

空對地任務의 航空機 所要 判斷에 관한 研究 (A Study on the Decsion of Aircraft Demand for Air to Surface Mission)

박재규, 김충영*

Abstract

Currently, North Korea is increasing strategic weapons such as MIG-29, SUCD missile, Nodong #1 missile, etc. This paper focuses on developing the deciding the number of aircraft required for air to surface mission against strategic targets in North Korea. The model is developed under assumptions that weapon types of aircrafts are known and killing probabilities in each case can be estimated.

The model is derived on the basis of the TAIM(Theater Air Interdiction Model) which is used in DOD of U.S.A. We utilizes recursive linear programming and dynamic technique in the model in order to solve aircraft allocations for strategic targets which are provided in day time basis. The required number of aircrafts can be obtained from the model output. Finally an example problem is solved using techniques developed in the paper.

* 국방대학원

1. 서 론

항공기는 전쟁 억제와 전투 수행을 위한 효과적인 무기로 인식되고 있음에도 불구하고, 과도한 연구개발비, 운영유지비의 상승, 개발 성공에 대한 불확실성 등의 요인으로 획득비용이 많이 소요된다. 따라서 항공기 소요 판단은 주어진 임무를 달성할 수 있는 범위 내에서 비용을 최소화할 수 있도록 결정하여야 한다.

공대지임무의 항공기 소요 판단모형에 관한 연구에서 이협[7]은 항공기에 의한 표적 파괴확률과 표적간의 1:1대응에 의한 단순비교방법으로 공대지임무 항공기 소요를 제시하였으며, Douglas[11]는 항공차단임무를 수행하는 항공기 연간 유지비용을 최소화하는 소요 대수를 판단하는 것이 목적이었다. 그리고 이용화[5]는 항공기의 표적파괴확률을 이용하여 계획된 표적을 파괴하는 모형을 제시하여 소요 대수를 판단하였다. 앞의 모형들은 전시 임무 중에 적 항공기 또는 지대공무기에 의한 피격으로 발생하는 손실비용을 고려하지 않음으로써 성능이 우수하나, 고가인 항공기가 많이 소요되어 과도한 비용지출이 요구된다. 따라서 공대지임무의 항공기 소요 판단은 임무를 수행할 수 있는 범위 내에서 피격에 의한 손실비용을 고려한 절충이 이루어져야 한다.

그러므로 본 연구는 전시 공대지임무 수행을 위해 지상표적을 파괴하면서 피격에 의한 손실비용을 최소화하는 공대지임무의 항공기 소요 판단모형을 개발한다.

2. 항공기 소요 판단모형의 설정

본 연구는 북한이 먼저 도발하는 전투상황하에서 초전에 기획된 북한지역의 전략표적을 요망수준으로 파괴하는데 필요한 공대지임무를 위한 항공기 소

요를 판단할 수 있는 모델을 개발하고자 한다. 본 연구에서 개발하고자 하는 모델은 이용화모형[5]의 단점을 보완하여 표적파괴확률과 비용을 동시에 고려할 수 있는 공대지임무의 항공기 소요 판단모형을 개발한다. 이를 위한 기본 가정사항은 다음과 같이 설정한다.

가. 항공기 소요 대수의 판단은 공대지임무로 한정한다.

나. 항공기 임무에 관련된 계수(피격확률, 출격횟수, 가동률, 무장종류 및 장착수)는 기종별, 기간별로 일정하다.

다. 항공기가 장착한 무장의 표적 파괴확률을 중심으로 공대지임무를 규정하고 항공기 소요 대수를 제시한다.

라. 모든 표적은 기계획되어 있고 공격에 의해서 파괴요구수준이 달성되면 표적이 파괴되는 것으로 간주한다. 파괴된 표적은 1회에 한하여 복구되며 이때 복구율은 일정하고, 긴급표적은 복구되지 않는다.

마. 파괴해야할 표적은 전투 지속기간동안매일 균등하게 할당된다.

바. 전쟁은 적의 선제 공격으로 시작되며 전장이 좁기 때문에 기습 공격에 의한 손실 대수가 발생한다. 적의 기습 공격에 의한 항공기 손실률은 기종에 관계없이 일정하다.

사. 표적은 일반표적과 긴급표적으로 구분된다.

공대지임무란 항공기가 전투 지속기간동안에 지정된 무장을 장착하고 주어진 표적까지 이동하여 장착한 무장을 발사하여 주어진 표적을 파괴하는 것을 의미한다. 따라서 임무는 각 표적 파괴에 할당되는 항공기 쏘티수와 쏘티당 표적 파괴확률을 고려하여 수행한다.

공대지 항공기 소요판단모형을 개발하기 위해 필요한 변수와 계수는 다음과 같이 정의한다.

