

전투체계 효과분석에 대한 주요 연구 리뷰 및 향후 연구방향

김준수¹ · 박건영¹ · 이재영¹ · 배성민² · 변재정³ · 김종만^{1†}

¹명지대학교 산업경영공학과, ²한밭대학교 산업경영공학과, ³국방과학연구소

A Survey Study of the Combat Effectiveness Analysis Models and Future Research Areas

Jun-Soo Kim¹, Keon-Young Park¹, Jae-Yeong Lee¹, Sung-Min Bae²,
Jai-Jeong Pyun³, and Chong-Man Kim^{1†}

¹Department of Industrial & Management Engineering, Myong-Ji University

²Department of Industrial & Management Engineering, Hanbat University

³Agency for Defense Development

Received 24 September 2014; received in revised form 21 October 2014; accepted 21 October 2014

ABSTRACT

It is important to predict and measure the combat effectiveness (CE) of weapons system in battlefield for acquiring efficient weapon system. Moreover, quantitative calculation of weapon effectiveness under complicated and uncertain battlefield environment is also difficult based on the future network centric warfare. Many papers used the term of combat effectiveness and tried to study a lot of related issues about it. However, there is no paper dealing with the classification of study issue about CE and what will happen in this study field. In this paper, we proposed how to classify the study issue about CE and forecast future direction of this study field. Conceptually, CE is nothing but the assessment results to measure the ability of a military weapon system to accomplish its objective. We believe that it is an appropriate time to review the literature extensively on CE analysis because the research interests and the papers of CE are rapidly growing in these days. This paper reviewed many CE analysis papers, classified them according to their research content and the research methodology applied. Additionally, a comprehensive list of future research areas is also given.

Key Words: Combat effectiveness analysis, Measures of effectiveness

1. 연구의 목적 및 범위

과거의 산업화 시대의 플랫폼 중심 전투(PCW: Platform Centric Warfare)에서는 탱크, 화포 등 기동화력이 추축이 되었지만, 미래의 전장 환경은 전

장감시(ISR), 지휘통제(C2), 정밀타격(PGM)을 유기적으로 연결하는 네트워킹(C), 컴퓨터와 정보 소프트웨어(CI)가 상호 운용성을 유지하면서 네트워킹의 효과로 전장감시체계를 통하여 먼저 보고 먼저 이해하고, 지휘통제체계를 이용하여 적시에 우위의 결정을 내려서, 먼저 빠르게 정밀타격체계로 적을 제압할 수 있게 변화할 것이다.

기존 전투 체계 효과 분석 모델은 네트워크 중

[†]Corresponding Author, chongman@mju.ac.kr
©2014 Society of CAD/CAM Engineers

심이 아닌 플랫폼 중심으로 운용되는 모델로써, 무기체계의 화력이 전쟁에서의 승패를 좌우하는 핵심요소였다. 그러나 현대전/미래전은 센서 체계, 지휘통제 체계, 타격 체계 등 전장 환경의 모든 요소들이 긴밀하게 연계되어 네트워크 정보화를 실현함으로써 적보다 더 빠른 상황인식(SA: Situation Awareness)을 통한 정보 우위를 기반으로 전쟁을 수행하는 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare)으로 패러다임이 변화하고 있다. 이러한 변화는 정보기술(IT)의 발전에 따른 당연한 결과라고 할 수 있으며, 전투체계효과분석 또한 네트워크 중심 작전환경에 대응할 수 있는 변화가 시급하다.

이러한 미래전장 환경의 변화에 따라 최근에는 이에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다. 특히 NCW 전장환경에서 새로운 무기체계가 추가 되었을 경우에 증가할 것으로 예상되는 전투효과(CE: Combat Effectiveness)를 어떻게 측정할 것인가 하는 것에 대한 다양한 접근방법이 제안되고 있다. 하지만 CE와 연관된 활발한 연구추세에도 불구하고 이들 연구관련 용어, 접근방법 등에 대한 체계적인 분류 및 미래 연구방향을 종합하여 제시한 연구가 없는 것이 아쉬운 실정이다.

이에 따라 본 연구의 목적을 다음의 3가지로 설정하였다. 첫째, 지금까지 발간된 전투효과분석에 관련된 주요 논문과 저서들을 검토하고 적절한 범주로 구분하여 의미를 재정립한다. 둘째, 지금까지 전투효과분석 연구의 초점이 주로 어디에 있었는지를 파악한다. 셋째, 전투효과연구의 흐름을 분석하고 지향하는 미래를 예측한다.

본 연구의 범위는 전투모델의 일반적인 묘사수준으로 구분하는 공학급, 교전급, 임무급, 전구급의 특정관점으로 제한하지 않았으며 대부분이 공통적으로 적용할 수 있는 내용으로 구성하였다.

따라서 이 연구는 전투효과분석의 기본적인 개념을 알고 싶어 하거나 또는 이미 전투효과분석연구를 접하였지만 보다 심도 있게 이를 정착시키고자 하는 모든 사람들에게 유익한 정보를 주리라 기대된다.

2. 전투체계 효과분석관련 개념

- Combat Effectiveness: 한 개 또는 그 이상의 전투효과 분석 모델/함수를 사용하여 특정 전투 상

황을 반영한 무기체계의 결과를 예측하는 행위라고 할 수 있다.

- MOE(Measures of Effectiveness): C2 시스템이 운영환경 하에 그 기능들을 어떻게 수행하는가의 측정^[1]. 즉, 주어진 임무 달성 정도로 정의할 수 있다.

- MOP(Measures of Performance): 고유의 물리적, 구조적 파라미터와 관련되지만 시스템 행위의 속성을 측정^[1]. 즉, 단위 업무 수행 효율성으로 정의할 수 있다.

- C2(command and control): 1988 NATO에서는 “the exercise of authority and direction by a properly designated commanding officer over assigned and attached forces in the accomplishment of the mission”로 정의하고 있으며 미국방부에서도 같은 개념을 도입하고 있다. 즉 C2란 특정 지휘관이 부여된 임무를 완수하기 위해 부대의 작전을 계획하고, 지시, 조정 및 통제하는 것으로 정의할 수 있다^[2].

- PCW(Platform Centric Warfare): 개별 전투체계를 기반으로 전선이동을 주도하는 전차, 화포, 등의 기동 전력이 주축이 되는 전투로 정의할 수 있다^[3].

