한국시뮬레이션학회 논문지
Vol. 29, No. 3, pp. 83-91 (2020. 9)
http://doi.org/10.9709/JKSS.2020.29.3.083
ISSN 1225-5904

OneSAF 모델을 위한 명중률 데이터 변환 방법

김건인† · 강태호 · 서우덕 · 변재정

A Study on Converting the Data of Probability of Hit(P_h) for OneSAF Model

Gun In Kim† · Tae Ho Kang · Woo Duck Seo · Jae Jung Pyun

ABSTRACT

To use the OneSAF model for the analysis of Defence M&S, the most critical factor is the acquisition of input data. The model user is hard to determine the input data such as the probability of hit(P_h) and the probability of kill(P_k). These data can be obtained directly by live fire during the development test and the operational test. Therefore, this needs more time and resources to get the P_h and P_k. In this paper, we reviewed possible ways to obtain the P_h and P_k.

We introduced several data producing methodologies. In particular, the error budget method was presented to convert the P_h(%) data of AWAM model to the error(mil) data of OneSAF model. Also, the conversion method which can get the adjusted results from the JMEM is introduced. The probability of a hit was calculated based on the error budget method in order to prove the usefulness of the given method. More accurate data were obtained when the error budget method and the projected area from the published photo were used simultaneously.

The importance of the P_h calculation was demonstrated by sensitivity analysis of the P_h on combat effectiveness. This paper emphasizes the importance of determining the P_h data and improving the reliability of the M&S system though steady collection and analysis of the P_h data.

Key words : OneSAF, Probability of Hit, Error Budget Method, Data Conversion

요 약

OneSAF 모델의 활용이 본격화될 것으로 판단되는 현재 시점에서 가장 중요한 요소는 입력 데이터의 확보이다. 특히 모델 운용자들이 가장 결정하기 어려운 입력 데이터는 명중률과 살상률 데이터이다. 이러한 데이터들은 개발시험평가와 운용시험평가 기간 중에 실시되는 실사격 실험들을 통하여 결정되므로 많은 자원과 시간이 소요된다. 따라서 상대적으로 효율적이면서 비교적 정확한 방법들이 필요하다. 본 논문에서는 명중률 데이터를 확보할 수 있는 가능한 방안들을 검토하고, 방안별로 어떻게 데이터를 산출할 것인가에 대한 방법론을 소개하였다.

먼저 JMEM 도구들을 사용하여 산출된 결과로부터 OneSAF 모델의 명중률 데이터로 변환하기 위하여 필요한 방법을 제시하였다. 다음은 기존의 분석용 모델인 AWAM 모델에 입력 데이터로 존재하는 %로 표시된 명중률 데이터를 오차(mil)형태로 변환하는 방법인 오차요소법을 적용할 수 있음을 보였다. 더불어 소개된 오차요소법을 사용하여 명중률을 산출한 결과를 수행하였다. 오차요소법을 사용하여 공개된 사진 자료로부터 투사면적을 계산하여 보다 정확한 명중률을 계산하였다. 최종적으로 정확한 명중률 산출의 중요성을 명중률이 전투효과에 미치는 민감도 분석을 실시하여 입증하였다. 본 논문에서는 명중률 데이터 결정의 중요성과 꾸준한 명중률 데이터의 수집 및 분석으로 M&S 체계의 신뢰성이 향상되어야 하는 것을 강조하였다.

주요어 : OneSAF, 명중률, 오차요소법, 데이터 변환

* 본 연구는 국방과학연구소의 지원(계약번호 : UE181017 ID)을 받아 수행되었다.

Received: 5 September 2019, **Revised**: 17 May 2020, **Accepted**: 8 June 2020

† **Corresponding Author**: Gun In Kim
E-mail: gunin@korea.ac.kr
Korea University, Graduate School of Information Security

1. 서론

분석용 M&S 체계를 무기체계 효과분석에 활용하기 위하여 가장 중요한 것은 신뢰성 있는 입력 데이터의 확보이다. 하지만 현재 운용하고 있는 대표적인 분석용 M&S

모델인 지상무기효과분석 모델(AWAM, Army Weapon effectiveness Analysis Model)의 경우만 보더라도 사용하고 있는 데이터들은 우리가 직접 생산하지 않은 데이터가 상당수 존재한다. 또한 탑재된 상당수의 데이터는 최신화가 필요한 실정이다. 이로 인해 분석용 워게임 모델을 사용하는 무기체계 효과분석 결과에 대한 신뢰 저하가 우려되고 있다.

국내 무기체계는 모방 생산으로부터 시작하여 자체 무기를 설계하고 생산하기 시작한 지는 얼마 되지 않았으므로 모의 분석에 필요한 데이터를 단기간에 확보하는 것은 현실적으로 불가능하다. 일반적으로 분석용 모의 모델을 구축하는 비용과 분석용 모의 분석에 필요한 데이터를 구축하는 데 필요한 비용을 비교하면 데이터 구축 비용이 더 많이 필요하다. 미국으로부터 모델의 구매는 용이하지만 데이터의 구매는 제한되는 이유이다. 따라서 필요한 데이터를 미군의 해외군사판매(FMS, Foreign Military Sales)를 이용하여 무기를 수입과 동시에 획득하려는 노력은 오래전부터 시작되었다. 대표적인 경우가 미군에서 탄약효과도 평가를 표준화하기 위해 구축한 무기효과 자료(JMEM, Joint Munitions Effectiveness Manual)를 활용하여 현재 운용중인 국방 M&S 모델 내 데이터 신뢰도를 제고하는 노력을 지속하여 왔다.

