

인공신경망을 적용한 직사화기 무기체계의 살상확률(Pk) 산출방법론 연구

장영천[†] · 한현진 · 이기택 · 송미진 · 이휘영 · 김종현

A Study on Pk(Probability of Kill) Calculation Method of the Direct Fire Weapon System using ANN

Young Cheon Jang[†] · Hyun Jin Han · Ki Teak Lee · Mi Jin Song · Hwi Yeong Lee · Jong Heon Kim

ABSTRACT

Until now it has had the limitation of the target in the US JMEM to calculate the Pk with the existing method by our study. In this study, we focused on deriving a method to calculate the Pk of the actual targets except JMEM targets using ANN. We study the initial predictive model of ANN(Artificial Neural Network) from the targets data of the specification and the vulnerable area in the US JMEM(Joint Munitions Effectiveness Manuals), and calculate the actual targets vulnerable area by using this method. Finally, we propose a method to calculate the Pk by applying those data to the existing method of us.

Key words : ANN(Artificial Neural Network), Pk(Probability of Kill), JMEM(Joint Munitions Effectiveness Manuals)

요약

기존 본 연구팀에서 연구한 직사화기 무기효과 산출방법론은 JMEM(Joint Munitions Effectiveness Manuals : 합동탄약효과편람)내 표적에 대해서만 무기효과자료를 산출 가능하다는 제한 사항을 가지고 있었다. 따라서 본 연구에서는 JMEM 이외의 현실적 표적을 추가하여 무기효과자료를 산출하는 방법을 인공신경망(ANN : Artificial Neural Network)을 적용하여 도출하는 데 중점을 두었다. 즉, 미국 JMEM내 표적의 제원과 효과지수인 취약면적(Av : vulnerable area)을 이용하여 인공신경망의 예측모델을 학습시키고, 학습된 예측모델에 현실적 표적의 제원을 적용하여 취약면적을 계산한다. 최종적으로 본 연구팀이 연구한 기존 직사화기 무기효과 산출방법론에 계산된 취약면적을 적용하여 살상확률(Pk)을 계산하는 방법론을 제시하였다.

주요어 : 인공신경망, 살상확률, 합동탄약효과편람

1. 서론

현재 획득한 무기체계와 탄약이 실제 전장에서 어떤 효과를 발휘할 것인가에 대한 척도를 제시해 주는 무기효과자료에 관한 다양한 연구를 지속하고 있다.

국내 연구기관을 중심으로 미국의 JMEM 방법론과 유사한 무기효과자료 생산능력을 갖추기 위해 노력하고 있

지만, 실질적인 능력을 갖추기까지는 여전히 많은 기간과 비용이 소요될 것으로 보인다.

따라서 본 연구팀에서는 미국의 JMEM 방법론으로부터 식별한 절차 및 알고리즘을 활용하고, 현재 한국군이 보유하고 있는 유사 무기체계의 무기효과자료를 기초로 통계 및 시물레이션 기법을 복합적으로 적용하여 직사화기 중 대표 화기인 전차를 중심으로 살상확률(Pk)을 계산하는 방법론을 제시하였다. 먼저 JMEM 방법론에서 살상확률(Pk) 계산시 가장 많은 비용과 시간이 소요되는 취약면적(Av)은 기존의 JMEM 방법론의 절차와 알고리즘을 활용하되, 유사 무기체계의 무기효과자료를 기초로 통계적 기법을 통해 산출하는 방법을 제시하였다. 그리고

Received: 31 January 2019, **Revised:** 29 March 2019, **Accepted:** 29 March 2019

† Corresponding Author: Young Cheon Jang
E-mail: cham357@naver.com
SIMNET Inc., Data Science Team / Leader

명중확률(Ph)은 사격 시험 평가자료를 기초로 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 적용하여 산출하는 방법론을 개발하였다(Choi et al., 2017).

그러나 이 방법론은 적용할 수 있는 대상이 적 표적이 아닌 미국 JMEM에서 제공한 일부 적성국 표적이라는 점에서 현실적 활용의 한계점을 가지고 있었다. 따라서 본 연구에서는 우리 군의 활용성을 고려하여 전자 표적에 대한 무기효과를 산출할 수 있는 방법론을 연구하는데 중점을 두었다.