- NCW(Network Centric Warfare): 첨단 네트워크를 중심으로 연결된 센서와 의사결정자 및 슈터가 서로 정보를 공유하고 이를 통한 인지/공유, 지휘통제 및 작전속도, 생존성, 자기동기화 향상 등의 장점을 극대화시키는 작전개념이다^[4].

- NCO(Network Centric Operations): NCW 이론을 실행에 옮기는 것을 의미. 즉 NCO는 NCW의 기초나 원리를 군사적인 작전에 적용하는 것으로 NCO 작전의 종류는 평시의 분쟁, 위기, 전쟁 등이 포함한다^[4].

- NCOE(Network Centric Operational Environment): 시간과 장소에 관계없이 모든 사용자에게 신뢰성 있는 정보접근을 제공하는 확실하고 동적이며 공유된 정보환경이다^[5].

- EA(Enterprise Architecture): 참조모델을 엔터프라이즈 범위에서 공통언어로 활용하고 각 이해당사자가 관점에 따라 참조모델에 순응하는 적용모델을 개발하도록 함으로서 엔터프라이즈 범위의 관점을 통합하고, 변화와 복잡도 등을 관리하는 것을 말한다^[6].

- LVC(Live-Virtual-Constructive): Live(실기동모의), Virtual(가상모의), Constructive(구성모의) 체

계 중 2개 이상의 체계를 상호 연동하여 실시하는 과학적 훈련체계를 말한다^[7].

- C4I(Command and Control, Communication, Computer, Intelligence): 첨단 정보화 기능의 기반 하에서 지휘통제를 지원하는 정보가 상호 결합되어 신뢰성과 적응성이 보장된 정보를 필요로 하는 누구에게나 적시에, 어디에서나, 즉각적으로 이용할 수 있도록 정제된 정보를 상하 및 인접제대에 제공하는 통합정보관리체계이다^[8].

- AGENT: 에이전트는 자신의 센서(Sensor)를 통해 환경(Environment)을 지각(Percept)하여 작용기(Effector)를 통해 그 환경에 반응(Action)하는 시스템을 말한다^[9].

- UGV(Unmanned Ground Vehicle): 종류에 상관없이 기계화된 장치가 달린 지상을 달리는 운송 수단으로 주로 쓰이지만 사람을 운송하지는 않는다^[10].

- UAV(Uninhabited Aerial(Air) Vehicle): 인간 조종사가 없는 동력 항공기는 공기역학적 힘을 이용하여 이륙하며 자체적으로 비행하거나 원격조종으로 비행이 가능하다. 소모용으로 쓰이거나 복구하여 다시 사용할 수 있으며 살상무기 및 일반 화물 등을 실을 수도 있다^[11]. 또 사람이 탑승하지 않는 항공기로 드론(Drone)이라고도 불리며 국제민간항공기구 ICAO에서는 원격 조종 항공기라고 하기도 한다.

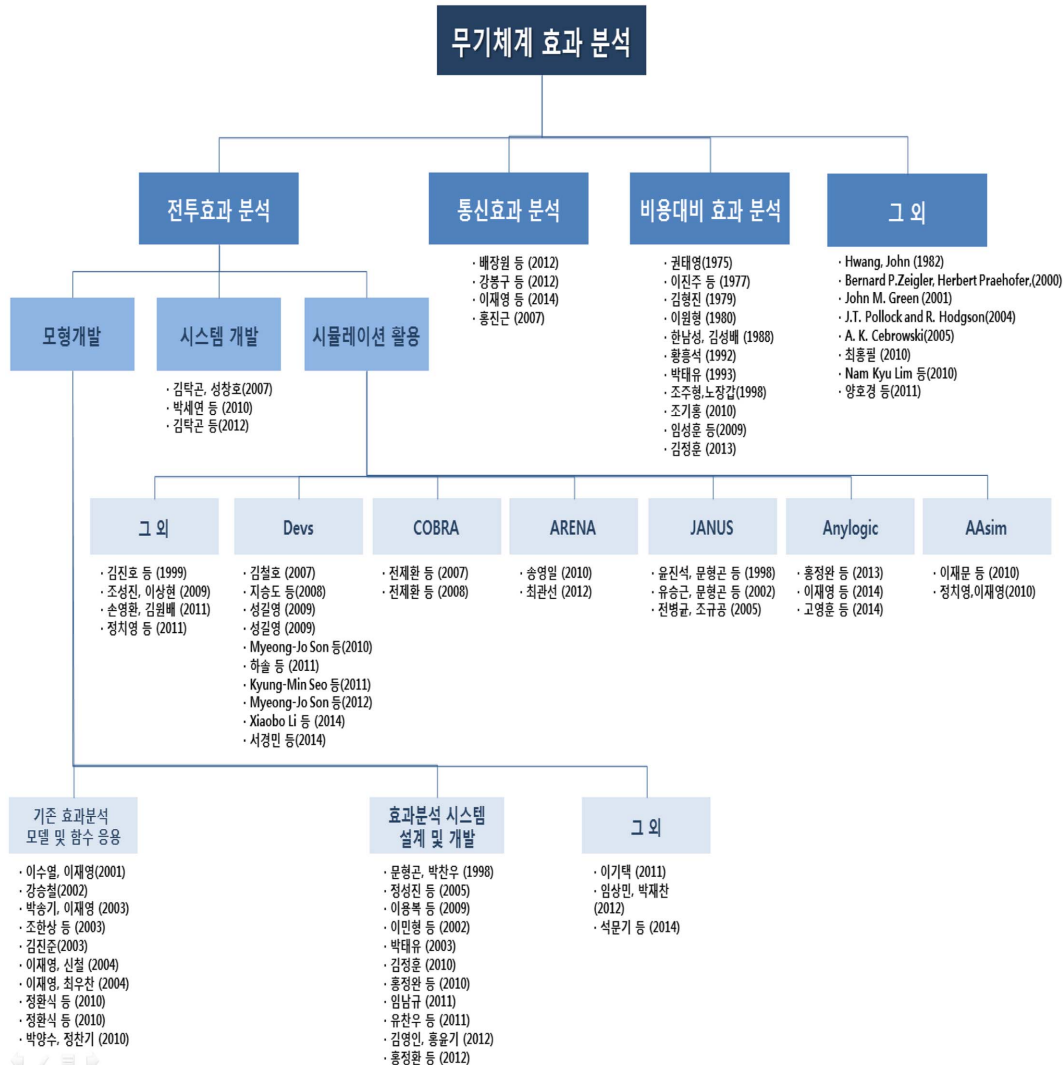


Fig. 1 Classification of combat effectiveness analysis research works

3. 기존 전투체계 효과분석 논문 (연구의 분류)

현재 효과분석에 관련한 연구는 모형개발, 시스템개발 등 여러 분야에서 활발히 진행되고 있다. 본 리뷰는 전투효과/효과도 분석에 관련된 연구만을 다루기로 하겠다.

