

韓國 軍事運營分析 學會誌
第 11 卷 第 2 號, 1985.12.

다중 방책 연구

조 덕 운*
이 상 용*

Abstract

The layered multi-barrier defense situation against penetrating enemy threat is analytically modeled towards minimizing the penetration probability. Each layer is characterized by probability of detection and probability of kill given detection. The two capabilities are assumed independent. Detection in a layer, however, affects detection performance in subsequent layers. The following three models were formulated and investigated: (1) 'Model A' permits increase of detection performance in only the next barrier, (2) 'Model B' permits the increase in all subsequent barriers linearly, and (3) 'Model C' expresses the increase in an asymptotic exponential way. The best and the worst barrier combinations are determined through model exercise and model performances are compared through sensitivity analysis for the 'intensification factor.'

I. 서 론

여러겹의 방어선으로 적의 공격을 저지, 격퇴하기 위한 노력은 오래전부터 계속되어 왔다.

방어선은 구성요소로 보아 두가지로 대별할 수 있다. 하나는 단지 저지물, 장애물만을 설치해 놓아 적의 공격을 지연, 차단 또는 저지하는 것으로 지뢰밭을 예로 들수 있다.

다른 하나는 적을 탐지하는 기능과 공격하여 살상시킬 수 있는 기능의 조합으로 이루어진 방어선이 그것이다. 예로써 서울을 지키기 위한 여러겹의 수도권 방어선이라든가, 아군의 해군기지를 적의 잠수함 공격으로부터 지키기 위한 다중 방책등을 볼 수 있다.

Nunn et al^[3]은 각 방책들이 독립이라는 가정하에 각 방책의 통과를 Markov chain으로 정형화하여 여러가지 결과를 얻

* 海軍士官學校

었다. 그러나 한 방책에서 침투세력을 탐지하였으되 살상시키지 못하여 통과되었다면 바로 다음 방책, 또 그다음방책에서 적을 탐지, 살상하기 위한 노력을 더욱더 증가할 것이며, 추가적인 무기 체계의 배치도 고려될 수 있는 것이다.

본 연구에서는 이러한 탐지 강화의 효과를 고려하여 3개의 다중 방책 모델을 구성하였다. 첫째 모델은 제한적 탐지 강화 모델로써 i 번째 방책에서 탐지를 했으나 살상시키지 못해 통과되었을 경우, 세번째 방책에서만 강화된 탐지 능력으로 탐지 활동을 하는 것이다. 두번째 모델은 전폭적 탐지 강화로 위와 동일한 상황하에서 $i+1$ 번째 이후의 모든 방책들의 탐지활동이 강화되는 것이다. 이 두 모델에서는 탐지강화의 증가를 선형적이라고 가정했는데 세번째 모델에서는 탐지 강화 효과를 지수적이라고 가정하였다.

일반적으로 각 방책에 배치되는 탐지 체계와 살상무기의 성능은 같지 않은데, 본 연구에서는 그러한 무기체계를 가지고 어떻게 배치하면 방어효과를 높일 수 있는냐에 관심을 가지고 연구하였다.

II. 모델의 수립

II.1 가정 및 기호

각 모델에 적용되는 기본적인 가정은 다음과 같다.

1. 방책의 효과는 탐지 확률과 살상 확률에 의해서 결정된다.
2. 탐지가 이루어져야 살상이 가능하므로 살상 확률은 조건부 확률이다.
3. 탐지 능력과 살상 능력은 독립적이다.

4. 방책 i 에서 살상시키지 못하고 통과되었을 때 방책 $(i+1)$ 에서 탐지 활동 강화는 즉각적으로 이루어져 시간이 소요되지 않는다.

5. 적의 후퇴는 방어에 성공한 것이므로 살상으로 간주한다.

모델을 수립하기 위하여 다음의 기호를 정의한다.