하지만 무기효과자료(JMEM)에 포함된 데이터들은 실제 사격 자료들을 활용하여 생산된 자료들로서 우리의 국방 M&S 체계에 직접적으로 활용하는 것은 자료의 형식과 데이터의 정밀도가 달라서 적절하지 않다. 특히 육군의 경우에는 미국으로부터 도입한 무기체계보다는 자체 생산한 무기체계가 많고, 미래 무기체계를 준비하고 있는 것이 많아서 관련 데이터를 미국으로부터 획득하는 것은 제한된다. 다만, JMEM은 공군의 탑재 무장과 표적을 고려하여 탑재 무장의 표적 파괴 효과를 분석하는 데에 제한적으로 사용되고 있다. 이는 공군이 보유하고 있는 전투기와 탑재 무장의 상당수가 미국으로부터 수입하였고, 관련 데이터를 모두 확보하였기 때문이다.

특히 무기체계의 명중률을 결정하기 위해서는 발사 무기체계는 물론 표적 무기체계를 고려해야 한다. 따라서 경우의 수가 급격히 늘어나면서 관련 데이터의 확보는 쉽지 않은 실정이다. 더불어 미래 무기체계를 구상하는 단계에서는 현실에서는 존재하지 않는 무기체계들의 명중률 데이터를 판단하는 것은 매우 어려운 일이다.

미군에 의하여 미래전력체계를 분석하기 위하여 개발된 OneSAF(One Semi Automated Forces) 모델은 M&S 도메인 전반의 상호운용성과 재사용성을 만족하고 가상군(Computer Generated Forces)을 모의할 수 있는 객체(entity) 수준의 시뮬레이션을 지원하기 위하여 개발된 도구이다(PEO STRI Home Page). 객체 수준의 시뮬레이션은 개별 전투원이나 탑재 무기체계 및 장비 단위까지를 모의할 수 있음을 의미한다.

OneSAF 모델은 조립식 모의 체계를 가지고 있으며, 조립되는 무장의 해상도를 조절하여 모의를 실행할 수 있다. 이를 활용하기 위해서는 기존의 국방 M&S 체계들에서 요구하는 데이터들보다 한 단계 정밀한 세부 데이터가 필요하다. 단위부대들을 모의 개체로 분석하는 기존의 분석용 M&S 체계와는 상이하게 개체에 탑재된 무장 및 센서와 통신 장비와 같은 단위까지를 개별 모의 대상으로 하기 때문에 더 많은 데이터가 필요하다. OneSAF 모델은 기본적으로 소스 코드를 공개하는 것을 기본으로 개발하였지만, 데이터와 알고리즘은 공개하지 않았다(Parsons and Wittman, 2005). 따라서 OneSAF를 사용하기 위해서는 데이터를 생성하는 알고리즘에 대한 연구가 필수적이나, 관련 연구는 기초적인 수준에 그치고 있다.

본 논문에서는 OneSAF 모델을 위한 명중률 데이터를 어떻게 확보할 수 있는가에 대한 방법을 제시하고, 방법들을 사용하여 명중률을 산출한 결과들을 보여주려고 한다.

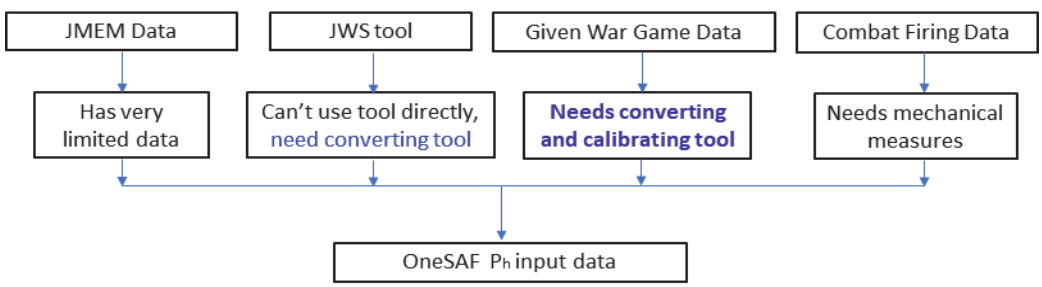

Fig. 1. P_h Data Converting Methods for OneSAF and Its restrictions

2. OneSAF 데이터 획득 방법표지 및 내용

Fig. 1.에서는 활용 가능한 데이터 및 생산 방법을 보여주고 있다. OneSAF에서 명중률(delivery accuracy)은 입력된 오차 요소를 이용하여 명중 여부를 내장된 모의 논리를 이용하여 결정한다(AMSAA, 2014). 이러한 방법론은 Weaponeering(Morris R. Driels, 2013)과 같은 문헌자료와 무기효과자료(JMEM), 합동무기추천체계(JWS)에서 사용하는 도구들의 형태로 존재한다. 하지만 이러한 방법을 적용하여 국내에 필요한 탄약 효과 자료를 생산하는 것은 자체적으로 수행해야 한다(Choi, 2018). 아울러 활용가능한 데이터를 생산하기 위하여 요구되는 기초자료의 양은 매우 방대하며 오랜 기간에 걸쳐 측정되고 수집되어야 한다. 따라서 기존에 국내에서 보유한 명중률에 관련된 데이터를 모두 활용하여 OneSAF에서 사용 가능한 데이터로 변환하는 방법을 모색하는 것이 대안으로 부상했다.

