□ 研 究 論 文 □

韓國國防經營分析學會誌
第 26 券, 第 2 號, 2000. 12. 31.

휴대용 미사일의 성능평가를 위한 시각화모델의 개발*
(Development of Graphical User Interface for MANPAD Missile Performance Evaluation)

황 홍 석**

Abstract

This research investigates a kill probability model for the performance evaluation of guided missile system, and also develops graphical user interface for the input and output of the model based on the visual object-oriented programming application. The major simulation events used in this research are missile guidance homing point, burst points, and kill mechanism(direct kill, blast kill and fragment kill). For the user interface, we also design and implement the visualization system that can show the graphic style of the kill probability attained by the model. The results of sample run are shown, but these could be improved to be better with visual simulation which can visualize all the simulation process of the model.

Key words : Kill Probability, Weapon Systems Performance Evaluation, Object-Oriented Programming, Visual User-Interface

---

* 본 연구는 국방과학연구소의 연구비에 의거 연구되었음.
** 동의대학교 산업공학과

1. 개 요

본 연구는 휴대용 미사일의 획득 및 운영 시에 필요한 성능(표적 살상확률)산정모델의 개발과 이의 사용자들을 위한 사용자 시각화모델의 개발이다. 문헌에 의하면 미국의 Stinger, 영국의 Javelin, 프랑스의 Mistral 등이 현재 대표적으로 널리 사용되는 기종이다. 현재 여러 나라에서 단 거리 휴대용 미사일이 개발되어 판매 및 실전에 배치되어 사용되고 있으며 70'년대에 소련의 SA-7이 월남전에 사용된 바 있다. 휴대용 미사일의 성능 평가모델을 Module Base로 개발하고 이의 사용자가 보다 쉽게 응용하기 위한 시각환경의 사용자인터페이스(Graphical User Interface GUI)를 개발하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 다음과 같이 2 단계의 연구를 추진하였다. 저 단거리 휴대용 미사일의 성능평가를 위하여 주어진 조우조건(Encounter Conditions)으로부터 공중표적에 대한 위력(Lethality)을 평가하기 위한 S/W를 개발하였다. 본 연구의 첫 번째 단계로 미사일의 경로와 탄두의 폭발지점(Burst Point)을 산정하였으며 파편의 분산과 폭발위력을 산출하여 살상기준에 따른 피해 정도를 산출하여 살상확률(Kill Probability)로 표시하였으며 다음과 같은 단계에 따라 살상확률을 산정 하였다.

단계 1 : Data 입력

- 미사일Data
- 표적Data
- 조우조건Data

단계 2 : 탄두의 폭발지점(Burst Point)산정

단계 3 : 표적의 피해 산출

- 직접명중피해
- 폭발위력피해
- 파편피해

단계 4 : 종합표적살상확률, P_k의 산정

실제 산출 과정에서는, 각 조우조건이 시뮬레이션에 의하여 랜덤변화 시키면서 구한 값을 사용 한 접근각도 및 명중 지점 등에 따른 살상위력의 산출을 위하여 Monte Carlo 시뮬레이션방법을 사용하였다.

본 연구의 두 번째 단계의 연구로서 위에서 개발한 살상 확률산정프로그램을 문자형 입출력 버전의 프로그램 구조 중에서 입출력 기능에 해당하는 모듈을 그래픽 사용자 인터페이스를 사용하여 입출력을 수행하는 시각 사용자 환경으로 구현하였으며 이의 주요 출력내용은 다음과 같다.

- 입력 Data의 출력
- 각 접근구간별 살상확률(Kill Probability)
- 명중확률(Hit Probability)

또한 이와 관련된 전산프로그램을 Module Base로 개발하여 확장성을 용이하게 하였다. 본 모델의 Main Module과 각 Library들의 프로그램을 C++로 개발하고 사용자들의 활용을 용이하게 하기 위하여 예제 입력 File을 이용한 결과를 보였으며 사용자 시각화 인터페이스의 응용 결과를 구현하여 보였다.

2. 시스템 성능산정

본 연구에서는 휴대용 미사일의 위력산정을 위하여 표적 살상 기준을 다음과 같이, A, B, 및 C로 구분하고 표적을 일반적으로 많이 사용하는 고속헬기(High Speed Wing)를 기준으로 하였다.

