

해안선 정찰 헬기 운용에 관한 연구

오동환¹, 오동진^{2*}

¹육군 지상작전사령부, ²국방대학교 국방관리학과

A study on How to Operate the Coast Line Patrol Helicopters

Dong Hwan Oh¹, Dongjin Oh^{2*}

¹Ground Operations Command, Korea Army

²Department of Defense Management, Korea National Defense University

요약 본 연구는 해안 감시 공백 최소화를 위한 해안선 정찰 헬기 운용방안을 연구하였다. 공기부양정 등 고속침투수단을 활용한 적의 해안 침투상황을 가정하여, 이를 탐지하는 정찰 헬기의 운용방법을 Barrier Patrol Model(BPM)로 제시하였다. BPM에 대한 수학적 분석 및 시뮬레이션 모델을 제시하였으며, 시뮬레이션 실험은 헬기 1대와 2대 운용으로 구분하여 실시하였다. 특히 헬기 2대 운용 시 최적의 운용방안을 도출하기 위해 다양한 Test Case를 실험하였다. 정찰 구역을 이분화한 경우(Split), 중간지점에서 일부분을 중첩하여 정찰하는 경우(Overlap), 정찰 구역 크기를 3개 형태(Big, Medium, Small)로 구분하여 2개씩 조합(Combination)하는 경우 등이다. 실험결과로, 먼저 선박의 침투정보가 없을 때는 정찰 구역을 이분화한 형태(Split)가, 침투정보가 있을 때는 조합운용(Medium & Small) 방법이 가장 효과적이었다. 또한 중첩(Overlap) 크기별 탐지율은 선박 침투정보가 없을 경우 중첩 크기가 10%일 때, 선박 침투정보가 있을 경우 중첩 크기가 50% 일 때 가장 효과적이었다. 마지막으로 침투정보의 정확도가 높을 때는 조합운용(Small & Small)이, 정확도가 낮을 때는 정찰 구역을 이분화한 형태(Split)가 가장 효과적이었다. 향후 연구 방향은 다수의 정찰 헬기 운용 시 적정 운용 대수 산출, 탐지 여부에 대한 확률적 적용, 구간 정찰이 아닌 구역 정찰시 탐지율 변화분석 등이 될 것이다. 본 연구는 감시해야 할 해안선 전 지역에 대한 정찰 헬기 운용계획 수립에 활용될 수 있을 것이다.

Abstract This research found the operational strategies for the coastline patrol helicopters to minimize the coast guard blank. In particular, the Barrier Patrol Model (BPM) was used to find the operational strategies for these coastline patrol helicopters that detect the enemies infiltrating the shore in a high-speed penetrating craft such as an air-boosting boat. The BPM was simulated mathematically using its simulation prototypes. Specifically, the BPM simulation was conducted for one and two coastline patrol helicopter(s). In addition, various test cases were used in the two-helicopter BPM simulations. These test cases were as follows: (i) dividing the patrol area into two patrol areas (split) and patrolling them with two helicopters, respectively, (ii) patrolling these two patrol areas with two helicopters, respectively, under an overlapping patrol by these two helicopters in the adjoining regions of these areas (overlap), and (iii) dividing the patrol area into three types (big, medium, and small) and conducting the patrol with their combinations for the two helicopters (leading to six patrol-area-type combinations). Notably, the BPM simulations showed that the two-helicopter patrol with a patrol-area-type combination of medium and small was the most effective among all the simulations when the infiltration information of the ship was provided. Otherwise, the split method was the most effective. In addition, the infiltration detection rate was the highest under an overlap size of 10 % when the infiltration information of the ship was not provided. On the other hand, the infiltration detection rate was the highest under an overlap size of 50 % when the infiltration information of the ship was provided. Further, the two-helicopter patrol with a patrol-area-type combination of small and small was the most effective among all the simulations when a high-accuracy infiltration-information of the ship was provided. On the other hand, the split method was the most effective among all the simulations when a low-accuracy infiltration-information of the ship was provided. Subsequently, future research on these BPM simulations should include the following: calculation of the appropriate number of coastline patrol helicopters when operating multiple of them, probabilistic detection of infiltration, and the analysis of the changes in the infiltration detection rate under the area patrol compared to the section patrol. In essence, this research can be used to establish the patrol helicopters' operational strategies for the entire coastline.

