



Received: 2025/03/07
Revised: 2025/03/13
Accepted: 2025/03/30
Published: 2025/03/31

***Corresponding Author:**

Junwon Lee

Room 906, M-II, Dept. of Dron-bot Military,
Jungwon University
85 Munmu-ro, Goesan-eup, Goesan-gun,
Chungcheongbuk-do, 28024, Republic of Korea
Tel: +82-43-830-8682
Fax: +82-50-4091-8990
E-mail: onego778888@jwu.ac.kr

Monte Carlo Simulation 기법을 적용한 공격헬기 Mission Calculator Tool 개발 방법론 연구: 아파치 헬기를 중심으로

Study on Attack Helicopter Mission Calculator Tool Development Methodology by Monte Carlo Simulation: Focusing on Apache Helicopters

박노성¹, 김형권², 이준원^{3*}

¹(주)엠아르오디펜스 본부장/중원대 국가안보융합학과 박사 과정

²중원대 드론봇군사학과 특임교수

³중원대 드론봇군사학과 교수

Nohseong Park^{1*}, Hyungkwon Kim², Junwon Lee^{3*}

¹Director, Division of MRO Defence Inc./Ph.D. candidate, Dept. of National Security Convergence, Jungwon University

²Special appointed professor, Dept. of Drone-bot Military, Jungwon University

³Professor, Dept. of Drone-bot Military, Jungwon University

Abstract

육군의 아파치 공격헬기나 해군의 대잠헬기 등 모든 헬기는 연료 소모에 따라 비행 지속 시간에 제한을 받는다. 이를 해결하기 위해서는 작전 형태별로 연료량과 탑재 장비, 장착되는 무장 종류와 장착량에 따라 임무 수행이 가능한 작전 반경과 작전 지속 시간을 사전에 판단하여 작전 계획에 반영하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 Microsoft Excel의 Goal Seek 기능과 Monte Carlo simulation 모델 기법을 적용하여, 아파치 헬기를 대상으로 작전 반경 및 작전 지속 시간과 운용 유지 비용까지도 사전에 예측할 수 있는 Mission Calculator Tool에 대한 개발 방법론을 제시한다.

All helicopters, such as Army Apache attack helicopters and Navy anti-submarine helicopters, are limited in flight duration due to fuel consumption. In order to solve this problem, it is necessary to determine in advance the combat radius and combat time that can be performed according to the amount of fuel, mounting equipment, the type of armament installed, and the amount of installation according to the operation type and reflect it in the operation plan. In this paper, we present a development methodology for the Mission Calculator Tool that can predict the combat radius, combat time, and operation maintenance cost for Apache helicopters in advance by applying the Goal Seek function of Microsoft Excel and the Monte Carlo simulation model technique.

Keywords

Goal Seek of Excel(엑셀 목표값),
Monte Carlo Simulation(몬테카를로 시뮬레이션),
Mission Calculator Tool(임무 계산 도구),
Combat Radius(작전 반경),
Combat Time(작전 지속 시간),
O&M Cost(운용 유지 비용)

1. 서론

1.1 연구 배경

한국군의 아파치 헬리콥터 운용은 주로 지상군 지원과 적지 중심 작전, 적의 방어선 파괴에 중점을 두고 있다. 아파치 헬리콥터는 강력한 무장과 정밀 타격 능력을 바탕으로 주로 대(對) 기갑 작전, 대(對) 해상 특수작전부대(M-CSOF, maritime counter special operations force) 작전, 국지도발 대비 작전 등에 투입되고 있으며, 주요 작전 국면에서 결정적인 역할을 수행할 전략 자산으로 운용되고 있다. 특히, 미군의 경우 해군·육군과의 합동작전을 위해 육군의 아파치 공격헬기를 해상에서 해군 함정에 착함하는 훈련을 지속하고 있고, 향후 우리 해군도 육군의 아파치 공격헬기를 독도함에 탑재 또는 착륙시켜 운용하거나 해상에서 육군과의 합동작전에 투입하는 등 대단히 유용한 전력으로 활용할 수 있을 것이다. 따라서 아파치 공격헬기를 다양한 작전에 운용할 때 작전 형태별로

