

## 천무 다련장 탄약 소요량 분석 방법론 연구

오동환<sup>1</sup>, 주광섭<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>육군 지상작전사령부, <sup>2</sup>대전대학교 군사학과

### Methodology for Requirement Analysis of MLRS Munition

Dong Hwan Oh<sup>1</sup>, Kwang Sup Joo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ground Operations Command, Korea Army

<sup>2</sup>Department of Military Studies, Daejeon University

**요약** 본 논문은 천무 다련장 탄약의 적정 소요량을 산정하기 위한 분석 방법론을 연구하였다. 다련장 탄약 중 분산탄을 중심으로 효과분석 방법을 제시한 후 이를 구현하기 위한 알고리즘을 제시하였으며, 사례 분석을 통해 표적별로 30% 파괴 효과 달성에 필요한 탄종별 소요량을 산출하였다. 사례 분석에서 조건별로 동일한 효과 달성을 위한 유도탄과 무유도탄의 비율을 제시하였는데, 표적위치오차와 조준오차가 없는 경우 유도탄은 무유도탄의 약 20~25%의 탄약량만으로도 표적을 30% 파괴할 수 있었다. 표적위치오차와 조준오차가 커짐에 따라 무유도탄의 소요량은 선형적 증가 양상을 보인 반면, 유도탄의 경우 기하급수적으로 증가하는 양상을 보였다. 또한, 많은 양의 탄약을 사용할 경우 살상 효과를 증가시키지만 중복타격율도 증가시켜 효율성이 감소됨을 알 수 있었다. 본 연구 관련 향후 연구 방향은 탄약 효과평가에 대한 세분화 반영, 요망효과에 대한 명확한 정의 연구, 지상 및 지하 표적에 대한 피해평가 방법 개발 등이다. 본 논문에서 제시한 분석 방법론을 응용한다면 소요기획단계에서 천무와 같은 다련장 탄약의 적정 소요량을 산정하는 데 유용하게 참고될 수 있을 것이다.

**Abstract** This paper studied the analysis methodology for calculating the requirement of the proper quantities of Cheonmu Multiple Launch Rocket System (MLRS) munitions. This paper discusses the effect analysis methods focused on the dissemination of munitions and outlines an algorithm to implement them. Through case analysis, the required quantity for each type of munition and target was calculated to achieve the destruction of the desired 30% of the target. In the case analysis, the proportion of each munition to achieve the same effect under various conditions is presented. If there is no Target Location Error (TLE) and Mean Point of Impact (MPI), guided munitions can destroy the required 30% of the target using only 20~25% of the quantity of unguided munition required for the same task. If the TLE and MPI get larger, the required quantum of unguided munitions increases linearly, but the required quantum of guided munitions increases exponentially. The use of large amounts of munitions increases the killing rate, but also increases the rate of overlapping strikes, which results in a reduction in efficiency. This study necessitates further research as follows: Detailed analysis of the munition effect assessment, study of the definition of the desired effect, and development of methods for battle damage assessment of both ground and underground targets. We believe the appropriate application of the methodology presented in this paper would be useful to estimate the requirement for the proper quantities of MLRS munitions like Cheonmu in the requirement planning phase.

**Keywords** : MLRS Munition, M&S, Probability of Kill, Munition Requirement, Operations Research

\*Corresponding Author : Kwang Sup Joo(Daejeon University)

email: myjohj1@naver.com

Received August 9, 2022

Accepted November 4, 2022

Revised September 15, 2022

Published November 30, 2022

## 1. 서론

천무(Fig. 1)는 우리 군이 2009 ~ 2013년 순수 국내 기술로 개발한 다련장(MLRs : Multiple Launch Rocket System) 무기로, 2년여의 시험 기간을 거쳐 2015년 8월부터 야전부대에 실전 배치됐다. 천무의 최대 사거리는 80km로, 단발 또는 연속사격으로 12발을 쏠 수 있다. 또한 천무는 230mm급 유도탄과 무유도탄을 발사하며, 130mm 로켓탄과 미군의 MLRS탄도 발사가 가능하도록 제작됐다. 유도탄은 고폭탄과 분산탄이 있으며 고폭탄의 사격 오차범위가 15m 이내이며, 분산탄은 300개의 자탄을 쏟아내면서 축구장 3개 넓이의 면적을 초토화시킬 수 있는 막강한 위력을 갖추고 있다[1]. 그렇다면 이러한 막강한 위력을 발휘하기 위해 우리는 얼마나 많은 탄약을 보유해야 할까? 가능한 한 많은 탄약을 보유하면 좋겠지만, 그것은 예산과 직결되기 때문에 적정 탄약 소요량을 산정해야 한다.



