

무기체계의 기능 선정을 위한 ANP 기반의 의사결정 지원시스템 설계

오성령 · 서윤호[†]

ANP-based Decision Support System Design for Selecting Function of Weapon Systems

Seongryeong Oh · Yoonho Seo[†]

ABSTRACT

In National Defense field, the importance of M&S and T&E has been increased due to complexity of modern Weapon System. And research reducing time and cost is being conducted continually on using limited resources efficiently. In the existing research, Weapon System's Performance Evaluation System using the Process-based method has been in progress. But, Objective basis or scientific method is insufficient in selecting appropriate function of a target to performance evaluation. Due to this, it's difficult to select functions suitable to the situation in same type. Also, Requirements of user and interrelation of evaluation factors can't be reflected systematically. In this research, it proposes the method to reflecting requirements of user, interrelation of elements in realistic situation for selecting evaluation object in Performance Evaluation Simulation. First, Evaluation Objects is selected using ANP which is multi-criterion decision making method. Second, decision support system is constructed using Programming Language(C#) based on the research result.

Keyword : Analytic Network Process(ANP), Decision Making, Weapon System, Evaluation Object, Performance Evaluation

요약

현대 무기체계의 복잡체계화로 인해 국방은 M&S와 T&E가 중요시되고 있으며, 한정적인 자원을 효율적으로 운용하여 시간 및 비용을 절감할 수 있는 연구를 지속적으로 진행하고 있다. 기존연구에서는 프로세스 기반 모델링을 이용한 성능평가 시스템 개발이 진행되고 있지만 성능평가에 합당한 무기체계의 기능을 선정하는데 있어, 객관적 근거나 과학적 방법 이 부족하기 때문에, 같은 기종이라도 상황에 적합한 기능을 선정하기 어렵다. 또한 사용자의 요구사항을 체계적으로 반영할 수 없으며, 다양한 평가요소의 상호작용을 고려하기 힘들다는 문제점이 있다. 따라서 본 논문은 성능평가 시물레이션에서 사용되는 평가객체 선정 시, 객체 선정기준과 사용자의 요구사항 및 현실적 상황을 반영할 수 있는 방법을 제시한다. 먼저, 다 기준 의사결정 방법인 ANP기법을 이용하여 객체를 선정하고, 연구결과를 바탕으로 프로그래밍 언어(C#)를 이용한 의사결정 지원 시스템을 구현하였다.

주요어: 네트워크 분석기법, 의사결정, 무기체계, 평가객체, 성능평가

1. 서론

이 연구는 국방과학연구소(UD110006MD, 프로세스기반 모델링을 통한 성능평가 시스템 개발)의 지원으로 수행되었습니다.

Received: 22 June 2016, **Revised**: 21 July 2016,
Accepted: 2 August 2016

† Corresponding Author: Yoonho Seo
E-mail: yoonhoseo@korea.ac.kr
Industrial Management Engineering Dept.,
Korea University, Seoul, Korea

오늘날, 국방 시물레이션 분야는 무기체계의 시험 및 성능평가(T&E: Test and Evaluation)에 투입되는 비용과 시간을 효율적으로 사용하고 절감하기 위해 연구 개발을 지속함으로써 비약적인 발전을 이루었다. 그러나 첨단 과학기술을 바탕으로 무기체계가 단순시스템에서 복합시스템(SoS: System of Systems)의 형태로 발전하면서 실제 전장상황에 적합한 무기체계를 선정하고 획득하는 의사

결정에 대한 어려움과 중요성이 가중되고 있다(Lee, 2012). 또한 무기체계의 성능 및 시험평가는 무기체계가 복잡해지고 체계화됨에 따라 더 높은 전문성을 요구 받고 있으며, 해당 체계의 성능을 효과적으로 검증할 수 있는 성능 및 시험평가 인프라에 대해 지속적인 연구가 요구되고 있다(Park et al, 2013). 이 뿐만 아니라 무기체계의 성능평가를 위한 모델링 및 시뮬레이션(M&S: Modeling and Simulation) 기술을 통해 실제 실행하기 어려운 현상, 환경 등을 시간 순차적으로 구현하며, 무기체계의 성능을 효과적으로 평가할 수 있는 시스템 연구(Jeong and Seo, 2015)가 수행되고 있다.

하지만 기존 연구의 성능평가 시스템에서는 선택된 무기체계의 적합한 기능을 선정하기 위한 의사결정연구가 부족하다. 이는 무기체계의 기능을 판단하는 요소의 상호관계성을 파악하지 못하여 사용자의 요구사항을 체계적으로 반영하기 어렵다. 또한 주어진 임무와 상황을 제대로 고려하지 않고 기능을 선정하기 때문에 시뮬레이션상에서 나타난 결과를 실제 전장상황에서 정확히 표현할 수 없는 문제가 발생한다.

이에 시뮬레이션의 상황과 평가요소 간의 상관관계를 반영하여 사용자의 의사결정을 지원할 수 있는 방법 및 체계가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 성능평가에서 사용될 무기체계의 적합한 기능을 선정하기 위해 다양한 평가요소들의 관계성을 파악하여, 실제 전장상황과 사용자의 요구사항을 반영 수 있는 의사결정 방법을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성으로, 제 2장에서는 의사결정 기법에 대한 연구를 살펴보고, 본 연구에서 사용되는 용어와 이론적 배경을 간략히 살펴본다. 제 3장에서는 네트워크 분석 기법(ANP: Analytic Network Process)을 적용하여 대안의 상대적 중요도를 도출하고 결과 값을 분석한다. 그 후, 제 4장에서는 연구를 기반으로 객체 선정을 위한 의사결정지원 시스템을 구축하고, 마지막으로 제 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련연구 및 용어정의

2.1 관련연구

국방분야는 무기체계의 연구·개발 및 획득 등에 의사결정기법을 적용하여 다양한 의사결정 문제를 합리적으로 해결하고자 노력하고 있다. 먼저, Cheng(1999)은 fuzzy theory을 사용하여 평가기준에 해당하는 요소와 평가기준의 중요도를 결정했으며 무기체계의 우선순위를

