 효력사 하는 방안으로 일정한 시간내에 많은 표적을 획득할 수 있는 UAV의 능력을 최대한으로 이용하는데 중점을 두는 방안이다. 무인항공기는 광범위한 지역의 상공을 비행하면서 특정지역에서 어떤 표적이 모니터상에 나타나면 그 표적의 위치를 C4I체계로 전송하여 Fscell (Fire Support cell : 화력지원 협조소) 또는 OCC(Operational Control Console : 작전통제실)에서 표적을 분석하여 BTCS로 전송하여 타격을 하는 방안이다. 따라서 이 방법은 표적이 많은 상황, 즉 개전초기에 가용 화력으로 신속히 많은 표적을 제압하여야 하는 상황에 적합하다. 장단점은 표 2와 같다.

3.3 UAV 운용효과 평가

UAV 운용에 따른 효과는 표적 획득정보의 정확도가 증대되며, 작전 반응 시간(적 발견후 타격까지의 시간)이 빨라지는 효과로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 UAV운용에 따른 효과평가를 위해서 미 해군대학원의 Schutzer 교수의 C2 모델을 응용하여 UAV 운용에 따른 표적 처리

과정에서 시간 단축과 표적 정확도 증대에 따른 효과를 동시에 적용 가능하도록 모형을 수립하였다.

3.3.1 C2 효과 측정 모델

C2효과측정모델은 1982년 미 해군대학원 Schutzer 교수가 발표한 해군함대간의 교전시 지휘통제체계간의 획기적인 개선으로 나타나는 효과측정요소를 통해 전투력 상승효과를 측정한 모델이다. 이 모델의 특징은 지휘통제체계 개선으로 나타나는 3가지 효과요소-생존확률 증가, 자산별효과(교환비율) 증가, 할당된 자산비율 증가-를 설정하여 지휘통제상의 시간변수들과 란체스터 전투모델을 이용한 교전 전·후의 부대 잔존전투력의 MOE(Measure Of Effectiveness : 효과측정)을 비교하여 전투력 상승효과를 측정한 것이다. 이 모델에서는 교전 전·후의 전투력의 상대적인 비율과 최초 투입 전투력 대비 잔존 전투력과의 비를 전투효과 측정의 기준으로 삼았다¹⁰⁾.

3.3.2 표적 획득 과정상의 효과 모형

Schutzer 교수는 C2 체계가 구축된 후 증가될 생존 확률이 적의 공격으로부터 회피를 시작할 수 있는 시간에 연관된다고 보고 증가될 생존확률(αp_c)을 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(이벤트탐지) 시간
 t_m : 전개시간

적 포병의 이동속도는 갯도진지에서 사격진지로 이동속도를 고려 $v_p = 1$ 로 하고 문제를 해결하였다. UAV 도입에 따른 정보의 정확도를 나타내기 위한 모형은 식 (2)와 같다.

$$P_i = \text{정보의 정확도}$$

$$a, b, c: \text{표적획득수단별획득비율}$$

$$X_i: i\text{번째 UAV 표적 획득 정확도}(i=1,2,\dots,n)$$

$$Y_j: j\text{번째 TPQ-R/D 표적 획득 정확도}(j=1,2,\dots,m)$$

$$Z_k: k\text{번째 적중립 표적 획득 정확도}(k=1,2,\dots,l)$$

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

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

따라서 정보의 부정확도는 식 (3)과 같다.

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

정보의 부정확도(σ^2)와 이동속도($v_p = 1$)를 식 (1)에 대입하면 생존확률은

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

가 된다.

