

무기체계의 효과분석과 의사결정을 위한 다기준분석 방법론의 연구

A Study on the Multi-Criteria Decision Making for Effect Analysis and Decision Making of Weapon System

임성훈* 조기흥* 박승*
Sunghoon Lim Ki-Hong Cho Seung Park

Abstract

Weapon system currently considers the research about effect analysis including cost effectiveness methodology for a budget management and an achievement of the military strategy goal. So that, this study considers the theoretical background, strength and weakness of several Multi-Criteria Decision Making, and an effect analysis of weapon system. And AHP(Analytic Hierarchy Process) is selected for the best effect analysis methodology of weapon system. Therefore, we applied AHP to the case study of the new generation Multiple Launcher Rocket System, performing the analysis of cost effectiveness methodology. Using AHP and cost effectiveness methodology, we propose the actual and proper decision making result.

Keywords : Analytic Hierarchy Process(AHP), Multi-Criteria Decision Making, Scoring Method, Multi-Attribute Utility Theory, Cost Effectiveness

1. 서론

규모와 양이 국방력의 우열을 결정하던 과거와는 달리, 현재 그리고 미래에는 미래전장 환경에 얼마나 능동적으로 대처할 수 있는 기술력을 갖추었는지가 국방력의 우열을 결정한다. 이러한 상황 하에 미래 대비 전력을 구축하기 위해서는 합리적인 예산 운영을 통한

비용절감 노력과 일관성이 있는 정책 추진력, 우선순위를 고려한 사업관리체계가 필수적이다.

현재 개발되는 무기체계들은 다양한 운용 목적에 따라 서로 다른 요구조건이 발생하게 된다. 하지만 이러한 다양한 요구조건을 만족시키기 위해서는 시간과 비용의 제약이 따르게 된다. 따라서 신규 무기체계 개발에서는 비용 대비 효과분석을 포함한 의사결정방법이 필수불가결하다. 제한된 비용 하에 요구조건을 최대한 만족시키기 위해서는 여러 개발요소들의 우선순위 및 가중치를 선정하고, 그에 따른 의사결정을 해야 한다.

따라서 본 연구에서는 다기준분석 방법론에 대한 이론적 고찰과 장단점 분석을 하고, 무기체계의 의사결

† 2009년 5월 18일 접수~2009년 8월 31일 게재승인
* 국방기술품질원(Defence Agency for Technology and Quality)
책임저자 : 임성훈(evilich@dtaq.re.kr)

정에 가장 적절한 다기준분석 방법론을 선정해 실제 data에 적용한 후, 비용 대비 효과분석을 실시하였다.

2. 다기준분석 방법론

다기준분석 방법론(MCDM : Multi-Criteria Decision Making)이란 대안집합 중 하나 혹은 다수의 대안을 선정하는 방법이다.

다기준분석 방법론은 크게 다목적의사결정법(Multiple Objective Decision Making)과 다속성의사결정법(Multiple Attribute Decision Making)으로 구분할 수 있다. 다목적 의사결정법은 제약조건에 의해 정의된 무한개의 대안 집합에서 목적을 가장 잘 만족하는 최적의 대안을 선정하는 방법이다. 다목적의사결정법에는 다목적 선형 계획법 등이 있다.

다속성의사결정법은 유한개의 대안들의 집합에서 하나 혹은 몇 개의 대안을 선정하는 방법이다. 다목적 의사결정법과의 가장 큰 차이는, 다목적의사결정법은 정해지지 않은 무한개의 대안 중에서 최적의 대안을 선정하는 방식인 반면, 다속성 의사결정법은 미리 정해진 유한개의 대안들 사이의 우선순위를 결정하는 방법이라는 차이가 있다. 다속성의사결정법에는 평점 모형(Scoring Method), 다속성효용함수법(Multi-Attribute Utility Theory), AHP(Analytic Hierarchy Process)등이 있어, 각각의 이론적 배경과 장단점을 아래에 다루어 보았다.

가. 평점모형(Scoring Method)

1) 이론적 고찰

평점모형은 의사결정자가 각 기준에 대해 가중치를 부여하고, 그에 따라 각 대안들의 점수를 매겨 우선순위를 선정하는 방법이다. 각 기준별 가중치를 계산하는 방법에는 단순 가중치 부여법, 순위합계 가중치 부여법, 순위역수 가중치 부여법이 있다. N 은 총 기준의 수, R_i 는 순위를 의미한다.