명중률 자료는 현재 국내에서 운용하는 지상무기효과분석모델(AWAM)에 가장 많이 포함되어 있다. AWAM 데이터는 미국이 개발한 Janus 모델에 포함된 데이터와 한국군이 수집하여 추가한 많은 데이터가 포함되어 있다. 따라서 그동안 체계적으로 구축되고 검증되어 AWAM에 수록된 명중률 데이터를 변환하는 방법이 우선되어야 한다.

이외에도 개발이나 운용 간에 실사격 결과를 활용하는 방법이 존재한다. 이 방법은 가장 신뢰할 수 있으나, 측정방법을 단순한 명중률 측정 방법에서 오차를 측정하는 공학적 측정 방법과 같은 새로운 측정 방법을 적용해야 한다. 이 방법에 대해서는 개략적인 개념만을 제시하고, 본 논문에서는 현재 상황에서 현실적이고 실행 가능한 방법으로 데이터 변환 방법 및 정확한 명중률을 산출하는 교정 방법을 중점적으로 제시하려고 한다.

3. 데이터 변환 방법

3.1 JMEM/JWS 데이터 활용

OneSAF 모델은 JMEM 또는 JWS가 제공하는 오차 데이터를 이용하여 명중률을 산출할 수 있다. 현재 JMEM 데이터에는 미국으로부터 FMS로 도입된 무기체계의 오차 값들만이 수록되어 있으며, 표적 체계의 종류도 제한된다.

3.1.1 JMEM 도구 계산 결과의 특징

JMEM 도구를 사용하여 산출된 결과는 근본적으로 공학적인 분석 방법에 기초하고 있어 명중률에 대해서는 탄의 속도에 따른 분산 정도를 제공하고 있다. 그러나 워게임 모델의 입력 자료는 전술적인 용어인 사거리에 따른 분산을 요구한다. 따라서 공학적인 지표인 탄의 속도를 전술적인 지표인 사거리로 변환하는 방법이 필요하다.

이러한 문제는 탄도 계산 프로그램을 풀어서 산출된 결과를 이용하면 탄의 속도를 사거리로 변환하여 해결할 수 있다. 하지만 이러한 변환을 탄도프로그램 내에서 수행한다면 원하는 사거리를 결정하기 위하여 반복적인 계산이 필요하기 때문에 효과적이지 않다. 이를 보완하기 위해 탄도 계산 프로그램을 이용하여 다양한 초기속도에 대한 사거리별 탄자의 속도를 계산하여 사거리와 탄자의 속도의 관계식을 도출하여 사용할 수 있다. 이 경우 탄자의 속도와 항력의 관계는 일정하지 않기 때문에 탄자의 속도와 사거리의 관계는 대부분의 경우 이차식 이상으로 표현된다. 하지만 속도가 매우 큰 날개안정철갑탄과 같은 경우에는 직선의 식으로 표현된다(Ilmars Celmins, 1990).

3.1.2 사거리와 탄자의 속도 변환 결과

속도와 사거리의 관계를 도출하기 위하여 간단하지만 비교적 정확한 4 자유도 탄도 해석을 실시하였다. 4 자유도 탄도해석은 국제적으로 포병탄의 사표계산을 위하여 사용할 수 있는 정도의 정확도를 지닌 공인된 모델이다. 계산 결과의 추세선을 이용하여 변환한 결과는 Fig. 2.와 같다.

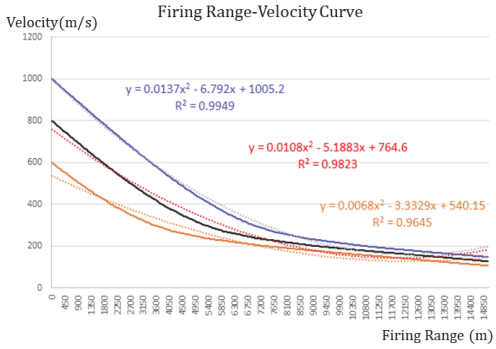

Fig. 2. Relation's for Bullet's Velocity and Firing Range

Fig. 2.의 결과는 일반적인 탄의 형상을 가진 소구경탄에 대한 분석 결과이다. 실선은 탄도 해석 결과이고 점선은 추세선 분석 결과이다. 탄자의 총구속도가 1,000 m/s인 경우에는 탄도해석과 추세선 사이에 99.5%의 상관관계를 보여준다. 탄자의 속도(y)와 사거리(x)의 관계식은 다음의 식으로 표현된다. 이 식을 이용하여 공학적인 계