3.3.3 UAV 운용 효과

3.3.3.1 작전 반응시간($T_R - t_m$)

C2 이론의 상황인지시간에서 전개시간까지의 시간을 작전 반응 시간으로 구현하였다. 표적 획득 자산은 UAV, 탐지레이더, 인간정보로 제한을 두어 분석을 하였다. UAV 도입시에는 획득 비율을 5:3:2 로 UAV 미운용시에는 0:6:4로 반영(07년 000훈련결과)하여 분석을 실시하였다. 획득자산별 표적처리 시스템까지의 시간은 Arena로 모형을 구축하여 분석하였다. 시뮬레이션 모형은 그림 3, 결과는 그림 4와 같다.

작전 반응시간은 UAV가 약 4분(0.07시간), 탐지레이더는 약 7분(0.12시간), 인간정보 자산은 약 10분(0.17시간)이 소요됨을 알 수 있다. 효과 분석을 위한 총 작전 반응 시간은 다음과 같다.

- UAV 운용시 작전반응시간
→ $0.5 * 0.07 + 0.3 * 0.12 + 0.2 * 0.17 = 0.1$ 시간
- UAV 미운용시 작전반응시간
→ $0.6 * 0.12 + 0.4 * 0.17 = 0.14$ 시간

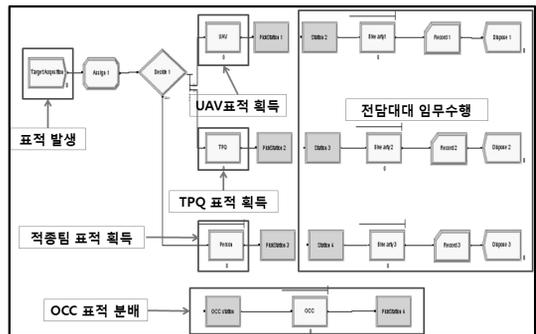


그림 3. 표적처리 시간 분석 모형(Arena)

Between	Average	HalfWidth	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Person	8.8234	0.28	7.1641	14.3888	3.0197	83.1547
TPQ	6.6683	0.15	4.8737	8.3108	3.0245	52.8802
UAV	4.2086	0.04	3.9183	5.0889	3.0098	25.7241

그림 4. 자산별 작전반응시간

3.3.3.2 표적의 정확도 분석

표적의 정확도는 각 획득자산별 능력대비 분석을 하되 성능제원은 교범이나 ROC제원을 기준으로 제원을 산출하였으며, 표적에 대한 획득 비율은 07년 000훈련 결과를 적용하였다. 획득자산별 정확도는 표 3과 같다.

UAV 운용시 정확도 : $0.5 \cdot 0.95 + 0.3 \cdot 0.8 + 0.2 \cdot 0.7 = 0.86$

UAV 미운용시 정확도 : $0.6 \cdot 0.8 + 0.4 \cdot 0.7 = 0.76$

3.3.3.3 운용 효과 분석

앞에서 연구한 내용을 바탕으로 운용효과 변수의 변화를 요약하면 표 4와 같다.

UAV 미운용시 생존확률(αp_c)을 50%라 하면 식(4)에서 C_1 을 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$0.5 = \frac{1}{1 + C_1 (0.24)^2 (0.14)^2} \Rightarrow C_1 (0.24)^2 (0.14)^2 = 1$$

$$\therefore C_1 = 885.7$$

UAV 운용시 생존확률(αp_c)은 다음과 같다.

$$\alpha p_c = \frac{1}{1 + 885.7 (0.14)^2 (0.1)^2} = 0.85$$

UAV 운용에 따라 아군의 생존확률이 50%에서 85%로 증가됨을 알 수가 있다.

본장에서는 수학적 모델을 통한 UAV운용 효과에 대하여 알아보았으며, 5장에서 위게임 모델을 활용하여 UAV 운용 효과에 대하여 검증하였다.

4. 화포별 명중확률

4.1 화포 사격간 발생 오차

화포로 표적을 사격시에 발생 가능한 오차는 표적위치

표 3. 획득 자산별 정확도

구 분	UAV	탐지레이다	인간정보
정확도(%)	95	80	70

표 4. 운용효과 변수 변화

구 분	UAV 미운용시	UAV 운용시
작전반응시간	0.14 시간	0.1 시간
정보의 부정확도	24 %	14 %

에 대한 오차, 표적 조준오차, 탄도학적 오차로 구분할 수 있다(그림 5 참조).