Fig. 1. Cheonmu(MLRS)

국방 무기체계 등과 관련된 방위력개선사업의 분석평가는 사업의 소요결정, 전력화 시점을 기준으로 소요기획단계, 획득단계, 운영유지단계로 구분하여 시행한다. 탄약의 적정 소요량은 소요기획단계의 분석평가를 통해 최초로 분석되게 되는데, 무기체계에 대한 효과분석은 탄약 소요량을 염출하는 하나의 방법으로 활용된다. 효과분석은 통상 국방 M&S 모델을 활용하거나 다른 모델링 방법을 통해 모의분석을 실시한다. 기존의 국방 M&S 모델은 현존하는 무기체계를 중심으로 각종 데이터 및 파라미터값들이 설정되어 있기 때문에 새롭게 전력화되는 소요기획단계의 무기체계를 국방 M&S 모델을 활용하여 그 효과를 분석하기는 쉽지 않다. 즉, 소요기획단계의 무기체계는 운용개념, 작전운용성능 등이 국방 M&S 모델 운용에 필요한 각종 데이터 및 파라미터값 등을 설정해줄 수 있는 수준으로 구체화 되었다고 보기 어렵기 때문이다. 그래서 기존의 유사 무기체계 분석에 활용된

데이터 및 파라미터값 등을 참조하여 국방 M&S 모델에 입력 후 효과분석을 하거나, 아니면 새로운 방법으로 모델링하여 시행해야 한다.

본 연구는 천무와 같은 다련장 무기체계의 탄약 적정 소요량을 산출하기 위한 방법론을 제시하고자 한다. 230mm급 유도탄 및 무유도탄 중 분산탄을 중심으로 탄약 효과를 정태적으로 분석하여 사거리별, 탄종별, 표적 특성별 요망효과 달성을 위한 총 탄약 소요량을 산정할 수 있는 방법론을 제시하는 것이다. 이것은 다련장 탄약의 적정 규모를 확보하기 위한 소요량 산정 기준을 제공할 수 있을 것이다.

## 2. 관련 연구

포병 무기체계 대한 연구는 군사 분야로서 제한되는 연구 분야임에도 불구하고 비교적 많은 연구가 있었다. 기존 연구는 표적 할당 및 사격순서 결정 연구 등을 통한 포병 무기체계 운용의 효율성 증대 분야, 포병 무기체계 및 탄약에 대한 효과분석 분야, 사격제원산출 연구를 통한 포병사격의 적시성 및 정확성 극대화 분야 등으로 분류할 수 있다.

먼저 포병 무기체계 운용의 효율성 증대를 위한 연구는 공유 표적을 포함한 사격순서 결정문제 연구[2], 최적의 사격순서 결정을 위한 알고리즘 및 방법론 연구[3-6], 적시적인 포병 표적처리를 위한 알고리즘 연구[7], 사격 시간 단축을 위한 최적의 표적 할당 연구[8], 효율적인 대화력전 수행을 위한 명중률 개선 및 표적 할당에 관한 연구[9, 10] 등이 있었다.

포병 무기체계 효과를 분석한 연구로는 AHP 및 모수 추정법을 이용한 차기 다련장 로켓의 비용 대 효과분석 연구[11], 포탄 등 각종 국내개발 탄약 효과 산출 방법에 관한 연구[12], 몬테카를로 시뮬레이션을 활용한 장사정포 요격체계 효과분석 연구[13], 무기체계 효과분석을 위한 수리모형 기반의 프레임워크 연구[14], 실험계획법을 적용한 표적 유형별 탄약 효과분석 연구[15] 등이 있었다.

포병사격의 적시성 및 정확성 극대화 분야 연구로는 국방 위게임 모델에서 공산오차가 반영된 포병 피해효과 [16] 및 모의 논리 개선을 위한 공산오차 모델링 연구 [17]가 있었고, 표적위치오차가 포병사격 효과에 미치는 영향을 분석한 연구[18]도 있었다. 또한 다중 회귀분석을 통한 포병 사격제원산출 방법 연구[19], 포병 및 육군 항공의 통합화력 운용을 위한 모델링 연구[20]도 있었다.

살펴본 바와 같이 포병 무기체계와 관련된 많은 연구가 있었고 주된 연구 방향은 무기체계 운용의 효율성 증대, 사격의 정확성 및 적시성 향상 등이었다. 또한, 포병 탄약 효과분석과 관련된 연구도 있었지만 다련장 탄약에 중점을 둔 연구는 희소하였다. 특히, 다련장 탄약 중에서도 본 연구에서 다루고자 하는 유도형 분산탄과 무유도형 분산탄에 대한 탄약 효과를 정량적으로 분석한 연구는 거의 전무 하였다.

이에 따라 본 연구는 포병 무기체계와 관련된 기존 연구들이 제시한 여러 가지 연구방법 중 몬테카를로 기법 등 시뮬레이션 기법을 참고하여 분산탄을 중심으로 다련장 탄약의 적정 소요량을 산정하기 위한 방법론을 새롭게 제시하고자 한다. 논문의 구성은 Fig. 2와 같이 먼저 다련장 탄약 효과분석 방법을 제시한 후 이를 구현하기 위한 알고리즘을 제시하며, 사례 분석을 통해 요망효과 달성에 필요한 탄종별 적정 소요량을 분석하고 결론 순으로 제시하고자 한다.