3.1 전투효과분석

무기체계 효과분석을 위한 방법은 크게 정태적 분석과 동태적 분석으로 나눌 수 있다. 정태적 분석은 일정 시점을 기준으로 전력을 비교하는 방법으로, 단순수량비교법, 무기체계나 부대의 전투효과를 지수화하여 크기를 비교하는 지수비교법 등이 있으며, 동태적 분석은 일정시간 전투를 지속하였을 때 나타나는 결과를 평가하는 방법으로 워게임 또는 전투모의 기법이 있다.

정태적 효과분석의 가장 큰 장점은 동태적 효과분석에서 정량화 하기 어려운 항목 또는 정량적 비교가 어려운 항목의 비교가 수월하다는 점이다.

동태적 기법은 War Game으로 표현하며 무기체

계 및 포함한 복잡한 전장 상황을 모델링 한 후, 그 모델들의 연속적인 시간의 흐름 하에서 시뮬레이션 하여 원하는 결과 값을 추출하는 방법으로 접근방법은 크게 결정적 모델(Deterministic) 및 확률적 모델(Stochastic)로 구분할 수 있다. 결정적 모델은 확률이라는 개념적 요소가 포함되지 않아 동일한 입력에 대해서 항상 동일한 출력이 나오며, 반대로 확률적 모델의 경우 확률이라는 개념요소가 있어서 동일한 출력에 대하여 매번 다른 출력이 나올 수 있다.

이 중 개발단계에서의 기술적 실패 위험을 줄일



Fig. 2 Weapon Effect Analysis Tool Tree

Table 1 Classifications of static and dynamic evaluation methods^[12]

평가방법론		설명
정태적 분석 방법	단순수량 비교법	- 양측의 군사력구성요소별 보유수량으로 비교 - 단순한 수와 양의 비교이기 때문에 군사력 격차, 강·약점 등은 전문가의 주관적 판단에 의존
	지수 비교법	- 무기효과지수(WEI)/부대효과지수(WUV) - 계량화 판단기법(QJM) - 군사력 종합 평가 모형
	군사 자본스톡 비교법	- 군사비 지출규모에 의한 군사능력 비교법 - 양국의 군사력 비를 군사전력 생산함수(MF)의 비율로 계산 - 군사적력 생산능력을 병력, 자본스톡, 물자의 함수로 표현
	계층분석기법(AHP)	- 평가대상 항목의 상대적 전투효과도와 비교기준 상대적 중요도를 이용한 상대적 비교방법
동태적 분석 방법	단순 동태적 비교법	- 기본적으로 전력비를 활용하되 신뢰성이 보장되도록 전역을 소규모로 구분하고, 주로 전선(FEBA) 이동과 손실 교환 상태를 산출 - 카우프만(Kaufman) 모형: 청/홍군 쌍방의 전투력 지수를 통해 쌍방의 전투효과 비교 - 엡스타인(Epstein) 모형: 공자와 방자의 전투상황에 따라 전진 또는 후진으로 손실 감수 정도를 적절하게 조정하는 메커니즘을 적용하여, 전통적인 란체스터 모형의 문제점을 해결하고자 노력 - 상황전력지수(SFS)적용방법: 전투형태별/지형별 전투상황 승수를 사용하여 전투력 비교
	워 게임-복합 동태적 비교법	- 단순 동태적 비교법에서 고려될 수 없는 요소들(예, 작전 지휘통제 능력, 군수지원 능력, 전략적 능력)을 고려하여 워 게임 시뮬레이션을 통해 전력을 비교 - 워 게임 모형의 전투결과는 가정설정과 시나리오에 따라 변동의 폭이 크기 때문에 해석상의 어려움이 있음

수 있고 실제 전장 환경을 묘사하여 작전계획에 따른 분석이 가능한 동태적 기법인 위 게임 모델의 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

3.1.1 모형개발

모형개발의 목적은 무기체계 효과분석을 위해 실 기동훈련을 계획하고 실시하는 것은 비용뿐 아니라 군사력동원 면에서 비효율적이고 부담이 높은 단점이 있으므로, 모델링 & 시뮬레이션 기술을 활용하여 저비용 고효율의 모의분석을 실시함으로써 계량적인 효과분석을 수행하고 수치화된 판단 근거를 제공하는 것이다.

모형 개발 연구를 자세히 살펴보면 첫째, 기존 효과분석 모델 및 함수를 응용하여 새로운 효과분석 모형을 개발하는 연구와 둘째, 효과분석 모형을 개발하기 위한 방법론을 제시하는 연구로 나누어 볼 수 있다.

첫째, 기존 효과분석 모델 및 함수를 응용하는 연구에 사용되는 대표적인 모델은 미국 해군대학원(US Naval Postgraduate School)의 Daniel M. Schutzer 교수가 해군 함전 간의 교전 시 지휘통제 체계의 개선으로 나타나는 전투력 상승효과를 측정하기 위한 C2 효과측정 모델^[13]이 있다. Table 2 는 기존 효과분석 모델 및 함수의 종류이다.

박송기, 이재영(2003)^[18]은 미래 정보전의 핵심인 정보전력체계의 투자효과에 대한 과학적인 평가 방법을 제시하기 위하여 C2 효과측정 모델에 C4I 체계구축에 의한 정보의 정확도 향상과 지휘 통제시간 단축에 따른 군단의 통합 화력 운용간 전투력 상승효과를 평가하는 연구를 하였다.

박양수, 정찬기(2010)^[19]는 현행 및 목표 아키텍

처 간의 전투력 상승에 영향을 미치는 전투효과 요소를 산출하고 설정된 시나리오에 C2 효과측정 모델을 응용하여 이에 따른 전투효과 평가 방안을 제시하였다.