A_{jkt} : t일 i기종이 j무장을 장착하고 k표적을 파괴하기 위해 할당되는 쏘티수.
 A_{it} : t일 i기종의 항공기 소요 대수.
 L_{it} : i기종의 t일 손실 대수.
 L_{it-1} : i기종의 (t-1)일 손실 대수.
 AC_i : i기종의 획득비용.
 B_j : 현재의 j무장보유수량.
 C_i : 단위 출격당 발생하는 i기종의 임무 손실비용.
 D_c : 긴급표적의 파괴요구수준.
 D_g : 일반표적의 파괴요구수준.
 DP_i : 기간별 단위 출격에 의한 I기종의 피격확률.
 EC_i : 단위 출격당 i기종의 지원비용(부대정비비, 창정비비, 부품비용).
 FC_i : 단위 출격당 i기종의 연료비용.
 LP_{it} : i기종의 t일 손실률.
 MC : 단위 출격당 평균 무장비용.
 OP_{it} : i기종의 t일 가동률.
 PK_{ijk} : i기종이 j무장을 x발 장착하고 k표적을 공격할 때 쏘티당 표적 파괴확률.
 Q_{ijk} : PK_{ijk} 의 치환 파괴확률
 SP_{it} : i기종의 t일 출격횟수.
 T_{kc} : k표적군의 c번째 긴급표적수.
 T_{kg} : k표적군의 g번째 일반표적수.
 W_{ij} : i기종이 j무장을 장착한 수량.
 α : 파괴된 표적의 복구율.
 β : 기종별 기습 손실률.
 γ : 일반표적의 파괴요구수준에 대한 긴급표적의 파괴요구수준 비율.

전시에 공대지임무를 수행하는 항공기는 지상표적을 완전히 파괴하면서 임무 중에 발생하는 비용을

최소화하여야 한다. 또한 공대지임무의 수는 항공기의 쏘티수로 표시된다. 따라서 D일 i기종의 쏘티수는 i기종의 소요 대수(A_{io})와 i기종의 출격횟수(SP_{io})의 곱으로 표시된다. D일 총 쏘티수는 i기종 쏘티수의 합으로 표시된다. 다른 한편 D일 i기종의 총 비용은 D일 i기종의 쏘티수에 i기종의 단위 출격당 비용(C_i)을 곱하여 구할 수 있다. 그러므로 D일 총 비용은 i기종의 비용의 합으로써 나타낼 수 있다. 공대지임무를 수행하면서 총 손실비용을 최소화하여야 하므로 식(2-1)과 같이 목적함수를 구성할 수 있다.

$$\text{최소화 } Z = \sum_{i=1}^m (C_i \cdot A_{io} \cdot SP_{io}) \quad (2-1)$$

여기에서, i는 기종을 의미한다.

i기종의 출격당 비용은 항공기 획득비용과 피격확률의 곱에 의해 결정되는 비용과 임무 수행에 필요한 무장비용, 연료비용 및 지원비용(부대정비비, 창정비비, 부품비) 등이 포함된다. 따라서 비용함수는 식(2-2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_i = AC_i \cdot DP_i + MC + FC_i + EC_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (2-2)$$

상기 공대지임무의 목적은 다음 여러 가지 제약사항을 수반한다. 먼저 공대지임무는 일반표적 파괴요구수 이상은 파괴해야 한다. 일반적으로 표적 파괴는 요구되는 파괴수준이 달성되면 표적이 파괴되는 것으로 간주한다. k표적 파괴 수는 쏘티수와 쏘티당 k표적 파괴확률의 곱으로 표시할 수 있다. 총 표적 파괴수(TD)는 k표적 파괴수의 합으로 표시할 수 있으며 식(2-3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=0}^a (A_{ijkt} \cdot PK_{ijk}) \quad , \quad \text{즉,} \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=0}^a (A_{ijkt} \cdot PK_{ijk})$$

$$k=1, \dots, p. \quad (2-3)$$

여기에서, i : 기종, j : 무장, k : 표적,
t : 날짜.

$$\geq \sum_{g=1}^p (T_{kg} \cdot (1 + \alpha) \cdot D_g).$$

$$k=1, \dots, p.$$

요구되는 총 일반표적 파괴수 (TS_{kg})는 각각의 표적군별 일반표적수 (TT_{kg})와 파괴된 일반표적 중에서 복구된 표적수 (TR_{kg})의 합과 단위표적당 요구되는 표적 파괴수준 (D_g)의 곱으로 표현할 수 있으며 식(2-4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$TS_{kg} = (TT_{kg} + TR_{kg}) \cdot D_g \quad (2-4)$$

여기에서, $TT_{kg} = \sum_{g=1}^p T_{kg}$, $k = 1, \dots, p$

$$TR_{kg} = \sum_{g=1}^p (T_{kg} \cdot \alpha), \quad k = 1, \dots, p$$

$$TS_{kg} = \sum_{g=1}^p (T_{kg} \cdot (1 + \alpha) \cdot D_g), \quad k = 1, \dots, p$$

k : 표적군, g : 일반표적.

