

韓國 軍事運營分析 學會誌
第12卷 第2號, 1987.2.

固定目標 攻擊을 위한 最適 航空機 割當模型에 관한 研究 (A Study of Optimal Aircraft Allocation Model for Attacking Fixed Target)

許 鍾 俊*
金 忠 英*

Abstract

The study is to design optimal aircraft allocation model for sufficing the required level of damage, minimizing attrition cost when the aircrafts attack the enemy's fixed target.

When friendly aircraft attacks enemy target, the aircraft will suffer the loss due to the enemy's anti-aircraft weapons and aircraft.

For this study, it is required that the probability of target damage by the type of aircraft, level of target damage and attrition cost are computed for the application of this model.

1. 序 論

初戰에 敵의 對空防禦能力을 無力化하여 空中優勢를 確保함과 동시에 我軍에 대한 敵의 威脅要素가 戰線에 到達하기 前에 後方 敵 地上軍의 軍事潛在力을 破壞하여 敵의 戰爭遂行意志를 抹殺하는 것은 初戰을 勝利로 이끌기 위한 戰術空軍의 가장 重要한 任務이다. 따라서 敵地域에 散在해 있는 많은 주요攻擊目標을

初戰에 效果的으로 破壞할 수 있도록 計劃한다는 것은 空軍作戰計劃에 重要한 要素이며 이러한 問題는 航空機의 標的에 對한 最適割當問題로 解決할 수 있다.

敵 標的에 對한 武器의 最適割當問題는 많은 學者들에 의해 여러가지 方法으로 研究되어 왔으며 대표적인 모델은 Flood 모델로서 이는

* 國防大學院

威脅值(target value)를 고려한 我軍標的의 被害期待値를 最小化하는 問題로 다루어져 왔다.

그러나 威脅値는 戰術狀況의 變化, 軍事作戰의 重要度, 經濟的價値에 따라 달라지며 意思決定者의 決心에 따라서도 달라 질 수가 있기 때문에 正確하게 相對的인 威脅値로 환산한다는 것은 매우 어려우며 또한 客觀性있는 相對的 威脅値를 算定하기가 힘들다.

특히 固定目標에 對한 航空機 割當問題는 現代의 戰術 戰爆機들이 武裝을 變化시킴으로써 다른 效果를 가져 올 수 있는 多樣性을 가지고 있기 때문에 기존의 모델로 航空機 割當問題를 解決하기란 대단히 어려우며 지금까지 이러한 問題에 對한 科學的이고 定量的인 研究分析이 未洽한 실정이다.

따라서 本 研究에서는 攻擊航空機의 攻擊任務중 敵 對空火器에 의한 擊迫 및 武裝消耗에 의한 損失費用(attrition cost)를 最小化하면서 目標에 대해 要望되어지는 破壞水準에 到達하게 하는 航空機 最適割當모델을 研究하는데 있으며 上記의 研究目的을 達成하기 위해 損失費用을 最小化하는 目的函數式과 要望되는 破壞水準에 到達하기 위한 制約式, 機種別 可用航空戰力에 對한 制約式으로 構成된 모델을 樹立하고 研究된 모델에 適用例를 들어 問題를 構成하는 段階를 기술하고자 한다.

2. 模型의 設定

武器를 標的에 割當하는 問題는 軍事運營分析에서 重要한 課題로 다루어져 왔다. 標的에 對한 武器의 割當問題는 1951年 “Linear Inequalities and programming”에 관한 심포즈움에서 프로드(Flood)가 軍事問題에 適用할 수 있는 標的割當모델에 관해 說明하였으

며, 마네(Manne)와 단지(Dantzig)가 이를 발전시켜 Flood 모델이라 命名하였다.

그러면 이 Flood 모델을 이용하여 航空機를 標的에 割當했을때 問題點을 알아보고 이를 改善할 수 있는 標的割當模型을 導出하면 다음과 같다.

가. 一般의인 標的割當模型(Flood 模型)

我軍은 制限된 戰術航空機를 가지고 敵 攻擊目標을 攻擊하고자 한다. 이때 攻擊任務에 配當된 航空戰力은 추가配當이 없다면 制限的이라 할 수 있다. 이러한 狀況에서 모델에 使用된 變數에 對한 定義는 다음과 같다.

• X_{ij} 는 i 型 我軍 航空機가 j 번째 敵 標的에 割當될 確率 또는 相對的인 頻度數이다 모든 i 型 航空機($i=1, 2, \dots, B$)가 j 번째 敵 標的을 攻擊하지 않을 경우 相對的 頻度數는 0이고 모든 j 目標($j=1, 2, \dots, R$)가 어떤 i 型 航空機로부터 攻擊을 받게 된다면 相對的 頻度數는 0보다 커야 한다.

• P_{ij} 는 i 型 航空機가 j 번째 敵 目標을 攻擊할때 j 번째 敵軍 標的을 破壞할 確率 또는 條件的 確率이라고 한다. 이때 j 번째 敵軍 標的은 반드시 다른 모든 我軍 航空機의 攻擊으로부터 生存해 있어야 하며 P_{ij} 는 1發命中確率을 算出하는 方法으로 推定 또는 算定할 수 있다.

• W_j 는 j 번째 敵 標的의 威脅値 또는 價値이다. 이것은 標的의 威脅, 危險度を 나타내 주는 測定値로써 費用으로 推定하거나 기타 다른 關聯分野를 基礎로 推定하기도 한다.

그러면 i 型 我軍 航空機가 j 번째 敵 標的을 攻擊目標로 選擇해서 그 標的을 破壞할 確率은 $X_{ij} P_{ij}$ 이고 破壞되지 않을 確率은 $1 - X_{ij} P_{ij}$ 이다. 따라서 j 標的이 모든 我軍 航

空機의 攻擊으로부터 잔유할 確率은

$$P(j \text{ 標의 잔유}) = \prod_{i=1}^B (1 - X_{ij} P_{ij}) \text{이다.}$$

이 때 j 標的이 我軍에게 주는 威脅의 測定值가 W_j 라고 한다면 잔유할 j 標的이 我軍에게 威脅을 주는 測定值는

$$W_j \prod_{i=1}^B (1 - X_{ij} P_{ij}) \text{이다.}$$

다음 全般的으로 敵 全體의 標的이 我軍에게 威脅을 주는 測定值는 잔유할 個個 敵 標的의 威脅測定值의 合이라 할 수 있다. 이러한 全般的인 敵 威脅을 T라고 한다면 T는

$$T = \sum_{j=1}^R W_j \prod_{i=1}^B (1 - X_{ij} P_{ij}) \text{이고, 我軍은 全}$$

般的인 敵 威脅值인 T를 最小化해야 하며 또한 i型 我軍 航空機는 全體 敵 標的중 하나만 選擇하여 交戰할 수 있으므로 $\sum_{j=1}^R X_{ij}=1$ 의 條件 반드시 成立되어야 한다.

