

Stochastic 시뮬레이션 기반 단거리 대전차 무기체계 효과분석 : 단거리 대전차 무기체계 성능개량을 위한 제안

정윤영*, 김종환**

*육군사관학교 경영학과

**육군사관학교 기계·시스템 공학과

e-mail:4348901@gmail.com

Analysis of the effects of short-range anti-tank weapon system based on Stochastic simulation: A Proposal for the Performance Improvement of Short-Range Anti-Tank Weapons

Yun-Young Jung*, Jong-Hwan Kim**

*Dept. of Business Administration, Korea Military Academy

**Dept. of Mechanical & Systems Engineering, Korea Military Academy

요약

본 연구에서는 확률적 모의실험 방법을 적용하여, 육안 사거리 판단 오차로 인한 표적(전차) 타격의 어려움을 확인함으로써 보병용 단거리 대전차 무기체계의 성능개량 시 충족해야 할 필수조건(기능)을 제안하였다. 대전차 무기체계의 효과성을 판단하기 위한 주요 척도는 명중률과 파괴력이다. 본 연구에서는 사거리 판단 오차 수준에 따른 명중률(명중확률) 차이에 대한 실험과 분석을 실시하였다. 모의실험(시뮬레이션)은 500m 사거리의 전차표적에 대해 사격을 실시하는 가상의 대전차 무기체계를 설정하여 실시하였으며, 명중률은 무기체계의 발사체가 표적의 취약부분을 타격한 횟수를 총 시뮬레이션 횟수로 나눈 값으로 산출하였다. 시뮬레이션은 사거리 판단 오차에 따른 탄착분포의 편향정도를 확인할 수 있도록 탄착분포도와 동일지역 타격횟수가 표시된 Hit Map, 사거리 판단 수준에 따른 취약지역 명중률을 제공한다. 실험결과, 사거리 판단 오차로 인하여 명중률이 크게 감소되는 것을 확인하였고, 이를 근거로 현재 군에서 운용하고 있는 단거리 대전차 무기체계의 성능개량을 위해 정확한 사거리 측정 기능이 반드시 추가되어야 함을 제안하였다. 본 연구 결과가 보병용 대전차 무기체계의 성능개량에 도움이 되기를 바란다.

1. 서론

1년간 넘게 지속되고 있는 러시아-우크라이나 전쟁에서 몇몇 무기체계는 강대국 러시아를 상대로 항전하고 있는 우크라이나군에 큰 도움을 주고 있다. 그 중 대표적인 무기체계가 미국에서 지원한 재블린(FGM-148 Javelin)과 영국에서 지원한 NLAW(Next generation Light Anti-tank Weapon : 차세대 경량화 대전차 무기) 등과 같은 대전차 무기체계이다. 이러한 보병용 대전차 무기체계로 인하여 러시아군의 전차와 기계화 전력들은 막대한 피해를 입고, 고전을 면치 못하고 있다. 보병용 대전차 무기체계는 중량과 구경, 파괴력(관통능력)을 기준으로 경대전차무기(LAW : Light Anti-tank Weapon), 중대전차무기(MAW : Medium Anti-tank Weapon)로 분류하여, 전투중심 및 운용 체대의 군사작전 목적에 따라 상호 보완적으로 운용해 왔다. 그러나, 근래에는 중량보다는 사거리를 기준으로 단거리, 중거리, 장거리로 구분하여 운용하는 경향이 강하다. 국내에서 독자 개발하여 우리 군이 채택/운용하고 있는 D무기체계는 보병대대급에서 운용하는 보병용 중거리 유도무기(MRIM :

Medium Range Infantry Missile)이며 주요 표적은 전차 및 장갑차 등 장갑으로 보호된 표적이다. D무기체계를 사거리에 따라 분류하면, 중거리 대전차 무기체계이며, 군은 A무기체계, B무기체계, C무기체계와 같은 단거리 대전차 무기체계도 병행 운용하고 있다. 본 연구에서는 일반적으로 단거리 대전차 무기체계의 명중률에 영향을 미치는 발생오차들 중 사거리 판단 오차가 가장 중요한 오차라고 가정하였으며, 가정에 따라 사거리 오차 수준별 명중률의 차이를 확률적 모의실험 결과를 통해 확인하였다. 실험결과를 근거로 단거리 대전차 무기체계의 성능개량 또는 대체무기체계 도입 시, 정확한 사거리 측정 기능이 포함된다면 일반적으로 작전 효용성을 증대시킬 수 있음을 제안하였다.