어떤 무기를 얼마나 무장하는지, 장착되는 무장량과 그 중량에 비례한 연료 소모율에 따라 얼마나 오래 비행할 수 있는지를 사전에 예측하여 적용한다면 효율적인 작전 계획을 수립할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 자체 개발한 Monte Carlo simulation을 활용하여 작전 형태에 따라 무장, 장비, 연료 option을 입력하면 중량에 따라 연료 소모율이 적용되고, 최대 비행 거리(maximum flying range) 및 비행 가능 시간(maximum blade time)이 산출되도록 하는 기법을 적용하였다. 그리고 산출된 최대 비행 거리와 비행 가능 시간을 기준으로 작전 형태별 mission profile을 적용하여 Monte Carlo simulation 기법으로 수천에서 수만 번 시뮬레이션을 반복, 임무 수행이 가능한 작전 반경(average combat radius)과 작전 소요 시간(average combat time)은 물론 작전 수행 간의 운용 유지 비용(average O&M cost)까지 분석하는 방법과 과정을 제시한다.

본 논문은 2장에서는 Monte Carlo simulation 모델을 설계하는 데 사용된 주요 배경 이론을 설명하고, 3장에서는 시뮬레이션의 구조와 동작 과정을 설명한다. 4장에서는 Monte Carlo simulation을 이용한 실험 설계와 그 결과를 소개하고, 마지막으로 5장은 결론으로 구성하였다.

2. 배경 이론 및 적용

2.1 Goal Seek 기능

Mission Calculator Tool은 공격헬기의 전투 임무를 수행하는 데 필요한 연료를 계산하고 이를 사용하여 해당 전투 임무를 위한 무장 및 장비 구성에서 항공기의 최대 운용 범위를 결정하는 Excel 기반 도구이다. 여기서 적용한 주요 기능인 Goal Seek(목표값 찾기)는 Microsoft Excel에서 제공하는 기능으로, 사용자가 결과를 목표값으로 설정하고 그 결과를 얻기 위해 입력값을 자동으로 계산할 수 있게 해 주는 도구이다. 이를 통해 사용자는 여러 수식과 변수 간의 관계를 쉽게 조정하고 분석할 수 있다.

2.2 Monte Carlo simulation 기법

Monte Carlo simulation은 무작위 표본 추출을

통해 복잡한 시스템이나 과정을 모델링하고 분석하는 통계적 기법이다. 이 기법은 수많은 시뮬레이션 반복을 통해 결과의 분포를 분석하고 불확실성을 정량화하는 데 사용된다.

수학적 모델을 설정하고 입력값을 결정하여 Goal Seek 기능을 활용함으로써 항공기의 최대 운용 범위를 결정한 후, Monte Carlo simulation을 통하여 작전에서 요구되는 최적의 작전 반경(average combat radius)과 작전 소요 시간(average combat time), 운용 유지 비용(average O&M cost)을 결정하게 되는데, 이러한 과정은 다음과 같은 절차와 방법을 적용하였다.

- (1) 수학적 모델 설정: 출력 변수와 입력 변수를 함께 가져오는 방정식을 정의한다. 수학적 모델은 기본적인 작전을 수행하는 절차를 mathematical programming 방식으로 표현하여 최적해를 구하도록 하였다.
- (2) 입력값 결정: 다양한 유형의 작전 형태에서 요구되는 입력값을 찾아낸다. 예를 들어 작전 목적과 표적의 종류에 따라 헬파이어 미사일 장착 발수, 2.75인치 로켓 장착 발수, 30 mm 기관포 장착 발수와 작전 거리를 증가시키기 위한 추가 연료탱크 장착 및 화력 통제 레이다(FCR, fire-control radar)의 장착 여부 등을 결정할 수 있어야 한다.
- (3) Goal Seek 기능 적용: 공격헬기 교전 절차(engagement procedure)에서 수행되는 비행 거리, 속도, 대기 시간, 교전 시간 등과 장착 무장의 종류에 따른 장착 발수를 적용한 입력값을 기준으로 Goal Seek 기능을 활용하여 항공기의 최대 비행 거리(maximum flying range) 및 최대 비행 시간(maximum blade time)을 산출한다.
- (4) Monte Carlo simulation 기법 적용: (3)에서 Goal Seek을 적용한 결과로 산출된 최대 비행 거리와 최대 비행 시간에 따라 요망하는 입력값과 결과 산출을 위해 수학적 모델을 사용하여 Monte Carlo simulation 기법을 적용한다. 이때 유효한 결과값을 도출하기 위해 simulation 반복 횟수를 지정하여 실행한다. 실행 결과에 따라 산출된 임무 수행이 가능한 작전