結論의으로 다음과 같이 最適割當을 위한 非線型計算法 (Nonlinear Programming : NLP) 을 構成할 수 있다.

$$\text{Min } T = \sum_{j=1}^R W_j \prod_{i=1}^B (1 - X_{ij} P_{ij}) \dots\dots (1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^R X_{ij} = 1 \quad i = 1, B \quad X_{ij} \geq 0$$

이 모델을 Flood 모델이라고 하며 단지 (Dantzig)는 (1)식의 $(1 - X_{ij} \cdot P_{ij})$ 항을 $(1 - P_{ij})^{X_{ij}}$ 로 표시하였다.

그러나 이러한 모델에 있어서의 問題點은 W_j (標的의 價値, 威脅值)의 算定에 있다. 標的의 威脅值란 標的을 生생하기 위한 resource value 와 economic value 에 달려 있고 다른 한편은 戰鬪에 있어서의 utility에 유관하다. 다시말해 威脅值는 戰鬪에서 戰術狀況의 變化, 軍事作戰상의 重要度, 經濟的價値 意思決定者의 決心에 따라 달라 질 수 있기 때문에 正確하게 相對的인 수치로 表現하기가 어렵고 客觀性이 결여 될 수 있고 또한 標的의

機能이 無力化 되었다. 하더라도 完破되지 않는 限은 威脅值가 存在한다고 보는 見解는 잘못되었다 할 수 있다. 아울러 攻擊을 받은 標的에 대해 要望되어 지는 破壞水準에 到達하였는지 알 수가 없으며 目標別 - 航空機別 被擊確率을 考慮하지 않음으로써 攻擊過程에서 發生되는 損失費用을 考慮할 수 없는 短點이 있다. 이러한 問題點을 보완한 航空機 最適割當模型은 다음과 같다.

나. 航空機 割當模型의 設定

1) 基本假定事項

戰爭發發時 戰術空軍力은 敵 後方に 위치하고 있는 既計劃된 戰略, 戰術目標에 對한 攻擊을 하게 된다. 해당 目標을 攻擊해야 할 任務를賦與받은 航空機는 編隊群을 形成하여 敵地域으로 浸透하게 되며 目標에 따라 浸透 route는 다르게 計劃되어진다. 浸透時 攻擊航空機는 敵의 對空火器와 對空任務를 부여 받은 敵 航空機로부터 攻擊을 받게 될 것이며 離脫時에는 敵의 對空威脅이 가장 적은 地域으로 離脫 route를 선정 離脫하게 되므로 浸透에 비해서 航空機 被擊確率은 감소하게 될 것이다. 그러나 이러한 狀況下에서도 計劃된 標的을 要望水準만큼 破壞하여야 하며, 任務計劃時에는 해당 攻擊目標에 가장 効果的인 航空機別 武裝이 선정되어야 하며 攻擊航空機의 被擊確率과 航空機別 最適 武裝에 따른 破壞效果를 考慮하여 固定目標에 對해 가장 適合한 航空機를 割當하도록 하여야 한다.

이와같은 狀況下에서 固定目標을 攻擊하여 要望水準으로 破壞하기 위한 模型을 導出하기 위해 基本假定事項을 다음과 같이 設定하였다.

가정 1 : 同一한 目標에 割當된 同機種 航空機의 武裝種類와 武裝裝着數는 同一하다.

가정 2 : 1臺의 航空機에 의한 目標攻擊回數는 1회로 한다.

가정 3 : 해당 攻擊目標에 가장 適合한 攻擊武裝은 航空機別로 이미 選定된 것으로 한다.

가정 4 : i 航空機가 j 目標을 攻擊時 被擊率은 알고 있으며 目標의 破壞確率도 알고 있다.

가정 5 : 1臺의 航空機는 1個目標만을 攻擊한다.

가정 6 : 攻擊航空機에 對한 Escort 任務는 별도로 計劃한다.

2) 變數定義

B 個機種 全體 航空機가 R 個 目標을 攻擊한 후 基地로 돌아 온다고 생각하면 B 개機種의 全 航空機는 각각 R 個標的 하나 하나에 割當될 수 있으며 이들 航空機는 飛行場을 離陸하여 目標에 接近중 敵 邀擊機와 對空火器에 의해 一部 航空機는 被擊될 것이며 被擊되지 않은 航空機는 目標을 攻擊한 후 離脫 route 를 따라 基地로 돌아오게 되는데 離脫中에도 敵 邀擊機와 對空火器에 의해 被害를 받게 될 것이다. 이를 도식화하면 <그림 -1> 과 같다.

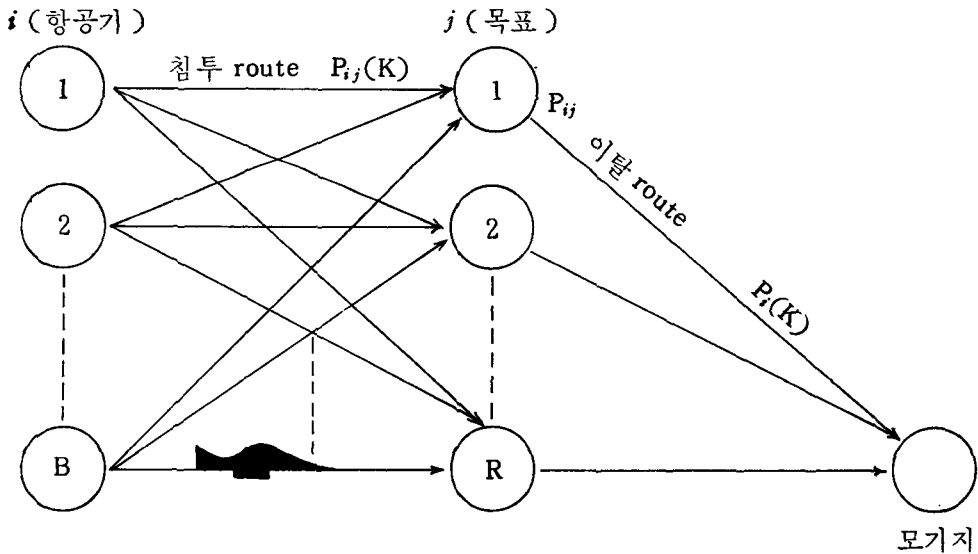


그림 - 1. 任務개요도

이러한 과정에서 發生하는 事象을 定義하면 다음과 같다.

$P_{ij}(K)$ 는 i 型 航空機가 j 目標을 攻擊하기 위해 浸透 및 攻擊進入중 敵 對空火器 및 邀擊機에 의해 擊墜될 確率이다. $P_{ij}(K)$ 는 航空機의 性能과 選定된 route에 散在되어 있는 對空火器의 分布度에 따라 각각 다르다.

$P_i(K)$ 는 目標을 成功的으로 攻擊完了한 i 형

航空機가 離脫 route 상에서 敵 對空火器 및 邀擊機에 의해 擊墜될 確率이며 攻擊完了한 航空機에 對한 被擊確率으로 나타낼 수 있다.

P_{ij} 는 i 型 航空機가 j 目標을 攻擊時 j 目標을 破壞시킬 確率이다. 攻擊前 j 目標은 破壞되지 않았거나 一部 破壞되었더라도 그 目標가 본래의 機能을 遂行하고 있는 狀態이어야 한다.

X_{ij} 는 j 目標에 割當된 i 型 航空機의 臺數이다.

