

AHP & 모수추정법을 이용한 차기 다련장로켓의 비용대 효과분석

A Study on the Analysis of the Cost-Effectiveness for the New Generation Multiple Launcher Rocket System Using AHP & Parametric Estimating

조 기 흥*

Ki-Hong Cho

Abstract

Korean army currently considers the development of the new generation MLRS(Multiple Launcher Rocket System) as a new alternative, which responses on the renovation of the artillery and future battlefield environment. This study suggests that it presents cost-effectiveness of MLRS based on the Analytic Hierarchy Process and Parametric Estimating(PRICE H). According to this study, the cost-effectiveness of new generation MLRS presented that alternative A is 2.30 times and alternative B is 1.70 times, which are better than currently operating M270A1. Therefore, The best acquisition is alternative A that launcher is carried on currently operating 10ton standard truck but final acquisition alternative should be politically decided to consider viability of operator, performance and the latest of equipment.

Keywords : Multiple Launcher Rocket System(다련장로켓), Analytic Hierarchy Process(계층분석법), Cost-Effectiveness(비용대 효과), Parametric Estimating(모수추정법), Acquisition Alternative(획득대안), Viability of Operator(운용자 생존성), Performance(성능)

1. 서론

미래전은 21세기 정보기술 발전에 따라 정보에 대한 의존성이 증대되고, 전쟁목표는 물리적 파괴나 영토 확보 개념에서 적의 정보, 네트워크 능력을 파괴하

여 전장 통제능력을 마비시키는 개념으로 변화가 예상된다.

따라서, NCW 작전환경하의 미래전 양상은 Fig. 1과 같이 네트워크 기반의 작전, 지식·정보 기반의 작전, 효과위주의 작전, 인명을 중시하는 작전 및 승수효과 달성을 위한 통합전 형태로 발전될 것이다^{1~3)}.

화력무기체계는 미래전 양상과 과학기술발전추세에 따라 타 무기체계와 마찬가지로 각 체계별로 새로운 투발수단의 개발과 첨단 사격통제장치의 적용으로 사거리 연장, 명중률 및 살상위력의 증대를 도모하고 있

† 2009년 9월 7일 접수~2009년 11월 20일 게재승인

* 국방기술품질원(Defence Agency for Technology and Quality)

책임저자 : 조기흥(khcho10463@hanmail.net)

으며, 화력 무기체계 자체의 성능향상뿐만 아니라 디지털 전장환경에 연동하여 전투효과의 획기적인 향상을 구현하는 방향으로 발전하고 있다^{1)~4)}.

또한, 육군 구조개혁 2020에 따르면 포병대대의 구조변화로 화포·병력의 감소 및 사단·군단의 작전 책임 지역 확장으로 인한 화력보강이 절실한 실정이며, 화력무기체계중 미래 우리 포병의 전력구조 및 화력보강을 위한 가장 유력한 무기체계로 다련장로켓이 거론되고 있다.



Fig. 1. NCW 작전환경하 미래전 양상 개념도

다련장로켓은 박격포나 곡사포 등 일반 화포에 비해 상대적으로 긴 사거리, 단시간에 화력집중 능력 및 다양한 탄두를 운용할 수 있는 장점 때문에 미국을 비롯한 러시아, 중국 등 세계 각국에서 다양한 구경의 다련장로켓을 운용 중에 있다^{5,6)}.

한국군은 현재 운용중인 130mm 다련장로켓의 짧은 사거리 및 노후화로 인한 문제점을 극복하고, 직구매하여 운용중인 227mm M270A1 다련장로켓의 운용·유지비 절감과 선진국의 기술중속에서 탈피하고 향후 미래 전장환경 및 포병 전력구조 등을 감안한 차기 다련장로켓의 개발을 고려하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법 및 모수 추정법(PRICE H)을 이용하여 정량적으로 전투력 상승효과 및 비용대 효과분석을 실시하여 차기 다련장로켓의 국내 연구개발 타당성을 제시하였다.

2. 다련장로켓의 운용개념 및 구성

가. 다련장로켓의 운용개념^(4,6,7)

다련장로켓의 운용개념은 Fig. 2와 같이 UAV, 대포병 탐지레이더(AN/TPQ-37 등) 및 전방 정찰대로부터 실시간 획득한 상급부대의 정보를 C4I시스템 또는 대포병 탐지레이더와 직접 연동하여 사격 제원을 확보하고 산출할 수 있도록 사격지휘 체계와 연동되어 운용된다.