단순 가중치 부여법 : $w_i = \frac{1}{N}$

순위합계 가중치 부여법 : $w_i = \frac{N - R_i + 1}{\sum_{i=1}^N (N - R_i + 1)}$

순위역수 가중치 부여법 : $w_i = \frac{1/R_i}{\sum_{i=1}^N (1/R_i)}$

기준별 가중치 부여 후, 각 대안마다 0에서 10점 사이의 대안별 평점을 부여한다. 제시된 대안별 평점을 앞에서 제시된 기준별 가중치와 곱한 후 합산하게 되면 대안별 종합점수가 나오고, 그에 따라 우선순위를 결정할 수 있다.

2) 장단점 분석

평점모형의 장점으로는 간단한 연산절차를 통해 기준별 가중치와 종합점수를 얻을 수 있다는 점과, 정량적, 정성적 기준 모두 종합적으로 고려가 가능하다는 점이 있다.

하지만, 기준별 순위는 고려하나 기준별 중요도의 차이는 고려가 되지 않는다는 결함이 있고, 순위의 일관성을 검증할 수 없다는 단점이 있다. 또한 대안별 점수 부여방식이 주관적이며, 기준 사이의 계층적 구조를 반영하지 못한다는 단점 또한 존재한다.

나. 다속성효용함수법(Multi-Attribute Utility Theory)

1) 이론적 고찰

다속성효용함수법이란 의사결정에 영향을 미치는 기준들에 개인이 부여하는 일종의 총체적 가치, 즉 효용에 일정한 크기를 부여할 수 있다는 것을 기본 가정으로 한 다기준분석 방법론이다.

어떤 임의의 프로젝트를 수행했을 때, 최대 5억원의 이익과 최대 2억원의 손해가 난다고 가정하자. 이러한 정량적인 결과를 최소 0에서 최대 100의 값을 갖는 효용으로 전환을 한다. 즉 $U(-2\text{억원})=0$, $U(5\text{억원})=100$ 이 된다. 이때 의사결정자에게 프로젝트 수행시 5억원의 이익이 날 확률이 50%, 2억원의 손해가 날 확률이 50%라고 할 때, 프로젝트 투자 비용이 얼마 이하여야 투자를 할 것인가를 물었을 때 1억원이라고 대답했다고 한다면 $U(1\text{억원})=0.5*U(-2\text{억원})+0.5*U(5\text{억원})=50$ 이 되어 1억원의 효용값, 즉 $U(1\text{억원})=50$ 이 성립한다. 이러한 과정을 반복하여, 정해진 기준치와 효용함수를 바탕으로 각 대안마다의 효용함수값을 구해 대안 사이의 우선순위를 선정할 수 있다.

2) 장단점 분석

다속성효용함수법은 효용함수를 통해 정량적 기준 뿐만 아니라 정성적인 기준까지 고려할 수 있다는 장점과 효용함수를 통해 의사결정자의 특성과 위험에 대처하는 유형을 파악할 수 있다는 장점이 있다.

하지만, 각 기준마다의 효용함수 선정에 있어 의사결정자의 주관이 지나치게 반영되고, 그러한 효용함수의 일관성을 검증할 수 있는 방법이 없다는 점은 단점으로 지적된다. 또 효용함수 방법론 자체가 복잡하다는 점과 고려해야 할 기준들이 많아졌을 때 효용함수를 구하는 노력과 시간이 지나치게 소요된다는 점도 단점이다.

다. AHP(Analytic Hierarchy Process)

1) 개요

Thomas L. Satty에 의해 1971년에 개발된 AHP는 다기준분석 방법론의 대표적인 방법론으로서 대규모 사업분석, 특히 무기체계 비용 대비 효과분석에 있어 많이 사용된다. 의사결정의 목표 또는 평가기준이 다수이며 복합적인 경우, 이를 계층화(Hierarchy)해, 주요 기준과 그 주요 기준을 이루는 세부 기준들로 분해하고, 이러한 기준들을 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 통해 중요도를 산출하는 분석방법이다. 즉, 다수의 속성들을 계층적으로 분류하여 각 속성의 중요도를 파악함으로써 최적 대안을 선정하는 기법으로 계층적 분석과정, 계층화 의사결정방법이라고도 일컬어진다.

