

지상작전수립을 위한 Fuzzy-AHP 기반의 의사결정 모델 연구

이영균¹ · 김기양² · 나홍범¹ · 박진우^{3*}

A Fuzzy AHP based Decision making Model for ground operations

Youngkyun Lee · Kiang Kim · Hongbum Na · Jinwoo Park

ABSTRACT

The ROK army has equipped ATCIS (Army Tactical Control Information System) for the Corps echelon to visualize the battlefield and reduce the reaction time. Due to the information&surveillance equipment, uncertainty and variance of the battlefield have been decreased. However decision making for the ground operations has not changed as it depends on knowledge of the commander and staffs. The War game process to select and assess the best CoA (Course of Action) also depends on the pros and cons due to the limitation of time and capability. For the balanced development between intangible and tangible military strength, a new decision making process which is quantitative and useful for the military is needed. In this study, we suggest a Fuzzy-AHP based decision making model to improve troop leading procedure which is useful to evaluate and reflect intangible characteristics of the battlefield.

Key words : Fuzzy, AHP, Military decision making process

요 약

육군은 군단급 이하 제대에 육군전술지휘정보체계 ATCIS(Army Tactical Control Information System, 이하 ATCIS)를 구축하여 전장을 가시화하고 반응 시간의 단축을 이루고 있다. 이러한 ATCIS 및 정보·감시장비의 도입으로 전장(Battlefield)의 불확실성과 가변성이 점점 줄어들고 있음에도, 지상작전을 위한 의사결정의 방법은 지휘관 및 주무 참모의 전술적 관점이나 과거 자료 및 경험에 기초한 정성적인 방법이 널리 적용되고 있다. 또한, 방책(Course of Action)을 선정하고 분석하기 위한 워게임(War game)과정에서도 가용 시간 및 능력의 제한 등으로 피·아의 강약점 분석에 의존하고 있는 실정이다. 이에 새로운 장비도입에 따른 유·무형 전력의 균형적인 발전의 측면에서 보다 과학적이고 정량적인 의사결정방법의 필요성이 제기되고 있으며, 야전부대에서 보다 빠르고 쉽게 적용할 수 있는 방법이 요구되고 있다. 본 연구에서는 지상작전을 위한 의사결정과정인 부대지휘절차간 전장정보분석(Intelligence Preparation of the Battlefield; IPB)을 위한 지휘관 및 참모들의 상황평가에서 전장의 불확실성으로 인해 발생하는 모호한 평가 및 분석을 정량적으로 반영하고 보다 실증적인 의사결정을 위해 Fuzzy AHP 기법을 적용한 지상작전 의사결정방법을 제안하고자 한다.

주요어 : Fuzzy, AHP, 군 의사결정과정

1. 서 론

지상전에서 작전수립을 위한 의사결정과정은 작전 환

경 및 개념의 변화에 따라 많은 수정과 발전을 거쳐 지금의 부대지휘절차에 이르게 되었다. 부대지휘절차는 연합합동교리를 바탕으로 하여 제대별 수준과 능력에 따라 세부절차를 발전시킬 수 있도록 하고 있다.

우리 군은 국방개혁 2020에 의해 정보·지식 중심의 첨단 정보과학군을 지향하여 기존 노후장비의 교체, 첨단장비의 도입 등 장차전 양상에 대비해 전력을 가속화하고 있다. 이러한 유형 전력의 확충으로 전장의 불확실성 및 위협성이 감소함에 맞춰 지상작전을 위한 새로운 과학적인 의사결정기법의 적용으로 유·무형 전력의 균형적인

2008년 11월 10일 접수, 2008년 12월 17일 채택

¹⁾ 서울대학교 산업공학과

²⁾ 육군 76사단

³⁾ 서울대학교 산업공학과, 자동화 시스템 공동연구소 (ASRI)

주 저 자 : 이영균

교신저자 : 박진우

E-mail; autofact@snu.ac.kr

발전 및 작전 효율성을 이룰 수 있을 것이다.

