

공방동시통합작전 구현을 위한 중심작전 효과분석 연구

조정근^{1,2*}, 유병주², 한도현²

¹국립공주대학교 군사과학정보학과, ²지상작전사령부

A study on Deep Operations Effect Analysis for Realization of Simultaneous Offense-Defence Integrated Operations

Jung Keun Cho^{1,2*}, Byung Joo Yoo², Do Heon Han²

¹Division of Military Science and Information, Kongju National University,

²Ground Operations Command

요약 지상작전사령부는 지상작전수행개념인 “결정적 통합작전” 구현을 위해 작전계획 및 작전수행체계 발전을 지속해서 추진하였고 괄목할 만한 성과를 거두었다. 특히 전쟁 초기부터 공격과 방어를 동시에 실시하여 중심지역의 적을 무력화시켜 아군에게 유리한 여건을 조기에 조성하기 위한 “공방동시통합작전”을 중점적으로 발전시켰다. 그러나 기존의 M&S 체계만으로는 중심작전 효과분석이 제한되어 지휘관에게 과학적이고 합리적인 의사결정 지원이 불가하였다. 본 연구의 목적은 전장관리체계에서 사용 가능한 중심작전 효과분석 모델을 개발하는 것이다. 이를 위해 먼저 중심작전 수행 구성요소인 감시, 물리적타격, 비물리적타격 효과분석에 관한 선행연구를 하여 각각의 특징 및 제한사항을 고찰하고 연구 방향을 제시하였다. 다음으로 전·평시 지구사에서 생산되는 데이터를 활용하여 구성요소 간 상호작용이 반영된 중심작전 효과분석 방법론을 제시하였고, 전투실험 및 자료수집 등을 통해 분야별 입력데이터를 산출하였다. 최종적으로 중심작전효과예측모델(DECAM)을 구현하고 지구사 및 군단 전투참모단에 배포하여 연합연습 간 활용하였다. 본 연구를 통해 효과분석 방법론 및 개발된 모델의 유용성을 확인할 수 있었으며 지구사 및 군단의 중심작전 수행능력 발전에 기여할 수 있었다.

Abstract Ground Component Command (GCC) has been developing operational planning and execution systems to implement "Decisive Integrated Operations", which is the concept of ground operations execution, and achieved remarkable results. In particular, "Simultaneous Offense-Defense Integrated Operations" is developed mainly to neutralize enemies in deep areas and develop favorable conditions for the allies early by simultaneously attacking and defending from the beginning of the war. On the other hand, it is limited to providing scientific and reasonable support for the commander's decision-making process because analyzing the effects of the deep operation with existing M&S systems is impossible. This study developed a model for analyzing the effects of deep operations that can be used in the KJCCS. Previous research was conducted on the effects of surveillance, physical strike, and non-physical strike, which are components of deep operations to find the characteristics and limitations and suggest a research direction. A methodology for analyzing the effects of deep operations reflecting the interactions of components using data was then developed by the GCC, and input data for each field was calculated through combat experiments and a literature review. Finally, the Deep operations Effect CALCulating Model(DECAM) was developed and distributed to the GCC and Corps battle staff during the ROK-US Combined Exercise. Through this study, the effectiveness of the methodology and the developed model were confirmed and contribute to the development of the GCC and Corps' abilities to perform deep operations.

Keywords : Modeling & Simulation, OODA Loop, Ground Operation, Operation Effect, Commander's Decision Supporting, DECAM

*Corresponding Author : Jung-Keun Cho(Kongju National Univ.)

email: dydwo072@naver.com

Received February 18, 2021

Accepted June 4, 2021

Revised March 5, 2021

Published June 30, 2021

1. 서론

지상작전사령부(이하 지작사)는 '19. 1. 1일부로 창설된 이래 지상작전 개념과 전시 지상군구성군사령부(이하 지구사)로써 연합작전 수행능력 향상을 위해 노력하고 있다. 이러한 노력으로 여러 가지 괄목할 만한 성장이 있었지만 최종임무수행능력평가(FOC)간 제기된 중심작전 수행능력은 추가적인 보완이 필요한 것으로 식별되었다. 이에 지작사는 중심작전 수행개념을 발전시켜 공방동시통합작전 개념을 발전시켰다. 공방동시통합 작전은 전쟁 초기부터 적 방향으로 전투력을 집중하여 중심지역의 적 핵심노드를 타격, 아 근접지역에 도착하기 전에 전투력을 약화시켜 적의 조직적인 공격을 방해하고 적에게 초기에 작전한계점 도달을 강요하여 최소의 희생으로 최단 시간에 많은 기반시설과 국민들이 밀집되어 있는 수도권의 안전을 확보하고 공격작전 전환에 유리한 여건을 조성하는 작전개념이며 그 작전효과를 측정할 수 있는 체계 개발의 필요성이 대두되었다.

그러나 지작사의 주 작전분석 모델인 전구급 분석모델 JOAM-K (Joint Operational Analysis Model - Korea, 한국형 합동작전분석모델)는 근접지역의 기동부대 운용 효과분석 중심으로 개발되어 지구사 중심지역의 적 부대에 대한 과학적이고 정량적인 작전효과 분석은 제한된다. 또한, 보유 중인 임무급 분석모델인 비전21과 화력운용분석모델은 부대 DB구축 / 시나리오 구성에 많은 시간이 소요되어 작전사급 전구 작전분석간 사용하기는 어려운 실정이다.

이에 본 연구는 기존의 근접작전지역 기동부대 운용효과와 위주의 작전분석 방법에서 탈피하고, 변화된 전장 상황을 반영한 공방동시통합작전 개념구현을 위해 과학적이고 정량적인 중심작전 효과분석 방법을 연구하였다. 서론을 포함하여 총 7개 장으로 구성하였고 2장에서는 공방동시통합작전 개념을 살펴보고 3장에서는 중심작전 효과분석 모델개발 필요성에 대하여 검토하였다. 4장에서는 선행연구를 통한 이론적 고찰을 하였으며 5장에서는 중심작전 효과분석 모델개발을 위한 연구절차 및 방법, 모델링 및 데이터 산출, 시뮬레이션 구현 결과를 제시하였다. 6장에서는 사례분석을 통해 연구의 성과를 검토하고 마지막 7장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시하였다.