반경과 작전 소요 시간, 운용 유지 비용 결괏값은 시뮬레이션을 반복한 횟수에 따라 달라질 수 있으며, 반복 횟수가 많을수록 실험 결과의 신뢰성이 높고, 변동성이 적은 최적의 값을 얻을 수 있도록 통계적 검증을 한다.

- (5) 결과 분석: 시뮬레이션 된 결과를 확인하고, 필요 시 다른 무장 형태에 대한 입력값을 적용하여 새로운 시뮬레이션 결괏값을 산출한다. 다양한 무장 형태에 따른 결괏값들을 분석하고 검토하여 그로부터 최적의 임무 수행을 위한 통찰력 (insight)을 도출해야 한다.

3. Mission Calculator Tool의 구성과 동작 과정

3.1 Mission profile

아파치 공격 헬기의 타격작전은 상술한 것처럼 대기압 작전, 대 해상 특수작전부대(M-CSOF) 작전, 국지도발 대비 작전의 3가지 주요 작전이 있는데, 본 장에서는 이 중 대 해상 특수작전부대 작전을 기준으로 Mission Calculator Tool 구성 과정을 설명한다.

Fig. 1에 나타난 대 해상 특수작전부대 작전의 mission profile은 다음과 같이 정의될 수 있다.

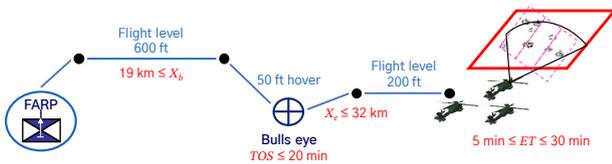


Fig. 1. Mission profile of M-CSOF

아파치 공격헬기 제대는 육상에 위치한 전방 무장 및 연료 재보급소(FARP, forward arming and refueling point)에서 대기하고 있다가 적 공기부양정 제대가 접근 중이니 즉각 출동하라는 명령을 받으면, 해상 대기 지점인 가칭 ‘Bulls Eye’를 점령하기 위하여 FARP를 출발한다. 통상 해상 대기 지점은 과거 해안포를 운용하던 시기에 이 해안포의 사거리 밖인 해안으로부터 약 19 km 이상 거리에 설정하여 운용하였는데, 이를 기준으로 해상 대기 지점의 위치를 적용하였다. FARP에서 해상 대기 지점까지는 120 kts의 속도로 이동한 후, 통상적으로 아파치 공격헬기 제대는 이 해상 대기 지점에 도착하면 최대 20분 동

안 대기하다가 적의 정확한 위치를 접수하게 되면 타격작전을 실시하기 위하여 교전 구역(EZ, engagement zone)으로 출발한다. 해상 대기 지점에서 교전 지점(EP, engagement point)까지의 이동 거리는 최대 32 km이고, 60 kts의 속도로 이동한다. 교전 지점에 도착한 아파치 공격헬기 제대는 최소 5분에서 최대 30분 동안 타격작전을 실시하고, 다시 FARP 지점으로 복귀하는 것으로 임무 절차를 적용하였다. 이 과정을 수학적 모델로 표시하면 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{X_b}{120 \text{ kts}} + \frac{X_e}{60 \text{ kts}} + TOS + ET + \frac{(X_b + X_e)}{120 \text{ kts}} \leq \text{Maximum flying time} \quad (1)$$

여기서, $19 \text{ km} \leq X_b$,

$$TOS \leq 20 \text{ min},$$

$$0 \text{ km} \leq X_e \leq 32 \text{ km},$$

$$5 \text{ min} \leq ET \leq 30 \text{ min}.$$

3.2 Mission Calculator Tool

Figs. 2-5의 Excel 기반 Mission Calculator Tool에는 4개의 worksheet가 있다. 첫 번째 sheet(Fig. 2 참조)에서는 Goal Seek 입력 창에 요망하는 각 option에 해당하는 값을 입력한다. 즉, 첫 번째 sheet는 작전 형태에 따라 어떤 무기를 얼마나 무장할 것인가를 결정하고, 이를 입력하여 결정된 무장 및 연료량에 따라 최대 비행 거리(maximum flying range)와 최대 비행 시간(maximum blade time)을 Goal Seek으로 찾고, Monte Carlo simulation으로 몇 회를 반복 연산할지를 입력하여 가용한 평균 작전 반경(average combat radius)과 평균 작전 시간(average combat time) 및 평균 운용 유지 비용(average O&M cost)을 산출하는 main sheet이다.