Keywords : Coast Guard, Modeling & Simulation, Probability of Detection, Helicopter, Barrier Patrol

*Corresponding Author : Dongjin Oh(Korea National Defense Univ.)

email: dongjinh64@gmail.com

Received March 24, 2022

Revised April 12, 2022

Accepted June 3, 2022

Published June 30, 2022

1. 서론

범부처 인구정책 태스크포스(TF)에 따르면 20세 남성 인구는 2021년 33만 2,000명에서 2022년 25만 7,000명으로 줄어들고, 이에 따라 국방부는 지난해 말 57만 9,000명인 병력을 2022년 말 50만 명으로 감축할 계획이다[1]. 또한 국방부의 '2022 ~ 2026 국방중기계획'에 따르면 육군은 상비군 급감에 따라 2개 군단과 2개 사단을 해체(2026년)할 계획이다[2]. 출산을 저하 등 여러 가지 요인으로 인해 현역병으로 의무 복무할 청년 인구가 급감하고 있고, 현역병 복무기간도 점진적으로 단축되어 왔기 때문에 국방중기계획에서의 군단 및 사단의 부대 수 감소는 예정된 수순으로 보인다. 이러한 상황 속에서 국방부는 관광 활성화, 국민불편 해소 등의 목적으로 2021년까지 해-강안 경계철책 413km 중 284km와 해안초소 483개를 포함한 8299개의 군사시설을 철거할 계획이다[3]. 해-강안 경계작전을 수행할 병력과 부대 수가 줄어들고 경계철책과 해안초소는 점진적으로 철거됨에 따라 군의 감시 부담이 증가되는 것은 당연해 보인다. 이를 방증하듯, 2020년 5~6월 태안 지역에서 군 감시망을 뚫고 다수의 중국인이 선박으로 2차레나 밀입국한 상황이 있었고, 2019년 6월에는 북한 소형 목선이 삼척항으로 아무런 제재 없이 입항한 사건은 많은 국민들에게 실망감으로 안겨주었다. 해안 감시 공백을 보강하기 위해 해안선을 따라 정찰 헬기 (또는 무인기)를 운용하는 것은 하나의 대안이 될 수 있다. 본 논문은 선박을 활용하여 해상에서 해안으로 적이 침투하는 상황을 가정하여, 해안선 정찰 헬기 운용방법에 대한 모델을 제시하고 탐지 확률을 극대화할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 관련 연구

탐지이론(Search & Detection Theory)은 2차 세계 대전 시 연합군이 독일군의 U-boat에 대응하기 위해 필요성이 대두되었고, 1946년 Koopman이 탐색이론과 관련된 논문을 발표함으로써 학문적으로 태동하였다[4]. 이후 Koopman은 탐색자와 표적과의 운동학적 관계를 기반으로 연구결과를 제시하였고[5], 표적탐지에 대한 확률분포[6]와 탐색자 수 및 탐색시간 등으로 정의되는 탐색 노력별 최적 탐색분포도를 제시하였으며[7], Iida는 움직이는 표적에 대한 탐색 노력의 최적 분포를 제시하기도 하였다[8]. Brown은 이산적인 시간과 공간에서 움

직이는 표적에 대한 최적 탐색방법을 제시하였고[9], Washburn도 움직이는 표적에 대해 FAB(Forward and Backward) 알고리즘으로 탐색방안을 제시하였다[10]. Eagle은 탐색 경로에 제약이 있을 때 움직이는 표적을 어떻게 찾을 것인가에 대한 최적 알고리즘을 제시하였다[11].

군사적 탐지에 대한 국내 연구는 수상함이 적 잠수함을 탐지하기 위한 탐색패턴 연구[12], 대잠수함전 의사결정 지원을 위한 표적탐색 논리연구[13], 정지형 수중 표적을 탐지하기 위한 수중무인체계의 효율적인 탐색 방법 연구[14] 등 해양탐색 분야 연구가 있어왔다. 또한 정찰 드론의 최적 경로 탐색 알고리즘을 개발하여 시뮬레이션 결과를 제시한 연구도 있었고[15], 무인기의 생존성을 고려한 감시정찰 임무 경로 탐색에 대한 연구[16,17], 행위자 기반 모델을 활용하여 탐색문제를 모델화하고, 이를 마코프 의사결정을 통해 최적의 탐색방안을 도출한 연구도 있었다[18].

살펴본 바와 같이 탐지에 관련된 많은 연구가 있었고 이를 바탕으로 해안선 정찰 헬기 운용 시 최적 운용방안을 제시하고자 한다. 논문의 구성(Fig. 1)은 먼저 Barrier Patrol Model(BPM)을 제시하고 이를 수학적으로 분석한 후 정찰 헬기의 탐지확률을 최대화하기 위한 알고리즘을 구현하고자 한다. 이 알고리즘을 활용하여 몇 가지의 사례를 분석하여 결론을 제시하고자 한다.

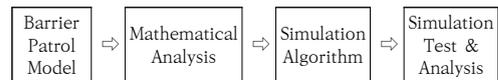


Fig. 1. Study flow chart

3. Barrier Patrol Model

3.1 Barrier Patrol Model

다음과 같은 상황을 상상해 보자(Fig. 2). 수집된 정보에 따르면 적은 선박을 활용하여 해안선으로 침투할 예정이다. 이에 따라 아군은 침투하는 적 선박을 탐지하기 위해 헬기 2대를 투입하여 해안선 일대를 수색정찰 중이다. 과연 우리는 해안선 정찰에 투입할 헬기 2대를 어떤 방식으로 운용해야 침투하는 적 선박을 가장 효율적으로 탐지할 수 있을까? 적 선박의 침투 가능성이 높은 지역에 대한 정보가 있는 경우와 그렇지 않은 경우를 상정하여 탐지확률을 높이기 위해 헬기를 어떻게 운용해야 하는지 Barrier Patrol Model(BPM)을 제시하고자 한다.