그래서 본 연구는 미국 JMEM內 기존 표적의 취약면적(Av)과 제원 자료를 인공지능망에 적용하여, 새로운 대상 표적의 취약면적을 계산 후 기존 직사화기 무기효과 산출방법론에 적용하여 살상확률(Pk)을 계산하는 방법론을 제시하였다. 먼저 JMEM內 기존 표적의 제원과 취약면적(Av) 자료를 수집하여, 인공지능망의 초기 예측모델을 학습시켜 예측모델을 완성한다. 완성된 인공지능망 예측모델에 기존 표적과 유사한 대상 표적의 제원 자료를 적용하여 취약면적을 계산한다. 그리고 CAD의 면적 계산 방법을 사용하여, 새로운 적 표적의 표적면적(Ap)을 계산한 후 기존 직사화기 무기체계에 의한 명중확률(Ph)을 산출한다. 마지막으로 이렇게 계산된 대상 표적의 취약면적(Av)과 명중확률(Ph: Probability of hit) 자료를 기존 직사화기 무기체계 산출방법론에 적용하여 살상확률(Pk)을 계산한다. 또한, 방법론의 타당성 확인을 위해, 방법론의 절차에 의한 살상확률(Pk) 자료와 JMEM의 실제 살상확률 자료를 대응표본 t-검정방법으로 검증하여 제시하였다.

2. 관련 연구

2.1 JMEM 생산 방법

미국 JMEM은 무기체계의 실사격 시험결과와 탄약효과 관련 시뮬레이션 결과를 종합하여 생산된다. 만약 실사격 시험결과와 시뮬레이션 결과가 다를 경우 전문 분석관들에 의한 데이터 비교분석 및 판단을 통하여 데이터값을 최종적으로 확정한다. JMEM의 탄약효과 생산 방법의 주요 절차는 Fig. 1과 같다(KIDA, 2015).

전체적으로 표적 자료 개발, 취약성 평가, 무기효과도 산출 등의 5단계로 이루어진다. 먼저 1단계는 표적정보를 수집하고 생산하는 단계이며, 2단계는 표적의 형상모델을 구축하는 단계로서, 표적의 내부 부품까지 세부적으로 반영된 표적형상 모델이 구축된다. 3단계는 표적의 취약성 자료 구축 단계로서, 각종 표적 취약성 분석모델들

을 활용하여 표적의 취약성 자료를 계산한다. 4단계는 3단계에서 계산한 취약성 자료와 각종 모델을 사용하여 효과지수 및 살상면적을 계산하고, 마지막으로 5단계는 살상확률을 계산하고 추정한다.

미국 JMEM의 생산 방법은 신뢰성 있는 자료를 획득할 수 있는 장점이 있으나, 자료 획득에 많은 시간과 비용이 있어야 하는 단점이 있다.

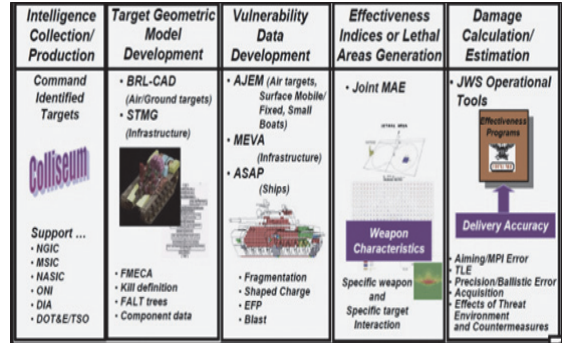


Fig. 1. Concept of JMEM Production(Moon et al., 2015)

2.2 데이터 보정 방법

2.2.1 미국 AMSAA의 보정 방법

이 방법은 시간과 예산이 제한되고 생산체계가 미구축된 미래 무기체계 등을 분석해야 할 경우 미군에서 활용하는 방법이다. 미 AMSAA(US Army Materiel Systems Analysis Agency : 미육군물자체계분석연구소)의 Surrogation 방법은 Fig. 2에서와 같이 크게 4단계(세부 10단계)로 이루어져 있다(Joshua, 2015).

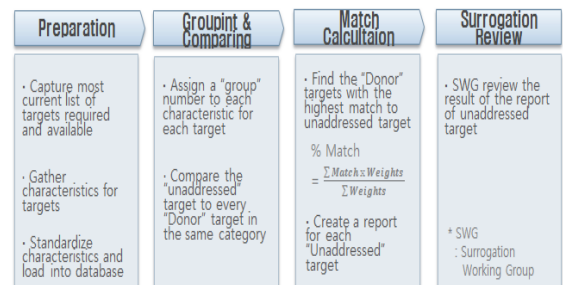


Fig. 2. Process of AMSSA Surrogation

먼저 1단계는 분석의 대상이 되는 표적과 기준이 되는 표적들에 대한 각종 제원과 특성자료를 수집하고 단위들을 표준화하는 준비단계이다. 2단계는 수집된 자료들을

분석하여 그룹화하고 표적 특성자료들의 일치 여부 정도를 계산하고 비교하는 단계이다. 3단계는 기준 표적들과 분석 대상 표적과 유사성 정도를 계산하여 가장 유사한 기준 표적을 결정하는 단계이다. 마지막 4단계는 결정된 자료에 대해서 지정된 전문가 그룹(SWG : Surrogation Working Group)에 의한 최종 승인 등의 판단을 하는 단계이다.