표 1. 살상 및 피해기준

표 적	피 해 기 준	
· 항공기	· KK - Kill · K - Kill · A - Kill · M - Kill (B-Kill, C-Kill)	· 10초 이내 · 30초 이내에 조종불능 상태로 만듦 · 5분 이내에 조종불능 (파 손: Attrition) · 임무 실패:Mission)
· 병사	· Defense - 30초 · Assault - 30초 · Assault - 5 분 · Supply -12시간	· 30초 이내의 방어 능력 마비 · 30초 이내의 공격 능력 마비 · 5분 이내의 공격 능력 마비 · 12시간 정도의 병참지원활동병사의 능력 마비
· 헬리콥터	· D-damage · A-damage · B-damage · C-damage	· 지상 발포로 인한 피해, 30초이내 조정 불능 · 지상 발포로 인하 피해, 5분 이내 조정 불능 · 지상 발포로 인한 피해, 임무실패 및 착륙정지됨 · 지상 발포로 인한 피해, 임무 수행 능력 저하

탄두 및 Fuze 특성과 탄두의 폭발 및 파편분산 자료들을 사용하였으며(가용하지 못할 경우 가상자료를 이용), 표적의 취약성의 구분을 위하여 각 표적의 종류별 취약특성들이 고려되었으며 다음과 같이 3가지 살상확률을 각각 산정하고 이를 통합하여 종합살상확률을 산정 하는 방법을 사용하였다.

◦ 직접명중확률(Direct Hit Kill Probability)

· 직접탄두가 표적에 명중확률, P_{KH}

· 표적의 부분품들의 피해확률, P_{KR}

◦ 폭발위력피해(Kill Probability)

폭발위력에 의한 표적의 피해로서, 표적이 폭발위력 범위(Blast Ellipsoid)내에 있을 확률로 표시된다. P_{KB}

◦ 파편효과에 의한 살상확률(Fragment Kill Probability)

파편의 분산, 크기, 속도 등으로부터 표적의 일부분 및 전체의 피해 정도를 산출하였으며, 이를 위하여 표적의 취약성 (Vulnerability Area), A_V, Data를 사용 하였다.

2.1 주요 분석방법

주요 분석방법으로 다음 내용과 관련된 개발 각 단계에서의 비용·효과 분석의 주요 요인들의 활용 가능한 실제 Data로부터 시뮬레이션 및 분석방법과 체계적인 분석방법을 사용하였다.

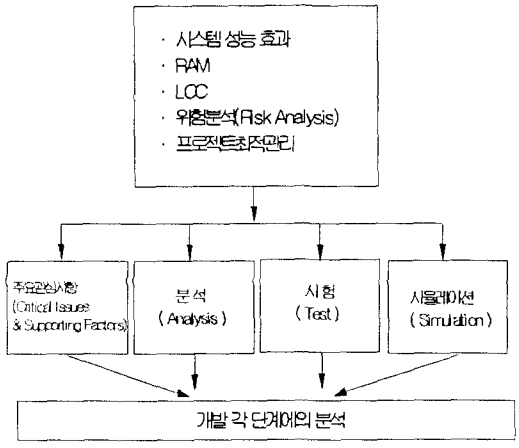


그림 1. 주요 분석방법

휴대용 미사일의 시스템성능효과 산정은 먼저 표적을 탐지하고 표적의 위치를 파악한 다음 표적까지의 접근능력과 표적의 파괴능력 등을 종합하는 수식으로부터 산정 된다. 즉 다음과 같이 미사일의 발사 및 폭발 신뢰도 및 가용도와 이를 작동하는 사람의 능력을 종합한 통합시스템의 성능으로부터 산정 하였다.

$$E_{Tot} = R_s \cdot P_k \cdot P_D$$

여기서, $R_s = R_{pu} \cdot R_{PF} \cdot R_F \cdot R_B$

E_{Tot} : 시스템의 종합 효과

R_{pu} : 시스템 준비 및 대기 신뢰도

R_{PF} : 발사 이전 신뢰도

R_F : 발사될 수 있는 가능성

R_B : 탄두 폭발(Burst)가능성

P_K : 폭발 이후의 표적이 운영(Fire Control)의 신뢰도

P_D : 명중확률

이를 시스템 운영 및 구조적 효과를 보면 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$E_{Tot} = E_{inh} \cdot E_{opr}$$

여기서,

E_{Tot} : 시스템의 H/W의 구조적 효과

Eopr : 시스템 운영효과

E_{inh} : 설비의 기계적효과(Inherent Eff.)

여기서 미사일의 표적살상확률, Pk,에 의하면 유효 발사영역을 그림 2와 같이 표시할 수 있다.