부대지휘절차는 크게 계획수립, 작전준비, 작전실시 단계를 거치게 되며 이 중 의사결정과정과 밀접하게 관련된 부분이 계획수립 단계이다. 계획수립 단계는 피아상황을 판단하여 그에 따른 정책을 설정하고 지휘관 및 참모의 의사결정과정을 통하여 최선의 정책을 선정하는 과정이다. 정책의 수립 및 평가, 선정에 있어 부대 및 작전특성의 여러 요소를 고려하며 최선의 정책은 참모의 건의를 바탕으로 하여 지휘관이 최종적으로 결정하게 된다.

이러한 부대지휘절차의 연구는 지속적인 개선이 이루어져 최근 ATCIS를 적용한 새로운 부대지휘절차를 제시하였으나, ATCIS는 의사결정을 지원하는 분석기능을 갖추지 않으며, 야전부대에서는 상황판단 및 결심 등에 분석용 모델을 이용한 정량적인 분석보다는 직관적이고 정성적인 업무판단에 대부분 의존하고 있으며 이러한 경험과 직관에 의한 정책 분석 및 비교가 보편적이고 타당한 것으로 인식되고 있다¹⁾.

본 연구에서는 지상작전수립을 위한 의사결정과정인 부대지휘절차간 계획수립단계의 정책비교 및 선정과정에서 정량화된 의사결정을 위하여 정량적이고 체계화된 대안 비교방법인 AHP 방법과 전장의 불확실성을 반영하기 위한 Fuzzy 이론을 적용한 Fuzzy-AHP 방법을 제안하고자 한다.

2. 관련 연구

군 의사결정과정에 대한 연구는 군내·외로 구분하여 군 내부에서는 주로 교리적인 측면에서 행정적인 규격화 및 적용방법의 구체화 등에 중점을 두고 이루어지고 있으며, 군 외부에서는 M&S를 통한 의사결정지원시스템(DSS; Decision Support System)의 시스템 아키텍처 설계중심으로 이루어지고 있다.

2.1 AHP (Analytic Hierarchy Process)

AHP 기법은 Satty에 의해 개발된 의사결정 모형으로 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교(pairwise comparison)에 의한 판단을 통하여, 여러 개의 대안을 가진 문제에 대한 의사결정 수단으로, 유무형의 기준(tangible and intangible criteria)과 대안에 관한 정보를 체계적으로 결합시킨 의사결정 기법이다⁹⁾.

2.2 Fuzzy theory

퍼지이론은 현상의 불확실한 상태를 표현해 주는 방법

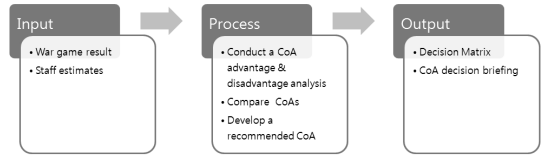


그림 1. 정책 비교과정

으로서 1965년 Zadeh 교수에 의해 처음 소개되었다. 퍼지이론은 애매하게 표현된 자료를 유용한 자료로 만들기 위하여, 퍼지집합(fuzzy set), 퍼지논리(fuzzy logic), 퍼지숫자(fuzzy number) 등의 개념을 포함하고 있다⁴⁾.

2.3 부대지휘절차

부대지휘절차는 지휘관과 참모가 부여된 임무를 효과적으로 수행하기 위하여 계획수립, 작전준비 및 작전실시에 적용하는 일련의 논리적이고 체계적인 과정으로 적용하는 목적은 부여된 임무를 준비하고 수행하는 동안 시간, 인원, 장비, 물자 등 제 요소를 통합하여 가장 효과적으로 운용함으로써 임무를 완수하는데 있다.

이러한 부대지휘절차 중 가장 핵심적인 부분이 계획수립 단계이며 계획수립은 임무를 수행하기 위하여 전반적인 상황을 평가한 다음 작전을 구상하여 전장을 가시화하고 정책을 발전시켜 계획(명령)을 완성하는 과정으로서 임무를 수령함과 동시에 시작된다³⁾.