2. 본론

2.1 대전차 무기체계의 효과성과 명중률의 관계

대전차 무기체계의 효과성은 무기체계의 명중률과 파괴력에 의해 영향을 받는다. 표적(전차)를 파괴하기 위해서는 발사체

가 표적을 향해 정확하게 비행하여 표적을 타격해야 하고, 표적을 정확하게 타격한 발사체가 충분한 관통력과 파괴력으로 표적을 파괴 또는 무력화시켜야 전투효과가 발생한다. 전술한 부분은 명중률을 의미하며, 후술한 부분은 파괴력을 의미한다. 본 연구의 목적이 무기체계의 효과성을 결정하는 명중률과 파괴력 중 명중률에 대한 분석을 통해 보병용 단거리 대전차 무기체계의 성능개량 또는 대체무기체계 도입 시 반드시 포함되어야 하는 필수 기능을 제안하는 것이므로 명중률에 대한 분석을 중심으로 연구가 진행되었다. 대전차 무기체계는 일반적으로 경성표적(전차, 장갑차와 같이 장갑으로 보호된 표적)일 경우에는 발사체(탄두)가 표적에 명중했을 때에만 전투효과가 발생한다. 발사된 탄두가 표적에 명중하지 않고, 표적주변에 탄착할 경우에는 표적은 피해가 발생하지 않는 것이다. 이는 표적이 장갑에 의한 강한 보호력을 가지고 있기 때문에 직접 접촉에 의한 타격이 아니면, 큰 피해 효과를 유발할 수 없기 때문이다. 이러한 이유로 대전차 무기체계의 효과성에 판단할 때, 명중률은 매우 중요한 요소로 고려된다. 대전차 무기체계의 명중률에 영향을 주는 원인들은 다음과 같은 것들이 있다. 1) 탄도오차(무기체계의 고유오차이면서 통제할 수 없는 변인에 의한 확률적 오차), 2) 우발오차(조준오차, 기상오차 등 무기체계 고유의 특성이 반영된 것이 아닌, 우발적으로 발생하는 오차), 3) 사거리 판단 오차(운용자(사수)의 인지적 판단 오류에 의해 발생, 편차가 큼), 4) 무기체계의 생산과정에서 유발된 기계적인 오차(영구적 편향) 등 이다.

2.2 시뮬레이션 설계

실험을 위해 가상의 대전차 무기체계를 설정하였으며, 표적까지의 사거리는 500m로 설정하였다. 표적은 T80 전차이다. 명중률을 계산하기 위한 시뮬레이션 방법은 몬테카를로 방법(Monte Carlo Method)을 사용하였다. 몬테카를로 방법은 반복된 무작위 난수를 추출하여 복잡한 함수의 결과값을 수리적으로 근사하는 알고리즘이다.(Binder 등, 1993 ; Bortz 등, 1975). 시뮬레이션에는 사격 간 발생할 수 있는 불확실성을 모의하기 위해 [표 1] 과 같이 발생오차를 반영하였다.

[표 1] 대전차 무기체계의 발생오차

구 분	수직방향	수평방향	
탄도오차	x_{br} (mrad)	x_{bd} (mrad)	
우발오차	조준오차	σ_x (mrad)	σ_y (mrad)
	기상오차	미반영	
사거리 판단 오차	σ_r (m)		
기계적인 오차	미반영		

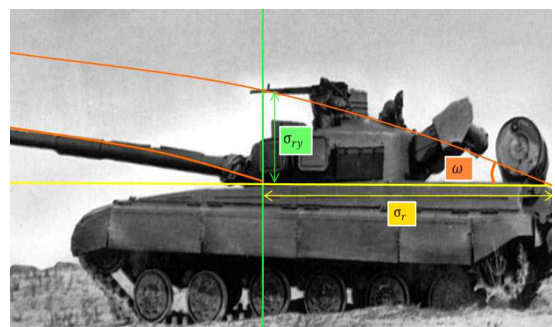
* mrad(milliradian) = 0.05625°(360° = 6,400 mrad)

[표 2] 을 보면, 사거리에 따라 발사체의 낙각(ω)은 다르며, 사거리가 증가할수록 낙각과 낙각의 증가폭이 커짐을 알 수 있다. 이는 사거리가 증가할수록 오차가 증가함을 의미한다.

