

인적요소의 영향력을 고려한 전투효과 평가 알고리즘

권오상*, 박건우*, 이상훈*

An Algorithm for evaluating Combat Power Effectiveness by considering the Influence of Human Factors

Oh-Sang Kwon*, Gun-Woo Park*, Sang-Hoon Lee*

요약

정보기술의 발전은 사회의 각 영역에 많은 변화를 가져왔다. 특히 네트워크 기술을 기반으로 등장한 NCW(Network Centric Warfare)는 현대전 수행을 위한 새로운 패러다임이 되었다. 또한 NCW 구현의 핵심체계라고 할 수 있는 C4I 체계 구축을 통해 NCW 효과를 극대화 할 수 있게 되었다. 그러나 C4I체계는 인간이 가진 지식과 역량이 주도하는 것으로 인간차원의 영향력을 배제한다면, 그 효과를 기대할 수 없을 것이다. 본 논문에서는 C4I체계를 중심으로 기존의 연구방법에서 간과하였던 인적요소의 영향력을 반영하여 전투효과를 평가하는 알고리즘을 제안한다. 기존의 연구와 비교 평가한 결과, 제안한 알고리즘이 보다 현실에 부합하는 것으로 확인하였다. 또한 전투에 있어서 인적요소(협업)의 영향력이 무엇보다 중요함을 증명하였다. 따라서 제안하는 알고리즘은 전투효과 뿐만 아니라, 일반 기업의 임무효과 및 인적자원의 효율적 관리에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

▶ 키워드 : NCW, C4I, 기술적 차원, 인간차원, 인적요소

Abstract

Each area of society has changed because of the development of information technology. Especially, the advent of NCW based on the technology of network has become a new paradigm for executing warfare. Effectiveness of NCW can be maximized by building the C4I system which is a core system of NCW. However, if we don't consider the influence in term of human dimension, we can't expect the effect of C4I system, since the key factor in C4I is human. In this paper, we propose an algorithm for evaluating Combat Power Effectiveness by considering the Influence of Human Factors that wasn't reflected in the past. Based on experimental validation our algorithm is more substantial than baseline algorithms. In addition, we proved that the Influence of Human Factors(e.g. collaboration) is the most important in battlefield. Therefore, proposed algorithm can be used for enhancing not only mission

• 제1저자 : 권오상 교신저자 : 이상훈

• 투고일 : 2010. 09. 01, 심사일 : 2010. 09. 27, 게재확정일 : 2010. 10. 15.

* 국방대학교 국방정보체계학과(Dept. of Defense Information System, Korea National Defense University)

effectiveness in terms of military field but also work performance by effective Human Resource Management in terms of an enterprise.

▶ Keyword : NCW, C4I, Technical Dimension, Human Dimension, Human Factor

I. 서론

NCW 구현을 위한 기반구조인 C4I체계(Command and Control, Communication, Computer, Intelligence System)에 대한 전투효과 평가는 화력, 생존성, 기동력 등의 플랫폼 중심 그리고 기술적 네트워크 파워를 대상으로 하는 기술적 수준의 효과 평가 위주로 연구가 진행되어 왔다[1].

NCW(Network Centric Warfare)에 존재하는 4개의 영역²⁾에는 기술적 측면뿐만 아니라 인간차원에서 임무 효과 달성에 영향을 미칠 수 있는 요소들을 포함하고 있다[2]. 따라서 네트워크로 연결된 유기적인 조직에서 기술적 요소만으로 전투효과를 극대화 시키는 것은 한계가 있다.

1998년 미 해군 최신에 이지스함 빈센스호의 민간 항공기 오인 공격 사건은 인간차원에서 전투수행에 미칠 수 있는 영향력의 중요성을 간과한 결과이다. 즉, 전시상황에서 이러한 인간차원의 요소는 기술의 우위를 떠나 전쟁의 승패를 결정짓는 매우 중요한 요소이다. 하지만 기존의 전투효과 평가 방법들은 인간차원의 영향력을 배제한 것으로, 인간은 본연의 전투역량을 최대 발휘한다는 전제 하에 기술적인 효과만을 고려하여 평가하였다. 이는 높은 수준의 이상적인 평가 결과로 나타나, 현실에 부합하지 못한다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 전투에 대한 인간차원의 영향력을 반영한다면, 전투효과를 보다 정확하게 평가할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 C4I체계를 중심으로 전투력에 영향을 미치는 인적요소를 식별하고, 이들 간의 협업과 유기적 상호작용에 의한 영향력을 반영함으로써, 보다 정확하고 실질적으로 전투효과를 평가하는 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 관련연구를 소개하고, 제 3장에서는 제안하는 알고리즘과 실험/평가에 의한 결과를 분석한다. 마지막으로 제 4장에서는 결론 및 향후 연구방향을 제시한다.

II. 관련 연구

1. 전쟁 수행 패러다임의 변화

21세기 전쟁 수행 패러다임은 PCW(Platform Centric Warfare)에서 NCW로 진화하였다. 이는 디지털 혁명에 기인한 것으로 전략/전술은 표 1과 같이 변화하였다[3].

표 1. 전쟁 수행 패러다임에 따른 전략전술
Table 1. Strategies according to the Paradigm of War

패러다임	PCW	NCW
전략/전술	영토 지배 지형 지배, 플랫폼 중심, 대량 파괴, 살상전	시간 지배 정보공간 지배, 네트워크 중심, 핵심 파괴, 비 살상전

NCW의 전쟁 수행 개념은 현재도 지속적으로 진화하고 있다. 그 중에서도 정보화 시대의 정보 전력의 중요성을 강조하는 ICW(Information Centric Warfare), 정보를 뛰어넘어 인간차원의 지식에 대한 중요성을 강조하는 KCW(Knowledge Centric Warfare)가 미래 새로운 전쟁 수행 패러다임으로 대두되고 있다[2].

그림 1은 전쟁 수행 패러다임의 변화를 나타낸 것으로, 이러한 변화에 따라 정보를 단순한 기술적 네트워크 기반의 공유가 아닌, 가공함으로써 질 높은 지식을 발견하고 심도 있게 이해하는 것이 점차 중요해지고 있다[2][4].