2) 이론적 고찰 - 대안 선정

의사결정문제의 계층구조 구성이 완료된 이후에는 각 상위계층을 기준으로 하위계층에 대한 상대적인 중요성을 서로 비교하는 행렬을 작성한다.

AHP에서는 각 기준별 혹은 대안별 가중치 계산시 기하평균과 9점척도를 이용한다. 가상의 data를 통한 각 기준별 중요도의 쌍대비교, 기하평균을 통한 가중치 계산값은 Table 1과 같다^[1].

Table 1의 가중치 계산에서 3.20은 기준 1의 쌍대비교값 1, 3, 5, 7의 기하평균값이고 나머지 1.85, 0.59, 0.29의 값도 같은 방법으로 구한다. 5.93은 앞의 수들의 합을 의미한다.

같은 방법으로 기준 1, 2, 3, 4에 대한 각 대안별 선호도와 가중치를 가상의 data를 통해 구한 후, 기준별 가중치를 가상의 대안별 가중치에 적용한 값과 종합점수를 구해 정리하면 Table 2와 같다^[1].

Table 1. 기준별 쌍대비교와 가중치 계산

	기준 1	기준 2	기준 3	기준 4	가중치
기준 1	1	3	5	7	3.20/5.93=0.54
기준 2	1/3	1	5	7	1.85/5.93=0.31
기준 3	1/5	1/5	1	3	0.59/5.93=0.10
기준 4	1/7	1/7	1/3	1	0.29/5.93=0.05

Table 2. 각 대안별 가중치에 기준별 가중치를 적용한 값과 종합점수 계산

구분	기준 1	기준 2	기준 3	기준 4	종합 점수
대안 A	0.292	0.033	0.054	0.01	0.389
대안 B	0.160	0.231	0.016	0.02	0.427
대안 C	0.088	0.047	0.030	0.02	0.185

종합점수는 각 기준별 대안의 가중치의 합산을 통해 구할 수 있다. 대안 B의 종합점수가 가장 높으므로 대안 B가 선정되고, B, A, C의 순서로 우선순위를 설정할 수 있다.

3) 이론적 고찰 - 일관성 검증

AHP에서는 가중치 산정 과정에서 응답자들의 응답의 일관성을 검증할 수 있다. 일관성은 쌍대비교에 대한 응답이 완전한 일관성이 유지될 경우 $\lambda_{max} = n$, 일관성이 유지되지 않을 경우 $\lambda_{max} > n$ 이 되는 성질을 통해 확인할 수 있다. 앞의 예에서 보았던 기준별 가중치, Table 2의 CI(Consistency Index, 일관성지수)를 구하는 방법은 아래와 같다^[1]. 이때, 아래의 4.296은 Table 1의 첫 번째 행의 각 요소에 각 기준의 가중치를 각각 곱해서 더한 값(2.32)을 기준 1의 가중치(0.54)로 나누어서 구한 값이고, 4.323, 4.200, 4.080의 값도 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$\lambda_{max} = (4.296 + 4.323 + 4.200 + 4.080) / 4 = 4.225$$

$$CI(Consistent Index) = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4.225 - 4}{4 - 1} = 0.075 < 0.1$$

같은 방법으로 대안별 가중치 행렬에 대해서도 CI

값을 구할 수 있다. $\lambda_{max} = n$ 일 때 완전한 일관성이 유지되므로 CI값은 0에 가까울수록 타당하다고 할 수 있다.

CR(Consistency Ratio, 일관성비율)은 CI/RI 와 같고, RI(Random Index, 무작위지수)는 Table 3과 같다.

Table 3. RI(Random Index)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

CR이 0.1 이내이면 합리적인 일관성을 갖는다 할 수 있고, 0.2 이내이면 용납 가능한 일관성을 갖는다 할 수 있다.

4) 장단점 분석

AHP는 타 다기준분석 방법론에서 단점으로 지적되었던 것들을 보완한, 현존하는 의사결정기법중 가장 광범위하게 활용되고 있는 기법이다. AHP의 가장 큰 장점으로는 불일치에 대한 피드백 정보(CI, CR)를 이용하여 의사결정의 타당성을 높일 수 있다는 점과 연산절차와 활용절차가 간편하다는 점이 있다. 또, 비교 대상 요소들을 통일된 비율척도로 평가하기 때문에 자료의 2차 가공에 유리하며 향후 추가 자료 분석에도 활용 가능하다는 점도 장점이다.