일반표적의 총 표적 파괴수는 최소한 요구되는 총 일반표적의 파괴수 이상이어야 한다. 따라서 식(2-3)은 식(2-4)보다 커거나 같아야 한다. 따라서 일반표적 파괴요구수 이상을 파괴하기 위한 제약식은 식(2-5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$TD \geq TS_{kg} \quad . \quad (2-5)$$

긴급표적을 파괴할 수 있는 전투 지속기간(날짜)은 일반표적을 파괴할 수 있는 전투 지속기간보다 기간이 짧다.

k긴급표적 파괴수는 쏘티수와 쏘티당 k긴급표적 파괴확률의 곱으로 표시할 수 있다. 총 긴급표적 파괴수 (TD')는 k긴급표적 파괴수의 합으로 표시할 수 있으며 식(2-6)으로 나타낼 수 있다.

$$TD' = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=0}^a (A_{ijkt} \cdot PK_{ijk}) \quad , \quad (2-6)$$

$$k = 1, \dots, p$$

긴급표적은 일반표적 파괴에 관한 사항과 동일하게 적용할 수 있으나, 일단 파괴된 긴급표적은 복구되지 않는다고 가정한다. 요구되는 총 긴급표적 파괴수 (TS_{kc})는 각각의 표적군별 긴급표적수

(TT_{kc})와 표적당 요구되는 긴급표적 파괴수준

(D_c)의 곱으로써 식(2-7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TS_{kc} = TT_{kc} \cdot D_c \quad (2-7)$$

여기에서,

$$TS_{kc} = \sum_{c=1}^s (T_{kc} \cdot D_c), \quad k = 1, \dots, p$$

$$TT_{kc} = \sum_{c=1}^s T_{kc}, \quad k = 1, \dots, p$$

k : 표적군, c : 긴급표적.

긴급표적의 총 표적 파괴수는 최소한 요구되는 총 표적 파괴수 이상이어야 한다. 따라서 식(2-6)은 식(2-7)보다 커거나 같아야 한다. 따라서 긴급표적 파괴요구수 이상을 파괴하기 위한 제약식은 식(2-8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$TD' \geq TS_{kc} \quad (2-8)$$

즉,

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=0}^q (A_{ijkt} \cdot PK_{ijk}) \geq \sum_{c=1}^s (T_{kc} \cdot D_c)$$

단, k = 1, ..., p. (u < q)

총 쏘티수는 가용 항공기 대수 범위내에서 이루어진다. 가용 항공기 대수는 기종별 일일 출격횟수, 기종별 일일 가동률에 의해 결정된다. 따라서 임무에 의한 t일 i기종의 총 쏘티수를 t일 i기종의 가동률과 출격횟수로 나누면 t일 i기종의 가용 항공기 대수가 된다. 실제 판단하고자 하는 t일 i기종의 항공기 소요 대수(A_{it})는 표적 파괴에 할당된 t일 i기종의 가용 항공기 대수 이상이어야 한다. 이러한 제한사항은 식(2-9)과 같이 표현된다.

$$A_{it} \geq \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p \left(\frac{A_{ijkt}}{SP_{it} \cdot OP_{it}} \right) \quad (2-9)$$

i=1, ..., m, t=0, ..., q

항공기 손실은 공대지임무 수행 시에 적 항공기의 공격과 지대공무기에 의한 격추로 인해서 발생한다.

기종별 일일 손실 대수(L_{it})는 기종별 일일 소요 대수에 기종별 일일 손실률(LP_{it})의 곱으로 나타낼 수 있으며 식(2-10)과 같다.

$$L_{it} = A_{it} \cdot LP_{it} \quad (2-10)$$

i=1, ..., m, t=0, ..., q

D일 적의 기습 공격에 의한 항공기 손실 대수(L_{io})는 D일 기종별 손실률(β)에 D일 기종별 소요 대수(A_{io})의 곱으로 표현할 수 있으며 이것을 식으로 나타내면 식(2-11)과 같다.

$$L_{io} = \beta \cdot A_{io} \quad (2-11)$$

t일의 항공기 소요 대수는 (t-1)일의 항공기 소요 대수에 (t-1)일 손실 대수를 감하고 남은 항공기 대수이며 식(2-12)와 같다.

$$A_{it} = A_{it-1} - L_{it-1} \quad (2-12)$$

i = 1, \dots, m, t=0, \dots, q

총 소요무장수량은 모든 표적 파괴에 할당된 항공기 쏘티수와 단위출격당 무장장착수량의 곱이다.