Fig. 2. 다련장로켓의 운용개념도

또한, 생존성 확보(Shoot & Scoot), 작전시간 및 장전시간 단축 등을 위하여 탄약운반차를 운용하고 로켓발사대 탑재차량 또는 탄약운반차에 장착된 크레인을 사용하여 포드화된 탄약을 자동으로 장전할 수 있도록 자동화되어 있다. 또한, 탑재차량에 저공기상측정장비를 장착하여 환경변화(기상측정 정보)에 따른 사격제원의 자동보정이 가능하고, 통합항법장치(GPS/INS/VMS)를 장착하여 자기위치식별과 발사대의 자동방열·위치제어(방위각, 고각)를 통하여 신속하고 정확한 타격이 가능하도록 운용되고 있다.

나. 다련장로켓의 구성

현재 운용중인 가장 대표적인 다련장로켓은 미국의 227mm M270A1으로 우리나라는 '00년 직구매하여 운용 중에 있으며, 향후 국내 연구개발 예정인 차기 다

런장로켓의 기본구성은 미국의 M270A1(Fig. 3 참조)과 유사할 것으로 판단된다^[4,6].

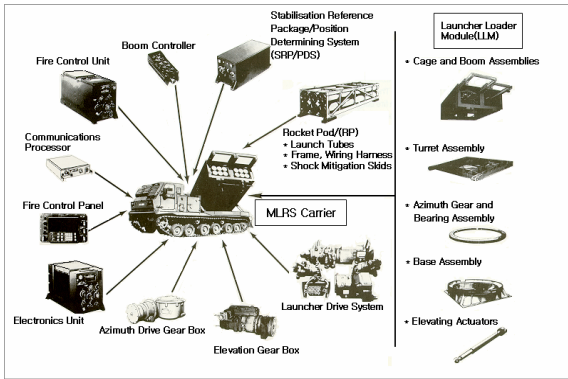


Fig. 3. 미국의 M270A1 체계구성도

따라서, 본 연구에서는 다련장로켓의 발사대 탑재차량 형태를 제외하고는 미국의 227mm M270A1 다련장로켓을 기준하였으며, 세부적으로는 탑재차량(차륜형), 사격통제장치, 발사대 및 탄약 포드 등 기본 구성품과 난방, 환기, 방음, NBC 방호장치/기본 방탄 및 탑재차량 내에 로켓 발사용 사격제어 컴퓨터 그리고 1Pod당 6발씩 총 2Pod 장전이 가능한 겸용발사대로 구성될 것으로 가정하고 전투력 상승효과분석 및 비용대 효과분석을 실시하였다.

3. 전투력 상승효과 분석

가. 계층적분석 기법

차기 다련장로켓의 전투력 상승효과 분석 방법은 계층적 분석법(AHP : Analytic Hierarchy Process)을 적용하였으며, 계층적 분석법은 Thomas L.Satty에 의해 1971년에 개발된 의사결정 모형으로 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교(Pairwise Comparison)에 의한 판단을 통하여 여러 개의 목적을 동시에 가진 문제에 대한 의사결정 수단이다. 또한, 의사결정 과정에서 유무형의 기준과 대안에 관한 정보를 체계적으로 결합시킨 의사결정 기법으로 주어진 의사결정 문제를 계층화한 후 상위계층에 있는 한 요소의 관점에서 직계 하위계층에 있는 요소들의 가중치를 구할 수 있도록 해준다. 따라서 요소 간에 쌍대비교를 실시한 후 Satty의 9점 척도를 이용하여 고유 백터를 정하고

각 요소의 상대적 가중치를 도출한다^[7].

나. 계층적 분석과정^(7,8)

AHP기법을 활용하여 의사결정 문제를 해결하고자 할 경우 일반적인 절차를 간략히 기술하면 다음과 같다.

첫째, 의사결정의 계층화(Hierarchy of Decision Problem) : 주어진 의사결정 문제를 상호 관련된 의사결정 요소들(Decision Elements)로 계층화하여 문제를 분리하는 과정이다.

둘째, 평가기준에 의한 쌍대비교(Pairwise Comparison of Decision Elements) : 평가대상 기준들 간의 속성을 두 개씩 선정하여 상대적 중요도를 평가하고 그 결과를 행렬로 표시한다.