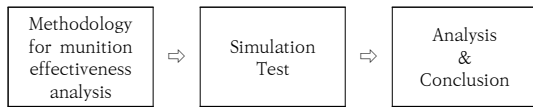


Fig. 2. Study flow

### 3. 탄약 소요량 분석 방법론

#### 3.1 방법론 연구의 필요성

그렇다면, 우리는 왜 천무와 같은 다련장 탄약 소요량 분석을 위한 방법론이 필요할까? 첫째, 한반도를 둘러싼 강대국과 북한은 고위력의 장사거리 대구경 다련장 로켓체계를 개량 및 개발을 지속적으로 추진하고 있다. 이에 대응하기 위해 다양한 장사거리 타격용 다련장 로켓체계에 대한 우리 군의 소요도 증대되리라 예상된다. 따라서 적정 규모의 탄약 확보를 위해 소요기획단계에서 탄약 소요량을 분석할 수 있는 방법론은 반드시 필요하다.

둘째, 기존에 운용하고 있는 국방 M&S 모델을 활용하여 무기체계 효과를 분석하기도 쉽지 않다. 아직 만들어지지 않은 무기체계이기 때문에 국방 M&S 모델 운용시 필요한 각종 데이터 및 파라미터값들을 채워 넣을 수 없다. 설령 이것이 가능하다 하더라도 실험설계, 운용자 개입 등에 따라 M&S 모델 결과값의 편차가 발생할 수 있으므로 보조적·보완적 수단으로서 병렬적 분석 도구 또는 방법이 필요하다.

셋째, 천무와 같이 신규 전력화 포병 탄약은 기존에 없던 무기체계이기 때문에 기존 탄약 소요량 산정방법을 적용하는 것은 제한된다. 모탄이 표적 상공까지 이동 후 다량의 분산탄을 방출하여 표적을 타격하는 개념은 기존의 고폭탄과는 다르기 때문에 새로운 탄약 소요량 산정 방법이 필요한 것이다. 특히, 표적별 특성을 고려하여 요구되는 파괴 효과를 달성하기 위해 소요량을 탄종별로 산정해야 한다.

이러한 여러 가지 요인들을 극복하고 해결하기 위해 천무 다련장 탄약 효과분석 방법론을 제시하고 이를 기반으로 탄종별 요망효과를 고려하여 탄약의 적정 소요량 산출 방법을 제시하고자 한다.

#### 3.2 탄약 소요량 분석 방법

앞에서도 언급했듯이 천무 다련장 분산탄약은 유도탄과 무유도탄으로 구분되며, 유도탄은 GPS 등을 활용하여 목표지점까지 유도된 후 Fig. 3과 같이 목표지점 상공에서 모탄으로부터 수백 발의 자탄이 방출되어 표적을 격멸하는 무기체계이다. 무유도탄은 유도탄과 표적을 격멸하는 방법은 동일하나, GPS 등을 활용한 정밀유도 기능 없이 발사된다는 차이점이 있다.

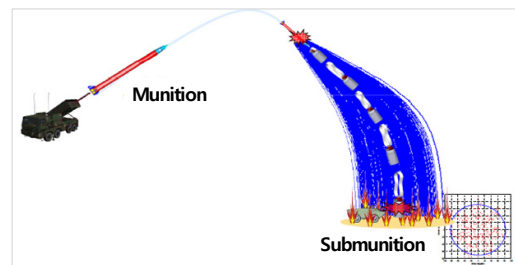


Fig. 3. Concept of Cheonmu MLRS munition

이러한 천무 다련장의 총 탄약 소요량은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

Notations

$i$  : Target type (i.e. artillery company)

$j$  : Munition type(i.e. guided dispersion munition)

$x_{ij}$  : Requirement of munition  $j$  to achieve the desired effectiveness (i.e. 30% destroy) on target  $i$

$n_{ij}$  : Number of units of target  $i$  assigned to munition  $j$

$p_{ij}$  : Ratio of munition  $j$  to target  $i$

Total munition requirement ( $Z$ )

$$Z = \sum_{i,j} x_{ij} \times n_{ij} \times p_{ij} \quad (1)$$

본 논문에서는 표적  $i$ 에 대해 요망효과(예: 30% 파괴) 달성에 필요한 탄약  $j$ 의 소요량인  $x_{ij}$ 를 어떻게 산출할 것인가에 초점을 두고 방법론을 제시하고자 한다. 이를 위해서는 먼저 Fig. 4와 같이 모탄 탄착 시 오차 개념을 적용해야 한다. 본 논문에서는 최초 획득한 표적의 이동, 실제 표적 위치와 획득된 표적 좌표의 불일치 등 표적을 획득하는 과정에서 발생하는 오차인 표적위치오차(TLE: Target Location Error) 개념을 반영하였다. 또한, 이렇게 획득한 표적을 타격하기 위해 천무 다련장과 같은 무기체계를 표적 방향으로 조준하게 되는데, 조준점과 실제 조준한 위치가 상이하여 발생하는 오차인 평균탄착 중심점(MPI: Mean Point of Impact) 오차 개념도 반영하였으며, 이것은 조준오차라고도 한다.