하지만 기준 혹은 대안의 수가 증가하였을 때, 쌍대비교횟수가 기하급수적($N \times (N-1)/2$)으로 증가한다는 점은 앞으로 개선이 필요하다. 그리고 CI, CR을 통해 가중치의 일관성은 검증할 수 있으나 전문성을 검증하는 것은 불가능하다는 점(모든 가중치가 일관성 있게 틀리는 경우도 발생 가능) 또한 개선이 필요하다.

라. 기타

앞의 세가지 방법론 이외에도 Outranking Method와 ANP(Analytic Network Process)등이 있다.

Outranking Method는 각각의 대안들을 짝을 지어 이분법적 관계를 통해 우등지수와 열등지수를 얻어, 대안들 사이의 우열을 결정하는 방법론이다. 하지만 이론적인 기초의 부족함과 기존의 data를 비슷한 의사결정 문제에 적용하는 것이 힘들다는 단점이 있다.

ANP(Analytic Network Process)는 목표, 기준, 대안 상호간의 종속성이나 피드백을 포함하는 네트워크 구

조의 의사결정 시스템으로 AHP를 확장한 새로운 의사결정 시스템이다. AHP는 각 구성요소간 서로 독립이라는 가정 하에서 적용하는 방법론이지만, ANP는 각 구성요소간 상관관계가 있는 경우에도 적용 가능하다는 장점이 있다 하지만, 계산과정이 복잡하고 상대적으로 시간이 많이 소요된다는 단점 또한 존재한다.

3. 무기체계의 의사결정에 있어서의 다기준분석 방법론의 적용

가. AHP의 선정 이유

AHP를 포함한 여러가지 다기준분석 방법론 중 무기체계의 의사결정 문제에는 AHP가 가장 적합한 의사결정 방법론이라는 결론을 얻을 수 있다. 대부분의 무기체계 의사결정 문제에서는, 여러 전문가들이 참여하여 집단적의사결정과정을 거친 후 사업의 우선순위를 결정하는 것이 일반적이다. 이러한 경우, 보통의 다기준분석 방법론으로는 전문가 각자의 주관적인 판단이 많이 개입되며 합의도달까지의 시간이 많이 소요된다. 하지만 AHP는 기준이 정량적인 부분뿐만 아니라 정성적인 부분에서도 쌍대비교 방법과 불일치에 대한 피드백(CI, CR)을 통해 객관적인 data를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 또, 분석을 통해 얻은 쌍대비교 data를 다른 무기체계 의사결정 문제에도 적용할 수 있다는 점도 AHP가 적합한 이유가 될 수 있다.

무기체계 의사결정 문제에서는 일반적으로 대안의 수가 지나치게 많지 않은 경우가 대부분이고, 이미 기준들이 체계적으로 분류되어있는 문제를 다루는 경우가 일반적이기 때문에, AHP의 문제점이라 할 수 있는 쌍대비교의 기하급수적 증가 문제도 큰 문제가 될 수 없다. 따라서 앞의 세 가지 의사결정 방법론 중에서 AHP가 무기체계 의사결정 문제에 가장 적합한 방법론이라 할 수 있다.

나. AHP의 적용

무기체계 의사결정 문제 중, 차기 다련장로켓에 관한 기존의 data에 AHP를 적용해 보았다. 아래의 분석은 현재 미국에서 직구매하여 운용중인 227mm M270A1 다련장로켓을 기준으로 한 차기 다련장로켓의 개발의 의사결정 문제이다. 차기 다련장로켓 개발의 대안으로는 ‘기 전력화된 군용 5톤 차량 샷시에 1pod 탑재(A)’, ‘기 전력화된 군용 10톤 차량 샷시에 2pod 탑재(B)’,

‘현재 기타사업용으로 개발 중인 10톤 차량에 2pod 탑재(C)’ 세가지를 고려해 보았다^[2].

차기 다련장로켓의 계층구조도는 Fig 1과 같다.