2. 모델개발 필요성

중심작전 효과분석모델 개발의 필요성은 다음과 같다.

첫째, 공방동시통합작전은 Fig. 1과 같이 감시 - 판단 - 결심 - 시행 / 타격의 OODA (Observation - Orientation - Decision - Action) Loop 의사결정과정을 따르며 구성요소 간 통합된 운용과 적시적인 의사결정이 핵심이다. 이를 위해 OODA Loop 속도를 향상시키고 변화하는 전장 상황을 반영한 의사결정 지원을 위해 과학적이고 정량적인 작전효과 분석이 필요하며 이를 위한 모델개발이 필요하다.

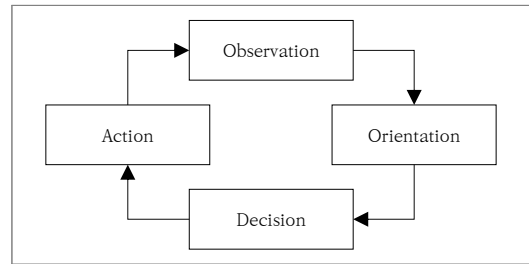


Fig. 1. Concept of OODA Loop

둘째, 서론에서 언급한 바와 같이 지작사에서 보유 중인 분석모델로는 전시 중심작전 효과를 분석하기 제한된다. Fig. 2와 같이 한국형 전구급분석모델인 JOAM-K는 군단축선 중심의 사·여단급 부대의 근접지역 기동전력 운용효과 분석을 중심으로 개발되어 중심지역 적 부대에 대한 감시 및 타격효과를 세부적으로 분석하기 제한되며 UAV 및 인간정보 등의 감시자산 개별 모의가 불가하다.

Image	Spec. & Limitation
	• Using for Operation Plan Analysis, Weapon requirement Analysis, structure verifications and so on • Simulation & Analysis focus on close-combat by Axes & units • Limit analysis in Deep Operations • Limit detail effect by fire assets

Fig. 2. Characteristics of JOAM-K

임무급분석모델인 비전21과 화력운용분석모델은 전구급 작전분석이 불가하며 DB / 시나리오 구축 결과분석에 많은 시간이 소요되어 전시 지구사의 장차작전판단 및 중심작전 효과분석간 운용하기 제한된다. 이에 전시에 지구사 중심작전 효과를 신속하고 간편하게 분석할 수 있는 모델이 필요하다.

셋째, 전시 지구사에서 생산되는 데이터를 사용할 수

있는 중심작전 효과분석 방법이 연구되어야 한다. 감시효과에 대한 연구는 다양하게 실시되었다. 이원용 등은 최대/최소 감시거리, 표적과의 거리, 방위값, 기본생존률 등을 입력요소로 적용하여 최적 공중감시 확률 산출하였고[2], 민현경은 속도, 고도, 화질, 기상극복능력, 작전반경, 식별능력 등을 고려하여 육군 무인항공기의 감시확률을 계산하였다[3]. 그러나 기존 감시확률 산정 연구에서 사용되는 운반체 능력, 센서능력, 전자전 등의 요소는 실제 전시에 지구사 작전실시간 생산되는 데이터와는 다소 차이가 있고, 상세 데이터의 획득이 제한된다. 이에 전시 지구사에서 생산되는 입력데이터를 사용한 새로운 중심작전 효과분석모델 개발이 필요하다.

Table 1. Compare of Input data with former research

CAT.	Contents
Lee W. Y [2]	• Min/Max Sensor Range, • Distance of Target and UAV • Probability of Survival. etc
Min H. K [2]	• Quality of Imagery • Susceptibility to Weather • Air Speed, Altitude • Operational Range, Endurance • Anti-EA Capability. etc
Proposed	• Avg. Observed Targets Num. per Day • Terr. & Weather Modifiers • Num. of HVT Targets on Surveillance Plan • Operational Time per Day. etc

넷째, 중심작전간 운용되는 전투요소간 상호작용이 반영된 효과분석이 필요하다. 중심작전간 운용되는 전투요소는 감시자산과 물리적 / 비물리적 타격자산 등이 있으며 이 요소들간의 개별적인 작전효과가 아닌 상호연계된 작전효과 분석이 필요하다.

선행연구를 살펴보면 정영호 등은 무인항공기 감시와 연계한 적 갱도포병 타격효과에 대한 연구를 하였고[4], 임종원 등은 무인항공기 감시 및 C2체계의 표적할당과 연계한 육군의 통합화력 운용효과에 관한 연구를 하였다[5]. 그러나 선행연구들은 Table 2와 같이 중심작전 수행에 필요한 전체적인 요소를 고려하지 않거나 일부 부분적인 요소 간의 상호작용만 고려하여 지구사에서 전시 가용한 전투요소의 상호작용을 고려한 중심작전 효과분석에는 다소 사용하기 제한된다. 이에 중심작전간 운용되는 전투요소 간 상호작용이 반영된 작전효과분석이 필요하다.

Table 2. Compare with former research

CAT.	Surveillance assets	Fire assets	
		Physical	Non-Physical
Jung Y. H. [4]	•UAV	•Artillery	-
Lim J. W [5]	•UAV	•Aviation •Artillery •Tank	-
Proposed	•UAV •SOF	•Artillery •Missiles •Air-forces	•EW

이에 본 연구는 지구사 중심작전수행시 지휘관 의사결정 지원을 위하여 전시 운용되는 전투요소들의 상호작용을 반영하고, 획득 가능한 데이터를 사용하는 새로운 모델을 개발하게 되었다.