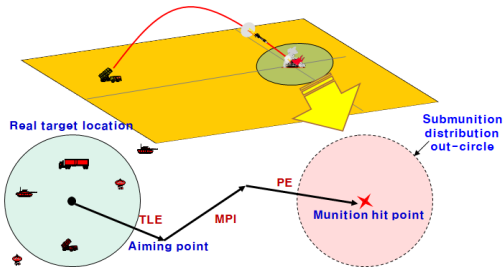


Fig. 4. Error concept of delivered munition

마지막으로 조준한 위치에 실제로 탄이 정확하게 전달 되지 못해 발생하는 개별 탄의 탄착 오차인 정확도 오차 (PE: Precision Error) 개념도 반영하였다. 이러한 정확도 오차는 무기체계의 정밀도에서 발생하는 오차라고도 하는데, 본 논문에서는 모탄의 원형공산오차(CEP: Circular Error Probability) 개념을 적용하였다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 원형공산오차는 발사된 포탄, 미사일의 탄착점의 50% 분포가 예상되는 원의 반경으로 사격의 정확성을 표시하는 기준으로도 활용한다. 곡사포 탄착점의 분포는 사거리 방향과 편의(偏倚) 방향의 분포가 발생하게 되는데, 보통 편향보다 사거리

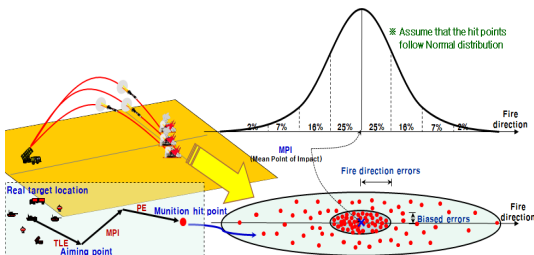


Fig. 5. Concept of CEP

방향 분포가 커서 탄착점은 긴 타원형 분포 형태를 이루게 된다. 이러한 긴 타원형 분포의 형태를 형상적으로 이해하기 쉬운 원형의 형태로 환산한 것이 원형공산오차의 개념이다.

천무 다련장 분산탄은 목표지점까지 모탄 형태로 비행하다가, 목표지점 상공에서 자탄이 방출되어 표적을 파괴하는 형태이다. 즉, 실질적인 살상은 자탄에 의해 발생한다는 것이다. 그렇다면, 수십 개의 자탄에 의해 발생하는 살상확률은 어떻게 구할 수 있을까? Fig. 6과 같이 모탄에서 방출된 수십 개의 자탄이 형성한 자탄 분포외경안에 표적이 있을 경우 살상될 확률은 다음과 같이 구할 수 있을 것이다.

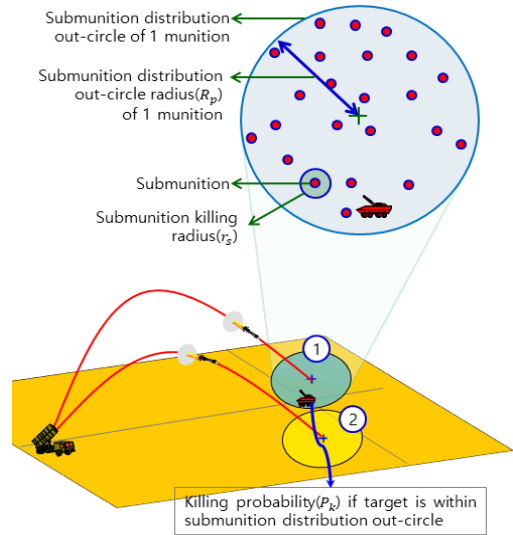


Fig. 6. Probability of kill

Notations

- $P_k$  : Killing probability of a munition
- $P_{ks}$  : Killing probability of one of submunitions released from a munition
- $N_s$  : Number of submunition in a munition
- $R_s$  : Reliability rate of a submunition
- $a_s$  : Killing area of a submunition
- $A_p$  : Area of submunition distribution out-circle of a munition
- $r_s$  : Killing radius of a submunition
- $R_p$  : Submunition distribution out-circle radius of a munition

Killing probability ( $P_k$ )

$$P_k = 1 - (1 - P_{ks})^{(N_s \cdot R_s)} \quad (2)$$

$$\text{where, } P_{ks} = \frac{a_s}{A_p} = \frac{\pi \cdot r_s^2}{\pi \cdot R_p^2}$$

Eq. (2)에서 제시한 자탄 분포외경 안에 있는 표적이 살상될 확률( $P_k$ )은 모탄에서 발출된 수십 개의 모든 자탄(신뢰율 고려)의 살상반경 밖에 있는 확률을 제외한 값이다.

