

무기체계 구매사업시 기종결정 평가방법에 관한 연구

(A Study on the Evaluation Method of Source Selection in Case of Weapon System Purchase Project)

†최진석(Jin-Seok Choi)*, 유규열(Kyu-Yeol Lyu)**

초 록

본 연구는 국방획득사업에 있어서 무기체계 기종결정간 현 규정상의 문제점을 분석하고 객관성과 공정성을 확보할 수 있는 몇 가지 기법을 제안하고 있다. 헬기 기종결정 문제를 적용 사례로 제시하였으며 AHP, PROMETHEE, 요소변환 등의 기법적용과 장·단점 분석을 통하여 비교분석 하였다. 모든 상황에서 모든 조건을 만족하는 의사결정 기법은 사실상 존재하지 않는다. 따라서 무기체계 기종결정시 평가항목의 유형에 따라 적합한 의사결정 기법을 적용함으로써 객관성을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the problems of current rules and regulations on the source selection for weapon system in defense acquisition project and suggest several techniques to ensure objectivity and fairness. As an application example, Helicopter source selection was presented. It was analyzed and compared through technique application and strength and weakness analysis of AHP, PROMETHEE and Attribute Transformation. The decision making techniques which make all conditions satisfactory in all situations are nonexistent. Thus, it is estimated that we can maintain the objectivity in the source selection of weapon systems by applying suitable decision making techniques in accordance with the patterns of evaluation item.

Keywords : 다기준 의사결정(MCDA), AHP, PROMETHEE, 요소변환, 기종결정

논문접수일 : 2009년 3월 6일 논문게재확정일 : 2009년 4월 22일

* 육군과학화훈련단

** 국방대학교 국방관리대학원 교수

† 교신저자

1. 서론

국가안보를 위한 방위력 개선에 직결되는 사업인 국방획득사업은 최초 기획에서 시작하여 중기 계획 예산을 반영하고 이후 실질적으로 획득대안을 식별하여 평가하기까지 상당한 기간이 소요되며 막대한 예산을 필요로 한다. 정부는 이처럼 중요한 무기체계 획득사업에 있어서 효율성·전문성·투명성 및 경쟁력 확보를 위하여 2006년 1월 1일부로 방사청을 개칭하기에 이르렀다. 그러나 무기체계 기종선정과정에 있어서 아직까지도 잡음이 많고 끊임없이 민원이 제기되고 있는 것 또한 사실이다.

군이 무기체계를 구매하는 사업은 구매할 기종을 선정하는 기종결정 단계가 가장 중요하고 민감한 사항이다. 왜냐하면, 기종결정이란 사업의 목적에서부터 시작하여 국방획득 목적에 부합하기 위해서 저렴한 가격에, 유리한 조건으로 획득하고자 하는 노력의 결실물이기 때문이다. 또한, 막대한 예산이 투입된 만큼 국회나 국민의 시선이 집중되는 단계이기도 하다. 하지만, 기종선정 과정과 결과의 정당성을 공개하는 것을 꺼리는 현 체제하에서는 이러한 불신을 해소하기에는 역부족이며 앞으로 해결될 것이라는 기대감도 덜하다.

이러한 측면에서, 무기체계 구매사업에 있어서 기종결정을 위한 효율적인 의사결정기법은 상당히 중요한 과정이라 할 수 있다. 하지만, 현재 국방획득상의 규정과 지침상 절차와 기법이 다소 객관성이 부족하고 논리적으로 미흡하기 때문에 여러 가지 문제가 발생한다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 새로운 대안을 제시하는 것은 차후 국방획득사업에 있어서 투명성과 공정성을 높일 수 있는 효율적인 방법이 될 수 있을 것이다.

그러나, 모든 경우에 있어서 모든 조건을 만족하는 의사결정 기법은 사실상 현실 세계에서는 존재하기 어렵다. 따라서 본 연구의 목적은 첫째, 현 방위사업관리 규정 및 지침상의 기종결정 평가에

관한 문제점을 분석하여 비합리성을 지적하고자 한다. 둘째, 다기준 의사결정 기법인 AHP, PROMETHEE, 정성적 및 정량적인 DATA에 대한 요소변환 등에 대하여 공리체계와 수학적 원리, 장·단점을 분석하여 기법적 특성과 차이점에 대하여 구별한다. 또한, 이를 기초로 무기체계 기종결정을 위한 평가방법에 있어서 의사결정 기법별 특성에 기초한 다양한 평가항목 유형별로 대안을 제시한다. 즉, 정성적 또는 정량적, 평가항목에 따라 각 대안별로 선호되는 정도를 어떤 함수의 형태로 표현할 수 있는나? 등에 대해 그 상황에 적합한 의사결정 기법을 제시하고자 한다. 셋째, 이러한 합리적 대안을 제시함으로써 향후 진행될 무기체계 구매사업에서 객관적이고도 누구나 공감할 수 있는 기종결정 평가방법을 적용함으로써 궁극적으로 국방획득사업의 투명성과 공정성을 높이고자 한다.

본 연구의 범위는 논문의 취지와 효율성을 고려하여 국방획득사업의 현 지침상 무기체계 구매사업시 종합평가에 의한 기종결정 방법으로 한정하여 연구를 진행하였다. 기법 적용 사례로는 헬기 기종 선정문제를 제시하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 다기준 의사결정 기법

의사결정 과정에서 단일기준 문제에서의 일반적인 형태는 다음과 같다.

$$\text{Max}\{ f(a) \mid a \in K \} \quad (K : \text{가능한 해}),$$

여기서의 최적해 $\tilde{a}, f(\tilde{a}) \geq f(a), \forall a \in K$ 즉, 조건을 가장 잘 만족시키는 해를 찾아내는 것이며 이는 쉽게 결정되어 질 수 있다. 예를 들어, 헬기 기종결정에 있어서 가격만의 조건을 고려한다면 가장 가격이 저렴한 기종을 선택하는 것이 최적의

대안이다.

하지만, 다기준 문제에서는 다음과 같이 표현되어 질 수 있다.

$$\text{Max}\{ f_1(a), f_2(a), \dots, f_h(a), \dots, f_k(a) \mid a \in K \}$$

(k : 다기준),

즉, 다기준에서의 최적해 $\tilde{a}, f_h(\tilde{a}) \geq f_h(a), \forall a \in K, \forall h$ 를 만족시키는 최적해 \tilde{a} 는 현실적으로 거의 존재하지 않는다. 그러나, 현실에서 경제적인 의미를 가지며, 풀어야할 숙제이기도 하다 [1]. 여기서, 다기준의사결정(MCDM : Multi-Criteria Decision Making)이란 평가기준이 다수인 경우, 각 기준 하에서 선택대상으로 고려하고 있는 다수 대안들의 선호도를 각각 측정하고, 이를 종합하여 최선의 대안을 선택하고자 하는 과정을 말한다[2].

이러한 다기준 의사결정 문제를 해결하기 위한 대표적인 기법으로 미국 중심의 AHP와 유럽 중심의 PROMETHEE가 있다. 이들의 연구는 계속 진행되고 있지만 기법은 각기 다른 공리체계로 인하여 각각의 장단점을 가지고 있어서 모든 상황에 적합한 의사결정기법은 존재하지 않는다. 이러한 맥락에서 각 상황에 상대적으로 적합한 의사결정 기법을 제안하고 적용하는 것이 바람직할 것이다.

2.1.1 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법

Saaty[3]에 의하여 제안된 AHP는 정량적인 분석이 곤란한 의사결정분야에 전문가들의 정성적인 지식을 이용하여 경쟁되는 요소의 중요도를 결정하는 방법이라고 요약할 수 있다. AHP는 의사결정 문제를 계층 구조화하고, 쌍대비교를 기초로 평가기준들의 가중치(상대적 중요도)와 각 평가기준하에서의 대안들의 상대적 선호도를 도출한 후, 이를 계층구조에 따라 종합화하여 비교대안들의 평가순위와 종합적 선호도를 구하는 방법이다.

AHP에 사용되는 평가척도는 비율척도이기 때문에 AHP는 대안의 우선순위 결정에 대한 문제 뿐만 아니라 자원배분에 관한 문제에도 적용될 수 있다. 또한, AHP에서 사용되는 척도는 이산형과 연속형의 값을 모두 취할 수 있으며, 쌍대비교의 값은 실제 측정에 의해 얻을 수도 있고, 평가자의 상대적 선호도를 반영하는 척도 값에 의해 얻을 수도 있다. AHP에서 평가기준들의 가중치와 평가기준별 대안들의 상대적 선호도는 아이겐벨류 방법(eigenvalue method)에 의하여 계산되며, 쌍대비교행렬에 대한 일관성비율(Consistency Ratio, CR)을 구하여 판단의 일관성을 검토한다[3].

AHP는 의사결정자의 오랜 경험이나 직관 등을 평가의 바탕으로 하고 있다. 그렇기 때문에 수치로 표현할 수 있는 양적(quantitative) 평가기준은 물론 흔히 의사결정문제에서 다루기 곤란하면서도 반드시 고려하지 않으면 안 될 질적(qualitative) 평가기준들도 비교적 쉽게 처리할 수 있다. 뿐만 아니라 분석과정도 직관적이고 비교적 쉽다는 장점을 지니고 있다[4].