[표 2] 대전차포용(00mm 무반동총) 플라스틱 고풍탄 (HEP : High Explosive Plastic)의 탄도 데이터

사거리(m)	낙각(mrad)	사거리(m)	낙각(mrad)
100	0.80	800	7.70
200	1.66	900	8.88
300	2.55	1000	10.06
400	3.46	1100	11.25
500	4.44	1200	12.73
600	5.45	1400	15.98
700	6.51	1600	19.54

조준점에 대한 상하(수직) 조준오차의 표준편차인 σ_x , 좌우(수평) 조준오차 표준편차인 σ_y 을 우발오차로 가정하고, 대전차 무기체계의 사거리를 고려(1Km 이내)하여 기상오차는 반영하지 않았다. 탄도오차는 표적 조준점의 상하(수직) 탄도분산인 x_{br} , 좌우(수평) 탄도분산인 x_{bd} 을 반영하였다. 무기체계의 생산과정에서 유발된 기계적인 오차 역시, 매우 최소한 경우이므로 반영하지 않았다. 보병용 단거리 대전차 무기체계의 운용거리가 일반적으로 1Km 이내이므로 무기체계의 발생오차 중 탄도오차와 조준오차는 크지 않을 것이다. 실험에서는 수직방향의 탄도오차와 조준오차를 0.5m, 수평방향의 탄도오차와 조준오차를 0.3m 로 설정하였다. 대전차 무기체계의 조준방식이 조준기를 통한 직접관측이기 때문에 큰 오차가 발생할 가능성이 적기 때문에 0.5m 이내로 설정하였다. 마지막으로, 사거리 판단 오차가 있다. 본 연구에서 중점적으로 분석한 오차가 사거리 판단 오차인데, 사거리는 조준자의 인지적 판단에 의해 결정되기 때문에 오차의 범위가 여타 발생오차보다 클 수 밖에 없다. 사거리 판단 오차가 크게 되면, 운동에너지에 의해 비행하는 발사체(로켓, 미사일, 탄두 등)의 낙각(ω)이 커질 수 밖에 없기 때문에 표적의 명중률에 크게 영향을 주게 된다. 아래 [그림 1] 은 사거리 판단 오차에 따른 낙각과 표적의 탄착지점의 차이를 묘사한 그림이다.



[그림 1] 사거리 판단 오차의 개념

σ_r 은 사거리 판단 오차이며, σ_{ry} 는 사거리 판단 오차에 의해 발생하는 수직오차이다. 수식은 아래 식 (1), (2) 와 같다.

$$\sigma_r = 20R^2, R = \text{사거리} \times 10^{-3}m \quad (1)$$

$$\sigma_{ry} = \sigma_r \omega \times 10^{-3}m \quad (2)$$

[그림 1] 과 수식 (1), (2) 를 통해 사거리를 잘못 판단했을 때, 수직 오차가 σ_{ry} 만큼 발생하여, 명중률에 영향을 주게 됨을 알 수 있다.