표적 위치에 대한 오차는 표적 획득 수단이 표적을 획득시 발생하는 오차로 GPS기술과 군사기술의 접목을 통해서 오차율이 “0”에 근접하고 있다.

표적 조준오차는 화포로 사격제원을 산출하여 표적을 조준시에 발생하는 오차이다. 과거 화포는 사람에 의해 장비를 조작함으로써 사람에 의해 발생하는 오차와 주변의 환경(자기장의 변화)에 따라 오차가 많이 발생함으로써 효력사를 위한 수정 요소가 많았지만 현재 전력화 되어 사용 중인 K-9 자주포의 경우 자체적으로 위치를 식별하고 방향을 탐지하며, 화포에 대한 오차를 보정할 수 있는 기능이 있어 조준오차를 없앨 수 있다.

탄도학적 오차에 미치는 요소 중 기상, 화포자체의 포구초속 등은 현재 가지고 있는 기술로 보완이 가능하지만, 화포의 탄약 자체가 정밀 유도탄이 아니기 때문에 탄착점을 기준으로 일정한 탄착군이 생성되는 오차에 대하여서는 수정이 불가하다. 이를 화포의 공산오차라 하며 공산오차의 특성을 활용하여 포병 사격시 명중률에 대하여 연구하였다.

4.2 원형공산오차

원형오차(CEP : Circular Error Probability)는 무기 체계 성능을 설명하는데 많이 사용되고 있다. 일반적으로 원형오차는 탄착중심 혹은 조준점을 원의 반경으로 대신하여 안정된 사격조건하에서 표적지역에 낙하되는 탄의 50%를 포함한다는 것이다. 그림 6에서 탄착중심을 기준으로 원을 표시하였는데 그 안에 50%의 탄두가 낙하된다는 것이다. 동일한 조건하에서 표적에 동일한 사격을 실시하였을 때 탄착중심을 기준으로 탄착점들이 50%를 포함하는 확률을 반경 $R_{0.5}$ 으로 정의되며 분포는 이변량 정규분포를 따르게 된다¹⁴⁾.

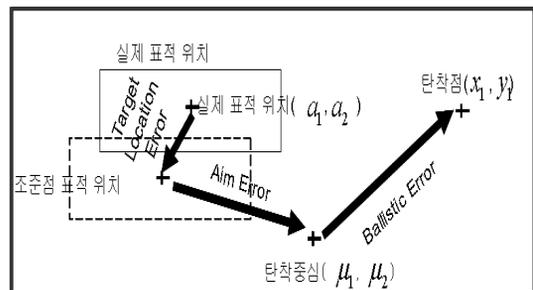


그림 5. 사탄분포에 영향을 미치는 오차

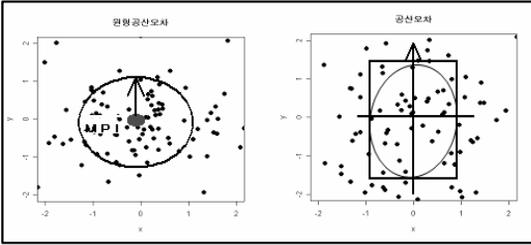


그림 6. 원형 및 비원형 공산오차

탄착군의 분포는 일반적으로 중앙점을 기준으로 사거리 및 좌우 방향 상으로 서로 대칭이며 중앙점에서 가장 높은 빈도를 나타낸다. 또한 탄착점들이 분포된 전체적인 모양을 파악함에 있어서 날개의 점들로만 보지 않고 연속적인 의미로 연장하여 생각해 보면 탄착군 분포는 그림 7에서 보는바와 같이 이변량 정규분포 형태를 따른다^[5].