도출하여 최고의 무기체계를 선정 할 수 있는 방법을 제시했다. Jang and Jung(2012)은 AHP(Analytic Hierarchy Process)의 계층구조를 확장하여 무기체계의 기종결정을 위한 평가에서 각각의 평가항목이 요구사항의 변화에 능동적으로 대처할 수 있도록 했다. Dağdeviren et al(2009)은 Fuzzy환경에서 AHP를 적용하여 최적의 무기체계의 선정을 위한 연구를 진행했고, fuzzy TOPSIS (Technique for order performance by similarity to ideal solution)방법을 이용하여 순위를 부여하는 방법을 제시했다. Kim et al(2012)은 AHP를 이용하여 메타데이터를 조사하고 계층적으로 분석하여 컴포넌트를 선정할 수 있는 방법을 제안했다. 또한 선정된 컴포넌트를 검색하고 선택할 수 있는 의사결정지원시스템을 설계했다.

지금까지 살펴본 대부분의 연구는 무기체계 간의 비교를 통해 무기체계의 기종을 선정했다. 하지만 동일한 무기체계가 갖는 다양한 기능들의 비교를 통해 적합한 기능을 선정한 연구는 찾아보기 힘들었다. 또한 평가기준 간에 독립성을 가정한 계층 구조로 문제를 정의하였지만, 현실 상황에서 대부분의 의사결정 문제는 상·하위 수준의 요소들 간에 상호 관련성을 포함하고 있기 때문에 단순한 계층구조로 표현되기 어렵다. 이러한 문제들을 보완하기 위해 상호작용 및 의존성을 포함한 합리적인 구조가 필요하다(Saaty, 1996).

따라서 적합한 기능을 갖는 무기체계를 선정하기 위해서는 의사결정자의 요구사항과 성능평가의 상황을 반영하는 동시에 평가의 기준을 명확히 하고, 기준간의 상호작용 및 의존성을 고려할 수 있는 연구가 필요하다(Oh, 2016). 이에 본 연구에서는 평가객체 선정에 네트워크 분석기법(ANP)을 적용하여 최적의 평가객체를 도출하고자 한다.

2.2 용어정의

본 연구에 사용되는 용어와 개념을 간략히 소개한다(Jeong, 2015; Oh, 2016).

(1) 리소스 모델(Resource Model)

리소스란 평가대상의 주체이고 객체가 가진 고유한 정보들의 집합이며, 물리(Physical)·행위(Behavior) 정보를 포함한다.

(2) 기본성능 요소(Basic Performance Factor)

무기체계의 성능을 표현하는 성능모듈 생성에 사용되며, 복잡하고 다양한 기능명칭을 최소단위의 요소(Detect, Report, Stay, Move, Communication, Launch, Attack, Decision, Destroy)로 표현한다.

(3) 성능모듈(Performance Module)

무기체계의 기본 성능을 표현하는 단위로서, 무기체계가 갖는 다양한 성능을 수행하는 일련의 절차를 나타낸다.

(4) 평가객체(Evaluation Object)

평가의 대상이 되는 주체이자 본 연구의 대안(Alternative)으로, 리소스 모델과 성능모듈의 관계정의를 통해 결합하여 얻어진 객체이다. 평가객체는 성능모듈에 따라 무기체계가 행할 수 있는 많은 기능을 포함하며, 기능 간의 결합으로 다양한 평가객체가 도출된다.

2.3 네트워크 분석기법(ANP: Analytic network Process)

Saaty에 의해 고안된 다 기준 의사결정방법인 ANP는 AHP를 일반화한 기법으로, 요소간의 비선형 관계를 모델화하는 복잡한 문제와 시스템 분석&통합 및 조정을 위한 방법으로 사용된다(Kyung and Kim, 2011). ANP는 Goal, Cluster, Element로 구성되며, 군집 내·외부의 상호 의존성이나 피드백을 포함하는 의사결정 기법이다. 또한 양 방향흐름이 있는 네트워크 형태의 구조로써(Fig. 1), 상대적 중요도를 통해 우선순위를 도출할 수 있다(Saaty, 1996).

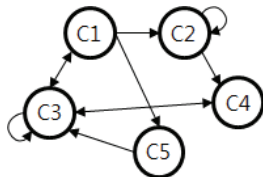


Fig. 1. Network structure of ANP

ANP는 각 기준의 내부 및 외부 의존성을 고려한 중요도를 얻기 위해 Markov chain process의 극한확률 개념을 적용했고, 각 요소들의 결합된 중요도를 산출함으로써 상호 의존성을 반영할 수 있다(Saaty, 1996). 또한 AHP를 확장하여 정립한 기법이기에 때문에 의사결정자 및 전문가의 판단을 근거로 정량적이고, 안정적인 요소를 고려할 수 있다.

의사결정문제에서 ANP는 다음과 같이 네 가지 절차를 통해 문제에 적용될 수 있다(Saaty, 1994; Saaty, 2004; Oh, 2016).

Step 1: Analysing the problem, the goal determination and model development

문제를 분석하여 목표를 결정한 후, 평가기준을 도출한다. 도출된 평가기준의 내·외부 상호의존성을 분석하여

ANP모델을 구축한다.

Step 2: Pairwise comparisons of Alternatives, Criteria and Element

대안 및 평가기준을 포함한 모든 요소간의 쌍대비교 행렬을 구성한다. 만약 a_{ij} 을 행렬의 value라고 한다면, 행렬을 구성하고 있는 요소의 중요도는 식(1)에 의해서 구할 수 있다. (λ_{max} 는 A의 최대고유치(eigenvalue)를 의미한다.) 또한 w 은 표준화를 통한 식(2)로 계산할 수 있다.

$$Aw = \lambda_{max}w \tag{1}$$

$$w_i = \left\{ \left[\frac{\sum_{j=1}^n \left(a_{ij} / \sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \right]}{n} \right\} \tag{2}$$

w_i : Importance of elements

n : Index number of n*n matrix

Step 3: Supermatrix formation

식(2)를 통해 도출한 각 요소의 중요도가 열벡터로 구성된 Supermatrix를 수식(3)과 같이 행렬W의 형태로 나타낸다. 만약, 내부 의존성이 있는 경우에는 해당 요소가 포함되어 있는 기준의 중요도를 해당 요소들과 곱하여 Weighted Supermatrix를 얻을 수 있다.