- i ; 방책의 번호 ($i=1, \dots, n$)
- D_i ; 방책 i 에서 탐지할 사상
- d_i ; 방책 i 에서 탐지할 확률
- K_i ; 방책 i 에서 살상시킬 사상
- e_i ; 방책 i 에서 살상시킬 확률
- α ; 탐지 활동 증강도 ($0.0 \sim 1.0$)
- $P(i)$; 방책 i 를 통과할 확률

II.2 모델 A (제한적 탐지 강화 모델)

이 모델은 서론에서 약속한 바와 같이 방책 $(i-1)$ 에서 적을 탐지하여 살상시키지 못하고 통과되었다면, 방책 i 에서 방책의 탐지 활동이 α 만큼 증강되는 것을 가정한 모델이다. 즉,

$$P(D_i | D_{i-1}) = (1 + \alpha) d_i \dots \dots \dots (1)$$

단, $(1 + \alpha) d_i \leq 1.0$

이 모델은 넓은 지역에 방책이 설치되어 방책 사이의 간격이 크다면 $(i+1)$ 번째 이후의 방책들의 탐지 활동 강화에 충분한 자극이 되지 못할 수도 있다는데에 착안하였다. 다시 말하면 $(i-2)$ 번째 방책에서 적을 탐지하였거나 못하였거나는 무관하게 바로 앞 방책, $(i-1)$ 번째 방책에서의 적 탐지 여부만이 방책 i 의 탐지 활동 강화에 영향을 끼치게 된다.

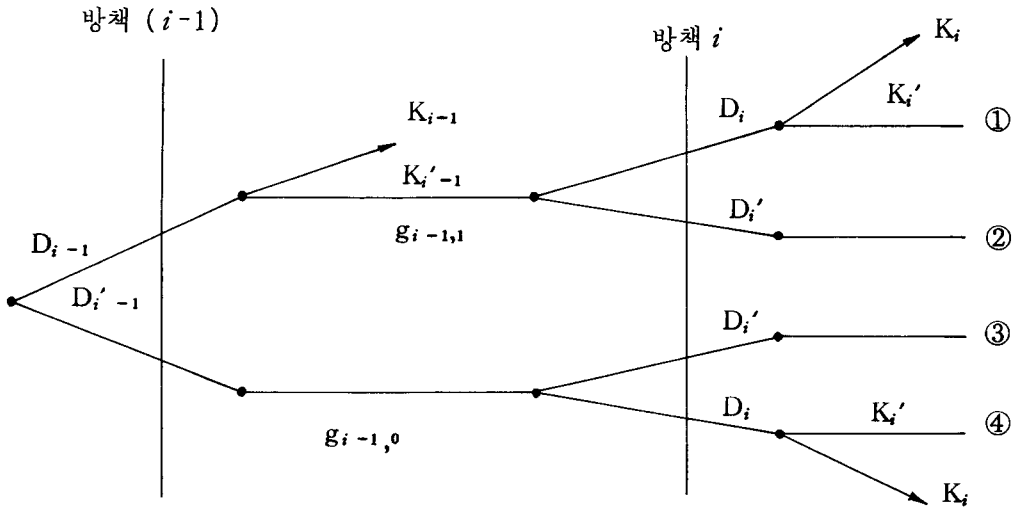


그림 1. 다중 방책 상황

방책 i 를 통과할 확률

$$P(i) = P(T_i | T_{i-1}) = P(T_i \cap T_{i-1}) / P(T_{i-1}) \dots\dots\dots (2)$$

이다. 이제 방책 $(i-1)$ 과 방책 i 가 모두 통과될 확률은 다음과 같은 사상으로 구성된다.

$$P(T_i \cap T_{i-1}) = P[D_{i-1}' \cap \{D_i' \cup (D_i \cap K_i')\}] + P[(D_{i-1} \cap K_{i-1}) \cap \{D_i' \cup (D_i \cap K_i')\}] = P[D_i' \cup (D_i \cap K_i') | D_{i-1}'] \cdot P(D_{i-1}') + P[D_i' \cup (D_i \cap K_i') | (D_{i-1} \cap K_{i-1})] \cdot P(D_{i-1} \cap K_{i-1}) = \{[1 - P(D_i)] + P(D_i) \cdot P(K_i')\} \cdot P(D_{i-1}') + \{[1 - P(\bar{D}_i)] + P(\bar{D}_i) \cdot P(K_i')\} \cdot P(D_{i-1} \cap K_{i-1}) \dots\dots\dots (3)$$