C_{ij} 는 j 目標를 攻擊하는 i 型 航空機가 浸透, 攻擊 및 離脫 route 상에서 敵 對空火器에 의해 擊墜되었을 때의 損失費用이며 이 損失費用에는 航空機, 操縱士, 爆彈 기타 航空機에 付屬된 支援裝備에 對한 費用이 전부 包含된다.

A_{ij} 는 j 目標를 攻擊하는 i 型 航空機가 目標를 攻擊하고 無事히 母基地에 귀환하였을 때의 純粹損失費用이며 이 費用에는 爆彈, 燃料 등의 消耗費이 包含되어 있다.

d_j 는 j 目標의 機能을 要求되어지는 期間 동안 無力化하기 위한 破壞要求水準이다. d_j 는 標的의 堅固度, 重要度 및 復舊能力에 따라 달라질 수 있으며 0과 1 사이의 값을 갖는다.

3) 模型의 設定

가) 目的函數

固定目標 攻擊을 위한 航空戰力割當의 目的은 要望되는 破壞效果를 達成하면서 損失費用을 最小化하는데 있다. 損失費用의 測定基準은 目標攻擊을 위한 浸透, 離脫 route 상에서 我軍 航空機가 敵 對空火器에 의해 擊墜되었을 때의 損失費用인 C_{ij} 와 擊墜되지 않았을 때의 損失費用인 A_{ij} 로 크게 구분할 수 있다.

浸透 route 상에서 擊墜될 確率은 $P_{ij}(K)$ 이고 離脫 route 상에서 擊墜될 確率이 $P_i(K)$ 일때 浸透 및 離脫 route 상에서 擊墜될 全體確率은 浸透 route 상에서 擊墜될 確率 $P_{ij}(K)$ 와 浸透 route 상에서 擊墜되지 않은 確率중 離脫 route 상에서 擊墜될 確率의 合으로 나타낼 수 있다. 즉 浸透 및 離脫 route 상에서 擊墜될 全體確率은

$$P_{ij}(K) + (1 - P_{ij}(K)) \cdot P_i(K) \dots\dots (2) \text{이며}$$

全體 route 상에서 擊墜되지 않을 確率은

$$1 - [P_{ij}(K) + (1 - P_{ij}(K)) \cdot P_i(K)] \dots\dots (3)$$

이다.

이때 航空機가 擊墜될 때의 航空機, 爆彈, 支援裝備, 操縱士의 費失費用 C_{ij} 와, 擊墜되지 않았을 때의 爆彈, 燃料 등의 純粹消耗費用 A_{ij} 를 (2), (3)式에 適用할때 航空機 1臺당 費失費用은

$$[P_{ij}(K) + (1 - P_{ij}(K)) \cdot C_{ij} + [1 - \{P_{ij}(K) + (1 - P_{ij}(K)) \cdot P_i(K)\}] \cdot a_{ij} \dots\dots\dots (4)$$

이며 全體標的에 割當된 全 航空機에 對한 總 損失費用은

$$\sum_{i=1}^B \sum_{j=1}^R [X_{ij} [P_{ij}(K) + (1 - P_{ij}(K)) \cdot P_i(K)] \cdot C_{ij} + X_{ij} [1 - \{P_{ij}(K) + (1 - P_{ij}(K)) \cdot P_i(K)\}] \cdot a_{ij}] \dots\dots\dots (5)$$

이다. 目的函數는 (5)式의 總 損失費用을 最小化하는데 있으며 (5)式을 정리하면

$$\text{MIN} \sum_{i=1}^B \sum_{j=1}^R [\{P_{ij}(K) + Q_{ij}(K) \cdot P_i(K)\} \cdot \{C_{ij} - a_{ij}\} + a_{ij}] \cdot X_{ij} \dots\dots\dots (6)$$

$$0 \leq P_{ij}(K), P_i(K), Q_{ij}(K) (= 1 - P_{ij}(K)) \leq 1$$

X_{ij} : 양의 정수, $i = 1, B, j = 1, R$

이 된다.

(6)式에서 사용된 C_{ij}, a_{ij} 에 관한 費用算定 公式는 다음과 같다.

$$\cdot C_{ij} = Ac + EQc + Pc + N(Bc + EQBc) + Fc$$

$$\cdot a_{ij} = N(Bc + EQBc) + Fc$$

- Ac : 航空機 單價

- Pc : 操縱士 損失費用

- Bc : 爆彈 單價

- EQBc : 爆彈에 裝착된 裝備費用(例 : LGB KIT)

- EQc : 航空機 補助支援裝備 價格(例 : ECM pot, AIM-7, AIM-9 등)

- N : 爆彈장착수

- Fc : 1回飛行에 소요되는 費用
(例 : 燃料, 정비비용 등)

나) 制約條件式

① 1臺의 i型 航空機에 의해 j目標가 破壞될 確率은 P_{ij} 이고 目標가 破壞되지 않을 確率은 $1-P_{ij}$ 이며 X臺의 航空機에 의해 破壞되지 않을 確率은 $\prod_{i=1}^B (1-P_{ij})^{X_{ij}}$ 이며 破壞될 確率은 $1 - \prod_{i=1}^B (1-P_{ij})^{X_{ij}}$ 이다.

그러나 X臺는 割當된 航空機 全體의 臺數이며 X臺중 浸透 route 상에서 被擊 確率 P_{ij} (K를 考慮한 $P_{ij}(K) \cdot X_{ij}$ 臺는 擊墜당하게 되어 $(1-P_{ij}(K)) \cdot X_{ij}$ 臺만이 攻擊可能하므로 目標別 破壞될 Total 確率은

$$1 - \prod_{i=1}^B (1-P_{ij}(K))^{(1-P_{ij}(K)) \cdot X_{ij}} \text{ 이다.}$$

이때 j目標에 對한 破壞效果는 標的의 機能을 一定期間동안 無力化시키기 위해 要望되어 지는 破壞水準 (d_j)보다 커야 한다. 즉

$$1 - \prod_{i=1}^B (1-P_{ij}(K))^{(1-P_{ij}(K)) \cdot X_{ij}} \geq d_j \dots (7)$$

$j=1, R$ 이다. (7)式은 非線型函數이다. 이 非線型函數를 解法이 容易한 線型函數로 만들기 위해 \log 를 취하면 다음과 같은 式이 된다.

$$1 - \prod_{i=1}^B (1-P_{ij}(K))^{(1-P_{ij}(K)) \cdot X_{ij}} \geq d_j, \quad j=1, R$$

$$\prod_{i=1}^B (1-P_{ij}(K))^{(1-P_{ij}(K)) \cdot X_{ij}} \leq 1-d_j$$

$$\prod_{i=1}^B (1-P_{ij}(K)) \cdot \ln(1-P_{ij}(K)) \cdot X_{ij} \leq \ln(1-d_j) \dots (8)$$

$$= \begin{bmatrix} T_{11} X_{11} + T_{21} X_{21} & \dots & T_{B1} X_{B1} \\ T_{12} X_{12} + T_{22} X_{22} & \dots & T_{R2} X_{R2} \\ \vdots & & \\ T_{1R} X_{1R} + T_{2R} X_{2R} & \dots & T_{BR} X_{BR} \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} \ln(1-d_1) \\ \ln(1-d_2) \\ \vdots \\ \ln(1-d_R) \end{bmatrix}$$