두 번째 sheet(Fig. 3 참조)는 해수면 20 °C에서 중량에 따른 연료 소모율을 정의한 sheet로 이는 아파치 공격헬기 제작사인 보잉에서 제공한 연료 소모율(burn rate) 자료이며, sheet 상에 연료를 다 소모하기 위한 목표값인 Goal Seek을 찾기 위해 Excel 상에서 데이터-가상 분석-목표값 찾기의 pop up 창을 적색 실선으로 구분하였다.

세 번째 sheet(Fig. 4 참조)는 임무 총중량(MSNGW,

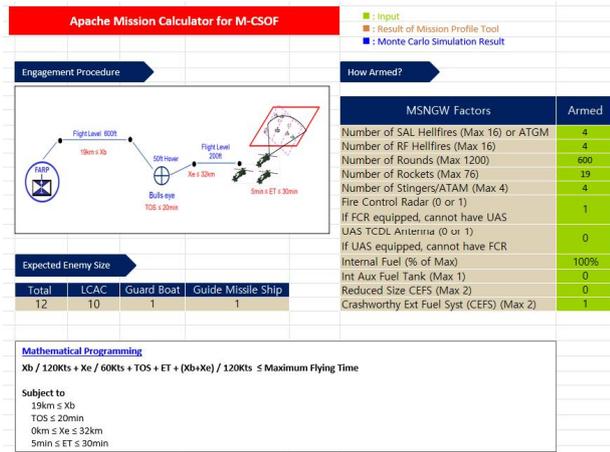


Fig. 2. Mission Calculator Tool



Fig. 3. AH-64E burn rate sheet

Protection Password: DAData	AH-64E Apache SL20C
User Can Modify Cells in Yellow	Block III
Number of SAL Hellfires (Max 16) or ATGM	4
Number of RF Hellfires (Max 16)	4
Number of Rounds (Max 1200)	600
Number of Rockets (Max 76)	19
Number of Stingers/ATAM (Max 4)	4
Fire Control Radar (0 or 1)	1
If FCR equipped, cannot have UAS	0
UAS TCDL Antenna (0 or 1)	0
If UAS equipped, cannot have FCR	0
Internal Fuel (% of Max)	100%
Int Aux Fuel Tank (Max 1)	0
Reduced Size CEFS (Max 2)	0
Crashworthy Ext Fuel Syst. (CEFS) (Max 2)	1
Weight Empty	12533.0
Aux Fuel Plumb	8.0
ATAS Provisions	58.0
Crew (235 lb. ea. Std)	470.0
Unusable Fuel	13.0
Eng/APU Oil	35.0
Gun System (30mm & 20mm)	130.0
Survival Gear + ULT/ELT	63.0
ASE Kits	144.0
Fixed Usable Load	921.0
Sub-Total	13454.0