4.3 명중확률 모형

일정한 반경의 포상내에 1발의 포탄이 탄착할 확률을 산출하는 문제는 이변량 정규분포를 따르는 1발의 탄착군이 탄착군의 중앙점 으로부터 X축과 Y축 상으로 반경의 크기가 R_a 인 원안에 형성되는 확률을 구하는 문제로 생각할 수 있다. 이를 수학적 모델식으로 표현하면 다음과 같다.

이변량 정규분포의 x, y 성분을 $f(x)$, $f(y)$ 라 할 때 반경이 R_a 인 원안에 탄착이 형성될 확률은 식 (5)와 같다.

$$P(\text{hit}) = \iint_{x^2+y^2 \leq R_a^2} f(x, y) dx dy$$

$$= \left(\frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y}\right) \iint_{x^2+y^2 \leq R_a^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) dx dy \quad (5)$$

위식을 활용하여 명중확률을 구할 수 있으나 계산 과정이 복잡하여 Polly-william은 지수분포를 활용하여 근사치 식으로 변환을 하였다. $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$ 인 경우, 반경 R_a 인 원안에 1발이 탄착될 확률은 극좌표 방법에 의해서 식 (6)과 같이 변환된다.

$$x = r \cos \theta, \quad y = r \sin \theta, \quad 0 \leq \theta \leq 2\pi$$

$$P(\text{hit}) = \iint_{x^2+y^2 \leq R_a^2} f(x, y) dx dy = 1 - \exp\left(-\frac{R_a^2}{2\sigma^2}\right) \quad (6)$$

화포별 사표에 나와 있는 사거리별 장약별 공산오차(사거리, 편의)와 갱도포병 진지크기를 활용하기 위해 식 (6)을 변환하면

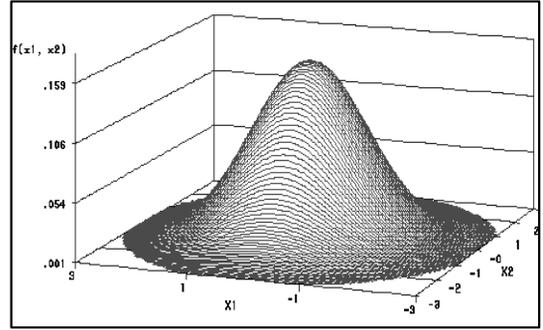


그림 7. 이변량 정규분포 모형

r_e : 1사거리 공산오차 d_e : 1편의 공산오차

R_a : 갱도포병진지의 반경 $P(\text{hit})$: 화포의 명중확률

$Z_{0.5}$: 표준정규분포 통계량(50%)

$$P(\text{hit}) \cong \left(1 - \exp\left(-\frac{R_a^2 Z_{0.5}^2}{2r_e^2}\right)\right)^{\frac{1}{2}} \left(1 - \exp\left(-\frac{R_a^2 Z_{0.5}^2}{2d_e^2}\right)\right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

이 된다.

4.4 명중확률을 적용한 화포별 최적 사격제한

화포별 명중확률 모형에 각 화기별 사표에 나와 있는 공산오차(사거리, 편의)를 식 (7)에 대입하여 사거리별, 탄종별, 장약별로 명중확률을 산출하였고, 포병 자동화 사격지휘 체계인 BTCS(Battalion Tactical Control System) 제원과 명중확률 모형에 의한 최적제한과의 비교 분석을 실시하였다. 화포별 최적 사격제한 산출은 각 부대의 보유탄약과 한반도 지형의 특성을 고려 도상고각이 300밀 이상인 제원을 적용하였으며, 표적에 1발의 탄착 효과를 얻기 위한 기대 발수를 기준으로 비용 대 효과를 고려하여 산출하였다.(최적제한은 부대특성, 갱도진지의 크기에 따라 변화) 화포별 명중확률은 표 5와 같다.