산 결과를 전술적인 결과로 변환할 수 있다. 그림에서 초속 1,000m/s로 발사된 탄의 경우에 속도와 사거리의 관계는 다음과 같다.

$$y = 0.0137x^2 - 6.792x + 1005.2 \quad (1)$$

발사되는 탄의 종류와 총구속도에 따라 변환식은 달라질 수 있으나, 워게임 모델에서 사용되는 모든 탄자에 대하여 계산하여 경험식을 산출하여 사용하면 된다. 이러한 경험식은 계산이 신속하다는 장점뿐만 아니라, 탄에 대한 공개된 정보만을 가지고도 용이하게 산출할 수 있다는 장점이 있다. 사거리와 속도의 관계뿐만 아니라 JMEM/JWS 결과를 OneSAF 모델과 같은 M&S 도구에 적용하기 위해서는 다양한 변환 방법이 필요하다.

3.2 AWAM 데이터 변환 방법

3.2.1 AWAM 명중률 데이터와 OneSAF 명중률 데이터 차이 분석

국내에서 분석용 워게임 모델로 가장 많이 사용하고 있는 모델은 국방연구원이 개발하고 합참에 의하여 무기효과분석 표준모델로 지정된 AWAM이다. AWAM 모델은 미국의 Janus 모델을 한국화한 모델로 분석용 모델로 써는 가장 오래 사용하였다. 탑재된 데이터의 양도 가장 많을 뿐만 아니라 AWAM 모델을 사용하였던 군 교육사령부와 병과학교들에 의하여 많은 데이터들이 수집되어 보강되고 검증하는 절차를 거침으로 신뢰성을 확보하고 있다. 따라서 AWAM 데이터로부터 OneSAF 데이터를 변환하여 사용하는 방법은 신뢰성있는 데이터를 확보하는데 있어 매우 중요하다. AWAM의 탑재화기 명중률 데이터는 Fig. 3.과 같은 형태를 가지고 있다(Moon, 2009).

Range	SSDF	SSDH	SSEF	SSEH	SMDF	SMDH	SMEF	SMEH
0	0,32000	0,32000	0,62000	0,62000	0,16000	0,16000	0,31000	0,31000
92	0,18000	0,18000	0,38000	0,38000	0,09000	0,09000	0,19000	0,19000
230	0,10000	0,10000	0,16000	0,16000	0,05000	0,05000	0,08000	0,08000
368	0,08000	0,08000	0,13000	0,13000	0,04000	0,04000	0,06500	0,06500
460	0,02000	0,02000	0,03000	0,03000	0,01000	0,01000	0,01500	0,01500

Fig. 3. P_h Data in AWAM Model

Fig. 3.에서는 명중률 데이터의 일부분을 보여주고 있다. AWAM 모델에서 명중률은 사수와 표적의 상태를 가로축에서 보여주고 있다. 가로축의 4 개의 문자 조합은 첫 문자는 사수의 상태, 두 번째 문자는 표적의 상태(S : Static, M : Moving)를 각각 나타낸다. 세 번째 문자는 표적의 차폐 여부(E : Expose, D : Defilade)를, 네 번째 문자는 표적의 방향(H : Head, F : Frank)를 각각 나타낸다. 각각의 경우에 명중률은 %로 표시한다. 반면 OneSAF 모델의 명중률 데이터의 형태는 Table 1과 같다.

Table 1. OneSAF's Input Data for Anti-tank Weapon

Range	Horizontal Fixed Bias	Vertical Fixed Bias	Horizontal Variable Bias
(meters)	(mils)	(mils)	(mils)
500	0	0	0.39
1000	0	0	0.50
Range	Vertical Variable Bias	Horizontal Random Error	Vertical Random Error
(meters)	(mils)	(mils)	(mils)
500	0.51	0.78	0.78
1000	0.50	0.62	0.51

OneSAF에 입력되는 오차의 종류는 고정 오차(fixed error), 가변 오차(variable error) 그리고 불규칙 오차(random error)이다(AMSAA, 2014). 오차 값들을 이용하여 사거리별 명중률을 계산하여 사용한다. 오차의 개념은 Fig. 4.에서 설명하고 있다. 곡사화기에서는 이러한 오차를 종합하여 탄착군 평균 오차(MPI : Mean Point of Impact)를 사용한다. 하지만 직사화기의 경우에는 오차를 유발하는 원인에 따라 고정 오차와 가변 오차를 구분하여 사용한다.

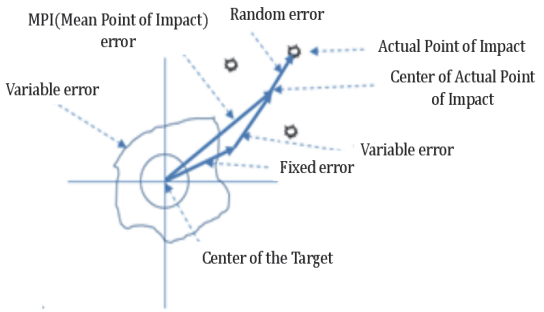

Fig. 4. Types and Definition of Error (AMSAA)

따라서 AWAM의 명중률 자료를 OneSAF에서 활용하기 위해서는 명중률을 오차의 형태로 변환하는 방법이 필요하다.