Fig. 2. Fictional scenario of helicopter maritime patrol

일반적으로 탐색모델의 형태는 탐색하는 시간과 공간을 연속적(continuous) 또는 이산적(discrete)으로 가정했으나에 따라 구분될 수 있고, 탐색자의 수에 따라 단수 탐색(single searcher) 모델과 복수탐색(multiple searcher) 모델로 구분할 수 있다. 또한 표적의 이동상태에 따라 정지된 표적(stationary target) 모델과 이동 표적(moving target) 모델로 구분하고, 탐색자의 탐색 경로에 따라 표적의 이동 방향이 변하는 탐색게임(search game) 모델과 표적의 이동 방향이 변하지 않는 단측탐색(one-side search) 모델로 구분할 수 있다[4].

본 논문에서 제시하는 BPM은 Fig. 3과 같이 묘사할 수 있으며, 연속적인 탐색 시공간에서, 복수의 탐색자가 이동하는 표적을 탐색하는 단측탐색 모델이다. BPM을 설명하기 위한 Notation은 다음과 같다. 여기서 탐지센서는 cookie-cutter 형태이며, 침투선박은 patrol barrier의 임의의 한 지점으로 침투한다고 가정한다.

Notations

- w : detection sensor sweep diameter
- v : helicopter patrol speed
- u : target ship speed (u close to u)
- d : patrol barrier distance($w < d$)

헬기는 길이가 d 인 patrol barrier를 속도 v 로 정찰하고 있으며, 이때 헬기 탐지센서의 탐지 직경은 w 이다. 적 침투 선박은 속도 u 로, patrol barrier 일대의 임의의 한 지점으로 침투를 시도하고 있다.

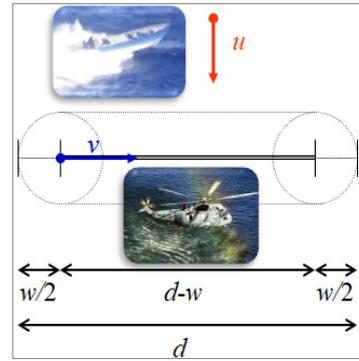


Fig. 3. Barrier patrol model

Fig. 3은 탐색자인 정찰 헬기도 움직이고 표적인 적 침투선박도 움직이고 있는 상황이다. 하지만 이것을 단순화시켜 침투하는 적 침투선박의 관점(정지된 상태)에서 보면 어떨까? Fig. 4와 같이 적 침투선박의 관점에서 보면, 적 침투선박의 속도벡터와 정찰 헬기의 속도벡터의 합인 속도 \tilde{v} 로 움직이는 정찰 헬기의 형태로 표현될 수 있다.

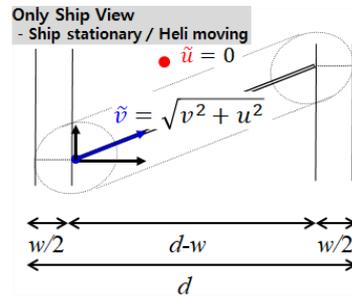


Fig. 4. Barrier patrol model at ship view

침투하는 적 선박에 대해 정찰 헬기가 탐색하는 전체적인 모습은 Fig. 5와 같이 묘사될 수 있다. 침투선박은 정찰 헬기가 정찰하는 구간 중 임의의 한 지점으로 침투할 수 있고, 침투선박이 Barrier patrol leg 내부(red section)에 있을 때만 탐지가 되는 것이다. 다시 말하면, 정찰 헬기는 blue square box에서 침투선박을 임의 탐색하는 것으로, red section에 침투선박이 있을 경우에 탐지되는 것이다.

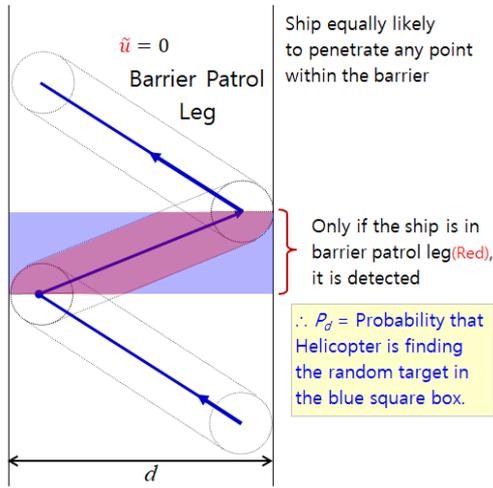


Fig. 5. Barrier patrol leg

3.2 Mathematical Analysis

앞에서 제시한 BPM에서 적 침투선박에 대한 탐지 확률은 어떻게 구할 수 있을까? Fig. 5에서 제시한 Barrier patrol leg를 활용하여 수학적 분석을 통해 탐지 확률 P_d 를 구하고자 한다. 적 침투선박 1대에 대해 해안선 정찰 헬기 1대가 탐지하는 상황을 가정하여 수학적으로 분석하였다.