이러한 AMSAA 보정 방법은 자료 획득에 있어서 시간과 비용이 JMEM 생산 방법론 보다 시간이 비교적 짧고 비용이 저렴한 장점을 가지고 있으나 생산자료의 신뢰성 측면에서는 JMEM의 생산 방법론 보다 상대적으로 신뢰성이 낮다. 특히, 충분히 많은 유사한 무기체계별 자료와 특성자료가 확보되어야 하며, 이러한 자료를 이해하여 가중값의 판단과 결과에 대한 최종 승인 등을 할 수 있는 전문인력들(SWG)을 다수 필요로 하는 단점이 있다.

2.2.2 하이브리드 보정방법

하이브리드 보정방법은 미군의 Surrogation 방법론에 CAA(Center of Army Analysis : 미육군연구소)의 WEI (Weapon Effectiveness Index : 무기효과지수) 개념을 추가하여 유사 무기체계의 취약성 면적을 그대로 적용하는 것이 아니라 취약성 면적에 대한 가중치를 차등하게 부여하여 최종 살상확률을 계산하는 방법이다. Fig. 3에서 보듯이 AMSAA의 Surrogation 방법을 이용하여 기준 표적을 선정한 후 표적의 특성값들을 비교한다. 비교된 표적의 특성들에 CAA WEI 개념을 적용하여 취약성 형태별로 영향을 주는 특성들을 식별하고 가중치를 부여한다. 가중치 부여 후에 살상유형별 취약성 승수를 계산하고 기준표적의 취약성 면적에 곱하여 최종 살상확률값을 산정한다(Moon et al., 2012).

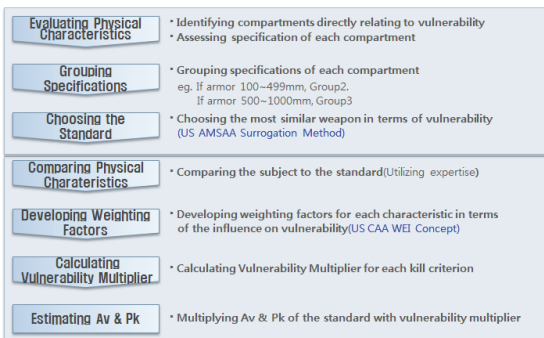


Fig. 3. Concept of JMEM Production(Moon et al. 2012)

이러한 방법은 미 AMSAA 보정 방법을 보완하여 자료의 신뢰성을 향상할 수 있으나, 높은 수준의 전문인력들(SWG)을 다수 필요로 하는 단점을 가지고 있다.

2.3 시뮬레이션 기반 직사화기 살상확률 산정방법

본 연구팀의 기존 직사화기 살상확률 산출방법론은 JMEM에서 획득 가능한 살상확률, 일반성형장약탄(GSC : General Shaped charge)의 취약면적 그리고 국방과학연구소의 사격결과 자료 등을 활용하여 Fig. 4와 같이 5개의 단계로 수행된다. 이 방법론은 데이터를 기초로 통계적 기법 및 탄약효과 산정 관련 수식 그리고 몬테카를로 시뮬레이션 등을 활용한 보정방법론이므로, JMEM에서 자료획득이 가능한 표적만을 대상으로 한다는 제한사항을 가지고 있다(Choi et al., 2017).

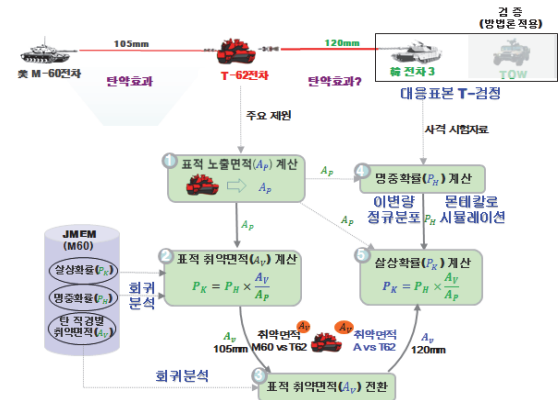


Fig. 4. Concept of estimation method for probability of kill based on simulation(Choi et al., 2017)

3. ANN 적용 직사화기 살상확률 산출방법

3.1 개요

ANN을 적용한 직사화기 탄약효과 산출방법론은 기존 직사화기 탄약효과 산출방법론에 적용할 수 있는 취약면적을 ANN 기법을 통해 산출하는 방법론이다. 먼저 대상 표적의 자료는 Jane's연감, 정보사 자료, 각종 교범 등에서 수집하여 분석한다.