그 외의 AHP(Analytic Hierarchical Process) 및 ANP(Analytic Network Process) 기법을 적용한 연구^[20,21], 고전역학을 이용한 전투력 평가함수를 적용한 연구^[22-24] 등이 있다.

둘째, 효과분석 모형을 개발하기 위한 방법론을 연구의 목적은 기존 효과분석 모형들은 해외의 모형들이 주를 이루고 있으며 우리나라의 환경, 지형 또는 무기체계 등과 부합하지 않는 부분들이 많이 있다. 따라서 우리나라의 전투환경에 적합한 효과분석 모델을 개발하기 위한 방법론을 제안하는 것이다.

임남규(2011)^[4]는 변화하는 전장의 패러다임에 맞추어 효과적인 효과분석모델의 개발 및 적용의 필요성에 따른 EA(Enterprise Architecture) 참조모델 개념의 효과분석 모델개발 방법을 제시하였다. 통합된 효과분석을 위한 모델 간 정렬 및 통합하여 비용과 시간을 절약하고 효과분석 목적 달성을 보다 효과적으로 할 수 있다는 이점이 있다.

김영인, 홍윤기(2012)^[25]는 EBO(Effective Based Operation) 교리를 고찰하여 무기체계 획득에 요구되는 방법론으로 V-C 연동 체계 하에서 효과분석 방법론을 연구 제시하였다.

3.1.2 시스템 설계 및 개발

현존하는 M&S 시스템은 과거의 플랫폼 중심전 모델에 맞는 단위 무기체계별 행동과 한정된 상호 작용에 대한 모델만을 고려하고 있는 실정이다. 따

Table 2 Effectiveness analysis model and function

종류	설명
C2효과 측정모델	Schutzer교수의 C2이론이다. C2이론은 란체스터 전투 모델을 이용하여 C4I 체계의 전투효과를 측정하기 위해 개발된 것으로 지휘통제 시간과 정보의 정확도에 의해 생존 확률, 할당비율, 교환비율의 3가지 요인에 대한 변수를 계량화하여 최초 전투력 대비 교전 후 잔존 전투력의 비율을 전투효과로 측정하는 방법을 말한다 ^[14,15] .
고전역학함수	뉴턴의 제 2법칙을 NCW 개념에서 재해석한 전투력 평가함수를 통하여 전투효과를 평가하는 방법을 말한다 ^[3] .
AHP (Analytic Hierarchy Process)	계량적 접근이 어려운 분야의 의사결정을 하는 경우 의사결정자의 판단과 경험을 조 기화, 구조화 및 체계화하여 평가요소의 가중치를 설정하는 방법으로 의사결정단계에서 수학적 모형에 적합하도록 고안된 의사결정 기법이다 ^[16] .
ANP (Analytic Network Process)	ANP는 목표, 기준, 대안 상호간의 종속성이나 피드백을 포함하는 네트워크 구조의 의 사결정 시스템으로 AHP를 확장한 새로운 방식이다 ^[17] .

라서 분산된 센서, 통신자원, 슈터들이 네트워크를 통해 결합되어 상황을 공유/인식하고 유기적으로 운영되는 네트워크 중심전의 모습을 모델링하기에는 한계가 있다.

이 문제를 해결하기 위하여 박세연(2010)^[26]은 에이전트 기반 모델링 및 시뮬레이션 방법(ABMS: Agent-Based Modeling & simulation)을 이용하여 NCW 환경 하에서의 전투 모델링 시스템의 설계 및 개발하는 것을 제안하였다. 이전 전투 M&S와는 다르게 전투요소(센서, 슈터, 통신 등), 환경요소, 네트워크요소를 각각 모델링 함으로써 기존 ABMS 기반 전투분석 시스템과 EINstein, CROCADILE, WISDOM과는 다르게 계층적 모델링, 에이전트 모델링, 환경의 확장성면에서 이점이 있음을 보여주었다.

전투효과 분석은 각 전투 구성 요소(통신장비, 이동차량 등)의 성능을 분석하는 공학급 수준에서의 분석으로도 접근할 수 있다. 김탁곤, 성창호(2007)^[27]는 이산사건 기반의 시뮬레이션에 광범위하게 사용되고 있는 DEVS 시뮬레이터와 행과 열의 관계 여부를 표현하는 OAI(Object-Attribute-Index) 매트릭스를 사용하여 시스템에서 요구하는 전투 구성요소의 성능을 도출하는 연구를 하였다.

3.1.3 시뮬레이션 활용

효과분석에서 시뮬레이션 활용 연구는 주로 기존 데이터가 존재하지 않는 신규 무기체계의 개발 또는 도입 전 수행되며, 실제 환경에서 수행하기

어렵거나 비용이 많이 들어가는 실험 또는 미션을 대안으로써 수행하는데 목적으로 한다.

이재문(2010) 등^[28]은 육군에서 추진중인 공격헬기 대체사업을 고려하여 공격헬기 기종선정을 위한 정량화된 기종별 전투효과도 측정 및 비교를 위하여 AAsim을 활용하여 시나리오를 모델링하고 AHP 기법을 사용하여 합리적인 의사결정 방안을 제시하였다. 기존 시뮬레이션 모형만을 이용한 효과분석과는 다르게 AHP 기법의 가중치 적용을 통해 최종 의사결정자가 보다 타당성 있는 의사결정을 할 수 있도록 동시 분석을 수행 하였다.

고영훈(2014)^[12]은 미래 무인 무기체계에 대한 효과분석의 일환으로 M&S 기법을 활용한 분석을 제안한다. 이는 현재 한국군이 보유하지 않은 무인 무기체계(UAV) 투입에 따른 효과 분석을 시도했다는 것에 큰 의의가 있다.

정치영(2011) 등^[29]은 시세장비로 개발된 탄약운반장갑차의 운용효과의 분석을 위하여 육군 포병분야의 화력분석 및 전투실험을 위해 개발된 화력운용분석모델(FEAM: Fire Execution Analytic Model)을 활용하였다.

