한국군사과학기술학회지 제15권 제4호, pp. 458～466, 2012년 8월

학술논문 체계공학 부문

상부공격 지능탄 무기효과 평가모델

A Weapon Effectiveness Evaluation Model for Top-Attack Smart Munitions

강 민 아*
Minah Kang

Abstract

We have developed a weapon effectiveness evaluation model for top-attack smart munitions(WEEM/TASM), which is a many on many Monte Carlo Model evaluating the effectiveness of top-attack smart munitions against armoured ground vehicles. In this model the battle is reduced to a one-sided battle situation in that the target vehicles are regarded as being stationary and passive. It can simulate the whole attack process of smart munitions from firing artillery dispenser to sensing and hitting processes after dispense. It can also calculate the probability of kill of each target and the numbers of rounds required to fulfill the degree of damage in statistical manners. In this paper, we describe the basis for our design concepts reflected in the model to simulate the weapon effectiveness of top-attack smart munitions and provide simulation results for an example case.

Keywords : Smart Munition(지능탄), Weapon Effectiveness(무기효과), Damage Assessment(피해평가), Target Vulnerability (표적 취약성), Kill Probability(살상확률)

1. 서 론

무기효과 분석기술은 특정 무기가 특정 표적에 가하는 살상력을 정량적으로 나타내는 기술이며, 표적의 살상확률 혹은 기대 피해율 등의 무기효과 자료를 생산하는데 사용된다[1]. 무기효과 자료는 획득, 분석, 훈련 분야 등 국방 M&S 전반에서 기본적인 입력 자료로 활용되며, 특히 무기체계 설계, 개발, 시험평가 등 모든 단계에서 필수적인 요소로서 SBA(Simulation Based Acquisition) 무기획득 체계의 근간이다.

† 2012년 4월 2일 접수～2012년 6월 29일 게재승인
* 국방과학연구소(ADD)
책임저자 : 강민아(minah@add.re.kr)

일반적으로 무기효과 분석은 표적의 피해평가용 자료를 개발하는 과정, 표적에 대한 취약성을 해석하는 과정, 취약성 해석 결과를 무기특성과 연계하여 무기효과지수를 산출하는 과정, 운반정확도, 무기특성, 운용조건 등을 반영하여 표적과 무기 간 교전상황을 시뮬레이션하고 살상확률 및 기대피해율과 같은 무기효과 자료를 산출하는 과정으로 구분된다.

본 논문에서 기술할 상부공격 지능탄 무기효과 평가모델(Weapon Effectiveness Evaluation Model for Top-Attack Smart Munition, 이하 WEEM/TASM)은 상부공격 지능탄의 무기효과를 분석하는 기술 연구의 일환으로 개발되었으며, 상부공격 지능탄과 장갑차량 표적 간의 교전상황을 시뮬레이션하여 살상확률을 계산하는 모델이다. WEEM/TASM은 발사 위치와 표적 위치로부터

사격제원을 계산하고, 모탄이 발사되어 지능자탄을 방출하고 지능자탄이 표적을 타격하기까지 탄도와 표적 탐색, 표적 타격의 과정을 모의한다. 등속도로 이동하는 표적 또는 표적군에 대해 일대일, 일대다, 다대다 교전을 시뮬레이션하여 표적 살상확률을 계산한다. 또한 현실적으로 존재하는 상부공격 지능탄 운용상의 불확실성을 반영하여 몬테카를로 시뮬레이션이 가능하도록 개발되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 WEEM/TASM의 구조에 대해서 세부적으로 설명하고, 3장에서 이 모델을 이용하여 전차 표적에 대해 상부공격 지능탄의 효과를 평가하는 예를 보이며, 4장에서 결론을 맺는다.

2. WEEM/TASM 구조

WEEM/TASM은 정지 혹은 일정한 속도로 이동하는 다수의 장갑차량으로 구성된 표적군에 대해 상부공격 지능탄을 사격하였을 때 표적에 가해진 피해를 통계적으로 평가하는 모델이다. 사용자가 무기 운용정보, 표적에 대한 정보 및 그밖에 시뮬레이션에 필요한 정보를 입력하면, 교전을 모의하여 각 표적의 피해정도를 살상확률로 나타낸다.



Fig. 1. Outline of WEEM/TASM

이 모델은 Fig. 1과 같이 모탄이 발사된 직후부터 표적에 타격되기까지의 과정을 시뮬레이션하는 부분과 표적 취약성 자료를 바탕으로 표적 살상확률을 계산하는 표적 피해평가 부분으로 구성된다. 표적 피해평가는 단일 시뮬레이션을 수행하여 표적 살상기준별 살상확률을 얻는 방법이나 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 효과도 지표를 산출하는 방법으로 수행된다.