3. 모델개발을 위한 이론적 배경

3. 1 감시효과

지구사에서 운용하는 UAV 및 인간정보자산은 연속적인 시간의 흐름 속에서 감시가 가능하다. 연속적인 감시가 가능한 경우의 탐지확률은 Eq. (1)과 같이 확률변수 X 를 시간 t 동안의 표적탐지 횟수라고 하면 X 는 모수가 μ 인 포아송(Poisson)분포를 따르게 된다.

$$P(X(t)) = P(X(t) = x) = \frac{\mu^x e^{-\mu}}{x!} \quad (1)$$

$$E(X(t)) = \mu$$

μ 는 주어진 시간 t 동안의 기대함수이며, 평균 탐지율을 $\bar{\lambda}$ 라고 하면 $\mu = \bar{\lambda} \cdot t$ 가 된다. 그러므로 탐지를 시작해서 t 시간까지 단 한 번의 표적탐지도 이루어지지 않는 상황은 Eq. (2)와 같이 표현된다.

$$P(T > 0) = P(X = 0) = P(0) = e^{-\mu} \quad (2)$$

그러므로 T 의 CDF는 Eq. (3)과 같이 되며,

$$F(t) = P(T \leq t) = 1 - P(T > t) = 1 - e^{-\mu} \quad (3)$$

이때 시간 간격을 아주 작게 한다면 근사치는 더욱 정확히 구해질 것이며 무한대로 쪼갠다면 다음 Eq. (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{\lambda} = \frac{\int_0^t \lambda(t) dt}{t}, \quad \mu = \bar{\lambda} \cdot t = \int_0^t \lambda(t) dt \quad (4)$$

그러므로 t 시간 탐지하는 동안 표적을 탐지할 확률은 Eq. (5)로 정의할 수 있다[6].

$$F(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(t)dt} \quad (5)$$

감시확률 계산을 위해 전시 지구사에서 작성되는 자료를 기초로 실전적 $\lambda(t)$ 를 산출할 수 있다.

3.2 타격효과

3.2.1 물리적 타격효과

기존의 물리적 타격효과를 분석한 보고서들을 살펴보면 이정만 등은 ROK - JWS(한국형 합동무기추천체계, Republic Of Korea - JMEM Weapon- eering System)를 이용하여 포신포병과 로켓포병의 국내개발 탄약의 탄종별 무기효과를 산정하였고[7], 김한영 등은 대화력전 간 K-9자주포와 MLRS, 공군탄약의 단발 무기효과를 반영한 시뮬레이션을 수행하여 회귀분석을 통해 무기체계 최적 조합을 도출하는 연구를 수행하였다[8].

선행연구 검토 결과, 물리적 타격효과를 분석하는 방법은 탄종별 무기효과와 사격발수 등을 통계적으로 도출하는 방법과 시뮬레이션을 통한 전투실험으로 도출하는 두 가지 방법을 고려할 수 있다. 본 연구에서는 기본적으로 ROK-JWS모형을 이용한 전투실험을 통하여 탄종별/사격발수별 타격효과를 도출하고 ROK-JWS에서 모의가 불가능한 포병 탄종의 타격효과는 화력운용분석모형을 운용한 전투실험결과를 회귀분석하여 도출하였다.

3.2.2 비물리적 타격효과 (전자전 공격)

비물리적 타격은 전자전, 심리전, 사이버전 등을 통하여 수행되나 본 연구에서는 전자전효과만 연구범위로 선정하였다. 미 랜드연구소의 Steven에 의하면 전자전효과는 비선형적이고 전자전 단독으로 효과를 발휘하는 것이 아니라 다른 무기체계 효과에 영향을 주는 효과이며, 시뮬레이션도 분석관의 시나리오 구성에 의존성이 높은 분석으로 주관적인 의도가 반영되기 때문에 전자전효과는 분석이 제한된다[9]. 이러한 이유로 전자전효과에 대한 기존 연구는 찾아보기 어려운 분야이다. 이에 관점을 바꿔 전자전의 효과를 도출하기보다 전자전에 의한 적 C4I / 통신체계 마비에 의한 정보 우위 효과 미달성 시 전투효율 감소효과를 도출하는 것을 지표로 선정하였다. 지휘통제체계 마비에 의한 전투효율 감소효과는 이용복 등의 연구에서 제한한 MOE산정을 위한 엔트로피 이론을 활용하여 개발하였다[10].

엔트로피 이론은 1945년 Shannon이 정보의 전달량을 계산하기 위해 개발한 모델로 군사적으로 적용시 유용한 정보의 부재로 인한 지휘통제 프로세스상에서 발생할 수 있는 불확실성을 의미한다. 단위부대 i 에 유용한 정보가 유통될 확률을 $p(x_i)$ 라 할 때 x_i 의 엔트로피 $H(x)$ 는 Eq. (6)과 같고

$$H(x) = -\sum_{i=1}^m p(x_i) \log p(x_i) \quad (6)$$

불확실성 $H(x)$ 의 상대적인 개념인 확실성 $I(x)$ 는 Eq. (7)과 같이 정의될 수 있다[10].

$$I(x) = 1 - H(x) \quad (7)$$

이에 전자전 효과(EA)인 적 핵심노드 지휘통제체계 전투효율 감소율을 Eq. (8)로 정의할 수 있다.

$$EA = \frac{I_{after}}{I_{before}} = \frac{1 + p(x_{after}) \log(p(x_{after}))}{1 + p(x_{before}) \log(p(x_{before}))} \quad (8)$$

4. 중심작전 효과분석 모델개발

본 연구에서는 공방동시통합 작전개념 구현을 위한 중심작전 효과분석 모델개발을 위해 Fig. 3과 같이 5단계의 연구절차 및 방법을 적용하였다.

4.1 효과분석 척도 및 지표 개발

중심작전 효과분석 척도는 Eq. (9)와 같이 적 핵심노드 타격 전·후의 전투력 수준 변화로 선정하였다. 전투력 변화량 산정주기는 지구사 장차작전판단 및 공조회의 실시를 고려, 24H, 48H, 72H, 96H 주기로 1일 1회 산정하였다.

$$\text{중심작전 효과} = \text{적 핵심노드 전투력 변화량} \quad (9)$$

where,

$$\text{전투력 변화량} = \text{타격 전 전투력} - \text{타격 후 전투력}$$

중심작전 효과척도인 적 핵심노드 전투력 변화를 분석하기 위한 효과지표는 작전수행개념과 상급부대와 타구성군사, 지구사의 가용자산을 고려하여 Fig. 4과 같이 감시효과, 타격효과, 환경효과의 3가지로 선정하였다.