* $T_{ij} = (1-P_{ij}(K)) \cdot \ln(1-P_{ij}(K))$

② 攻擊任務에 配當된 全體 航空機數는 航空機의 補充戰力이 없는 限에서는 限定的이다. 全體目標 ($j=1, 2, \dots, R$)에 割當된 i型 航空機의 總臺數는 $\sum_{i=1}^R X_{ij}$ ($i=1, 2, \dots, B$)이며 割當된 航空機의 總臺數는 各機種 可用戰力 限度內에서 計劃되어져야 한다.

$$\sum_{i=1}^R X_{ij} \leq H_i \quad i=1, 2, \dots, B \dots (9)$$

$$\begin{bmatrix} X_{11} + X_{12} & \dots & + X_{1R} \\ X_{21} + X_{22} & \dots & + X_{2R} \\ \vdots & & \\ X_{B1} + X_{B2} & \dots & + X_{BR} \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \vdots \\ H_B \end{bmatrix}$$

$$X_{ij} \geq 0$$

H_i : i型 航空機의 總 可用臺數

(6), (8), (9)式의 目的函數 및 制約條件式을 종합한 航空機 割當모형은 다음과 같다.

目的函數

$$\text{MIN} \sum_{i=1}^B \sum_{j=1}^R [\{ P_{ij}(K) + Q_{ij}(K) \cdot P_i(K) \} \{ C_{ij} - a_{ij} \} + a_{ij}] \cdot X_{ij}$$

制約式

$$\sum_{i=1}^B (1-P_{ij}(K)) \ln(1-P_{ij}(K)) \cdot X_{ij} \leq \ln(1-d_j)$$

$$\sum_{i=1}^R X_{ij} \leq H_i$$

$$i=1, 2, \dots, B$$

$$j=1, 2, \dots, R$$

$$X_{ij} \geq \text{정수}, 0 \leq P_{ij}, P_{ij}(K), P_i(K), Q_{ij}(K)$$

$$D_j \leq 1, Q_{ij} = 1 - P_{ij}(K)$$

3. 適用例

本 研究模型을 利用하여 固定攻擊目標에 對한 航空機 割當問題를 解決해 보기로 한다.

가. 目標 및 配當航空戰力

本 適用例에서 攻擊하고자 하는 目標는 總55
個이며, 55 個 目標를 類型別로 크게 區分하면
14 個이며 14 個 目標에 對한 고유부호는 <表-
1>과 같이 부여하였다.

<表-1> 표적의 고유부호 및 표적번호

표적고유부호	j (표적번호)
G	1 ~ 3
S	4 ~ 6
E	7 ~ 9
R	10 ~ 13
H	14 ~ 29
ES	30 ~ 33
N	34 ~ 38
PO	39 ~ 43
A	44
HA	45
TX	46 ~ 47
AF	48 ~ 51
RY	52 ~ 53
HQ	54 ~ 55

我軍이 敵 固定目標 攻擊을 위해 配當한 航
空機는 4 個機種이며 각각에 對해 固有名稱을
A, B, C, D로 부여하였다.

<表-2>機種別 1일 總 可用쏘터

機種	可用 航空機 臺 數	出擊 回數別 可用쏘터			總可用 쏘터
		1回	2回	3回	
A(i=1)	25	25	25P	25P ²	1回+2回 + 3回
B(i=2)	36	36	36P	36P ²	''
C(i=3)	44	44	44P	44P	''
D(i=4)	10	10	10P	10P	''
비 고 $P=1-[P_{ij}(K)+\{1-P_{ij}(K)\} \cdot P_i(K)]$					

이들 可用航空機는 1일에 3회 出擊이 可能
할 것으로 보았으며 <表-2>에서 P는 1회
出擊時 敵 對空火器 및 遊擊機에 의해 擊墜되
지 않을 確率이다.

나. 破壞確率 (Pij)

最適攻擊武裝을 장착한 i型 航空機에 의한 j
目標 破率確率資料는 標準標의에 대해서는 武
器效果 算出을 위한 Jasmian Model과 Ba-
guide를 參照하였으며 一部 目標에 對해서는
標準 標의을 根據로 推定하였으며 目標에 대한
航空機別 破壞確率은 <表-3>과 같다.

〈表 - 3〉 目標에 대한機種別破壞確率 (Pij)

i \ j	G		S			E			R						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 (=A)	0.55	0.45	0.5	0.20	0.22	0.18	0.31	0.32	0.28	0.21	0.28	0.25	0.22	0.31	0.33
2 (=B)	0.73	0.64	0.66	0.41	0.41	0.35	0.35	0.37	0.33	0.35	0.40	0.30	0.35	0.53	0.53
3 (=C)	0.18	0.15	0.16	0.08	0.09	0.04	0.04	0.07	0.04	0.08	0.13	0.08	0.08	0.06	0.08
4 (=D)	0.14	0.12	0.13	0.06	0.08	0.03	0.03	0.06	0.03	0.06	0.11	0.07	0.07	0.06	0.07

H															ES		
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
0.20	0.25	0.23	0.27	0.33	0.20	0.28	0.30	0.31	0.32	0.35	0.38	0.36	0.4	0.28	0.26	0.3	
0.42	0.47	0.45	0.46	0.53	0.42	0.50	0.50	0.48	0.43	0.55	0.57	0.50	0.57	0.30	0.28	0.3	
0.06	0.06	0.06	0.08	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.1	0.13	0.13	0.15	0.07	0.07	0.09	
0.05	0.04	0.05	0.07	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.09	0.11	0.11	0.13	0.06	0.06	0.08	

N						PO					A	HA	TX		AF	
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
0.31	0.43	0.4	0.38	0.4	0.38	0.24	0.28	0.23	0.19	0.2	0.24	0.1	0.35	0.3	0.27	0.3
0.33	0.49	0.45	0.4	0.43	0.42	0.23	0.26	0.21	0.19	0.19	0.23	0.12	0.4	0.35	0.4	0.4
0.1	0.13	0.12	0.1	0.11	0.1	0.06	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.02	0.15	0.13	0.1	0.11
0.09	0.11	0.11	0.09	0.1	0.1	0.06	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06	0.02	0.13	0.12	0.08	0.09

RY			HQ		
50	51	52	53	54	55
0.28	0.25	0.12	0.17	0.43	0.4
0.41	0.38	0.13	0.18	0.49	0.43
0.1	0.09	0.07	0.08	0.13	0.12
0.09	0.08	0.08	0.08	0.11	0.11

다. 被擊確率 ($P_{ij}(K), P_i(K)$)

敵地域으로의 浸透, 攻擊 및 離脫時 敵對空火器와 邀擊機에 의해 被擊될 確率は 航空機의 性能, 浸透戰術, 電子妨害能力(ECM), 탑재 무장에 따른 攻擊戰術, 操縱士의 技倆, 目標周圍의 火網의 分布에 따라 크게 달라질 수 있다.