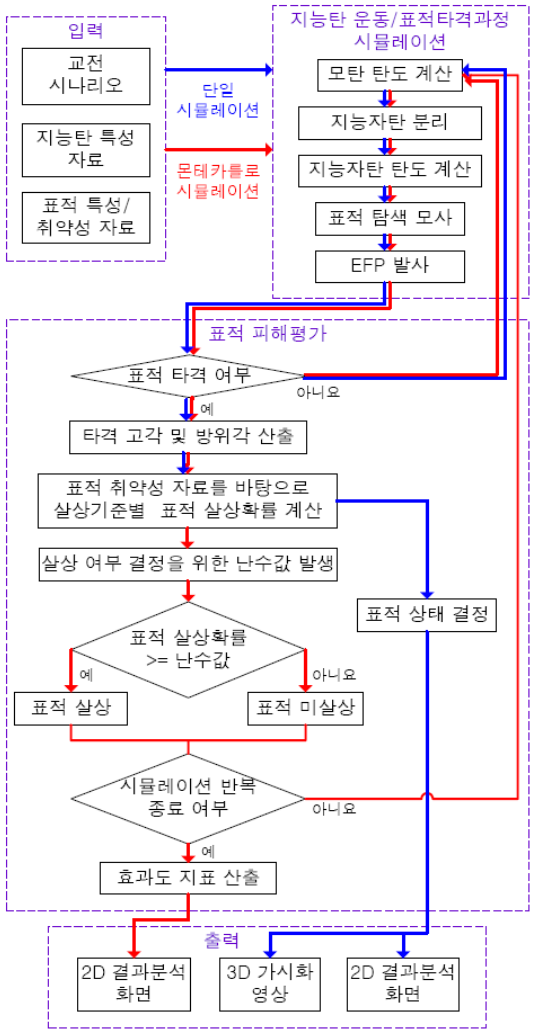


Fig. 2. Flowchart of WEEM/TASM

WEEM/TASM은 Fig. 2와 같이 입력, 지능탄의 운동/표적타격과정 시뮬레이션, 표적 피해평가, 출력의 순서로 구성된다. 우선 교전 시나리오, 지능탄 특성 자료, 표적 특성/취약성 자료 등을 입력하고 시뮬레이션을

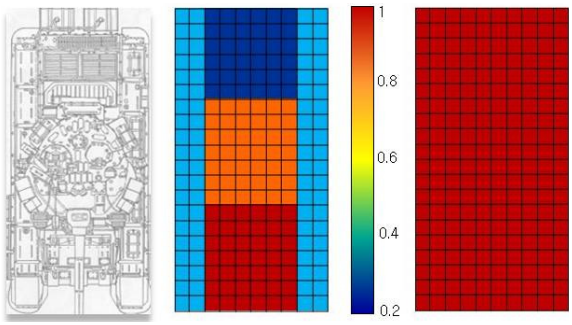
실행하면, 지능탄의 운동/표적타격과정을 시뮬레이션하고 단일 시뮬레이션과 몬테카를로 시뮬레이션 중 해당하는 시뮬레이션의 표적의 피해평가를 수행한 다음 결과를 출력한다.

가. 입력

WEEM/TASM의 입력자료로는 Table 1과 같이 교전 시나리오, 지능탄 특성 자료, 표적 특성/취약성 자료가 필요하다. 이 중 표적 특성 자료는 표적의 열원 및 재질특성에 관한 것으로, Fig. 3과 같이 IR(Infrared Ray) 및 MMW(Milimeter Wave) 센서에 반응하는 정도로 나타낸다.

Table 1. Input data

구분	입력 요소	
교전 시나리오	표적	표적 종류, 수, 위치, 이동 속력/방위각
	무기	곡사포 수, 위치, 발사 포탄 수, 조준점
	환경	풍향, 풍속
	실행 조건	시뮬레이션 횟수 및 종류(단일/몬테카를로) 오차 범위 설정
지능탄 특성 자료	자탄 분리 및 낙하산 전개 고도, 지능탄 (모탄, 지능자탄, 회전감쇄 날개, 낙하산)의 질량/무게중심/관성량, 센서의 위치 및 화각	
표적 특성/취약성 자료	Fig. 3, Table 2 참고	