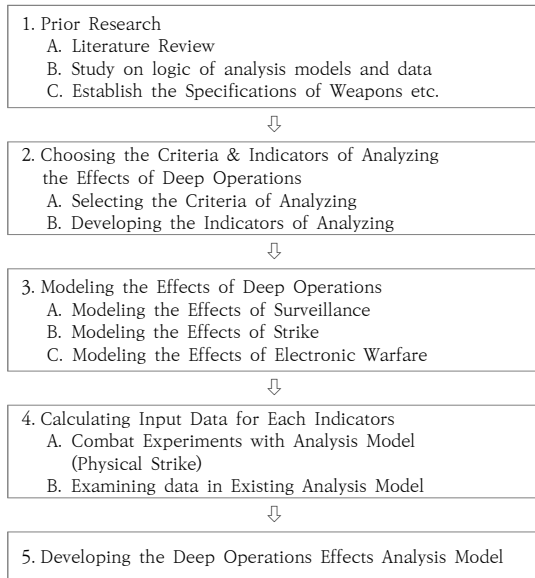


Fig. 3. Step & Method of Research

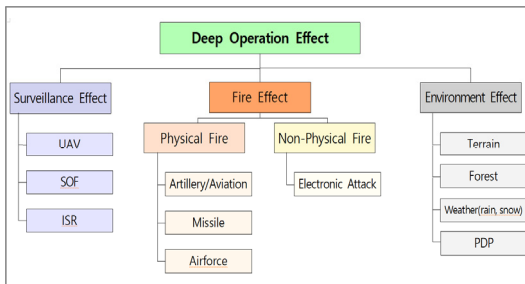


Fig. 4. Index of Deep Operations Effect Analysis

그 중에서 타격효과는 물리적 타격효과와 비물리적 타격효과로 세부 분류하였다. 비물리적 타격효과는 전자전, 심리전, 사이버전 등이 있으나 본 연구에서는 전자전에 한하여 효과를 산출하였다. 환경효과인 지형, 산림, 기상, 방호수준 조정계수는 감시효과와 타격효과에 미치는 영향이 각각 상이하여 감시 효과와 타격효과에 별도로 구분하여 적용하였다.

4.2 중심작전 효과분석 지표별 모델링

4.2.1 기본논리 및 가정사항

효과분석 척도인 적 핵심노드 전투력 변화량은 Eq. (10)과 같이 적 최초 전투력 $\times$ 감시효과 $\times$ 타격효과 $\times$ 전자전효과로 정의하였다.

$$F(t) = F(t_0) - FD(t_A) \quad (10)$$

$$FD(t_A) = F(t_0) \times O \times K \times EA$$

$$\text{where, } O = O_P \times O_E$$

$$K = K_P \times K_E$$

$F(t)$: 중심작전 후 적 핵심노드 전투력

$F(t_0)$: 중심작전 전(t_0) 적 핵심노드 전투력

$FD(t_A)$: 중심작전 후(t_A) 적 핵심노드 전투력 변화량

O : 아 감시장비의 적 핵심노드에 대한 감시효과

O_P : 아 감시장비의 적 핵심노드에 대한 기본 감시효과

O_E : 적 핵심노드 위치 지역에 대한 감시환경 조정계수

K : 아 타격체계의 적 핵심노드에 대한 타격효과

K_P : 아 타격체계의 적 핵심노드에 대한 기본타격효과

K_E : 적 핵심노드 위치 지역에 대한 타격환경 조정계수

EA : 적 핵심노드에 대한 아전자전 공격 효과

분석을 위한 가정사항은 첫째, 아 감시 및 타격자산의 전투력은 분석 시점의 전투력을 반영하되 보유 장비는 100% 운용 가능한 것으로 가정하였다. 둘째, 교전대상 간 전투손실만 반영하고 비전투손실은 고려하지 않았다. 셋째, 분석주기 내 적은 사격을 실시하되 아군의 피해는 고려하지 않았다.

4.2.2 감시효과(O) 모델링

감시효과(O) 산정은 감시자산의 연속적인 감시가 가능하므로 포아송 분포를 적용하였다. 감시장비 성능, 적 부대 규모, 상태, 지형, 기상요소를 반영하여 Eq. (11)과 같이 정의하였다. 감시효과 산출 시 UAV 및 SOF 등 감시자산은 피해가 발생하지 않고 첩보수집임무지시에 명시된 표적들을 1회 이상 감시하도록 계획이 수립되었으며, 적은 기만장비를 운용하지 않을 것을 가정하였다.

$$O = O_P \times O_E \quad (11)$$

$$O_P = 1 - e^{-\mu}$$

$$O_E = O_{terr} \times O_{weather}$$

$$\mu = \sum_{i=1}^n \left[A_i \times \left(\frac{R_i}{R_{\max_i}} \right) \times \left(\frac{U_i}{24} \right) \right]$$

$$\therefore O_P = 1 - e^{-\left\{ \sum_{i=1}^n \left[A_i \times \left(\frac{R_i}{R_{\max_i}} \right) \times \left(\frac{U_i}{24} \right) \right] \right\}}$$

where,

A_i (i 장비 센서민감도) = A_{nomn_i} (명목 일일 최대탐지횟수) $\times$ AF_{mn} (감시 민감도 조정계수)

$AF_{mn} = AF_{target\ unit} \times AF_{target\ activity}$

μ : 감시장비 일일 기대 탐지 횟수

$R_{\max_i}$: 감시장비 i 의 수집임무지시의 수집표적 총 표적갯수

R_i : 감시장비 i 에 부여된 수집표적 중 핵심노드 갯수

U_i : 감시장비 i 의 일일 운용시간 계획

O_{terr} : 적 핵심노드가 위치한 지역의 감시효과 지형계수

$O_{weather}$: 적 핵심노드가 위치한 지역의 감시효과 기상계수

감시장비 성능은 비전21의 일일 최대감시횟수 제원과 지구사에서 운용 중인 감시장비별 실 작전제원을 적용하여 산출하고 적 부대 규모 및 상태별 조정계수는 비전21의 규모 및 상태별 조정계수를 적용하였다. 감시분야 환경계수도 비전21에 적용된 지형 및 기상계수를 활용하였다.