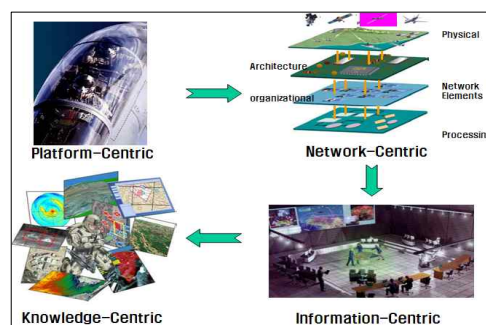


그림 1. 전쟁 수행 패러다임의 변화
Fig 1. War Paradigm Shift

1) ① 물리 영역(Physical Domain) : 군사력의 시/공간적 이동에 관한 영역
② 정보 영역(Information Domain) : 정보의 창출/전파/공유에 관한 영역
③ 인지 영역(Cognitive Domain) : 전투원들의 심리와 관련된 영역
④ 사회적 영역(Social Domain) : 전투원간 상호작용에 관한 영역

2. NCW와 C4I체계

NCW란 “지휘 속도 증가, 빠른 작전템포, 치명성 극대화, 생존성 증대, 그리고 자기 동기화 달성을 위해 센서, 결심권자, 그리고 타격체계를 네트워크로 연결함으로써 최상의 전투력을 창출하는 정보우위의 작전개념”을 의미한다[5].

NCW의 궁극적인 목적은 정보우위를 달성하는 것이다. 그림 2는 NCW의 결정적 효과를 나타내는 것으로, 네트워크화된 아군이 관측, 판단, 결정, 행동의 과정을 통해 의사결정주기를 단축시키고, 먼저 행동함으로써 전투력의 우위를 달성하게 된다[6].

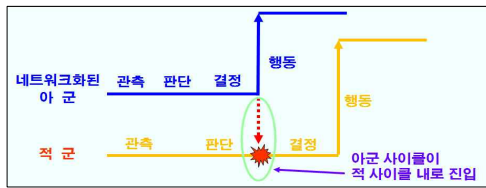


그림 2 NCW의 결정적 효과
Fig 2 Deterministic Effects of NCW

이러한 NCW 개념을 구현하기 위한 기반구조가 바로 C4I 체계이다. C4I체계는 지휘, 통제, 통신, 컴퓨터 및 정보의 각 요소를 유기적으로 통합하고 연결하여 실시간에 자료를 분석, 의사결정과 그 결과에 대한 피급효과를 가능하게 한다. 또한 여러 개의 단일체계가 상호 연동을 통해 하나의 시스템을 이루어 주요 전장 상황을 실시간 공유함으로써, 획기적인 정보우위와 전투력 상승효과를 창출한다[1].

3. NCW에서의 인간차원(Human Dimension)

차원(Dimension)이란 어떤 사물을 바라보는 관점(View)을 뜻하는 것으로, NCW는 2가지 차원으로 구분된다. 이는 네트워크화된 기술 환경, 물리적 파워, 시스템, 그리고 정보의 생성 및 처리방법 등 기술력을 바탕으로 NCW를 바라보는 기술적 차원(Technical Dimension)과 특정 시스템 내 인간의 역할과 기능, 지식, 문화, 소통 및 상호작용 등 무형적 요소를 바탕으로 NCW를 바라보는 인간차원(Human Dimension)이다[7].

특히, 미 해군에서는 전투실험(2000)을 통해 NCW의 기술적 차원과 인간차원의 중요도를 비교하였다[8][9]. 이 실험에서는 NCW 개념 기반의 전투수행 환경을 위해 ‘SCUDHunt’라는 전투게임을 실험 모델로 사용하였다. ‘SCUDHunt’는 그림 3과 같이 4명의 임무 수행자들(위성, 항공, 정보, 특수작전)이 각자의 센서로 수집한 정보를 통신 네트워크를 통해 서로 공유하고, 의사를 결정함으로써 적의 숨겨진 스커드 미사일을 파괴시키는 과정으로 진행된다.

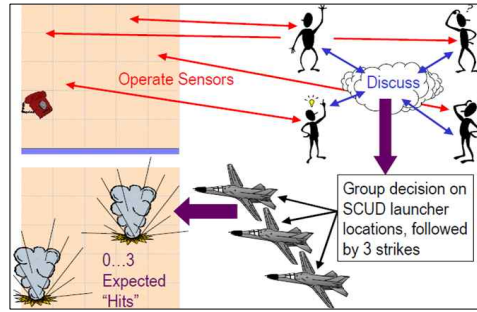


그림 3 ‘SCUDHunt’ 게임 프로세스
Fig 3. ‘SCUDHunt’ Game Process.

실험 결과, 특정한 임무를 수행함에 있어서 상황공유(SSA : Shared Situation Awareness)가 무엇보다 중요하며, 상황공유는 기술이 아닌 팀을 구성하는 인적자원의 차이에서 미치는 영향이 현저히 크게 나타났다[8][9]. 또한 후주의 Anthony H. Dekker(2006)는 ‘SCUDHunt’ 실험을 응용하여, 임무수행 결과에 영향을 미치는 인간차원의 요소들(팀워크, 전문지식, 기술 숙련도)의 영향력을 측정된 결과 총 63%로 나타났다[10]. 즉, 인간차원의 요소가 전투에 미치는 영향력이 기술을 포함한 다른 요소보다 중요하다는 것을 입증한 것이다.

인간차원의 중요성은 NCW에 존재하는 4개 영역(물리, 정보, 인지, 사회)을 통해서도 확인할 수 있다. 즉, 물리/정보 영역은 기술적 차원, 사회/인지 영역은 인간차원에 속하는 것으로, 그림 4에서와 같이 네트워크 중심 환경에서는 사회/인지 영역이 보다 큰 중요성을 가진다[7].