(a) IR values (b) MMW values

Fig. 3. Target characteristics for IR sensor and MMW sensor

표적 취약성 자료는 이 모델의 최종 결과물인 표적 살상확률 산출에 직접적인 영향을 주기 때문에 정확한 자료를 얻는 것이 중요한데, 이 취약성 자료를 얻기 위해서는 먼저 표적형상 모델, 고장분석논리도, 그리고 여러 가지 피해 요인이나 피해과정에 대한 피해정도를 나타낸 구성품 취약성 자료(부품피해함수)를 개발하고 AVAL(Assessment of Vulnerability and Lethality)과 같은 취약성 분석 도구에 입력하여 해석 과정을 거친 후 출력을 통해 얻는다. 이렇게 개발된 표적 취약성 자료는 Table 2와 같이 타격 고각 및 방위각에 따라 살상기준별 살상확률을 나타내는 형태를 갖는다. Table 2는 전차 표적에 대해 고각 0°, 45°, 방위각은 0°, 70°, 140°, 210°, 280°로 타격될 경우 표적의 살상 확률을 나타낸 표이다. 전차 표적의 살상기준은 기동성 상실(M kill, Mobility kill), 화력 상실(F kill, Fire power kill), 기동성 및 화력 상실(M/F kill, Mobility kill or Fire power kill), 완파(K Kill, Catastrophic kill)로 나뉘며 바퀴부분이 타격되면 기동성 상실의 확률이 높게 계산될 것이고, 화포 기능을 하는 장치에 타격되면 화력 상실의 확률이 높게 계산될 것이다.

Table 2. Example of target vulnerability data

고각(°)	0				
방위각(°)	0	70	140	210	280
M kill(%)	50	40	45	40	40
F kill(%)	60	55	50	50	50
M/F kill (%)	90	80	80	90	90
K kill (%)	10	13	10	10	10
고각(°)	45				
방위각 (°)	0	70	140	210	280
M kill(%)	60	70	60	50	60
F kill(%)	70	80	70	60	70
M/F kill(%)	90	100	90	80	90
K kill(%)	10	10	10	5	5

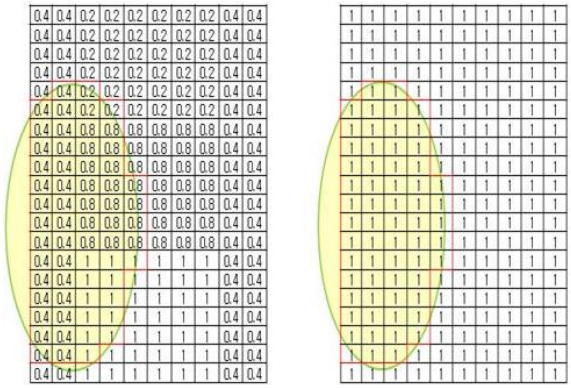
나. 지능탄의 운동/표적타격과정 시뮬레이션

지능탄의 운동/표적타격과정 시뮬레이션은 모탄 발사, 모탄 탄도 계산, 지능자탄 분리, 지능자탄 탄도 계산, 표적 탐색 모사, EFP(Explosively Formed Penetrator) 발사의 순서로 이루어진다. 모탄 발사 단계에서는 수치적분법[2]을 이용하여 모탄 발사에 필요한 고각 및

방위각, 비행시간 등의 사격제원을 계산한다. 계산된 사격제원을 기반으로 방출된 모탄은 6자유도 운동방정식을 이용하여 계산된 탄도를 따라 회전하면서 날아간다. 모탄이 자탄 분리 고도에 이르면 내부의 화약이 기폭되며 지능자탄으로 분리된다. 이후 지능자탄은 모탄과 같은 6자유도 운동방정식에 의해 계산된 탄도를 따라 회전운동을 하며 날아가다가 특정 고도에 이르면, 회전감쇄날개가 펼쳐지게 된다. 회전감쇄날개가 전개되면 마하수, 받음각, 롤각으로부터 항력, 양력, 피칭 모멘트 계수 등의 공력데이터를 산출하고 이러한 공력데이터를 자탄이 받는 외력에 적용하여 낙하속도와 회전 속도가 감속된 운동을 하게 된다. 회전감쇄날개로 감속 운동을 하며 낙하하던 자탄은 낙하산이 전개되는 고도에 이르면 회전감쇄날개를 제거하면서 동시에 회전 낙하산을 펼친다. 낙하산이 전개된 지능자탄은 9자유도 운동방정식으로 계산된 탄도를 따라 하강한다.