Fig. 4. MSNGW sheet

AH-64E Data - 701D Engines (3400 hp Transmission Limit)							
PA	OAT	Configuration	Block III OGE	Block III KGE (S-R)	Max Hover Wt	Useful Load*	
#	°C		Max Hover Wt	Useful Load*	Max Hover Wt	Useful Load*	
ISA	0	15	FCR, 8 HF, inbrd	21876	7377	25984	11503
	1000	13.02		21702	7401	25553	11252
	2000	11.04		21525	7224	25299	10998
	3000	9.06		21349	7048	25043	10742
	4000	7.08		21169	6868	24784	10483
	5000	5.09		20710	6409	24233	9932
	6000	3.11		19972	5671	23378	9077
	7000	1.13		19243	4932	22523	8262
	8000	-0.85		18467	4166	21646	7345
	9000	-2.83		17741	3440	20812	6511
	10000	-4.81		17021	2720	19985	5684
	11000	-6.79		16347	2006	19088	4907
	12000	-8.77		15692	1391	18453	4152
	13000	-10.76		15059	738	17722	3421
	14000	-12.74		14446	145	17013	2712
	15000	-14.72		13852	-449	16324	2023
	16000	-16.7		13282	-1019	15664	1363
	17000	-18.68		12730	-1571	15023	722
	18000	-20.66		12196	-2105	14402	101
	19000	-22.64		11682	-2619	13803	-408
	20000	-24.62		11179	-3122	13218	-1083
ISA+20C	0	35	FCR, 8 HF, inbrd	21477	7176	25229	10928
	1000	33.02		21301	7000	24972	10671
	2000	31.04		20955	6554	24537	10236
	3000	29.06		20354	6053	23831	9530
	4000	27.08		19749	5488	23122	8821
	5000	25.09		19150	4840	22420	8119
	6000	23.11		18562	4261	21732	7431
	7000	21.13		17986	3685	21058	6757
	8000	19.15		17421	3120	20397	6096
	9000	17.17		16865	2564	19747	5446
	10000	15.19		16281	1980	19067	4766
	11000	13.21		15727	1426	18422	4121
	12000	11.23		15198	897	17794	3481

Fig. 5. Hover table sheet

mission gross weight)을 입력하는 곳이다. MSNGW sheet는 임무에 필요한 항공기 장비, 무장과 연료 option을 입력하여 항공기의 임무 총중량을 계산한다. 이 sheet는 첫 번째 sheet와 연동되어 있으며 첫 번째 sheet의 “Armed”에 무장 발수 입력 시 동일하게 적용되어 입력값에 해당되는 임무 총중량이 반영된다.

네 번째 Sheet(Fig. 5 참조)는 hover capability table로 다양한 운용 고도에서 헬리콥터가 hovering을 유지할 수 있는 능력을 나타내는 데이터 표이다. 이 표는 헬리콥터의 성능을 이해하고, 특정 고도에서 필요한 출력을 결정하는 데 유용하게 활용될 수 있다. 즉, 조종사와 엔지니어가 헬리콥터의 운용 성능을 분석하고 공중 작전 시 안전하게 hovering을 할 수 있도록 하는 데 필요한 결정 사항을 지원한다. 이를 통해 각종 환경 조건 하에서도 안전하고 효율적으로 비행하는 것이 가능하게 된다.

3.3 Mission Calculator Tool의 동작 과정

Mission Calculator Tool의 전체적인 동작 과정은 Fig. 6에 제시된 절차를 순차적으로 적용하는 것으로, 우선 작전 형태에 따라 장비, 무장 그리고 연료 option을 선택하여 입력한다.

장비, 무장 그리고 연료 option을 선택한 후 탑재한 연료를 전부 소모하는 목표값을 찾기 위해 Goal Seek을 자동으로 수행한다. 이를 위해 목표값을 도출하는 과정을 Fig. 7과 같이 코딩하여 Excel Macro 기능으로 동작하도록 하였다.

그 다음은 교전 프로세스를 적용한 Monte Carlo simulation 과정으로, Fig. 6의 전체 절차 중에서 engagement process는 앞에서 제시한 수학적 공식을 Excel 내 Visual Basic으로 Fig. 8과 같이 코딩한 후 Excel Macro 기능으로 자동 동작하도록 하였다.

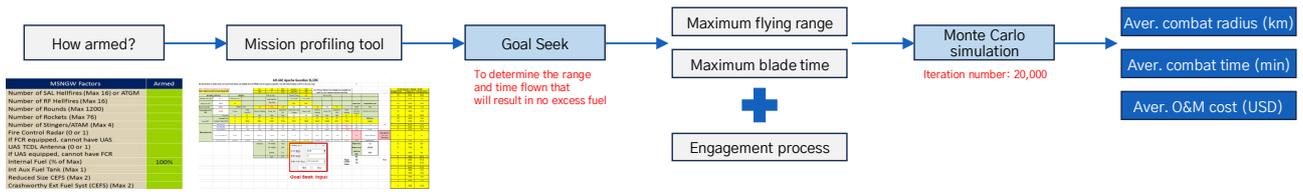


Fig. 6. Concept of Mission Calculator Tool

```
Sub Goal_Seek_Wartime_Click()
    With Worksheet("SL20C").Range("N18").GoalSeek _
        Goal:=.Range("N2").Value, _
        ChangingCell:=.Range("F10")
    End With
End Sub
```