그리고 Fig. 5와 같이 국방M&S표준자료체계내에 활용 가능한 표적 자료에 대한 현황을 파악한다. 이렇게 수집 및 분석된 자료를 ANN 기법에 적용하여 취약면적을 산출하고, 기존 방법론에 적용하여 살상확률(Pk)을 산출한다.

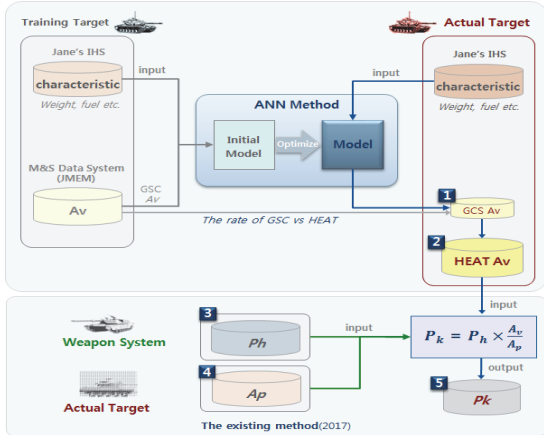


Fig. 5. Concept of estimation method for probability of kill using ANN

3.2 단계별 세부 방법

3.2.1 표적 자료 수집 및 분석(1단계)

표적의 자료는 ANN 예측모델의 학습 자료로 사용될 표적과 살상확률을 산출하고자 하는 표적으로 분류된다.

첫 번째, 학습 자료로 사용될 표적은 국방M&S표준자료체계내 살상유형별 취약면적 현황 자료를 수집하여 선정하였다. 표적의 학습 자료는 일반성형장약탄의 취약면적이 있는 표적을 선정하였고, 일반성형장약탄과 대전차고폭탄(HEAT : High Explosive Anti- Tank)의 취약면적 자료가 동시에 존재하는 표적을 활용하여 비율을 산정한다. 따라서 전차 표적의 경우는 7종의 표적을 학습 자료로 선정하고, 장갑차의 경우는 9종의 표적을 학습 자료로 선정한다. 또한, 비율 산정을 위해 전차는 2종, 장갑차는 2종의 표적을 각각 선정한다.

두 번째, 산출하고자 하는 표적은 대상 전차와 장갑차를 대상으로 하였으며, 그중에서 제원 및 특성 자료가 일관성 있게 수집되는 대상으로 최종 선정한다. 다음의 Table 1은 직사화기 탄약효과 산출 대상 표적을 정리한 것이다.

Table 1. The scope of the actual targets

Division	Actual Targets(26)
Tank(12)	Tank-1, Tank-2, Tank-3, ..., Tank-12
Armed vehicle(14)	AV-1, AV-2, AV-3, ..., AV-14

3.2.2 ANN 예측모델 구축(2단계)

예측모델 구축 주요 절차는 Fig. 6과 같이 Python 언어를 이용하여 ANN 예측모델을 작성하고, 초기 구성 요소를 입력하여 준비한다. 여기서 초기 구성 요소는 은닉 계층의 수, 유닛 수, 학습률, 활성화함수, 반복수 등이며, 준비된 초기 예측모델에 학습 자료를 입력하고 결과를 비교한다. 이렇게 결과를 비교하여 입력한 값과 결과 값의 일반성형장약탄 취약면적 차이가 최소가 되는 구성 요소를 찾을 때까지 반복한다.

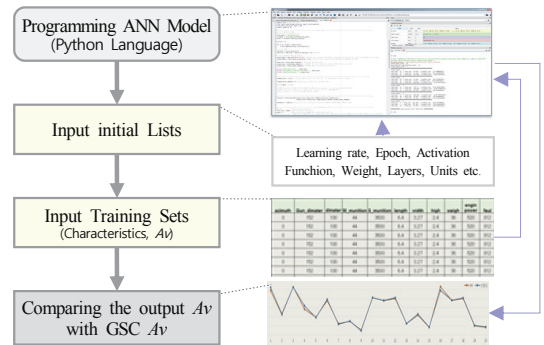


Fig. 6. Concept of processor for the predictive model using ANN

입력한 학습 자료의 취약면적 값은 GSC의 자료를 적용하였는데, GSC는 탄약의 구경별로 1~6인치 취약면적 자료가 JMEM내에 제시되어 있다. 따라서 대상 무기체계/탄약의 구경인 105mm와 120mm를 고려하여, GSC의 취약면적의 자료는 4인치와 5인치의 자료를 입력하여 결과를 분석하였으며 Table 2는 주요 구성 요소 구축 결과이다.