AHP가 복잡한 문제를 계층 구조화하여 관리 가능한 문제들로 분해하고, 정량적이고 정성적인 평가기준 모두를 고려할 수 있다는 장점은 있으나, 다음과 같은 단점도 갖고 있다. 첫째, 평가기준간의 가중치 산출과 평가기준별 대안들의 상대적 선호도 측정을 위해 수행되는 쌍대비교는 평가기준 및 비교대안의 수가 추가되거나 삭제될 때마다 다시 수행되어야 하는 번거로움이 있다. 둘째, 비교대상의 수가 증가함에 따라 의사결정자가 판단해야 할 평가횟수는 급증하게 된다. 셋째, 쌍대비교행렬에 대한 일관성 비율의 해석과 타당성 여부가 명확히 검증되지 못하였다. 넷째, 9점 비율척도를 사용함으로써 선호의 기수적 일관성(cardinal consistency) 문제가 발생할 수 있다. 다섯째, 대안이 추가되거나 삭제될 경우 기존 대안의 순위역전현상이 발생할 수 있다[2].

종합하여 볼 때, AHP기법은 다기준 의사결정

문제에서 각 기준에 대한 중요도 즉, 가중치를 얻을 수 있는 합리적인 방법이 될 수 있으며 모든 요소가 정성적이거나 정량적인 요소로 전환이 불가능한 상황에서 문제를 해결할 수 있는 의사결정 방법이라 할 수 있다. 왜냐하면, 정량적인 요소의 경우 전문가의 직관에 의한 결정보다 드러나 있는 수치 그대로를 판단하여 의사결정 하는 것이 보다 객관적이고 합리적인 방법이기 때문이다.

2.1.2 PROMETHEE

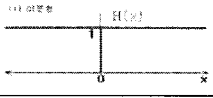
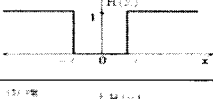

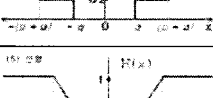


Brans와 Vincke는 선호의 유출량(leaving flow)과 유입량(entering flow) 개념을 이용하여 대안들의 순위선호를 도출하는 PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHOD for Enrichment Evaluations)를 제안하였다[1]. PROMETHEE에서 선호의 유출량과 유입량을 계산하기 위해 사용되는 선호지수(preference index)는 식(1)과 같다.

$$\Pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b) W_j \quad (1)$$

식(1)에서 $P_j(a, b)$ 는 평가기준 j 의 선호함수를 나타내며, W_j 는 평가기준 j 의 가중치를 의미한다. 선호함수 $P_j(a, b)$ 는 두 대안 a 와 b 의 평가점수 차이에 대한 평가자의 선호성향을 반영하는 함수이다. 또한 선호함수는 평가자가 평가기준별 선호함수와 선호임계치를 결정하게 되면 내부 알고리즘에 의하여 대안들 간의 쌍대비교가 자동적으로 수행되므로 평가자가 직접 쌍대비교를 수행해야 하는 번거로움이 없어진다.

따라서 비교대안의 수가 매우 많고, 새로운 대안이 추가되거나 삭제되는 경우 PROMETHEE는 AHP보다 효율적으로 쌍대비교를 수행할 수 있는 장점이 있다. 그러나 평가자는 선호지수를 계산하기 위하여 평가기준별 가중치를 사전에 알고 있어야 하므로 PROMETHEE에서도 가중치를 합리적으로 결정해야 하는 문제가 발생한다.

<표 1> 기준별 선호함수와 임계치

(1) 이분형		$H(x) = \begin{cases} 0, & x < 0, \\ 1, & x > 0. \end{cases}$
(2) 직선		$H(x) = \begin{cases} 0, & x \leq l, \\ 1, & x > l. \end{cases}$
(3) V형		$H(x) = \begin{cases} x/m, & x \leq m, \\ 1, & x \geq m. \end{cases}$
(4) 계단형		$H(x) = \begin{cases} 0, & x \leq q, \\ 1/2, & q < x \leq q+p, \\ 1, & x > q+p. \end{cases}$
(5) 사다리형		$H(x) = \begin{cases} 0, & x \leq s, \\ (r-s)/r, & s < x \leq s+r, \\ 1, & x \geq s+r. \end{cases}$
(6) 정규분포형		$H(x) = \begin{cases} 0, & x < 0, \\ \frac{1}{1 - e^{-2\alpha^2}}, & x > 0. \end{cases}$

PROMETHEE 기법은 PROMETHEE I과 II로 나누어 분석할 수 있다. PROMETHEE I은 대안과 대안간의 쌍대 비교를 통하여 선호 유출량과 선호 유입량의 관점에서만 분석하는 방법으로 대안간의 선호관계와 비교 불가능성의 관계를 구분할 수 있다는 장점이 있다. 반면에 PROMETHEE II는 선호 유출량과 유입량의 차이에 의한 순흐름량을 기준으로 모든 대안간의 절대순위선호를 표현하는 방법이다.

PROMETHEE 기법의 기준별 선호함수와 임계치는 <표 1>과 같다[1].

여기서, $x = f(a) - f(b)$ 즉, 대안 a 와 대안 b 의 각 평가기준에 대한 값의 차이를 나타내고 $H(x) = \begin{cases} P(a, b), & x \geq 0, \\ P(b, a), & x < 0. \end{cases}$ 으로 표현된다.

PROMETHEE에서 대안들 간의 순위선호관계는 식(2)와 같은 선호유출량(leaving flow, Φ^+)과 선호유입량(entering flow, Φ^-) 개념을 이용하여 도출된다.

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \neq a} \Pi(a, b)$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in k} \Pi(b, a),$$

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a), \quad (2)$$

, where of all alternatives n.

식(2)에서 $\Phi^+(a)$ 는 대안 a와 나머지 모든 대안의 선호지수의 합으로서 대안 a가 나머지 모든 대안을 지배하는(dominating) 정도를 나타낸다. 따라서 $\Phi^+(a)$ 가 클수록 대안 a가 나머지 비교대안들 보다 우월하다는 것을 의미한다. 또한 $\Phi^-(a)$ 는 나머지 모든 대안과 대안 a의 선호지수의 합으로서 대안 a가 나머지 모든 대안에 의하여 지배되는(dominated) 정도를 나타낸다. 따라서 $\Phi^-(a)$ 이 클수록 대안 a가 나머지 비교대안들보다 열등함을 의미한다. 따라서 식(2)의 유입량과 유출량을 이용한 선호관계는 식(3)과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} a P^+ b & \text{ if } \Phi^+(a) > \Phi^+(b) \\ a P^- b & \text{ if } \Phi^-(a) < \Phi^-(b) \\ a I^+ b & \text{ if } \Phi^+(a) = \Phi^+(b) \\ a I^- b & \text{ if } \Phi^-(a) = \Phi^-(b) \end{aligned}$$

즉, a outranks b ($a P_1 b$):

$$\text{if } \begin{cases} a P^+ b \text{ and } a P^- b, \\ a P^+ b \text{ and } a I^- b, \\ a I^+ b \text{ and } a P^- b, \end{cases} \quad (3)$$

a is indifferent to b ($a I_1 b$):

if $a I^+ b$ and $a I^- b$.

a and b are incomparable ($a R b$): otherwise

여기서 $a P_1 b$ 는 PROMETHEE I의 방법으로 분석하였을 때 대안 a가 대안 b보다 우위에 있음을 나타낸다. 즉, PROMETHEE I의 방법에서 대안 a가 대안 b에 대하여 우위에 있기 위해서는 대안 a가 대안 b보다 유출량과 유입량 모두에서 앞서는 경우, 유출량에서는 앞서고 유입량의 관점에서는 무차별인 경우, 유출량에서는 무차별이지만

유입량에서는 앞서는 경우이다. 그리고 유출량에서는 앞서지만 유입량에서 뒤진다면 비교 불가능 관계에 있다고 표현한다($a R b$).

비교 불가능한 관계는 무차별한 관계와는 다른 개념으로, 예를 들어, 대안 a의 유출량과 유입량이 각각 0.7과 0.3이고, 대안 b의 유출량과 유입량이 0.5와 0.1인 경우를 가정하자. 유출량 관점에서는 대안 a가 우월하나 유입량 관점에서는 대안 b가 우월하여, 대안 a와 대안 b는 우열을 가리기 힘든 상황(incomparable relation)에 있음을 말한다. 이는 선호의 추이성(transitivity)과 비교대안의 완전한 구분가능성(completeness)을 가정하고 있지 않기 때문이다.

이러한 비교불가능성이 실제 의사결정과정에서 존재하는 이유는 다음과 같이 세 가지로 정리할 수 있다. 첫째, 의사결정문제에 대한 정보의 부족 및 불확실성으로 인하여 평가자의 판단력이 흐려지기 때문이다. 둘째, 적합한 선호함수가 존재하지 않는 경우가 발생할 수 있기 때문이다. 셋째, 의사결정자의 선호에 대한 인식결여 또는 선호표현의 부정확성 등으로 비교가 불가능할 수 있다 [5].

한편, PROMETHEE에서의 비교불가능성은 AHP에서 선호판단의 비일관성(inconsistency)과는 다른 개념이다. PROMETHEE의 비교불가능성은 비교대안의 선호판단과정(선호함수)에서 발생하는 것이 아니라 비교대안들의 평가순위를 결정하는 과정에서 파생된다는 점에서 AHP의 비일관성과는 다르다고 볼 수 있기 때문이다.