단, \bar{D}_i 는 방책 i 의 강화된 탐지사상

식 (3)을 식(2)에 적용하여 다시 쓰면, 방책 i 를 통과할 확률

$$P(i) = \{ (1-d_i) + d_i \cdot (1-e_i) \} \cdot \frac{P(D_{i-1}')}{P(T_{i-1})} + \{ [1 - (1+\alpha) d_i] + (1+\alpha) d_i (1-e_i) \} \cdot \frac{P(D_{i-1} \cap K_{i-1}')}{P(T_{i-1})} \dots\dots\dots (4)$$

이 된다. 그런데 방책 $(i-1)$ 과 방책 $(i-2)$ 는 무관하지 않다. 그림 1 에서 보는 바와 같이 $P(D_{i-1}')$ 은 ②와 ③에 해당되고, $P(D_{i-1} \cap K_{i-1}')$ 은 ①과 ④의 경우이다. 여기서 $P(D_{i-1}')$ 을 $g_{i-1,0}$ 라 놓고 $P(D_{i-1} \cap K_{i-1}')$ 를 $g_{i-1,1}$ 로 놓으면,

$$g_{i-1,0} = P(D_{i-1}') = P(D_{i-1}' / D_{i-2}') \cdot P(D_{i-2}') / P(T_{i-2}) + P(D_{i-1}' | D_{i-2} \cap K_{i-2}') \cdot P(D_{i-2} \cap K_{i-2}') / P(T_{i-2}) = (1-d_{i-1}) \cdot \frac{g_{i-2,0}}{P(T_{i-2})} + (1 - (1+\alpha) d_{i-1}) \cdot \frac{g_{i-2,1}}{P(T_{i-2})} \dots\dots\dots (5)$$

마찬가지 방법으로

$$g_{i-1,1} = P(D_{i-1} \cap K'_{i-1}) \\ = d_{i-1} \cdot (1 - e_{i-1}) \cdot \frac{g_{i-2,0}}{P(T_{i-2})} + \\ + (1 + \alpha) d_{i-1} \cdot (1 - e_{i-1}) \cdot$$

$$\frac{g_{i-2,1}}{P(T_{i-2})} \dots\dots\dots (6)$$

이 된다. 따라서 방책 i 를 통과할 확률을 식(5)와 식(6)으로 표시하면

$$P(i) = \{ 1 - d_i \cdot e_i \} \cdot \frac{g_{i-1,0}}{P(T_{i-1})} + \\ \{ 1 - (1 + \alpha) d_i e_i \} \cdot \frac{g_{i-1,1}}{P(T_{i-1})} \dots (7)$$

$$i = 2, 3, \dots\dots$$

$$P(1) = 1 - d_1 \cdot e_1 \dots\dots\dots (8)$$

$$g_{1,0} = 1 - d_1 \dots\dots\dots (9)$$

$$g_{1,1} = d_1 \cdot (1 - e_1) \dots\dots\dots (10)$$

이다. 방책 i 를 통과할 확률을 $P(i) = P(T_i | T_{i-1})$ 라 하고 방책을 모두 통과할 확률을 P_i 라 할때, 여러 무기 체계의 배열 중에서 P_i 가 제일 적은 것을 선택하면 된다.

이때

$$P_i = \prod_{j=1}^n P(j) \dots\dots\dots (11)$$

로 쉽게 증명된다.

II. 3 모델 B (전폭적 탐지 강화 모델)

이 모델은 넓지 않은 지역에 방책들이 설치되어 방책간의 간격이 좁아서 방책 i 에서 적을 탐지하였으나 살상시키지 못하여 통과되었다면 방책 i 이후의 모든 방책들의 탐지활동이 α 만큼 증강되는 경우의 모델이다. 즉,

$$P(D_i | D_{i-1}) = (1 + \alpha) d_i \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{단, } (1 + \alpha) d_i \leq 1.0$$

으로 모델 A와 동일하게 탐지 확률의 선형적 증가를 가정했다.