Fig. 7. Excel Macro for Gold Seek execution

```
Sub CSOF_Click( )
    Dim i As Long
    Dim n As Long
    Dim Xb As Single
    Dim TOS As Single
    Dim Xe As Single
    Dim ET As Single
    Dim Z As Single
    Dim R As Single
    Dim T As Single
    Dim S As Single
    Dim Average As Single
    Dim Average2 As Single

    i = 1
    T = 0
    Z = 0
    S = 0
    R = 0
    n = 1

    Do
        Xb = WorksheetFunction.RandBetween(19,Cells(10,11))
        TOS = WorksheetFunction.RandBetween(0,20)
        Xe = WorksheetFunction.RandBetween(0,32)
        ET = WorksheetFunction.RandBetween(5,30)
        If 60 * (Xb / (120 * 1.852)) + 60 * (Xe / (60 * 1.852)) + TOS +
            ET + 60 * ((Xb + Xe) / (120 * 1.852)) < Cells(12,11) Then
            Z = 60 * (Xb / (120 * 1.852)) + 60 * (Xe / (60 * 1.852)) +
                TOS + ET + 60 * ((Xb + Xe) / (120 * 1.852))
            R = (Xb + Xe)
        Else: Z = 0
            R = 0
            n = n + 1
        End If
        T = T + Z
        S = S + R
        i = i + 1
    Loop Until i = Cells( 16, 11)

    Average = T / (Cells(16, 11) - n)
    Average2 = S / (Cells(16, 11) - n)
    Cells(21, 13) = Average
    Cells(21, 10) = Average2
End Sub
```

Fig. 8. Visual Basic for applying engagement process

4. 실험 설계 및 결과

4.1 목적

본 실험의 목적은 대 해상 특수작전부대(M-CSOF) 작전을 수행하는 아파치 공격헬기 제대가 무장 및 mission profile에 따라 얼마나 오래 비행할 수 있는가를 임무 전에 판단함으로써 효율적인 작전을 수행할 수 있도록 하는 것이다. 본 실험의 문제 제의는 “한반도에서 아파치 공격헬기 CONOP 중 대 해상 특수작전부대 작전 임무에 대한 통찰력을 얻기 위한 실험을 수행한다”라고 정의하였고, 작전 형태에 따라 최적의 무장 대안을 찾기 위하여 다음과 같은 논리적 가정을 설정하여 실험하였다.

4.2 가정

- (1) 아파치의 교전 구역으로 접근하는 적 공기부양정의 수는 한 번에 최대 12대이다.
- (2) 아파치 공격헬기의 주요 공격 수단은 헬파이어 미사일이다. 장착된 2.75인치 로켓과 30 mm gun은 예비 공격 수단으로 간주한다.
- (3) 해상에서 고속으로 이동하는 적 공기부양정에 대한 헬파이어 미사일의 명중률(PK, probability of kill)은 60 %이다.
- (4) 투입되는 아파치 공격헬기 제대는 1개 중대로 헬기의 대수는 가동률 75 %를 고려하여 최대 4대이다.

4.3 측정 요소 및 실험 대안

4.3.1 측정 요소(MOP)

대 해상 특수작전부대 작전 중 아파치 공격헬기 작전 단계에 영향을 미치는 요인은 무장 형태와 연료량에 따른 작전 시간과 작전 반경이다. 따라서 측정 요

Table 1. Experimentation alternatives and attributions

MSNGW factors	CSOF in wartime			
	A	B	C	D
Number of SAL Hellfires (max. 16) or ATGM	8	4	4	0
Number of RF Hellfires (max. 16)	8	8	4	4
Number of rounds (max. 1,200)	1,200	300	300	300
Number of rockets (max. 76)	0	19	19	19
Number of Stingers/ATAM (max. 4)	4	4	4	0
Fire control radar (0 or 1; if FCR equipped, cannot have UAS)	1	1	1	1
UAS TCDL antenna (0 or 1; if UAS equipped, cannot have FCR)	0	0	0	0
Internal fuel (% of max.)	100	100	100	100
Int. aux. fuel tank (max. 1)	0	1	1	0
Reduced size CEFS (max. 2)	0	0	0	0
Crashworthy ext. fuel syst. (CEFS; max. 2)	0	0	1	2

소(MOP, measure of performance)는 다음과 같이 정의하였다.