### 3.3 Simulation Algorithm

지금까지 제시한 탄약 소요량 분석 방법을 구현한 알고리즘은 Fig. 7과 같다. 먼저 타격할 표적을 생성하여 임의로 배치하고 데이터 초기화 후 포탄을 발사한다. 표적이 자탄의 분포외경 안에 없을 경우(Fig. 6에서 ②) 포탄 발사 단계로 되돌아가고, 표적이 자탄의 분포 외경 안에 있을 경우(Fig. 6에서 ①) 살상확률( $P_k$ )을 계산하여 만족하는 경우 표적이 살상되고, 그렇지 않으면 포탄 발사 단계로 되돌아간다. 정해진 수량의 탄약이 모두 소진되면 1번의 모의실험이 종료되는 것이다.

이러한 과정을 반복하여 설정한 모의실험 횟수에 도달하게 되면, 평균 살상확률과 요망효과 달성을 위해 필요한 탄약 소요량이 산출되는 몬테카를로(Monte Carlo) 시뮬레이션 알고리즘이다. 이 알고리즘을 활용한 사례 분석을 통해 실험결과 및 분석내용을 제시할 것이다.

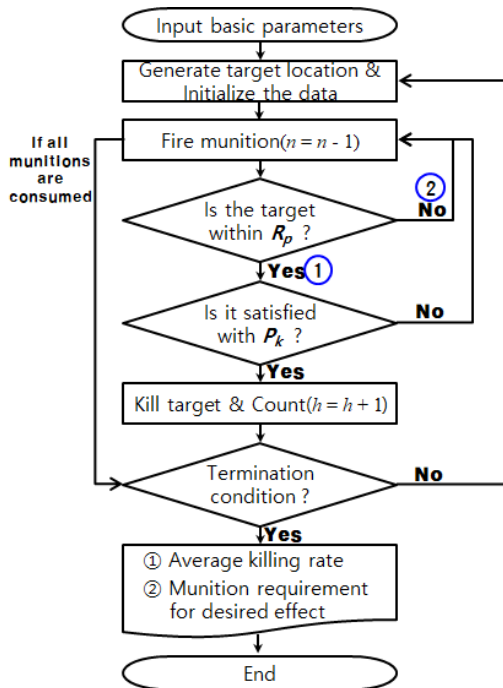


Fig. 7. Simulation algorithm

## 4. 사례 분석

### 4.1 실험조건 및 가정

앞에서 제시했던 탄약 소요량 분석 방법론을 적용하여 적정 탄약 소요량을 산정하기 위해 실험조건 및 가정들을 설정하였는데, 모든 실험조건 데이터는 언론 보도 자료를 활용하거나 임의로 가상 데이터를 생성하였다. 먼저 탄종은 분산탄으로 무유도탄과 유도탄으로 설정하였고, 사거리는 천무 다련장의 특성을 고려하여 무유도탄은 20~50km, 유도탄은 40~80km로 구분하여 10km씩 증가시키면서 실험하였다. 정확도 오차를 반영하기 위해 무유도탄은 공산오차를 사거리 10km당 10m씩 비례적으로 증가시켰고, 유도탄은 고정적으로 15m의 공산오차를 갖도록 하였다. 표적위치오차와 기준오차는 통합하여 0~150m까지 50m씩 증가시키면서 실험하였다. 자탄의 불발율은 1%로 가정하였고 기타 실험조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Test condition summary

Munition type	Distance	Delivered munition error	CEP (radius)	Target (Company)
Unguided	20~50km (per 10km)	0~150m (per 50m)	10m/km	3 types of unit
Guided	40~80km (per 10km)		15m	
Munition type	Number of submunition	Unexplosive error rate	Submunition distribution out-circle radius	Simulation iteration
Unguided	500	1%	80m	10,000 times
Guided	300		70m	

표적 종류별 자탄 살상반경은 합동탄약효과매뉴얼(JMEM : Joint Munition Effectiveness Manual)을 적용할 수 있으나, 대외공개가 제한되는바 임의로 가상 데이터를 생성하여 Table 2와 같이 적용하였다. 여기서 BMP와 BRDM은 장갑차 모델명으로 BMP는 궤도형, BRDM은 차륜형 장갑차이다. RL(Rocket Launcher)은 방사포를, SP(Self-Propelled)는 자주포를 의미한다.

Table 2. Submunition killing radius

Mechanized vehicle			Rocket launcher	Artillery	
BMP	BRDM	Light Vehicle	122mm RL	152mm SP	122mm SP
1.4m	1m	2m	1.2m	1.6m	1m

타격할 표적은 부대 특성별로 기계화보병중대, 방사포 중대, 자주포중대로 구분하여 설정하였다. 표적의 크기는 부대별 무장특성 및 산개 범위 등을 고려하여 Fig. 8과 같이 설정하였으며, 각 표적 내의 각 개체는 표적의 크기를 고려하여 가로배치는 등간격으로, 세로배치는 무작위(Random)로 배치하였다. 사격방법은 요망효과가 달성될 때까지 사격하는 것으로 설정하였으며, 무유도탄은 표적 중앙을 조준하고, 유도탄은 표적별로 3개 조준점을 선정하여 사격하였다. 이렇게 설정된 실험조건 및 가정을 바탕으로 Fig. 7에서 제시한 알고리즘을 통계분석 등에 널리 활용되고 있는 R(Ver. 4.1.0) 프로그램으로 코딩하여 시뮬레이션 실험을 시행하였다.