지금까지 논의한 AHP, PROMETHEE의 기본 가정 및 공리체계를 정리하면 <표 2>와 같고, 이를 통해 PROMETHEE가 갖는 유용성 및 한계점은 다음과 같다[6].

첫째, PROMETHEE I에서는 부분적인 우선 순위(각 대안간의 비교)를 표현해 줌으로써, 일괄적인 전체 순위 판단으로 인한 정보의 손실 즉, 선호정도의 측면에서 어떤 기준에서는 지배하고 있

〈표 2〉 평가기법별 기본가정 및 공리체계 비교

구분	AHP	PROMETHEE
선호함수 형태	평가자의 주관적 판단에 의존	수학적 함수형태로 표현
가중치 결정방법	쌍대비교행렬에 기초하여 아이겐벡류 방법을 이용하여 도출	사전 연구 및 의견수렴을 통하여 평가기준별 가중치 결정
비교대안의 평가방법	평가자의 주관적 판단에 의존한 쌍대비교 수행	내부 알고리즘에 의한 수치적 쌍대비교 수행
평가순위 부여방법	평가기준의 가중치와 평가기준별 선호도의 가중합 크기 순서로 결정	순위선호방법을 이용하여 평가순위 결정
의사결정문제의 계층구조화	평가기준의 계층구조화	모형에 반영되어 있지 않음

지만 다른 기준에서는 지배받고 있음으로 인해 각 대안간의 관계의 비교불가능성에 대한 손실을 방지하고 파악할 수 있다. 즉, 비교 불가능한 대안으로 분류할 수 있다.

둘째, PROMETHEE는 의사결정문제의 계층구조화에 대한 구체적인 방법을 제시하고 있지 못하다.

셋째, PROMETHEE는 평가기준별 가중치를 사전에 결정하여야 한다는 단점이 있다. 따라서 PROMETHEE에서 사용되는 가중치는 과거의 경험 및 평가자들의 의견수렴과정을 통하여 결정되어야 한다.

넷째, PROMETHEE에서 평가자가 평가기준별 선호함수와 선호임계치를 결정하면, 내부 알고리즘에 의하여 쌍대비교가 자동적으로 이루어진다. 따라서 비교대안이 추가되거나 삭제되더라도 AHP에서처럼 쌍대비교를 다시 수행해야 하는 문제를 극복할 수 있다.

결론적으로, PROMETHEE는 가중치가 사전에 결정되어 있으며, 선호함수를 평가자가 명확히 부여할 수 있는 상황에서 AHP보다 주관성을 최대한 배제하고 객관적인 판단을 할 수 있는 유용한 다기준 의사결정기법이라고 볼 수 있다.

2.1.3 정량적/정성적 요소의 변환

정성적인 요소를 구간척도로 변환하는 가장 보편적인 방법은 양극법(Bipolar method)이다. 예를 들면 10개의 점을 갖는 척도를 구성한 후 10번째

점을 실제적으로 얻을 수 있는 최대값으로, 0을 최소값으로 표시한다. 중간점은 변환의 기준이 되어 이를 중심으로 바람직한 값과 바람직하지 못한 값에 대한 기수(Cardinal number)를 지정하게 된다.

이런 식의 구간척도는 다음과 같은 가정을 전제로 한다. 이윤 요소에서 “9”는 “3”보다 3배 더 바람직하고, “적음”과 “많음”의 차이는 “매우 적음”, “평균”의 차이와 같아야 한다.

요소치(Attribute value)의 정규화는 서로 다른 측정 단위를 갖는 요소치들간의 비교를 가능하도록 하기 위한 것이다. 모든 다기준의사결정 방법이 정규화를 필요로 하는 것은 아니다. 다른 요소들의 평가치를 비교할 필요가 있는 방법들에서만 정규화 절차를 거치게 된다.

요소별 정규화 하는 방법으로 벡터 정규화를 들 수 있다. 이 방법은 각 열 벡터(Column vector)를 자신의 norm으로 나눔으로써 얻어진다. 즉, 정규화된 의사결정 행렬의 원소 r_{ij} 는 아래와 같다.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (4)$$

이 방법은 모든 요소가 무차원 단위(Non-dimensional unit)로 표현됨으로써 요소들 간의 비교를 가능하게 한다. 그러나, 같은 길이를 갖는 측정 단위를 제공하지 못한다는 단점이 있다. 즉 각 요소별 요소치의 최대, 최소가 같지 않기 때문에 단순한 비교는 곤란하다. 이럴때는 각 요소별로

요소치들을 해당 요소의 요소치들 중 최대치로 나누면 된다. 이윤 요소, 즉 요소치가 높을수록 높은 선호도를 갖는 요소에서 $x_j^* = \max x_{ij}$ 라 할 때, 변환된 요소치는

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad (5)$$

이다. 이때, $0 \leq r_{ij} \leq 1$ 이다. 비용 요소에서는

$$r_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad (6)$$

이다. 그러나 이윤 요소와 비용 요소가 공존하는 의사결정 행렬에서는 위의 식을 사용할 수 없는데, 이는 기준점이 이윤 요소에서는 0, 비용 요소에서는 1로 서로 다르기 때문이다.

이윤 요소와 비용 요소가 공존하는 경우에는 아래와 같이 변환하면 된다. 요소 X_j 에 대해서 $x_j^{\min} = \min x_{ij}$ 이라 놓으면 이윤 요소에 대한 변환은

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^* - x_j^{\min}} \quad (7)$$

을 이용하고 비용 요소의 변환은

$$r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^{\min}} \quad (8)$$

에 의하면 된다. 이 방법의 장점은 식(7)과 식(8)에서 알 수 있듯이 정규화된 요소치 r_{ij} 가 정확히 0과 1 사이에 있다는 것이다[7].

하지만, 정성적인 DATA 값 즉, 각 대안들의 각 기준별 수치에 대한 차이 값이 곧 선호되는 정도로 볼 수 있느냐의 문제가 발생한다. 즉, 대안 a의 값이 0.6이고 대안 b의 값이 0.3일 때 대안 a를 대

안 b보다 2배만큼 선호하는지에 대해 의문이 생긴다. 그럼에도 불구하고, 요소 변환 방법은 정량적이고 정성적인 요소들을 수치화하고 서로 다른 측정 단위를 갖는 요소치들을 비교 가능하도록 해준다는데 그 의미가 있다.

2.2 선행연구 고찰

먼저, 노장갑 등 2명[8]은 무기도입사업의 기종 결정 평가방법에 있어서 획득사업의 목표와 연계하여 평가요소를 작성해야 평가목적에 명확하게 전달할 수 있다고 하였다. 또한, 주관적인 요소를 객관적 요소와 분리하여 평가하고 객관적인 요소의 정량적인 평가를 실시함으로써 평가의 공정성과 객관성을 제고할 수 있음을 제안하였다.

고영형[9]은 “방위사업청 국외구매사업 제안서의 효율적 평가체계에 관한 연구”를 통해 기종결정을 위한 평가요소 간 가중치를 합리적으로 결정하기 위해 AHP와 ANP기법의 비교분석을 통해 제시한 바 있다. 또한, 평가항목별 점수부여 기준에서는 과거 KMH 개발사업에서 사용한 정량화 방법을 제시하였다.

어하준 등 2명[10]은 AHP기법을 활용하여 평가의 계층구조에 따라 각 항목의 중요도와 대안별 능력평가 결과가 산출되면 최하위 계층부터 그 평가결과를 가중합하여 상위 계층의 가중치와 누적하여 곱한 점수를 산출하고 최상위 계층에 이르러서는 DEA 기법을 적용하여 평가대안 사이에 우열을 가려내는 방법을 제안하였다.

홍성준[11]은 상수도관망의 위험요소들간의 우선순위를 규명하고 중요도를 산정하기 위하여 다기준 의사결정기법인 PROMETHEE와 ANP를 사용하여 상수도관망에서 모니터링 되는 위험요소 사이의 우선순위 평가문제에 적용하여 각 기법의 특징과 결과를 비교 분석하였다.

봉인식[12]은 다기준 의사결정방법이 각 방식마다 장점과 약점이 있어 어느 것이 가장 우수하

다고 단정 짓기는 어렵지만 비추이성, 제한적 합리성을 전제로 한 PROMETHEE 모형이 가중치 및 선호변수가 합리적으로 결정되면 방법론적으로 보다 유용한 기법이라 하였다. 이는 객관적 사실에 기초한 기준을 요하는 분야에 적합한 방법이라 제안하며, 주거수준, 공공지원소요 및 재정부담능력에 대한 14가지 기준을 선정하여 경기도 차원에서 주택관련 공공지원 우선순위 선정에 적용하였다. 또한, 다기준의사결정방법의 적용에 있어 주관성이 개입할 수 있는 기준설정, 기준값 산정, 가중치 결정은 매우 주의를 기울여 도출해야 함을 강조하기도 하였다.

안영목[13]은 헬리콥터 기종 선정문제에 AHP 기법과 평가항목별 자료를 요소 변환으로 수치를 정량화하여 의사결정자의 일관성 및 선호에측력, 기수적 특성, 적용의 용이성을 검토함으로써 실제적인 의사결정에 유용한 도구로 활용할 수 있는 토대를 마련하였다.

3. 기종결정 규정 및 문제점 분석

3.1 기종결정 관련 규정

방위사업청은 구매사업과 관련하여 방위사업법령으로 제정하고 있는데 그 내용은 다음과 같다[14].