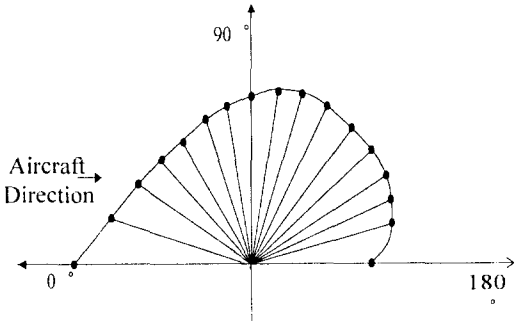


그림 2. 휴대용 미사일의 발사영역

2.2 공간 좌표계

공간상에서 표적과 탄두의 궤적 및 표적의 위치를 나타내기 위하여 좌표 계를 다음과 같이 정의하여 사용하였다.

C_s : 좌표 계(Coordinate Systems)

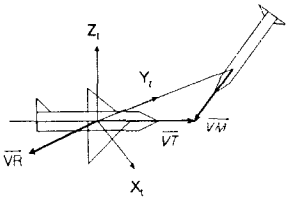
$\overrightarrow{VT}$: 표적속도벡타(Target Velocity)

$\overrightarrow{VM}$: 탄두속도벡타(Missile Velocity)

$\overrightarrow{VR}$: 상대속도벡타(Relative Velocity)

X, Y, Z : 공간좌표계

공간상에서 탄두 및 표적의 궤적을 나타내는 상대속도벡타를 그림 3과 같이 표시하였다.



(상대속도좌표계)

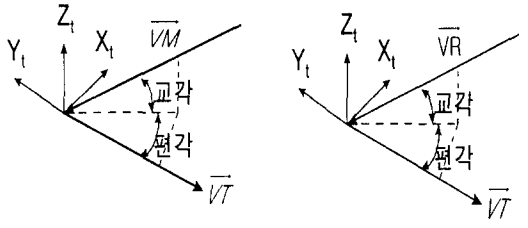
그림 3. 공간좌표계(Coordinate Systems)

이를 방위각(Azimuth) AZ와 고각(Elevation) EL을 고려하여 표시하면 그림 4와 같다. 여기서 고려한 각도의 범위를 편각은 -180° ~+180° ,교각은 -90° ~+90° 로 하여 본 프로그램에 고려하였다. 표적의 이동시간은 다음 식으로 산출되며, 여기서 (X^*,Y^*,Z^*)을 t=0인 시점에서의 미사의의 위치이며, r_x r_y 및 r_z 은 상대속도벡터의 요소

$$X = X^* + V_R \cdot r_x \cdot t$$

$$Y = Y^* + V_R \cdot r_y \cdot t$$

$$Z = Z^* + V_R \cdot r_z \cdot t$$



a) 고각 접근구간 예 b) 편각 접근 구간 예

그림 4. 표적 및 탄두 속도벡타

2.3 모델의 흐름도

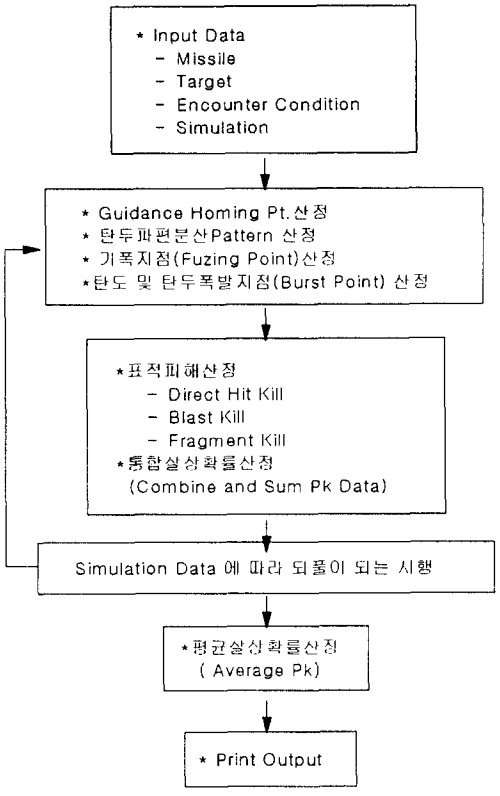


그림 5. 휴대용 미사일의 살상확률산정 모델의 흐름도

다음 그림 5와 같이 입력단계, 탄두폭발지점 산정, 표적 피해산정 및 평균살상확률산정단계로 구분된 흐름 도에 따라 전산프로그램을 개발하였다.