적이 방책 i 를 통과할 확률

$$P(i) = P(T_i | T_1 \cap T_2 \cap \dots \cap T_{n-1}) \\ = P(T_1 \cap T_2 \cap \dots \cap T_{i-1} \cap T_i) / P(T_1 \cap T_2 \cap \dots \cap T_{i-1}) \\ \dots\dots\dots (13)$$

이다.

방책 i 까지 모두 통과할 확률

$$P(T_1 \cap T_2 \cap \dots \cap T_{i-1} \cap T_i) \\ = P\{ (i \text{ 개의 방책이 모두 탐지 못함}) \cup (\text{방책 } i \text{에서 탐지, 살상 못함}) \cup (\text{방책 } i-1 \text{에서 탐지, 살상 못함}) \cup \dots \cup (\text{방책 } 2 \text{에서 탐지, 살상 못함}) \cup (\text{방책 } 1 \text{에서 탐지, 살상 못함}) \} \\ = P\{ D'_1 \cap \dots \cap D'_i \} + P\{ D'_1 \cap \dots \cap (D_i \cap K'_i) \} + P\{ D'_1 \cap \dots \cap (D_{i-1} \cap K'_{i-1}) \cap \bar{D}_i \} + \\ P\{ D'_1 \cap \dots \cap (D_{i-1} \cap K'_i) \cap (\bar{D}_i \cap K'_i) \} + \dots + P\{ D'_1 \cap (D_2 \cap K'_2) \cap \bar{D}_3 \cap \dots \cap \bar{D}_i \} + \\ P\{ D'_1 \cap (D_2 \cap K'_2) \cap \bar{D}_3 \cap \dots \cap (\bar{D}_i \cap K'_i) \} + \dots + P\{ D'_1 \cap (D_2 \cap K'_2) \cap (\bar{D}_3 \cap K'_3) \cap \dots \cap (\bar{D}_i \cap K'_i) \} + P\{ (D_1 \cap K'_1) \cap \bar{D}_2 \cap \dots \cap \bar{D}_i \} + \dots + P\{ (D_1 \cap K'_1) \cap (\bar{D}_2 \cap K'_2) \cap \dots \cap (\bar{D}_i \cap K'_i) \} \dots\dots\dots (14)$$

단, \bar{D}_i 는 방책 i 의 증강된 탐지 사상.

과 같이 사상을 이용하여 나타낼 수 있다. 이제 방책 i 까지 모두 통과할 확률

$$\begin{aligned}
P(T_1 \cap T_2 \cap \dots \cap T_i) &= \prod_{i=1}^{i-1} (1 - d_i) \cdot (1 - d_i e_i) + \sum_{k=1}^{i-2} \prod_{l=1}^{i-k-1} \pi (1 - d_l) \cdot d_{i-k} (1 - e_{i-k}) \prod_{m=i-k+1}^i \pi (1 - d_m^* e_m) \\
&+ d_1 (1 - e_1) \cdot \prod_{k=2}^i \pi (1 - d_k^* e_k) \\
& \quad i = 3, 4, 5, \dots \dots \dots (15)
\end{aligned}$$

$$P(T_1 \cap T_2) = (1 - d_1)(1 - d_2 e_2) + d_1 (1 - e_1) \cdot (1 - d_2^* e_2) \dots \dots \dots (16)$$

$$P(T_1) = 1 - d_1 e_1 \dots \dots \dots (17)$$

단, $d_i^* = (1 + \alpha)d_i$

이다.

따라서 방책을 모두 통과할 확률

$$P_i = P(T_1 \cap \dots \cap T_n)$$

이다.

II.4 모델 C (지수적 탐지 강화 모델)

모델 A와 모델 B에서는 각 방책의 탐지 활동의 강화를 일률적인 선형적 증가로 가정했다.