첫째, 방위사업청장은 국내에서 생산된 군수품을 우선적으로 구매한다. 다만 국내구매가 곤란한 경우에는 국외에서 생산된 군수품을 구매할 수 있다.

둘째, 방위사업청장은 구매사업의 효율적인 수행을 위하여 필요한 경우에는 위원회의 추천을 받아 국제계약관련 분야에서 근무한 경력이 있는 자 등 대통령령이 정하는 민간전문가를 구매절차에 참여하게 할 수 있다.

셋째, 방위력개선사업의 추진을 위한 구매절차 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

또한, 무기체계 구매사업의 추진원칙으로 3가

지를 제시하고 있다[15].

첫째, 무기체계 구매사업은 국내에서 생산된 군수품을 우선적으로 구매하는 것을 원칙으로 하며, 요구조건을 충족하는 국내 생산품이 없는 경우 등 국내구매가 곤란할 때에는 국외에서 생산된 군수품을 구매할 수 있다.

둘째, 무기체계를 임차로 획득시 절차는 구매사업절차를 준용한다.

셋째, 통합사업관리팀장은 암호장비가 필요한 무기체계를 구매하는 경우에는 암호장비의 체계연동을 위한 규격, 가용시기 등에 관한 자료를 사전 확보하여 체계통합에 미치는 영향을 파악하고 체계통합 및 전력화시기 등에 영향을 미치는 경우 이의 조정을 위하여 합동참모본부(이하 “합참”이라 한다.), 소요군, 국방정보본부 등과 협의한다.

이러한 원칙 및 규정에 따라 구매사업으로 결정될 시 제안서 평가를 실시하는데 이때는 다음사항을 고려한다[16].

첫째, 업체제안서의 신뢰성 및 제출 자료의 충실성

둘째, 요구되는 성능의 만족도(자료평가 및 필요한 경우 현지평가에 의한다)

셋째, 가격제안(구매비용 및 수명주기비용 등을 말한다)

넷째, 절충교역의 조건 및 내용

다섯째, 기술이전조건

여섯째, 종합군수지원

일곱째, 계약의 일반 및 특수조건 충족정도

여덟째, 제안내용의 보증 및 이행조건(성능·기술이전, 종합군수지원요소 등)

아홉째, 기타 업체제안의 유리한 사항

이밖에, 방위사업청의 기타 법령 및 업무지침에는 제안서 평가 및 대상장비 선정에 관련된 사항, 시험평가 및 협상에 관한 사항, 기종결정에 관한 사항 등 업무를 수행하는데 필요한 제반 규정 및 지침들을 제시함으로써 업무의 효율성을 기하고 있다.

기종결정평가는 선정된 대상장비에 대한 시험 평가 및 협상이 종료된 이후 실시한다. 기종결정을 위한 평가요소는 비용요소와 비비용 요소로 구분된다. 비용요소란 구매가격, 운영유지비, 지급 일정, 비반복 비용 환급, 보증조건 및 지급 이행조건 등 비용으로 환산될 수 있는 모든 요소를 말하며, 비 비용요소는 비용요소 외에 무기체계 성능 및 절충교역조건 등 비용으로 환산할 수 없는 요소를 말한다.

기종결정 평가 방법은 요구조건 충족 시 최저비용에 의한 방법과 종합평가에 의한 방법으로 구분된다. 이때 대상무기체계의 성능 차이가 크거나 대상무기체계가 기 개발된 품목이어서 한국의 요구조건에 맞추어 성능을 조정할 수 없는 경우, 최신 기술을 요구하는 무기체계 등의 필요성이 인정되는 경우, 주요 국책사업 및 대규모 방위력개선 사업의 경우 등에는 종합평가에 의한 방법을 적용한다. 종합평가지 평가요소로는 투자비 및 운영유지비의 경제성, 시험평가 결과, 전력화지원요소, 절충교역 조건 또는 협상 평가결과, 방산·군수협력 협정체결 및 해외협력사업 추진여부, 계약상대국에 대한 우리 군수품의 판매실적과 해당 구매무기의 주요국가 운용실적, 협상결과, 국가전략 및 안보, 군사외교 등 국가이익 등이다.

또한, 통합사업관리팀장은 전문가 의견수렴 방법(AHP 기법 등)을 적용하여 제안서 접수 전까지 평가항목에 대한 가중치를 결정하고 기종결정 평

가요원(전문기관)은 규정에 의한 평가 기준표를 근거로 평가 항목별로 평가한다[15].

3.2 평가 방법론상의 문제점

무기체계 기종결정 평가에 있어서 가장 중요하다고 말할 수 있는 부분은 평가 기준별 가중치를 어떻게 적용하느냐와 평가항목별 정량적 요소와 정성적 요소를 어떻게 점수를 부여하느냐이다. 우선, 평가 기준별 가중치에 관한 문제는 앞에서 언급한 기종결정에 관한 규정에서처럼 전문가의 설문에 의한 AHP기법을 적용하여 결정하는 것은 합리적이라 생각된다. 다음으로 평가항목별 점수 부여에 관한 문제는 방위사업청의 제안서평가 업무 안내서에서 명시하고 있는 제안서 평가유형 구분을 위주로 하여 문제점을 분석하고자 한다[17].

<표 3>의 사례는 모두 4가지 평가유형(A, B, C, D)을 분류하였는데 각각의 유형에 따라 대안별 평가 결과를 모두 1점을 기준으로 표준화한 것을 볼 수 있다. 그 이유는 개별 평가항목마다 대안을 평가한 점수를 해당 항목의 가중치와 곱하게 되는데, 만약 서로 다른 척도(scale)에 따라 평가 결과를 계량화한다면 평가항목의 유형에 따라서 가중합 결과가 편향되게 나타날 우려가 있기 때문이다. 그리고 이렇게 가중합한 점수는 다음 단계에서 평가결과를 종합할 때 기본 자료가 되므로 모든 평가항목에 동일한 척도를 사용하여야 공정

<표 3> 평가항목 유형 결정 (예)

평가분야		평가 유형	평가점수 부여방법
정량적 항목	제안 수치 직접 적용	A	- 제안 수치의 표준화 점수 산출 - 최고값=1로 하는 정규화비율 적용
정성적 항목	절대평가가 가능한 항목	B	- 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1(6단계) - 최고값=1로 하는 정규화비율 적용
	상대평가만 가능한 항목	C	- 업체별 제안내용에 대한 쌍대 비교결과(AHP 기법 적용) - 최고값=1로 하는 정규화비율 적용
	제안조건의 충족여부를 기준으로 평가	D	- Pass(1), Fail(0) - 만족에 대한 조건 및 기준 설정

한 평가가 이루어 질 수 있다. 하지만, 여기서 우리는 다기준 의사결정 과정에서의 몇 가지 문제점을 도출할 수 있다.

첫째, 정량적 항목을 최고값=1로 하는 정규화 비율을 적용할 시, 이윤 요소와 비용 요소가 동시에 존재하는 경우에는 같이 사용할 수 없다. 왜냐하면, 기준점이 이윤 요소에서는 0이지만, 비용 요소에서는 1로 서로 다르기 때문이다. 대부분의 다기준 의사결정 문제에서는 이윤 요소와 비용 요소가 동시에 존재하므로 정량적 항목의 변환을 위해서는 앞의 2장에서 설명한 이윤 요소와 비용 요소가 공존하는 경우의 정규화 방법을 적용하는 것이 바람직 할 것이다.

둘째, 정성적 항목을 6단계로 하여 평가점수 산정 시 선호정도의 반영정도가 미흡하다. 예를 들어 0.8점인 대안 A가 0.4점인 대안 B보다 선호정도에 있어서 2배정도 선호되느냐의 문제이다. 이는 평가사항에 대한 만족도를 평가하여 일괄적으로 1점을 기준으로 감점하는

방식을 적용하였기 때문에 발생하는 결과이다.

평가항목에 대한 각 대안별 차이에 대해서 선호정도의 함수형태와 임계치를 적절하게 설정할 수 있다면 PROMETHEE 방법을 적용하여 이를 해소할 수 있을 것이다.

셋째, 특정 항목에 대하여 1점 또는 0점으로 양분화하여 점수를 산정하면 가중합으로 종합평가 시 필요이상으로 영향을 준다. 다른 모든 항목들이 1점을 기준으로 표준화되어 평가되는 점을 고려해보면 0점과 1점의 차이는 전체 종합점수에 많은 영향을 줄 수 있기 때문이다.

넷째, 위의 네 가지 유형 이외에 평가항목별로 점수화하여 단순 가중합 방식으로 점수를 종합하여 우선순위를 도출할 시 평가자의 주관적 경향 존재와 평가자의 선호에 따른 어떤 한 부분이 필요이상으로 강조될 수 있다. 이는 기준들 간의 보정 작용으로 인해 모순적 결과가 유발될 수 있고, 단일적도(점수)로 환산하는 단순가중치법은 환산 방법(과정)에 따라 서로 다른 결과를 가져올 수 있기 때문이다. 단순 가중합 방식의 오류의 예를 <표 4>에서 살펴보면 단순히 C1의 평가항목에

<표 4> 단순 가중합 방식의 오류 (예)

기준	가중치	대안			가중합			
		A	B	C	A	B	C	
C1	0.40	4	3	4	1.60	1.20	1.60	
C2	0.25	3	3	2	0.75	0.75	0.50	
C3	0.25	2	4	3	0.50	1.0	0.75	
C4	0.10	2	3	1	0.20	0.30	0.10	
합계	1.0				합계	3.05	3.25	2.95
					순위	2	1	3

C1의 값을 2배로 변경

기준	가중치	대안			가중합			
		A	B	C	A	B	C	
C1	0.40	8	6	8	3.20	2.40	3.20	
C2	0.25	3	3	2	0.75	0.75	0.50	
C3	0.25	2	4	3	0.50	1.0	0.75	
C4	0.10	2	3	1	0.20	0.30	0.10	
합계	1.0				합계	2.85	0	0
					순위	1	3	2

대한 점수를 2배로 바꾼 것만으로도 우선순위가 바뀔 수 있다.