3.2.2 오차요소법에 의한 명중률 산출 방법

오차(mil) 요소를 가지고 명중률(%)을 계산하는 방법은 오차요소법(error budget method)이다. 오차요소법은 사거리에 대하여 무기-탄약-사격 통제장치의 함수 관계를 이용하여 개발되었다(Wahlde and Metz, 1999). 또한 개별 체계에서 선정된 각 오차 요인을 분석하여 직사화기의 명중률을 계산하는방법이 제시되었고(Luke, 2013), 오차요소법을 이용하여 대공화기를 포함한 직사화기의 명중률을 산출한 논문은 다수가 존재한다(Kang, 2016, Kim, 2018). 따라서 오차요소법을 이용하여 오차를 명중률로 변환하는 방법은 검증되어진 방법이다. 오차요소법의 기본적인 개념은 Fig. 5.에서 보여주고 있다.

사거리 R(m)에서 표적의 크기가 W(m)×H(m)일 경우, 좌우 방향 명중률은 다음과 같이 계산한다(Kim, 2016).

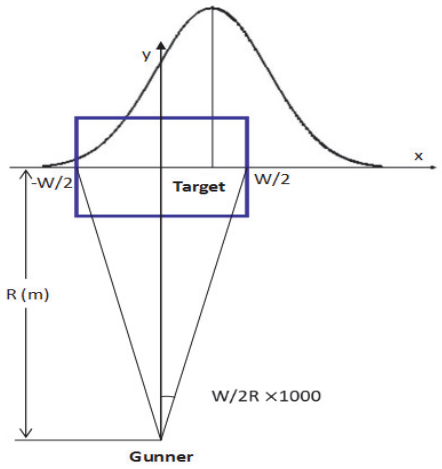

Fig. 5. Features to Calculate P_h

$$P_h = \Pr(-\frac{W}{2R}\times 1{,}000 \le X \le \frac{W}{2R}\times 1{,}000) \quad (2)$$
$$= \Pr(c_1 \le \frac{X-b_x}{\sigma_x} \le c_2)$$

여기서 $c_1 = -\dfrac{\frac{W}{2R}\times 1{,}000 + b_x}{\sigma_x}$,

$$c_2 = \frac{\frac{W}{2R}\times 1{,}000 - b_x}{\sigma_x}$$

사격량이 많아짐에 따라 탄의 분포가 정규분포를 따른다고 가정하여 정규분포표를 이용하여 명중확률을 구한다. 따라서 명중률에 관여하는 인자들은 표적의 크기(W×H), 탄착 지역에서 탄의 오차를 나타내는 탄의 분포 $N(b_x,\sigma_x^2)$, 그리고 사거리의 함수이다. 선회 방향이나 고저 방향으로 오차를 발생하는 요인은 매우 다양하지만, 각 오차의 항목은 서로 독립적이라고 가정할 수 있다. 예를 들면 선회 방향의 오차는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$XB = X^{(1)} + \ldots + X^{(n)} + b_x \sim N(b_x, \sum_{i=1}^{n}\sigma_{x(i)}^2) \quad (3)$$

여기서 $X^{(1)}$ ... $X^{(n)}$은 오차의 항목들을 나타낸다.

오차요소법을 사용하여 오차(mil)를 명중률로 변환할 수 있으므로, 화기에서 발생 가능한 오차에 대하여 명중률을 산출하여 DB 형태로 저장하면 쉽게 변환이 가능하다.

정지하고 있는 사수에 적용할 수 있는 오차 요소는 19개 정도이고, 사수가 이동하거나 표적이 이동하는 경우에는 추가적으로 6개의 오차 요소가 필요하다. 오차 요소를 산출하는 근본적인 방법은 화기를 연구·개발하는 단계에서 수행하는 기술시험(DT : Design Test)과 운용시험(OT : Operation Test) 결과를 활용하는 것이다. 기술시험이나 운용시험을 통하여 화기의 명중률 요구성능의 충족 여부를 오차의 형태로 검토하기 때문이다. 하지만 실사격을 통한 방법을 사용하여 오차 데이터를 결정하는 것은 많은 시간과 노력이 필요하다. 미국은 오랫동안 실사격 자료를 확보하고 이를 통계 처리하여 관련 자료를 확보하여 JMEM에 수록하여 사용하였다. 하지만 우리나라는 그러한 자료 수집 체계를 갖추지 못하고 있다. 국방과학연구소의 화기 설계 전문가들이 자신이 설계하거나 개발한 오차 자료를 가지고 있는 정도이다.

다른 방법은 JMEM 에 포함된 명중률 산출 기법을 이용하는 것이다. 이 방법은 JMEM 에 수록된 도구들을 이용하여 오차를 산출하는 것이다(Choi, 2018). 하지만 JMEM에는 미국이 한국에 FMS로 제공한 무기체계에 대한 일부 오차 데이터와 매우 적은 적성국 무기에 대한 자료만을 보유하고 있다.