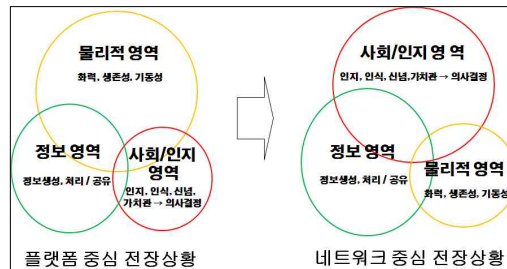


그림 4. 전장상황에 따른 NCW 영역 변화
Fig 4. NCW Domain Change according to the Battlefield

이는 NCW에서 기반이 되는 네트워크와 사회/인지 영역의 중요한 역할에서 기인하는 것으로, NCW에서 네트워크란 단순히 정보수집, 공유/전파를 위한 정보기술만이 아닌, 사람과 집단 또는 조직이 개입된 체계나 절차까지 포함하는 광범위한 개념이다[3].

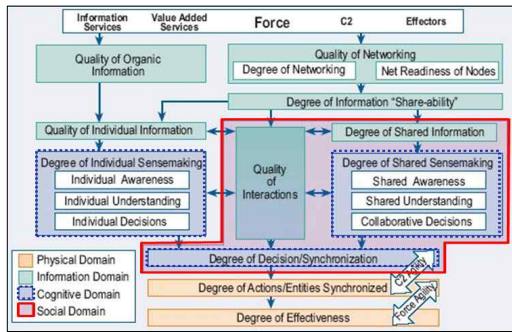


그림 5. NCW 프레임워크
Fig 5. NCW Framework

또한 그림 5의 NCW 프레임워크에서 확인할 수 있듯이, 사회/인지영역은 모든 의사결정이 이루어지는 영역으로, 정보 영역과 물리적 영역을 서로 연결시켜주는 역할을 한다. 이것은 전쟁 수행을 가능하게 하는 핵심으로, NCW는 물리, 정보, 인지, 사회적 영역이 모두 교차하는 정 중앙에 위치하여, 각 영역이 서로 연결될 때 작전/전술/전략적 수준의 전쟁 수행이 가능하기 때문이다[6].

이러한 NCW의 인간차원과 여기에 속하는 사회/인지 영역은 결국 인간이 가진 내재적 특성, 즉 인적요소를 기반으로 한다. 따라서 네트워크 기반의 전투에 있어서 인적요소는 매우 중요한 영향력으로 작용한다고 할 수 있다.

4. 기존의 전투효과 평가 사례

복합적인 성격을 가진 체계의 효과를 측정하는 것은 매우 어렵다. 특히 C4I 체계는 눈에 보이지 않는 정보, 시간이나 또는 체계에 대한 인적 숙련도 등의 무형요소들이 변수로 작용하기 때문에 현재까지 완벽히 표준화된 전투효과 평가 방법이 없다. 하지만 전투효과와 이론적 평가에 대한 시도나 연구는 과거에서부터 현재까지 지속적으로 이루어져 왔다.

먼저 Schutzer의 C2이론을 적용한 방법(1982)은 최초 전투력 대비 교전 후 잔존 전투력의 비율을 상호 비교 분석함으로써 전투력 상승효과(MOE : Measure of Effectiveness)를 평가하였다. 이는 수식 (1)과 같은 알고리즘으로 표현된다[11].

$$MOE_i = \frac{< N_i^2 > - < M_i^2 >}{N^2} \dots\dots\dots (1)$$

(MOE_i: 교전 i에서의 전투력 상승효과, N_i: 교전 i에서의 아군 자산, M_i: 교전 i에서의 적군 자산, N: 아군의 전력 지수)

이 방법은 PCW환경에서 계산된 것으로, 전투력을 구성하는 각 요소간의 상호작용에 의한 상승효과를 종합적으로 고려

하지 못하는 한계, 즉 NCW환경에서는 부적합하다고 할 수 있다. 이를 보완하기 위해 고전 역학 이론인 뉴턴의 제 2법칙에 정보 전력의 개념을 적용하여 전력간의 상호작용, 즉 네트워크 파워를 고려한 평가 모델을 수식 (2)와 같이 정의하였다 [12][13].

$$F = ma = mvC = m(\Delta v/t) \Rightarrow (MvI)/T = \frac{(n^2 - n)vI}{T} \dots (2)$$

(F: 전투력, m: 타격력 ↔ M: 네트워크 파워, a: 가속도, v: 기동력, C: 정보전력, t: 시간 ↔ T: 지휘통제시간, I: 정보의 정확도)

수식 (1), (2)와 같이 기술적 요소만을 고려하여 계산된 알고리즘은 전투효과에 영향을 미칠 수 있는 인적요소를 고려하지 않았기 때문에 실질적인 값으로 간주하기 어렵다는 공통된 한계가 있다. 따라서 지휘통제 시간의 일부인 협업시간, 즉 의사결정 시간과 협업수준을 반영함으로써 E-TechMan라 불리는 알고리즘을 수식 (3)과 같이 정의하였다[14].

$$FP_{tech_human} = \frac{N_{NPur} \cdot v \cdot I_{Accuracy}}{T_{C2time}} C_{IVal} \dots\dots\dots (3)$$

(FP_{tech.human}: 전투력, N_{NPur}: 네트워크 파워, v: 기동력, I: 정보의 정확도, T_{C2time}: 지휘통제 시간, C_{IVal}: 협업수준 영향력)

수식 (3)은 인적요소라고 할 수 있는 협업수준을 전투효과 평가에 반영하였다는 점에서 기존의 알고리즘 보다 현실적인 가치가 있다고 할 수 있다. 그러나 협업수준을 영향력 변수로 정의함에 있어 보다 객관적이고 과학적인 검증이 요구된다. 또한 협업 이외의 다른 인적요소를 다각적으로 식별하고, 인간차원 전체의 영향력으로 통합하여 반영한다면 보다 신뢰할 수 있는 현실적 가치를 가질 수 있을 것이다.