자탄에는 IR 및 MMW 센서가 장착되어 있는데, 낙하산 전개 후 하강하던 자탄이 탐색기 작동 고도에 도달하면 이 센서들이 표적 탐색을 시작한다. IR 센서는 넓은 지역을 스캔하며 열원을 감지하고, MMW 센서는 물체의 재질을 감지하는데, 표적이 전차인 경우 이 2개의 센서가 열원과 금속으로 인지하여 표적이라고 판단한다. 표적이 IR 및 MMW 센서에 반응하는 정도는 Fig. 3과 같은 표적 특성 자료를 이용한다. 이 표적 특성 자료는 하나의 표적을 200개의 포인트로 나누어 해당 포인트에 IR 및 MMW 센서에 대응하는 특징 값을 설정해 놓은 자료이다. 이 표적 특성 자료를 이용하여 표적을 탐지하는 원리는 탐색 센서의 탐지범위 안에 들어오는 센서 반응치들의 합이 센서 반응 임계치를 넘는지를 판단하는 것이다. IR 센서 반응 임계치는 표적내 IR 센서 반응치 전체합의 1/4로 하며, MMW 센서 반응 임계치는 센서의 탐색 영역(타원)의 1/3로 한다. 예를 들어 Fig. 4에서 IR 센서 반응 임계치는 28.7이고, MMW 센서 반응 임계치는 23이다. 여기서 탐색영역(노란색 타원)에 들어오는 IR센서 반응치의 합은 38.6이고, MMW센서 반응치의 합은 62이므로, 두 센서 모두 반응치의 합이 임계치를 넘기 때문에 표적으로 탐지했다고 추정한다.

이렇게 표적이 탐지되면 EFP를 발사하는 표적 타격 과정이 시뮬레이션 된다. 발사된 EFP의 궤적은 비행시간이 짧으므로 직선으로 가정하고, EFP의 비행시간만을 고려하여 지면 및 표적 위에서의 탄착 위치 및 타격 각도를 산출한다.



(a) IR values (b) MMW values

Fig. 4. Target searching region of IR sensor and MMW sensor

다. 표적 피해평가-단일 시뮬레이션

지능탄의 운동/표적타격과정 시뮬레이션으로부터 표적의 타격 여부와, 타격 고각 및 방위각을 예측하였다면, Table 2와 같은 표적취약성 자료를 이용하여 표적의 피해율을 산출한다. 이러한 표적 피해평가는 표적취약성 자료에 나타나 있는 각도들 중 예측된 타격 고각과 방위각이 속하는 범위를 파악하고, 유사한 각도들간의 선형보간법(linear interpolation)을 사용하여 계산한다. 하나의 표적이 다수의 자탄에 의해 여러번 타격될 때 k번째 타격될 때의 표적 살상 확률은 식 (1)과 같이 누적으로 결정된다.

$$P_{Kill} = 1 - \prod_{i=1}^{k} (1 - P_{Kill,i}) \quad (1)$$

시뮬레이션 횟수가 1회인 단일 시뮬레이션의 경우, 표적 피해평가 결과는 각 살상기준별로 이와 같은 살상확률 계산을 통해 M kill 00 %, F kill 00 %, M/F kill 00 %, K kill 00 %라고 산출된다. 또한 단일 시뮬레이션의 경우 3D 가시화 영상으로 결과를 확인할 수 있는데, EFP에 맞아 피해를 입은 전차의 피해 형상을 보여주려면 표적의 상태를 결정해야한다. 표적의 상태를 결정하기 위해서는 Fig. 5와 같은 확률분포 막대에 M only kill, F only kill, M/F only kill, K kill, no kill을 각각의 살상확률만큼 분포시키고 0부터 1사이의 난수를 발생시켜 결정한다. 여기서 M only kill, F only kill, M/F only kill은 Fig. 6의 살상기준별 밴다이어그램을 바탕으로 식 (2)~(4)와 같은 살상확률 변환식을 만들어 계산된다.

M only kill = M/F kill -F kill (2)

F only kill = M/F kill -M kill) (3)

M/F only kill = M kill +F kill -M/F kill -K kill (4)