JMEM에서는 명중률을 결정하는 방법은 BRL-CAD (Ballistic Research Laboratory-Computer Aided Design)를 사용하여 표적 무기체계의 형상을 측정하고 표적 방향에 따른 투사면적을 계산하여 명중률을 산출하고 있다. 이 방법은 정확하지만 막대한 시간과 예산이 요구된다. 특히 적성 장비에 대한 BRL-CAD 자료를 확보하는 것은 매우 제한된다. 명중률을 간략히 산출하기 위하여 일반적으로는 표적 무기체계를 차량, 장갑차, 전차 등과 같이 분

류하여 대표적인 크기를 결정하고 유사한 표적에 대하여는 동일한 크기를 적용하였다. 이 방법은 명중률을 간단하게 결정할 수 있으나 정확도가 떨어지는 단점이 있다.

따라서 본 절에서는 공개된 자료를 이용하여 비교적 정확한 표적의 크기를 픽셀의 개념을 이용하여 산출하여 사용하는 것이다(Kim, 2016).

3.3 실사격 데이터로부터 OneSAF 데이터 생산

OneSAF 모델의 명중률 자료는 궁극적으로는 실사격 자료로부터 확보되어야 한다. 실사격 자료를 활용하여 오차값을 산출하기 위하여 요구되는 자료는 발사 화기, 사거리, 표적의 크기, 명중률 자료를 확보할 수 있으면 전체 오차를 오차요소법에 의하여 계산할 수 있다. 하지만 오차를 MPI 오차와 정밀오차로 구분하기 위해서는 표적지의 사탄산포 자료가 필요하다. 동일한 조건에서 발사된 사격 자료가 많을수록 오차값이나 명중률 값은 신뢰할 수 있다. 이러한 방법으로 오차를 결정할 수 있는 경우는 화기를 고정하여 사격하는 경우이다. 화기가 차량에 거치되거나 전투원에 의하여 견착되어 사격하는 경우에는 다른 오차 요인이 발생한다.

차량이 기동하거나 표적이 기동하는 경우에는 더 많은 오차 요소가 발생할 수밖에 없다. 사격을 할 때 바람이 있거나 사격장에 경사가 있는 경우에는 또 다른 오차 요소들이 발생한다. 따라서 실사격으로부터 오차 요소를 도출하는 것은 매우 어렵다. 최근에 개발된 일부 무기체계만이 오차 요소를 산출할 수 있는 정도의 사격 기록만을 보유하고 있다(Choi, 2018).

야전에서 훈련간에 실시한 사격의 명중률 자료와 사거리 및 표적에 대한 정보를 가지고 있다면 전체 오차는 산출할 수 있다. 표적지에 대한 자료가 존재한다면 MPI 오차와 정밀 오차를 구분할 수 있다. 따라서 앞으로는 실사격을 실시할 경우, 관련 자료 및 사격 조건들을 모두 보존하여 OneSAF 모델의 명중률 산출을 위한 자료로 활용되어야 한다. 향후에는 화기를 운용하는 야전 부대로부터 개발을 담당하는 국방과학연구소 및 관련 업체들까지 데이터의 중요성을 인식하고 꾸준히 데이터를 수집하고 분석하는 체계를 갖추어야 한다. 그래야만 개발하는 무기체계의 명중률은 물론 효과분석 결과를 신뢰할 수 있으며 국방 M&S 체계의 신뢰성을 제고하여 SBA(Simulation Based Acquisition)를 달성할 수 있다.

4. 명중률 계산 결과 및 민감도 분석

4.1 오차요소법에 의한 명중률 산출 결과

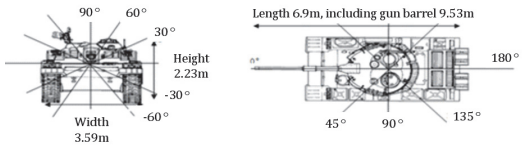

Fig. 6. T-72 Tank Shape from JANE's Report

실제 형상과 JMEM 등과 같은 도구에서 명중률 산출을 위해 사용한 형상과는 차이가 있다. JMEM에서는 무기체계별로 평균값 (예 : 2.6m X 2.6m (차량))을 쓰거나 BRL-CAD 데이터를 적용하여 정확한 값을 산출하여 사용한다. 하지만 T-72 전차와 같은 적성 표적과 같이 BRL-CAD 자료가 없는 경우에는 명중률을 계산할 때, 정확하지 않은 평균값을 주로 사용한다. 따라서 실제 형상을 고려한 취약면적을 산출할 필요가 있다. 적성 표적이나 존재하지 않는 미래 전투체계에 대한 BRL-CAD 자료를 확보하는 것은 현실적으로 불가능하다.

표적의 형상 자료는 Jane 연감으로부터 획득하였으며, Fig. 6.과 같다. 표적의 정면, 측면 그리고 상부 투사면적이 결정되면 사격위치 별로 투사면적은 삼각함수에 의하여 쉽게 결정된다. 높이, 넓이, 그리고 길이 자료를 이용하여 보병용 대전차 무기의 오차율을 가정하여 명중률을 계산한 명중률 값을 Table 2.에서 보여주고 있다. 대전차 화기의 오차 값은 Table 1.에 수록된 임의의 값을 사용하여 오차요소법을 사용하여 명중률을 산출하였다.