곱으로 표현되어 식(2-13)과 같이 나타낼 수

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \sum_{t=0}^q (A_{ijkt} \cdot W_{ij}) \leq B_j \quad (2-13)$$

j=1, \dots, n

무장 한 발에 의한 표적 파괴확률은 P라 하고, 동일 표적 공격 시에 동일한 무장 X발에 의한 표적 파괴확률을 PK라고 하면 식(2-14)와 같이 표현된다.

$$PK = 1 - (1 - P)^X \quad (2-14)$$

여기에서, X : 공격에 사용된 폭탄의 수량.

i항공기가 j무장을 X발 장착하고 k표적을 공격할 때의 표적 파괴확률(PK_{ijk})은 식(2-15)와 같이 표현

할 수 있다.

$$PK_{ijk} = 1 - \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n (1 - P_{ijk})^{X_{ijk}}, \quad k=1, \dots, p. \quad (2-15)$$

i항공기가 j무장을 X발 장착하고 k표적을 파괴할 확률은 최소한 요구되는 파괴수준 이상이어야 한다. 따라서 식(2-16)과 같이 나타낼 수 있다.

$$1 - \prod_{i=1}^m \prod_{j=1}^n (1 - P_{ijk})^{X_{ijk}} \geq D_g, \quad g=1, \dots, r, k=1, \dots, p. \quad (2-16)$$

식(2-16)을 선형화하기 위해 양변에 로그함수를 취하면 식(2-17)과 같다.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ijk} \ln(1 - P_{ijk}) / \ln(1 - D_g) \geq 1, \quad g=1, \dots, r, k=1, \dots, p. \quad (2-17)$$

식(2-17)에서 부등식을 만족시키는 는 표적에 대하여 요구되는 파괴수준을 달성하는 무장수량이 된다. D_g 와 P_{ijk} 를 알고 있으므로 일반표적 요구 파괴수준을 이용하여 선형 표적 파괴확률로 변환하여 계산할 수 있다. 선형 표적 파괴확률은 1보다 클 수 없으므로 식(3-18)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_{ijk} = \text{MIN}(\in, (1 - P_{ijk}) / \ln(1 - D_g)) \quad g=1, \dots, r, i=1, \dots, m, j=1, \dots, n, k=1, \dots, p. \quad (2-18)$$

일반 및 긴급표적의 파괴에 관한 제약식 식(2-5)와 식(2-8)은 X발 사격했을 때 누적 표적파괴확률이다. 식(2-5)와 식(2-8)의 비선형 표적 파괴확률을 선형 표적 파괴확률로 치환하기 위해 식(2-18)을 적용하면 식(2-19)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=0}^u (A_{ijkt} \cdot Q_{ijk}) \geq \sum_{g=1}^r (T_{kg} \cdot (1 + \alpha)) \quad \text{며, 그 보유량은 <표 3-2>와 같다.}$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{t=0}^u (A_{ijkt} \cdot Q_{ijk}) \geq \sum_{c=1}^s (T_{kc} \cdot \gamma), \quad k=1, \dots, p \quad (2-19)$$

3. 모형의 적용 및 계수변화에의한 소요분석

본 연구에서 도출한 모형을 실문제에 적용하기 위해 현재 공군에서 운용하고 있는 항공기를 최대로 반영하였으나, 자료의 성격상 일부 변형된 자료를 사용하였다.

현재 운용 중인 전투기는 4개 기종이며 공대지임무에 대한 항공기의 임무할당은 2개의 주력기종 위주로 배당되고 있다. 따라서 2개의 주력기종만을 고려하여 자료를 분석해 보기로 하고 관련 자료를 살펴보면 다음과 같다.

가. 항공기 가동률, 출격횟수, 손실률

항공기 가용도는 가용 항공기 대수 및 기종별 출격횟수에 의하여 산출된 최대 출격쏘티수를 근거로 하여 구한다.

항공기는 고장수리 또는 주기검사와 같은 계획 및 비계획 요소에 의해 결정되는 가동률과 작전 상황의 변화에 의해 결정되는 출격횟수와 손실률은 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> 항공기 가동률, 출격횟수, 손실률

기 간	D - D+3	D+4- D+9	D+10-D +19
가동률	90%	80%	80%
출격횟수	3	3	3
손실률	0.045	0.021	0.009

관련근거 : 공군본부, 92계획계수 및 기준, 1992.