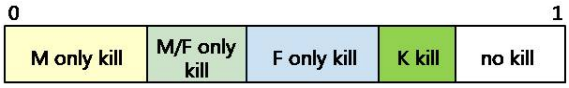


Fig. 5. Probability distribution bar by kill level

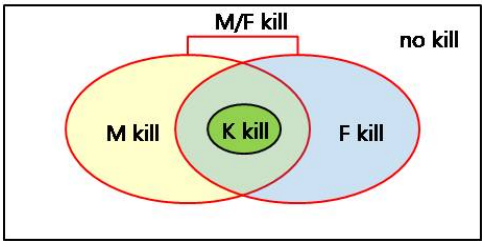


Fig. 6. Venn diagram by kill level

라. 표적 피해평가-몬테카를로 시뮬레이션

시뮬레이션 횟수가 2회 이상이라면, 즉 몬테카를로 시뮬레이션의 경우라면 각 시뮬레이션 마다 표적의 살상기준별 살상확률을 계산하고, 표적의 살상 여부를 판단하여 시뮬레이션의 반복이 종료될 때 최종 살상된 표적의 수를 계산하여 효과도 지표를 산출한다. 이러한 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하는 방법은 시스템에 관한 정보가 불충분할 경우 난수 개념을 도입하고 반복 시뮬레이션하여 실제상황과 유사한 결과를 예측하는데 사용하는 방법이다. WEEM/TASM은 시뮬레이션 모델을 구현할 때 풍속 및 풍향 오차, 사출 속도 및 고각, 방위각 오차를 비롯하여 모탄비행, 자탄비행, 낙하산 전개 등의 운동 단계마다 공력 오차, 관성량 오차, 고도센서 편향오차, IR 및 MMW 센서 정렬오차, EFP 축 정렬 및 속도 오차 등 많은 오차요소를 포함하기 때문에 이러한 몬테카를로 시뮬레이션을 이용하여 각 오차 요소들의 오차범위를 1시그마 범위 내로 가정하고 신뢰도에 큰 변동이 없을 정도의 횟수만큼 반복 시뮬레이션 하여 표적의 피해평가 결과를 효과도 지표로 산출한다.

효과도 지표는 표적의 피해도를 전체 시뮬레이션에서 살상된 표적의 평균 대수 또는 전체 시뮬레이션 횟수에 대해 소요 대수 이상이 살상될 시뮬레이션 횟수의 비율로 표현한다. Table 3은 같은 종류의 표적 4대를 대상으로 일제사격 횟수는 1회, 시뮬레이션 횟수는 4회라고 했을 때, 각 시뮬레이션 마다 각 표적의 살상여부를 나타낸 결과이다. 여기서 표적의 살상 여부는 균일 분포 난수값을 발생시켜 살상 여부를 판단하는 기준값으로 잡고, EFP 타격 후 표적의 살상기준별 살상확률이 이 기준값보다 크면 각각 M kill, F kill, M/F kill, K kill 되었다고 한다. 이 결과를 바탕으로 산출해낸 효과도 지표는 Table 4와 같은 형태를 갖는다.

Table 3. Example of target survival check on each simulation(1 : kill, 0 : no kill, MC : simulation index)

MC	표적ID	M	F	M/F	K	결과
1	전차1	0	0	1	0	M:3/4 F:1/4 M/F:4/4 K:1/4
	전차2	1	1	1	1	
	전차3	1	0	1	0	
	전차4	1	0	1	0	
2	전차1	0	0	0	0	M:1/4 F:0/4 MF:2/4 K:0/4
	전차2	1	0	1	0	
	전차3	0	0	1	0	
	전차4	0	0	0	0	
3	전차1	0	0	0	0	M:3/4 F:2/4 MF:3/4 K:1/4
	전차2	1	0	1	0	
	전차3	1	1	1	1	
	전차4	1	1	1	0	
4	전차1	1	0	1	0	M:3/4 F:1/4 MF:4/4 K:0/4
	전차2	1	1	1	0	
	전차3	1	0	1	0	
	전차4	0	0	1	0	

Table 4. Example of effectiveness index

전체 4회 시뮬레이션에서 4대중 n대가 살상될 확률(%)						평균 살상대수	n_R대 이상 살상확률(%)
n/4	0/4	1/4	2/4	3/4	4/4	n_{mean}	n_R=2일 경우
M	0	25	0	75	0	2.5	75
F	25	50	25	0	0	1	25
M/F	0	0	25	25	50	3.25	100
K	50	50	0	0	0	0.5	0

이러한 효과도 지표는 일제사격 횟수와 표적의 종류에 따라 주어지고 분석된다. 효과도 지표는 한 조건의 표적 종류, 일제사격 차수에 대해서 전체 시뮬레이션에서 전체 표적 수 N대 중 n대가 살상될 경우가 차지하는 비율, 전체 시뮬레이션에서 평균 살상 대수, 전체 시뮬레이션에서 n대 이상이 살상될 비율을 나타낸다. 전체 시뮬레이션에서 각 피해기준별로 N대 중 0대가 살상될 비율부터 N대 중 N대 모두 살상될 비율 전체의 합은 100%가 되어야하며, n대 이상이 살상될 비율은 N대 중 n대가 살상될 비율부터 N대 모두 살상될 비율의 합이다. 평균 살상 대수 n_{mean}은 식 (5)에 의해 구해진다.

$$n_{mean} = \sum_{n=0}^{N} N\text{대 중 } n\text{대가 살상될 비율} \times n\text{대} \qquad (5)$$

마. 출력

표적의 피해평가가 완료되면 WEEM/TASM의 2D 결과분석 화면 혹은 3D 가시화 영상을 통해 결과를 출력한다. 단일 시뮬레이션의 경우 Fig. 7과 같은 2D 결과분석 화면을 통해 각 표적의 살상기준별 살상확률 뿐만 아니라 어떤 표적을 어떤 자탄이 타격했는지 자탄ID와 표적ID가 표시되고, 표적내 타격된 위치도 확인 가능하다. 또한 Fig. 8과 같은 3D 가시화 영상을 통해 모탄이 발사되는 순간부터 표적에 타격되기까지의 과정을 피해평가 결과와 함께 볼 수 있다.