2.4 응용사례

본 모델의 응용사례를 위하여 그림 6의 흐름도에 따라 전산프로그램을 개발하였으며 이의 응용을 위하여, 표적 Data, 미사일Data, 탄두 Data, 및 교전 Data 등의 가상적인 입력 자료를 이용하였으며 미사일의 접근 형태에 따른 고각(Elevation) 및 방위각(Azimuth)과 미사일의 발사 여건 등을 고려하여 일반적으로 많이 사용하는 다음과 같은 두 가지의 접근 구간을 사용하였다.

접근 구간 Ⅰ : 고각, -75 ~ 75 및
방위각, 0.0 ~ 90.0,

접근 구간 Ⅱ : 고각 , -75 ~ 75 및
방위각, 90.0 ~180.0

본 예제에 고려한 표적은 일반적으로 휴대용 미사일에 많이 사용하는 고정익기(헬기)를 기준으로 하였으며 가능한 범위에서 실제 Data에 가까운 가상 Data들을 사용하였다. 또한 표적살상확률을 산정하기 위하여 총 시뮬레이션 회수를 250회를 수행하여 평균값을 구하였다.

표적 Data를 위하여 일반적으로 많이 사용하는 타원형의 Data(Ellipsoid Data)로 정의하여 묘사하였으며 각 타원형 Data의 수를 정의하고 각 Data는 중심점의 자료와 각 부분 벡터방향의 직경을 정의하여 사용하였다. 표적의 명중 영역과 탄두위력 역시 타원형으로 정의하여 사용하였으며, 타원형의 위협구역에 표적이 접근하면 살상되는 것으로 가정하였다. 표적의 취약성 자료(Vulnerability Data)는 타원형의 data로 사용하였으며 미사일에 관련된 Data는 미사일의 재원, 속도, 및 탄두위력 등 자료를 사용하였다. 본 예제의 Sample 출력을 요약하면 다음과 같다.

*** SUMMARY OF RESULTS

2 ASPECTS, 250 REPLICATIONS PER ASPECT

AZIM. ZONE	ELEV. ZONE	KILL	HIT	GRAZE
0.0 - 90.0	-75.0 - 75.0	0.10	0.90	0.01
90.0 - 180.0	-75.0 - 75.0	0.08	0.94	0.01

위의 출력을 보면 평각 0.0 ~ 90도 사이에서 고각 -75~75도 사이에서 살상확률은 0.1임을 알 수 있다.

본 모델의 표적살상확률 산정을 위하여 표적과의 거리를 변환키면서 표적 살상확률을 미사일의 접근 구역별로 산정 하여 표 2에서 비교하였다. 본 예제 응용 결과 예상되는 추세에 따라 변화됨을 알 수 있다.

표 2. 표적의 위치에 따른 살상확률

표적의 거리 (Y방향)	살상확률		명중확률	
	접근 구간 I	접근구간 II	접근 구간 I	접근 구간 II
0,05	0.02	0.04	0.07	0.04
0.10	0.73	0.44	0.98	0.94
0.50	0.70	0.38	0.98	0.96
1.00	0.67	0.36	0.98	0.97
1.50	0.59	0.40	0.96	0.92
2.00	0.64	0.28	0.91	0.28
2.50	0.62	0.28	0.89	0.89
3.50	0.58	0.29	0.84	0.84
4.50	0.43	0.32	0.76	0.78
5.50	0.38	0.38	0.70	0.72
10.50	0.28	0.25	0.55	0.56
15.50	0.18	0.16	0.37	0.40
20.50	0.13	0.13	0.26	0.30
25.50	0.11	0.08	0.18	0.20
30.50	0.06	0.09	0.50	0.20

3. 시각사용자 환경의 개발

본 연구에서 개발한 휴대용 미사일의 살상 확률 계산 프로그램은 두 가지 버전으로 개발하였다. 첫 번째 버전은 문자형 입출력 방법에
기반을 둔 버전이며, 두 번째 프로그램 버전은
문자형 입출력 버전의 프로그램 구조 중에서 입출력 기능에 해당하는 모듈을 그래픽 사용자 인터페이스 (Graphical User Interface; GUI)를 사용하여 입출력을 수행하는 시각 사용자 환경으로 구현하였다.