- (1) 무장 장착 유형에 따른 임무 총중량(MSNGW)을 고려하여 과도한 연료 잔량이 발생하지 않는 비행 범위를 결정하기 위한 측정 요소는 최대 비행 거리(maximum flying range)와 최대 비행 시간(maximum blade time)이다.
- (2) 작전 계획에 반영된 교전 과정을 적용한 측정 요소는 작전 반경(average combat radius)과 작전 소요 시간(average combat time)이다. 그리고 적절한 탄약과 연료 확보를 위한 예산 판단을 위하여 운용 유지 비용(average O&M cost)을 추가 측정 요소로 포함한다.

4.3.2 실험 대안(treatment)

Table 1과 같이 작전 형태에 따라 무장 형태와 연료 option을 입력하는 A, B, C, D의 4가지 대안을 설정하여 실험하였다.

4.4 실험 결과

Table 1에 제시된 4가지 대안을 가지고 MOP를 구하기 위해 Goal Seek 기능을 활용하여 항공기의 최대 비행 거리와 최대 비행 시간을 결정하고, Monte Carlo simulation 기법을 활용하여 대 해상 특수작

전부대 작전의 mission profile을 적용한 평균 작전 반경과 작전 소요 시간, 운용 유지 비용을 산출한다.

4.4.1 비행 범위 결과

Goal Seek으로 찾아낸 비행 범위 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Results of Goal Seek

Results by type	CSOF in wartime			
	A	B	C	D
Maximum flying range (km)	272	399	635	769
Maximum blade time (min)	115	149	211	247

4.4.2 Monte Carlo simulation 결과

대 해상 특수작전부대의 mission profile을 적용한 Monte Carlo simulation 결과는 Table 3와 같다.

Table 3. Results of Monte Carlo simulation

Results by type	CSOF in wartime			
	A	B	C	D
Average combat radius (km)	95	126	184	216
Average combat time (min)	81	99	131	147
Average O&M (USD)	8,996	10,910	14,412	16,276

Simulation 반복 횟수는 A type 무장을 적용하여 1,000번, 5,000번, 10,000번, 20,000번을 입력하여 각각 30번씩 수행하였고(Table 4 참조), 각 대안들의 결괏값 중에서 표준편차가 “0”에 가장 근접한 20,000번의 반복 횟수를 적용하여 평균값을 산출하였다.

Table 4. Standard deviation according to iteration of A type simulation

Iteration number	Number of simulation repeat			
	1,000	5,000	10,000	20,000
1	95.23	96.08	95.64	96.05
2	99	97.12	96.17	96.1
3	96.47	95.13	94.98	96.06
4	97.29	94.95	95.48	96
5	96.65	95.36	96.57	96.1
6	92.75	96.27	95.73	95.87
7	94.9	95.92	95.71	95.94
8	95.92	96.45	96.29	95.74
9	93.04	96.21	95.29	96.16
10	93.42	95.42	95.59	95.6
11	95.4	94.85	95.47	95.62
12	93.64	96.13	96.05	95.31
13	96.63	96.94	95.19	95.66
14	96.35	96.19	95.26	95.45
15	95.36	96.43	95.49	95.22
16	93.54	95.3	95.5	95.78
17	94.57	95.63	95.65	95.82
18	97.26	95.11	95.71	95.19
19	95.05	94.97	95.6	95.84
20	95.93	95.84	94.48	96.09
21	94.55	94.57	95.76	95.97
22	89.11	95.85	95	95.78
23	96.93	95.51	95.34	95.51
24	96.86	95	96.01	95.52
25	91.88	96.09	95.67	95.56
26	96.29	96.88	96.18	96.32
27	97.71	96.55	95.87	96.16
28	98.24	95.87	96.16	95.41
29	94.25	95.22	96.71	95.59
30	94.29	95.77	96.86	95.89
Average	95.28367	95.787	95.71367	95.777
SD	2.062132	0.665692	0.520043	0.29915