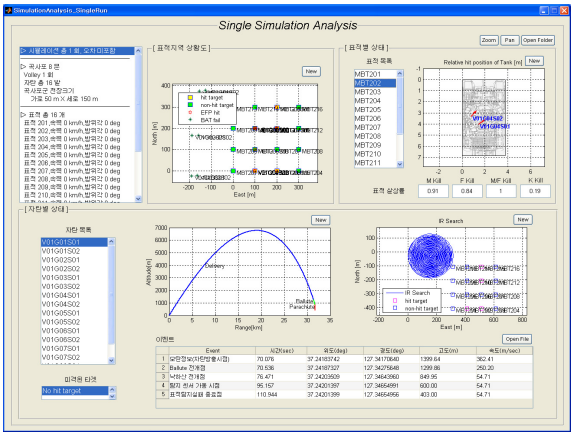


Fig. 7. Analysis for single simulation

몬테카를로 시뮬레이션의 경우 Fig. 9와 같은 2D 결과분석 화면을 통해 효과도 지표 산출 결과를 보여준다. 우측 상단에 보이는 일제사격횟수 당 효과도가 살상된 표적의 평균 대수를 보여주는 효과도 지표이며, 각 시뮬레이션 횟수를 선택하면 해당 시뮬레이션에서 각 살상기준별 살상된 표적의 수를 확인할 수 있다.

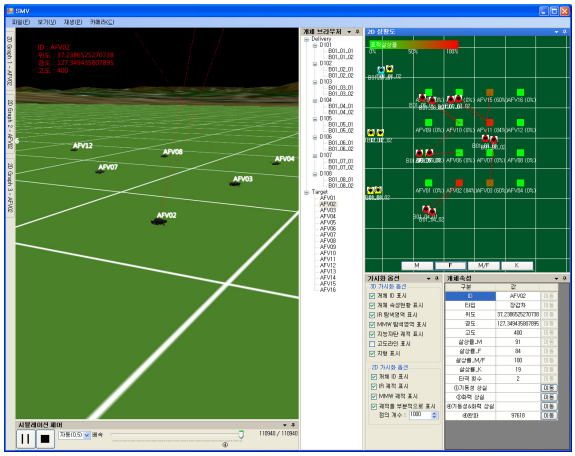


Fig. 8. 3D animation for single simulation

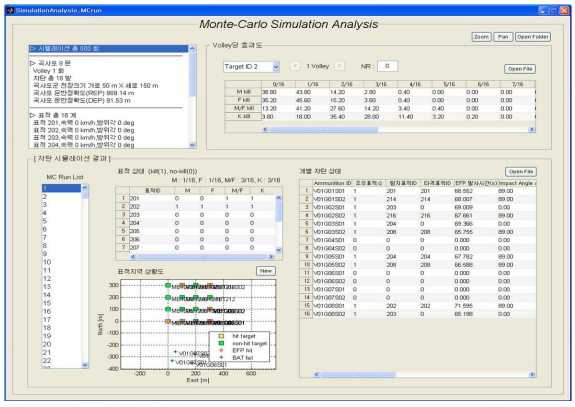


Fig. 9. Analysis for monte-carlo simulation

3. WEEM/TASM을 이용한 효과분석 예시

WEEM/TASM을 이용하여 SMArt 155 지능탄의 효과를 분석한 결과는 다음과 같다. 우선 일대일 교전환경의 단일 시뮬레이션 결과를 확인하기 위해 Table 5와 같은 입력자료를 넣고 모델을 실행하면 결과분석 화면을 통해 표적이 M kill이 될 확률은 37%, F kill이 될 확률은 24%, M/F kill이 될 확률은 49%, K kill이 될 확률은 7% 임을 확인할 수 있다.