이 중 정책(Course of Action; CoA)이란 부여된 임무를 완수하기 위해 채택할 수 있는 실행 가능한 방안으로서 정책수립시에는 지휘관의 계획지침과 참모판단 결과, 아군상황 등 가용한 모든 자료를 활용하여 피아의 상대적 전투력을 분석한 후 브레인스토밍 등을 통해 개략안을 창출한다. 이렇게 수립된 정책은 적 우선정책과 각각의 아정책을 상호 대비시켜 위게임 등의 방법을 통해 분석하며, 아정책이 가지는 강·약점을 평가하여 이를 정책비교시 활용한다. 정책비교 과정은 도시화하면 그림 1과 같다⁸⁾.

이 때 정책평가시 적용할 수 있는 평가요소는 작전 성격 및 특성에 따라 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 일반적으로 지휘관 및 참모에게 판단의 기준으로 널리 사용되는 METT+TC 요소를 설정하여 구성하였다.

이렇게 평가된 정책들을 상호 비교하여 최선의 정책을 선정하고 계획을 완성하는 것으로 계획수립단계가 구성된다.

2.4 METT+TC

METT+TC는 지휘관 및 참모가 전투를 계획, 준비, 실

표 1. METT+TC 구성요소

구분	내용
mission(임무)	상급지휘관 의도 및 부여받은 과업
enemy(적상황)	적 배치, 구성, 능력 등
terrain and weather (지형 및 기상)	작전지역의 지형 및 기상 현황
troops and support available (가용부대)	편제부대와 배속지원부대 및 작전통제부대
time available (가용시간)	명령상에 명시된 작전개시 및 작전완료 요망시간
civil considerations (민간요소)	작전지역내 민간인 성향/태도, 피난민 등이 작전에 미치는 영향 등

시하는 과정에서 판단의 기준이 되는 필수요소로서 부대 지휘절차를 적용하는 과정에서 구체적으로 고려된다.

불확실하고 유동적인 전투상황에서 전술의 원리, 원칙, 방법 및 절차 등을 창의적이고 융통성 있게 적용하기 위해서는 항상 METT+TC 요소를 효과적으로 고려함으로써 현 상황에 가장 적합한 계획을 수립할 수 있으며, 준비 및 실시과정에서도 현실에 맞는 판단과 대응, 결심을 할 수 있다.

METT+TC 요소는 지휘관 및 참모에게 모든 판단의 기준을 제공하며 각 내용은 아래 표 1과 같다³⁾.

3. 지상작전 적용 방법론

미 야전교범에 의하면 지휘관의 의사결정 프로세스는 그림 2와 같은 과정을 거치게 되며 연합교리에 기초한 부대지휘절차도 이와 유사한 과정을 거치게 된다.

이 중 가장 핵심적인 부분인 방책의 비교 선정의 정량적인 분석방법을 제시하기 위해 본 연구에서는 그림 3과 같은 순서를 구성하였다.

먼저 부대지휘절차의 과정에서 작전목적을 달성하기 위한 여러 가지의 방책을 수립한 후 최선의 방책을 선정하기 위해 각 방책에 대해 METT+TC의 요소에 세부항목을 구성하여 그림 4와 같이 계층화한다.

이 때 METT+TC의 세부항목은 부대 및 작전의 특성에 따라 차이가 있을 수 있으므로 세부항목은 방책수립이전 지휘관이 계획지침 단계에 구체적 대상을 설정하여 하달한다.