그러나, 탐지확률이 낮은 체계나 높은 체계나 일률적인 탐지활동의 선형적 증가는, 탐지확률이 낮은 체계는 약간의 노력에 의해서 많은 폭의 탐지율을 늘일 수 있음에 반해서 탐지확률이 높은 체계는 많은 노력을 기울여도 증가율이 크지 않은 바, 문제가 있다고 판단되었다. 따라서 탐지활동의 지수적인 강화를 생각하게 되었다.

지수적 탐지강화란 전폭적 탐지강화라는 가정하에서 그림 2와 같이 만일 동일한 탐지능력을 갖는 방책들이 있다면 방책이 거듭될수록 탐지강화 폭이 줄어들어, 탐지확률이 점차 1로 수렴해가는 것으로 규정했다.

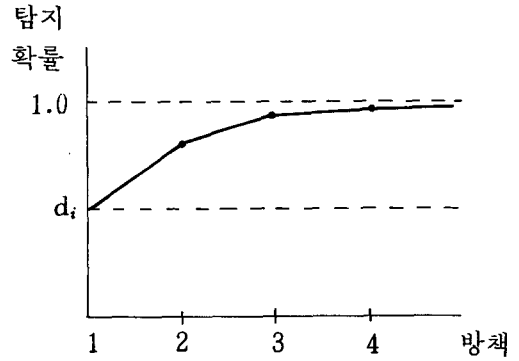


그림 2. 지수적 강화

문제는 어떤 지수강화 형태를 갖느냐이다. 실제의 자료를 수집해서 식을 도출하면 이상적인 것이나, 실제자료를 구할 수 없기에 여러개의 식을 놓고 탐지확률의 증가율을 고려하여 다음 식이 비교적 적합하다는 판단을 하였다. 방책 $(i-1)$ 에서 탐지하여 살상시키지 못했을 때, 방책 i 의 탐지확률

$$P(D_i | D_{i-1}) = 1 - (1 - d_i) e^{-d \cdot d_i \cdot i} \dots \dots \dots (18)$$

단, 탐지 능력이 모두 틀릴 때는

$$P(D_i | D_{i-1}) = 1 - (1 - d_i) e^{-\alpha d_i} \dots \dots \dots (19)$$

이다.

방책 n 개를 모두 통과할 확률은 모델 B와 전체적 탐지강화를 가정했으므로

$$P_i = \begin{cases} \prod_{k=1}^{n-1} (1 - d_k) (1 - d_n \cdot e_n) + \sum_{k=1}^{n-2} \sum_{l=1}^{n-k-1} \pi (1 - d_l) d_{n-k} (1 - e_{n-k}) \prod_{m=n-k+1}^n \pi (1 - d_m^* e_m) + d_1 (1 - e_1) \prod_{k=2}^n \pi (1 - d_k^* e_k) & n = 3, 4, 5, \dots \dots \\ (1 - d_1)(1 - d_2 e_2) + d_1 (1 - e_1) \cdot (1 - d_2^* e_2) & n = 2 \\ 1 - d_1 e_1 & n = 1 \dots \dots \end{cases} (20)$$

단, $d_i^* = 1 - (1 - d_i)e^{-\alpha \cdot d_i \cdot i}$

이다.

III. 모델의 연습

방책의 최적배열의 일반적인 원칙을 알아보기 위하여 다음과 같은 상황을 생각해 보았다.

방책의 수 ; 4

무기체계의 종류 ; 4

경우 1 ;

| | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| d_i | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| e_i | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |

경우 2 ;

| | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| d_i | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| e_i | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |

무기체계에 따른 경우는 두가지로 하였는데 경우 1은 탐지능력이 좋으면 그와 유사하게 살상능력도 좋은 경우이고, 경우 2는 탐지능력과는 무관하게 살상능력이 각 방책마다 비슷한 경우이다.

위 상황에서 P_t 가 가장 적은 경우(최선) 2가지와 가장 클 경우(최악) 2가지를 구했다.