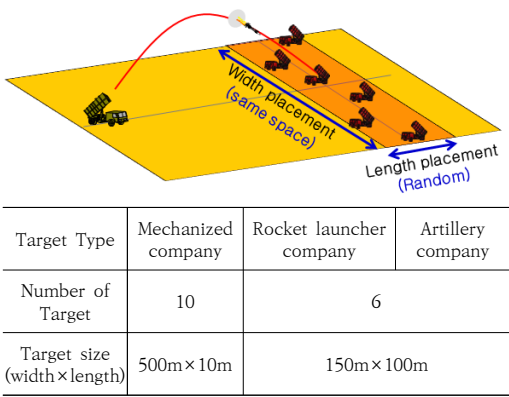


Fig. 8. Target size and location

#### 4.2 실험결과 및 분석

본 논문은 천무 다련장 탄약 소요량 분석 방법론을 제시하는 것이기 때문에 Table 3과 같이 하나의 사례를 실험하여 결과를 제시하였다. Table 3에서 제시된 결과는 각각의 대상 표적을 30% 파괴하는데 필요한 탄약 소요량을 산출하였다. 또한 유도탄과 무유도탄을 구분하여 탄약 소요량을 제시하였는데, 10km씩 사거리를 증가시키면서 도출된 소요량의 평균값을 산출하여 제시하였다.

Table 3에서 제시한 결과는 표적 종류와 탄종별 탄약 소요량이며, 전체적인 표적 부대수와 각 탄종이 표적을 담당해야 할 비율을 곱하면 총 탄약 소요량(Eq. (1))을 구할 수 있게 된다. 또한, Table 3에서는 요망효과를 30% 파괴로 설정하였지만, 요망효과를 수준별로 구분하여 탄약 소요량을 산출할 수 있을 것이다.

Table 3. Munition requirement ( $x_{ij}$ ) with 30% destroy desired

Category		Target type ( $i$ )		
Munition type ( $j$ )	Delivered munition error	Mechanized company		
		BMP	BRDM	Light vehicle
Unguided	0m	52	99	28
	50m	55	104	29
	100m	68	128	36
	150m	85	161	45
Guided	0m	13	24	6
	50m	16	31	8
	100m	48	93	24
	150m	325	600	152

Category		Target type ( $i$ )		
Munition type ( $j$ )	Delivered munition error	RL company	Artillery company	
		122mm RL	152mm SP	122mm SP
Unguided	0m	34	20	48
	50m	40	24	57
	100m	61	35	86
	150m	99	58	141
Guided	0m	7	4	10
	50m	10	6	14
	100m	35	20	51
	150m	1,127	700	2,021

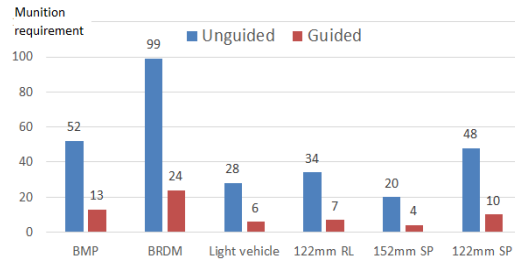


Fig. 9. Munition requirement with 0m delivered munition error

Table 3을 좀 더 살펴보면, 표적위치오차와 조준오차가 0m인 경우 Fig. 9와 같이 유도탄은 무유도탄의 약 20~25%의 탄약량만으로도 표적을 30% 파괴할 수 있었다. 표적위치오차와 조준오차가 100m로 커질 경우, 유도탄은 무유도탄 소요량의 약 57~73%까지 증가하였다. 특히 표적위치오차와 조준오차가 150m인 경우에는 유도탄이 무유도탄보다 소요량이 더 많아졌다. 또한 표적위치오차와 조준오차가 커짐에 따라 무유도탄의 소요량은 선형적으로 증가하는 양상을 보인 반면, 유도탄의 경우 기하급수적으로 증가하는 양상을 보였다. 이것은

유도탄을 운용할 경우 표적위치오차나 조준오차가 작아 야만 그 효과성이 보장될 수 있음을 알 수 있다.