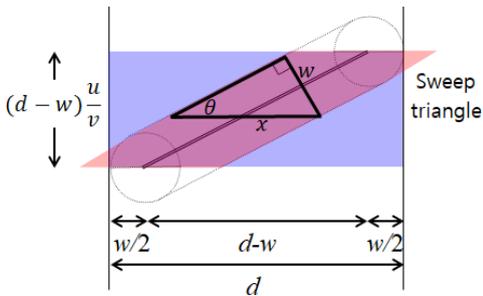


Fig. 6. Mathematical analysis 1

$$\frac{x}{w} = \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{u} = \sqrt{1 + \left(\frac{v}{u}\right)^2} \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow x = w \sqrt{1 + \left(\frac{v}{u}\right)^2} \quad (2)$$

Fig. 6에서 보는 바와 같이, Sweep triangle에서 $\frac{1}{\sin\theta}$ 값은 $\frac{x}{w}$ 이며, Speed triangle에서 $\frac{\tilde{v}}{u}$ 과 같다. 따라서 x 는 Eq.(2)와 같이 얻을 수 있다.

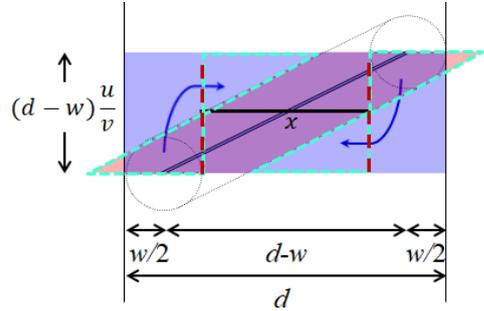


Fig. 7. Mathematical analysis 2

$$P_d = \frac{\text{Swept Area}}{\text{Search Area}} = \frac{x(d-w)\left(\frac{u}{v}\right)}{d(d-w)\left(\frac{u}{v}\right)} = \frac{x}{d} \quad (3)$$

$$\Leftrightarrow P_d \approx \frac{w}{d} \sqrt{1 + \left(\frac{v}{u}\right)^2} \quad (4)$$

Fig. 7에서 보는 바와 같이, 정찰 헬기가 적 침투선박을 탐지할 확률 P_d 는 전체 Search area(blue square box) 중에서 Swept area(red section)이며, 식 Eq.(4)와 같이 근사값으로 얻을 수 있다. 이 근사값은 양쪽 대각선 끝 부분의 넓이가 더 계산되었기 때문에 실제 탐지율보다 다소 크게 근사화되었다고 할 수 있다.

3.3 Simulation Algorithm

앞에서 제시한 수학적 분석은 적 침투선박 1대에 대해 해안선 정찰 헬기 1대가 탐지하는 상황을 가정한 분석으로 다양한 상황에 적용하기에는 제한적이다. 따라서 다양한 시나리오를 상정하여 최적의 해안선 정찰 헬기 운용방안을 모색하기 위해 Simulation algorithm을 제시하고자 한다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이, 먼저 적 침투선박과 이를 탐지하는 해안선 정찰 헬기의 최초 위치를 생성하고, 적 침투선박의 최초 속도도 생성한다. 정찰 헬기가 일정한