각각의 세부항목에 대해서는 지휘관 및 참모로 구성된 지휘소구성원들이 전장정보분석 등 ATCIS(Army Tactical



그림 2. 군 의사결정과정

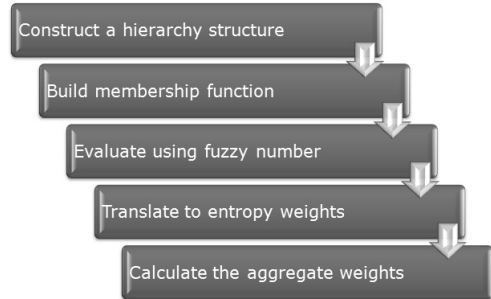


그림 3. Fuzzy-AHP 적용과정

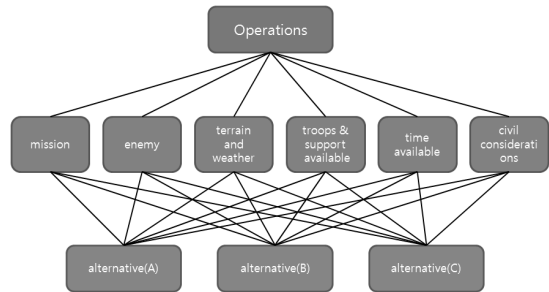


그림 4. 방책의 계층화 모형

Control Information System)에 탑재된 최신화된 자료를 활용하여 평가값을 부여하되, 이때의 평가값은 전장의 불확실성과 가변성으로 인해 정확한 수치를 적용하기 어려우므로 군사작전에 사용되는 언어적 표현을 변수로 나타내어지며 비교적 쉽게 널리 사용되는 9점 척도에 대한 삼각 퍼지숫자 소속도 함수를 사용한다.

- (1) 매우양호 : 상황평가에 의한 예측/대응결과가 아측에 매우 유리(퍼지값=9)
- (2) 양호 : 상황평가에 의한 예측/대응결과가 아측에 유리(퍼지값=7)
- (3) 보통 : 상황평가에 의한 예측/대응결과가 피·아측에 동일(퍼지값=5)
- (4) 제한 : 상황평가에 의한 예측/대응결과가 아측에 불리(퍼지값=3)
- (5) 매우제한 : 상황평가에 의한 예측/대응결과가 아측에 매우 불리(퍼지값=1)

삼각퍼지숫자 \tilde{A} 를 $\tilde{A}=(a_1, a_2, a_3)$ 라고 정의하면 각 숫자들의 소속함수는 아래와 같이 정의될 수 있다.

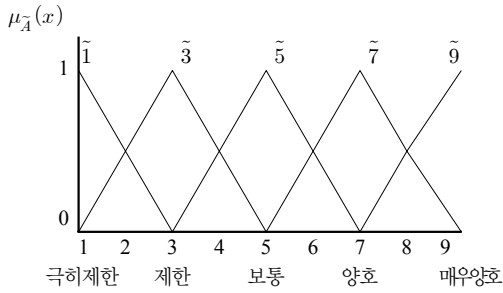


그림 5. 소속도 함수

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases}$$

평가의 신뢰성을 높이기 위해 일정 가능성 이상 포함된 원소들로 구성할 수 있으며 이 때, 신뢰구간의 유의수준 α 에 의해 아래와 같이 특정 지을 수 있다.

$$\begin{aligned} \forall \alpha \in [0, 1], \\ \tilde{A}_\alpha &= [a_1^\alpha, a_3^\alpha] \\ &= [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, -(a_3 - a_2)\alpha + a_3] \end{aligned}$$

퍼지 수의 \tilde{A} 와 \tilde{B} 에 대한 연산은 신뢰구간에 의해 다음과 같이 표현하여 사용되어 진다.

$$\begin{aligned} \forall a_L, a_R, b_L, b_R \in \bar{R}, \\ \tilde{A}_\alpha &= [a_L^\alpha, a_R^\alpha], \tilde{B}_\alpha = [b_L^\alpha, b_R^\alpha], \alpha \in [0, 1] \\ \tilde{A}_\alpha \oplus \tilde{B}_\alpha &= [a_L^\alpha + b_L^\alpha, a_R^\alpha + b_R^\alpha] \\ \tilde{A}_\alpha \ominus \tilde{B}_\alpha &= [a_L^\alpha - b_L^\alpha, a_R^\alpha - b_R^\alpha] \\ \tilde{A}_\alpha \otimes \tilde{B}_\alpha &= [a_L^\alpha \times b_L^\alpha, a_R^\alpha \times b_R^\alpha] \\ \tilde{A}_\alpha \oslash \tilde{B}_\alpha &= [a_L^\alpha / b_R^\alpha, a_R^\alpha / b_L^\alpha] \end{aligned}$$

퍼지수로 표현된 값의 비교를 위해 디퍼지화하여 표현하면 삼각퍼지숫자의 값을 선형으로 표현 가능하며 이를 의사결정자의 최적화값 λ 에 의해 아래와 같이 표현할 수 있다^[4,11].

$$\hat{a}_{ij} = \lambda a_{ij}^\alpha + (1 - \lambda) a_{ji}^\alpha$$

각각의 요소별 퍼지논리에 의해 퍼지함으로 구성된 의사 결정 행렬은 문제에 대한 정보를 포함하고 있기 때문에 가중치를 구하는 데 평가 기준의 도구로 엔트로피를 사용할 수 있다.