4.2.3 타격효과(K) 모델링

4.2.3.1 물리적 타격효과

타격효과 산정 논리는 타격무기체계의 살상능력, 적 부대 유형 및 상태, 지형 및 기상요소를 반영하여 Eq. (12)와 같이 정의하였다.

$$K = K_P \times K_E \quad (12)$$

$$K_P = \sum_{j=1}^m (K_{PK_j} \times K_{target activity} \times K_{target defense})$$

$$K_E = K_{terr} \times K_{weather}$$

where,

K_{PK_j} : 적 핵심노드에 대한 타격체계 j 의 기본살상능력

$K_{target activity}$: 적 핵심노드의 활동계수

$K_{target defense}$: 적 핵심노드의 방호계수

K_{terr} : 적 핵심노드가 위치한 지역의 타격효과 지형계수

$K_{weather}$: 적 핵심노드가 위치한 지역의 타격효과 기상계수

무기체계의 기본살상능력 산출 시 K-9자주포는 화력 운용분석모델 전투실험으로 데이터를 산출하여 회귀분석을 통해 탄종별, 사격발수별 살상효과를 도출하였으며 미사일 및 공군 무기의 살상효과는 ROK-JWS모델을 이용하여 데이터를 산출하였다. 물리적 타격분야의 적 부대 상태별 조정계수 및 지형 및 기상계수는 화력운용분석모델에서 사용 중인 제원을 적용하였다.

4.2.3.2 비물리적 타격효과 모델링

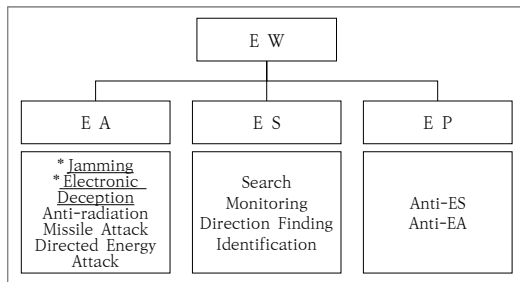


Fig. 5. Spectrum of EW(US.ATP- 3-12.3, 2019)

비물리적 타격효과 중 전자전(EA)의 효과는 Fig. 5의 전자전 기능 중 전자전공격 시 전파 방해 및 전자기만에

의한 적 C4I체계 및 통신체계 마비로 인한 지휘통제체계 전투효율 감소비율을 앞의 Eq. (8)을 적용하여 반영하였다.

$p(x)$ 값 변화에 따른 전자전 공격 시 적 전투효율 감소계수는 1 ~ 0.84 사이의 값을 가지며 적 전투력 변화량 산정 시 $1/EA$ 를 적용하여 Fig. 8과 같이 1 ~ 1.19 사이 값에서 난수를 발생시켜 반영하였다.

4.2.4 환경효과 조정계수(O_E , K_E)

적 핵심노드가 위치한 지역의 지형, 수목, 기상, 방호 수준 등이 감시와 타격효과에 영향을 미친다. 그러나 환경효과 조정계수가 감시효과와 타격효과에 동일하게 영향을 미칠 수는 없다. 이에 Table 3과 같이 환경효과 조정계수는 각각 별도로 계수를 산출하여 효과산정 시 적용하였다. 예를 들면 안개가 감시효과와 타격효과에 미치는 영향에 차이가 발생하는 것 등이다.

Table 3. Factors of Environment Effect Modifiers

CAT.	Surveillance	Fire
Terrain	forest, steep, urban	forest, steep
Weather	moon light rain /snow (per hour) fog (sight range)	rain (per hour) snow (per hour)

4.3 지표별 입력데이터 산출

효과분석 지표별 데이터 산출은 Table 4와 같이 기존 논문 및 분석모델에 적용된 데이터와 분석모델을 이용한 자체 모의실험, 전자전과 같이 기존 연구자료 및 분석모델이 없는 경우는 자체 논리연구를 통해 데이터를 산출하였다.

Table 4. Way of Input data Generating

CAT.	Existing data	Simulation data	Create data
Contents	- UAV / SOF Spec. - Operation time - Surveillance plans - Terr./weather Modifiers	- Artillery weapon effect - Missiles, Air forces weapon effect	EW effect Modifier

4.3.1 감시효과 데이터 산출

감시장비는 UAV와 SOF 2가지의 데이터를 산출하였으며, 기본 감시효과 O_P 를 산정하기 위한 입력변수 A_{nomm_i} , $AF_{target unit}$, $AF_{target activity}$ 의 데이터는 화력

운용분석모델에 반영된 데이터를 활용하여 Table 5와 같이 적용하였다.

Table 5. Environment modifiers of Surveillance effect

CAT.	A_{nomm_i}	$AF_{target\ unit}$	$AF_{target\ activity}$
Con- tents	UAV : 26.79 SOF : 11.89	Troops : 1.0 Vehicles : 1.5	Covered: 0.01 Hold: 1.0 Moving: 1.5
		Battalion : 1.2 Company : 1.0 Platoon : 0.7	

감시장비별 실제 감시횟수 산정에 사용되는 R_{max_i} , R_i , U_i 는 실제 지구사에서 운용되고 있는 실 작전 데이터를 반영하여 산출하였다.

4.3.2 물리적 타격효과 데이터 산출

기본 타격효과를 산정하기 위해 아군 타격자산 j 의 기본살상능력인 K_{PK_j} 는 화력운용분석모델과 ROK-JWS를 활용한 전투실험을 통하여 회귀식 및 탄 발수별 살상률을 도출하였다. 적 부대상태 조정계수인 $K_{target\ activity}$ 및 $K_{target\ defense}$ 는 Table 6과 같이 대화력전모의모델에 반영되어있는 조정계수를 활용하였다. 데이터 산출 간 공통적인 조건을 적용하였는데 적 부대 규모는 중대(포대), 종류는 보병, 기보, 전차, 170mm 자주포, 240mm 방사포 5가지 종류의 부대로 한정하였다.

Table 6. Enemy unit Modifiers of Firing Effect

CAT.	$K_{target\ activity}$	$K_{target\ defense}$
Status	•Moving : 0.85 •Positioned : 1.0 •Hold / Firing : 1.0	•Hastily Position : 1.0 •Prepared Position : 0.85 •Mine : 0.6

4.3.2.1 포병탄 살상효과 데이터 산출

포병 무기체계는 적 표적까지의 사거리를 고려하여 K-9(155mm 자주포)로 한정했다. 포병 무기체계 타격효과 산출을 위해 화력운용분석모델을 이용한 실험을 진행하였고 전투실험으로 도출된 실험데이터는 SPSS를 활용하여 회귀식을 도출하였다. 독립변수로 적 부대 종류, 탄종(HEBB, DP-ICMBB), 사격 발수, 사거리 등 4가지를 고려하였다. 시나리오는 동일한 조건으로서 적 부대 종류, 아군 타격자산, 사거리, 탄종 및 탄 발수를 적용하되 동일한 부대들을 30곳의 서로 다른 위치에 배치하여

반복 수행하는 효과를 얻었고, 지형 및 기상 데이터를 생성하지 않아 환경요소에 의한 차이가 발생하는 것을 방지하였다. 그 결과 Table 7과 같이 시나리오는 총 138개를 구성했으며, 3,780개의 데이터를 산출했다.