Table 5. Input Data

구분	입력 요소	
교전 시나리오	표적 수	1대 (정지)
	표적 위치	위도 : 37.216, 경도 : 127.2
	곡사포 수	1대
	곡사포 위치	위도 : 37.216, 경도 : 126.99
	조준점 위치	표적의 중심
	환경	바람 영향 없음
	시뮬레이션 횟수	1회
지능탄 특성 자료	SMArt 155 특성 자료 이용	
표적 특성/ 취약성 자료	Fig. 3, Table 6 참고	

이 시뮬레이션 결과를 검증하기 위해 지능탄의 표적 타격과정 시뮬레이션으로부터 예측된 타격 고각과 방위각을 이용하여 표적 살상확률을 직접 계산해 보았다. SMArt 155 지능탄의 경우 하나의 모탄에 2개의 자탄(자탄 1, 자탄 2)을 가지고 있고, 자탄 1의 타격 고각과 방위각은 38.3°와 88°, 자탄 2의 타격 고각과 방위각은 38.1°와 93.8°로 예측되었다. 우선 Table 6의 표적 취약성 자료로부터 이 고각과 방위각을 포함하는 범위의 각도들을 파악하고, 그 각도들에 해당하는 살상기준별 살상확률 값을 얻어야 한다. 자탄 1의 타격 고각인 38.3°는 고각 30°와 60° 사이의 선형보간법을 이용하여 38.3°에 해당하는 살상확률 값으로 보정하고, 다음으로 방위각 45°와 90° 사이의 선형보간법을 이용하여 방위각 88°에 해당하는 살상확률 값을 얻는다. 이렇게 얻은 자탄 1에 의한 살상확률 값은 Table 7(▶ 표시)과 같이 M kill 20.34%, F kill 13%, M/F kill 28.77%, K kill 3.58%이며, 자탄 2의 경우도 마찬가지 방법으로 고각 38.1°와 방위각 93.8°에 해당하는 살상확률 값을 계산하면 M kill 20.49%, F kill 13%, M/F kill 28.95%, K kill 3.58% 이다.

자탄 1과 자탄 2에 의한 표적의 살상확률은 식 (1)을 이용하여 식 (6)~(9)과 같이 누적으로 계산된다.

$$P_{Mkill} = 1-(1-0.2034)(1-0.2049) = 0.37 \quad (6)$$

$$P_{Fkill} = 1-(1-0.13)(1-0.13) = 0.24 \quad (7)$$

$$P_{M/Fkill} = 1-(1-0.2877)(1-0.2895) = 0.49 \quad (8)$$

$$P_{Kkill} = 1-(1-0.0358)(1-0.0358) = 0.07 \quad (9)$$

이렇게 계산된 표적의 살상확률 결과는 앞서 언급한 모델의 피해평가 시뮬레이션 결과(M kill 37%, F kill 24%, M/F kill 49%, K kill 7%)와 같으므로 모델의 피해평가가 제대로 이루어지고 있음을 확인하였다.

Table 6. Target vulnerability data(virtual data)

고각(°)	30							
방위각(°)	0	45	90	135	180	225	270	315
M(%)	25	22	20	24	30	23	17	22
F(%)	11	13	13	13	15	12	13	11
M/F(%)	33	30	29	33	40	32	27	30
K(%)	3	4	3	4	4	2	3	2
고각(°)	60							
방위각(°)	0	45	90	135	180	225	270	315
M(%)	33	21	21	20	29	20	18	22
F(%)	13	13	13	13	14	12	12	12
M/F(%)	41	29	28	27	37	28	26	29
K(%)	5	5	5	4	5	4	4	4
고각(°)	90							
방위각(°)	0	45	90	135	180	225	270	315
M(%)	31	31	31	31	31	31	31	31
F(%)	15	15	15	15	15	15	15	15
M/F(%)	38	38	38	38	38	38	38	38
K(%)	7	7	7	7	7	7	7	7

Table 7. Computation of target kill probability

자탄ID	자탄1			자탄2		
고각(°)	38.3			38.1		
방위각(°)	45	90	88	90	135	93.8
M(%)	21.72	20.28	▶ 20.34	20.27	22.92	▶ 20.49
F(%)	13	13	▶ 13	13	13	▶ 13
M/F(%)	29.73	28.73	▶ 28.77	28.73	31.38	▶ 28.95
K(%)	4.28	3.55	▶ 3.58	3.54	4	▶ 3.58

일대일 교전의 몬테카를로 시뮬레이션은 Table 5의 단일 시뮬레이션 입력 조건에 오차요소를 반영하고, 시뮬레이션 횟수를 늘려서 수행한다. 사출고각 오차를 1시그마의 오차범위 내에서 반영하고, 100회 반복 시뮬레이션을 실행하면 Table 8과 같은 효과도 지표를 구할 수 있다.