III. 전투효과 평가 알고리즘

본 논문에서는 C4I체계를 기반으로 전투효과에 영향을 미치는 인적요소를 식별하고, 그 영향력을 산출함으로써 보다 현실적인 전투효과 평가 알고리즘을 제안하고자 한다.

1. 제안 알고리즘

기존의 E-TechMan 알고리즘은 개념적으로 기술적 차원의 전투력 평가 알고리즘에 인적요소중의 하나인 협업수준의 영향력을 반영한 것이다. 그러나 실질적인 전투효과 평가를 위해서는 인간차원 전체의 영향력을 반영해야 한다. 따라서

본 논문에서는 협업을 포함, 전투에 영향을 미칠 수 있는 인적 요소들을 추가적으로 식별함으로써, 수식 (4)와 같이 인간차원 전체의 영향력 지수가 반영된 알고리즘을 제안한다.

$$FP_{tech_human} = \frac{N_{NPur} \cdot I_{Accuracy} \cdot C_{Ival}}{T_{C2time}} \Rightarrow \frac{N_{NPur} \cdot I_{Accuracy}}{T_{C2time}} \cdot H_{Influence} \dots\dots\dots (4)$$

($H_{Influence}$: C_{Ival} 을 포함한 인간차원의 영향력 지수 / $0 < H_{Influence} < 1$)

수식 (4)에서 인간차원의 영향력 지수($H_{Influence}$)는 0 ~ 1의 값을 갖는 가중치 역할을 한다. 즉, 인간차원에서 전투원이 본인의 임무를 전혀 수행하지 못하는 0의 값을 가질 때, 전투효과 자체는 무의미하게 된다. 또한 전투원 본연의 역할과 역량을 100% 발휘할 때, 인간차원의 영향력 지수는 1이 되어 전투효과치는 기술적 차원의 평가 결과와 같아진다. 그러나 인간이라는 존재는 그 특성상 기계적 플랫폼과는 달라서, 인간차원의 영향력 지수가 0이나 1이 될 가능성은 적다.

전투효과에 대한 인간차원의 요소는 결국 전투수행에 영향을 미치는 모든 인적요소들을 의미하는 것으로, 수식 (5)와 같이 모든 인적요소 값들의 총합을 통해 인간차원의 영향력 지수를 산출할 수 있다[15].

$$H_{Influence} = \alpha A_1 + \beta A_2 + \gamma A_3 + \dots = \sum_{i=1}^n \omega_i A_i \dots\dots\dots (5)$$

(α, β, \dots : 가중치 - Balance Factor $\Rightarrow \sum_{i=1}^n \omega_i = \alpha + \beta + \dots = 1$; A_i : 인적요소 값)

따라서 수식 (4)와 (5)를 통해 인간차원의 영향력을 고려한 최종적인 전투효과 지수 산정 알고리즘은 수식 (6)과 같다.

$$FP_{tech_human} = \frac{N_{NPur} \cdot I_{Accuracy}}{T_{C2time}} \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i A_i \dots\dots\dots (6)$$

수식 (6)의 실질적인 적용과 평가를 위해서는 전투에 영향을 미칠 수 있는 인적요소를 식별하고, 그 값을 측정해야 한다. 또한 각 인적요소 값에 부여되는 가중치인 해당 인적요소의 영향력을 산출해야 한다.

2. 전투효과에 영향을 미치는 인적요소 선정

인적요소(Human Factor)란 인간이 가지고 있는 내재적 특성이라고 정의할 수 있다. 이는 개개인에 따라 다르고, 구체적인 범위 및 표현 방식 또한 정하기 나름이어서 절대적, 또는 정형화된 형태가 없는 추상적 개념으로 볼 수 있다. 본 논문에

서는 전투 모델을 통한 전술훈련이 실제 수행되는 과정과 내용, 평가대조표, 그리고 Anthony H. Dekker(2006)에 의한 연구를 기반으로 전투효과에 영향을 미칠 수 있는 인간요소 항목들을 선별, 최종 3개의 인적요소와 8개의 세부속성을 도출하였다.

첫 번째 인적요소는 지위(Status)이다. 지위란 “특정 체제 속에서 특정 구성원이 차지하는 위치의 상대적 가치”로 정의할 수 있다. 이는 계층화 된 지위체제 내에서 등급 또는 계급으로 나타나며, 차등적인 지위에는 그에 상응한 지위상징(Status Symbol)이 부여된다. 군에서는 계급을 통한 권력이 대표적이겠지만, 일반사회에서는 학위라는 상징을 통해 개인에 대한 권위를 인정받는다. 따라서 지위라는 요소를 계급과 학위라는 속성으로 분류하였다.

두 번째 인적요소는 전문성(Specialty)이다. 전문성이란 “전문적인 기술이나 지식에 기반 하여 발생하는 권력”을 말한다. 특히 현대전에서는 복잡한 전략/전술을 잘 알고, 무기체계들을 효율적으로 잘 다루는 것이 중요하다. 따라서 이 요소는 전문적 지식과 장비의 운용 수준이라는 두 가지 속성으로 분류하였다.

세 번째는 팀워크(Teamwork)이다. 팀워크란 “팀의 구성원이 공동의 목표를 달성하기 위하여 각 역할에 따라 책임을 다하고, 협력적으로 행동하는 것”으로 협업 또는 단합이라고도 할 수 있다. 따라서 우수한 인적자원과 최첨단 무기체계를 보유하였어도 팀 내부의 협업이 이루어지지 않는다면, 제 능력을 발휘할 수 없다. 팀워크는 지휘부의 지휘통제 능력, 전체 팀원들의 군(조직생활) 경력, 실전을 위한 준비수준인 팀워크 훈련 실적, 지휘부의 현 팀 근무경력으로 세분화 하였다.

이렇게 선정된 인적요소와 세부 속성들을 종합해 보면 표 2와 같이 정리할 수 있다.