Table 2. The result of predictive model using ANN

Division	Input Lists				Comparing the output Av with GSC Av		
	Layer & Units	Learning rate	Activation Function	epoch			
Tank Model	4inch	9, 9 (2L 18U)	0.001	ReLU	ten thousand	• mean : 1.5%	• sd : 4.0%
	5inch	7, 7 (2L 14U)				• mean : 0.5%	• sd : 1.4%
Armed vehicle Model	4inch	6, 5 (2L 11U)				• mean : 2.1%	• sd : 4.8%
	5inch	6, 6 (2L 12U)				• mean : 1.7%	• sd : 8.7%

신뢰성 있는 ANN 예측모델의 구축을 위하여 주요 구성 요소들의 조합을 변경하면서 입력 취약면적의 값과 산출 취약면적의 값의 차이가 최소가 되는 구성 요소들을 찾아서 전자 및 장갑차 예측모델을 Table 2와 같이 구축하였다.

3.2.3 취약면적(Av) 산출(3단계)

2단계에서 산출한 일반성형장약탄의 4~5인치 취약면적 자료와 HEAT탄의 비율을 찾아서 유형별로 적용하는 과정으로, GSC는 고각 00° 자료와 HEAT탄은 방위각 00°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180° 자료의 비율을 산출한 것이다. Fig. 7은 이러한 취약면적 산출 절차 개요를 개념적으로 정리한 것이다.

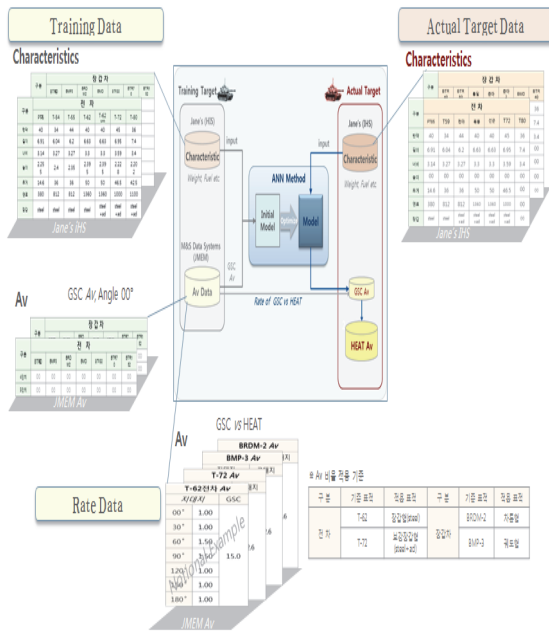


Fig. 7. Concept of processor for calculating the vulnerable area using ANN

ANN 예측모델 학습대상 표적 중에서 GSC의 취약면적이 존재하고 HEAT탄의 살상확률 자료가 존재하는 표적을 선별하고, 이 표적들의 GSC탄은 고각 00°와 HEAT탄은 방위각별 취약면적의 비율을 산정한다. Fig. 8은 이러한 취약면적 비율 절차를 개념적으로 정리한 것이다.

그리고 ANN 예측모델의 표적을 유형별로 학습한 후 산출대상 표적에 적용하도록 하였다. 즉 적용 대상 표적들의 특징 분석을 통하여, 다음의 Table 3과 같이 전차는 장갑형과 보강장갑형, 장갑차는 차륜형과 궤도형으로 각

각 분류하여 기준 표적의 ANN 예측모델에 대상 표적들의 자료를 적용하였다.

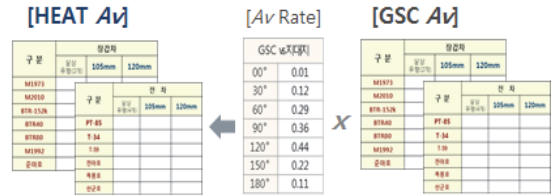


Fig. 8. Concept of calculating the vulnerable area rate (Notional data)

Table 3. The target table of the application for the rate of vulnerable area

Division	JMEM Target	Actual Target(26)	
Tank (12)	Tank-1	Steel	Tank-3, Tank-5, ..., etc.
	Tank-2	Steel-Advanced	Tank-4, Tank-6, ..., etc.
Armed vehicle (14)	AV-1	wheeled	AV-3, AV-5, ..., etc.
	AV-2	tracked	AV-4, AV-6, ..., etc.