本 模型을 正確하게 利用하기 위해서는 위

考慮要素에 대한 正確한 資料를 바탕으로 既存의 被擊確率算出모델이나 위계임을 통해 算定된 被擊確率을 使用하여야 한다. 그러나 本 適用에서는 $P_{ij}(K)$ 를 機種과 目標에 따라 구분하지 않고 一定하게 보았으며 $P_i(K)$ 는 미세할 것으로 예상하였다.

參考로 最近 戰爭에서 나타난 航空機 被擊率은 <表 - 4>와 같다.

<表 - 4> 最近 戰爭에서의 航空機 被擊率

年 度	戰 爭 名	當 事 國	被擊率(1000쏘티당)
1950 ~ 51	韓 國 戰	美 國	4.4
1966	越 南 戰	//	3.5
1967	//	//	3.0
1968	//	//	1.5
1971	印 度, 파키스탄	印 度	12.5
1971	//	파키스탄	17.0
1973	中 東 戰	이스라엘	10.0 ~ 15.0

※ 出處 : How to Make War (USA:William Morrow Co, 1982), pp.341

라. 關聯費用

本 模型을 適用하는데 있어 關聯費用은 研究開發費 및 投資費에 의해 決定되어 지는 武器自體의 獲得費用과 武器의 運搬手段, 補助支援裝備, 諸般施設運營費 그리고 조작하는데 소요되는 人力과 技術에 대한 모든 費用을 總括

하여 C_{ij}, a_{ij} 를 결정하며 이러한 費用의 重要要素는 航空機에 關聯되어 發生하는 費用과 爆彈種類에 따라 發生되는 費用, 人的資源에 대한 費用으로 볼 수 있으며 航空機와 爆彈 및 支援裝備에 대한 關聯費用은 <表 - 5>와 <表 - 6>에 보여 주고 있다.

<表 - 5> 航空機別 關聯費用

단위 : \$

機種	Unit costs	PER Flying Hour				
		Base Maint Supplies	Depot Maint	Replenishment Spares	Fuel	Total
A	28,187,000	250	428	320	975	1,973
B	8,000,000	500	427	370	1,550	2,847
C	4,000,000	350	162	350	562	1,424
D	3,300,000	210	162	350	524	1,246

※ 出處 : AFR173-13 (USAF, 1985), pp.17

〈表-6〉 폭탄 비용 단위: \$

TYPE	UNIT COSTS
AIM 7E	92,871
AIM 9P	55,000
AIM 9L	100,309
GBU 10	9,266
GBU 12	8,182
LAU 68A	2,825
AGM 65A	37,334
MK 82	1,222
MK 84	3,325
CBU 58	3,961
2.75" Rx	304.25

※ 出處: AFR173-13 (USAF, 1985), pp.17

마. 破壞要求水準 (dj)

目標에 대한 攻擊任務를 計劃時 반드시 考慮해야 할 사항은 해당 目標을 얼마만큼 破壞해야 어느정도의 機能을 喪失하며 敵의 技術能力이 破壞된 目標을 正常的인 機能을 回復하게끔 修理 및 補修하는데는 어느정도의 期間이 必要할 것인가? 하는 問題이다. 目標別 破壞要求水準에 대한 決定은 空軍指揮官의 重要 決心事項이며 戰術空軍作戰의 성공여부를 決定하는 重要要素이다. 따라서 敵의 全般的인 能力을 分析하여 破壞水準을 決定하여야 한다. 이러한 研究는 全般的으로 未洽하며 〈表-7〉의 目標別 破壞要求水準은 研究目的 상임으로 결정한 값이다.

〈表-7〉 目標別 破壞要求水準

目標固有符號	破壞要求水準
G	0.95
S	0.8
E	0.745
R	0.75
H	0.75
ES	0.75
N	0.9
PO	0.7
A	0.7
HA	0.45
TX	0.5
AF	0.9
RY	0.4
HQ	0.8

바. 研究模型에 의한 問題구성

〈表-2〉의 可用航空戰力, 〈表-3〉의 目標別, 航空機別 破壞 〈表-5〉, 〈表-6〉에 의한 C_{ij} , a_{ij} 算定, 〈表-7〉의 破壞要求水準, $P_{ij}(k)=0.01$, $P_i(k)=0$ 을 根據로, 問題를 構成하였으며 目的函數와 制約條件式은 다음과 같다.