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} e_{11} \dots e_{1h_1} \\ C_1 \vdots \\ e_{1h_1} \\ e_{21} \\ C_2 \vdots \\ e_{2h_2} \\ \vdots \\ e_{n1} \\ C_n \vdots \\ e_{nh_n} \end{matrix} & \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \dots & W_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix} \tag{3}$$

Step 4: A long-term stable set of Supermatrix

도출된 최종 Supermatrix는 다음 수식(4)과 같이 행렬 W를 k번 누적 곱셈을 하여 얻은 중요도의 값으로, 변화가 거의 없는 수렴상태가 되었을 때 최종적으로 얻고자 하는 Supermatrix의 상대적 중요도가 된다.

$$\lim_{k \rightarrow \infty} W^k \tag{4}$$

3. 평가객체 선정 방법 연구

기존 무기체계 선정연구는 요소간의 독립성을 가정한 AHP, 퍼지 이론 등이 적용되고 있다. 하지만 수많은 상

호 의존성이 존재하는 현실 상황을 제대로 반영하지 못하여 사용자의 요구사항을 명확히 반영할 수 없는 문제를 나타내고 있다. 따라서 본 연구에서는 다양한 상호작용이 존재하는 현실적인 상황을 고려하고, 사용자의 요구사항을 반영하여 문제를 해결할 수 있는 방법인 네트워크 분석기법(ANP)을 적용했다.

본 연구에서 적용한 ANP의 과정은 Fig. 2와 같다. Step 1은 문제를 분석하여 목표를 정하며, Step 2, 3은 대안을 정의하고, 대안이 될 수 있는 후보 군을 선출한다. Step 4, 5, 6에서는 평가기준을 정의하고 ANP모형을 구축한 후, 요소들의 쌍대비교를 위해 9점 척도의 설문지를 작성한다. 이를 국방 연구원 및 전문가를 대상으로 설문 조사를 실시하고, Step7, 8에서 설문지에 대한 종합적 분

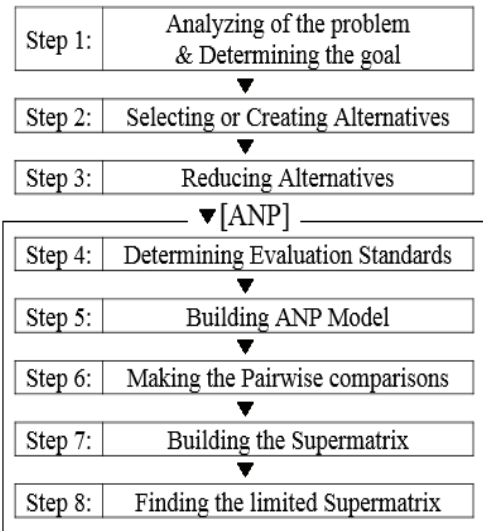


Fig. 2 ANP process in research

석을 프로그래밍 언어(C#)로 시스템을 구현하여 최종 중요도를 산출한다.

3.1 평가대안 설정

본 연구에서 제안하는 ANP기반 의사결정 지원 시스템의 이해를 돕기 위하여 시뮬레이션 상에서의 목표인 ‘적 공격’을 위한 가장 적합한 기능을 갖춘 평가객체를 선정하였다. 사용되는 평가객체는 본 연구의 대안이 되며, Table 1의 ‘Attack Module’로 구성했다. 리소스와 성능 모듈이 결합하여 Table 1의 Function을 가지며, Function의 결합으로 ANP를 적용할 Fig.3과 같은 형태의 대안 후보군이 생성된다.

Table 1의 리소스 모델은 ‘Aircraft’로, 모든 객체는 동일한 물리정보를 갖춘 무기체계라고 정의하며, 성능모듈은 각각 {Move, Attack, Detect, Stay}와 {Move, Detect, Attack, Stay}로 구성되어 있다. 각 평가객체에서 기능의 조합으로 ‘적 공격’을 위한 다양한 기능을 가진 평가객체(Fig. 3)를 생성할 수 있으며, 이를 대안으로 정의하고 우선순위를 도출한다.

하지만 ANP는 모든 요소간의 비교분석이 필요하기 때문에 요소가 많아지면 설문을 통한 많은 자료가 발생되어 작업시간 지연 및 전산처리가 복잡해진다. 또한 설문자에게 과중한 부담을 주어 인지적 오류를 범할 가능성이 높아지며, 결국 결과 값의 신뢰성을 저하시킬 수 있다. 이에 본 연구에서는 많은 요소로 인해 발생하는 문제를 해결하고자 의사결정트리의 개념을 도입하여 ANP에 적용할 대안 후보군을 축소했다.

의사결정트리(Decision Tree)는 의사결정규칙(decision rule)을 도표화하여 관심대상이 되는 집단을 몇 개의 소집단으로 분류(classification)하거나 예측(prediction)할 수 있는 분석방법이다. 이는 변수의 상대적 중요성을 나타낼 수 있으며, 분석과정의 설명이 필요한 경우에 유용하게 사용될 수 있다(Choi et al, 1999). 본 논문에서는 ‘Attack Module’의 기능 간 결합으로 발생할 수 있는 36가지의 대안 후보군을 의사결정트리를 통해 평균이상의 확률을 갖는 평가객체 중 상위 50%인 5가지 대안으로 축소했다.