다섯째, 단순 가중합 방식에 의한 우선순위 도출 시 대안과 대안간의 상호 비교가 어려워진다. 즉, 모든 대안에 있어서 종합적인 우선순위를 알 수 있지만 대안과 대안간의 상대비교를 통한 상호간의 강·약점, 보완해야 할 점, 평가항목간의 상충관계 등을 알 수 없다는 것이다. 이는 PROMETHEE 방법을 통해 상호 비교불가능 관계를 파악하고 우선순위를 도출함으로써 해결할 수 있을 것이다.

4. 무기체계 기종결정 평가방법 분석

본 장에서는 무기체계 기종결정 평가방법상의 문제점을 보완하기 위한 평가항목 유형별 상황에 적합한 의사결정 기법을 실제 사례를 통하여 적용하고 비교하고자 한다. 먼저, 각 평가항목에 대한 가중치는 현재까지 널리 사용되고 있고 기종결정 평가 규정상에 제시되어 있는 AHP기법을 제시할 것이다.

헬기 기종선정 사례를 다루기 위해서는 3장에서 다루었던 규정과 지침에 의해 헬기 기종선정을 위한 계층 분석화 과정을 거쳐야 한다. 하지만, 그럴 경우 본 논문의 결과가 차기 공격헬기 사업을 계획하고 있는 군 입장에 비추어 볼 때 자칫, 민감한 문제의 여지를 제공할 수 있다. 대안으로 과거 군에서의 기종결정 사례를 적용하여 비교 분석할 수 있지만 이 또한 공개를 꺼리는 등의 자료 확보 문제의 어려움으로 여의치 않았다. 따라서, 본 논문에서의 적용사례 자료는 평가 기법별 비교의 합리성과 용이성을 위하여 안영목(2000)[13]에 의해 제시된 상용 헬리콥터 기종선정에 관한 자료를 활용하였다.

4.1 AHP에 의한 평가항목 가중치 결정

헬리콥터의 기종결정이라는 최종목표를 달성하

기 위하여 이를 계층 분석화 하여 의사결정자의 선호도에 따라 쌍대 비교를 통해 상대적 중요도를 판단한 결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 헬리콥터 기종결정 중요도 산정결과

평가 기준		가중치
대 기준	소 기준	
기체제원 (0.06)		0.06
항속거리 (0.0424)		0.022
속도 (0.1098)	최대순항속도 (0.7500)	0.043
	초과금지속도 (0.2500)	0.014
이륙중량 (0.1834)	자체중량 (0.1667)	0.016
	최대이륙중량 (0.8333)	0.079
상승한도 (0.0463)	최대상승고도 (0.1667)	0.004
	최대상승률 (0.8333)	0.02
최대하버 고도(0.0288)	HIGE (0.5000)	0.008
	HOGE (0.5000)	0.008
연료적재량 (0.0615)	표준적재량 (0.2000)	0.006
	최대적재량 (0.8000)	0.025
비행성능 (0.3837)	계기비행 (0.8333)	0.166
	자동항법비행 (0.1667)	0.033
엔진출력 (0.1441)		0.075
수송능력 (0.198)	탑승인원 (0.8333)	0.165
	화물적재 (0.1667)	0.033
지원사항 (0.042)	보증기간 (0.2000)	0.009
	정비지원 (0.8000)	0.034
기체가격 (0.18)		0.18

<표 5>에서와 같이 헬기 기종결정을 위해서 성능항목, 수송능력, 기체가격이 중요한 요소임을 알 수 있고, 성능 가운데서는 비행성능이, 수송능력에서는 탑승인원이, 지원사항에서는 정비지원성이 중요한 요소임을 알 수 있다. 이 결과에 의한

값이 다음 절에서 언급할 다기준 의사결정 방법인 요소 변환과 PROMETHEE에서의 가중치 수치에 그대로 적용하였다.

4.2 PROMETHEE에 의한 기종결정 방법

의사결정자가 평가항목 유형별로 각 대안별 선호되는 정도를 적절한 함수의 형태와 임계치를 설정할 수 있는 상황에서는 평가자의 주관적인 요소를 배제하면서도 단순 가중합 방식의 문제점을 극복하는 방법으로 PROMETHEE를 고려할 수 있다. PROMETHEE 기법을 적용하기 위해서는 각 기준별 가중치와 선호함수, 임계치를 사전에 설정할 수 있어야 하는데, 본 절에서는 PROMETHEE 기법을 적용함에 있어 가중치 설정을 위해 Cathy Macharis[6]에 의해 제안된 AHP 기법을 보조적으로 적용하였다. 선호함수와 임계치는 전문가의 의견수렴을 통하여 결정되어야 하나 다음 절에서 적용될 요소변환에 의한 기법과의 차이, 상호간의

장단점 비교에 중점을 둘 것이므로, 필자의 개인적인 견해로 선호함수의 형태와 임계치를 산정함을 밝혀둔다.

헬기 기종결정을 위해 안영목(2000)[13]에 의해 제시된 헬기 기종별 제원은 <표 6>과 같으며, 이는 상용헬리콥터로서의 기본요건을 갖춘 8개 기종에 대한 제원표이다. 이 중, 9점 척도는 최저를 1점으로, 최고를 9점으로 하여 1점부터 9점까지의 척도로 표현한 것이다.

PROMETHEE 기법을 적용하기 위하여 선정된 함수의 형태는 ‘정규분포형 함수’의 형태로 설정하였는데, 이는 기준별로 각 대안의 차이가 커짐에 따라 선호되는 정도가 정규분포 함수의 형태로 커짐을 의미하여 임계치 값은 선호되는 정도의 증가율에서 그 의미를 지니는 변곡점을 나타낸다. 헬기 기종결정을 위해 설정한 평가 기준별 가중치(AHP기법 적용)와 선호함수, 임계치값은 <표 7>과 같다.

<표 7>에서 나타내는 것은 예를 들어, 항속거리

<표 6> 8개 헬기 기종별 제원

구 분	단 위	A기종	B기종	C기종	D기종	E기종	F기종	G기종	H기종
기체제원	9점척도	7	5	7	7	7	3	7	7
항속거리	NM	464	229	402	292	448	612	439	411
최대순항속도	kt	150	100	122	133	145	130	140	131
초과금지속도	kt	155	100	140	140	170	140	155	140
자체중량	lbs	5028	6353	6789	3890	5573	14573	8138	8488
최대이륙중량	lbs	9369	11200	11900	7385	10582	27998	11700	14110
최대상승고도	ft	12140	13000	13100	15000	16760	19680	12700	16100
최대상승률	fpm	1399	1320	1690	1765	1004	2950	1625	2008
HIGE	ft	6560	4750	10200	8300	6250	14100	5650	9900
HOGE	ft	1200	8600	5200	4860	2840	5600	1800	6220
표준적재량	GAL	300	216	330	84	332	628	281	462
최대적재량	GAL	470	216	494	108	458	885	387	462
계기비행	9점척도	7	7	7	7	7	5	3	7
자동항법비행	9점척도	7	7	7	7	7	3	5	7
엔진출력	마력	739	900	900	550	800	2190	856	900
탑승인원	명	13	14	14	10	12	16	13	12
화물적재	9점척도	7	7	7	7	7	7	7	7
보증기간	9점척도	7	7	7	7	7	7	7	7
정비지원	9점척도	7	7	7	7	7	7	7	7
기체가격	천불	3200	4995	5120	3100	5500	833.3	7700	3156

〈표 7〉 헬기 기종결정 평가를 위한 가중치, 선호함수 및 임계치

구 분	단위	Min/Max	가중치	선호함수	임계치
기체제원	9점	Max	0.06	정규분포형	3
항속거리	NM	Max	0.022		50
최대순항속도	kt	Max	0.043		30
초과급지속도	kt	Max	0.014		30
자체중량	lbs	Min	0.016		1000
최대이륙중량	lbs	Max	0.079		1000
최대상승고도	ft	Max	0.004		1000
최대상승률	fpm	Max	0.02		1000
HIGE	ft	Max	0.008		1000
HOGE	ft	Max	0.008		500
표준적재량	GAL	Max	0.006		50
최대적재량	GAL	Max	0.025		100
계기비행	9점	Max	0.166		3
자동항법비행	9점	Max	0.033		3
엔진출력	마력	Max	0.075		300
탑승인원	명	Max	0.165		3
화물적재	9점	Max	0.033		3
보증기간	9점	Max	0.009		3
징비지원	9점	Max	0.034	3	
기체가격	천불	Min	0.18	1000	

기준에 있어서 각 대안별로 선호되는 정도를 나타내는 함수는 정규분포형 함수의 형태를 가지며, 항속거리의 차이가 임계치인 50NM이상이면 선호함수에 있어서 선호도에 대한 증가치가 감소함을 의미한다. 또한 자체중량과 기체가격 기준은 그 수치가 작을수록 선호된다는 의미에서 'Min'으로 표현된 것이며, 기타 기준은 수치가 클수록

선호되므로 'Max'로 표현되었다.