나. 기종별 무장 장착기준 및 보유수량

현재 사용하는 유도 및 비유도무기는 4개 종류이

<표 3-2> 항공기 무장장착수량

구 분	MK-82	MK-84	GBU-12	GBU-10
1번기종	6	2	4	2
2번기종	6	2	4	2
보유량				

관련근거 : 공본 전투발전단, 전시항공무장소요연구, 1993.

다. 전쟁기습 손실률

전쟁은 선제 기습을 하지 않으면 기습에 의해 손실을 당하게 된다. 그러나 이러한 기습 손실률에 관한 연구결과는 없다. 따라서 본 연구에서는 이용화[5]가 추정한 기습 손실률 0.01%를 사용한다.

라. 파괴확률의 산출

기종별 공격무기의 선정은 JMEM/AS방식으로 결정한다. JMEM/AS Open-end method에 의한 무기추천은 확률계산에 의해 이루어지며 표적 및 전력 분석을 위한 계획자료로 활용된다. 본 연구에서는 이협[7], 이용화[5]가 JMEM/AS방식을 이용하여 작성한 소요 산출표를 사용하며, 표적의 주공격점에 대한 파괴확률이 <표 3-3>과 같이 나타난다. 그리고 기종별 무장별 표적에 대한 파괴확률은 <표 3-4>와 같다

<표 3-3> 표적의 주공격점에 대한 파괴확률

표적군	주 공격점 파괴확률							
	1 번 기종				2 번 기종			
	MK-82	MK-84	GBU-12	GBU-10	MK-82	MK-80	GBU-12	GBU-10
1		0.19						0.75
2	0.60				0.44			
3	0.42				0.40			
4								0.75
5		0.42				0.42		
6		0.6						
7		0.03						
8	0.9				0.85			
9								0.90
10	0.41						0.50	
11	0.41						0.50	
12		0.13						0.67
13		0.41			0.44			
14		0.42			0.24			
15		0.28			0.30			0.74
16								
17	0.96				0.84			
18	0.43				0.44			
19	0.41				0.51			

<표 3-3>의 파괴확률은 식(2-18) 를 이용하여
<표 3-4>와 같이 나타낼 수 있다.

<표 3-4>선형파괴 확률 변환 결과

표적 종류	기 종	무장	파괴확률 (P_{ijkt})	선형화된 확률	
				Q_{ijkt}	수정값
1	1	MK-84	0.19	0.18	
	2	GBU-10	0.75	1.15	
2	1	MK-82	0.60	0.76	
	2	MK-82	0.44	0.48	
3	1	MK-82	0.42	0.45	
	2	MK-82	0.40	0.43	
4	1	GBU-10	0.73	1.09	1
5	1	MK-84	0.42	0.45	
	2	MK-84	0.42	0.45	
6	1	MK-84	0.6	0.76	
7	1	MK-84	0.03	0.03	
8	1	MK-82	0.9	1.91	1
	2	MK-82	0.85	1.58	1
9	2	GBU-10	0.90	1.91	1
10	1	MK-82	0.41	0.44	
	2	GBU-12	0.50	0.58	
11	1	MK-82	0.41	0.44	
	2	GBU-12	0.44	0.58	
12	1	MK-84	0.24	0.12	
	2	GBU-10	0.92	0.92	
13	1	MK-82	0.41	0.44	
	2	MK-82	0.44	0.48	
14	1	MK-82	0.24	0.45	
	2	MK-82	0.28	0.23	
15	1	MK-84	0.28	0.27	
	2	MK-84	0.30	0.30	
16	2	GBU-10	0.74	1.12	1
17	1	MK-82	0.96	2.67	1
	2	MK-82	0.84	1.52	1
18	1	MK-82	0.43	0.47	
	2	MK-82	0.44	0.48	
19	1	MK-82	0.41	0.44	
	2	MK-82	0.51	0.59	

북한지역에 있는 기존 전략표적을 분석하면 다음과 같다.

마. 표적 선정 기준 및 분류

표적은 전투 지속기간동안에 파괴하기만 하면되는 일반표적과 전쟁초기에 신속히 파괴시켜야 하는 긴급표적으로 구분된다. 표적 선정은 이협[7], 이웅화[5]모형에서 사용한 자료를 이용하여 선정하면 <표 3-5>와 같다

<표 3-5> 표적 선정 결과

표 적 군	표 적 선 정 결 과			
	일반표적을		긴급표적을	
	공격점으로계산		공격점으로계산	
	공격 점수	표적복구 고려시	공격 점수	실제파괴 공격점수
1	454	499	450	315
2	33	36	28	20
3	112	123	100	70
4	91	100	68	48
5	334	367	304	213
6	22	24	19	13
7	22	24	19	13
8	69	76	66	46
9	108	119	76	53
10	668	735	450	315
11	297	327	210	147
12	148	163	105	74
13	134	147	126	88
14	610	671	600	420
15	610	671	600	420
16	610	671	600	420
17	42	46	33	23
18	87	96	60	42
19	899	989	882	617