Table 2. Ph for Projected Area's Variation

Index		W (m)	H (m)	Area (㎡)	P_h(%) (400m)
Front	Before	3.59	2.23	8.00	**60.9**
	Corrected	2.79	2.23	6.22	**51.9**
Side	Before	6.90	2.23	15.39	76.7
	Corrected	5.54	2.23	12.36	73.7

Fig. 7.은 정면의 예이며, 정면에 대한 명중률은 대푯값을 사용하는 경우 최대사거리 400m에서 실제보다 최대 17%가 크게 적용되었음을 알 수 있다. 이러한 방법을 사용할 경우 적성 무기가 처음으로 공개된 사진만을 이

용하더라도 비교적 정확한 면적을 도출하여 즉시 명중률을 산출하여 분석할 수 있다.

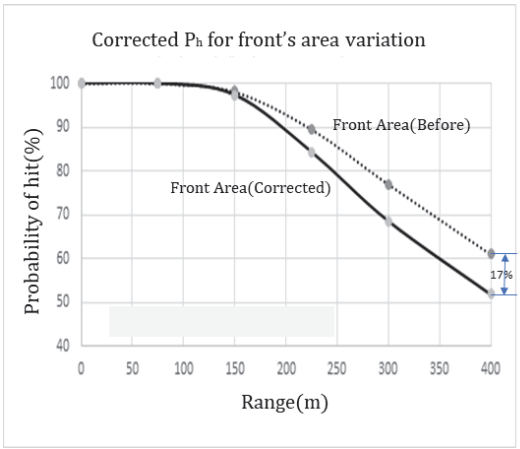

Fig. 7. Corrected P_h for Front's Area Variation

4.2 명중률의 전투효과 민감도 분석 결과

명중률의 변화가 전투효과에 미치는 정도를 알기 위하여 명중률을 변화시키면서 전투효과의 변화를 모의하였다. Fig. 8.은 청군 무인 체계에 탑재된 대전차 유도무기의 명중률의 변화에 따른 피아 손실교환율을 지상무기효과분석모델(AWAM)을 사용하여 측정한 결과이다(Kim, 2011). 그림에 쓰인 명중률 민감도 분석의 목적은 명중률 요구사항으로 85%의 적정성을 입증하기 위하여 실시한 결과이다. 명중률을 85% 이상으로 증가하여도 손실교환율의 변화는 크게 증가하지 않으므로 85% 정도가 적당하다는 것을 나타낸다. 이 결과는 명중률과 전투효과의 관계를 보여준다. Fig. 8.을 이용하여 추세선 분석을 실시

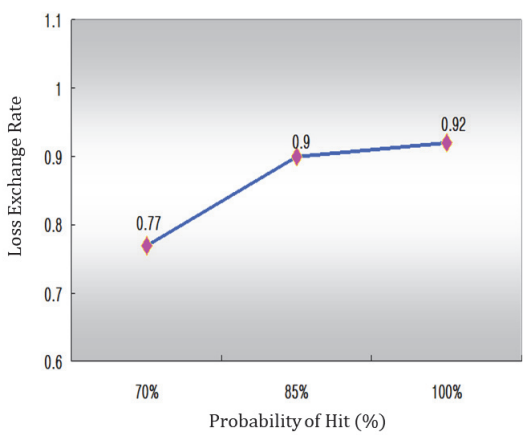

Fig. 8. Loss Exchange Rate for P_h Variation

하면 명중률 17%의 변화에 해당하는 피아 손실교환율의 정도를 산출할 수 있다. 추세선 분석 결과 명중률 17% 변화에 따른 전투효과의 변화는 7% 정도의 차이를 보였다. 결론적으로 명중률이 전투효과에 미치는 영향은 작지 않다는 것을 의미한다. 따라서 명중률의 산출은 가능한 범위 내에서 정확히 하려는 노력을 기울어야 한다. 전투효과분석에서 우선순위가 높은 요인들은 명중률과 치사율이다.

5. 결론

본 연구는 OneSAF 모델의 본격 활용을 위한 입력 데이터를 확보하기 위해 요구되는 명중률 데이터의 확보방안을 분석하여 방안별로 데이터를 획득 방안과 장기적으로 데이터를 확보하기 위하여 요구되는 방법을 도출하였다. 이를 통해 존재하지 않는 미래 무기체계에 대한 효과분석을 효과적이고 정확하게 수행이 가능하며 향후 시뮬레이션에 기반한 획득(SBA) 간 OneSAF를 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 더불어 명중률 데이터의 중요성을 입증하기 위하여 공개된 자료로부터 구할 수 있는 T-72 전차의 형상으로부터 투사면적을 픽셀을 이용하여 계산하였다. 전차의 대표적인 투사면적을 사용한 명중률과 투사면적을 수정하여 산출한 명중률은 최대 17%의 차이를 보였다. 이러한 명중률의 차이가 전투효과에는 어느 정도의 영향을 미치는가를 확인하기 위하여 AWAM 모델을 이용하여 민감도 분석을 수행한 결과와 비교하였으며, 전투 효과의 차이는 7% 정도의 차이를 보였다. 이러한 결과는 정확한 명중률의 산출이 전체 효과분석에 미치는 효과가 작지 않음을 보여주고 있다.