4.5 갱도포병 타격효과 비교분석

현재 전방에 배치되어 있는 적 갱도포병에 대하여 아군의 대화력전 수행간 BTCS 사격제한과 최적사격제한 적용시 차이점에 대하여 분석해 보았다. 1회 작전시 현재 전방에 14개의 갱도표적에 대하여 아군 포병 사격시 명중확률은 표 6과 같다.

동일한 양의 탄약(다른 장약)을 사격했음에도 불구하고 최적사격제한 적용시 명중확률은 72.5%로써 BTCS 사격시 명중확률 54.6%보다 17.9% 높음을 알 수가 있다.

또한 BTCS 사격제한 적용시 명중확률(54.6%)을 달성하기 위해서 최적사격제한을 적용 사격시에는 소모되는

표 5. 화포별 명중확률(%)

거리 (Km)	K-55		K-9	
	최적제원	BTCS	최적제원	BTCS
10	4.2929	3.3697	4.1285	4.1285
11	3.9762	2.7175	3.8347	3.8347
12	3.1381	3.1381	3.0338	3.0338
13	2.4635	2.4635	2.4635	2.4635
14	2.0427	1.4773	2.0427	1.4773
15	1.2734	1.2734	1.6765	1.2451
16	1.1101	1.1101	1.0865	1.0865
17	0.9571	0.9571	0.9571	0.9571
18	1.1935	1.1935	1.0645	1.0645
19	1.0190	1.0190	0.9265	0.9265
20	1.5173	0.8961	0.8008	0.8008
21	1.4611	0.7950	0.7895	0.6903
22	1.2194	1.2194	0.6811	0.6015
23	1.0345	1.0345	0.6015	0.6015
24	0.8897	0.8897	0.5289	0.5289
25	0.7739	0.7739	0.4688	0.4688
26	0.6702	0.6702	0.4800	0.4185
27	0.5783	0.5783	0.4062	0.3760
28	0.5040	0.5040	0.3698	0.3242
29	0.3971	0.3971	0.3382	0.2951
30	0.3042	0.3042	0.3105	0.2698

탄약의 양이 기존 720발에서 549발로 총 171발이 절약되는 효과를 얻을 수 있다. 즉 비용대효과면에서 최적사격제원 적용시 약 30% 증가됨을 알 수가 있었다. 또한 전투근무지원 차원에서 탄약을 절감할 수 있어서 지속 작전수행시 원활한 작전 수행을 할 수 있다.

이에 대한 검증은 5장에서 M&S를 통해 실시하며 화포의 특성중 무기체계의 명중확률에 대한 값에 표 5의 화포별 명중확률을 입력하여 비교 분석하였다.

5. MANA를 통한 갯도포병 타격방안연구

5.1 시나리오 구성

장차 사단급 전장에서 초전 대화력전을 수행함에 있어서 앞서 연구한 명중확률을 통한 최적 사격제원 산출에 의한 방법과 미래 전장에서 사단급 UAV의 운용방안에 따른 효과를 분석하였다.

표 6. 사격제원별 갯도포병 타격효과

표적	사격부대	거리(Km)	사격발수	명중률(%)	
				최적 제원	BTCS 제원
1	K-9	28	54	20.0	17.5
2	K-9	30	54	16.8	14.6
3	K-9	24	54	28.6	28.6
4	K-9	29	54	18.3	15.9
5	K-9	26	54	25.9	22.6
6	K-55	21	54	78.9	42.9
7	K-55	14	54	110.3	79.8
8	K-55	10	36	154.5	121
9	K-55	14	54	110.3	79.8
10	K-55	11	36	143.1	97.8
11	K-55	20	54	81.9	48.4
12	K-55	21	54	78.9	42.9
13	K-55	22	54	65.8	65.8
14	K-55	20	54	81.9	48.4
평균명중확률				72.5	54.6