그 외 ARENA^[30,31], COBRA^[32,33], JANUS^[34-36] 등 시뮬레이션 엔진을 이용한 효과분석이 활발히 진행되고 있으며, 주로 2000년도 이후 많은 논문들이 발간되고 있음을 알 수 있다. 이는 빠르게 변화하는 전장의 패러다임에 맞추어 효과분석 시뮬레이션을 통한 분석 방법을 통해 해결책을 찾고 있는 것으로 해석할 수 있다.

Table 3 Classifications of Simulation Engine

종류	특징
JANUS	개별 무기체계에 대한 상세한 특성자료를 반영하고 수십 미터 단위의 해상도를 갖는 수치지형 자료를 사용할 뿐만 아니라, 세밀한 전투모의 논리로 구성되어 있기 때문에 지상무기체계의 효과분석에 매우 적합하다 ^[34] .
AAsim (Army aviation simulation)	육군 항공분야 전투발전 요소 및 작전분석용 위 게임 모델인 육군항공 운용분석 모델이다 ^[28] .
Stage Scenario (Presagis)	화물적 모델, 그래픽 인터페이스를 통한 운영방식을 적용함으로써 개별 무기 체계의 전투상황을 디지털 지형 상에서 상세모의를 통해 실제 전투에 근접한 시뮬레이션을 수행할 수 있는 모델이다 ^[37] .
FEAM (Fire Execution Analytic Model)	화력운용 분석모델은 포병화력 분야의 전투실험을 위하여 개발한 분석용 위 게임 모델. 활용분야는 개별화포 및 탄종별 효과, 표적 획득장비 효과분석과 같은 단일 화력무기체계 효과분석, 화포편성, 포병부대편성 및 표적 획득 체계편성분석 등과 같은 부대구조 분석, 그리고 화력지원계획, 통합화력운용 및 대화력전 분석 등 그 적용분야가 다양하다 ^[29] .
DEVsim++	DEVsim++은 DEVS 모델의 시뮬레이션을 위해 C++언어 기반으로 개발된 라이브러리 도구로서, 지난 15년간 공/해군 위 게임 시뮬레이터를 포함한 많은 국방 시스템 M&S에 응용되어 왔다 ^[38] .

Table 3은 기존 연구에서 사용된 시뮬레이션 엔진의 종류를 나타낸다.

3.2 통신효과 분석

3.2.1 통신효과 모델 연구동향

현재 통신효과를 분석하는 방법은 크게 2가지로 분류할 수 있다. 하나는 워 게임 모델 내부에 통신 모델을 삽입함으로써 필요한 정보를 직접 접근하는 방법이고, 다른 하나는 두 모델을 서로 연동하여 정보를 간접적으로 접근하는 방법이다. 이를 각각 모델 결합(Integration)과 모델 연동(Interoperation)이라 부른다^[39]. 이들을 좀더 자세하게 설명하면, 통신 효과를 파라미터화 하여 데이터베이스에 저장하고 워 게임 시뮬레이션에 이 정보를 사용하는 것을 모델 결합, 실제 전장 환경을 표현한 통신 모델을 사용하여 작전 시나리오에 맞는 통신 효과도 정보가 시뮬레이션 중에 계속적으로 측정/반영하는 것이 모델 연동이라고 한다. 모델결합과 모델연동의 가장 큰 차이점은 내부 모델들(워 게임 모델, 통신모델) 사이의 독립성 유무라고 할 수 있다.

Fig. 3은 워 게임 시뮬레이터 속의 각각의 전투 객체들의 여러 모듈 중 하나로 통신기능을 모델링하여 구성된 모델 결합의 예이며, Fig. 4는 각각의 워 게임 시뮬레이터와 통신시뮬레이터에 인터페이스 환경을 구축하여 정보를 공유하는 모델 연동의

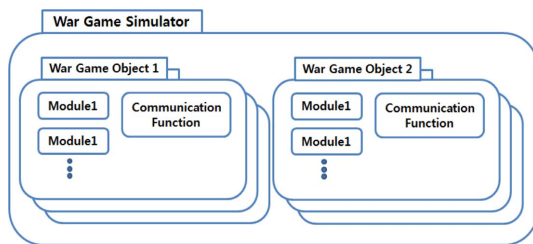


Fig. 3 Integration

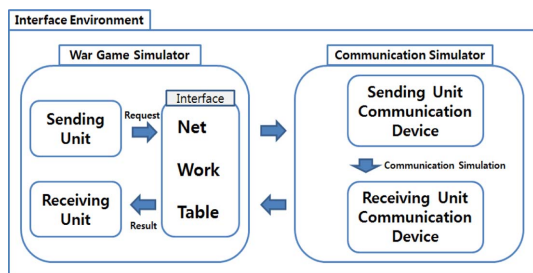


Fig. 4 Interoperation^[41]

예이다.

과거 플랫폼 중심 전투 환경에서는 개별 전투 체계를 기반으로 전선 이동을 주도하는 전차 화포 등의 기동 전력이 주축이 되었으며, 각각의 전투 객체의 화력이 임무성공에 큰 영향을 주었다. 따라서 과거 워 게임 시뮬레이터들은 통신의 가능여부만을 판단하였다. 하지만 최근 NCW 환경에서는 통신에 영향을 미칠 수 있는 전장의 지형, 날씨 등을 고려하여 모델링하고 있다.

3.2.2 통신 모델 연동

기존 전투효과 분석은 워 시뮬레이션을 통하여 이루어 졌고, 통신효과 분석은 통신 시뮬레이션을 이용했다. 하지만, 미래 전쟁의 양상이 PCW에서 NCW로 발전하면서 통신효과를 반영한 전투효과 분석 연구의 중요성이 증가하고 있다. 이에 관련하여 워 게임 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터의 연동이 중요한 이슈가 되고 있다.

대안으로 배장원(2012) 등^[40]은 국방 M&S의 모의 수준을 기준으로 전구급, 임무급/전투급, 교전급, 공학급 총 4가지 단계로 분류하여 각 모델의 모의 수준차이로 인한 문제점을 인터페이스 모델을 개발하여 해결하는 방법을 제안하였다. 또 김탁근(2012) 등^[41]은 DEVS를 이용한 워 게임 모델을 설계하고 OPNET으로 모델링 한 통신 모델을 HLA/RTI 연동하여 주어진 임무를 달성하기 위해 요구되는 통신 장비의 송신, 출력, 속도, 채널 등의 성능을 측정하는 연구를 수행하였다.