4.4.3 적 상황을 고려한 임무수행 규모 판단

앞의 가정에서 언급하였던 것과 같이 작전에 참여할 수 있는 아파치 공격헬기는 중대당 최대 4대이며, 실험 대안 별로 주 무장인 헬파이어 미사일 몇 발을 장착해야 임무에 성공할 수 있는지를 판단해 본 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Final results for insight

Results by type	CSOF in wartime			
	A	B	C	D
Armed Hellfire per AH-64E in experiment	16	12	8	4
Average combat radius (km)	95	126	184	216
Average combat time (min)	81	99	131	147
AH-64s needed (against enemy SAGs of 12)**	2	2	3	5
Average O&M (USD)	8,996	10,910	14,412	N/C***

*Weapon: Hellfire,
Size of enemy SAGs(surface attack groups): 12,
PK of Hellfire: 60 %,
Number of Hellfire for total destruction: 20

**1 company = 6 AH-64E,
Operating rate: 75 % → 4.5 AH-64E available

***N/C: not calculable

헬파이어 미사일 무장량에 따른 평균 작전 시간은 각 대안에 따라 81분에서 147분까지 소요되며, 아파치 제대의 투입 대수는 2대 또는 3대 규모로 운용하면 작전 목적을 달성할 수 있다. 또한 작전 운용 간 운용 유지 비용은 8,996 USD에서 14,412 USD까지 소요된다는 결과를 산출할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 아파치 공격헬기 작전 환경하에서 효과적인 작전을 수행할 수 있는 통찰력(insight)을 제공하는 Excel 기반의 Mission Calculator Tool을 개발하여 소개하였다. Mission Calculator Tool의 처리 절차에 적용하는 요소로는 Excel 기반의 worksheet 4개가 있으며, 이중 첫 번째 sheet는 입력값 결정 창으로 작전 형태에 따라 어떤 무기를 얼마나 무장할 것인가를 결정하고, 결정된 장비·무장·연료량에 따라 연료를 다 소모하는 조건의 최대 비행 거리

(maximum flying range)와 최대 비행 시간(maximum blade time), 즉 비행 범위를 Goal Seek으로 찾고, mission profile을 적용한 Monte Carlo simulation을 실시하여 임무 수행이 가능한 평균 작전 반경(average combat radius)과 평균 작전 소요 시간(average combat time), 운용 유지 비용(average O&M time)에 대한 최종적인 통찰력을 얻도록 했다.

본 논문에서 제시한 Mission Calculator Tool은 아파치 공격헬기를 대상으로 적용하였지만 모든 종류의 헬기를 포함해서 고정익 항공기에도 적용이 가능하다. 따라서 향후 작전 부대에서 육군 아파치 공격헬기를 해상 작전의 합동전력으로 운용하는 경우나 해군이 보유한 헬기 또는 항공기를 운용할 때, 이 tool은 작전 계획 수립 및 임무 판단을 위한 중요한 수단으로 활용될 수 있으며, 효율적이고 합리적인 작전 운용과 경제적인 군 운용에 기여하게 될 것이다.

참고문헌

- [1] Headquarters, Department of The US Army, FM 3-04 Army Aviation, pp. 3.1-3.15, 2020.
- [2] Headquarters, Department of The US Army, Technical Manual: Operator's Manual for Helicopter, Attack, AH-64D LONGBOW Apache, pp. 4.17-4.108, 2002.
- [3] Office of the Under Secretary Defense of DoD, Fiscal Year(FY) 2022 Department of Defense(DoD) Fixed Wing and Helicopter Reimbursement Rates, pp. 7-8, 2021.
- [4] 이재문 외, "시뮬레이션 및 AHP기법을 이용한 공격헬기 전투효과 분석," 한국시뮬레이션학회논문지, Vol. 19, No. 3, pp. 3-6, 2010.
- [5] 장철원, 몬테카를로 시뮬레이션으로 배우는 확률통계 with 파이썬, 비제이퍼블릭, pp. 386-460, 2023.
- [6] 최준선, 엑셀 데이터 분석 바이블, 한빛미디어, pp. 508-568, 2021.