



Received: 2023/12/01
Revised: 2023/12/08
Accepted: 2023/12/24
Published: 2023/12/31

***Corresponding Author:**

Seokeui Kwon

Tel: +82-42-553-7231

E-mail: skwon25@alumni.jh.edu

Abstract

해군에서 무인무기체계 도입이나 운용을 논할 때 기뢰를 제거하는 소해 전력의 자주 논의된다. 인명의 손실을 최소화할 수 있는 수단으로서 지뢰 제거 분야를 필두로 무인 무기체계가 군에서 운용되기 시작하였음을 고려할 때, 해저의 기뢰 소해에 무인무기체계를 활용하면 인명과 장비의 손실을 최소화할 수 있기 때문이다. 이와 관련하여 소해 전력의 운용에 관한 TSP 및 VRP 기반의 여러 연구가 있었으나, 최적화 방식의 자산 할당을 통한 연구는 관심에서 멀어져 있는 실태이다. 또한, 여러 플랫폼에 임무를 분산하는 모자이크전의 개념이 대두되면서 미래전에 관한 연구 필요성도 높아지고 있다. 이 연구에서는 최적화 방식의 자산 할당을 통해 소해작전을 수리적으로 표현하여 모자이크전을 고려한 미래 소해 전력 운용 방법을 연구하였다. 본 연구가 향후 미래전을 대비하는 거름이 되기를 기대한다.

Mine sweepers are often discussed as the first implantation when unmanned vehicles become an issue in the Navy. Considering the fact that the explosive ordnance removal was the first example of unmanned equipment implantation in the military, the same logic can be applied on the ocean side that we can minimize both the harms to human life and equipment losses. MCM operation has been studied using TSP and VRP, but resource allocation has not been used to express the MCM operation. Also, considering the concept of Mosaic Warfare which can be represented by distributional operation of sub-missions of a platform, the urge for the study of future warfare is also increasing. This study used resource allocation through optimization method to express MCM operation in mathematical model to further study operation of unmanned vehicles that could be acquired in the future. I hope this study can be a linkage to a study of the military operation in the future.

Keywords

최적화(Optimization), 자산 할당(Resource Allocation), 소해 전력(MCM Asset), 모자이크전(Mosaic Warfare), 무인무기체계(Unmanned Weapon System)

Acknowledgement

이 논문은 2023년도 한국해군과학기술학회 동계학술대회 발표 논문임.

최적화 방식의 자산 할당을 통한 무인 무기체계 운용 방법 연구: 모자이크전을 고려한 미래 소해 전력 운용을 중심으로

Study of Unmanned Weapon System Operation through Resource Allocation Using Optimization Method: Highlighting on an Operation of Mine Countermeasure Assets of the Future Considering Mosaic Warfare

권석의*

해군 소령/해군전력분석시험평가단 M&S발전과 M&S계획담당

Seokeui Kwon*

LCDR/M&S planning officer, Naval Force Analysis Test Evaluation Group, ROK Navy

1. 서론

2022년 11월 언론은 해군의 유/무인 복합 전투체계가 ‘네이비 씨 고스트’로 명명되었음을 보도하였다. 이와 함께 무인기뢰처리기, 수중무인탐사기, 무인항공기를 필두로 여러 무인 무기체계가 소개되었다. 언론에서 보도되는 자산 중에 무인 기뢰 처리기가 가장 먼저 언급된 것은 그만큼 무인 자산을 운용하기에 적절한 분야임을 보여주는 증거라고 생각한다. 무인체계가 가장 우선으로 도입되어 사용된 분야 중 하나가 폭발물 제거라는 사실을 볼 때 바다의 지뢰라고 볼 수 있는 기뢰를 소해하는 장비가 해군에서 우선 논의되는 것은 인명과 장비의 손실을 줄이기 위한 필수적이고 당연한 논리라고 볼 수 있다.

이러한 새로운 무기체계들이 처음 도입되면 그에 따른 운용이 정착될 때까지 많은 사람의 노력과 짧지 않은 시간을 거치게 된다. 이런 노력과 시간을 효율적으로 사용하기 위해 우리는 여러 가지 과학적인 방법론을 사용하고 있고 최적화를 이용한 방식도 많이 활용되고 있다. 그중 최적화 방식의 자산 할당은 국내외에서 연구된 사례들이 있으며, 향후 모자이크전과 같은 미래전을 수행하기 위한 개념

을 연구할 때 유용한 방법론이라고 할 수 있다. 이런 방법론을 통해 소해 전력 운용에 관해서 연구가 수행된다면 해군에서의 운영 개념에 대한 과학적인 표현을 통해 추후 미래 자산 개발을 담당하게 될 개발자들의 개념 이해에 큰 도움이 될 것이다.