표 1. 최선 최악의 배열 (경우 1 ; 모든 $e_i = d_i$)

모델 A

| | | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| α | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| 최 선 | 2468 4682 | 2468 4682 | 2468 2486 | 2468 2486 |
| 최 악 | 8264 8426 | 8426 8264 | 8426 8264 | 8426 6428 |

모델 B

| | | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| α | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| 최 선 | 2468 4268 | 2468 4268 | 2468 4268 | 2468 2486 |
| 최 악 | 8642 8624 | 8642 8624 | 8642 8624 | 8642 6842 |

모델 C

| | | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| α | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| 최 선 | 6248 6428 | 4268 6248 | 4268 4628 | 4268 4286 |
| 최 악 | 8642 8624 | 8642 8624 | 8642 8624 | 6842 8642 |

표 2. 최선 최악의 배열 (경우 2 : 모든 $e_i = 0.5$)

모델 A

| | | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| α | | | | |
| 최 선 | 2684 4862 | 2864 8642 | 2864 8642 | 8642 2864 |
| 최 악 | 6428 8246 | 6248 6428 | 6248 6428 | 6248 6428 |

모델 B

| | | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| α | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| 최 선 | 8642 8624 | 8642 8624 | 8642 8624 | 8642 8624 |
| 최 악 | 2468 4268 | 2468 4268 | 2468 4268 | 2468 4268 |

모델 C

| | | | | |
|----------|------|------|------|------|
| α | | | | |
| 최 선 | 6842 | 8642 | 8642 | 8642 |
| | 6824 | 8624 | 8624 | 8624 |
| 최 악 | 2468 | 2468 | 2468 | 2468 |
| | 2648 | 2648 | 2648 | 2648 |

단, 2468은 탐지능력이 0.2 0.4 0.6 0.8의 순으로 배치되었음을 뜻함.