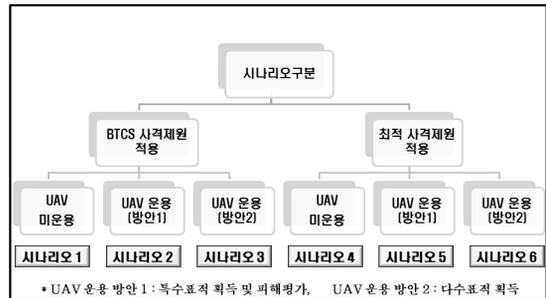


그림 8. 시나리오 구성

시나리오는 화포별 사격제원 적용방안과 UAV의 운용 여부 및 운용방안에 따라 6가지로 구성하였다.

효과 검증은 개전 초 1일간(10H) 작전수행 후에 피아 전투력 지수의 변화를 통하여 분석하였다. 아군은 1개 사단이 방어를 적군은 1개 군단이 공격을 감행하는 것으로 묘사하였으며 참여부대는 대화력전을 수행하는 부대 중 아군은 갯도 포병 타격 계획에 반영 되어 있는 포병자산과 이를 탐지하는 자산으로 한정하였고, 적군은 0군단 예한 포병들 중 연포군을 제외한 포병 부대들로 제한하되 100% 갯도진지에서 임무수행 하는 것으로 가정 하였다. 참가부대의 규모는 아군은 1개 사단에 포병대대 00개 대대 000문을 적용하였고, 적군은 1개 군단에 군포군 및 사포군에 속해 있는 포병 00개 대대 000문을 가정하였다.

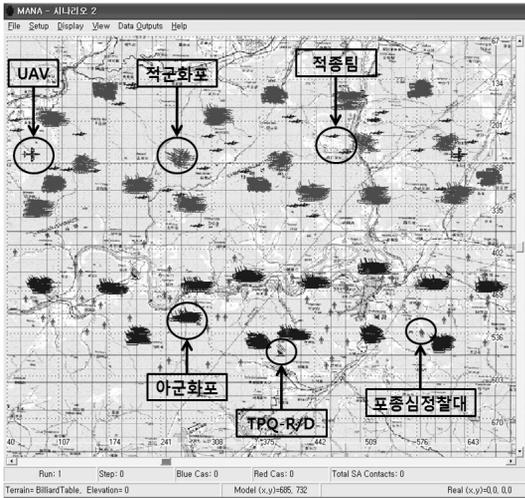


그림 9. 시나리오 2 구성 화면

피아 규모면에서 전력지수 차이는 1:1.43 으로 적이 우세하다(수적). 아군의 문당 보유량은 B/L을 기준으로 하였고 적의 보유량은 교범 적을 알자(연대급 이상) 부록에 나와 있는 화기별 전투정량을 기준으로 하되 방사포(RL)는 제원이 부재하여 한국군에서 운영 중인 다련장(구형)의 B/L을 적용하였다.

정보전력 자산은 아군은 UAV, 탐지레이다, 인간정보를 적군은 포중심 정찰대를 반영하였으며, 기타 무기체계의 제원은 교범 및 창조 21모델에 적용되어 있는 제원을 활용하였다.

그림 9는 시나리오 구축 후의 모델 메인화면 예제(시나리오 2)이다.

5.2 데이터 입력 및 조정

초기 피아 포병자산 및 표적 획득 자산은 Squad로 구성하였고 각 Squad 별로 별도의 명칭을 붙였다. 또한 Squad에 대한 Agent는 포병부대는 1 Squad = 18 agent로 하였으며 인간정보 자산은 1 Squad = 3 Agent로 탐지레이다 및 UAV는 1 Squad = 1 Agent로 구성 하였다. 미래 사단 전장 지역을 고려하여 전장 지역은 00Km * 00Km로 하였다. MANA에서는 1cell=100m로 가정하여 800cell * 800cell로 입력하였다. 인간정보 자산(포중심 정찰대, 적지중심 작전부대)의 이동속도는 4 Km/h = 0.0011 Km/sec = 0.1Km/100step = 1 cell/100step이며, UAV 비행속도는 160 Km/h = 0.044 Km/sec = 4.4 Km/100step = 44 cell/100step으로 이동하는 것으로 입력하였다.