3.1 프로그램 구조

그래픽 사용자 인터페이스를 구현한 휴대용 미사일의 표적 살상 확률 값을 구하는 프로그램은 C++ 언어를 사용하여 프로그램을 개발하고 예제를 통하여 결과를 보였다. 그림 6과 같이 프로그램의 구조도를 표시하였다. 본 모델의 프로그램은 자료 입력 기능을 수행하는 input() 함수와 입력된 자료를 사용하여 살상 확률 값을 계산하는 Compel() 함수, 그리고 계산이 완료된 후 살상 확률 값을 출력하는 기능을 수행하는 Outasp() 함수로 구성된다. 프로그램의 수행 완료 후에 각각의 분야마다 시뮬레이션에 의한 살상확률의 계산 결과 값들을 출력하는 프로그램은

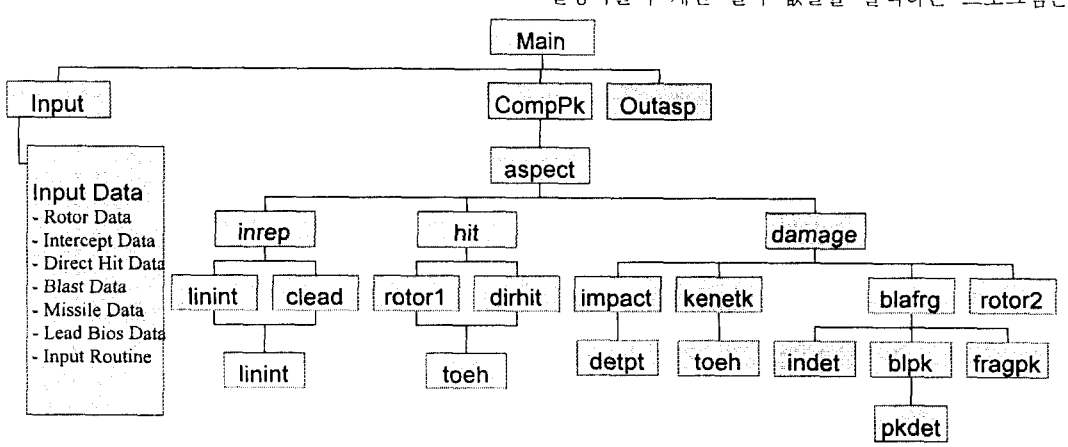


그림 6. 휴대용 미사일의 살상확률모델의 흐름 도

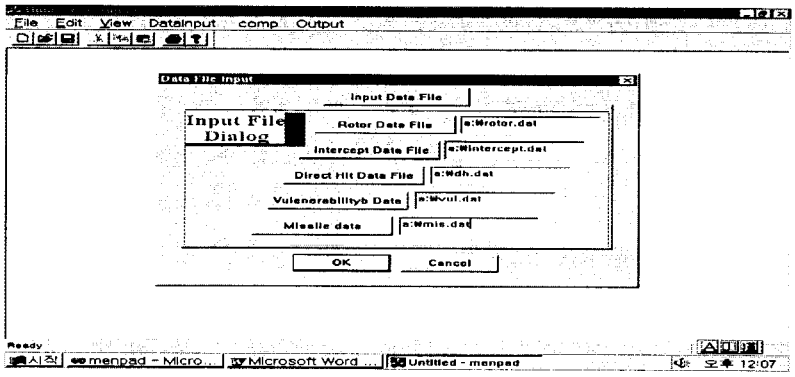


그림 7. 자료 입력을 위한 대화상자

Outasp() 함수에 의하여 수행된다. 휴대용 미사일의 표적 살상확률 값들을 계산하는 과정에 필요한 난수 값을 구하는 함수로는 Uniform (0,1) 분포로부터 난수 값을 구하는Randum() 함수, Normal(0,1) 분포로부터 난수 값을 구하는 Ranurm() 함수가 있다.

3.2 시각 사용자 환경의 구현

휴대용 미사일의 살상 확률 값을 산정 하는 시각 사용자 환경의 메인프레임 윈도우의 메뉴 바에서 [DataInput] 메뉴 항목은 자료의 입력에 경을 수행하는 메뉴이고, [Output] 메뉴 항목은 입력 자료 및 살상 확률 값의 출력에 관한 시각 환경을 수행하는 메뉴이다. 대한 시각 환경을 수행하는 메뉴이며, [Comp] 메뉴 항목은 살상 확률 값을 계산하는 시각 환경을 수행하는 메뉴이다.