셋째, 가중치 추정(Estimation of Relative Weights) : 쌍대비교 후 각 계층에 대한 비교대상 평가기준들이 갖는 상대적가중치 추정한다.

넷째, 가중치 종합(Aggregation of Relative Weights) : 하위계층에 있는 평가기준들의 가중치를 구하기 위해 각 계층에서 계산된 평가기준들의 가중치를 종합하는 과정이다.

$$W_i = \sum(w_j)(r_{ij}) \tag{1}$$

여기서, W_i : i 번째 요소의 종합가중치

w_j : 평가기준 j 의 상대적 가중치

r_{ij} : 평가기준 j 에 대한 i 번째 요소의 가중치

그리고, 쌍대비교 설문 결과의 일관성 검증은 Expert Choice II 프로그램을 활용하였으며, 일관성검증 방법은 쌍대비교 행렬(Matrix)로부터 CI(Consistency Index, 일관성 지수) 및 CR(Consistency Ratio, 일관성 비율) 값을 산출하고, $CR \leq 0.2$ 이면 쌍대비교는 합리적인(Reasonable) 일관성을 갖는 것으로 판단하였다.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{2}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{3}$$

여기서, RI(Random Index, 무작위 지수) :

$n = 3$ 일 때 0.52, $n = 4$ 일 때 0.89 적용

다. 계층구조도 작성

차기 다련장로켓의 전투력 상승효과 분석을 위한 계층구조도는 차기 다련장로켓의 운용개념과 구성요소별 전투효과에 영향을 미치는 요소 분석 결과를 기초로 Fig. 4와 같이 4단계로 구분하여 하나의 계층구조를 설계하였다.

차기 다련장로켓의 계층구조도는 Fig. 4와 같으며, Level 1은 차기 다련장로켓 체계, Level 2는 발사대, 탑재차량 및 사격통제장치 등 3항목, Level 3는 성능측면, 기동성 측면 및 사격지휘체계 등 6항목 그리고 Level 4는 최대사거리, 최대속도 및 BTCS 연동 가능성 등 22항목으로 구성하였다.

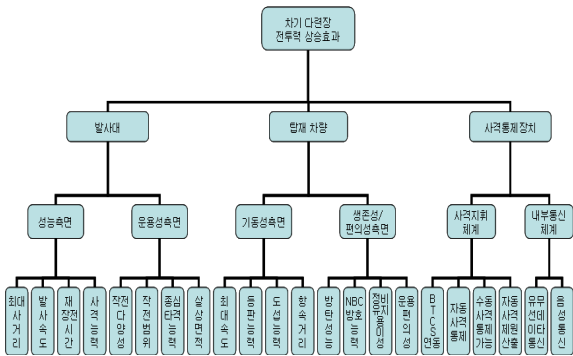


Fig. 4. 차기 다련장로켓 계층구조도

라. 최종 가중치 산출

차기 다련장의 전투력 상승효과 분석을 위해 계층구조도를 바탕으로 쌍대비교 설문을 작성하여, 국내 국방 관련 전문가 DB에 등록된 내·외부 전문가 35명을 대상으로 설문조사를 실시하였다.

또한, 설문결과는 총 설문대상자 중 일관성 검증결과, 일관성 비율(CR : Consistency Ratio) ≤ 0.2인 자료만 사용하여 최종 가중치를 Table 1과 같이 산출하였다.

마. 전투력 상승효과 분석

전투력 상승효과 분석을 위한 비교대상은 미국에서 직구매하여 운용중인 M270A1 다련장로켓을 기준으로 하였으며, 기전력화된 10톤 차량에 탑재하는 방안(A안)과 차륜형 장갑트럭을 신규개발하여 탑재하는 방안(B안)을 대안으로 선정하였고, 절대평가 값 산출은 M270A1의 성능과 차기 다련장로켓의 작전요구성능을 기준으로 Table 2와 같이 효과비율을 산출하였다.