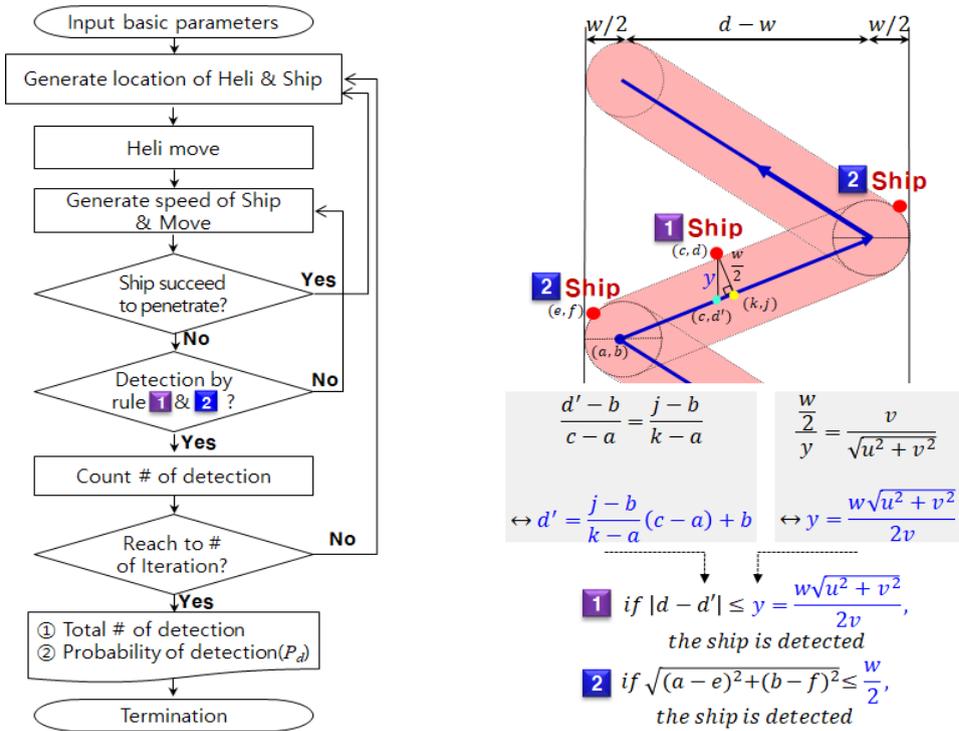


Fig. 8. Simulation algorithm

속도로 정찰하면서, 탐지하지 못하면 적 침투선박은 새로운 속도로 침투를 계속하게 된다. 탐지조건 1과 2에 부합될 경우 탐지되는데, 그 조건은 Fig. 8의 우측 그림과 같이 Barrier patrol leg 내부에 적 침투선박이 있을 경우이다. 설정해놓은 Iteration 조건에 도달하면 시뮬레이션은 종료되고 총 탐지횟수와 탐지율을 얻게 되는 알고리즘이다.

4. 사례분석

4.1 Test Cases

최적의 해안선 정찰 헬기 운용방안을 모색하기 위해 다양한 시나리오를 구성하였다. 먼저 사례분석을 위한 Test bed로, 해안선 정찰 헬기는 길이가 $d = 200nm$ 인 patrol barrier를 속도 $v = 90knots$ 로 정찰하고, 이때 헬기 탐지센서의 탐지 반경은 $w = 20nm$ 이며 적 침투선박은 속도는 $u = 30 \sim 50knots$ (임의 값)로 patrol barrier의 임의 지점으로 침투한다고 가정하였다.

적 침투선박의 침투위치는 Fig. 9와 같이 가용한 정보 유무에 따라, 정보가 없다고 가정한 경우에는 Patrol

Barrier 어느 지점이든 동일한 확률로 침투하는 *Uniform*(0, 200)으로 분포시켰고, 정보가 있다고 가정한 경우에는 Patrol Barrier 특정 지점에서 침투 확률이 높게 나타나도록 *Normal*(100, 33.3)으로 분포시켰다.

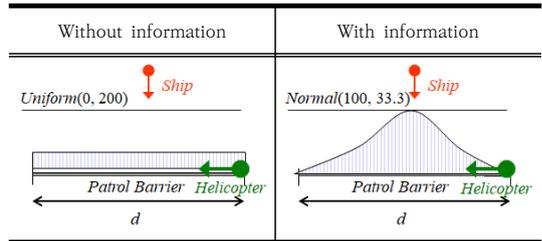


Fig. 9. Infiltration point of ship based on information

또한 해안선 정찰 헬기가 1대만 가용할 경우와 2대가 가용할 경우로 나누었는데, 2대의 헬기가 가용한 경우에는 Fig. 10과 같이 최적의 운용방안을 도출하기 위해 다양한 Test Case를 개발하였다. 2개 정찰 구역으로 나눈 경우(Split), 중간지점에서 일부분을 중첩하여 정찰하는

경우(Overlap), 정찰 구역 크기를 3개 형태(Big, Medium, Small)로 구분하여 2개씩 조합(Combination)하여 총 6가지 형태¹⁾로 정찰하는 경우이다. 여기서 Big은 Barrier patrol 구간의 100%를, Medium은 70%를, Small은 35%를 정찰한다고 가정하였다. Combination의 예를 들면 1번 헬기는 Barrier patrol 전 구간을 정찰(Big)하고, 2번 헬기는 Barrier patrol의 중간구역을 집중하여 정찰(Small)하도록 조합하는 경우이다.

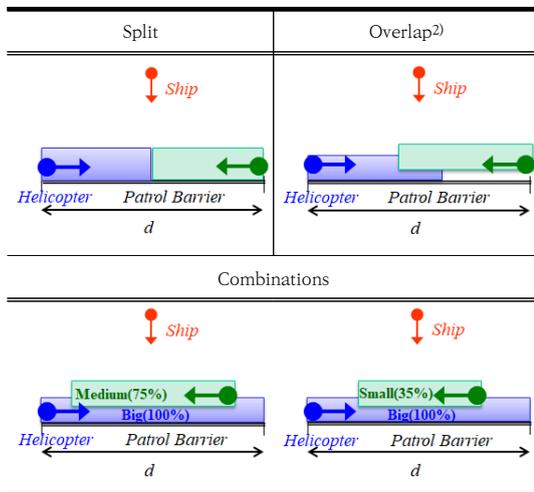


Fig. 10. Test cases based on helicopter's patrol

4.2 Simulation Tests

앞에서 제시한 Test Cases에 대해 FICO Xpress Optimizer (Ver. 36. 01. 03)를 활용하여 시뮬레이션을 시행하였으며, 10만 회의 반복실험을 통해 탐지율을 산출하였다.