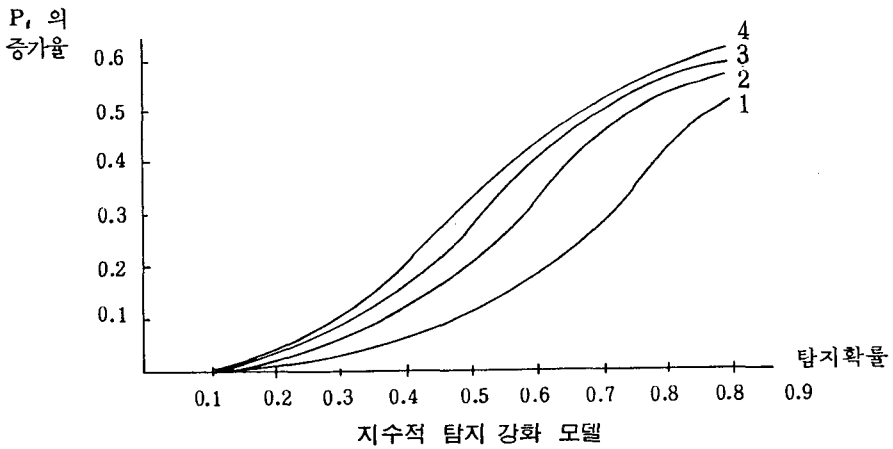
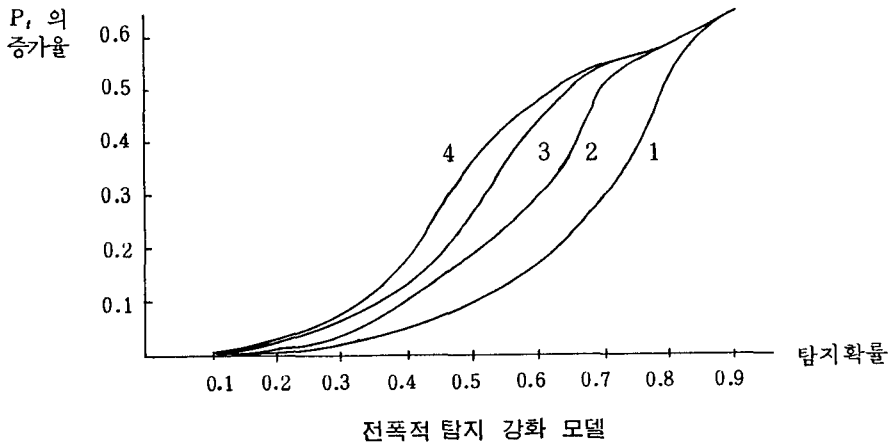
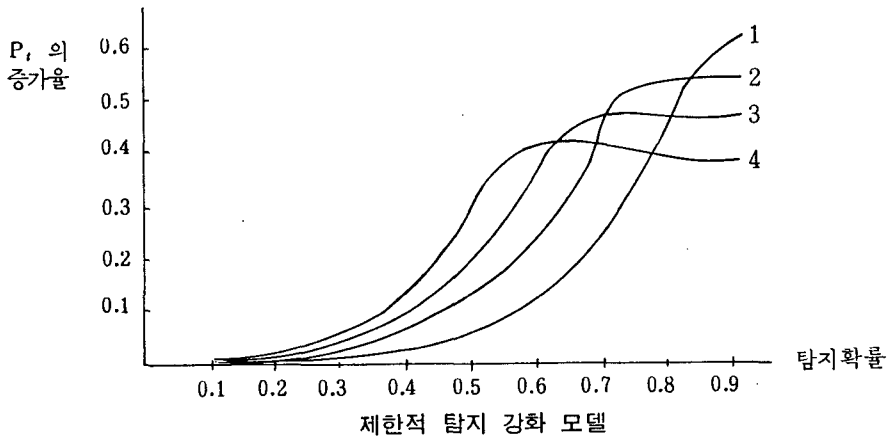
표 1 (경우 1)에 보인 모델 A에서의 최선의 정책들은 대체로 탐지능력이 커져가는 순서로 배치된 것이었다. 표에서 α 가 적은 경우에는 4682 배열도 탐지능력이 적게 나타났으나 일반적으로 증가순의 배열이 우수함이 드러났다. 그런데 최악의 정책들은 다중 방책의 처음과 끝에 탐지능력이 좋은 것을 배치하고 가운데에 나쁜 것이 있는 경우였다. 이러한 현상은 표 2 (경우 2)의 모델 A의 최악 경우에서도 보이는데 이것은 모델 A의 가정, 즉 어떤 방책은 바로 앞의 방책의 탐지 효과에만 영향을 받는다는 가정 때문으로 분석된다. 경우 2에서 모델 A는 탐지강화도가 커지면 경우 1과 반대로 탐지능력이 작아지는 순서로 배치하는 것이 최선이다.

모델 B는 경우 1에서 가장 좋은 정책은 모델 A와 마찬가지로 2468의 형태를 지니지만 그다음 좋은 정책들의 일반적인 경향은 보이지 않았다. 최악의 경우는 탐지능력이 적어져가는 순서로 배치된 것인데 이는 $e_i = d_i$ 에서 기인된 것이다. 그런데 이러한 모델 B의 경우 1에서의 최악의 정책은 경우 2에서는 최선의 정책이 된다. 이는 모델 B의 전폭적 탐지강화의 가정으로보아 지극히 당연하다. 경우 2의 모델 B에서 최선의 정책과 최악의 정책이 대칭적이다.

표 1에서 α 가 큰 경우에 모델 B와 모델 C의 최선 정책은 맨 앞 두 방책의 순서가 24가 42로 바뀐 것을 볼 수 있다. 이것은 모델 C에서 탐지능력이 낮은 것의 강화율이 탐지능력이 높은 것의 강화율보다 크다는 가정에 의한 것으로 판단된다. 최악의 경우는 모델 B나 모델 C가 거의 차이가 없었고, 경우 2에서 α 가 0.4 이상이면 모델 B와 모델 C의 최선의 정책은 같았는데 이것은 모델 C에 전체적 탐지강화의 가정이 포함되어 있기 때문이다. 또한 표 2는 살상확률이 0.5인 경우로 한정했지만 살상확률이 0.1에서 0.9인 다른 경우에도 일반적으로 위의 표 2와 일치한 결과를 나타내었다. 이것을 표 3에 요약했다.