3.3 비용 대 효과분석

무기체계가 복잡하고 다양해짐에 따라 비용이 거액화 되고 이에 따라 무기체계의 비용 측면의 효율을 높이기 위해 여러 연구가 이뤄졌다. 비용 대 효과 분석(Cost effectiveness)은 투자 비용에 대하여 얻어지는 이익을 말한다. 현재까지 진행된 연구는 크게 2가지로 나눌 수 있다.

첫째, 비용 대 효과분석의 특성상 어떠한 무기체계의 도입/개발 전에 이루어지는 경우가 많이 있음으로 사례 중심 무기체계 비용 대 효과분석의 방법론을 제안하는 연구가 많이 이루어 졌다. 임성훈(2009) 등^[42]은 다양한 분석방법에 비용요소를 고려하여 동일/비슷한 의사결정지 현실성과 타당성을 높이고 우선순위를 구하는 것을 제안한다.

이러한 방법론의 연구의 가장 큰 문제점은 비용

및 가용도를 위한 자료의 획득이 매우 어렵다는 것이다. 특히 외국의 무기체계의 경우 더욱 그렇다. 그에 대한 해결책으로 박태유(1993)^[43]는 불확실한 자료의 검증을 위하여 민감도 분석(Sensitivity analysis)을 제안한다. 이는 변화 가능대역에서 결과변화비율을 분석하고, 가장 영향을 많이 주는 요소를 식별하며, 결과 손익분기점(Break-even point)을 도출하여 합리적인 의사결정을 지원할 수 있다.

둘째, 무기체계 비용 대 효과분석 최적화 연구이다. 무기체계를 개발하기 전 개발자는 설계 목표를 설정하게 되고 “설계 수준을 어느 단계까지 적용하는 것이 효과적인가”라는 의문을 수요자와 논의하게 된다. 상기와 같은 질문에 대한 명확한 해답을 찾기 위한 방법의 일환으로 최적화 연구가 진행되고 있다. 김정훈(2013)^[44]은 다양한 생존성 평가를 위한 분석방법간의 상호관계 및 각 방법론 간의 통합 구현방안 등을 제시하고, 이를 바탕으로 향후 개발 진행 예정인 소형무장헬기의 생존성 설계 수준별 비용 대 효과분석을 통하여 최적화된 생존성 설계 목표를 수립할 수 있는 방안을 제안한다.

4. 전투체계 효과분석의 향후 연구방향

지금까지 전투체계 효과분석 연구는 전투체계 효과분석 수단으로서 시뮬레이션과 같은 모의분석 모형개발에 관련된 연구, 복잡하고 다양해지는 전투체계 모델링을 위해 새로운 시스템 설계 및 개발 연구, 예산 규모가 큰 국방분야이기에 비용에 대한 효율성을 고려한 비용대 효과분석 연구가 진행되어 왔다고 할 수 있다.

그리고 현대 전장에서는 아군에 대한 정보, 적에 대한 정보, 지형 및 기후 등 전장에 영향을 미칠 수 있는 모든 요소들에 대한 정보가 매우 중요하며 이러한 정보를 통신을 통해 실시간으로 주고받기 때문에 통신에 의한 정보전이 전투에서 아주 중요한 역할을 하고 있다. 이에 따라 최근에는 통신효과 분석 및 통신을 고려한 모형에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

이러한 기존의 연구동향을 중심으로 향후에 연구가 활발해 질 것으로 예상되는 분야는 다음과 같은 4가지로 추정할 수 있다.

첫째, 무인로봇의 전투효과측정 분야이다. 미래에는 무인로봇이 우리 삶의 많은 부분을 차지할

것을 쉽게 예측할 수 있는데 전투체계에도 무인로봇의 도입이 활성화될 것이다. 이에 따라 무인로봇 도입에 따른 효과분석도 집중적으로 연구될 부분이다.

둘째, 무인로봇을 제어할 수 있는 효과적인 방법에 대한 연구분야이다. 무인로봇은 근본적으로 전투행위에 있어서는 사람의 희생이 없다는 것 외에 효과분석 측면에서는 유인체계와 차이가 없다. 따라서 무인로봇을 위게임 모델안에서 어떻게 통제하고 묘사할 수 있을 것인가 하는 연구가 새로운 이슈로 나타날 수 밖에 없다.

셋째, 무인로봇을 포함한 다양한 미래 무기체계의 효과를 측정하는 척도(MOE: Measure Of Effectiveness)에 대한 연구분야이다. 전투에서의 효과는 측정하는 대상과 방법에 따라 차이가 있을 수 밖에 없기 때문에 효과측정 무기의 대상과 수행하는 임무에 따라서 효과의 척도를 다르게 적용해야 한다. 이에 따라 새로운 MOE 개발 관련 연구도 매우 흥미로운 분야가 될 것으로 예상된다.

넷째, 비 물리적인 요소에 대한 효과측정분야이다. 미래의 전쟁은 네트워크를 중심으로 독립된 플랫폼간의 정보를 교환하여 각각의 전쟁능력을 극대화함으로써 군사력의 우위를 선점할 뿐만 아니라 보다 수월한 작전을 수행하도록 변화되고 있다. 때문에 점점 더 네트워킹 되는 환경에서 전쟁이 치러지는 만큼 정보전 또는 사이버전이나 심리전등으로 일컬어질 정도로 비물리적 파워가 중요해 지고 있다. 최근의 전쟁사례에서 보면, 합동성, 동시성, 통합성의 특성을 갖는 새로운 전쟁수행개념이 나타나고, 그 효율성도 입증되고 있다.

Table 4 The recent war concepts^[45]

년도	전쟁 사례	전쟁수행개념
1991년	걸프전	공지전투(Air-Land Battle) 개념을 적용한 신속 기동전
2001년	아프가니스탄 전	특수작전부대와 장거리 정밀타격 전략을 결합한 정보전 개념
2003년	이라크 전	네트워크기반으로 대규모 공중 정밀타격과 지상전의 병행으로 하는 신속결정작전(RDO: Rapid Decisive Operation) 불필요한 대량파괴를 최소화하면서 설정된 효과를 달성하는 효과 중심작전(EBO: Effect Based Operation)

Table 4는 최근 전쟁수행 개념의 변화를 보여주고 있다.