2.3 명중률의 계산

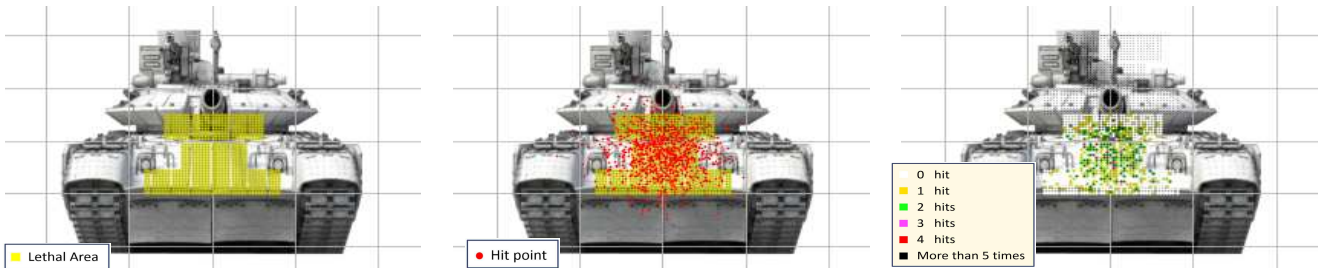
발생오차는 500m 사거리의 표적을 대상으로 설계되었고, 표적 조준점은 T80 전차의 정면 취약부분의 중앙점으로 선정하였다. T80 전차의 정면 취약부분(Lethal Area)은 전차 조종수가 탑승한 부분과 차체와 포탑을 연결하는 부분(Neck)이다. 명중률은 1,000번의 사격을 실시하여, 1,000번 중 취약부분(Lethal Area)에 충격한 횟수(Number of hits)를 세어 식 (3) 과 같이 산출했으며, 사거리 판단 오차가 0m, 50m, 100m 일때로 구분하여 표적에 대한 명중률(P_{hit})을 산출함으로써 사거리 판단 오차 수준에 따른 명중률 차이를 비교/분석하였다.

$$P_{hit} = \frac{\text{Number of hits}}{\text{Number of simulations}} \quad (3)$$

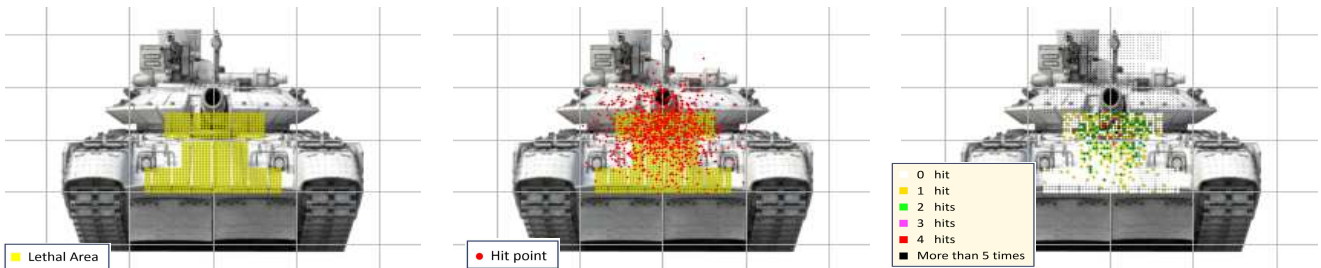
2.4 실험결과

[그림 2] 는 사거리 판단 오차에 따른 발사체의 탄착 결과를 나타낸 그림이다. 각 행별 3개의 그림으로 총 9개의 그림이 제시되었다. 각 행의 왼쪽 그림은 취약부분을 나타내며, 전차 모형에 노란색으로 표시된 부분이다. 각 행의 가운데 그림은 1,000번의 사격결과(발사체 탄착지점) 이다. 적색 점(Point)이 각 1회 사격