Table 7. Artillery Experiment's Conditions

CAT.	range (km)	Fire rounds		Scenarios (data)
		HEBB	DP-ICMBB	
Inf.	20	18	-	9 EA (270 EA)
	30	36		
	40	54		
Mech.	20	0	0	45 EA (1,350 EA)
	30	18	18	
	35	36	36	
Armor	20	-	18	12 EA (360 EA)
	30		36	
	35		54	
170mm SP	20	0	0	30 EA (900 EA)
	35	18	18	
		36	36	
240mm RL	20	0	0	30 EA (900 EA)
	35	18	18	
		36	36	

산출된 데이터를 분석한 결과, 적 보병과 전차, 170mm 자주포 부대에 대해서는 사거리변수가 상관관계가 없는 것으로 확인되었고, 기보 및 240mm 방사포 부대는 약한 양의 상관관계가 확인되었다. 그러나 피해율과 사거리는 음의 상관관계를 가질 것이라는 일반적인 상식과 상충되는 결과로서 본 연구 간에는 사거리변수는 제외하였다. 최종적으로는 탄종과 사격발수 2가지 변수를 적용하여 적 부대별 타격효과 $y_{적부대j}$ 를 계산하는 회귀식을 도출하였다. 적 부대 종류에 대해 HEBB 발수 x_1 과 DP-ICMBB 발수 x_2 를 입력하면 예상되는 타격효과는 Eq. (13)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 y_{보병} &= 0.252x_1 \\
 y_{기보} &= 0.101x_1 + 0.346x_2 \\
 y_{전차} &= 0.194x_2 \\
 y_{170mm} &= 0.041x_1 + 0.184x_2 \\
 y_{240mm} &= 0.083x_1 + 0.138x_2
 \end{aligned} \tag{13}$$

4.3.2.2 미사일 / 공군 살상효과 데이터 산출

미사일 무기는 Table 8과 같이 MLRS, 천무, ATACMS, 공군 무기는 GBU-12, GBU-31, GBU-38에

대해서 ROK-JWS를 이용, 자체 반복 실험을 실시하여 데이터를 산출하였다. MLRS는 기본 탄인 무유도 분산탄, 천무는 유도 분산탄으로 한정하였고, 적 부대 종류에 따라 아군 타격자산별 1발 ~ 30발까지의 살상 효과를 산출하였다.

Table 8. Missiles and Air force armors experiment's Conditions

CAT.	Missiles			Air force
	MLRS	Chunmu	ATACMS	
Ammunition	UCB	GCB	Block I	GBU-12 GBU-31 GBU-38
Note	ROK-JWS (iteration : 250~500 times)			

4.3.3 환경효과 데이터 산출

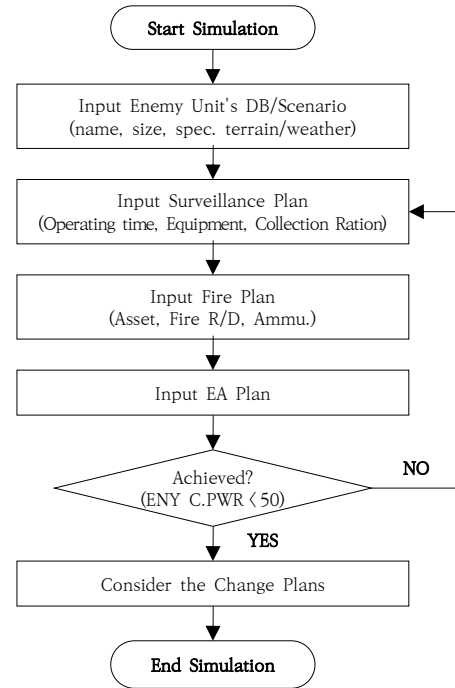
환경효과 데이터는 지형계수 및 기상계수를 감시효과와 타격효과에 별도로 적용하였다. 감시효과의 지형계수 및 기상계수는 7종으로 비전21의 인수를 적용하였고 타격효과의 지형계수 및 기상계수는 4종으로 대화력전모의 모델의 인수를 적용하였다.

4.4 중심작전 효과예측모델 개발

본 연구에서는 앞에서 기술한 효과분석 지표별 모델링과 도출한 입력데이터를 활용하여 DECAM(중심작전 효과예측모델, Deep operations Effect Calculating Model)을 개발하였고 실행프로세스는 Fig. 6과 같다.

시뮬레이션을 운용하기 위해 첫 번째로 중심작전 수행 대상 적 부대를 선정하고 그 규모와 성질, 적 부대가 위치한 지역의 지형 및 기상정보를 입력한다. 이를 기준으로 정보기능에서 UAV 및 SOF 등 감시자산 할당, 자산별 일일 운용시간, 수집임무지시 중 타격대상 부대의 비율을 입력하면 화력기능에서 타격자산 및 탄종, 탄종별 사격발수를 일일 단위로 4일차까지 입력한다. 마지막으로 정보작전기능에서 전자전 운용여부를 결정하여 입력하면 일자별 중심작전 효과예측결과가 도출된다. 종료조건인 요망효과가 달성되면 시뮬레이션은 종료가 되고, 그렇지 않은 경우는 감시 및 타격계획을 수정하여 감시자산 운용계획 입력단계부터 다시 시작하게 된다.

DECAM은 지구사의 전장정보체계(KJCCS)에서 활용이 가능하도록 MS Excel 2010을 이용하여 개발하였고, KJCCS의 데이터를 활용하여 자료입력과 분석결과 출력이 가능토록 구현하였다. 모델은 Fig. 7과 같이 사용자는



1개의 자료입력시트와 1개의 분석결과 출력시트만 사용이 가능하고 5개의 데이터 시트는 개발자만 수정 및 관리를 할 수 있다.