4.2.1 선박 침투정보 유무별 탐지율 분석

선박 침투에 대한 정보 유무를 구분하여 각 Test case별 실험을 통해 정찰 헬기의 최적 운용방안을 도출하였다. Fig. 11에서와 같이, 선박 침투정보가 없을 경우 평균 탐지율은 0.381이나, 정보가 있을 경우에는 평균 탐지율이 0.517로 약 13.6% 증대되었다.

정찰 헬기 운용방안 측면에서 보면, 선박 침투정보가

- 1) 조합운용(Combination)의 6가지 형태는 Big & Big, Big & Medium, Big & Small, Medium & Medium, Medium & Small, Small & Small이다.
- 2) 중첩(Overlap)의 크기는 d 의 20%로 적용하였다.

없을 경우에는 Patrol barrier를 2개 구역으로 나누어 정찰(Split)하는 방안이 가장 효과적이었다. 정찰 헬기 2대 운용이 1대 운용 보다 효과적이지만, 일부 정찰 구역을 조합한 형태(Med & Small, Small & Small)에서는 탐지율이 평균 탐지율보다 낮아서 효율성이 감소되는 현상이 관측되었다. 한편, 정찰 헬기 1대 운용시 탐지율은 0.234로, 실제 탐지율 보다 큰 값으로 근사화되는 Mathematical Analysis로 계산된 탐지율(0.251)과 유사한 바, 수학적 분석과 시뮬레이션이 거의 일치됨을 알 수 있었다.

선박 침투정보가 있을 경우에는 침투 가능성이 높은 지역에 정찰이 중첩되도록 정찰 헬기를 조합 운용(Med & Small)하는 것이 가장 효과적이었다. 전체적으로도 2개 정찰 구역으로 나누는 것(Split) 보다 중첩운용(Overlap) 또는 조합운용(Combination)이 보다 효과적 인 양상을 보였다.

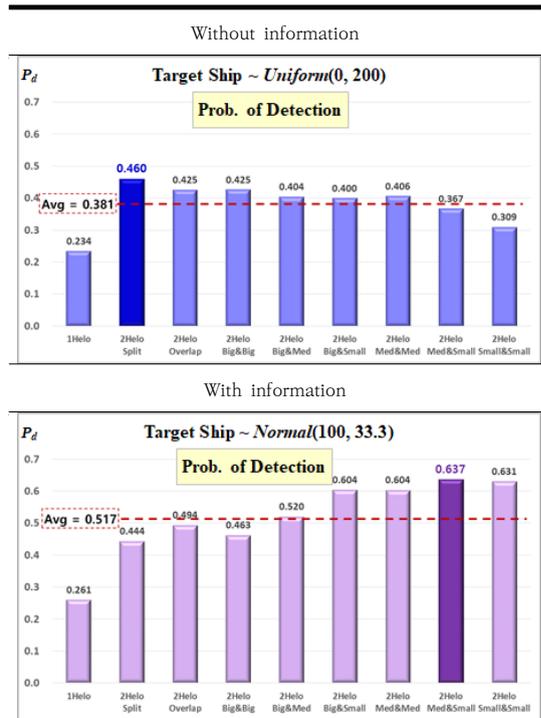


Fig. 11. Probability of detection based on information

4.2.2 중첩(Overlap) 크기별 탐지율 분석

해안선 정찰 헬기의 최적 운용방안 도출을 위한 다양한 Test Cases 중에서, 2개 정찰 구역으로 나누되 중간

구역에서 중첩(Overlap)하여 정찰하는 방안을 제시하였다. 그렇다면 이러한 중첩의 크기는 어느 정도일 때 가장 탐지율이 높을까?

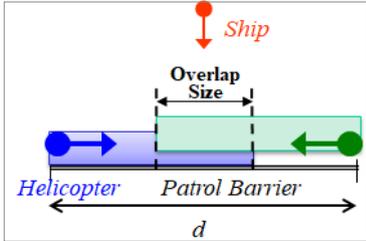


Fig. 12. Concept of overlap size

Fig. 12와 같이 중첩 크기(overlap size)는 Patrol Barrier 길이 d 의 백분율로 정의하였다. 예를 들어 $d = 200nm$ 인 경우, 중첩 크기가 10%라면 정찰 중첩 구간은 $20nm$ 이 되는 것이다. 중첩 크기를 10 ~ 90%까지 구분하여 실험하였으며, 그 결과는 Fig. 13과 같다.



Fig. 13. Probability of detection based on both information and overlap size

선박 침투정보가 없을 경우 중첩 크기에 따른 평균 탐지율은 0.420이나, 정보가 있을 경우에는 0.504로 탐지율이 높았다. 선박 침투정보가 없는 경우에는 중첩 크기가 10%일 때 탐지율이 0.449로 가장 높았으며, 중첩 크기가 아주 크거나 작을 경우(양 끝단) 탐지율이 증가하는 경향을 보였다. 선박 침투정보가 있는 경우에는 중첩 크기가 50%일 때 탐지율이 0.522로 가장 높았으며, 선박 침투정보가 없을 경우와는 반대로 중첩 크기가 아주 크거나 작을 경우(양 끝단) 탐지율이 감소하는 경향을 관찰하였다.