Fig. 4는 Table 1의 Aircraft(1)에 대한 의사결정트리 구조를 보여주며, 기능의 순차적 선택에 있어서 먼저 선택된 기능에 따라, 이후에 선택될 수 있는 기능의 적합성을 각 가지의 확률로 정의했다. 또한 확률은 국방과학연구소의 순수기초과제(‘프로세스 기반 모델링을 통한 무기체계 성능평가 시스템 개발’), M&S 특화연구소(‘MS-32’)의 연구원들과 과제 담당자들의 의견을 종합하여 부여했고, 기능의 조합에 따른 확률들을 곱하여 대안의 최종 확률을 도출하였다.

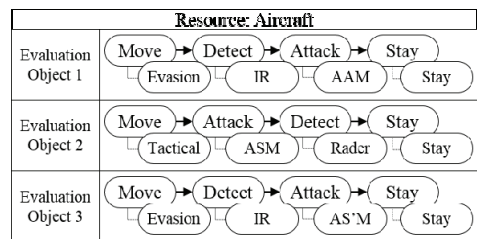


Fig. 3. Example of evaluation objects(Alternatives)

Table 1. Evaluation objects before matching function

Resource	Performance Module: Attack				
Aircraft (1)	Factor:	Move	Attack	Detect	Stay
	Function :	• Evasion • Tactical • Low level	• Air to Air Missile(AAM) • Air to Surface Missile(ASM) • Air to Ship Missile(AS'M)	• Rader guidance • Infrared guidance(IR)	• Stay
Aircraft (2)	Factor:	Move	Detect	Attack	Stay
	Function :	• Evasion • Tactical • Low level	• Rader guidance • Infrared guidance(IR)	• Air to Air Missile(AAM) • Air to Surface Missile(ASM) • Air to Ship Missile(AS'M)	• Stay

그 후, Table 2와 같이 평균 이상의 확률을 갖는 상위 5가지의 대안을 선출했고, 1번부터 5번까지 순서대로 번호를 부여한 후, 도출된 대안 후보군 중에서 성능평가에 적합한 최종대안을 선정한다.

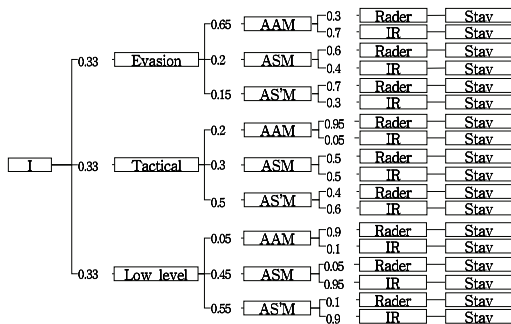


Fig. 4. Structure of decision tree

Table 2. Reduced alternatives

no.	Evaluation Objects				Prob.
1(1)	Evasion	AAM	IR	Stay	0.1502
15(2)	Low level	ASM	IR	Stay	0.1411
17(3)	Low level	AS'M	Rader	Stay	0.1634
22(4)	Evasion	Rader	AAM	Stay	0.1386
33(5)	Low level	IR	AS'M	Stay	0.1320

Table 3. Evaluation standard

Criteria	Sub-Criteria	Contents
Combat capability(C)	Effective range(C1)	• 표적을 맞힐 수 있고, 일정한 피해를 입힐 수 있는 거리
	Accuracy rate(C2)	• 목표물에 대해서 정확하게 맞힐 수 있는 비율
	Arming influence(C3)	• 탑재된 무기로 적에게 영향을 줄 수 있는 정도
	Detectable range(C4)	• 목표물을 관측할 수 있는 거리
Mobility(M)	Velocity(M1)	• 추진부의 추진력을 통해 얻을 수 있는 속도
	Maneuverability(M2)	• 전혀 예기치 않은 방향과 방법으로 이동할 수 있는 기동 능력
	Radio of action(M3)	• 특정한 작전이나 행동의 전체 설정된 영역을 반경으로 설정
	Parcel level(M4)	• 현 상황의 고도 상승 능력
Survivability(S)	Visual field(S1)	• 경계를 위한 시야 확보 범위
	Detection & Evasion(S2)	• 적에게 탐지되는 것을 회피하는 기능
Command(D)	Electronic Warfare(D1)	• 적의 전자적, 물리적 공격으로부터 이군을 보호하고, 적의 정보수신 및 통신·전자 장비를 교란시키는 능력
Reliability & Availability (R&A)	Safety grade(R1)	• 적의 어떠한 행동으로부터의 대응능력
	Usability(R2)	• 사용자의 의도대로 움직일 수 있는 조종능력
	Expectation(R3)	• 부여된 임무를 완수할 수 있는 능력

3.2 평가기준 설정

대안을 선정하기 위해 판단의 기준이 되는 평가기준은 ‘최신 무기 체계학(Jung et al, 2014)’, ‘국방획득관리규정(Ministry of National Defense, 2003)’ 및 ‘계층화 의사결정법을 이용한 전투기의 기종선정에 관한 연구(Eun et al, 1998)’를 참조였다.

먼저, Eun et al(1998)의 평가기준은 무기체계 기종선정을 위해 정비능력, 환경친화성 등 무기체계의 전반적인 사항을 평가요소로 정의했고, ‘국방획득관리규정’은 경제성, 성능만족도 등으로 세부기준을 명시한 부분은 찾기 어려웠다. 따라서 본 연구에는 특정 무기체계가 특정 임무를 수행 할 때, 행하는 기능을 평가하기 위한 요소로 정의했다. 이에 ‘최신 무기 체계학’을 기반으로 Table 3과 같이 무기체계의 능력을 결정하는 효과 요소인 5가지의 요인(Combat capability, Mobility, Survivability, Command, Reliability& Availability)을 상위 기준으로 정의하였고, 그에 따라 14가지의 하위 기준을 나타냈다.