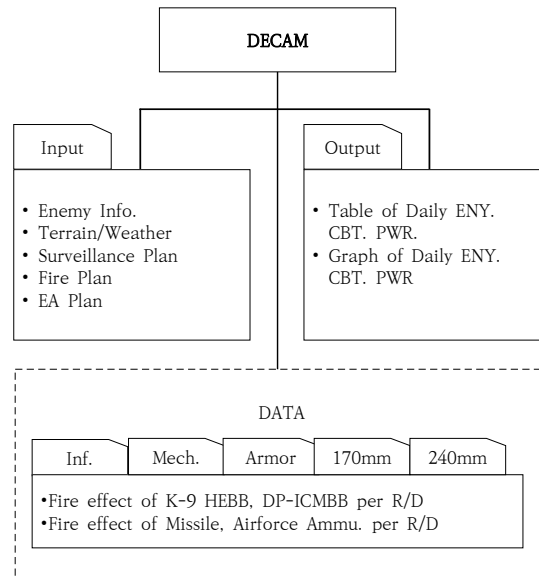


Fig. 7. Structure of Simulation

자료입력은 전시 지구사 전투참모단의 임무를 고려하여 기능별로 1일차에서 4일차까지 일일 단위로 입력하면 일자별 적 중심부대 전투력이 그래프로 산출되도록 개발하였다.

5. 사례분석

5.1 시나리오 구성

DECAM은 프로세스에 따라 적 부대 정보 입력부터 전자전공격 시행여부까지의 시나리오를 반드시 입력하여야 한다. 입력 간 운용 가능한 감시장비 종류, 가용 타격자산 및 탄약, 전자전 시행 등을 고려한 다양한 방책의 입력이 가능하며, 우선 방책은 장차작전판단 및 중심작전 공조회의 간 지휘관의 결심을 통해 수립된다. 본 연구에서는 보안을 고려하여 임의의 시나리오를 별도로 생성하였다.

전시 중심작전 대상 적 부대 및 규모, 성질은 작전기능에서 선정하며 본 연구간 사용한 시나리오는 Table 9와 같다.

Table 9. Number of Enemy unit for simulation

CAT.	Total	Armor	Mech.	170mm SP	240mm RL
total Enemy units	100 units	50 units	30 units	10 units	10 units
D.O. Enemy units	10 units	3 units	3 units	2 units	2 units

적 부대 규모는 중대급으로 준비된 진지에 정지 중이며, 최초 전투력은 100%로 가정하였다. 표적 지역의 지형 및 기상정보는 전 표적 지역이 동일하게 지형은 평지, 산림 수준은 보통, 기상은 맑음, 월광은 만월로 적용하였다.

Table 10. Surveillance Plan for Simulation

CAT.	Armor	Mech.	170mm SP	240mm RL
Enemy units	3 units	3 units	2 units	2 units
Note	•UAV * Operating time per day : 18H		•UAV * Operating time per day : 18H •SOF * Operating time per day : 24H	

감시자산 운용계획은 UAV와 인간정보자산으로 한정하였고, 일일 단위 가용 감시자산을 고려한 첩보수집운용계획을 기초로 작성한다. 본 연구에서는 Table 10과 같이 UAV는 전체 표적을 1회 이상 감시토록 계획하고 인간정보자산은 임무수행지역 주변의 1~2개 표적을 대상으로 감시하도록 가정하였다.

타격계획은 식별된 적 부대 목록과 부대특성 및 지형/기상, 감시장비 운용계획을 고려하여 4일간 일일 단위 가용 타격자산과 사격계획을 수립한다. 본 연구에서는 Table 12와 같이 임의의 타격계획을 입력하였다. 전자전공격은 타격대상 적 부대에 대하여 모두 실시하는 것으로 가정하였으며 적 지휘통제 감소계수는 앞에서 산정된 1 ~ 1.19범위에서 난수를 생성하여 반영하였다.

5.2 중심작전 효과예측 결과

중심작전 효과 예측을 위한 시뮬레이션 환경은 Table 11과 같으며, Table 12와 같이 10개의 시나리오를 임의로 구성하여 모의하였다.

Table 11. Simulation environment

CAT.	Environment
Computer system	•RAM: 16GB •CPU: Intel Core i5-6300HQ, 2.3GHz
Program	MS Excel 2010

Table 12. Firing plan for simulation

CAT.	1st day	2nd day	3rd day	4th day
Armor I	GBU-12 2 R/D	Chun-mu 3 R/D	DP-ICMBB 36 R/D	DP-ICMBB 36 R/D
Armor II	MLRS 12 R/D	GBU-31 2 R/D	DP-ICMBB 54 R/D	DP-ICMBB 54 R/D
Armor III	GBU-38 2 R/D	MLRS 6 R/D	DP-ICMBB 72 R/D	DP-ICMBB 72 R/D
Mech. I	Chun-mu 3 R/D	MLRS 3 R/D	DP-ICMBB 36 R/D	HEBB 36 R/D
Mech. II	Chun-mu 3 R/D	MLRS 6 R/D	DP-ICMBB 54 R/D	HEBB 54 R/D
Mech. III	Chun-mu 3 R/D	MLRS 9 R/D	DP-ICMBB 72 R/D	HEBB 72 R/D
170mm I	GBU-12 2 R/D	Chun-mu 3 R/D	DP-ICMBB 36 R/D	DP-ICMBB 36 R/D
170mm II	MLRS 6 R/D	GBU-31 2 R/D	DP-ICMBB 54 R/D	DP-ICMBB 54 R/D
240mm I	GBU-12 2 R/D	Chun-mu 3 R/D	DP-ICMBB 36 R/D	DP-ICMBB 36 R/D
240mm II	MLRS 6 R/D	GBU-31 2 R/D	DP-ICMBB 54 R/D	DP-ICMBB 54 R/D

모의결과, 지휘관의 중심작전 요망목표인 적 부대 전투력 50% 이하를 달성하는 시나리오는 Table 13과 같이 'Mech.Ⅲ'만 달성이 가능하다. 이 예측결과를 기준으로 기능별 계획관들은 중심작전 목표달성을 위한 계획수정이 필요하게 됨을 인식할 수 있고, 일자별 화력계획의 타격자산 및 사격 발수, 탄종 등을 수정하여 요망효과를 달성할 수 있도록 계획을 수정하고 지휘관에게 건의하는 절차를 반복하여 적 중심지역 표적에 대한 아군의 효율적인 작전계획을 수립할 수 있다.