2장에서 언급한 PROMETHEE기법의 적용을 위한 선호지수, 유출량 및 유입량에 관한 아래의 식에 의해 계산된 각 대안별 유출량, 유입량 및 순흐름량은 <표 8>과 같다.

$$\text{선호지수} : \Pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b) W_j$$

$$\text{유출량} : \Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in k} \Pi(a, b),$$

$$\text{유입량} : \Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in k} \Pi(b, a), \quad (9)$$

$$\text{순흐름량} : \Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a),$$

, where of all alternatives n.

표 안의 수치들은 각 대안사이에서 선호하는 정도의 관점에서 지배하는 정도가 어느 정도 인가를 보여주는 수치로 예를 들어, 대안A가 대안B를 지배하는 정도는 0.266이며(1.0기준), 대안B가 대안G를 지배하는 정도가 0.310라는 의미이다. 어떠한 하나의 대안이 다른 모든 대안에 대하여 지배하는 정도를 나타내는 유출량은 예를 들어, 대안A의 유출량은 0.189로써 1에 가까울수록 다른 대안에 대해 지배하는 정도, 선호되는 정도가 크다는 의미이다. 이러한 관점에서 대안F의 유출량이 0.495로 가장 크며, 이는 모든 대안들 중 가장 선호되는 정도가 강함을 의미한다.

〈표 8〉 PROMETHEE 기법에 의한 헬기 기종결정 우선순위

	A	B	C	D	E	F	G	H	유출량
A	0.000	0.266	0.193	0.207	0.182	0.114	0.316	0.044	0.189
B	0.092	0.000	0.011	0.238	0.081	0.088	0.310	0.055	0.125
C	0.115	0.109	0.000	0.273	0.105	0.104	0.155	0.047	0.129
D	0.028	0.230	0.179	0.000	0.202	0.104	0.320	0.016	0.154
E	0.057	0.119	0.036	0.198	0.000	0.114	0.307	0.032	0.123
F	0.475	0.472	0.446	0.543	0.521	0.000	0.517	0.491	0.495
G	0.084	0.106	0.014	0.229	0.050	0.062	0.000	0.017	0.080
H	0.119	0.331	0.246	0.217	0.281	0.108	0.393	0.000	0.242
유입량	0.139	0.233	0.161	0.272	0.203	0.099	0.331	0.100	
순흐름량	0.050	-0.108	-0.031	-0.118	-0.080	0.396	-0.251	0.142	
선호도	3	6	4	7	5	1	8	2	

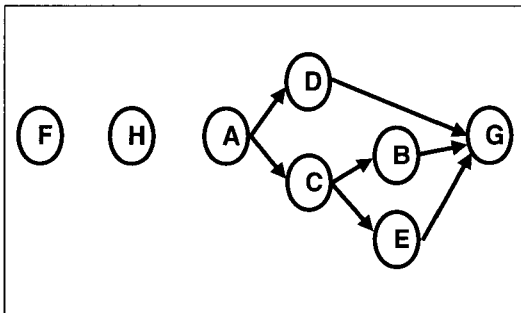
유입량은 하나의 대안이 다른 모든 대안에 대하여 지배받는 정도를 의미하는 수치로써 예를 들어, 대안A의 유입량은 0.139이며 1에 가까울수록 지배받는 정도가 강함을 의미한다.

본 사례에서는 대안 G의 유입량이 0.331로 가장 크며, 이는 모든 대안들 중에 ‘선호정도의 관점에서 가장 많이 지배 받는다’라고 표현할 수 있다.

순흐름량은 ‘유출량-유입량’으로 표현되며 이는 수식에서 보는바와 같이 지배하는 정도와 지배받는 정도의 차이로써 순수하게 다른 대안을 지배하는 정도가 어느 정도 이나를 표현하는 수치이다. 이는 순수하게 대안간의 절대 선호순위를 나타내는 PROMETHEE II 방법에 적용되며 여기서는 대안 F가 0.396(0.495-0.099)로 가장 크다.

4.2.1 PROMETHEE I 적용결과

PROMETHEE 기법의 여러 가지 장점중 하나는 대안간의 부분적인 우선순위를 나타낼 수 있는데 있다. 이는 각 대안간의 강약점을 분석할 수 있으며 비교가능여부를 판단할 수 있다. 위의 <표 8>을 활용하여 부분적인 우선순위를 나타내는 PROMETHEE I 을 적용하면 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 헬기 기종결정 PROMETHEE I 적용결과

여기서 각 대안간 부분적인 우선순위는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

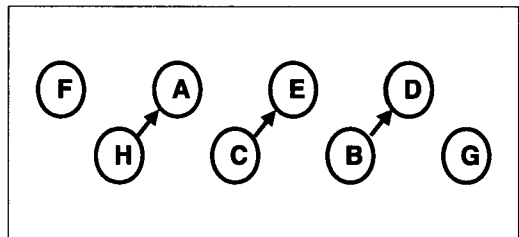
$$\begin{aligned}
 & {}^F P_H, {}^F P_A, {}^F P_D, {}^F P_C, {}^F P_B, {}^F P_E, {}^F P_G, {}^H P_A, {}^H P_D, \\
 & {}^H P_C, {}^H P_B, {}^H P_E, {}^H P_G, {}^A P_D, {}^A P_C, {}^A P_B, {}^A P_E, {}^A P_G, \\
 & {}^C P_B, {}^C P_E, {}^C P_G, {}^D P_G, {}^B P_G, \text{ and } {}^E P_G;
 \end{aligned}$$

그리고, ${}^D R_C, {}^B R_E, {}^D R_B, {}^D R_E$ (10)

즉, 대안 F는 모든 대안에 대하여 선호되며, 대안 D와 대안 C, 대안 B와 대안 E등은 서로 비교 불가능관계에 있다. 이는 대안 D와 대안 B가 유출량에 있어서는 크지만, 유입량에 있어서는 대안 C와 대안 E보다 작기 때문에 나타나는 결과이다. 실제로 대안 D와 대안 C를 비교해보면 대안 D는 속도, 고도, 항공기 가격 등에는 선호되고 있지만, 다른 기준에서는 대안 C에 비하여 열등한 수치를 나타내고 있다. 이는, 대안 D가 대안 C에 비하여 선호되기 위해서는 항속거리, 최대이륙중량, HIGE, 연료적재량, 엔진출력 등에 있어서 보완되어야 함을 시사하는 것이며 본 사례에서는 제외된 기준이지만, 무기체계 구매협상간 절충교역, 정비지원 등의 개선가능한 부분에 있어서 구매자로 하여금 협상력을 높일 수 있는 객관적인 자료로 활용할 수 있음을 의미한다.

4.2.2 PROMETHEE II 적용결과

PROMETHEE II는 순흐름량 수치에 기초한 대안간의 절대선호순위를 도식하는 방법으로 도식하면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 헬기 기종결정 PROMETHEE II 적용결과

순흐름량의 관점에서 대안 F는 0.396 (0.495-

0.099)로서 가장 크므로 절대선호순위에서 가장 선호되는 대안으로 선정될 수 있으며 대안 G는 -0.251(0.080-0.331)로 가장 열등한 대안으로 선정되었다. 또한 대안 F를 포함하여 대안 H와 대안 A는 순흐름량이 “+”로 유출량이 유입량보다 크며 이는 선호정도에 있어서 지배받는 정도 보다 지배하는 정도가 더 크므로 의미 있는 대안이라 할 수 있다. 하지만 PROMETHEE II 방법에서는 8개의 대안 중 순흐름량으로 절대선호의 우선순위를 알 수 있다는 장점은 있지만 PROMETHEE I에서 볼 수 있는 각 대안간의 비교 관계를 파악할 수 없다는 단점이 있다.

4.2.3 민감도 분석 결과

PROMETHEE 기법을 적용할 경우에는 기준별 가중치와 선호함수의 형태 및 임계치가 사전에 결정되어야 함을 언급한 바 있다. 기준별 가중치를

동일하게 적용시킨 경우와 임계치를 $\pm 20\%$, $\pm 50\%$ 변경하여 도출한 대안별 우선순위는 <표 9>와 같다.

<표 9> PROMETHEE 민감도 분석 결과

구 분	A	B	C	D	E	F	G	H
기 준	3	6	4	7	5	1	8	2
임계치 20%증가	3	6	4	7	5	1	8	2
임계치 50%증가	3	7	5	6	4	1	8	2
임계치 20%감소	3	6	4	7	5	1	8	2
임계치 50%감소	3	6	4	7	5	1	8	2
가중치동일	5	8	3	6	4	1	7	2

<표 9>에서 보는 바와 같이 임계치를 50% 증가시킨 경우와 가중치를 동일하게 적용시킨 경우에는 대안별 우선순위가 다소 바뀌어 짐을 알 수 있다. 이는 PROMETHEE 기법을 적용함에 있어 기준별 가중치, 함수형태 및 임계치 선정의 중요성을 알 수 있다.