열역학에서 최초 사용된 Shannon entropy는 확률이론에서 정보 형성의 불확실성에 대한 척도로 사용되어지며 아래와 같이 표현되며. 이때 p_i 는 이산 확률분포(discrete probability distribution)로 나타내어진다^[2].

$$H(X) = -K \sum_{i=1}^n p(x_i) \log p(x_i)$$

이때의 K는 양의 상수이며, 특정한 정보가 전혀 없다면 모든 p_i 가 동일한 값을 갖기 때문에 $p_i = 1/n$ 이 되어 엔트로피 값은 최대가 된다.

의사결정행렬에서 대안 A_i 의 속성 C_j 에 대한 평가치 x_{ij} 는 각각 특성에 대한 다양한 정보를 포함할 수 있기 때문에 C_j 에 대한 평가치의 정보량은 엔트로피 척도로 측정할 수 있을 것이다. 그러나 이들은 서로 다른 평가치의 구간을 가질 수 있기 때문에 일정구간을 가지는 정규화값 P_{ij} 로 변화시켜야 할 것이다.

m개의 대안과 n개의 속성 $i(i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n)$ 을 갖는 의사결정행렬 $D = [x_{ij}]$ 가 주어졌을 때, A_i 의 속성 C_j 에 대한 P_{ij} 는 아래와 같이 정의될 수 있다.

$$P_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^m x_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

A_i 의 속성 C_j 를 고려한 엔트로피는 아래와 같이 정의된다.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^m P_{ij} \log P_{ij} \\ i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

상수 K는 $1/\log m$ 이며, 엔트로피 E_j 는 $0 \leq E_j \leq 1$ 을 만족시킨다. 속성 C_j 에서 평가에 의해 제공되는 정보에 대한 다양함의 정도(degree of diversification) d_j 는 아래와 같이 정의된다.

$$d_j = 1 - E_j, j = 1, 2, \dots, n$$

다양함의 정도 d_j 로부터 구해지는 정규화된 가중치 w_j 와 속성에 대한 가중치 s_j 에 의하여 속성별 가중치 W_j 는 아래와 같이 정의된다.

$$W_j = s_j w_j / \sum_{j=1}^n s_j w_j, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

최종적으로 선호되는 대안은 P_{ij} 와 W_j 에 대한 곱의 합 (S_j) 중 가장 큰 값을 갖는 대안(A_j)으로 구할 수 있다⁷⁾.

이와 같이 엔트로피 척도로 변환되어진 값은 정규화과정 및 METT+TC 요소별 가중치 부여를 통해 각 방책의 최종 평가값을 갖게 되며 이 평가 값들을 비교하여 최선의 방책을 선택하게 된다.

4. 시뮬레이션

4.1 EINSTEIn 모형

EINSTEIn(Enhanced ISAAC Neural Simulation Tool) 모형은 CA(Cellular Automata) 개념을 이용하여 제작된 DOS용 전투 시뮬레이션 ISAAC(Irreducible Semi-Autonomous Adaptive Combat)을 윈도우용으로 발전시킨 모형으로 지상전에 복잡성의 적용여부를 평가하기 위해 미 해군 분석센터(Center for Naval Analysis)에서 개발된 모델이며 전투 시나리오에 따라 목표 점령, 목표 방어, 총력전 등이 있으며 지형편집도 가능하다. EINSTEIn 모형에서는 각 개체가 가지는 선호도를 성격 특성 값으로 입력하고 보조 규칙을 사용하여 지상전 시뮬레이션을 구현한다^{5,6)}.