目的函數

最小化

$$\begin{aligned} & 31.940*x_{1.1} + 31.940*x_{1.2} + 31.940*x_{1.3} + 31.940*x_{1.4} + 31.940*x_{1.5} \\ & + 31.940*x_{1.6} + 32.810*x_{1.7} + 32.810*x_{1.8} + 32.810*x_{1.9} + 31.940*x_{1.10} \\ & + 31.940*x_{1.11} + 31.940*x_{1.12} + 31.940*x_{1.13} + 28.880*x_{1.14} + 28.880*x_{1.15} \\ & + 28.880*x_{1.16} + 28.880*x_{1.17} + 28.880*x_{1.18} + 28.880*x_{1.19} + 28.880*x_{1.20} \\ & + 28.880*x_{1.21} + 28.880*x_{1.22} + 28.880*x_{1.23} + 28.880*x_{1.24} + 28.880*x_{1.25} \\ & + 28.880*x_{1.26} + 28.880*x_{1.27} + 28.880*x_{1.28} + 28.880*x_{1.29} + 32.810*x_{1.30} \\ & + 32.810*x_{1.31} + 32.810*x_{1.32} + 32.810*x_{1.33} + 32.810*x_{1.34} + 32.810*x_{1.35} \\ & + 32.810*x_{1.36} + 32.810*x_{1.37} + 32.810*x_{1.38} + 28.880*x_{1.39} + 28.880*x_{1.40} \\ & + 28.880*x_{1.41} + 28.880*x_{1.42} + 28.880*x_{1.43} + 28.880*x_{1.44} + 31.810*x_{1.45} \\ & + 31.940*x_{1.46} + 31.940*x_{1.47} + 28.880*x_{1.48} + 28.880*x_{1.49} + 28.880*x_{1.50} \\ & + 28.880*x_{1.51} + 28.880*x_{1.52} + 28.880*x_{1.53} + 32.810*x_{1.54} + 32.810*x_{1.55} \\ & + 8.534*x_{2.1} + 8.534*x_{2.2} + 8.534*x_{2.3} + 9.195*x_{2.4} + 9.195*x_{2.5} \\ & + 9.195*x_{2.6} + 10.483*x_{2.7} + 10.483*x_{2.8} + 10.483*x_{2.9} + 9.195*x_{2.10} \\ & + 9.195*x_{2.11} + 9.195*x_{2.12} + 9.195*x_{2.13} + 9.195*x_{2.14} + 9.195*x_{2.15} \\ & + 9.195*x_{2.16} + 9.195*x_{2.17} + 9.195*x_{2.18} + 9.195*x_{2.19} + 9.195*x_{2.20} \\ & + 9.195*x_{2.21} + 9.195*x_{2.22} + 9.195*x_{2.23} + 9.195*x_{2.24} + 9.195*x_{2.25} \\ & + 9.195*x_{2.26} + 9.195*x_{2.27} + 9.195*x_{2.28} + 9.195*x_{2.29} + 10.483*x_{2.30} \\ & + 10.483*x_{2.31} + 10.483*x_{2.32} + 10.483*x_{2.33} + 8.534*x_{2.34} + 8.534*x_{2.35} \\ & + 8.534*x_{2.36} + 8.534*x_{2.37} + 8.534*x_{2.38} + 8.534*x_{2.39} + 8.534*x_{2.40} \\ & + 8.534*x_{2.41} + 8.534*x_{2.42} + 8.534*x_{2.43} + 9.195*x_{2.44} + 9.195*x_{2.45} \\ & + 9.195*x_{2.46} + 9.195*x_{2.47} + 8.534*x_{2.48} + 8.534*x_{2.49} + 8.534*x_{2.50} \\ & + 8.534*x_{2.51} + 9.195*x_{2.52} + 9.195*x_{2.53} + 9.195*x_{2.54} + 9.195*x_{2.55} \\ & + 4.864*x_{3.1} + 4.864*x_{3.2} + 4.864*x_{3.3} + 4.864*x_{3.4} + 4.864*x_{3.5} \\ & + 4.864*x_{3.6} + 4.864*x_{3.7} + 4.864*x_{3.8} + 4.864*x_{3.9} + 3.764*x_{3.10} \\ & + 3.764*x_{3.11} + 3.764*x_{3.12} + 3.764*x_{3.13} + 3.764*x_{3.14} + 3.764*x_{3.15} \\ & + 3.764*x_{3.16} + 3.764*x_{3.17} + 3.764*x_{3.18} + 3.764*x_{3.19} + 3.764*x_{3.20} \\ & + 3.764*x_{3.21} + 3.764*x_{3.22} + 3.764*x_{3.23} + 3.764*x_{3.24} + 3.764*x_{3.25} \\ & + 3.764*x_{3.26} + 3.764*x_{3.27} + 3.764*x_{3.28} + 3.764*x_{3.29} + 4.864*x_{3.30} \\ & + 4.864*x_{3.31} + 4.864*x_{3.32} + 4.864*x_{3.33} + 3.764*x_{3.34} + 3.764*x_{3.35} \\ & + 3.764*x_{3.36} + 3.764*x_{3.37} + 3.764*x_{3.38} + 3.764*x_{3.39} + 3.764*x_{3.40} \\ & + 3.764*x_{3.41} + 3.764*x_{3.42} + 3.764*x_{3.43} + 3.764*x_{3.44} + 3.764*x_{3.45} \\ & + 3.481*x_{3.46} + 3.481*x_{3.47} + 3.764*x_{3.48} + 3.764*x_{3.49} + 3.764*x_{3.50} \\ & + 3.764*x_{3.51} + 3.764*x_{3.52} + 3.764*x_{3.53} + 3.764*x_{3.54} + 3.764*x_{3.55} \\ & + 3.614*x_{4.1} + 3.614*x_{4.2} + 3.614*x_{4.3} + 3.614*x_{4.4} + 3.614*x_{4.5} \\ & + 3.614*x_{4.6} + 3.614*x_{4.7} + 3.614*x_{4.8} + 3.614*x_{4.9} + 2.514*x_{4.10} \\ & + 2.514*x_{4.11} + 2.514*x_{4.12} + 2.514*x_{4.13} + 2.514*x_{4.14} + 2.514*x_{4.15} \\ & + 2.514*x_{4.16} + 2.514*x_{4.17} + 2.514*x_{4.18} + 2.514*x_{4.19} + 2.514*x_{4.20} \\ & + 2.514*x_{4.21} + 2.514*x_{4.22} + 2.514*x_{4.23} + 2.514*x_{4.24} + 2.514*x_{4.25} \\ & + 2.514*x_{4.26} + 2.514*x_{4.27} + 2.514*x_{4.28} + 2.514*x_{4.29} + 3.614*x_{4.30} \\ & + 3.614*x_{4.31} + 3.614*x_{4.32} + 3.614*x_{4.33} + 2.514*x_{4.34} + 2.514*x_{4.35} \\ & + 2.514*x_{4.36} + 2.514*x_{4.37} + 2.514*x_{4.38} + 2.514*x_{4.39} + 2.514*x_{4.40} \\ & + 2.514*x_{4.41} + 2.514*x_{4.42} + 2.514*x_{4.43} + 2.514*x_{4.44} + 2.514*x_{4.45} \\ & + 2.231*x_{4.46} + 2.231*x_{4.47} + 2.514*x_{4.48} + 2.514*x_{4.49} + 2.514*x_{4.50} \\ & + 2.514*x_{4.51} + 2.514*x_{4.52} + 2.514*x_{4.53} + 2.514*x_{4.54} + 2.514*x_{4.55} \end{aligned}$$