3.2.4 살상확률(Pk) 산출(4단계)

새로운 적 표적의 제원과 형상자료를 CAD 프로그램에 적용하여 표적의 방위각별 노출면적(Ap) 자료를 산출하고, 표적의 너비(a), 높이(b), 그리고 오차값(σ)을 무기체계의 명중 관련 공식 식(1)에 대입하여 명중확률(Ph) 자료를 계산한다.

$$Ph = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\frac{a}{\sigma}}^{\frac{a}{\sigma}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx \right] \times \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\frac{b}{\sigma}}^{\frac{b}{\sigma}} \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) dy \right] \quad (1)$$

(Kim et al., 2010)

그리고 새로운 적 표적의 명중확률(Ph), 노출면적(Ap) 그리고 취약면적(Av)을 살상확률 산출공식인 식 (2)에 적용하여 살상확률을 계산한다.

$$P_k = P_h \times \frac{A_v}{A_p} \quad (2)$$

최종적으로 산출방법론의 단계는 Fig. 9와 같이 기존

직사화기 산출방법론에 새로운 대상 표적의 취약면적, 명중확률, 노출면적을 적용하여 산출한다.

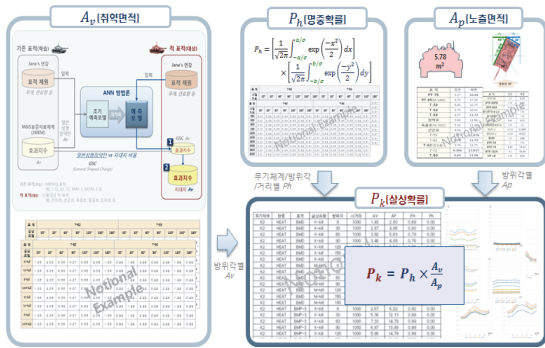


Fig. 9. Concept of estimation method for Pk using ANN

4. 산정 결과 검증

4.1 개요

본 연구 방법론의 타당성 확인을 위해, 연구된 산출 방법론에 사례 적용을 한 결과 자료와 기존 JMEM 내 자료를 비교하는 대응표본 t-검정방법을 사용하였다. 즉, JMEM 내 비교가 가능한 살상확률(P_k) 자료가 있는 대상 사례를 선정하고, 선정된 무기체계 및 표적 사례에 본 연구 방법론을 적용하여 살상확률을 산출하고, 이 결과 자료와 JMEM 내 살상확률 자료를 비교한다.

먼저 미국 JMEM 자료를 탑재하고 있는 국방M&S 표준자료체계내 자료 중에서 살상확률이 제시된 무기체계와 표적을 확인하고, 적용 가능 대상 탄약 및 살상유형과 함께 Table 4와 같이 사례를 선정하였다.

Table 4. Weapons and targets for verification

Weapon(1)		152mm TOW
Target (2)	Tank	Tank-a
	Armed Vehicle	Armed Vehicle-b
Ammunition(1)		HEAT
Kill Type(1)		K-Kill

4.2 산출결과 검증

선정된 사례 전차와 장갑차를 본 연구 방법에 적용한 방위각별 K-Kill의 살상확률 산출결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Comparison of the calculation data and the JMEM data at TOW weapon system(Notional data)

Kill -Type	Azim -uth	Tank-a			Armed Vehicle-b		
		J_{-}	N_{-}	D_i	J_{-}	N_{-}	D_i
K - Kill	00°	0.28	0.26	0.02	0.18	0.34	-0.16
	30°	0.35	0.26	0.09	0.18	0.25	-0.07
	60°	0.38	0.39	-0.01	0.33	0.23	0.10
	90°	0.35	0.44	-0.09	0.30	0.23	0.07
	120°	0.36	0.42	-0.06	0.33	0.23	0.10
	150°	0.36	0.27	0.09	0.24	0.25	-0.01
180°	0.36	0.23	0.13	0.30	0.24	0.06	

연구 방법론의 타당성 검증을 위해, 국방M&S 표준자료체계의 TOW의 살상확률(P_k)과 사례 적용 결과와 비교를 통해 검증하였으며, 유의수준(α)은 0.05이고 양측 검정을 하였고 t-검정의 가설은 다음과 같다.

$$D_i = J_{-} \tag{3}$$

$$\text{귀무가설}(H_0) : u_D = 0 \tag{4}$$

$$\text{대립가설}(H_a) : u_D \neq 0 \tag{5}$$

위의 J_{-} 는 실제 국방M&S 표준자료체계내에 탑재된 TOW의 살상확률 자료이며, N_{-} 는 본 연구 방법론을 적용한 결과 자료이다. 즉, 무기체계 TOW의 제원 및 특성 자료를 연구방법론을 적용하여 살상확률(J_{-})을 산출하고, 이 살상확률과 국방M&S 표준자료체계내 살상확률(N_{-})의 차이의 평균에 대하여 신뢰수준 95%에서 검증하는 것이다.