3.3 ANP 모델 구축

정의한 평가기준(Table 3)을 토대로 중요도를 얻기 위

Table 4. The influence between elements

Relation between elements	C				M				S		D	R&A			A
	C1	C2	C3	C4	M1	M2	M3	M4	S1	S2	D1	R1	R2	R2	A
Combat capability	C1	X	O	X	X	X	O	X	O	X	X	X	X	O	O
	C2	O	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	O
	C3	O	O	X	X	O	O	O	X	X	X	O	X	O	O
	C4	X	O	X	X	X	X	O	X	O	O	O	X	O	O
Mobility	M1	O	X	X	X	X	X	O	O	O	X	O	O	O	O
	M2	X	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	O	O	O
	M3	O	X	X	X	X	X	O	X	O	O	O	X	O	O
	M4	O	O	X	O	O	O	X	O	O	O	X	O	O	O
Survivability	S1	X	O	X	O	X	X	X	X	X	X	O	O	O	O
	S2	X	X	X	X	X	O	X	O	X	O	O	X	O	O
Command	D1	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O	X	O	O
Reliability & Availability	R1	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	O	O
	R2	X	O	X	X	X	O	X	X	O	X	X	X	O	O
	R3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	X	O
Alternatives	A	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X

해서는 ANP모형을 설계해야 한다. 먼저, 모든 요소간의 영향관계를 분석하여 평가기준의 상호 연관성을 반영한다. Table 4는 하위기준 간의 영향관계를 분석한 표로써, 하위기준이 교차되는 구간에 동그라미 표시를 통해 요소 간에 상관관계가 존재한다는 것을 나타낸다. 이를 토대로 Fig. 5와 같은 ANP모델로 표현할 수 있다. ANP

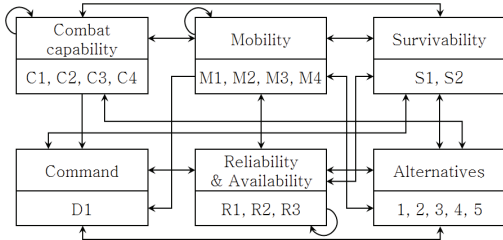


Fig. 5 ANP model

모델의 화살표는 상위기준 간에 연관성을 나타내는데, 특정 상위기준에 포함된 하위요소 중 하나라도 다른 상위기준의 하위요소와 연관성이 있으면 화살표로 표시한다. 예를 들어 Mobility의 Maneuverability는 Reliability & Availability의 Safety grade와 상호 연관이 있으므로 Fig. 5에서 두 상위기준은 화살표로 연결된다.

3.4 중요도 산정

설문지의 결과로부터 도출된 중요도는 Supermatrix를 구성하는데 사용되며, 이를 위한 쌍대비교는 아래와 같이 진행했다.

① Fig. 5.의 ANP모델에 상호연관성을 반영하기 위해

하위기준의 내·외부 영향력을 가진 모든 하위기준에 대해 쌍대비교를 실시했다.

② 대안을 하위기준에 대하여 쌍대비교를 수행했다. 이는 각 하위기준에 있어서 어떤 대안이 더 좋은지 비교하는 과정이다.

③ 대안에 영향을 주는 각 Clusters 내 요소의영향도를 고려해야 한다. 따라서 각 Clusters의 하위기준을 대안에 대하여 쌍대비교를 실시했다.

④ Cluster가 다른 Clusters에게 주는 영향력을 반영하기 위해 Clusters간 쌍대비교를 실시하여 Table 5와 같은 기준 간의 중요도를 도출했다.

일관성 비율(CR<0.1)을 고려하여 도출된 모든 중요도를 기반으로 Table 6과 같은 Supermatrix를 구성했다. 생성된 Supermatrix에 대해 Clusters의 영향력을 반영하기 위해, 기준의 상대적 가중치(Table 5)를 가중하여 Table 7과 같은 Weighted Supermatrix를 도출했다.

이는 평가객체 선정에 각 요소들이 미치는 영향도를 나타낸다. 그리고 최종 중요도를 산출하기 위해 거듭제곱을 통해 수렴된 결과 값을 Table 8에 나타냈다.

Table 5. Relative priority weight between clusters

CR =0.013	C	M	S	D	R&A	A
C	0.0730	0.0218	0.1488	0.0169	0.1067	0.2778
M	0.5109	0.1525	0.1488	0.3539	0.3200	0.2222
S	0.3650	0.7623	0.0000	0.3539	0.4800	0.1111
D	0.0000	0.0000	0.2479	0.0000	0.0267	0.1667
R&A	0.0365	0.0254	0.0826	0.2360	0.0533	0.2222
A	0.0146	0.0381	0.3719	0.0393	0.0133	0.0000