<표 3-6> 항공기 비용 요소

단위:\$

구 분	획득 비용	부대 정비비	창정비비	부 품 비	연료	총 계
1 번 기 종	8,400,000	230	192	375	1,352	2,149
2 번 기 종	13,700,000	260	456	994	638	2,348

관련근거 : 미 공군규정 AFR173-13('89.10)

바. 표적 복구비율

파괴된 표적은 시간이 경과함에 따라서 일정비율이 복구된다고 가정하였다. 그러나 복구비율에 관한 연구 자료가 없으므로 본 연구에는 미 국방성의 TAIM모형[11]에서 적용한 10%를 사용한다.

사. 지상표적 파괴요구수준

일반표적에 대한 파괴요구수준은 이협[7], TAIM[11], 이응화[5]모형에서 적용한 70%를 사용한다. 전쟁초기에 신속히 파괴해야 하는 긴급표적 파괴수준은 TAIM, 이응화모형에서 적용한 일반표적 파괴요구수준의 70%를 적용한다.

아. 임무수행에 의한 손실비용

본 연구는 임무수행 중에 발생하는 손실비용을 최소화하는 것이다. 출판물에 의한 비용연구 방법에 기초를 두고서 단위 출격당 발생하는 손실비용을 산출한다. 임무수행에 관련된 비용은 피격에 따른 항공기 손실비용, 단위 표적공격시 소요되는 무장비용, 단위 출격당 소모되는 연료비용, 지원비용을 고려한다. 항공기 획득 및 기타 비용은 <표 3-6>과 같으며 무장형태에 따른 비용은 <표 3-7>과 같다. 항공기가 피격되면 위의 두가지 비용이 발생하게 된다.

<표 3-7> 항공기 무장비용 단위:\$

무 장 종 류	단 위 비 용
M K - 8 2	289.4
M K - 8 4	3,593.1
G B U - 1 0	10,787.6
G B U - 1 2	9,790.1

관련근거 : 미 공군 규정 AFR173-13(89.10)

<표 3-9>공대지임무 항공기 소요대수

구 분	0일	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일
1번항공기	641	606	579	553	528	517	506	495	485	475	465
2번항공기	92	87	83	79	76	74	73	71	70	68	67

모형에서 제시한 단위 출격당 발생하는 손실비용은 식(2-2)의 비용산출식을 이용하여 손실비용을 구하면 <표 3-8>과 같다. 평균 손실비용은 모형에 그대로 적용하기가 곤란하므로 표준화하여 사용한다. 표준화하는 방법은 표준비용계수($\rho = C_1/C_2$)를 이용하여 손실비용을 표준화하면 <표 3-8>과 같다.

<표 3-8>전시임무에 따른 손실비용 단위:\$

구 분	1 번 기 중	2 번 기 중
평균손실비용	266000	417972
표준비용계수	0.6364	1

피격확률(Pi)은 공군본부, 92계획계수 및 기준에 의거 적용

위 관련 자료를 사용하여 본 연구에서는 도출한 선형계획모형을 적용하여 초전 11일간 전투를 지속 하면서 비용을 고려하여 항공기를 할당한 후 요망표적을 파괴하면서 일일 소요대수를 결정한다. 일일 소요대수가 결정되고 나면 그날 손실대수를 계산하여 빼고 남은 대수가 다음날 소요대수가 되어 역시 표적 파괴확률과 손실비용을 고려하여 할당된다. 그 결과는 <표 3-9>와 같다.

<표 3-9>에서 D일 1번 항공기의 소요대수는 641대이며 2번 기종은 92대 이다. 이 결과를 보면 2번 항공기에 비해 손실비용이 저렴한 1번 항공기가 많이 선택되었다. 1번 항공기의 파괴확률이 뒤떨어지거나 상대적으로 비용이 저렴하기 때문이다.

본 연구에서는 항공기 피격확률은 기종별로 동일하다고 가정하였으나, 실제로는 항공기 성능에 의한 생존 능력의 차이가 존재할 수 있다. 따라서 항공기 피격확률의 변화가 항공기 소요 대수에 어떠한 영향을 주는지 알아 보기 위해서 2번 기종의 피격확률은 전투 지속기간동안 일정하게 고정하고, 1번 기종의 피격확률은 전투 지속기간 동안 변화를 시켜 보았다. 기간별 1번 기종과 2번 기종에 대한 피격률비와 피격확률의 변화는 <표 3-10>과 같다. 그리고 피격확률 변화에 따른 항공기 손실비용은 <표 3-11>과 같다.