Table 1. 최종 가중치 산출 결과

Level2	Level3	Level4	최종 가중치
발사대 (0.2814)	성능측면 (0.6163)	최대 사거리(0.4072)	0.0706
		발사속도(0.1592)	0.0276
		재 장전시간(0.1980)	0.0343
	운용성 측면 (0.3837)	사격능력(0.2356)	0.0408
		작전 다양성(0.1544)	0.0167
		작전범위(0.2037)	0.0220
탑재 차량 (0.1109)	기동성 측면 (0.3869)	중심 타격능력(0.4192)	0.0453
		살상면적(0.2227)	0.0240
		최대속도(0.3438)	0.0148
	생존성/ 편의성 측면 (0.6131)	등판능력(0.2667)	0.0114
		도섭능력(0.1504)	0.0065
		항속거리(0.2391)	0.0103
사격 통제 장치 (0.6077)	사격지휘 체계 (0.7926)	방탄성능(0.1653)	0.0112
		NBC 방호능력(0.2000)	0.0136
		정비/유지 용이성(0.3364)	0.0229
	내부통신 체계 (0.2074)	운용 편의성(0.2983)	0.0203
		BTCS 연동성(0.2901)	0.1397
		자동차통제(0.2946)	0.1419
합 계	합 계	수동사격통제가능(0.0888)	0.0428
		자동차통제원 산출(0.3265)	0.1572
		유무선 데이터 통신(0.7367)	0.0929
합 계	합 계	음성통신(0.2633)	0.0332
		합 계	1.0000

전투력 상승효과 분석은 각 항목별 최종가중치에 각 대안의 항목별 절대평가 값을 곱하여 산출하였으며, 각 대안별 전투력 상승효과는 기 양산중인 10톤 트럭에 탑재할 경우 1.168배, 차륜형 장갑방호 트럭을 신규 개발하여 탑재할 경우 1.143배로 나타났다.

Table 2. 각 대안별 전투력상승효과 비율 산출 결과

Level2	Level3	Level4	효과비율	
			A안	B안
발사대 체계	성능 측면	최대 사거리(km)	0.102	←
		발사속도(초/발)	0.035	←
		재 장전시간(분/Pod)	0.034	←
		사격능력(분/2Pod)	0.041	←
	운용성 측면	작전 다양성(구경)	0.033	←
		작전 범위(km)	0.103	←
		중심타격능력(km/대)	0.045	←
		살상면적(km ² /대)	0.024	←
탑재 차량 체계	기동성 측면	최대속도(km)	0.023	0.018
		등판능력(중/횡%)	0.008	←
		도섭 능력(m)	0.005	←
		항속거리(km)	0.025	0.015
	생존성/편의성 측면	방탄성능	0.011	0.017
		NBC 방호능력	0.007	0.014
		정비/유지 용이성	0.034	0.011
		운용편의성	0.030	←
사격 통제 장치 체계	사격 지휘 체계	BTCS 연동성	0.140	←
		자동 사격통제	0.142	←
		수동사격통제 가능	0.043	←
		자동사격제원 산출	0.157	←
	내부 통신 체계	유무선 데이터 통신	0.093	←
		음성통신	0.033	←
전투력 상승효과 비율(Rj)			1.168	1.143

산출하였다.

$$C_j = \frac{\text{각 대안별 양산추정 단가}}{M270A1\text{해외 직구매 단가}} \quad (4)$$

여기서, Cj는 비용비율

그리고, 비용대 효과는 앞에서 산출한 전투력상승효과를 비용비율로 나누어 산출하였다.

$$\text{비용대 효과}(K_j) = \frac{\text{효과비율}(R_j)}{\text{비용비율}(C_j)} \quad (5)$$

여기서, Kj는 대안 j에 대한 비용대 효과

Rj : 대안 j의 전투력상승효과 비율

Cj : 대안 j의 비용비율

또한, 획득대안으로 Fig. 5와 같이 기 전력화되어 운용중인 10톤 트럭(A안)과 차륜형 장갑방호 신규개발 트럭(B안)에 발사대 및 사격통제장치로 탑재하는 방안으로 구성하였다.