Table 6. Unweighted supermatrix

		C				M				S		D	R&A			A				
		C1	C2	C3	C4	M1	M2	M3	M4	S1	S2	D1	R1	R2	R3	1	2	3	4	5
C	C1	0.0000	0.7231	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8333	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2105	0.3979	0.1033	0.0587	0.2102	0.0836
	C2	0.9000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2605	0.0000	0.5300	0.2843	0.4401	0.5311	0.5264	0.6150
	C3	0.1000	0.0612	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.1667	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1062	0.0000	0.1081	0.1064	0.3331	0.3202	0.1028	0.2027
	C4	0.0000	0.2157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	0.6333	0.0000	0.1513	0.2114	0.1235	0.0899	0.1606	0.0987
M	M1	0.2000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8750	0.3333	0.1827	0.0000	0.6667	0.2059	0.1625	0.5099	0.3382	0.3242	0.3409	0.5237
	M2	0.0000	0.7500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6012	0.0000	0.0000	0.0000	0.6405	0.5069	0.2589	0.4906	0.5045	0.4085	0.2629
	M3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1250	0.0000	0.0642	0.7500	0.3333	0.0000	0.2260	0.1794	0.1322	0.1326	0.1763	0.1525
	M4	0.8000	0.2500	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.6667	0.1519	0.2500	0.0000	0.1537	0.1046	0.0517	0.0389	0.0386	0.0743	0.0609
S	S1	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	1.0000	0.7500	0.1667	0.8333	0.6667	0.1429	0.2500	
	S2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.7500	0.0000	0.2500	0.8333	0.1667	0.3333	0.8571	0.7500
D	D1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	
R & A	R1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1667	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.1721	0.0694	0.0755	0.3015	0.1722
	R2	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8333	0.0000	0.0000	0.0000	0.7500	0.3042	0.2981	0.3338	0.3657	0.4778
	R3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.5237	0.6325	0.5907	0.3328	0.3500
A	1	0.1274	0.0469	0.0733	0.4757	0.4118	0.3333	0.3062	0.0909	0.0509	0.0474	0.0474	0.0290	0.0497	0.0437	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.1573	0.2089	0.1986	0.0880	0.0588	0.1111	0.0514	0.2727	0.2805	0.1335	0.1335	0.0936	0.1809	0.0828	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	3	0.2664	0.1538	0.2554	0.1485	0.0588	0.1111	0.0514	0.2727	0.2805	0.1028	0.1028	0.1321	0.3086	0.1299	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	4	0.3078	0.1926	0.0992	0.1712	0.4118	0.3333	0.5397	0.0909	0.1075	0.2106	0.2106	0.3466	0.1225	0.1677	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	5	0.1410	0.3978	0.3736	0.1167	0.0588	0.1111	0.0514	0.2727	0.2805	0.5056	0.5056	0.3987	0.3383	0.5759	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Table 7. Weighted supermatrix

		C				M				S		D	R&A			A				
		C1	C2	C3	C4	M1	M2	M3	M4	S1	S2	D1	R1	R2	R3	1	2	3	4	5
C	C1	0.0000	0.0528	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0855	0.0000	0.2222	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0225	0.1105	0.0287	0.0163	0.0584	0.0232
	C2	0.1098	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0293	0.0000	0.0566	0.0790	0.1223	0.1475	0.1462	0.1709
	C3	0.0122	0.0045	0.0000	0.0000	0.1026	0.0218	0.0171	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120	0.0000	0.0115	0.0296	0.0926	0.0890	0.0286	0.0563
	C4	0.0000	0.0157	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0223	0.0000	0.1488	0.0221	0.0714	0.0000	0.0161	0.0587	0.0343	0.0250	0.0446	0.0274
M	M1	0.1707	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1369	0.0741	0.0272	0.0000	0.2253	0.0760	0.0520	0.1133	0.0752	0.0720	0.0757	0.1163
	M2	0.0000	0.3832	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0895	0.0000	0.0000	0.2365	0.1622	0.0575	0.1090	0.1121	0.0908	0.0584	
	M3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0196	0.0000	0.0096	0.3474	0.1127	0.0000	0.0723	0.0399	0.0294	0.0295	0.0392	0.0339	
	M4	0.6830	0.1277	0.0000	0.5738	0.7179	0.1525	0.7179	0.0000	0.1481	0.0226	0.1158	0.0000	0.0567	0.0335	0.0115	0.0086	0.0086	0.0165	0.0135
S	S1	0.0000	0.3650	0.0000	0.4098	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1268	0.5538	0.3600	0.0185	0.0892	0.0741	0.0159	0.0278	
	S2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7623	0.0000	0.7821	0.0000	0.0000	0.4632	0.3802	0.0000	0.1200	0.0926	0.0185	0.0370	0.0952	0.0833
D	D1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2479	0.0000	0.0282	0.0000	0.0267	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667	
R & A	R1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138	0.0000	0.0000	0.0000	0.0133	0.0382	0.0154	0.0168	0.0670	0.0383	
	R2	0.0000	0.0365	0.0000	0.0000	0.0000	0.0254	0.0000	0.0000	0.0689	0.0000	0.0000	0.0000	0.0400	0.0676	0.0662	0.0742	0.0813	0.1062	
	R3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0615	0.0000	0.1164	0.1405	0.1312	0.0739	0.0778
A	1	0.0031	0.0007	0.0732	0.0078	0.0739	0.0127	0.0550	0.0036	0.0283	0.0176	0.0024	0.0004	0.0008	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	2	0.0038	0.0031	0.1986	0.0015	0.0106	0.0042	0.0092	0.0107	0.1558	0.0496	0.0069	0.0013	0.0028	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	3	0.0065	0.0022	0.2554	0.0024	0.0106	0.0042	0.0092	0.0107	0.1558	0.0382	0.0053	0.0019	0.0048	0.0017	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	4	0.0075	0.0028	0.0992	0.0028	0.0739	0.0127	0.0969	0.0036	0.0598	0.0783	0.0108	0.0049	0.0019	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	5	0.0034	0.0058	0.3736	0.0019	0.0105	0.0042	0.0092	0.0107	0.1559	0.1880	0.0260	0.0056	0.0052	0.0077	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

3.5 결과 분석

상·하위 기준과 대안들에 대해서 쌍대비교 하여 얻은 가중치를 통해 모든 요소들의 상대적 중요도를 구할 수 있다. 그 결과 Table 8과 같은 수렴된 대안의 중요도를 보여준다. 전체 요소를 기준으로 대안의 최종 중요도는 각각 ‘0.0152, 0.0275, 0.0261, 0.0331, 0.0623’이며 중요

도가 ‘0.0623’인 5번 대안이 가장 높은 수치를 나타냈다. 이는 요소간의 상호 인과관계를 고려했을 때 5번 대안이 가장 큰 중요도를 차지하는 것을 의미한다. 결과적으로 ‘Attack’이라는 상황에서 {Move, Detect, Attack, Stay}의 순서를 가진 평가객체가 {Low level, IR, AS’M, Stay}라는 기능을 가졌을 때, ‘Attack’이라는 상황에서