制約式

0.798*x ₁₁	+1.309*x ₂₁	+0.198*x ₃₁	+0.151*x ₄₁	.GE.	3.025
0.598*x ₁₂	+1.020*x ₂₂	+0.151*x ₃₂	+0.128*x ₄₂	.GE.	3.025
0.693*x ₁₃	+1.079*x ₂₃	+0.174*x ₃₃	+0.139*x ₄₃	.GE.	3.025
0.223*x ₁₄	+0.528*x ₂₄	+0.083*x ₃₄	+0.062*x ₄₄	.GE.	1.626
0.248*x ₁₅	+0.528*x ₂₅	+0.094*x ₃₅	+0.083*x ₄₅	.GE.	1.626
0.198*x ₁₆	+0.431*x ₂₆	+0.083*x ₃₆	+0.062*x ₄₆	.GE.	1.626
0.371*x ₁₇	+0.431*x ₂₇	+0.041*x ₃₇	+0.031*x ₄₇	.GE.	1.386
0.386*x ₁₈	+0.462*x ₂₈	+0.073*x ₃₈	+0.062*x ₄₈	.GE.	1.386
0.328*x ₁₉	+0.400*x ₂₉	+0.041*x ₃₉	+0.030*x ₄₉	.GE.	1.386
0.236*x ₁₁₀	+0.431*x ₂₁₀	+0.083*x ₃₁₀	+0.062*x ₄₁₀	.GE.	1.400
0.329*x ₁₁₁	+0.511*x ₂₁₁	+0.139*x ₃₁₁	+0.116*x ₄₁₁	.GE.	1.400
0.288*x ₁₁₂	+0.357*x ₂₁₂	+0.083*x ₃₁₂	+0.073*x ₄₁₂	.GE.	1.400
0.248*x ₁₁₃	+0.431*x ₂₁₃	+0.083*x ₃₁₃	+0.073*x ₄₁₃	.GE.	1.400
0.371*x ₁₁₄	+0.755*x ₂₁₄	+0.062*x ₃₁₄	+0.062*x ₄₁₄	.GE.	1.442
0.400*x ₁₁₅	+0.755*x ₂₁₅	+0.083*x ₃₁₅	+0.073*x ₄₁₅	.GE.	1.442
0.223*x ₁₁₆	+0.545*x ₂₁₆	+0.062*x ₃₁₆	+0.051*x ₄₁₆	.GE.	1.442
0.288*x ₁₁₇	+0.634*x ₂₁₇	+0.062*x ₃₁₇	+0.041*x ₄₁₇	.GE.	1.442
0.261*x ₁₁₈	+0.598*x ₂₁₈	+0.062*x ₃₁₈	+0.051*x ₄₁₈	.GE.	1.442
0.315*x ₁₁₉	+0.616*x ₂₁₉	+0.083*x ₃₁₉	+0.073*x ₄₁₉	.GE.	1.442
0.400*x ₁₂₀	+0.755*x ₂₂₀	+0.073*x ₃₂₀	+0.062*x ₄₂₀	.GE.	1.442
0.223*x ₁₂₁	+0.545*x ₂₂₁	+0.051*x ₃₂₁	+0.051*x ₄₂₁	.GE.	1.442
0.328*x ₁₂₂	+0.510*x ₂₂₂	+0.062*x ₃₂₂	+0.062*x ₄₂₂	.GE.	1.442
0.357*x ₁₂₃	+0.693*x ₂₂₃	+0.062*x ₃₂₃	+0.062*x ₄₂₃	.GE.	1.442
0.371*x ₁₂₄	+0.654*x ₂₂₄	+0.062*x ₃₂₄	+0.062*x ₄₂₄	.GE.	1.442
0.386*x ₁₂₅	+0.562*x ₂₂₅	+0.062*x ₃₂₅	+0.051*x ₄₂₅	.GE.	1.442
0.430*x ₁₂₆	+0.798*x ₂₂₆	+0.105*x ₃₂₆	+0.094*x ₄₂₆	.GE.	1.442
0.478*x ₁₂₇	+0.844*x ₂₂₇	+0.139*x ₃₂₇	+0.128*x ₄₂₇	.GE.	1.442
0.446*x ₁₂₈	+0.693*x ₂₂₈	+0.139*x ₃₂₈	+0.117*x ₄₂₈	.GE.	1.442
0.511*x ₁₂₉	+0.844*x ₂₂₉	+0.163*x ₃₂₉	+0.139*x ₄₂₉	.GE.	1.442
0.328*x ₁₃₀	+0.356*x ₂₃₀	+0.073*x ₃₃₀	+0.062*x ₄₃₀	.GE.	1.400
0.301*x ₁₃₁	+0.328*x ₂₃₁	+0.073*x ₃₃₁	+0.062*x ₄₃₁	.GE.	1.400
0.357*x ₁₃₂	+0.357*x ₂₃₂	+0.094*x ₃₃₂	+0.084*x ₄₃₂	.GE.	1.400
0.371*x ₁₃₃	+0.400*x ₂₃₃	+0.105*x ₃₃₃	+0.094*x ₄₃₃	.GE.	1.400
0.562*x ₁₃₄	+0.673*x ₂₃₄	+0.139*x ₃₃₄	+0.116*x ₄₃₄	.GE.	2.326
0.511*x ₁₃₅	+0.598*x ₂₃₅	+0.128*x ₃₃₅	+0.117*x ₄₃₅	.GE.	2.326
0.478*x ₁₃₆	+0.511*x ₂₃₆	+0.105*x ₃₃₆	+0.094*x ₄₃₆	.GE.	2.326
0.511*x ₁₃₇	+0.562*x ₂₃₇	+0.117*x ₃₃₇	+0.105*x ₄₃₇	.GE.	2.326
0.478*x ₁₃₈	+0.545*x ₂₃₈	+0.105*x ₃₃₈	+0.105*x ₄₃₈	.GE.	2.326
0.274*x ₁₃₉	+0.261*x ₂₃₉	+0.062*x ₃₃₉	+0.062*x ₄₃₉	.GE.	1.216
0.329*x ₁₄₀	+0.301*x ₂₄₀	+0.083*x ₃₄₀	+0.083*x ₄₄₀	.GE.	1.216
0.261*x ₁₄₁	+0.236*x ₂₄₁	+0.062*x ₃₄₁	+0.062*x ₄₄₁	.GE.	1.216
0.211*x ₁₄₂	+0.211*x ₂₄₂	+0.062*x ₃₄₂	+0.051*x ₄₄₂	.GE.	1.216
0.223*x ₁₄₃	+0.211*x ₂₄₃	+0.062*x ₃₄₃	+0.051*x ₄₄₃	.GE.	1.216
0.274*x ₁₄₄	+0.261*x ₂₄₄	+0.062*x ₃₄₄	+0.062*x ₄₄₄	.GE.	1.216
0.105*x ₁₄₅	+0.128*x ₂₄₅	+0.020*x ₃₄₅	+0.020*x ₄₄₅	.GE.	0.360
0.431*x ₁₄₆	+0.511*x ₂₄₆	+0.163*x ₃₄₆	+0.139*x ₄₄₆	.GE.	0.693
0.356*x ₁₄₇	+0.431*x ₂₄₇	+0.139*x ₃₄₇	+0.128*x ₄₄₇	.GE.	0.693
0.315*x ₁₄₈	+0.511*x ₂₄₈	+0.105*x ₃₄₈	+0.083*x ₄₄₈	.GE.	2.326
0.357*x ₁₄₉	+0.511*x ₂₄₉	+0.117*x ₃₄₉	+0.094*x ₄₄₉	.GE.	2.326
0.329*x ₁₅₀	+0.528*x ₂₅₀	+0.105*x ₃₅₀	+0.094*x ₄₅₀	.GE.	2.326
0.288*x ₁₅₁	+0.478*x ₂₅₁	+0.094*x ₃₅₁	+0.083*x ₄₅₁	.GE.	2.326
0.129*x ₁₅₂	+0.139*x ₂₅₂	+0.073*x ₃₅₂	+0.083*x ₄₅₂	.GE.	0.516
0.186*x ₁₅₃	+0.128*x ₂₅₃	+0.083*x ₃₅₃	+0.083*x ₄₅₃	.GE.	0.516
0.562*x ₁₅₄	+0.673*x ₂₅₄	+0.139*x ₃₅₄	+0.117*x ₄₅₄	.GE.	1.626
0.511*x ₁₅₅	+0.562*x ₂₅₅	+0.128*x ₃₅₅	+0.117*x ₄₅₅	.GE.	1.626

-1.0*x11 -1.0*x12 -1.0*x13 -1.0*x14 -1.0*x15 -1.0*x16 -1.0*x17
-1.0*x18 -1.0*x19 -1.0*x110-1.0*x111-1.0*x112-1.0*x113-1.0*x114
-1.0*x115-1.0*x116-1.0*x117-1.0*x118-1.0*x119-1.0*x120-1.0*x121
-1.0*x122-1.0*x123-1.0*x124-1.0*x125-1.0*x126-1.0*x127-1.0*x128
-1.0*x129-1.0*x130-1.0*x131-1.0*x132-1.0*x133-1.0*x134-1.0*x135
-1.0*x136-1.0*x137-1.0*x138-1.0*x139-1.0*x140-1.0*x141-1.0*x142
-1.0*x143-1.0*x144-1.0*x145-1.0*x146-1.0*x147-1.0*x148-1.0*x149
-1.0*x150-1.0*x151-1.0*x152-1.0*x153-1.0*x154-1.0*x155 .GE.-74 0