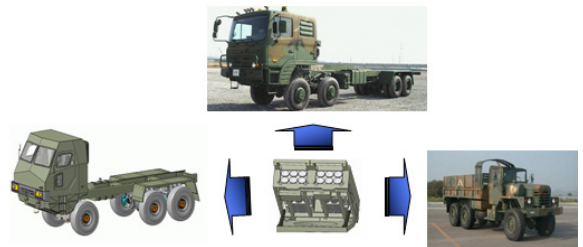


Fig. 5. 획득대상 가능 장비

나. 비용분석

차기 다련장로켓의 양산단가 추정은 PRICE H 모델을 사용하였으며, 양산단가는 2014년 1월 불변가로 산출하였고, 환율은 977원/\$을 적용하였다. 또한, 학습율은 PRICE 모델에서 제공하는 학습율(단위학습이론)을 적용하였고, 임률 및 제비율은 2007년 기준 업체의 평균 임율을 적용하여 추정하였다.

차기 다련장로켓의 주요 비용구조도는 Fig. 6과 같이 탑재차량, 발사대 및 사격통제장치 등으로 구성하였으며, 차기 다련장로켓의 비용분할구조도(EBS : Estimating Breakdown Structure)는 기존 M270A1 다련장 로켓의 WBS를 참고하여 Fig. 7과 같이 Level 7단계까지 총 118개로 구축하였다.

4. 비용대 효과(Kj) 분석

가. 비용대 효과분석 방법

차기 다련장로켓의 비용분석은 PRICE H 모델을 적용(2006년 Version)하여 전력화 예정 년도의 양산단가를 추정한 후 현재 미국에서 직구매하여 운용중인 M270A1의 도입단가와 상대비교를 통해 비용 비율을

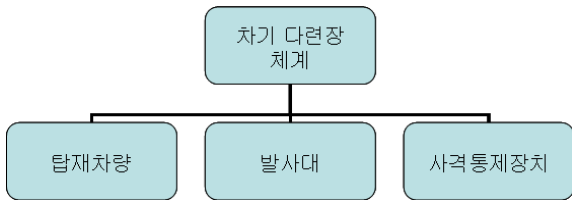


Fig. 6. 차기 다련장로켓 비용구조도

Fig. 7. 비용분할구조도[EBS]

각 획득대안별 비용분석 결과, 양산 추정단가는 기 전력화된 10톤 차량에 탑재한 경우 약 22.56억, 신규 개발차량에 탑재한 경우 약 30.25억으로 추정되었으며, Fig. 8은 개발차량에 탑재할 경우의 PRICE 모델을 이용한 양산단가 추정 결과 화면을 나타낸 것이다.

Fig. 8. PRICE 모델 양산비 Output 화면

Table 3. 차기 다련장로켓의 구성품별 양산 추정단가

Level 2	Level 3	비 용	
		A안	B안
발사대	케이지 조립체	1229.74	←
	탈거식 패널조립체	6.9	←
	베이스 포탑조립체	164.55	←
	포드	8.0	←
	발사대 통합	13.6	←
차량모듈 조립체	사격통제조종기	72.9	←
	전원교환장치	66.9	←
	발사대 인터페이스장치	150.05	←
	케이블 조립체	0.8	←
	고압유압라인조립체	1.0	←
	저압유압라인조립체	1.0	←
	유압펌프조립체	20.9	←
	열교환기장치	20.9	←
	차량모듈조립체통합	9.2	←
	탑재차량	-	474.0
체계통합	-	15.3	←
총 계		22.56억	30.25억

차기 다련장로켓의 양산 추정단가는 Table 3에 나타난 것과 같이 탑재차량 종류에 따라 체계 양산단가가 크게 달라지며, 각 구성품별로는 발사대의 케이지 조립체 및 베이스 포탑조립체, 차량모듈 조립체의 발사대 인터페이스 그리고 탑재차량의 비용 등이 높은 비율을 차지한 것으로 나타났다.

다. 비용비율(Cj) 산출

비용비율(Cj) 산출은 차기 다련장로켓의 양산 추정단가와 현재 국외 직구매하여 운용중인 M270A1의 해외 도입단가를 비교하여 비용비율(Cj)을 산출하였으며, 비용비율 산출 결과, 비용비율은 Table 4와 같이 기 전력화된 10톤 트럭에 탑재한 경우 0.5013, 신규 개발차량에 탑재한 경우 0.6722로 나타났다.

Table 4. 각 대안별 비용비율(Cj) 산출 결과

획득 대안	양산 추정단가	비용비율(Cj)
대안 A	22.56억	0.5013
대안 B	30.25억	0.6722

※ M270A1 해외FMS 구매 단가 : 약 45억

라. 비용대 효과(Kj) 산출

차기 다련장로켓의 비용대 효과분석은 각 평가요소별 전투력상승효과로부터 산출한 전투력상승효과 비율(Rj)과 현재 운용중인 M270A1 도입단가와 각 대안별 예정 양산단가로부터 산출한 비용비율(Cj)값을 식(5)에 대입하여 산출하였다.