<표 10> 헬기 기종별 제원의 요소변환

구 분	가중치	A	B	C	D	E	F	G	H
기체제원	0.06	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000
항속거리	0.022	0.614	0.000	0.452	0.164	0.572	1.000	0.548	0.475
최대순항속도	0.043	1.000	0.000	0.440	0.660	0.900	0.600	0.800	0.620
초과급지속도	0.014	0.786	0.000	0.571	0.571	1.000	0.571	0.786	0.571
자체중량	0.016	0.893	0.769	0.729	1.000	0.842	0.000	0.602	0.570
최대이륙중량	0.079	0.096	0.185	0.219	0.000	0.155	1.000	0.209	0.326
최대상승고도	0.004	0.000	0.114	0.127	0.379	0.613	1.000	0.074	0.525
최대상승률	0.02	0.203	0.162	0.353	0.391	0.000	1.000	0.319	0.516
HIGE	0.008	0.194	0.000	0.583	0.380	0.160	1.000	0.096	0.551
HOGЕ	0.008	0.000	1.000	0.541	0.495	0.222	0.595	0.081	0.678
표준적재량	0.006	0.397	0.243	0.452	0.000	0.456	1.000	0.362	0.695
최대적재량	0.025	0.466	0.139	0.497	0.000	0.450	1.000	0.359	0.456
계기비행	0.166	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	0.000	1.000
자동항법비행	0.033	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.500	1.000
엔진출력	0.075	0.115	0.213	0.213	0.000	0.152	1.000	0.187	0.213
탑승인원	0.165	0.500	0.667	0.667	0.000	0.333	1.000	0.500	0.333
화물적재	0.033	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
보종기간	0.009	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
정비지원	0.034	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
기체가격	0.18	0.655	0.394	0.376	0.670	0.320	1.000	0.000	0.662
종합점수		0.653	0.545	0.626	0.528	0.570	0.782	0.352	0.643
우선순위		2	6	4	7	5	1	8	3

4.3 요소변환에 의한 기종결정 평가방법

의사결정자에 의해 평가항목의 유형이 선호정도를 나타내는 선호함수와 임계치를 명확히 설정할 수 없는 상황에서 객관성을 확보하면서 다기준 하에서 무기체계 기종결정을 할 수 있는 다른 방법은 각 기준별 재원을 요소변환에 의해 정량적인 DATA로 전환하고 가중합 방식을 이용하여 우선순위를 결정하는 방법이 있다. 이는 정성적인 요소와 정량적인 요소가 혼재하는 상황에서 모든 DATA들을 정량적인 요소로 전환이 가능할 때 적용할 수 있는 기법이다. 이 방법에서도 각 기준별 가중치는 AHP기법에 의해 도출된 가중치를 적용하였으며 PROMETHEE 기법과의 비교를 위하여 동일한 자료를 가지고 우선순위를 도출하였다.

2장에서 언급한 비용요소와 이윤요소가 공존할 시 요소변환에 의한 아래의 식에 기초하여 헬기 기종별 재원을 정량적 요소로 전환하면 <표 10>과 같다.

$$\text{이윤요소} : r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^* - x_j^{\min}} \quad (x_j^* = x_j^{\max})$$

$$\text{비용요소} : r_{ij} = \frac{x_j^* - x_{ij}}{x_j^* - x_j^{\min}} \quad (11)$$

모든 수치들은 0에서 1사이의 값을 나타내고 있으며 화물적재, 보증기간, 정비지원항목은 8개 기종 모두 동일한 가치를 지니므로 모두 1을 적용하였다. 적용결과 F 기종이 가장 선호되는 기종으로 결정되었으며 다음으로 A, H, C, E, B, D, G 기종 순이었다. 앞서의 PROMETHEE기법과의 적용결과를 비교하면 <표 11>과 같다.

<표 11> PROMETHEE와 요소변환의 비교

구분	A	B	C	D	E	F	G	H
PROMETHEE	3	6	4	7	5	1	8	2
요소변환+가중합	2	6	4	7	5	1	8	3

비교결과, 거의 유사하나 A 기종과 H 기종의 순위가 다름을 알 수 있는데, 이는 평가항목별 선호되는 정도를 나타내는 선호함수와 임계치를 적용하여 우선순위를 도출하는 PROMETHEE 기법과 평가항목별로 모든 수치를 요소변환 방법을 통하여 정량화한 후 가중합 방법에 의해 우선순위를

<표 12> 평가기법별 장단점

구분	장점	단점
AHP	<ul style="list-style-type: none"> 의사결정문제의 계층구조화 가능 정성적인 평가항목을 쌍대 비교를 통한 정량화 일관성 비율 적용을 통한 판단의 일관성 검토 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 의사결정자의 주관적이고 직관적인 판단력에 의존 평가항목이 다수일 경우 비교 어려움 새로운 평가기준 및 대안 추가 시 다시 수행해야 함 대안이 추가되거나 삭제될 경우 순위 역전 현상 발생 자료의 공개 어려움
PROMETHEE	<ul style="list-style-type: none"> 내부 알고리즘에 의한 이원 비교로 객관적임 새로운 평가기준 및 대안이 추가되더라도 재평가 불필요 평가기준들간의 상충관계로 인한 비교 불가능 관계 분류 	<ul style="list-style-type: none"> 의사결정 문제의 계층구조화 미제시 선호함수 형태, 임계치를 사전에 결정 가능해야 함
요소 변환 + 가중합	<ul style="list-style-type: none"> 모든 요소를 정량적 요소로 전환가능 이윤요소와 비용요소의 객관적인 요소변환 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 가중합에 의한 우선순위 결정의 한계점 존재 0과 1값을 가진 대안 간에 필요이상으로 영향을 줌

도출한 기법상의 차이에 기인한다 할 수 있다. 또한, PROMETHEE 기법은 대안간의 부분적 우선 순위 관계를 추가적으로 제공하며, 대안의 비

교가능관계를 파악할 수 있다는 장점이 있으며, 단순 가중합 방법의 문제점을 극복할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 평가항목의 유형에 따라 적절한 기법을 적용해야 하는데 평가항목의 선호함수 형태와 임계치를 명확하게 결정할 수 없는 상황에서는 요소변환에 의한 방법이 객관적인 기법이라 할 수 있다.

4.4 의사결정 기법별 장단점 비교

지금까지 무기체계 기종결정에 대해 주관성을 가급적 배제하면서 객관성을 최대한 유지하여 궁극적으로 국방획득사업에 있어서 가장 중요한 투명성과 공정성을 확보하기 위한 방법으로 AHP, PROMETHEE, 요소변환 등의 방법에 대하여 설명하고 헬기 기종결정이라는 사례를 통하여 수치적으로 적용해 보았다. 앞서도 설명하였듯이 기본 공리체계가 틀리고, 평가항목의 유형이 정성적이나 혹은 정량적이냐, 선호함수의 형태와 임계치를 결정할 수 있느냐 또는 없느냐 등 어느 기법이 가장 최선의 대안이라고 말하기는 어렵다. 따라서, 평가항목의 유형에 따라 가장 객관적인 방법을 선택하여 적용하는 것이 바람직하다 할 수 있다.

평가방법별로 장단점을 정리해보면 <표 12>와 같다.

표에서도 알 수 있듯이 각 기법별로 장단점이 존재하고 있으며 평가항목의 유형이 어떤가에 따라 장점을 극대화 할 수 있을 것으로 보인다. 예를 들어, 평가항목의 가중치를 결정하는 문제는 AHP 기법을 통하여 의사결정문제를 계층구조화 함으로써 문제를 좀 더 체계적으로 접근할 수 있으며 전문가의 판단에 의해 가중치를 결정함으로써 신뢰성을 확보할 수 있을 것이다. 마찬가지로, 선호함수의 형태와 임계치를 결정할 수 있는 상황에서

는 객관적이면서 상대적으로 기법 적용이 간단하며 편리한 PROMETHEE 기법이 유용할 것이며, 선호함수의 형태와 임계치를 결정할 수 없는 상황에서는 모든 요소를 정량적인 수치로 요소를 변환하고 가중합 방식을 적용하는 요소변환+가중합 기법이 제한적인 상황에서 상대적으로 객관적인 기법으로 생각된다.

4.5 평가항목 유형별 적합한 의사결정 기법

지금까지 논의한 의사결정 기법에 대해서 장단점을 고려하여 각 평가항목 유형에 따라 적합한 의사결정 기법을 제시하면 <표 13>과 같다.

<표 13> 평가항목 유형별 적합한 의사결정 기법

평가항목 유형	기법 적용
각 기준별 가중치	AHP
모든 요소가 정성적 요소(정량적인 요소로 변환이 불가능한 경우)	AHP
각 항목별 선호함수와 임계치 결정이 가능할 경우	PROMETHEE
각 항목별 선호함수와 임계치 결정이 불가능한 경우	요소 변환

즉, 다기준 의사결정에 있어서의 모든 유형에서 각 기준별 가중치는 객관화된 수치로 나타낼 수 없으므로 계층적 분석과정을 통한 AHP기법을 통해 각각의 중요도(가중치)를 산출하는 것이 합리적인 방법이 될 수 있다. 또한, 이러한 계층화 과정을 통하여 문제의 구조를 세부적이고 구체적으로 파악할 수 있으므로 의사결정자에게 합리적인 판단을 기대할 수 있게 된다. 일단, 각 기준별 가중치가 설정된 이후에는 평가항목 유형의 성격 즉, 정량적이냐 정성적이냐, 선호함수의 형태와 임계치를 명확하게 설정할 수 있느냐 그렇지 못하느냐에 따라 구분되어 질 수 있다.