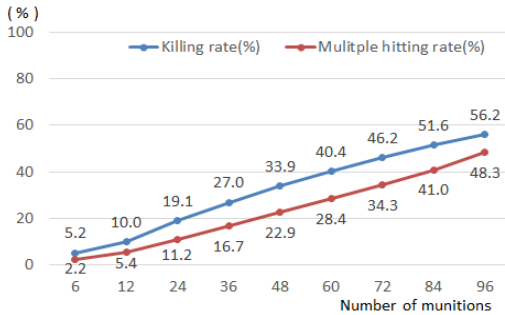


Fig. 10. Multiple hitting rate with number of munitions

Fig. 10은 122mm SP 중대에 대해 사거리 30km에서 표적위치오차와 조준오차가 0m인 경우 무유도탄 수량이 증가함에 따라 파괴율과 중복타격율의 변화를 보여 주고 있다. 여기서 중복타격율은 총 명중된 탄약 중에서 동일한 표적에 2발 이상 명중된 탄약의 비율이다. 무유도탄 수량이 증가할수록 파괴율도 선형적인 형태로 증가하고 있지만, 표적 1개에 여러 발이 타격 되는 중복타격율도 증가함을 알 수 있다. 즉 많은 양의 탄약을 사격하면 파괴율을 증가시킬 수 있지만, 이미 파괴된 표적을 중복타격하는 비효율성도 증가함을 알 수 있다.

### 5. 결론

본 논문은 천무 다련장 탄약 소요량 분석 방법론을 제시하기 위해 다련장 탄약 효과분석 방법을 제시한 후 이를 구현하기 위한 알고리즘을 제시하였으며, 사례 분석을 통해 30% 파괴 효과 달성에 필요한 탄종별 탄약 소요량을 제시하였다. 사례 분석에서 조건별로 동일한 효과 달성을 위한 유도탄과 무유도탄의 비율을 제시하였으며, 이러한 상대적 비율은 각각의 전력화량을 판단하는 하나의 지표로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 유도탄의 경우 표적위치오차나 조준오차가 작아야만 그 효과성이 보장될 수 있음을 알 수 있었고, 탄약량의 증가는 살상 효과를 증가시키지만 중복타격율도 증가시켜 효율성이 감소함을 보여주었다.

본 논문은 다음과 같은 한계점이 있기 때문에 향후 연구는 이를 극복하는 방향으로 진행되어야 할 것이다. 첫째, 본 논문에서는 탄약 효과평가의 중요 요소인 낙각, 중

말속도, 명중 위치 등에 대해 세부적으로 반영하지 못하고 자탄의 살상반경에 근거하여 근사화시켰다. 또한, 표적별 피해범주(M-Kill, F-Kill, K-Kill 등)를 세부적으로 반영하지 못하였다. 따라서 향후에는 이러한 부분을 구체적으로 어떻게 반영할 것인가 고민이 필요하다. 둘째, 본 연구를 시행하면서 요망효과 개념을 설정하는 데 있어서 모호성에 직면하였다. 본 논문에서는 적 표적을 30% 파괴를 6대 중 2대를 파괴하는 개념으로 적용하였지만, 완파·반파·기타 피해 등을 합산하여 피해가 30%에 도달하는 개념도 적용할 수 있다. 따라서 향후에는 이러한 모호성이 없도록 명확한 정의 연구가 필요해 보인다. 셋째, 지상 및 지하 건물 표적에 대한 피해 범위 평가에 관한 기존 연구가 없어서 본 논문에서는 반영하지 않았는데, 이에 대한 향후 연구가 필요하다. 예를 들어 지휘소는 핵심지휘시설, 전투지원시설, 기타 시설 등이 넓은 면적에 분포하고 있는 바, 명중의 개념을 어디까지 적용하며 피해평가를 어떻게 할 것인지에 대해 연구 등이 필요해 보인다.

이러한 향후 연구 방향을 발전시키고, 앞에서 제시한 분석 방법론을 응용한다면 소요기획단계에서 천무와 같은 다련장 탄약의 적정 소요량을 산정하는 데 본 논문은 유용하게 참고될 수 있을 것이다.

### References

- [1] H. C. Moon, Financial News[cited 2016. Feb. 5.], <https://www.fnnews.com/news/201602051045304451> (accessed Mar. 30, 2022).
- [2] T. H. Kim, Y. H. Lee, "Fire sequencing problem with shared targets", *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*, Vol.28, No.3, pp.123-134, 2003. [https://koreascience.kr/article/JAKO20031192190224\\_5.pdf](https://koreascience.kr/article/JAKO20031192190224_5.pdf)
- [3] D. H. Kim, Y. H. Lee, "Heuristic for the simultaneous target allocation and fire sequencing problem", *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*, Vol.35, No.1, pp.47-65, 2010. [https://koreascience.kr/article/JAKO20102385075887\\_4.pdf](https://koreascience.kr/article/JAKO20102385075887_4.pdf)
- [4] S. H. Yoon, W. S. Hwang, J. H. Juhn, I. S. Lee, "A branch-and-bound algorithm on the fire sequencing for planned artillery operations", *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol.33, No.3, pp.154-161, 2010. [https://koreascience.kr/article/JAKO20100965440079\\_2.pdf](https://koreascience.kr/article/JAKO20100965440079_2.pdf)
- [5] Y. B. Choi, K. S. Kim, "Algorithms for fire sequencing