이러한 전투 체계 변화에 발맞추어 국내/외에서 보이지 않는 파우어인 비 물리적 전투체계에 대한 효과분석 또한 활발히 진행될 것이다.

5. 결 론

본 리뷰 연구에서는 현재까지의 전투체계 효과 분석관련 연구를 검토/분류하고 전투효과분석, 통신효과분석, 비용 대 효과분석으로 구분하였다. 과거 연구들은 PCW 환경에서의 전투요소에 대한 분석이 주를 이루었지만 전쟁의 패러다임이 NCW로 변화하면서 전투효과분석 분야에서는 란체스터 모형을 이용한 C2 이론, PAM 모델을 C2이론에 적용 등의 연구, 통신효과분석 분야에서는 위 게임 시뮬레이터와 통신 시뮬레이터의 연동/결합 연구, 비용 대 효과분석 분야에서는 AHP, QFD 등의 분석 기법에 비용을 추가로 고려한 최적화 연구 등 2개 이상의 모델/함수가 결합/연계되어 복잡한 분석으로 수행되고 있음을 알 수 있었다. 이는 변화하고 있는 전장의 패러다임의 변화가 적용된 결과라고 할 수 있다.

향후 전투체계 효과분석 관련 분야의 연구는 전투효과분석, 통신효과분석, 비용대 효과분석이 지속됨은 물론 그 외 무인로봇이 추가된 무기체계의 효과분석 방법, 무인로봇의 효과적인 통제방안, 새로운 효과척도 개발, 그리고 비 물리적인 체계에 대한 효과분석과 이들이 결합하여 합성된 전투효과분석에 대한 연구가 활발해 질 것으로 예상된다. 이 합성된 전투효과분석을 위하여 전장환경과 상황을 정의하고 이에 적합한 분석방법별 장/단점을 최대 활용한 분석방법을 적용해야 할 것이다. 또한, 효과분석을 위한 전투시나리오 설정시 세대별, 무기체계별 특성을 구체적으로 전투상황에 어떻게 반영할 수 있는지에 대한 부분적인 연구가 분야별로 다양하게 제시된다면 효과분석 기술이 한 단계 도약할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 국방과학연구소 미래 지상체계 분석 특화연구실(UC130068ID)의 지원으로 수행되었습니다.

References

1. John M. Green, Bonnie W. Johnson, 2002, Towards a Theory of Measures of Effectiveness.
2. DoD, 2003, Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms, Joint Publication 1-02, pp.100.
3. Lee, Y.-B. *et al.*, 2009, A Proposal of New MOE to Assess the Combat Power Synergistic Effect of Warfare Information System, *IE Interfaces*, 22(3), pp.205-213.
4. Lim, N.-K., 2011, A Methodology for the NCO Effectiveness Analysis Model Development, AJOU University, Korea.
5. Joint Chiefs of Staff, 2005, Net-Centric Operational Environment, Joint Integrating Concept, Washington, D.C. USA.
6. Lim, N.-K. *et al.*, 2010, Enterprise Architecture Quality Attributes base Enterprise Architecture Frameworks Analysis, *Journal of ITA*, 7(1), pp.1-9.
7. Choe, H.-P., 2010, The Study on Development of Training System implementing M&S :Focused on Army LVC System, HanSung University, Korea.
8. Kim, H.-J. *et al.*, 1999, A Study of Building a Model for Tactical C4I System, *IE Interfaces*, 12(2), pp.193-204.
9. Hong, J.-W. *et al.*, 2012, A Study on the Implementation of Agent-based Combat Object Modeling for Analysis of Armed-Helicopter's Mission Effectiveness, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, pp.734-740.
10. Douglas W. Gage, 1995, A Brief History of Unmanned Ground Vehicle (UGV) Development Efforts, Special Issue on Unmanned Ground Vehicles, Unmanned Systems Magazine.
11. DoD, 2003, Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms, Joint Publication 1-02, pp.555.
12. Kho, Y.-H. *et al.*, 2014, M&S Case Study for Information Sharing Enabled Combat Entities, *Journal of the KIMST*, 17(4), pp.1-9.
13. Lee, J.-Y. and Shin, C., 2004, The Functional Relationship of C2 System Enhancement and Combat Effectiveness Using Schutzer's C2 Theory and Measures of Effectiveness, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 30(1), pp.65-75.
14. Hwang, John, 1982, Selected Analytical Concepts in Command and Control, Gordon and Breach, New York.
15. Park, S.-K. 2003, A Study of Evaluation of Combat Effectiveness Escalation for Integrating