지역에 대한 속성 값은 임의 지역의 지도를 확보하여

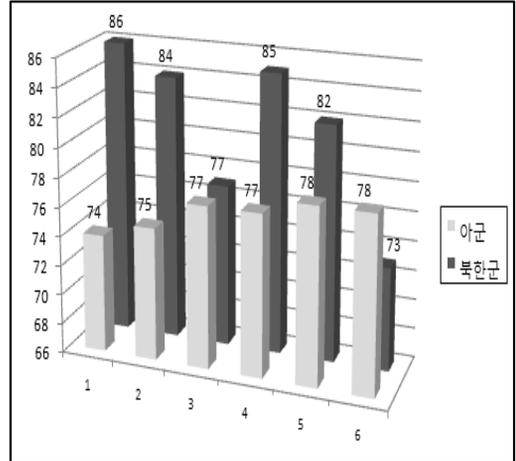


그림 10. 시나리오별 결과

반영하였고 묘사가 제한되는 부분에 대하여서는 속성 값에 가중치를 부여(창조 21 위게임 모델에 적용된 값을 MANA의 속성에 부합되도록 전환)하여 현실에 부합되도록 조정하였다.

화포별 명중확률은 4장에서 산출한 사거리별 명중확률을 적용하여 속성 값을 입력하였으며, 정보체계의 정확도는 UAV는 95%, 탐지레이다는 80%, 인간정보는 70%를 작전 반응시간은 3장에서 산출한 시간 값을 적용하였다. (데이터 지연시간으로 묘사)

표적에 대한 위험도 순위는 적 240RL(방사포)를 위협 1, 170 SP(자행포)를 적 위협 2로 나머지 화기에 대해서는 위협3으로 분류 하였다. 아군은 K-9 부대를 위협 1로 K-55 부대를 위협 2로 가정하여 묘사 하였다. 위험도를 분류하는 목적은 표적을 획득하는 자산은 위험도가 높은 부대를 먼저 찾도록 운영되며, 한 부대에서 다수의 표적을 동시에 획득시에 위험도가 높은 것을 먼저 타격하도록 에이전트의 속성이 설정된다.

5.3 모의결과 분석

모의분석은 시나리오별로 각 50회씩 실시하였고, 신뢰수준 95%에서 분석하였다. MANA에 의한 모의 분석 결과는 자체 보유하고 있는 Data analyzer와 엑셀을 활용하였으며 전투력 지수는 작전 후 잔존해 있는 에이전트의 수를 최초의 병력과 비교하여 이를 잔존 전투력 지수로 묘사하였다. 각 시나리오별 결과는 그림 10과 같다.

위게임을 통한 시나리오별 전투력 지수 결과에 대한 데이터를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

첫째, 최적 사격제원을 적용한 방안이 BTCS 사격제원을

적용한 방안보다 효과면에서 우수하며, 장차작전 수행을 위한 전투근무지원 측에서 유리하게 작전을 수행할 수 있다. 시나리오 4(6)은 시나리오 1(3)에 비해 아군의 전투력지수는 3(1)% 증가하고 적의 전투력지수는 1(4)% 감소하였다.

둘째, 개전 초 UAV 운용방안은 특수표적 획득/제압 방안보다 다수표적 획득/타격 방안이 우수하다. 이는 수적 열세인 대화력전에서 질적 우위를 달성하는 중요한 요소이다. 시나리오 3(6)은 시나리오 2(5)에 비해 아군의 전투력지수는 1(1)%증가하고 적의 전투력지수는 7(8)% 감소함을 알 수가 있다.