표 3. 모델 연습의 결과 요약

| 정 모 델 | 경 우 책 | 경우 1 ($e_i = d_i$) | 경우 2 ($e_i = 0.5$) |
|-------------|-------------|---------------------------------------|-------------------------|
| 모 델 A | 최선 | 탐지능력의 증 가순 | 탐지능력의 감 소순 |
| | 최악 | 방책 처음과 끝 에 좋은 체계, 가운데 나쁜 체 계 | 경우 1 과 동일 |
| 모 델 B | 최선 | 일반적은 아닌 증가순 | 감소순 |
| | 최악 | 감소순 | 증가순 |
| 모 델 C | 최선 | 모델 B와 처음 두 방책의 순서 가 바뀐 증가순 | 감소순 |
| | 최악 | 감소순 | 증가순 |



그래프 번호

- | | |
|---------------|---------------|
| 1 ; 0.0 → 0.2 | 3 ; 0.0 → 0.6 |
| 2 ; 0.0 → 0.4 | 4 ; 0.0 → 0.8 |

그림 3. α 의 변화에 따른 P_t 의 증가율

그리고 α 의 증가가 방책 전부를 통과할 확률 P_i 에 어떤 영향을 미치는가를 알아보았다. 각 모델들을 비교하기에 편리하도록, 방책의 수는 4개로 하고, 탐지확률과 살상확률을 모든 방책이 같다고하여 0.1에서 0.9까지 변화시켰고, α 를 0.0에서 0.2, 0.0에서 0.4, 0.0에서 0.6, 0.0에서 0.8로 증가시켜서 그래프를 얻었다. 그림 3에서 제한적 탐지 강화 모델은 일반적으로 탐지확률이 크고, 탐지강화율이 0.0에서 0.4 이상으로 증가된 경우에 P_i 가 작아지는 제약성을 보였다. 전폭적 탐지 강화 모델은 탐지 확률이 0.7 이상인 경우에 α 의 증가에도 불구하고 P_i 가 같은 경우가 있었다. 이는 $(1+\alpha)d_i$ 가 1보다 적다는 제약에 기인한 것이다. 지수적 탐지 강화 모델은 탐지 확률이 큰 경우에 α 가 커져감에도 P_i 의 증가율이 거의 증가되지 않은 실제현상과 들어맞음을 보여준다. 따라서 모델 C의 적합성을 입증한다.

III. 결론 및 전망

본 연구에서 몇가지 모델을 수립하여 탐지 능력과 살상능력이 동일한 경우와 살상 능력이 탐지 능력과 관계없이 모두 0.5로

같은 상황을 가지고 최적배열과 피해야할 방책 배열의 경우를 보았다. 방책들의 앞부분에 탐지능력이 좋은 체계를 배치하고 방책의 뒷부분에 충분한 파괴능력을 지닌 체계를 배치하는 것이 가장 좋다는 결론을 얻었다. 물론 모델 연습의 뒷부분에서 P_i 의 증가율에 의하면 모델 A가 제약을 지니고 있음이 사실이나 우리의 결론에 지장을 주지 못한다.

본 연구에서는 α 의 즉각적인 증강만을 생각하였으나 추가적인 탐지 체계의 배치라면 α 를 시간에 관한 함수로 고려할 수 있겠고, 다수의 적의 침입에 따른 탐지 능력 손실의 경우도 고려하여 war game의 주요 부분으로 발전시킬 수 있겠다.

참 고 문 헌

1. Naval Science Department, U.S., N.A., Annapolis, "Naval Operations Analysis, . . . Naval Institute Press, 1972.
2. R.V. Hogg & A.T. Craig, "Introduction to Mathematical Statistics," 4th ed, Macmillan Publishing Co., 1978.
3. W.R. Nunn et al, "Analysis of Layered Defense Model," *Operations Research*, Vol 30, No. 3, pp. 595-599, 1982.