3.2.1 자료 입력에 대한 시각 환경

먼저 휴대용 미사일의 살상 확률 값을 구하는 데 필요한 자료 값을 입력받기 위한 작업 메뉴를 열고 [DataInput/FileType]. 메뉴 항목을 선택하면 살상 확률 값의 계산에 필요한 자료 입력의 시각 환경이 수행된다. 그림 7은 살상 확률 값의 계산에 필요한 자료들이 저장되어 있는 데이터베이스 파일들의 목록을 입력하는 대화상자를 표시하고 있다. 살상 확률 값을 계산하기 위한 자료는 목표 항공기 표적에 관계된 자료인 Rotor Data, Intercept Data,

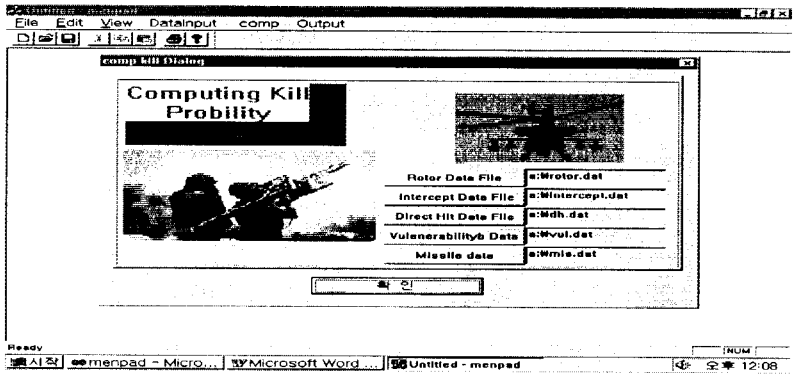


그림 8. 살상 확률 값의 계산전 대화상자

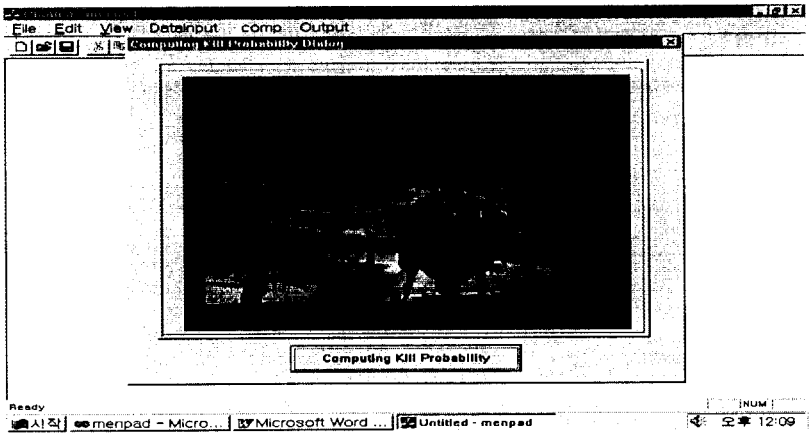


그림 9. 살상 확률 값의 계산후 대화상자

Direct-Hit Data, 및 Vulnerability Data 파일 등이 있으며, 미사일과 관계된 자료인 Missile Data 파일이 있다.

3.2.2 살상확률 값의 계산과정의 시각 환경

휴대용 미사일의 살상 확률 값을 계산하기 위한 작업 메뉴에서 [Comp/CompPk] 메뉴 항목의 선택에 의하여 살상 확률 값을 구하는 메소드(method)가 수행된다. 그림 8에는 살상 확률 값이 계산되기 직전의 상태, 즉, 목표 항공기 표적을 향하여 미사일이 발사되기 직전의 상황을 시각적으로 표시한 대화상자가 표시되어 있으며, 그림 9는 미사일이 목표 항공기를 향하여 발사된 후 목표 항공기가 폭파되어 살상된 정도를 시각적으로 보여주고 있다.