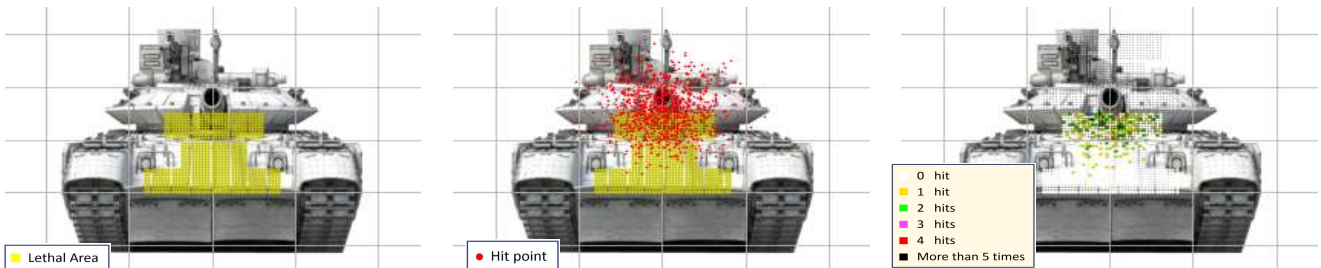
시의 탄착지점을 의미한다. 탄착지점들은 조준점을 중심으로 조준점으로부터 멀어질수록 빈도가 줄어드는 형태를 띄고 있으며, 이는 확률변수가 분포가 시뮬레이션 결과에 표현된 것이다. 본 연구는 확률변수인 발생오차가 수직·수평축 2개의 변량 분포를 갖는 이변량 정규분포로 가정하였으므로, 상·하, 좌·우 축 모두 중심으로부터 멀어질수록 빈도가 줄어드는 탄착분포를 형성하게 되는 것이다. 각 행의 오른쪽 그림은 사격결과와 발사체가 전차의 취약부분에 타격된 결과이다. 타격결과는 동일한 타격지점(Hit Point)을 타격한 횟수에 따라 색깔을 구분하여 표시하였다. 1회 타격한 경우는 노란색, 2회 타격한 경우는 녹색, 3회 타격한 경우는 연보라색, 4회 타격한 경우는 빨간색, 5회 이상 타격한 경우는 검정색으로 표시하였다. [그림 3]은 [그림 2]에서 표현된 타격결과를 정확하게 알 수 있도록 타격 횟수를 표기한 'Hit Map' 이다. Hit Map 에서 각 셀의 숫자는 타격횟수를 의미하며, 각 셀은 4Cm × 4Cm 크기의 정사각형 형태이다. 1,000회의 무작위 시뮬레이션을 실시한 결과, 동일한 4Cm × 4Cm 크기의 정사각형 셀에 타격된 횟수를 모두 표기한 것이다. [그림 3]에서도 사거리 판단 오차가 클수록 탄착지점의 중심이 표적의 중앙으로부터 멀어지는 것을 확인 할 수 있다.



(1) 사거리 판단 오차가 없을 경우, 표적 피격결과

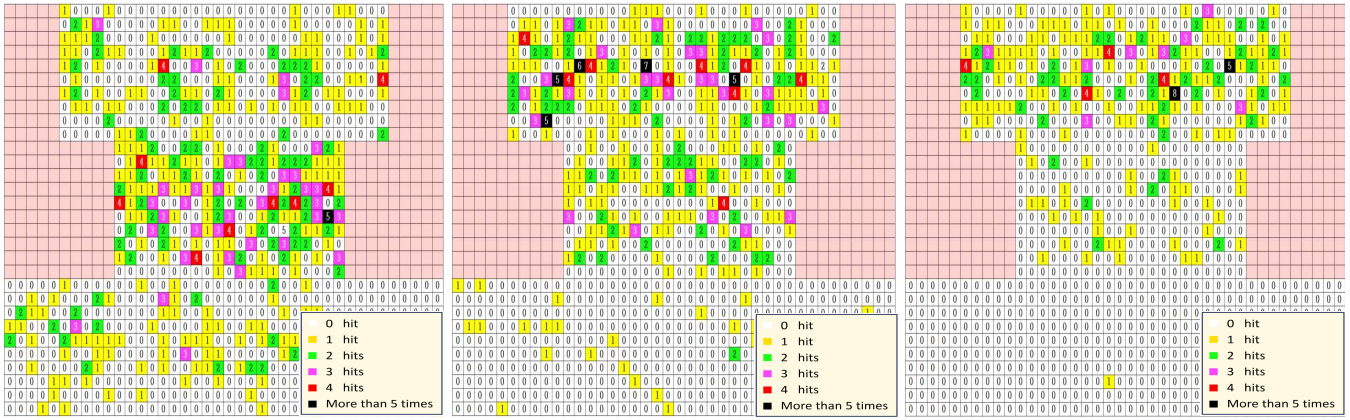


(3) 사거리 판단 오차가 50m 일 경우, 표적 피격결과



(3) 사거리 판단 오차가 100m 일 경우, 표적 피격결과

[그림 2] 사거리 판단 오차에 따른 발사체 탄착결과



(1) 사거리 판단 오차 없을 경우 Hit Map (2) 사거리 판단 오차 50m 일 경우 Hit Map (3) 사거리 판단 오차 100m 일 경우 Hit Map