표 2. 전투효과에 대한 인적요소 및 세부속성
Table 2. Human Factors/Attributes on Combat Effectiveness

인적요소	지 위	전 문 성	팀 워 크
세부속성	계 급 학 위	전문지식 장비운용	지휘부 지휘통제력 전체 팀원의 군 경력 팀워크 훈련 실적 지휘부의 현 팀 경력

본 논문에서는 추상적인 개념의 인적요소를 구체적 의미의 인적속성으로 세분화 하였다. 따라서 제안된 전투효과 평가 알고리즘에 적용하기 위해 측정되어야 하는 인적요소 값은 실질적으로 인적속성 값이 된다.

3. 인적요소의 영향력 산출

전투효과에 대한 인적요소의 영향력을 산출하기 위해서는 전투결과와 인적요소들의 수준을 변수 값으로 변환하고, 이들 간의 연관관계를 분석해야 한다. 본 논문에서는 C4I체계 기반의 실전 전투 모델을 통해, 실제 전투원으로 구성된 각 팀별 전투결과 값과 표 2에서 선정된 인적요소의 세부속성 값을 측정한다. 또한 회귀분석을 통해 최종 전투결과에 대한 인과관계를 규명함으로써 인적요소의 영향력을 산출한다.

회귀분석은 일종의 데이터마이닝과 같이 특정 사회현상에 대한 숨겨진 원인을 통계학적 기법으로 밝혀내고, 결과에 대한 상관관계 및 설명력(영향력)을 구체적 수치로 산출한다. 즉 독립변수³⁾(x)에 의하여 생기는 종속변수⁴⁾(y)의 변화에 주목하는 것으로, 변수들의 분포도에서 가장오차가 적은 회귀선(최소 자승선)과 그 직선의 회귀방정식을 구함으로써 인과관계를 예측한다[16]. 회귀방정식의 일반적인 모형은 수식 (7)과 같다.

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} \dots\dots\dots (7)$$

(Y: 종속변수, X: 독립변수, α: 회귀계수 - y절편, β: 회귀계수 - 기울기)

회귀분석은 다양한 소프트웨어 도구를 통해 구현이 가능하지만, 특히 본 논문에서는 인문/사회과학의 다양한 분야에서 조사와 통계의 목적으로 활용되는 SPSS를 이용하였다.

IV. 실험 및 평가

본 장에서는 군 조직 내 전투요원 및 전투훈련 결과를 바탕으로, 전투효과에 대한 인적요소의 영향력을 산출하고, 이를 전투효과 평가 알고리즘에 반영 및 분석/평가한다. 특히 실제 전투원과 전투훈련 모델을 통해 나타난 결과자료를 사용하며, 회귀분석이라는 통계학적 분석기법을 통해 전투효과에 대한 인적요소의 영향력을 보다 객관적으로 산출한다는 점에서 중요한 의미를 가진다.

1. 데이터 셋(Data Set)

실전성을 고려한 데이터 셋 확보를 위해, 현 전쟁 수행 패러다임인 NCW와 C4I체계 기반의 전투 모델을 선정하였다. 이는 해군의 팀 단위 종합전술훈련 모델인 KASTT(Korea Action Speed Tactics Training)로서, 컴퓨터에 의해 실제 장비 및 무

- 2) 인과관계에 있어서 원인이 되거나 영향을 주는 설명변수
- 3) 결과 또는 독립변수에 의해 영향을 받는 반응변수

장 성능을 동일하게 모사하는 등 실전적 전장 환경을 제공한다. 따라서 훈련요원들은 실전과 같이 상황집수, 탐색, 정보 분석, 지휘결심, 보고, 행동 등을 실시함으로써 전투수행능력을 평가받는다. 그림 6은 KASTT 실제 콘솔 화면의 일부를 나타낸 것으로 모든 훈련과정 및 결과에 대한 데이터가 저장되고, 각 분야별 전문가(훈련 관찰관)들이 훈련 진행상황을 직접 관찰하며, 저장된 결과 데이터를 바탕으로 객관적인 평가를 한다.



그림 6. KASTT 콘솔 화면
Fig 6. KASTT Console Screen

본 논문에서는 현재 해군작전에서 최전방 주력함으로 활용되고 있는 00함대 소속의 4개 유형 전투함정 19척(구축함 1척, 호위함 1척, 초계함 8척, 고속정 9척)과 해당 전투요원 442명(장교 94, 부사관 256명, 병 92명)을 대상으로 '09년도(3.30 ~ 6.19)에 실시된 훈련 결과자료를 데이터 셋으로 활용하였다.

2. 팀 별 인적 세부속성 및 전투결과 값 측정

각 전투함정 별로 KASTT 전투 모델을 통해 평가된 훈련 결과점수는 해당 팀의 최종 전투결과로 볼 수 있다. 또한 선정된 인적속성들에 대해 변수 값을 지정하기 위해 각 팀별 평가 대조표의 세부 평가내용 중 해당항목과 전투원 개인 프로파일을 조사하여, 각 팀별 인적속성 값의 평균점수를 산출하였다. 표 3은 각 인적속성 별 변수 값을 지정하는 방법을 나타낸 것이다.

표 3. 인적속성에 대한 변수 지정 방법
Table 3. Variable Designation Method on Human Attribute

인적요소속성	변수 지정 방법
지위	계급: 계급 수준 증가 값(이병 1, 일병 2,...)
	학위: 학위 수준 증가 값(고졸 1, 학사 2,...)
전문성	전문지식: 사전 전문숙지도 이론 필기평가 점수
	장비운용: 평가 대조표 상 장비운용 분야 평가 점수
팀워크	지휘통제: 평가 대조표 상 지휘통제 분야 평가 점수
	전체 팀 경력: 각 신분 별 군 근무경력 점수
	훈련실적: 사전 준비훈련(비평가) 실적
현 팀 경력	지휘부의 현재 팀 근무 기간

각 인적속성 별 지정된 변수, 즉 독립변수는 같은 속성 항목 내에서는 단위가 통일되어야 한다. 또한 각 독립변수의 증가에 따라 종속변수의 변화 정도를 정형적으로 나타낼 수 있으면 된다. 예를 들어 계급이 높아질수록, 전투효과가 증가, 감소, 또는 아무런 영향이 없는가를 통계적으로 밝혀내는 것으로, 특정계급 자체의 중요도에 따라 가중치를 부여하는 개념은 아니다.