3.3 입력자료 및 살상 확률 값의 출력에 대한 시각 환경

휴대용 미사일의 살상 확률 값을 계산하기 위해서 입력된 자료 값과 계산된 살상 확률 값을 출력하는 시각 환경을 구현하는 작업 메뉴에서 [Output /

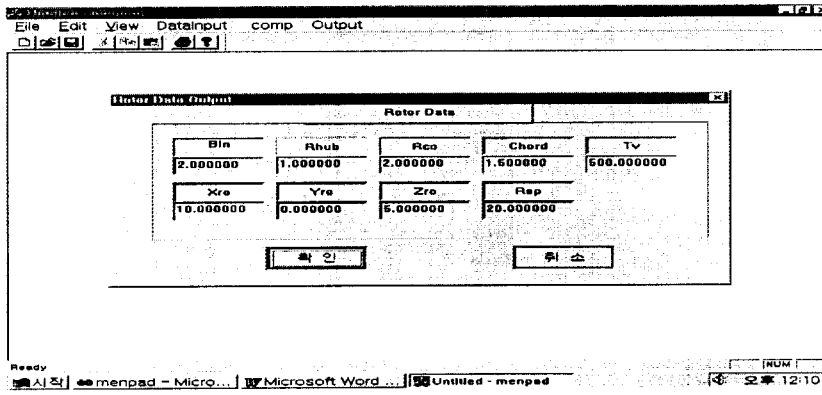


그림 10. 회전 익기 자료 값의 출력을 위 한 대화상자

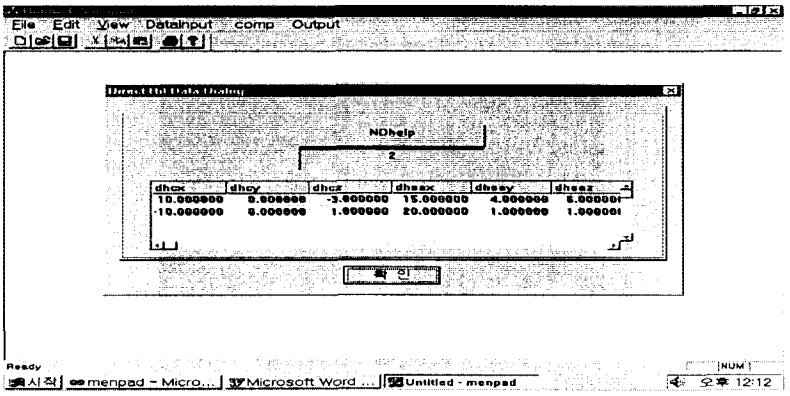


그림 11. Direct-Hit 자료 값의 출력을 위한 대화상자

TargetData / Rotor] 메뉴 항목을 선택하면 그림 10에 표시된 것과 같은 형태의 표적의 입력 자료를 보여주는 대화상자가 표시된다. 또한 [Output/ Target Data / DirectHit] 메뉴 항목을 선택하면 그림 11과 같은 형태의 Direct-Hit 입력 자료 값을 보여주는 대화상자가 표시된다. 출력화면의 윈도우에서 [Output/TargetData/Vulnerability] 메뉴를 선택하면 그림 12와 같은 형태의 표적의 취약성(Vulnerability) 입력 자료 값을 보여주는 대화상자가 표시된다. 출

력화면의 윈도우에서 [Output/KillProb] 메뉴 항목을 선택하면 그림 13과 같은 형태의 표적의 계산된 살상확률 값을 보여주는 대화상자가 표시된다.

4. 결 론

본 연구는 휴대용 미사일의 획득 및 운영 시에 필요한 성능(표적 살상확률)산정모델의 개발과 이의 사용자들을 위한 사용자 시각화모델의 개발이다. 휴대용 미사일의 성능 평가모델을 Module Base로 개발하고 이의 사용자가 보다 쉽게 응용하기 위한 시각환경의 사용자 인터페이스(Graphical User Interface)를 개발하였다.

이를 위하여 본 연구에서는 다음과 같이 2 단계의 연구를 추진하였다 : 첫 번째 단계로 미사일의 경로와 탄두의 폭발지점(Burst Point)을 산정 하였으며

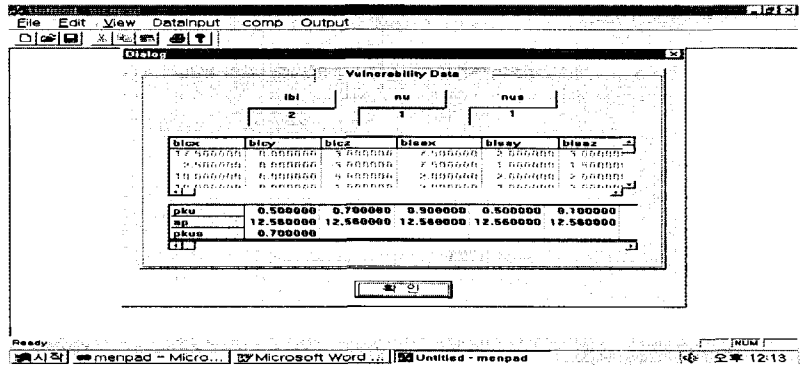


그림 12. 표적의 취약성 자료 값의 출력을 위한 대화상자(I)