Table 8. Limited supermatrix

		C				M				S		D	R&A			A				
		C1	C2	C3	C4	M1	M2	M3	M4	S1	S2	D1	R1	R2	R3	1	2	3	4	5
C	C1	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252	0.0252
	C2	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280	0.0280
	C3	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182	0.0182
	C4	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442	0.0442
M	M1	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564	0.0564
	M2	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539	0.0539
	M3	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413	0.0413
	M4	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522	0.1522
S	S1	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608	0.0608
	S2	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148	0.2148
D	D1	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814	0.0814
R & A	R1	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
	R2	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320	0.0320
	R3	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183	0.0183
A	1	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152
	2	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275	0.0275
	3	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261	0.0261
	4	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331	0.0331
	5	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623	0.0623

가장 적합한 평가객체라는 것을 나타낸다. 또한 사용자가 평가객체를 선정할 시 어떤 요소를 더 중요하게 여기는 지 평가할 수 있으며, 나아가 다양한 제약사항에서 필요한 객체 간의 중요도를 도출할 수 있다. 따라서 본 연구에서 제시된 평가객체 선정 방법을 기반으로 평가객체의 상대적 순위를 도출하며, 전장상황에 가장 적합한 기능을 갖는 객체를 선정할 수 있다.

4. 시스템 구현

무기체계의 성능 및 시험평가를 위해 적합한 기능을 갖는 무기체계를 선정하는데 있어, 사용자의 요구사항을 효과적으로 반영하고 합리적인 의사결정을 도와줄 수 있는 의사결정지원 시스템이 필요하다. 3장의 시스템 설계를 기반으로 프로그래밍 언어(C#)와 ANP 분석기법을 통해 사용자의 용이성, 신속한 처리능력과 같은 유용성 있는 의사결정지원 시스템을 구축했다.

시스템에서 사용된 평가객체에 관한 데이터는 데이터베이스(MySQL)화 되어 있으며 프로그래밍 언어와 연동하여 사용했다. 각 시스템이 수행되는 절차는 다음과 같다.

① DB연결 및 평가객체 선정도구: 서버를 선택하고 로그인 정보를 입력하여 DB와 연결한 후, 리소스와 성능모듈 입력 뒤 반환되는 평가 객체를 선택한다(Fig. 6).

② 대안 후보군 선정: 선택된 평가객체의 성능모듈을

확인 및 추가 후, 후보군 선정을 위해 각각 해당되는 확률 값 입력한 후, 결과 값을 반환한다(Fig. 7).

③ 평가기준 선택: 사용될 평가기준과 상호관계성을 선택 및 확인한다(Fig. 8).

④ Weighted and Limited Supermatrix 생성: 설문지를 통합한 결과 값을 시스템(Fig. 9)에 입력한 후, 최종 Limiting Supermatrix 버튼 클릭 시 최종 중요도를 포함한 행렬을 도출하며, 이를 Fig. 10에서 확인할 수 있다.

이와 같이 구현된 의사결정지원 시스템은 대안을 선정하고 축소하여 최종적으로 ANP기법에 사용할 대안 후보군을 도출했다. 또한 평가기준을 기반으로 Supermatrix를 만들어 최종 중요도를 도출했다. 이는 사용자에게 의사결정지원 시스템을 제공함으로써 효율적인 의사결정과 대안선택에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

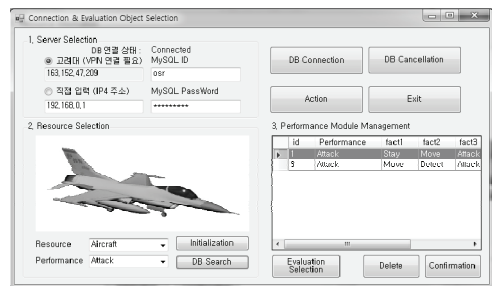


Fig. 6. Connection tool

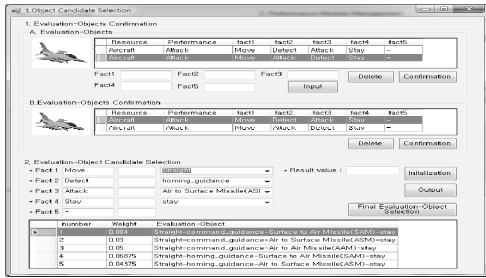


Fig. 7. Evaluation objects candidate selection tool

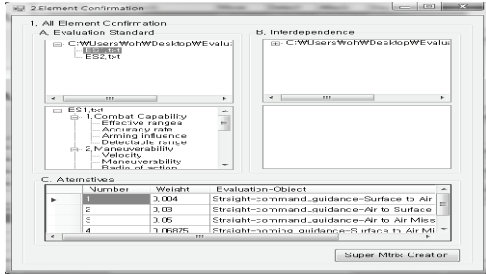


Fig. 8. Standard selection tool

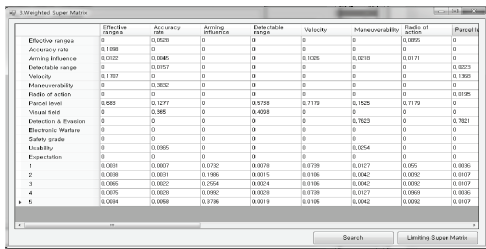


Fig. 9. Weighted supermatrix table

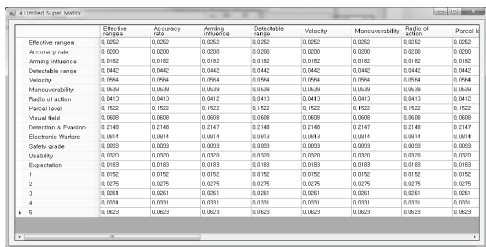


Fig. 10. Limited supermatrix table

5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 성능평가 시뮬레이션에서 사용되는 평가객체를 선정하기 위해 사용자의 요구사항과 현실적 상황을 반영할 수 있도록 네트워크 분석기법(ANP)을 통해 기능에 따른 평가객체 선정방법을 보여주었다. 또한 연구를 기반으로 적용과정을 쉽게 설명하기 위해 목적을 정의하여 나타내었으며, 사용자의 편의를 위해 의사결정지

원 시스템을 데이터베이스(MySQL)와 프로그래밍 언어(C#)를 통해 구축했다.