Table 8. Effectiveness index for one on one engagement(fire elevation error applied)

전체 100회 시뮬레이션에서 1대중 n대가 살상될 확률(%)			평균 살상대수	n_R대 이상 살상확률(%)
n/1	0/1	1/1	n_{mean}	n_R=1일 경우
M	70	30	0.3	30
F	80	20	0.2	20
M/F	64	36	0.36	36
K	95	5	0.05	5

더 많은 오차 요소를 적용하거나 오차 범위를 크게 할 경우 REP(Range Error Probable), DEP(Deflection Error Probable)가 커지기 때문에 표적의 타격확률 및 살상확률이 줄어든다. Table 9는 풍속 및 풍향 오차, 사출 속도 및 고각, 방위각 오차를 비롯하여 지능탄의 운동 단계에서 발생할 수 있는 모든 오차요소를 적용한 후 100회 반복 시뮬레이션을 수행한 결과이다.

Table 9. Effectiveness index for one on one engagement(all error elements applied)

전체 100회 시뮬레이션에서 1대중 n대가 살상될 확률(%)			평균 살상대수	n_R대 이상 살상확률(%)
n/1	0/1	1/1	n_{mean}	n_R=1일 경우
M	99	1	0.01	1
F	100	0	0	0
M/F	98	2	0.02	2
K	100	0	0	0

다음으로 다대다 교전의 시뮬레이션 결과를 알아보기 위해 표적의 수와 곡사포의 수를 각각 6대로 늘리고 다른 입력조건은 Table 5와 동일하게 한 후 시뮬레이션을 수행한다. 단, 각 표적의 위치는 표적군의 중심을 기준으로 100m간격 2행 3열로 배치하고, 곡사포의 위치도 곡사포군의 중심을 기준으로 40m 간격 2행, 50m간격 3열로 배치하며, 곡사포의 조준점의 위치는 각 표적의 중심으로 한다. 단일 시뮬레이션의 결과는 Table 10과 같고, 모든 오차요소를 적용한 100회 반복 몬테카를로 시뮬레이션의 결과는 Table 11과 같다.

Table 10. Single simulation result of many on many engagement

표적ID	M(%)	F(%)	M/F(%)	K(%)
전차1	36	24	49	7
전차2	20	13	29	4
전차3	38	24	50	8
전차4	24	13	33	4
전차5	40	25	52	7
전차6	40	25	52	7

Table 11. Effectiveness index for many on many engagement

전체 100회 시뮬레이션에서 6대중 n대가 살상될 확률(%)								평균 살상대수	n_R대 이상 살상확률
n/6	0/6	1/6	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6	n_{mean}	n_R=1
M	82	3	5	5	4	0	1	0.42	18
F	83	3	7	4	2	1	0	0.5	17
M/F	82	2	4	7	4	0	1	0.53	18
K	86	7	6	1	0	0	0	0.22	14

4. 결 론

본 연구를 통하여 상부공격 지능탄이 표적에 어느 정도의 피해를 가하는지 산출하는 무기효과 평가모델을 개발하였다. 이 모델은 교전 시나리오, 지능탄 특성 자료, 표적 특성/취약성 자료 등을 입력받고 지능탄의 운동/표적타격과정을 시뮬레이션하여 표적의 타격 방향을 결정한 후 단일 시뮬레이션과 몬테카를로 시뮬레이션으로 표적 피해평가를 수행하여 결과를 출력한다. 이 모델을 통해 사용자는 상부공격형 지능자탄을 탑재한 곡사포탄이나 유도탄이 수대의 전차로 이루어져 정지 혹은 이동하는 표적과 다대다 교전을 하였을 때 표

적의 피해율을 예측할 수 있다. 현재 이 모델은 SMArt 155와 같은 낙하산형 상부공격 지능탄에만 적용 가능하도록 개발되었으나, 표적 타격과정 시뮬레이션 모듈을 추가하면 다른 형태의 지능자탄에 대해서도 적용할 수 있다.

후 기

WEEM/TASM은 국방과학연구소에서 상부공격 지능탄의 무기효과 분석기술에 대한 핵심기술 연구의 일환으로 개발되었다. 국방과학연구소가 이 모델의 개념설계를 수행하고 표적 피해평가 등의 기본 알고리듬을 고안하였고, 인하대학교에서 국과연과의 일반용역을 통하여 탄도, 자탄분산, 표적 탐색/타격 과정을 모델링하고 모델을 제작하였다.

References

[1] 김호수, 문세훈, 정진웅, 박종일, “무기효과 분석기술 연구현황 및 발전방향”, 국방과학기술플러스, Vol. 102, 2010

[2] 유창경, 최기영, 김병수, “일반용역 보고서-지능자탄 종말효과도 추정 도구”, 국방과학연구소, ADDR-412-111288, 2010. 7.

[3] 강민아, “지능자탄의 효과산출 소프트웨어 설계보고서”, 국방과학연구소, ADDR-412-110995, 2011. 8.

[4] 문세훈, 정진웅, “전투장갑차량 취약성 평가 및 부품 피해평가 기술”, ADDR-415-101552, 2010. 12.