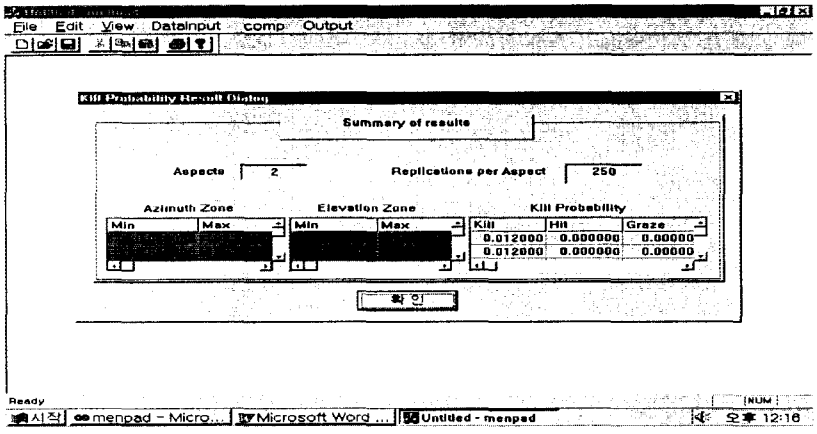


그림 13. 살상 확률 값의 출력을 위한 대화상자

파편의 분산과 폭발위력을 산출하여 살상기준에 따른 피해 정도를 산출하여 살상확률(Kill Probability)로 표시하였으며 다음과 같은 살상확률을 산정 하였다.

- 표적의 피해 산출
  - · 직접명중피해
  - · 폭발위력피해
  - · 파편피해
- 종합표적살상확률, P_k의 산정

실제 산출 과정에서는 Monte Carlo 시뮬레이션 방법을 사용하였다. 본 연구의 두 번째 단계의 연구로서 위에서 개발한 살상 확률산정프로그램을 문자형 입출력 버전의 프로그램 구조 중에서 입출력 기능에 해당하는 모듈을 그래픽 사용자 인터페이스를 사용하여 입출력을 수행하는 시각 사용자 환경으로 구현하였다. 본 모델의 Main Module과 각 Library들의 프로그램을 C++로 개발하고 사용자들의 활용을 용이하게 하기 위하여 Sample 입력 File을 작성하여 Sample Run한 경과를 보였으며 사용자 시각화 인터페이스의 Sample Run 결과를 구현하여 보였다.

본 모델은 휴대용 미사일의 개발 또는 해외로부터 구매 및 운영 시에 필요한 성능(표적 살상확률)평가 모델로 활용될 수 있으리라 생각된다. 본 연구에서는 휴대용 미사일의 성능효과(표적의 살상확률)산정을 위한 모델의 기반 구축과 Proto-Type 전산프로그램을 1차 개발하고 예제에 적용하고 다음 내용들을 보완할 예정이다.

- 다양한 환경에서 적용 가능하도록 Software를 보완 개발
- 사용자 환경의 일부 시각환경을 개발하고 구현.

참 고 문 헌

[1] Booch, G., *Object-Oriented Analysis and Design, 2nd Ed.,* The Benjamin/Cummings Publishing Co., 1994.

[2] Coad, P. and J. Nicola, *Object-Oriented Programming,* Prentice-Hall, 1993.

[3] Folley, J.D., V.L. Wallace, and P. Chan, "The

Human Factors of Computer Graphics Interaction Techniques," IEEE Computer, pp, 13-47, Nov. 1994.

[4] Martin, J. and J. Odell, *Object-Oriented Methods,* Prentice Hall, 1995.

[5] Microsoft Corp., *Programming with MFC and Win32,* 1995.

[6] Rumbaugh, J., etc., *Object-Oriented Modeling and Design,* Prentice Hall, 1991.

[7] Tkach, D., W. Fang, and A. So, *Visual Modeling Technique: Object Technology Using Visual Programming,* Addison Wesley, 1996.

[8] 황홍석 외 2명, "유도무기체계 효과분석 연구(명중률 및 살상확률중심)," ADD Rep. MSRD - 414 - 91007, 1990.

[9] 황홍석 외 3명, "Missile System의 생존성과 방어체계의 최적구성에 관한 연구," ADD Rep. MSDC - 415, 1993.