아울러 국방 M&S 체계를 위한 데이터의 수집은 지금부터 국내에서 생산되는 모든 데이터를 수집하고 분석하는 방법을 명중률의 측면에서 제시하였다. 이러한 꾸준한 노력이 데이터의 자립을 달성하는 기초가 된다.

References

Douglas J. Parsons, Robert L. Wittman,(2005) "Open Source Opens Opportunities for Army's Simulation System", PEO-STRI.

AMSAA, (2014) 『Physical Model Knowledge Accquisition Document』, Delivery Accuracy for Direct Fire Weapons.

Morris R. Driels, (2013) 『Waeponeeing, Second Edition』,

AIAA.

Choi, Yun Ho, (2018) “A Study on the Method for the Munition Effectiveness Estimation Based on the Simulation Technique” Ph. D thesis, Kongju National University.
(최연호, “시뮬레이션 기반 탄약효과 예측방법론에 관한 연구”, 공주대학교 박사학위 논문, 2018. 2)

Ilmars Celmins, (1990) “Projectile Supersonic Drag Characteristics”, BRL-MR-3843, 1990

Raymond V. Wahlde, Dennis Metz, (1999) “Sniper Weapon Fire Control Error Budget Analysis”, ARL-TR-2065.

Kim G.I, Yoon H.D, Hwang K.Y, (2011) “Sensitivity Analysis of Weapon Effectiveness for Combat Robot System”, *Korean Journal of Military Arts and Science,* Vol. 67.
(황근영, 김건인, 윤현달 (2011) “AWAM을 이용한 견마로봇 민감도 분석”, 한국군사학논집 제67집 2권)

Kim G.I, Choi S.Y, Seo W.D, Park J.H, (2016) 『Analytical Model Data Transformation Methodology using JMEM DB』, Chief of Staff.
(김건인, 최상영, 서우덕, 박진호 (2016) 「무기효과자료의 분석모델 DB 변환방법론 연구」)

Moon Hyung Gon, Jang Sang Chul, (2009) 『Introduction of Army Weapon Effectiveness Model』, KIDA Report

Luke S. Strohm, (2013) “An Introduction to the Sources of Delivery Error for Direct-Fire Ballistic Projectiles”, Army Research Laboratory.

Kang Hwan Il, Hyun Soo Kim, Gun In Kim (2016), “A Study on Prediction of Probability of Hit for An Anti-Aircraft Artillery”, *Indian Journal of Science and Technology, Vol 9.*

Kim G.I., Hwanil Kang, Jae Jeong Pyun (2018), “A Precise Prediction of Delivery Accuracy for an Artillery System by Error Budget Method”, *International Symposium on Precision Engineering and Sustainable Manufacturing, 2018.*

https://www.peostri.army.mil/onesaf

김 건 인 (ORCID : https://orcid.org/0000-0002-5271-4713 / gunin@korea.ac.kr)

1980 육군사관학교 병기공학과 이학사
1984 연세대학교 기계공학과 공학석사
1993 미국 University of Washington, Mechanical Engineering, Ph.D
1984~ 2006 육군사관학교 무기공학과 교수
현재 고려대학교 정보보호대학원 연구교수

관심분야 : 무기공학, 국방 M&S, 효과분석, 블록체인, 안티드론

강 태 호 (ORCID : https://orcid.org/0000-0001-6457-0043 / taehokang65@police.go.kr)

2009 육군사관학교 기계공학과 공학사
2014 미국 Northwester University, Electrical Engineering, MS
2015~ 2016 육군사관학교 전자공학과 전임강사
2016~ 2017 육군사관학교 전자공학과 조교수
2018~ 현재 경찰청 장비담당관실

관심분야 : 효과분석, 시뮬레이션, 무인화, 비살상무기

서 우 덕 (ORCID : https://orcid.org/0000-0003-4941-0134 / seo-wd@korea.ac.kr)

1978 육군사관학교 불어과 문학사
1985 미국 University of Washington, Nuclear Engineering, MS
1993 미국 University of Washington, Nuclear Engineering, Ph.D.
1993~ 2007 국방부/합참 핵정책담당, 무기체계발전과장, 획득정책과장, 전력정책팀장
2009~ 2012 LIG넥스원 고문(전략기획담당)
2013~ 2017 건국대학교 방위사업학과 초빙교수
2017~ 현재 고려대학교 정보보호대학원 초빙/연구교수

관심분야 : 국방획득, 무기체계, 방위산업, 블록체인

변 재 정 (ORCID : https://orcid.org/0000-0002-0557-5044 / jjpyun0405@naver.com)

1982 충북대학교 통계학과 이학사
1984 숭실대학교 대학원 전산학과 공학석사
1996 미국 Illinois Institute of Technology 대학원 전산학과 공학박사
1998 한국국방연구원 / 국방정보체계연구소 C4I 연구부장
1998~ 현재 국방과학연구소 수석연구원

관심분야 : 실시간운영체제(RTOS), 가상현실, 국방M&S(Simulation Based Acquisition, 전투모의/효과분석, LVC체계), Virtual Product Development, Cyber-Physical System 등