4.2 시나리오 구성

본 연구에서는 Fuzzy-AHP 방법 적용의 검증에 위해 지상작전의 한 유형인 공격작전상황을 그림 6와 같이 설정하였으며 가능한 방책 3개의 방책을 구성하여 시뮬레이션하였다. 지형 및 부대배치 등 전장정보상황을 각각의 변수 값으로 EINSTEIn 모형에 입력하였으며 입력된 변수 값은 소속도함수로 평가하여 Fuzzy-AHP 방법에 따라 각 방책의 평가 값을 얻을 수 있었다.

각 방책별 시나리오에 따라 EINSTEIn 모형을 활용하여 100회씩 시뮬레이션하여 결과를 얻을 수 있었다. EINSTEIn 모형의 결과 값은 생존율로 나타내었으며 생존율은 최초 투입개체수와 임무 종료 후 잔여개체수의 비율로 설정하였다.

4.3 결과분석

그림 7은 Fuzzy-AHP 방법에 의한 각 방책의 평가 값을 신뢰구간 유의수준 α 변화에 따라 도시한 것이다. α 값의 변화에 무관하게 각 방책별 평가값의 순위가 일정하고 α 값이 증가할수록 각 방책의 구별이 뚜렷함을 알 수 있

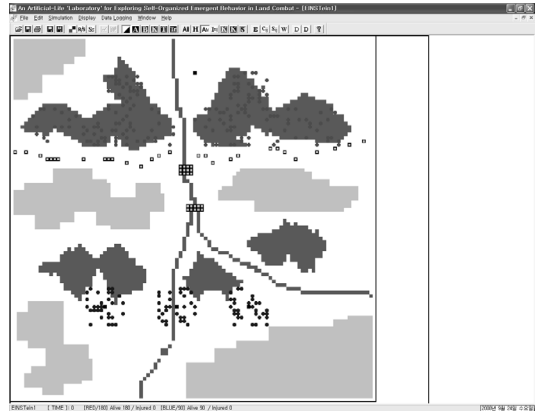


그림 6. EINSTEIn을 이용한 상황도

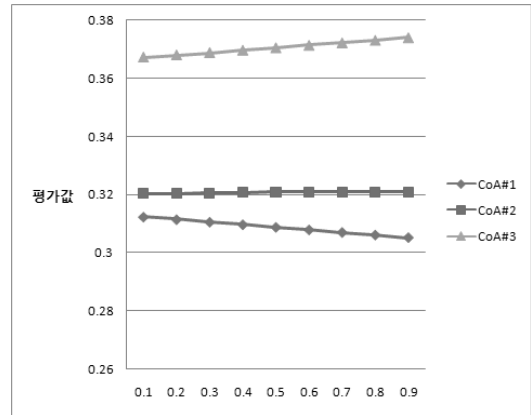


그림 7. α -cut 에 따른 평가값

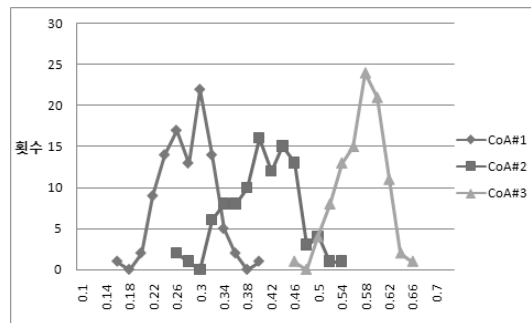


그림 8. EINSTEIn 모형의 결과

다. 따라서 방책 3이 가장 좋은 대안임을 추측할 수 있다.

Fuzzy-AHP 방법의 검증에 위해 EINSTEIn 모형을 사용한 시뮬레이션 결과는 그림 8과 같다. 각 방책별 100회씩 시나리오에 따라 실험한 결과로, 각 방책별 생존율이 나타난 횟수를 표시하였다. 그림 7에서와 같이 방책 3이

가장 높은 생존율을 보임으로써 방책 3이 가장 우수한 대안임을 검증할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 지상작전에서 방책의 선정을 위한 비교 분석방법으로 Fuzzy-AHP 방법을 제안하였다. 전장의 불확실성을 반영하기 위해 Fuzzy theory를 이용하였으며 이를 의사결정의 방법인 AHP에 적용하여 지상작전을 위한 의사결정과정인 부대지휘절차에 접목하여 기존의 장·단점 비교에 의한 방법보다 보다 정량적인 방법으로 최적의 대안을 유도할 수 있게 하였다.