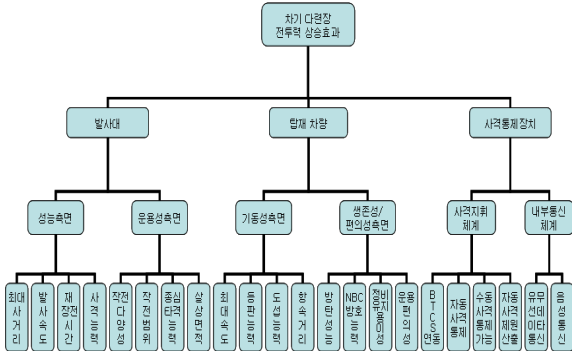


Fig. 1. 차기 다련장로켓의 계층구조도

계층구조도를 바탕으로 쌍대비교 설문을 작성해, 국내 국방관련 내, 외부 전문가 29명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 이때, 총 설문 data의 CR값을 각각 구해 $CR > 0.2$ 에 해당하는 data를 제공한 설문자의 data는 제외하고(4명) 분석을 실시하였다. 설문 결과에 AHP 전문 소프트웨어인 Expert Choice를 적용하여 최종 가중치를 얻을 수 있었다.

총 계층구조요소, 즉 총 의사결정 기준은 22개로 일반적인 다기준분석 방법론으로는 가중치를 선정하기가 쉽지 않다. 하지만 4단계의 계층으로 계층구조를 설정해, 상위기준을 중심으로 각 하위기준의 개수는 4개를 넘지 않게 설정하여 타당성을 높일 수 있었다.

계층구조와 가중치를 기준으로, 각 대안별 전력요소의 절대평가 값을 산출해 보았다. 예를 들어, ‘기 전력화된 군용 5톤 차량 사시에 1pod 탑재(A)’를 했을 경우 기존의 227mm M270A1 다련장로켓보다 최대 사거리가 1.44배만큼 늘어나기 때문에 ‘최대 사거리’에 해당하는 대안 A의 절대평가 값은 1.44가 된다. 다른 요소의 절대평가 값도 같은 방법으로 산정하였다. 앞의 방법으로 구한 절대평가 값에 최종 가중치를 반영한 대안별 최종 절대평가, 즉 종합점수는 Table 4와 같다.

대안 A를 선택하였을 경우는 1.037배, 대안 B를 선택하였을 경우는 1.168배, 대안 C를 선택하였을 경우에는 1.143배의 전투력 상승효과를 얻을 수 있다. 즉, 비용 요소를 고려하지 않았을 경우의 최선의 대안은 B가 되고, B, C, A의 순서로 우선순위를 선정할 수 있었다.

Table 4. 차기다련장의 대안별 최종 절대평가

Level 2	Level 3	Level 4	최종 가중치	최종 절대평가		
				대안 A	대안 B	대안 C
발사대	성능측면	최대 사거리	0.0706	0.102	0.102	0.102
		발사속도	0.0276	0.035	0.035	0.035
		재 장전시간	0.0343	0.034	0.034	0.034
		사격능력	0.0408	0.007	0.041	0.041
	운용성측면	작전 다양성	0.0167	0.017	0.033	0.033
		작전범위	0.0220	0.103	0.103	0.103
		중심 타격능력	0.0453	0.023	0.045	0.045
		살상면적	0.0240	0.012	0.024	0.024
탑재 차량	기동성측면	최대속도	0.0148	0.021	0.023	0.018
		등판능력	0.0114	0.008	0.008	0.008
		도섭능력	0.0065	0.005	0.005	0.005
		항속거리	0.0103	0.018	0.025	0.015
	생존성/편의성측면	방탄성능	0.0112	0.006	0.011	0.017
		NBC 방호능력	0.0136	0.007	0.007	0.014
		정비/유지 용이성	0.0229	0.023	0.034	0.011
		운용 편의성	0.0203	0.010	0.030	0.030
사격통제장치	사격지휘체계	BTCS 연동성	0.1397	0.140	0.140	0.140
		자동사격통제	0.1419	0.142	0.142	0.142
		수동사격통제가능	0.0428	0.043	0.043	0.043
		자동사격제원산출	0.1572	0.157	0.157	0.157
	내부통신체계	유무선 데이터 통신	0.0929	0.093	0.093	0.093
		음성통신	0.0332	0.033	0.033	0.033
합계(효과지수, R)				1.037	1.168	1.143

4. 비용 대비 효과분석

앞에서 다룬 우선순위는 비용 요소를 제외한 우선순위 선정 방법이었다. 하지만 현실 의사결정 상황에서 비용을 고려하지 않으면 현실성과 타당성이 떨어지게 된다. 따라서 4장에서는 앞에서 다룬 효과분석 결과에

비용 요소를 고려하여, 비용 대비 효과분석을 실시하였다.