따라서 총 19개 팀이 최종적으로 획득한 KASTT 전투훈련 결과점수와, 표 3을 기준으로 측정된 인적속성 값의 팀 별 평균점수를 표 4와 같이 도출하였다. 여기서 전투결과 점수는 종속변수, 각 인적속성 값의 팀 별 평균점수는 독립변수에 해당되는 것으로, 이는 SPSS 회귀분석을 위한 기본 데이터가 된다.

표 4. 팀 별 인적 세부속성 및 전투결과 값
Table 4. Human Attribute/Combat Result Value by team

합정 (팀)	지위		전문성		팀 위크				전투 결과
	계급	학위	전문 지식	장비 운용	지휘 통제	전체 팀 경력	훈련 실적	현팀 경력	
1	47.1	56.7	86.4	96.3	91.6	63.7	120	75.6	90.8
2	44.6	54.4	78.6	89.3	87.6	50.8	100	56.7	87.2
3	44.9	57.1	80.2	88	85.4	49.3	138	80	88.3
4	42.3	56.1	71.8	89.3	87.2	50.3	138	74.3	87.4
5	42.9	51.5	81.3	88	85.6	47.4	125	28.8	84.9
6	46.7	51.2	80.2	82.8	86.6	44.4	87.5	62.9	86
7	42.6	54.2	80.1	91.5	87.6	44.3	113	68.6	86.2
8	42.2	58.1	84.8	97.8	90.4	49.2	175	58.6	90
9	46.4	57.8	83.6	93.7	89.7	48.4	150	60	89.7
10	42.9	54.4	82.9	94.2	87.6	46.1	150	54.3	86.2
11	37	57.6	85.9	98.4	96.8	49.7	150	70	88.8
12	38.6	46.7	97	86.8	94.7	49.3	117	70	87.9
13	40.7	53.3	96	95.2	97	55.6	133	70	89.6
14	37.9	50	86	90.8	96	47.2	150	75	88.8
15	39	48.5	90.9	96.4	96.8	55.1	133	75	89.5
16	38.6	53.3	92.5	91.2	96	49.3	133	85	89.1
17	40.7	53.3	97	90.4	88.7	55.6	167	70	89
18	35.7	45.5	91	86.8	94.8	46.8	117	45	87.5
19	36.3	52.8	97	92	88.7	52.8	133	75	89.8

3. 전투효과에 대한 인적요소의 영향력 산출

표 4에서와 같이 주어진 인적속성 값(독립변수)의 변화가 최종 전투결과 점수(종속변수)의 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 통계학적으로 판단하기 위해 회귀분석을 실시하였다. 그림 7은 단순선형 회귀분석(Simple Linear Regression)에 따라 각 독립변수 별 변화에 따른 종속변수의 분포도와 및 그 경향을 나타내는 회귀직선의 모습이다.

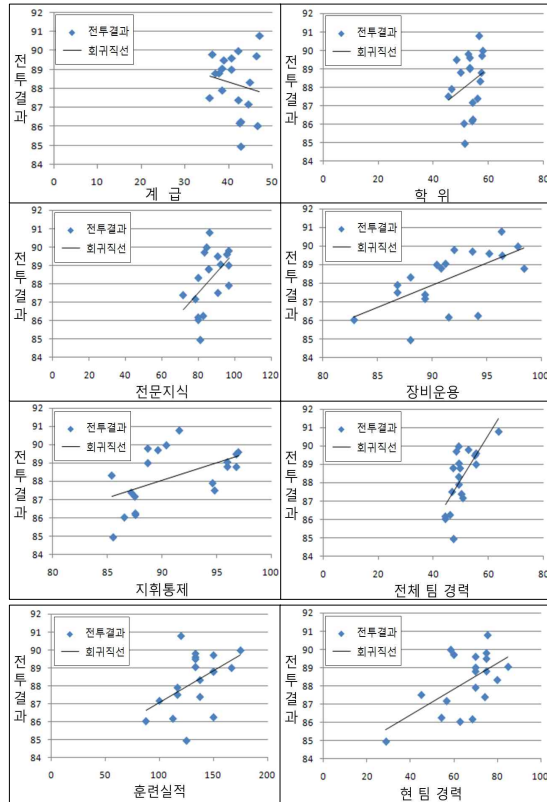


그림 7. 각 속성 값에 따른 산포도 및 회귀직선
Fig 7. The Scatter & Regression Line by Attribute

그림 7에서 각 독립변수들의 증가에 따라 종속변수들의 변화 경향을 알 수 있다. 그러나 모든 독립변수들이 종속변수와 인과관계를 갖는 것은 아니다. 즉, 유의성 검증을 통해 신뢰성을 판명한다. 그 결과 표 5와 같이 '계급'과 '학위'라는 인적속성 값은 95% 이상의 신뢰도(유의수준 $p < 0.05$)를 기준으로, 전투결과점수와 아무런 인과관계가 없는 단순선형 회귀분석 결과를 도출하였다(계급: $p > 0.5$, 학위: $p > 0.2$).

표 5. 단순선형 회귀분석 결과
Table 5. Simple Linear Regression Result

인적요소	지위		전문성		팀 위크			
	계급	학위	전문 지식	장비 운용	지휘 통제	전체 팀 경력	훈련 실적	현 팀 경력
영향력 (설명력)	0% (무의미)		25.2%	38.9%	26.5%	48.6%	22.6%	34.6%

'계급'과 '학위'를 제외한 모든 속성들이 전투효과에 영향을 주고 있다고 판단할 수 있지만($p < 0.05$), 단순선형 회귀분석에서 나타난 영향력 수치 자체는 큰 의미가 없다. 즉, 각 속성 별 비교우위에 대한 상대적 판단이 불가능한 것이 단순선형

회귀분석의 단점이다. 따라서 중다선형 회귀분석(Multiple Linear Regression)을 통해 독립변수 간의 상호작용 및 허위적 관계를 살펴보고, 영향력 정도를 복합적으로 판단해야 한다. 표 6은 중다선형 회귀분석의 결과로, 유의성 검증 결과 3가지 모형만이 유의한 것으로 채택되었다($p < 0.03$).