모든 요소가 정성적인 요소라면(정량적인 요소로 변환이 불가능한 경우) AHP기법을 통해 대안의 우선순위를 판단할 수 있고 각 기준별 선호정도를

선호함수와 임계치 등을 통해 사전에 결정할 수 있는 상황에서는 주관성을 배제하고 최대한 객관적인 방법으로 접근할 수 있는 PROMETHEE 기법이 합리적인 의사결정을 이끌어 낼 수 있다. 하지만, 각 기준에 대한 선호함수와 임계치가 의사결정자에 의해 명확히 정의될 수 없는 경우라면 정성적/정량적인 요소의 비용 요소 및 이윤 요소로의 변환을 통해 수치로 표현하고 AHP 기법을 통해 결정된 각 기준별 가중치를 참고로 가중합 방법을 이용하여 우선순위를 결정하는 것이 최선의 대안이라 할 수 있다.

따라서, 무기체계 기종결정간 의사결정자는 평가항목의 유형이 어떤 것인지 사전에 분석하고 각 기법별 장단점을 분석하여 해당 상황에 가장 적합한 의사결정기법을 적용하여 우선순위를 도출하는 것이 바람직 할 것이다.

5. 결론

국방획득사업의 구매사업에 있어서 무기체계 기종결정 과정은 일련의 구매 사업과정 절차 중에서 결정판이라 할 수 있다. 또한, 무기체계의 구입을 위한 예산은 국민의 세금으로 충당되고 그 예산이 고액인 만큼 객관적이고도 투명한 방법으로 기종을 결정하고 국민에게 공개할 수 있어야 한다.

그러나, 무기체계 기종결정은 여러 가지 조건을 동시에 고려해야 하는 다기준 상황하 의사결정이라는 측면에서 현실적인 문제임과 동시에 상당히 어려운 과제라 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하고자 본 연구에서는 현 무기체계 기종결정 평가방법상의 문제점을 분석하고 이를 해결하고자 AHP, PROMETHEE, 요소변환 등의 기법을 제시하고 그 장단점을 비교하였다.

이상의 결과를 바탕으로 본 논문을 통해 도출할 수 있는 시사점은 다음과 같다.

첫째, 3장에서 밝힌바와 같이 무기체계 기종결정에 관련된 규정 및 지침상의 문제를 수정 및 보

완할 필요가 있다. 즉, 0점부터 1점까지의 정규화 비율을 적용할 시 점수의 차이가 대안간 선호의 차이정도를 반영할 수 있어야 하고 필요 이상으로 영향을 주지 않는 범위 내로 재조정 되어야 한다. 둘째, 모든 상황에서 모든 조건을 만족하는 의사결정 기법이 사실상 존재하기 어려우므로 평가항목의 유형에 따라 적합한 의사결정 기법을 적용함으로써 객관성을 유지할 수 있다. 셋째, 이러한 노력들은 국방획득사업의 객관성을 확보함으로써 국민으로부터 존경받고 신뢰받는 군으로 거듭나기 위해 일조할 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서 무기체계 기종결정 평가를 위해 객관성과 공정성을 유지할 수 있는 몇 가지 의사결정 기법을 제시하였으나 무기체계 기종결정의 실제 사례를 적용하지 못하여 다양한 평가기준을 고려하지 못했다는 점과 선호함수의 형태를 일관되게 정규분포 함수의 형태로 설정하였다는 점 등 몇 가지 한계점을 지니고 있다. 따라서 앞으로의 연구방향으로 몇 가지를 제시한다.

첫째, 실질적인 무기체계 기종결정 평가를 위한 다양한 평가기준을 고려하여야 한다. 현 규정 및 지침 상 언급되어 있는 투자비 및 운영유지비의 경제성, 시험평가 결과, 전력화지원요소, 절충교역 조건 또는 협상 평가결과, 방산·군수협력 협정체결 및 해외협력사업 추진여부, 계약상대국에 대한 우리 군수품의 판매실적과 해당 구매무기의 주요국가 운용실적, 협상결과, 국가전략 및 안보, 군사외교 등 국가이익에 관한 사항 등을 최대한 고려한 가운데 평가가 이루어진다면 실질적인 자료로서 의미가 있을 것이다.

둘째, 현 국방획득사업에 있어서 각종 무기체계의 평가항목에 대한 선호함수의 형태를 정립할 필요가 있다. 본 연구에서는 선호함수를 일괄적으로 정규분포 함수의 형태로 적용하여 우선순위를 도출하였지만, 실제로 평가항목의 유형별 각 대안간의 차이에 따른 선호정도를 나타내는 선호함수의 형태는 다를 것이다. 이를 전문가 의견수렴 및 유

립 국가들에서 방위산업 분야에서 PROMETHEE 기법을 적용한 사례를 통하여 선호함수의 형태를 정립한다면 차후 PROMETHEE 기법을 적용함에 있어 상당히 유용한 자료가 될 것이다.

셋째, PROMETHEE 기법에 대한 다방면의 연구가 필요하다. PROMETHEE 기법은 객관적이면서 간편한 방법임에도 불구하고 유럽을 중심으로 연구되어 왔기 때문에 타 다기준 의사결정기법과 비교 시 비교적 알려져 있지 않기 때문에 현재 국내에는 민간분야에서만 부분적으로 활용되고 있는 실정이다. 하지만, 이 기법의 활용분야는 다양한데 예를 들어, 방위산업체의 효율성 평가, 공장·기지 등 입지선정의 문제, 위험도 평가 등 다양한 분야에서 연구 및 활용될 수 있는 소지가 크다.

참고문헌

- [1] Brans, J. P and Ph. Vincke, "A Preference Ranking Organization method(The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making)," *Management Science*, Vol, 31, No. 6, 1985, pp. 647-648.
- [2] 민재형·송영민, "PROMETHEE를 이용한 다기준의사결정," 서강경영논총, 서강대학교 경영학연구원, 제14권, 제2호, 2004.
- [3] Saaty, T. L., "Highlights and Critical Points on the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process," *European Journal of Operational Research*, Vol. 74, 1994, pp. 426-447.
- [4] Vargas, L. G. "An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications," *European Journal of Operational Research*, Vol. 48, 1990, pp. 2-8.
- [5] Roy, B. and D. Vanderpooten, "The European School of MCDA : Ememrgence, Basic Features and Current Works," *Journal of Multi-criteria Decision Analysis*, vol. 5, 1996, pp. 22-38.
- [6] Macharis, C. Springael, J., "PROMETHEE and AHP : The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP," *European Journal of Operational Research*, vol. 153, 2004, pp. 307-317.
- [7] 김성희 외, 『의사결정 분석 및 응용』, 서울: 영지문화사, 1997.
- [8] 노장갑·강인호, "해외 직구매 무기도입사업의 기중결정 평가방법의 개선방안", 국방 정책 연구 2002년 겨울, 2002. pp. 119-136.
- [9] 고영형, "방위사업청 국외구매사업 제안서의 효율적 평가체계에 관한 연구 : AHP/ANP 기법을 사용", 국방대학교, 석사학위논문, 2007.
- [10] 어하준·박준수, "국방획득사업 추진을 위한 효율적 의사결정 방법론 연구(AHP·DEA 통합모형 개발 및 적용 사례)", 국방 정책연구, 2004.
- [11] 홍성준, "PROMETHEE와 ANP의 다기준 의사결정기법 비교 연구," 고려대학교, 석사학위논문, 2005.
- [12] 봉인식, "다기준 의사결정모형(MCDM)을 이용한 경기도 주택정책의 효율적 운영방안 연구," 경기개발연구원 기본연구 2006-08, 2006.
- [13] 안영목, "AHP를 이용한 헬리콥터 기중선정," 목포대학교, 석사학위논문, 2000.
- [14] 법률 제8486호, "방위사업법(신)," 2007. 5. 25.
- [15] 방위사업청, "무기체계 구매사업 제안서 및 기중결정 평가 지침," 방위사업청 지침 제 2008-10호, 2008. 3. 3.
- [16] 방위사업청, "방위사업관리규정," 방위사업청 훈령 제65호, 2007. 10. 30.
- [17] 방위사업청, "제안서평가 업무 안내서", 2007. 12.

----- | 저자 소개 | -----

최진석(E-mail : mlp13583@hanmail.net)

2000 육군사관학교(공학사)
2009 국방대학교 국방관리학과 졸업(석사)
현재 과학화훈련단 교관
관심분야 다기준의사결정

유규열(E-mail : yooky@kndu.ac.kr)

1989 영국 Manchester공대 졸업(국제경영학 박사)
현재 국방대학교 국방관리학부 부교수
관심분야 국방획득, 군수조달, 국제계약 및 협상

〈주요저서 / 논문〉

- 『한·미 FTA 정부조달 협정에 따른 한·미 상호국방조달 MOU 추진방향』(무역학회지 제33권 2호, 2008).
- 『Cross-Cultural Negotiation Strategy : A Comparison of Korean and American Cultural Differences and Negotiation Behaviors』(국제지역연구, 제11권 1호, 2007).
- 『한국의 대미 통상협상에서의 성공적인 로비방안』(국제 통상연구, 제11권 2호, 2006).