가. 비용 대비 효과분석의 방법

비용 대비 효과분석을 위한 비용 비율(C)과 비용 대비 효과지수(K)는 아래와 같다.

$$C_j = \frac{\text{대안 } j \text{의 개별 양산 추정단가}}{\text{비교 기준의 개별 양산 추정단가}}$$

$$K_j = \frac{\text{대안 } j \text{의 효과지수}(R_j)}{\text{비용 비율}(C_j)}$$

나. 비용 대비 효과분석의 적용

차기 다련장로켓의 비용분석은 2006년 Version PRICE H 모델을 적용하였고, 양산단가는 2014년 1월 불변가로 산출하고, 환율은 977원/\$을 적용하였다. 기존의 227mm M270A1 다련장로켓의 양산 추정단가(45 억원)를 이용해 얻은 각각의 양산 추정단가, 비용 비율, 효과지수, 비용 대비 효과지수는 Table 5와 같다.

Table 5. 비용 대비 효과분석

구분	대안 A	대안 B	대안 C
양산 추정단가	27.9억원	30억원	40억원
비용 비율	0.620	0.667	0.890
효과지수	1.037	1.168	1.143
비용 대비 효과지수	1.673	1.752	1.280

Table 5를 보았을 때, 대안 A를 선택하였을 경우는 1.673배, 대안 B를 선택하였을 경우는 1.752배, 대안 C를 선택하였을 경우에는 1.280배의 비용 대비 효과를 얻을 수 있었다. 즉, 비용 요소를 고려하였을 경우의 최선의 대안은 B가 되고, B, A, C의 순서로 우선순위를 선정할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 효과분석과 의사결정에서 쓰이는 다

기준분석 방법론에 관해 다루어 보았다. 여러 가지 다 기준분석 방법론 중 평점모형(Scoring Method), 다속성 효용함수법(Multi-Attribute Utility Theory), AHP(Alytic Hierarchy Process) 등에 대한 이론적 배경과 장단점을 다루어 보았다.

각 다기준분석 방법론을 분석해 본 결과, 무기체계 의사결정 문제에서는 AHP가 가장 적합한 의사결정 방법론이라는 결론을 얻을 수 있었다. 따라서 앞에서 다루었던 AHP 방법론을 실제 차기 다련장로켓의 개발에 관한 의사결정 문제에 적용하여 차기 다련장로켓의 계층구조를 구할 수 있었고, 전문가 설문을 통한 data를 기초로 쌍대비교를 통한 각 기준별 가중치도 구할 수 있었다. 이어서 기존의 227mm M270A1 다련장로켓을 기준으로 각 기준별 대안의 절대평가 값을 구한 후, 가중치를 반영한 최종 절대평가값을 구할 수 있었고, 그에 따른 대안의 우선순위도 구할 수 있었다. 또, 의사결정의 현실성과 타당성을 높이기 위해, 앞의 AHP를 통한 효과분석 결과에 비용 대비 효과분석을 실시해 그에 따른 대안의 우선순위도 구할 수 있었다.

본 연구는 여러 종류의 다기준분석 방법론의 이론적 배경과 각각의 장단점을 다루고, 무기체계 의사결정 분야에 가장 적합한 방법론을 제시하였다는 점에 의의가 있다. 또한 AHP를 차기 다련장로켓 개발의 사례연구에 적용한 점, 나아가 비용 대비 효과분석까지 실시한 의사결정을 제시하였다는 점에도 의의가 있다고 할 수 있다. 차기 다련장로켓의 개발 뿐만 아니라, 다양한 무기체계 의사결정 문제에도 앞의 AHP 방법론과 비용 대비 효과분석을 적용한다면 더욱 현실성과 타당성이 있는 의사결정을 할 수 있을 것이다.

Reference

[1] 刀根薫, 게임感覺意思決定法, 日科技連, pp. 13~25, 1986.
 [2] 조기홍, “국내 차기 다련장 로켓 개발방안에 대한 고찰”, 한국군사과학기술학회지, 제11권 제6호, pp. 21~29, 2008.
 [3] 박현, 고길곤, 송지영, 신경식, “예비타당성조사 수행을 위한 다기준분석 방안 연구”, 2000년도 예비타당성조사 연구보고서, 2000.