EINSTEIN 모형은 기존 재래식 전투에서 널리 활용되던 란체스터 모형의 제한점을 보완함과 동시에 다양한 형태의 전투를 모의가능하나 이를 야전 부대에서 활용하기엔 시간적 요인 등 여러 제한 사항이 존재한다. 야전 부대에서 요구하는 보다 손쉽고 정량적이며 빠른 방책분석 기법을 위해 본 연구에서 제시한 방법을 Excel에 활용하여 사용하면 이러한 요구를 다소 충족가능하리라 생각된다.

향후 METT+TC 요소뿐만 아니라, 다양한 방책비교 요소에 대해 복합적인 연구기법을 적용한다면, 보다 신뢰를 갖고 예측 가능한 결과값을 얻을 수 있을 것이다. 또한, 이러한 방법을 적용한 전문가시스템의 개발로 이어진다면 보다 반응시간을 줄이고 주관성을 배제한 작전의 수립이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

1. 송종철, 유재무, 최현호 (2008), “M&S 기반의 부대지휘절차 발전방향”, 오늘의 국방경영 분석, 제 24권, pp. 13-25
2. 이강인 (2003), 엔트로피 척도를 이용한 MADM 문제의 선호대안 선정, 산업경영시스템학회지 Vol. 26, No. 2, pp. 55-61.
3. 국방대학교 전자도서관, 부대지휘절차 (인사/군수 참모 활동) (2002).
4. 이광형, 오길록 (1991), 퍼지이론 및 응용, 홍릉과학출판사.
5. 정성진, 조성진, 홍성필 (2005) 세포 자동차 시뮬레이션을 이용한 네트워크 중심전 전투효과도 평가연구, 경영과학 Vol. 22, No. 2, pp. 135-145.
6. 이태원, 강성진 (2000), EINSTEIN 모형을 이용한 복잡계 이론의 지상전 적용에 관한 연구, 한국시뮬레이션학회지, Vol. 9, No. 1, pp. 55-66.
7. 김성희, 정병호, 김재경 (1999), 의사결정분석 및 응용, 영지문화사
8. Headquarters Department of the U.S Army, FM5-0 (101-5) (2005) Army Planning and Orders Production.
9. T.L.Satty (1980), The Analytical Hierarchy Process, McGraw Hill.
10. Don-Lin Mon, Ching-Hsue Cheng, Jiann-Chern Lin (1994), Evaluating weapon systems using fuzzy analytic hierarchy process based on entropy weight, Fuzzy Sets and Systems Vol. 62, pp. 127-134.
11. Ching-Hsue Cheng, Kuo-Lung Yang, Chia-Lung Hwang (1999), Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight, European Journal of Operational Research Vol. 116, pp. 423-435.



이 영 균 (postfire@mailab.snu.ac.kr)
2001 육군사관학교 전자공학 학사
2007~현재 서울대학교 산업공학과 석사과정
관심분야 : 다기준의사결정, 모델링&시물레이션



김 기 앙 (574750@hanmail.net)
2001 육군사관학교 전자공학 학사
2008~현재 육군 76사단
관심분야 : 지상작전, 군 의사결정과정



나 흥 범 (mai_nahb@mailab.snu.ac.kr)
2003 서울대학교 산업공학과 학사
2004~현재 서울대학교 산업공학과 석박사 통합과정
관심분야 : Capacity Planning, MRP, SCM



박 진 우 (autofact@snu.ac.kr)
1974 서울대학교 산업공학과 학사
1976 KAIST 산업공학 석사
1985 U.C. Berkeley 산업공학 박사
1985~현재 서울대학교 산업공학과 교수
관심분야 : 모델링&시물레이션, ERP/SCM, Ubiquitous Sense Network