- the Corps Level Fire Power Operation in C4I System, National Defense University, Korea.
16. Saaty, T.L., 1980, The Analytic Hierarchy Process, McGraw Hill International.
 17. Saaty, Thomas L, 1996, Decision Making with Dependence and Feedback : The Analytic Network Process : the Organization and Prioritization of Complexity, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.
 18. Park, S.-K. and Lee, J.-Y., 2003, A Study on The Assessment of Power Improvement Effectiveness of Corps Level C4I System Applied to Integrated Fire Operation, *Military Operations Research Society of Korea*, 29(1), pp.8-27.
 19. Park, Y.-S. and Jung, C.-K., 2010, A Study on Evaluation of Combat Effectiveness in WMA-EA based on C2 Model, *Journal of the KIMST*, 13(4), pp.619-626.
 20. Kang, S.-C., 2001, A Study of Combat Effectiveness in the Army Tactical C4I System Using AHP Method, National Defense University, Korea.
 21. Kim, J. J., 2004, A Study of Combat Effectiveness in the C4I System Using ANP Method, National Defense University, Korea.
 22. Jung, W.-S. et al., 2010, An Assessment of Combat Effectiveness for C4I System Considering Network Effect, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 33(2), pp.23-32.
 23. Jung, W.-S. et al., 2010, NCW A Combat Effectiveness Evaluation Algorithm Considering Technical and Human Factors in C4I System, *Journal of the Korea Intelligent Information System Society*, 16(2), pp.55-72.
 24. Lee, S.-Y. and Lee, J.-Y. 2001, A Study on the Assessment of Force Improvement Effectiveness of KNTDS, *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, 27(2), pp.56-75.
 25. Kim, Y.-I. and Hong, Y.-G., 2012, A Study on Effectiveness Analysis Methods for V-C System: Applying Effective Based Operation (EBO) Methodology, *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 13(3), pp.1337-1345.
 26. Park, S.-Y. et al., 2010, Design of the Agent-based Network-Centric Warfare Modeling System, *Journal of the Korea Society for Simulation*, 19(4), pp.271-280.
 27. Kim, T.-G. and Sung, C.-H., 2007, Objective-driven DEVS Modeling Using OPI Matrix for Performance Evaluation of Discrete Event Systems, SCSC '07 Proceedings of the 2007 Summer Computer Simulation Conference, San Diego, CA, USA, pp.305-311.
 28. Lee, J.-M. et al., 2010, The Combat Effectiveness Analysis of Attack Helicopter Using Simulation and AHP, *Journal of the Korea Society for Simulation*, 19(3), pp.63-70.
 29. Jung, C.-Y. et al., 2011, Operational Effectiveness Analysis of Field Artillery Ammunition Support Vehicle for K-55 Self-Propelled Artillery Using Simulation, *Journal of the Korea Society for Simulation*, 20(3), pp.11-18.
 30. Song, Y. I., 2010, A Study of Combat Evaluation for the Navy Fleet Combat System in Complex Centric Warfare, *Defense Study*, 53(1), pp.163-192.
 31. Choi, K.-S. et al., 2012, A Case Study of Effectiveness Analysis of Naval Combat System Design, *Korea Association of Defense Industry Studies*, 19(2), pp.38-51.
 32. Jeon, J.-H. et al., 2007, The Air-to-Air Combat Analysis Using COBRA Model, *Journal of the Korea Society for Aeronautical & Space Sciences*, pp.428-431.
 33. Jeon, J.-H. et al., 2008, The Air-to-Air Combat Analysis with BVR Missile, *Journal of the Korea Society for Aeronautical & Space Sciences*, pp.1228-1231.
 34. Yoon, J.-S. and Moon, H.-K., 1998, Combat Efficiency Analysis Using JANUS Model, *Journal of the Korea Society for Simulation*, pp.178-181.
 35. Yoo, S.-K. and Moon, H.-K., 2002, Future Weapon System Effectiveness Analysis with Defense Simulation Model, *Journal of the Korea Society for Simulation*, pp.137-141.
 36. Jeon, B.-G. and Cho, K.-G., 2005, A Study of Improving Direction for Combat Effectiveness and Active Demolition System, *Defense and Technology*, No.321, pp.64-73.
 37. Kim, J.-H., 2010, A Methodology Study of Attack Helicopter's Combat Effectiveness Analysis, Gyeongsang National University, Korea.
 38. Kim, T.-G. et al., 2011, DEVSIM++ Toolset for Defense Modeling and Simulation and Interoperation, *Journal of Defense Modeling and Simulation*, 8(3), pp.129-132.
 39. Pollock, J.T. and Hodgson, R., 2004 Adaptive Information, Wiley-interscience.
 40. Bae, J.-W. et al., 2012, Methodology of Analyzing the Measure of Combat Effectiveness Reflecting Communication Effects in Network Centric Warfare, *Journal of the Korea society for Simulation*, 21(3), pp.57-69.
 41. Kim, T.-G. et al., 2012, Joint Analysis of Combat Power and Communication System via Interoperation of War Game Simulator with Commu-

nication Network Simulator, *The Journal of Korea Information and Communications Society*, 37C(10), pp.993-1003.

42. Lim, S.-H. *et al.*, 2009, A Study on the Multi-Criteria Decision Making for Effect Analysis and Decision Making of Weapon System, *Journal of the KIMST*, 12(5), pp.557-562.

43. Park, T. Y., 1993, A Methodology of Cost Effectiveness for Evaluation of Weapon System, *Journal of the Quarterly Journal of Defense Policy*

Studies, 24, pp.239-258.

44. Kim, J.-H., 2013, A Study on the Cost-Effectiveness Analysis for Survivability Design Optimization of Light Armed Helicopter, *Journal of the Korea Society for Aeronautical & Space Sciences*, 11, pp.816-865.

45. Yang, H.-K., 2011, A Study on Improvements of the Interoperability for the Future Warfare, *Journal of The Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 6, pp.717-718.



김 준 수

2014년 명지대학교 산업경영공학과 학사
 2014년~현재 명지대학교 산업경영공학과 석사과정 재학 중
 관심분야: Simulation, Quality Management, Reliability Engineering



박 건 영

2013년 명지대학교 산업경영공학과 학사
 2013년~현재 명지대학교 산업경영공학과 석사과정 재학 중
 관심분야: Simulation, Quality Management, Reliability Engineering



이 재 영

1980년 육군사관학교 토목공학과 학사
 1988년 미국 해군대학원 OR학과 석사
 1995년 미국 North Carolina 주립대학 OR & 통계학 박사
 1996년~1999년 육군교육사 및 국방부 위계임지원/사업분석평가혁신 업무담당
 2000년~2013년 국방대학교 국방과학학부 교수
 2013년~현재 명지대학교 특화연구실 연구교수
 관심분야: Modeling & Simulation, Decision Theory, Optimization Programming



배 성 민

1996년 KAIST 산업경영학과 학사
 1998년 KAIST 산업공학과 석사
 2003년 KAIST 산업공학과 박사
 2003년~2004년 KAIST 산업경영연구소 박사 후 연구원
 2004년~현재 국립한밭대학교 산업경영공학과 교수
 관심분야: Data Mining, Manufacturing Intelligence, Industry Convergence, Management Information System, Customer Relationship Management



변 재 정

1996년 미국 일리노이공과대학교 전산학 박사
 1997년~1998년 한국국방연구원/국방정보체계연구소 작전체계(C4I) 연구부장
 1999년~현재 국방과학연구소 수석 연구원
 관심분야: Defence Modeling & Simulation, Simulation-Based Acquisition, Realtime Operating System, Embedded Software



김 종 만

1994년 KAIST 산업공학과 학사
 1996년 KAIST 산업공학과 석사
 2001년 KAIST 산업공학과 박사
 2001년~2004년 LG CNS 선임 컨설턴트
 2004년~2008년 삼성경제연구소 수석연구원
 2008년~현재 명지대학교 산업공학과 교수
 관심분야: Simulation, Quality Management, Reliability Engineering