기존의 평가객체 선정 방법에서는 사용자의 임의적 판단과 경험에 따라 선정하였지만 본 연구에서 제안된 의사결정 지원 시스템에서는 평가객체 선정에 있어서 ANP 기법을 적용하여 평가기준의 상호 영향관계를 고려하고, 사용자의 요구사항을 반영하여 합리적인 의사결정을 지원할 수 있도록 연구했다. 이로 인해 성능평가 시뮬레이션에서 사용되는 평가객체의 성능과 전략적 운용에 대한 효율을 극대화 시킬 수 있다.

향후 연구에서는 의사결정지원 시스템을 성능평가 시뮬레이션과 연동하는 연구를 진행하며, 시스템에서 사용된 사례들의 결과를 바탕으로 새로운 사례의 결과를 예측하는 사례기반추론(CBR: Case Based Reasoning)을 활용하여 시스템을 구축할 수 있는 방안에 대해 연구하고자 한다.

References

Cheng, C.H., "Evaluating weapon systems using ranking fuzzy numbers", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol.107, No.1, 1999, 25-35.

Choi, J.H. and D.S. Seo, "Application of Data Mining Decision Tree", *A Study on statistics*, Vol. 4, No.1, 1999, 61-83.

(최중후, 서두성, "데이터마이닝 의사결정나무의 응용", *총계분석연구*, Vol.4, No.1, 1999, 61-83).

Dagdeviren, M., S. Yavuz, and N. Kilinc, "Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment", *Expert Systems with Applications*, Vol.36, No.4, 2009, 8143-8151.

Eun, H.B. and B.S. Kim, "Study on the Selection of Fighters Model using AHP", *Proceeding of 1998 Industry Engineering Conference*, 1998, 808-813.

(은희봉, 김봉선, "AHP을 이용한 전투기의 기종 선정에 관한 연구", *대한산업공학회 추계학술대회 논문집*, 1998, 808-813).

Jang, P.H. and H.G. Jung, "A study on the AHP Hierarchy Extend for Source Selection of Weapons Systems", *Proceedings of 2012 Joint Conference Proceedings Industrial Engineering*, 2012, 1592-1600.

(장필훈, 정하고, "무기체계 기종결정을 위한 AHP 계층구조 확장에 관한 연구", *춘계학술대회 논문집*,

- 2012, 1592-1600).
- Jeong, D.S. and Y.H. Seo, "Process-based Modeling for Performance Evaluation of Weapon Systems", Asia Simulation Conference 2015.
- Jung, D.Y., G.I. Kim, S.S. Cho, E. S. Hwang, J.Y. Lee, S.J. Yoo, S.W. Baek, and J.Y. Kim, *Latest Systematology weapons*, 2, Chungmungak, 2014.
- Kim, Y.H., Y.S. Noh, K.J. Kwon, and Y.H. Seo, AHP-based Decision Support System for Component Selection of Weapon System, *Journal of Information Technology and Architecture*, Vol.9, No.3, 2012, 221-231.
(김용희, 노영식, 권기정, 서윤호, "무기체계 컴포넌트 선택을 위한 AHP 기반 의사결정지원 시스템", *정보기술 아키텍처*, Vol.9, No.3, 2012, 221-231).
- Kyung, T.W. and S.K. Kim, "Priority Analysis of Information System by the Stakeholders using BSC and ANP Method", *Journal Of The Korea Contents Society*, Vol.11, No.7, 2011, 426-436.
(경태원, 김상국, "BSC와 ANP기법을 이용한 직무그룹별 정보시스템 우선순위 분석", *한국콘텐츠학회논문지*, Vol.11, No.7, 2011, 426-436).
- Lee, J. W., "The new pioneers of the field of Defense Acquisition, Industrial Engineering", *Industrial Engineering Magazine* Vol.19, No.4, 2012, 13-20.
- Ministry of National Defense, "Defense acquisition management regulation", 2003, 5, Available at <http://www.mnd.go.kr/>
(이재욱, "국방획득 분야의 새로운 개척자, 산업공학", *Industrial Engineering Magazine*, Vol.19, No.4, 2012, 13-20).
- Oh, S. R., D.S. Jeong, and Y.H. Seo, "Scenario-based Evaluation Object Selection Research for Performance Evaluation of Weapon", 2016 Proceedings of Joint Conference Proceedings Industrial Engineering, Jeju, Korea, 2016.
(오성령, 정동수, 서윤호, "무기체계의 성능평가를 위한 시나리오기반 평가객체 선정 연구", 2016 Proceedings of Joint Conference Proceedings Industrial Engineering, Jeju, Korea, 2016).
- Park, J. and C.H. Seo, "International development direction of flow and weapons systems test and evaluation", *Defense&Technology*, No.408, 2013, 90-101.
(박진, 서창현, "무기체계 시험평가의 국제적 흐름과 발전방향", *Defense&Technology*, No.408, 2013, 90-101).
- Saaty, T.L., *Desition making with dependence and feedback - the analytic network process*, RWS Publisher, USA, 1996.
- Saaty, T.L., *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*, Vol.6, RWS Publications, 1994.
- Saaty, T.L., "Fundamentals of the analytic network process-Dependence and feedback in decision-making with a single network", *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, Vol.13, No.2, 2004, 129-157.



오성령 (sr_2015@korea.ac.kr)

2015 성결대학교 산업경영공학과 학사
2015~ 현재 고려대학교 산업경영공학과 석사 과정

관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 다기준 의사결정, 시험평가



서윤호 (yoonhoseo@korea.ac.kr)

1984 고려대학교 산업공학과 학사
1990 미국 Pennsylvania State University 산업공학과 석사
1993 미국 Pennsylvania State University 산업공학과 박사
1993~2003 울산대학교 산업공학과 교수
2003~현재 고려대학교 산업경영공학과 교수

관심분야 : 제조, 조립 및 물류 시스템 설계 및 시뮬레이션