[그림 3] 사거리 오차에 따른 발사체 피격지점 Hit Map

[그림 3]의 (1)은 사거리 판단 오차가 없을 경우, 표적 타격결과(Hit Map)이다. 표적의 취약부분의 중점에 조준하였고, 사거리 판단 오차가 없기 때문에 조준점을 중심으로 치우침 없이 탄착지점의 분포가 형성되었다. [그림 3]의 (2)는 사거리 판단 오차가 50m 일 경우이다. 사거리 판단 오차가 없을 경우와 비교했을 때, 탄착지점들의 분포가 상향 이동되었음을 볼 수 있다. 사거리 판단 오차가 커질수록 탄착중심이 극명하게 상향 이동하게 되며, [그림 3]의 (3)은 이러한 현상을 반영한 결과이다. 결과적으로 사거리 판단 오차에 의해, 발사체의 탄착지점은 조준자가 조준한 지점과 차이가 발생하게 되며, 이러한 차이가 명중률을 떨어뜨리게 되는 것이다. 흡사 조준점을 상향하여 잘못 선정된 것과 유사한 결과를 보이는 것이다. [표 3]의 산출된 명중률을 보면 차이가 더욱 확실하다. 사거리 판단 오차가 없을 때의 명중률은 사거리 판단 오차가 100m 일 경우보다 2배 이상 높았다. 이는 시사하는 바가 매우 크다고 할 수 있다.

[표 3] 사거리 판단 오차에 따른 명중률

구분	사거리 판단 오차		
	0m	50m	100m
취약부분 타격횟수(회)	581	461	274
명중률(%)	58.1	46.1	27.4

대전차 무기체계의 명중률은 무기체계의 효과성을 평가하는 중요한 요소이다. 파괴력과 관통력이 뛰어나더라도 취약부분에 직접 접촉하여 타격하지 못할 경우, 표적에 대하여 요망하는 피해효과를 얻을 수 없기 때문이다. 실험결과를 통해 대전차 무기체계의 명중률에 영향을 미치는 발생오차들 중에 사거리 판단 오차가 명중률에 미치는 영향이 크다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 단거리 대전차 무기체계의 성능개량을 위해서 사거리를 정확하게 측정할 수 있는 사거리 측정 기능이 반영되어야 한다. 1Km 내외의 거리에서 운용되는 단거리 대전차 무기체계의 특성상 기능추가에 따른 비용은 크지 않을 것으로 판단된다.

3. 결론

본 연구의 목적은 무기체계의 효과성을 결정하는 명중률과 파괴력 중 명중률에 대한 분석을 통해 단거리 대전차 무기체계의 성능개량 또는 대체무기체계 도입 시 반드시 포함되어야 하는 필수기능에 대하여 제안하는 것이다. 시뮬레이션을 통해, 사거리 판단 오차가 명중률에 큰 영향을 미치는 것을 확인했으며, 사거리 판단 오차를 줄이기 위해 정확한 사거리 측정이 가능하도록 조준장치의 기능적 개선이 필요함을 알 수 있었다. 즉, 조준기에 사거리를 측정할 수 기능을 추가함으로써 명중률을 크게 향상시킬 수 있다. 또한, 단거리 대전차 무기체계에 탑재되는 사거리 측정기능은 1,000m 내외의 사거리를 측정하기 때문에 기능을 추가하는데 소요되는 비용도 크지 않다. 연구결과, 단거리 대전차 무기체계의 운용 효율성을 증대시키기 위해서 명중률 향상을 위한 성능개량이 필요하며, 명중률은 사거리 판단 오차에 의해 크게 영향을 받으므로, 사거리 판단 오차를 줄이기 위한 기능이 추가되는 것이 운용 효율성 증가에 큰 도움이 될 수 있다고 판단된다. 본 연구의 결과를 통해서, 단거리 대전차 무기체계에 대한 관심도와 운용 효과성을 향상시키기 위한 연구 및 개발이 더욱 활발하게 진행되기를 바란다.

참고문헌

[1] Binder, K. et al., "Monte Carlo simulation in statistical physics." Computers in Physics, 7(2): pp. 156-157.1993.
 [2] 조성식, 이병진, 김종환 등, 국방 M&S, 청문각, 2판 : pp.98-106, 8월, 2018년
 [3] 이재영, 이종우, 유삼현 등, 군사 시뮬레이션 공학, 북스힐, pp.161-192, 8월, 2015년