<표 3-10> 항공기 피격확률

기 간		D+0 ~ D+3	D+4 ~ D+9	D+10 ~ D+19
2 번 기 종		0.045	0.021	0.009
1 번 기종	1.5 : 1	0.0675	0.0315	0.0135
	1.9 : 1	0.0855		.00399

<표 3-11> 피격확률의 변화에 따른 항공기 손실비용

피격 확률 비 (1번기종 : 2번기종)	평균 손 실 비용		표 준 비 용 비 율 (1번 기종 : 2번 기종)
	1 번 기 종	2 번 기 종	
1.5 : 1	326018	417972	0.85 : 1
1.9 : 1	376174	417972	0.90 : 1

손실비용은 1번 기종의 피격확률이 증가함에 따라 같이 증가한다. <표 3-12>의 결과를 보면 1번 기종의 개전일 소요 대수는 피격확률비가 1:1에서 1.5:1, 1.9:1로 증가할수록 표준비용비율은 0.64:1, 0.85:1, 0.9:1이 되어 641대, 396대, 388대로 점차적으로 감소하며 2번 기종의 D일 소요대수는 피격확률비가 1:1에서 1.9:1로 증가함에 따라 표준비용비율은 0.64:1에서 0.9:1로 증가하여 항공기 소요는 92대, 276대, 443대로 증가하였다. 따라서 항공기 피격확률과 손실비용은 반비례적인 관계가 있음을 알 수 있다.

<표 3-12> 피격확률의 변화에 의한 항공기 소요 결과

- 1번 기종

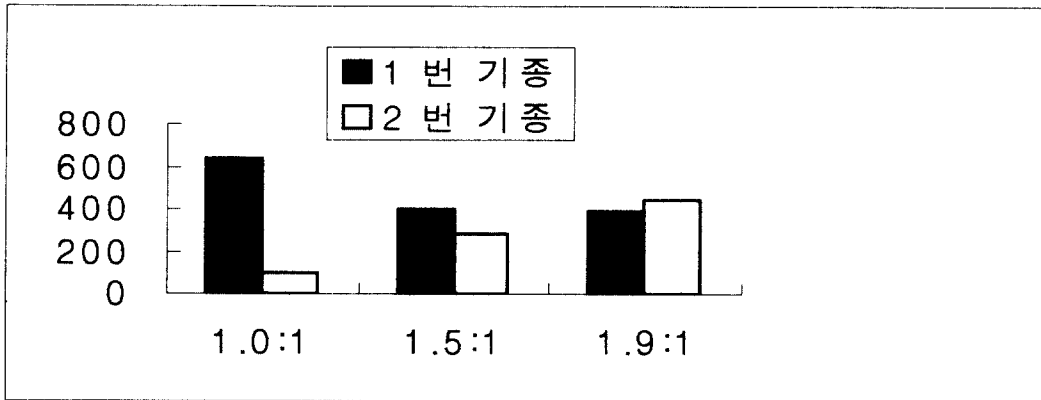
피격확률비	0일	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일
1.0 : 1.0	641	606	579	553	528	517	506	495	485	475	465
1.5 : 1.0	396	374	358	342	326	319	313	306	300	293	287
1.9 : 1.0	388	363	343	325	307	299	292	285	277	270	264

- 2번 기종

피격확률비	0일	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일
1.0 : 1.0	92	87	83	79	76	74	73	71	70	68	67
1.5 : 1.0	276	261	249	238	227	222	218	213	209	204	200
1.9 : 1.0	443	418	400	382	365	357	349	342	335	328	321

소요 판단을 위해 피격확률비와의 관계를 그림으로 나타내면 <그림 3-1>과 같으며 반비례적인 관계가 있음을 알 수 있다.

항공기 임무율은 작전 환경의 변화에 따라서 공대공 및 공대지 임무가 <표 3-13>과 같이 변한다.



<그림 3-1> 파괴확률의 변화에 의한 D일 기종별 소요결과

<표 3-13> 항공기 임무율

기간	D ~ D+3		D+4 ~ D+9		D+10 ~ D+74	
	공대공	공대지	공대공	공대지	공대공	공대지
1번 기종	0.538	0.412	0.538	0.412	0.412	0.538
2번 기종	0.402	0.548	0.402	0.548	0.402	0.548

관련근거 : 공군본부, 92계획계수 및 기준,1992.

공대지임무의 총 쏘티수를 가용 항공기 대수의 제약조건에 관한 식(2-9)의 우변에 공대지 임무율을 추가하여 항공기 소요 대수를 구한다. 공대지 및 공대공임무의 항공기 소요 대수는 표적 파괴확률과 손실비용을 고려하여 적용한 결과 <표 3-14>와 같이 발생한다.