셋째, 미래 사단급 전장에서 UAV를 운용 했을때 그 효과는 증대 된다. 시나리오 3(6)은 시나리오 1(4)에 비해 아군의 전투력 지수는 3(1)% 증가하고 적의 전투력 지수는 11(12)%가 감소하였다. 따라서 표적획득수단으로서의 UAV 활용은 반드시 필요하다고 볼 수 있다.

결론적으로 시나리오 6(최적사격제원 적용, 다수표적 획득수단으로 UAV운용)시 적보다 전투력 우위를 달성할 수 있었다. 즉, 아군의 대화력전 자산이 적보다 질적 우위 달성을 위한 최적의 대안은 포병화기의 최적사격제원 적용과 다수 표적 획득수단으로서의 UAV를 운용함으로써 달성 가능하다는 결론을 얻을 수 있었다.

6. 결론 및 향후 연구방향

본 연구에서는 에이전트 기반 모의 모델인 MANA를 활용하여 화포별 명중확률과 UAV를 통한 표적획득방안에 따라 적 캅도포병 타격에 어떠한 영향을 미치는 지 알아보고 제한된 자원으로 최적의 결과를 얻을 수 있는 방안을 제시 하였다.

해외에서 다 방면에서 사용되고 있는 MANA는 국내에서는 제한적으로 연구되고 있는 실정이다. MANA의 활용 증대를 위한 대안으로 육군 대대급 특성에 부합되는 Agent 들에 대한 세부 DB를 구축하고 프로그램을 배포한다면 대대급 이하 부대에서 훈련 실시 전에 모의 분석용으로 활용함으로써 그 효과를 증대 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

끝으로 본 연구는 초전 대화력전 수행시에 국한하여 분석을 하였지만 추가적으로 작전단계별 포병부대 운용을 고려하여 분석을 할 필요가 있으며, 대화력전에 영향을 미칠 수 있는 피아 항공자산(전술공군, 공격헬기), 특작부대활동, 지형 및 기상 등에 대한 요소들이 작전에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구와 한국형 에이전트 기반 모의 모델 개발시 활용하는 방안에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 고원 (2006), “ABS기법을 이용한 전투실험 분석모델 발전 방안”, 육군전투실험세미나, pp. 8-19.
2. 국방부 (2004), 2004년 국방백서 (부록), p. 27.
3. 김영진 (2007), “에이전트 기반모의를 이용한 기동전단 전력판단 연구”, 석사논문, 국방대학교.
4. 김충영 외 5명 (2004), “군사 OR 이론과 응용”, 도서출판 두남, pp. 501-508.
5. 류재춘 (2001), Discrete Mathematics, 광문각, pp. 345.
6. 이강섭 (2002), “포병의 무인항공기 활용방안”, 육군교육사령부, pp. 6-2-5.
7. 하광희 (1997), “일정한 반경내 탄착확률을 통해본 캅도진지 포병타격에 대한 시사점”, 국방논집 제39호, pp. 154-159.
8. Bonabeau, Eric (2000), “Agent-Based Modeling : Methods and technique for simulating human systems : Adaptive A0gents, Intelligence, and Emergent Human Organization : Capturing Complexity through Agent-Based Modeling”, PNAS Vol. 99/suppl.3, pp. 7280-7287.
9. Mark, Raffetto. (2004), “Unmanned Aerial Vehicle Contributions to Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance Missions for Expeditionary Operations”, Naval Postgraduate School, pp. 9.
10. Schutzer, D.M. (1982), “C2 Theory and Measures of Effectiveness”.
11. Sulewski, Charles A. (2005), “An Exploration of UAV in the Army’s Future Combat Systems Family of Systems”, MORS.



김 세 용 (seyong58@hanmail.net)

2001 육군사관학교 응용화학 학사
2007~현재 국방대학교 운영분석학과 석사과정

관심분야 : 국방 M&S, 스케줄링, EVMS, Six-sigma



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