본 연구를 통해 개발된 DECAM은 '20년 후반기 연합연습 장차작전판단 및 중심작전 계획수립 간 활용하여 그 유용성을 입증하였고, 지구사의 가용요소를 고려한 정량적이고 과학적인 중심작전효과 분석을 통해 기존의 장차작전판단 및 중심작전 수행체계를 개선하고 지휘관의 합리적 의사결정을 지원할 수 있을 것이다.

Table 13. Simulation results (Enemy CBT. PWR.)

CAT.	1st day	2nd day	3rd day	4th day
Armor I	93%	83%	79%	75%
Armor II	95%	82%	76%	69%
Armor III	86%	84%	74%	65%
Mech. I	71%	68%	62%	60%
Mech. II	72%	67%	57%	55%
Mech.Ⅲ	73%	65%	52%	49%
170mm I	83%	67%	63%	60%
170mm II	96%	85%	78%	72%
240mm I	83%	68%	65%	62%
240mm II	96%	79%	74%	70%

6. 결론

M&S체계를 이용한 작전효과 분석은 제대별, 목적별로 다양하게 수행되고 있다. 그러나 사용하는 M&S 체계별 특성에 따라 부대 DB/시나리오 구축에 시간이 많이 소요되거나, 기동부대 운용효과를 증점으로 개발되어 중심표적에 대한 감시-물리적타격-비물리적타격의 연관된 분석이 제한된다. 또한, 전·평시 지구사 및 군단에서 실제 사용되는 데이터를 활용하기에 제한되는 실정이다. 이에 본 연구 및 모델개발은 다음과 같은 의미를 갖는다.

첫째, 전·평시 지구사 중심작전 계획수립 및 작전수행 간 과학적이고 정량적인 분석을 통한 지휘관의 의사결정을 지원할 수 있게 되었다.

둘째, 전시 실제 작전상황 반영 데이터를 활용한 작전

효과 분석 방법론을 제시하였다.

셋째, 감시 - 물리적타격 - 비물리적타격의 연계된 중심작전 효과분석 모델을 개발하였다.

넷째, 전장관리체계에서 사용 가능한 MS Excel을 활용, 모델을 개발하여 활용성을 높였다.

향후 본 연구에서 개발된 중심작전 효과분석모델을 기반으로 에이전트 기법 및 인공지능 기술을 이용한 지능형 중심작전 추천체계를 개발한다면 전·평시 지구사 및 군단의 작전수행능력 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] Kim, K. Y. "[2020 Government Inspection] ROKA execute Defense - Counterattack Simultaneously...., 'ROKA established Simultaneous Offense - Defence Integrated Operations' concept", www.edaily.co.kr OCT. 2020.
- [2] Lee W. Y., "An Optimization Model of Surveillance - Reconnaissance Plannig for Ground Targets" *Journal of Aviation Management Society of Korea*, pp. 3~17, DEC. 2018.
DOI: <https://dx.doi.org/10.30529/amsok.2018.16.6.001>
- [3] Min H. K., *An Analysis for Measure of Effectiveness of an Unmanned Aerial Vehicle Using Simulation*, Master thesis, Pohang University of Science and Technology, pp. 28-32, 2012.
- [4] Jung Y. H., "A Study on the working effect of UAV hitting mine artillery", *Journal of The Korea Society for Simulation*, Vol. 17, No. 4, pp. 175-182, DEC. 2008.
- [5] Lim J. W. and Lee T. E., "Modeling and Analysis for Efficient Joint Combat Fire Operation of Army Artillery and Army Aviation", *Journal of The Korea Society for Simulation*, Vol. 23, No. 2, pp. 47-55, JUN. 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9709/JKSS.2014.23.2.047>
- [6] Kim C. Y and etc. Thesis and Application of Military OR, DooNam, KOR, pp. 122~123, 2005.
- [7] Lee J. M. and Han H. J. "The methodology for estimation munitions effectiveness of demestic developed weapon systems", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol 44, NO.2, pp. 21-31, DEC. 2018.
- [8] Kim H. Y., "A Study on a Combination Model Development for Counterfire Operation with Heterogeneous Weapon System", *Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers* Vol.53, NO.2, pp. 221-224., FEB. 2016
DOI: <http://dx.doi.org/10.5573/ieie.2016.53.2.062>

- [9] Steven C. B., "Methodological Considerations in Using Simulation to Assess the Combat of Intelligence and Electronic Warfare", The Rand Corporation, USA, pp. 3-4, 1992.
- [10] Y. B. and Lee J. Y., "A Proposal of New MOE to Assess the Combat Power Synergistic Effect of Warfare Information System", *IE Interfaces* Vol. 22, No. 3, pp. 205-213, SEP. 2009.
- [12] Headquarters, Department of the Army, "ELECTRO-NIC WARFARE TECHNIQUES", ATP 3-12.3, USA, pp. 1-1~3, 2020.

한 도 현(Do Heon Han)

[정회원]



- 2010년 3월 : 육군사관학교 물리학 (이학사)
- 2018년 7월 : 美 Lehigh University 산업공학과 (공학석사)
- 2018년 8월 ~ 현재 : 육군지상작전사령부 작전분석과

<관심분야>

국방 M&S, 인공지능(AI), 빅데이터

조 정 근(Jung Keun Cho)

[정회원]



- 1997년 3월 : 육군사관학교 토목공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 한국과학기술원 산업공학과 (공학석사)
- 2020년 8월 : 국립공주대학교 군사과학정보학과 (박사수료)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 육군지상작전사령부 작전분석과

<관심분야>

국방 M&S, 작전계획분석, 최적화(OR)

유 병 주(Byung Joo Yoo)

[정회원]



- 1988년 3월 : 육군사관학교 건축학과 (공학사)
- 2002년 2월 : 고려대학교 대학원 통계학과 (이학석사)
- 2011년 2월 : 고려대학교 대학원 통계학과 (통계학박사)
- 2018년 12월 ~ 현재 : 육군지상작전사령부 작전분석과

<관심분야>

빅데이터 분석, Data Science, 베이저안 통계분석