D일 1번 항공기 소요 대수는 961대, 2번 항공기는 503대 이다. 이용화모형에서 1번 기종은 343대, 2번 기종은 932대로써 <표 3-15>와 같이 소요되었다. 그러므로 D일 소요 대수는 이용화의 결과와 비교할 때 상반된 결과가 발생하였다. 이는 2번 항공기에 비해 표적 파괴확률이 다소 떨어지지만 손실비용이 저렴한 1번 항공기가 많이 선택되었기 때문이다.

<표 3-14> 임무율을 고려한 항공기 소요 결과

날 짜	0일	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일
1번기종	961	908	867	828	791	774	758	742	727	711	697
2번기종	5032	475	454	434	414	406	397	389	381	373	365

<표 3-15> 이용화 모형의 항공기 소요결과

날 짜	0일	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일	10일
1번기종	961	908	867	828	791	774	758	742	727	711	697
2번기종	503	475	454	434	414	406	397	389	381	373	365

기종 선정에 결정적으로 작용하였음을 보여준 결과이다. 다시 말하면 전투 지속기간동안 계획된 일반 표적과 긴급표적이 파괴되면서 발생하는 일일 소요 대수를 시간의 변화에 따라 구하는 과정에서 기종별 손실비용을 고려하여 일일 소요 대수가 결정되었기 때문이다.

4. 결론

본 연구는 공대지임무의 항공기 소요 판단에 관한 문제를 다루었다. 이러한 항공기 소요 판단모형은 지상표적을 완전히 파괴하면서 임무 중에 발생하는 손실비용을 최소화하여야 한다. 본 연구는 이협[7], Douglas[11] 및 이응화[5]의 모형의 미비점을 보완하여 비용을 고려하는 공대지임무를 위한 항공기 소요판단모형을 개발하였다.

본 모형은 항공기 표적 파괴확률, 임무 중에 발생하는 손실비용, 지상표적에 관련된 자료를 고려하였으며 제약사항을 고려하여 선형계획모형을 도출하였다.

본 모형을 적용한 결과, 표적 파괴확률을 고려한 기존 연구와 비교할 때 임무를 완수하면서 비용이 적은 기종이 집중적으로 소요되었다. 다른 한편 1번 항공기 파괴확률의 증가에 따라 손실비용이 상승하면 표적 파괴확률이 뒤떨어짐으로 해서 1번 항공기의 소요 대수가 감소되나, 반대로 표적 파괴확률이 우수한 2번 항공기의 소요 대수는 상대적으로 증가하였다.

본 연구에서 제기한 항공기 소요 판단모형은 표적 파괴확률을 고려하여 임무 중에 발생하는 손실비용을 최소화하는 대안 결정에 중요한 기준으로 이용될 수 있으므로 의사 결정자에게 최적 임무할당 방안과 최소 전력규모를 제시함으로써 정량적인 결심을 하는데 도움을 줄 수 있는 것이다. 특히 항공기

획득의 입안단계에서 개략적인 소요를 판단하고자 할 때 유용하게 적용될 수 있을 것이다.

그러나 모형을 실문제에 적용하기 위해서는 항공기 임무에 관련된 계수, 손실비용 및 표적정보에 관한 정확한 자료가 보완되어야 한다. 또한 정수해를 얻을 수 있는 방법이 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 공군본부, 공군교범2-2, 공군본부, 1987.
2. 공군본부, 공군교범200-4 무기추천의 원리, 공군본부, 1988.
3. 공군본부, 미공군NCAA비핵탄 소요분석서, 공군본부 전투발전단, 1993.
4. 국방대학원, 항공무기체계의 비용 대 효과분석 모델개발, 국방대학원, 1990.
5. 이응화, 선형계획법을 이용한 항공전력 규모결정에 관한 연구, 국방대학원, 1994.
6. 이찬경, 다목적계획법을 이용한 고정표적의 항공기 최적할당에 관한 연구, 국방대학원, 1992.
7. 이협외2명, 북한 전략표적제압을 위한 전력소요 연구, 한국국방연구원, 1992.
8. 정병주, 목표계획법을 이용한 항공기 할당모형에 관한 연구, 국방대학원, 1993.
9. 하석태, 공중기대 운용체계의 임무효과 모형에 관한 연구, 고려대학교, 1998. pp.11-21.
10. 한국국방연구원, 공군 차기 전투기 비용 대 효과 분석, 1989.
11. Douglas, W. O., Force Sturcturing for The 21st Century, The 7th ROK-US Defense Analysis Seminar Proceedings, Vol 1, 1993.
12. USAF, AFR 173-13, US Air Force Cost and Planning Factors, Department of The Air Force, 1989.