4.2.3 선박 침투정보 정확도에 따른 탐지율 분석

적 침투상황에 대한 첩보입수, 침투 경로상에 자연조건 등으로 인해 특정 구역으로의 침투 확률이 높다면 우리는 정찰 헬기를 어떻게 운용해야 할까? 이와 반대로, 특정 구역으로의 침투 가능성에 대해 정확한 정보를 획득할 수 없다면 정찰 헬기를 어떻게 운용해야 할까?

이러한 침투정보 정확도에 따른 정찰 헬기 운용방안을 모색하기 위해, Fig. 14와 같이 분산의 크기를 20 ~ 80까지 구분하여 실험을 시행하였다. 정확한 침투정보를 획득한 경우에는 분산을 작게하여 특정 구역으로 침투할 가능성이 높도록 실험 조건을 설정하였다. 또한 정확한 침투정보를 획득하지 못한 상황에 대해서는 분산을 크게하여 patrol barrier 전 지역에서 비교적 고르게 침투할 수 있도록 실험 조건을 설정하였다.

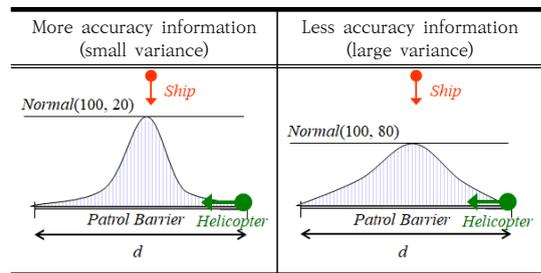


Fig. 14. Concept of information accuracy

Fig. 15와 같이 선박 침투정보 정확도가 높을수록 탐지율은 증가하였는데, Fig. 11에서 제시한 모든 정찰 헬기 운용방안을 적용해보니 분산의 크기가 20일때 평균 탐지율은 0.575이었으며, 분산의 크기가 80으로 침투정보 정확도가 낮은 경우에는 평균 탐지율이 0.329로 감소하였다.

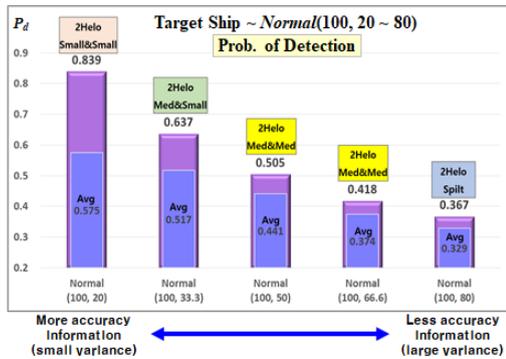


Fig. 15. Probability of detection based on information accuracy

한편, 선박 침투정보의 정확도에 따라 정찰 헬기 운용 방법의 변화가 필요했다. 즉, 침투정보의 정확도가 높은 경우에는 특정 구역에 정찰이 중첩(Small & Small)되도록 2대의 정찰 헬기를 조합운용(Combination)하는 방안이 탐지율 0.839로 가장 효과적이었다. 반면 침투정보 정확도가 낮을 경우에는 정찰구역을 2개 구역으로 나누어 2대의 헬기를 각각 운용하는 방안(Split)이 탐지율 0.367로 가장 효과적이었다.

5. 결론

본 논문은 해상에서 해안으로 적이 침투하는 선박을 탐지하기 위한 해안선 정찰 헬기 최적 운용방안을 연구하였다. 먼저 Barrier Patrol Model(BPM)을 제시하고, 이를 수학적으로 분석한 후 정찰 헬기의 탐지확률을 최대화하기 위한 알고리즘을 제시하여 다양한 사례분석을 통해 각 상황별로 정찰 헬기 최적 운용방안을 제시하였다.

해·강안 경계작전을 수행할 병력과 부대수는 줄어들고 경계철책과 해안초소는 점진적으로 철회됨에 따라 군의 감시부담이 증가되는 상황에서, 해안 감시공백을 보강하기 위해 해안선을 따라 정찰 헬기 (또는 무인기)를 운용하는 것은 하나의 대안이 될 수 있다. 본 논문에서 제시한 여러 상황별 정찰 헬기 최적 운용 방안은 해안선 정찰 헬기 운용계획을 수립시 참고될 수 있을 것이다.

본 논문과 관련하여 향후 연구방향은 다음과 같이 제시할 수 있겠다. 첫째, 본 논문에서는 정찰 헬기 운용을 2대까지만 고려하였으나, 다수의 정찰 헬기 운용에 따른 탐지확률 도출 및 정찰 헬기 적정 운용대수를 산출하는 연구가 필요하다. 둘째, 본 논문에서는 정찰 헬기의 침투

선박 탐지여부를 ‘탐지’ 또는 ‘미탐지’로만 구분하는 Cookie-Cutter 형태로 가정하였으나, 향후에는 탐지여부를 확률적으로 부여하는 Carleton 방식으로 가정하여 탐지확률 변화 도출 및 그에 따른 상황별 정찰 헬기 적정 운용 대수 산출이 필요하다. 셋째, 본 논문에서는 Barrier 개념의 구간 정찰만을 고려했으나, 향후에는 일정한 크기 형태의 구역을 정찰시 탐지확률 비교 연구도 필요해 보인다. 향후 후속 연구를 수행하는데 본 연구가 부디 밑거름이 되어 군 해안경계 작전에 도움이 되길 기대한다.