표 6. 중다선형 회귀분석 결과
Table 6. Multiple Linear Regression Result

모형	채택된 인적속성 값	영향력
1	전체 팀 경력	45.6%
2	전체 팀 경력 + 훈련실적	58.3%
3	전체 팀 경력 + 훈련실적 + 현 팀 경력	67.9%
전체 팀 경력 45.6%, 훈련실적 12.7%, 현 팀 경력 9.6%		

표 6을 통해 3개의 속성(전체 팀원들의 군 경력, 팀워크 훈련 실적, 지휘부의 현 팀 근무경력)만이 전투결과에 영향력을 행사함을 확인할 수 있다. 즉, 모든 독립변수들을 동일한 단위(조건)에서 상대적 영향력 정도를 비교했을 때, 채택된 3개 속성 이외의 속성들은 무시할 수 있을 만큼 영향력이 작거나, 또는 채택된 3개 속성의 영향력 내부로 포함되었다는 것을 의미한다. 이 경우에는 입력된 각 속성 값들의 단위 차이는 크지 않으며, 중다선형 회귀분석 결과에서 제외된 속성인 '전문지식', '장비운용', '지휘부의 지휘통제력'은 교육훈련 및 오랜 경력에 따른 숙련과 상관관계가 매우 높다. 따라서 채택된 3개의 속성이 나머지 속성의 의미를 포함한다고 할 수 있다.

결국 '팀워크'라는 인적요소는 전투원의 '전문성'을 내포하면서, 전체 전투효과에 대해 총 67.9%의 영향력을 행사한다. 이는 훌륭한 팀을 구성하고 유지하기 위해서 무엇보다 전투원들의 '팀워크'가 중요하며, 그 중에서도 '전체 팀원들의 군 경력', '팀워크 훈련 실적', 그리고 '지휘부의 현 팀 근무경력'의 중요도 순으로 인적자원을 관리해야 함을 의미한다. 나머지 32.1%의 경우는 아직까지 식별하거나 밝혀내지 못한 인적요소 및 속성들의 영향력이라고 할 수 있다.

4. 전투효과 평가 알고리즘 적용 및 평가

표 6의 중다선형 회귀분석 결과로부터 전투효과에 영향을 미치는 인적속성은 총 3개가 채택되었으며, 전투효과에 대해 '전체 팀원들의 군 경력'은 45.6%, '사전 훈련 실적'은 12.7%, 그리고 '지휘부의 현 팀 근무경력'은 9.6%의 영향력(설명력)을 가진다는 것을 알 수 있다. 또한 나머지 32.1%의 경우는 아직 밝혀내지 못한 인적요소들의 영향력으로 간주할 수 있다.

이 결과를 제안하고자 하는 전투효과 평가 알고리즘인 수

식 (6)에 적용시, 수식 (8)과 같이 표현할 수 있다.

$$FP_{tech,human} = \frac{N_{NP_{max}} \cdot V_{Accuracy}}{T_{Ctime}} (0.456A_1 + 0.127A_2 + 0.096A_3 + 0.321A_4) \dots \dots \dots (8)$$

(A_1 : 전체 팀원들의 군 경력 값, A_2 : 사전훈련 실적 값, A_3 : 지휘부의 현 팀 근무경력 값, A_4 : 미식별 요소 값)

이렇게 적용된 알고리즘을 JFOS-K^④ 구축에 따른 전투력 상승효과를 측정할 평가 실험 결과[14]에 적용함으로써, 기존 알고리즘과 어떠한 차이가 있는지 분석하였다. 그 결과 그림 9와 같이 전투효과에 대한 인간차원의 영향력에 따른 각 알고리즘 별 전투력 상승효과 평가 값 변화를 나타내는 그래프를 도출하였다.

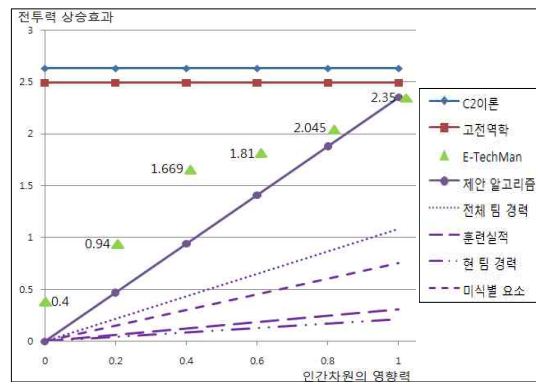


그림 9. 알고리즘 별 전투력 상승효과 평가 결과
Fig 9. The Result of Combat Enhancement by algorithm

그림 9의 그래프에서 기존의 C2이론 및 고전역학을 이용한 방법은 인간차원의 영향력 변화와 무관하게 일정 크기의 전투력 상승효과가 나타났다. E-TechMan 알고리즘은 사전에 평가자 임의로 정의한 협업수준(0~5단계)에 따라 6개의 결과만 도출됨으로써 객관성 및 신뢰성이 떨어진다. 또한 동일한 체계를 사용하는 여러 조직(팀)에 대해 전투력 상승효과 평가시, 결과 값의 중복으로 평가 변별력이 떨어질 가능성이 크다.

그러나 본 논문에서 제안한 알고리즘은 인적요소의 영향력이 증가할수록 전투효과 또한 일정하게 증가하는 일차 방정식의 연속적인 선형 그래프로 나타난다. 이는 전체 팀 경력, 훈련 실적, 현 팀 경력, 미식별 요소 각각의 영향력에 따른 전투효과 그래프들을 모두 포함함으로써, 인간차원의 영향력 변화를 100% 반영한다고 할 수 있다. 또한 인간차원의 영향력 지수가

4) Joint Fire Operating System - Korea : 함참 중심의 대화력전 수행 체계로서 진구차원의 중심작전 및 대화력전시 독자적인 임무수행과 실시간 탐지-결심-타격체계 구현이 가능함.