대응표본 t-검정한 결과는 Table 6과 같으며, t-검정 결과 전차와 장갑차에 대한 P-value는 각각 0.234, 0.380으로 유의수준(α)보다 모두 크므로 귀무가설(H_0)을 기각할 수 없다. 즉 귀무가설(H_0)을 수용하게 됨에 따라 두 표본의 평균의 차이가 없다고 판단할 수 있으므로 본 연구방법론이 통계적으로 유의하다고 판단할 수 있다.

또한, 이와 함께 무기효과 데이터 국내 전문가 그룹에 의한 데이터 검증을 추가로 실시하였으며, '18년 12월에 표준화 심의 절차를 거쳐 방법론 및 데이터에 대한 최종 승인을 획득하였다.

Table 6. Statistics for verification

Division	Tank-a		Armed Vehicle-b	
	$J_{_}$	$N_{_}$	$J_{_}$	$N_{_}$
mean(μ)	0.349	0.324	0.266	0.254
variance(S_d^2)	0.001	0.008	0.004	0.002
Pearson coefficient of correlation	0.351		-0.736	
df	6		6	
t statistics	0.776		0.319	
P(T<=t) value [two-tailed]	0.234		0.380	
t reject region [two-tailed]	1.943		1.943	

5. 결론

현재 우리 군과 각급 연구기관에서 무기효과자료 생산 연구를 진행하고 있다. 그러나 연구기관에서는 미국의 JMEM방법론과 유사한 방법론을 중심으로 연구하고 있어서, 많은 기간과 비용이 소요되고 있다. 그리고 미국 AMSAA의 보정방법론과 KIDA의 보정방법론의 적용은 현재 보다 더 많은 무기효과 자료와 전문인력의 필요성 등으로 제한된다.

본 연구팀에서는 지난 '14년부터 기존의 방법론을 연구 분석해 보고, 우리 군의 여건을 고려하여 적은 예산으로 짧은 기간에 어느 정도 신뢰성을 보장할 수 있는 무기효과자료를 생산할 수 있는 방법론을 연구하기 시작하였다. 그 결과로서 미국 JMEM에 있는 유사표적 자료를 활용하는 점에서는 같은 보정방법론이나 JMEM 방법론에서 활용하는 검증된 수식과 통계적 기법, 시뮬레이션 기법을 복합적으로 적용하여 짧은 기간에 적은 비용으로 무기효과 산출이 가능한 방법론을 '17년도에 개발하였다. 미국의 JMEM 방법론에 대비하여 신뢰성에 제한이 있지만, 통계적 검증을 통해 유의함을 증명하였다. 그러나 이 방법론은 적용할 수 있는 대상 표적이 미국 JMEM에서 제공한 제한적 표적이라는 점에서 현실적 활용의 한계점을 가지고 있었다. 따라서 본 연구에서는 우리 군의 활용성을 고려하여 현실적인 대상 표적에 대한 무기효과를 산출할 수 있는 방법론을 연구하는 데 중점을 두었다.

본 연구는 미국 JMEM內 기존 표적의 취약면적(Av)과 제원 자료를 인공신경망에 적용하여, 새로운 대상 표적의 취약면적을 계산 후 '17년에 개발한 시뮬레이션 기

반 직사화기 무기효과 산출방법론에 적용하여 살상확률(Pk)을 계산하는 방법론을 제시하였다. 먼저 JMEM內 기존 표적의 제원과 취약면적(Av) 자료를 수집하여, 인공신경망의 초기 예측모델을 학습시켜 예측모델을 완성하고 기존 표적과 유사한 대상 표적의 제원 자료를 적용하여 적 표적의 취약면적을 계산한다. 그리고 새로운 대상 표적의 표적면적(Ap)을 계산한 후 기존 직사화기 무기체계에 의한 명중확률(Ph)을 산출한다. 마지막으로 이렇게 계산된 대상 표적의 취약면적(Av)과 명중확률(Ph) 자료를 기존 직사화기 무기체계 산출방법론에 적용하여 살상확률(Pk)을 계산하였고, 통계적 방법으로 방법론의 유의함을 검증하였다.

본 연구를 통해 국내 개발 무기체계에 의한 실질적 대상표적에 대한 표준화된 무기효과자료를 산출하여 확보하였고, 또한 우리 군의 무기체계와 대상표적에 대한 제원 및 특성자료가 확보된다면 연구된 방법론을 활용하여 추가적인 효과자료 산출에 활용이 가능할 것이다.

또한, 많은 예산과 시간을 들여 실시되고 있는 야전 실제 사격 자료를 체계적으로 수집 및 분석하여 관리하고, 본 연구 방법론에 적용한다면 보다 현실적인 우리 군의 무기효과자료를 산출하여 활용할 수 있을 것이다.