- problem in unplanned artillery attack operation", *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol.35, No.2, pp.37-44, 2012.  
<https://koreascience.kr/article/JAKO201224963705545.pdf>
- [6] J. H. Ahn, S. J. Hong, D. H. Kwon, J. H. Kim, J. M. Ma, "A study on the selection of target priority in artillery based on fuzzy theory", *Review of Korean Military Studies*, Vol.8, No.1, pp.23-42, 2019.  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.34166/rokms.2019.8.1.23>
- [7] J. U. Seo, K. T. Kim, G. W. Jeon, "A field of artillery targeting problem with time window by genetic algorithm", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.36, No.2, pp.11-24, 2010.  
<https://koreascience.kr/article/JAKO201033359735817.pdf>
- [8] W. S. Hwang, Y. H. Chun, H. S. Phak, S. H. Yoon, "A study on the preplanned target allocation problem for minimizing fire time of field artillery", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.36, No.1, pp.15-27, 2010.  
<https://koreascience.kr/article/JAKO201023850761125.pdf>
- [9] S. Y. Kim, J. Y. Lee, "An improvement of hit-probability and an efficient counter-fire execution", *Journal of the Korea Society for Simulation*, Vol.17, No.4, pp.143-152, 2008.  
<https://koreascience.kr/article/JAKO200831559291118.pdf>
- [10] J. H. Kim, W. Y. Jeong, "The study about target allocation model for counter-fire execution", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.39, No.1, pp.1-11, 2013.  
<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artId=ARTO02656228>
- [11] K. H. Cho, "A study on the analysis of the cost-effectiveness for the new generation multiple launcher rocket system using AHP & parametric estimating", *Journal of Korea Institute of the Military Science & Technology*, Vol.13, No.1, pp.84-90, 2010.  
<https://koreascience.kr/article/JAKO201021452660215.pdf>
- [12] J. M. Lee, S. H. Noh, H. J. Han, "The methodology for estimating munitions effectiveness of domestic developed weapon systems", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.44, No.2, pp.21-31, 2018.  
<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artId=ARTO02656345>
- [13] Y. J. Ha, C. J. Lee, "A study on the effectiveness analysis of counter-long range artillery using Monte-Carlo simulation", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.45, No.2, pp.56-70, 2019.  
<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artId=ARTO02540033>
- [14] N. S. Ahn, J. H. Kim, "Framework for effect analysis of firing weapon system using mathematical programming", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.45, No.2, pp.37-44, 2019.  
<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artId=ARTO02539988>
- [15] C. G. Kim, Y. H. Kim, C. W. Lee, Y. B. Lee, B. I. Jang, S. H. Min, "Study on the munition effectiveness by type of enemy using the design of experiments", *The Quarterly Journal of Defense Policy Studies*, Vol.37, No.1, pp.193-214, 2021.  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.22883/jdps.2021.37.1.007>
- [16] H. S. Moon, "A study on the damage effectiveness of artillery considering probable errors in war-game model", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.40, No.1, pp.1-8, 2014.  
<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artId=ARTO02656246>
- [17] H. S. Moon, "A study on modeling of artillery probable errors for improving simulation logic of artillery damage assessment in war-game models", *Korean Journal of Military Art and Science*, Vol.76, No.1, pp.331-348, 2020.  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.31066/kimas.2020.76.1.013>
- [18] C. H. Kim, H. J. Han, "Determining effect of target location error on the field artillery fire", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.41, No.2, pp.9-17, 2015.  
<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artId=ARTO02656303>
- [19] Y. R. Shim, J. Y. Choi, H. S. Moon, "Construction of artillery fire data calculation model using multiple regression analysis", *Korean Journal of Military Art and Science*, Vol.73, No.3, pp.197-226, 2017.  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.31066/kimas.2017.73.3.009>
- [20] J. W. Lim, H. L. Kwon, T. E. Lee, "Modeling and analysis for efficient joint combat fire operation of army artillery and army aviation", *Journal of the Korea Society for Simulation*, Vol.23, No.2, pp.47-55, 2014.  
 DOI: <https://doi.org/10.9709/JKSS.2014.23.2.047>



---

오 동 환(Dong Hwan Oh)

[정회원]



- 2001년 3월 : 육군사관학교  
응용화학과 (이학사)
- 2005년 12월 : 美 해군대학원  
운영분석과 (이학석사)
- 2019년 2월 : 연세대학교  
산업공학과 (산업공학박사)
- 2018년 12월 ~ 현재 : 육군 지상  
작전사령부

<관심분야>

Optimization Algorithm, Network Interdiction

---

주 광 섭(Kwang Sup Joo)

[정회원]



- 1993년 3월 : 육군사관학교  
기계공학과 (공학사)
- 2001년 3월 : 고려대학교  
기계공학과 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 대전대학교  
군사학과 (군사학 박사과정)
- 2021년 12월 ~ 현재 : 육군 지상  
작전사령부

<관심분야>

국방획득, 군수관리, 국방정책 및 전략