0일 때, 전투력 상승효과는 없으며, 인간차원에서 전투원 본인의 역할과 역량을 100% 발휘하는 1의 값을 가질 때, 전투력 상승효과는 최대가 되는 평가결과를 확인할 수 있다. 미식별 인적요소의 영향력에 대한 오차는 존재하지만, 기존의 알고리즘과 비교했을 때, 제안된 알고리즘이 보다 현실에 부합한다고 할 수 있다. 특히 미식별 인적요소에 대한 지속적 연구를 통해 알고리즘의 정확성과 신뢰성은 보다 향상될 수 있을 것이다.

V. 결 론

정보기술(Information Technology) 발전에 따른 정보화 시대의 도래는 부의 창출 방법, 권력(힘)의 배분 등 우리사회의 많은 영역에서 변화를 가져왔다. 특히 NCW를 통한 군사혁신은 세계적인 추세가 되었다. 하지만 이러한 변화는 결국 인간이 가진 지식과 역량이 주도하는 것으로 인간차원의 요소를 배제하고서는 그 효과를 기대할 수 없다.

본 연구에서는 기존의 기술적 차원의 전투효과 측정방법에서 고려하지 않았던 인간차원의 영향 요소들을 식별하고, 그 영향력을 회귀분석을 통해 산출함으로써, 인적요소의 영향력이 반영된 전투효과 평가 알고리즘을 제안하였다. 이는 보다 현실에 부합한 전투력 평가방법이라는 점에서 가치가 있다. 또한 '전투'라는 임무수행에 있어서 '지위'나 '전문성'이 아닌, '팀워크'라는 인간 상호간 협업적 요소가 무엇보다 큰 영향력을 가진다는 사실을 실제 전투 모델과 회귀분석이라는 통계적 기법을 통해 증명하였다. 향후 다양한 체계 및 많은 데이터 셋으로 밝혀지지 않은 32.1%의 인적요소를 식별한다면, 보다 객관적이고 신뢰할 수 있는 전투효과 평가가 가능할 것이다.

본 연구의 결과는 군을 포함한 조직사회의 일반적인 임무 효과 및 업무성과에 대한 평가, 또는 효과중심의 교육훈련, 인재양성, 조직 내 인사관리 방안 등 인적요소와 연관된 현실적 연구에 응용 및 적용될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Choi J.S. et al., "A Study on Development Strategy of C4I System coincide with Future Military Action Environment," Korea Institute for Defense Analysis, pp. 17, 2007.
 [2] Paul W. Hister, Jr Igor G. Horisch, "Information and Knowledge Centric Warfare : The Next Steps in the Evolution of Warfare," CCRTS, 188, San Diego, USA, 2004.

[3] Kwon T.Y. et al., "A Study on Aspect of Future Combat," Korea Research Institute for Strategy, pp. 75, 2004.
 [4] Alberts David S., et al., "Understanding Information Age Warfare," CCRP, pp. 142-143, 2001.
 [5] Alberts David S., John Garstka J., and Hayes Richard E., "Network Centric Warfare : Developing and Leveraging Information Superiority," CCRP, 2nd Edition, 2002.
 [6] A. K. Cebrowski, "The Implementation of Network Centric Warfare," Department of Defense Office of Freedom of Information and Security Review, 05-S-0235, <http://www.ofi.osd.mil>.
 [7] John Holt, "NEC social and organizational factors," HVR Consulting Services Ltd, 2003.
 [8] Perla P., Markowits M., Nofi A., Weuve C., Loughran J., and Stahl M., "Gaming and Shared Situation Awareness," Center for Naval Analysis, November, 2000.
 [9] Loughran J., Stahl M., and Perla P., "Key Drivers for C2 Performance : Data Mining SCUDHunt Experiment Data," ThoughtLink Inc, November, 2001.
 [10] Anthony H. Dekker, "Revisiting SCUDHunt and the Human Dimension of NCW : Some Thoughts," 11th ICCRTS, I-029, Cambridge, UK, September 2006.
 [11] Schutzer D. M., "Selected Analytical Concepts in Command and Control, C2 Theory and Measures of Effectiveness," Gordon & Breach Science Publisher, 1982.
 [12] Han H. et al., "A Study on the Concept of Information Warfare," Korea Institute for Defense Analysis, pp. 41, 1997
 [13] Lee Y. B. et al., "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, 2009.
 [14] Whan-Sik Jung, Gun-Woo Park, Jae-Yeong Lee, Sang-Hoon Lee, "A Combat Effectiveness Evaluation Algorithm Considering Technical and Human Factors in C4I System," Korea Intelligent Information Systems Society, Vol.16, No.2, pp. 55-72, 2010.
 [15] Kwon OS, Park GW, Lee S.H., "Computation of Social Relationship Value based on Influence over Human Attribute per Topics," 33rd Conference of Korea Information Processing Society, pp. 884-887, 2010.
 [16] Kwon S.H., "Statistics Software SAS. SPSS Utilization-Centric Regression Analysis," Free Acamemy, pp. 9-55, 2008.

저자 소개



권오상

2002 : 해군사관학교 전기공학과 학사
2009-현재 : 국방대학교 국방정보체계학과 석사과정
관심분야 : 정보검색, 소셜 네트워크, 엔터프라이즈 아키텍처, 정보보호
email : gentle_sea@naver.com



박건우

1997 : 충남대학교 컴퓨터과학과 학사
2007 : 연세대학교 컴퓨터과학과 석사
2008-현재 : 국방대학교 국방정보체계학과 박사과정
관심분야 : 정보검색, 소셜 네트워크, 네트워크 보안, 데이터마이닝, 인공지능
email : pgw4050@emerald.yonsei.ac.kr



이상훈

1989 : 연세대학교 전산학과 석사
1997 : 일본 교토대학교 정보공학 박사
2000-현재 : 국방대학교 국방정보체계학과 교수
관심분야 : 정보검색, 데이터베이스, 미디어 융합
email : hoony@kndu.ac.kr