향후 미국 JMEM內 우방국 무기체계 및 탄약의 효과자료를 수집하여 본 연구 방법론에 적용할 경우, 우리 군 무기체계의 피해효과를 산출할 수 있을 것이다. 이렇게 생산 및 표준화된 무기효과 데이터는 더 현실적인 결과자료를 제공할 수 있게 되어, 합리적인 의사결정에 이바지함으로써 군의 작전능력 향상과 경제적 군 운영에 크게 이바지할 것으로 기대된다.

References

1. Agency for Defense Development, "The results of technical firing test for the next generation tank ammunition, HEAT-MP, Dajeon Korea, pp. 78-83, 2007.
2. Chung-Young Kim, Seong-Jin Kang, Seok-Chul Choi and Sang-Young Choi, *Military Operations Research Theory and Applications*, Dunam, Seoul Korea, pp. 493-498. 2010.
3. Faulkner, "Adobe Photoshop Cc Classroom in a Book", Prentice Hall, New Jersey U.S., 2015.
4. Hyung-Kon Moon, Young-Bo Suh, (2012) "Hybrid Method for Ground Weapon Systems Vulnerability

- Estimation(HYVEN), The 12nd ROK-US Munitions Effectiveness Seminar
- Joshua kim(2015) "JMEM Content Alteration Tool(JCAT) Overview", CAA, The 15th ROK-US Munitions Effectiveness Seminar
 - Korea Institute for Defense Analyses, "A Study on the Constructive Direction of ROK-JWS", Seoul Korea, pp. 13~17, 2015.
 - Michael Negnevitsky, Introduction of Artificial Intelligence 2nd Ed., AdDDISON_WEDLEY, Australia, pp. 412~416. 2013.
 - Morris R. Driels, *Weaponneering: Conventional Weapon System Effectiveness*, AIAA education series, Virginia U.S., p. 298, 387, 2013.
 - ROK Military Academi, *Weapons System Engineering*, Bookshill, Seoul Korea, P. 140, 2003.
 - Sei-Hoon Moon, Jin-woong Chong, (2015) "Target Geometric Model & Vulnerability Data Development", ADD
 - Youn-Hwan Chun et al. (2016) *Defense Modeling and Simulation*
 - Yun Ho Choi, Ki TeaLee, Jai Jeong Pyhun, Young Cheon Jang(2017) "A Study on Pk(Probability of Kill) calculation method of the direct fire weapon system using simulation", *The Korea Society for Simulation*, Vol. 26, NO. 3, pp. 115-123



장영천 (cham357@naver.com)

1995 한국해양대학교 해사수송과학과 학사
2005 국방대학교 운영분석학과 석사
2016 아주대학교 NCW공학과 박사
2016~ 현재 합참 분석실협실 탄약효과자료구축팀장

관심분야 : 무기체계효과분석, 데이터분석, ANN, 국방M&S



한현진 (hanhj416@gmail.com)

1992 육군사관학교 학사
2001 국방대학교 운영분석학과 석사
2007 미 Auburn University 산업시스템공학과 박사
2018~ 현재 합동참모본부 분석실협실 전력분석1과장

관심분야 : 비용분석, Decision Analysis, Optimization, 국방M&S



이기택 (lktlkt0@hanmail.net)

1996 육군사관학교 수학과 학사
2001 국방대학교 운영분석학과 석사
2011 충남대학교 경영학과 박사
2016~ 현재 합동참모본부 분석실협실 합동M&S체계관리팀장

관심분야 : 국방M&S, 군사 OR 응용, 경영과학 및 응용통계



송 미 진 (destiny72@naver.com)

2006 동아대학교 산업시스템공학과 학사
2008 동아대학교 산업경영공학과 석사
2018~ 현재 합참 분석실험실 탄약효과자료구축팀 선임연구원

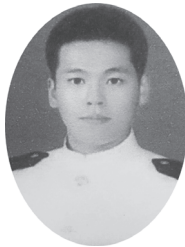
관심분야 : 무기체계효과분석, 산업공학, ANN, 국방M&S



이 휘 영 (bzzzz1@naver.com)

2018 부산대학교 통계학과 학사
2018~ 현재 합참 분석실험실 탄약효과자료구축팀 연구원

관심분야 : 무기체계효과분석, 통계학, 국방M&S, ANN



김 종 현 (kjhijhz@naver.com)

2015 충남대학교 선박해양공학과 학사
2018~ 현재 합참 분석실험실 M&S체계데이터표준화담당

관심분야 : 무기체계효과분석, 국방M&S, 데이터표준화