-1.0*x21 -1.0*x22 -1.0*x23 -1.0*x24 -1.0*x25 -1.0*x26 -1.0*x27
-1.0*x28 -1.0*x29 -1.0*x210-1.0*x211-1.0*x212-1.0*x213-1.0*x214
-1.0*x215-1.0*x216-1.0*x217-1.0*x218-1.0*x219-1.0*x220-1.0*x221
-1.0*x222-1.0*x223-1.0*x224-1.0*x225-1.0*x226-1.0*x227-1.0*x228
-1.0*x229-1.0*x230-1.0*x231-1.0*x232-1.0*x233-1.0*x234-1.0*x235
-1.0*x236-1.0*x237-1.0*x238-1.0*x239-1.0*x240-1.0*x241-1.0*x242
-1.0*x243-1.0*x244-1.0*x245-1.0*x246-1.0*x247-1.0*x248-1.0*x249
-1.0*x250-1.0*x251-1.0*x252-1.0*x253-1.0*x254-1.0*x255 .GE.-107.0

-1.0*x31 -1.0*x32 -1.0*x33 -1.0*x34 -1.0*x35 -1.0*x36 -1.0*x37
-1.0*x38 -1.0*x39 -1.0*x310-1.0*x311-1.0*x312-1.0*x313-1.0*x314
-1.0*x315-1.0*x316-1.0*x317-1.0*x318-1.0*x319-1.0*x320-1.0*x321
-1.0*x322-1.0*x323-1.0*x324-1.0*x325-1.0*x326-1.0*x327-1.0*x328
-1.0*x329-1.0*x330-1.0*x331-1.0*x332-1.0*x333-1.0*x334-1.0*x335
-1.0*x336-1.0*x337-1.0*x338-1.0*x339-1.0*x340-1.0*x341-1.0*x342
-1.0*x343-1.0*x344-1.0*x345-1.0*x346-1.0*x347-1.0*x348-1.0*x349
-1.0*x350-1.0*x351-1.0*x352-1.0*x353-1.0*x354-1.0*x355 .GE.-130.0

-1.0*x41 -1.0*x42 -1.0*x43 -1.0*x44 -1.0*x45 -1.0*x46 -1.0*x47
-1.0*x48 -1.0*x49 -1.0*x410-1.0*x411-1.0*x412-1.0*x413-1.0*x414
-1.0*x415-1.0*x416-1.0*x417-1.0*x418-1.0*x419-1.0*x420-1.0*x421
-1.0*x422-1.0*x423-1.0*x424-1.0*x425-1.0*x426-1.0*x427-1.0*x428
-1.0*x429-1.0*x430-1.0*x431-1.0*x432-1.0*x433-1.0*x434-1.0*x435
-1.0*x436-1.0*x437-1.0*x438-1.0*x439-1.0*x440-1.0*x441-1.0*x442
-1.0*x443-1.0*x444-1.0*x445-1.0*x446-1.0*x447-1.0*x448-1.0*x449
-1.0*x450-1.0*x451-1.0*x452-1.0*x453-1.0*x454-1.0*x455 .GE.-29.0

$x_{ij} \geq 0$: 整数

上記의 目的函數와 制約條件式에 대한 最適解의 感度分析은 큰 意味가 없기 때문에 最適解 導出과 感度分析은 생략하였다. 그러나 실제 문제를 適用할때는 정수계획법 (Integer programming)에 의거 解를 導出하고 單位量만큼의 破壞要求水準을 증가시켰을때의 損失費用의 增加와 i型 航空機 1臺를 더 配當했을 때의 限界貢獻度 (marginal contribution)는 感度分析을 통해 算定할 수 있으며 感度分析을 통해 算定된 結果에 의해 攻擊任務에 가장 適合한 航空機도 선정 가능하다.

4. 結 論

지금까지 多數의 目標에 대하여 要求되어지는 破壞水準의 目的을 達成하면서 損失費用을 最小化 할 수 있는 最適 航空機 割當模型을 導出하였고 本 研究模型에 실제 또는 가상추정 자료를 適用시켜 問題를 構成하여 보았다.

그러나 本 研究模型을 實際目標에 正確하게 適用하기 위해서는 다음 몇가지 課題들이 우선적으로 研究되어져야 할 것이다.

첫째, 敵 目標 및 浸透, 離脫 route에 대한 事前分析과 實驗 또는 위계임을 통한 正確한 目標別, 航空機別 破壞確率과 被擊確率が 算定되어야 한다.

둘째, 人的資源 (例, 操縱士)에 對한 費用 算定方法이 研究되어 損失費用 算定時 正確한 人的資源이 考慮되어야만 한다. 航空機는 經濟的인 여건만 고려된다면 短期間內에 購入 및 運營이 可能하다. 그러나 操縱士를 作戰可能하게 양성하기 위해서는 數年의 時間이 所要되기 때문에 때로는 操縱士損失이 航空機損失보다 戰爭의 勝敗에 더 決定的인 役割을 할 수 있다. 그러므로 操縱士 損失問題는 定量的 (費用) 側面보다 定性的的側面에서 보다 더 重要하

게 다루어져야 할지 모른다.

結論적으로 上記의 몇가지 課題들을 보완하여 本 研究模型에 固定目標攻擊을 위한 航空機 割當問題를 適用한다면 最小限의 損失費用으로 소기의 要望되어지는 破壞水準을 達成할 수 있으므로 制限된 航空戰力으로 早期에 戰爭을 終結짓는데 결정적인 役割을 할 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

1. 空軍本部, 空軍運用敎理, 서울: 空軍本部 1982
2. 國防大學院, 軍事運營分析, 서울: 國防大學院, 1985.
3. 編, Cost Analysis, 서울: 國防大學院, 1985.
4. 國防科學研究所, 武器體系 循期費用 算定 모델研究, 서울: 國防科學研究所, 1986.
5. 國防部, 武器體系 效果指數開發에 관한 研究, 서울: 國防部, 1977.
6. 閔啓了, OR研究(I), 서울: 石井, 1985.
7. 朴淳達, 線型計劃法, 서울: 大英社, 1983.
9. 國防大學院 編, ENGINEERING DESIGN HANDBOOK (I, II), 서울: 國防大學院, 1985.
10. 金應洙, “空對地 航空武器體系選定에 관한 研究”, 碩士學位論文, 國防大學院, 1984.
11. 李鍾勳, “特殊爆彈의 費用 對 效果分析에 관한 研究”, 韓國運營分析學會誌, Vol 2, No1, 1985.
12. F.A Lootsma, Numerical Methods for Non-linear optimization, New York Academic pres's, 1972.
13. GENE H. FISHER, Cost Consideration in System Analysis, New York:

American Elsevier Publishing Company INC, 1970.

14. Sauli Gass, Linear Programming, Maryland: McGraw-Hill INC, 1975.
15. Donald M, Simmons, Nonlinear Programming for Operations Research, New Jersey : Prentice-HALL INC, 1985.

16. U.S Department of Defence, Joint Munition Effectiveness Manual, Armament System INC, 1975

17. L.D, Bekovitz and Melvin, Dresher "Allocation of Two Types of Aircraft in Tactical Air War", Opns Res, 1960.