References

- [1] Lee, C. J., and Park, Y. H. Joongang Daily [cited 2020. Apr. 7.], Available from: <https://www.joongang.co.kr/article/23748690> (accessed Mar. 25, 2022).
- [2] Kim, J. H. Money Today [cited 2021. Nov. 25], Available from: <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2021112513112384435> (accessed Mar. 25, 2022).
- [3] Kim, K. Y. Edaily [cited 2020. Jun. 7.], Available from: <https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=01302166625799424&mediaCodeNo=257&OutLnkChk=Y> (accessed Mar. 25, 2022).
- [4] Koopman, B. O. Search and Screening, Operations Evaluation Group Report, No.56, Center for Naval Analysis, Alexandria, VA, USA, 1946.
- [5] Koopman, B. O. "The theory of search. I. Kinetic base.", Operations Research, Vol.4, No.3, pp.324-346, 1956. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.4.3.324>
- [6] Koopman, B. O. "The theory of search. II. Target detection.", Operations Research, Vol.4, No.5, pp.503-531, 1956. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.4.5.503>
- [7] Koopman, B. O. "The theory of search. III. The optimum distribution of searching effort.", Operations Research, Vol.5, No.5, pp.613-626, 1956. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.5.5.613>
- [8] Iida, K. "An optimal distribution of searching effort for a moving target.", Keiei Kagaku, Vol.16, pp.204-215, 1972.
- [9] Brown, S. S. "Optimal search for moving target in discrete time and space.", Operations Research, Vol.28, No.6, pp.1275-1289, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.28.6.1275>
- [10] Washburn, A. R. "Search for a moving target: The FAB algorithm.", Operations Research, Vol.31, No.4,

- pp.739-751, 1983.
DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.31.4.739>
- [11] Eagle, J. N. "The optimal search for moving target when the search path is constrained.", Operations Research, Vol.32, No.5, pp.1107-1115, 1984.
DOI: <https://doi.org/10.1287/opre.32.5.1107>
- [12] Lee, M. K. "The study of anti-submarine search pattern of the surface ship considering the Torpedo countermeasure tactics.", Journal of Korea Institute of the Military Science & Technology, Vol.13, No.2, pp.204-210, 2010.
- [13] Cho, S. J., Choi, B. W., and Jeon, J. H. "A study on the target search logic in the ASW decision support system.", Journal of Korea Institute of the Military Science & Technology, Vol.13, No.5, pp.824-830, 2010.
- [14] Hur, J. H., Moon, J. I., Choi, B. W., Oh, H. S., and Yim, D. S. "A study for effective methodology for the search pattern of AUV.", Journal of Korea Institute of the Military Science & Technology, Vol.17, No.6, pp.751-763, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.9766/KIMST.2014.17.6.751>
- [15] Choi, M. W. and Cho, N. S. "Simulation study on search strategies for the reconnaissance drone.", Journal of the Korea Society for Simulation, Vol.28, No.1, pp.23-39, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.9709/JKSS.2019.28.1.023>
- [16] Park, S. H., Hong, J. H., Ha, H. J., Ryoo, C. K., and Shin, W. Y. "Determination of waypoints to maximize the survivability of UAV against anti-air threats.", Journal of Korean Society for Aeronautical and Space Sciences, Vol.42, No.2, pp.127-133, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.5139/JKSAS.2014.42.2.127>
- [17] Bae, M. J. "UAV path planning for ISR mission and survivability", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.20, No.7, pp.211-217, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.7.211>
- [18] Baek, M. S. and Yoon, B. K. "A study on search strategies for moving targets using agent based model.", Korean Management Science Review, Vol.37, No.1, pp.33-46, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.7737/KMSR.2020.37.1.033>

오 동 환(Dong Hwan Oh)

[정회원]



- 2001년 3월 : 육군사관학교 응용 화학과 (이학사)
- 2005년 12월 : 美 해군대학원 운영분석과 (이학석사)
- 2019년 2월 : 연세대학교 산업공학과 (산업공학박사)
- 2018년 12월 ~ 현재 : 육군 지상 작전사령부

<관심분야>

Optimization Algorithm, Network Interdiction

오 동 진(Dongjin Oh)

[정회원]



- 2006년 3월 : 육군사관학교 토목 공학과 (공학사)
- 2010년 12월 : 美 해군대학원 경영학과 (경영학석사)
- 2020년 12월 : 美 플로리다주립대 행정학과 (행정학박사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 국방대학교 국방관리학과 조교수

<관심분야>

행정학, 경영학, 군사 OR