대안 j에 대한 비용대 효과(Kj)는

$$\text{비용대 효과}(K_j) = \frac{\text{전투력상승효과비율}(R_j)}{\text{비용비율}(C_j)}$$

Table 5. 각 장비별 비용대 효과(Kj) 분석 결과

획득 대안	전투력상승효과비율(Rj)	비용비율(Cj)	비용대 효과(Kj)
대안 A	1.168	0.5013	2.33배
대안 B	1.143	0.6722	1.70배

※ 비용대 효과는 전투피해평가(BDA : Battle Damage Assessment) 결과 미 포함

비용대 효과분석 결과는 Table 5와 같이 기 전력화된 10톤 차량에 탑재할 경우 비용대 효과는 2.33배로 나타났으며, 신규 개발차량에 탑재할 경우 비용대 효과는 1.70배로 상대적으로 낮게 나타났다.

상기 비용대 효과분석 결과와 같이 탑재차량에 따라 비용대 효과가 크게 상이하게 나타나며, 이것은 신규 개발차량의 경우 탑재차량의 전면, 측면, 하부 등 전체 기본 방탄 및 화생방방호 능력구비 등을 전제 조건으로 개발할 경우를 가정하여 상대적으로 비용이 증가함에 따라 비용비율이 상승하여 나타난 것이다.

5. 결론

한국군의 현대화 사업의 일환으로 미래 포병 전력 구조의 변화 및 군단·사단 작전 책임지역의 한계가 대폭 확대될 것으로 예상됨에 따라 미래 전장환경에

적합한 유력한 대안으로 다련장로켓의 개발을 고려하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 AHP기법 및 모수추정법을 활용하여 미래 전장환경에 적합한 다련장로켓을 국내 연구개발할 경우 전투력상승효과 및 비용대 효과분석을 정량적으로 산출하였다.

전투력상승효과 및 비용대 효과분석은 해외 직구매하여 운용중인 M270A1을 기준으로 실시한 결과, 차기 다련장로켓의 전투력 상승효과(Rj)는 1.143~1.163으로 나타났으며, 비용비율(Cj)은 0.5013~0.6722로 나타났다.

또한, 전투력 상승효과(Rj) 및 비용효율(Cj)로부터 비용대 효과(Kj)를 산출한 결과, 획득대안별 비용대 효과는 1.70~2.33배로 나타나 국내 연구개발이 타당한 것으로 판단되며, 기 전력화된 10톤 트럭에 탑재할 경우의 비용대 효과가 탑재차량을 개발하여 탑재할 경우에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

본 연구결과, 최적의 획득대안은 비용대 효과 및 운용유지 등을 고려할 때 기 전력화된 10톤 트럭에 탑재할 경우가 타당할 것으로 판단되나, 운용인원의 생존성과 전력화 시점에서의 장비성능 및 최신성 등을 고려하여 정책적인 판단에 의해 결정하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

Reference

- [1] 조기홍, 국내 차기 다련장로켓 개발방안에 대한 고찰, 한국군사과학기술학회지, 제11권 제6호, pp. 21~29, 2008.
- [2] '08~'22 육군전략기획서, 부록1. 지상전개념서, 육군본부, pp. 25~27, 2007.
- [3] '07 국방과학기술조사서, 제1장 총론 및 미래전 분석, 국방기술품질원, pp. 133~138, 2007.
- [4] '07 국방과학기술조사서, 제7장 화력무기체계, 국방기술품질원, pp. 211~270, 2007.
- [5] 차기 다련장로켓 소요요청안(보고), 육군본부, 2006.
- [6] 조기홍 외 6인, 차기 다련장로켓 획득사업 선행연구, 국방기술품질원, pp. 4~8, pp. 13~23, 2007.
- [7] 강승철, AHP 기법을 이용한 지상전술 C4I 체계의 전투효과 분석에 관한 연구, 국방대학교, pp. 22~37, 2001.
- [8] 김기태, AHP/DEA 기법을 이용한 전투합정 효율성 평가, 국방대학교, pp. 6~10, 2007.