이 연구에서는 소해작전의 기본적인 개념과 모자이크전의 분산의 개념을 접목, 최적화 방식의 자산 할당을 통해 수식적인 이해를 하고자 한다. 이를 위해 2장에서는 지금까지의 관련 연구를 간단히 살펴보고 이 연구와의 차이점을 기술하였고, 3장에서는 소해작전과 모자이크전의 개념을 포함한 최적화 방식의 자산 할당 모델을 구성하였으며, 4장에서는 모델의 적합성을 확인할 수 있는 시나리오와 결과를 서술하였다. 결론에서는 지금까지의 결과를 정리하고 연구의 한계점과 추가 연구계획을 서술하고 연구의 의의를 정리하였다.

2. 관련 연구 및 이 연구의 차이점

2.1 최적화 방식의 자산 할당 관련 연구

미국 해군대학원의 Murray et al.[2]은 2010년 과업의 특성을 설정한 무인항공기 과업 할당을 연구하였다. 해당 연구는 시간, 자산, 과업을 고려하였으며 과업의 추적을 위해 이전과 현재 시점의 과업을 두 가지로 분류하여 총 네 가지 인덱스를 가진 결정변수를 사용하였다. 영국 맨체스터 공대의 Kaddouh et al.[1]은 2016년 센서를 추가하여 총 다섯 가지 인덱스를 가진 결정변수를 사용하여 이종의 자산과 이종의 과업을 어떻게 할당하는지에 대한 연구를 수행하였다. Hong et al.[5]은 2022년 이런 최적화 방식의 자산 할당을 적용하여 전차 사격훈련 준비 활동을 중심으로 한 지상 무인체계의 협업 임무 계획에 관한 연구를 하였다.

2.2 소해 전력 운용 관련 연구

과거 소해작전과 관련하여 국방대학교 학위(석사)논문이 작성된 사례가 있다. Bae[3]는 2010년 소해작전의 모델링을 통해 전시 소해함의 전력 배치 방식에 따른 기뢰대항전 능력을 분석하였으며 Lee[4]는 2013년 발견적 기법을 이용하여 기뢰 소해 운영계획

을 연구하였다. Bae[3]의 연구에서는 해상 물동량을 고려하여 9개의 소해함에 대한 가중치를 적용한 아레나 시뮬레이션을 활용하였으며 Lee[4]는 모든 기뢰가 탐지되었음을 가정하고 소해에 중점을 두어 기뢰 종류에 따른 소해 소요 시간 및 소해 세력의 특성을 고려한 최적화 연구를 진행하였다.

2.3 이 연구의 차이점

이 연구에서는 모자이크전의 개념 중 한 가지인 플랫폼의 분산에 집중하였다. 지금의 다양한 능력을 갖춘 대형 플랫폼에서 실시되는 복합전 능력이 모자이크전에서는 분산되어 실시될 수 있다는 점이 그 핵심이라고 할 수 있다. 예를 들어, 미 해군에서는 2021년 9월 무인수상정에서 모듈형 VLS를 탑재하여 SM-6 미사일 발사를 실험하였으며, 이후 2023년 10월에는 이지스함에서 주로 운용하고 있는 MK-41 수직발사대를 기반으로 모듈화하여 개발된 MK-70 발사대를 연안전투함에 탑재하여 SM-6 미사일 발사를 성공시키기도 하였다. 이처럼 분산의 개념을 실현하기 위한 한 방편으로 미국에서는 기뢰전을 포함하여 전투와 관련된 컴포넌트들이 모듈화되어 전투실험에서의 검증은 거치고 있다.

미국에서 실시하고 있는 방식을 단순화하여 볼 때 모자이크전에서 분산이란 탐지부터 교전까지의 여러 요소를 분산하는 것이라고 할 수 있다. 그것을 소해작전에 적용한다면 미래전에서는 지금의 소해 전력들이 한 가지 플랫폼에 갖추고 있는 기뢰에 대한 탐지와 소해 두 가지 능력이 더 값싸고, 소모되어도 되는 자산에 의해 분산될 수 있을 것이다. 이 연구에서는 이런 미래 소해 전력이 도입되었을 때 적용될 운용 방식 등 임무를 수행하는 데 걸리는 시간의 차이에 대한 관점에서 연구하였다.

3. 최적화 방식의 자산할당을 통한 소해 작전 시뮬레이션

3.1 문제 조건 및 가정 사항

이 연구에서는 소해작전을 크게 탐색과 소해로 구분하여 탐색을 먼저 수행해야 소해를 실시할 수 있는 것으로 가정하였다. 지금까지의 플랫폼은 지정된 구

역에 대하여 탐색 임무를 수행하고 이후 소해 임무를 수행하게 된다. 미래의 플랫폼이 탐색과 소해를 모듈화하여 별도로 수행할 수 있다고 가정한다면 탐색 장비는 탐색할 때만 쓰이고 소해장비는 소해할 때만 사용될 것이다. 이를 그림으로 표현하면 Fig. 1과 같다.

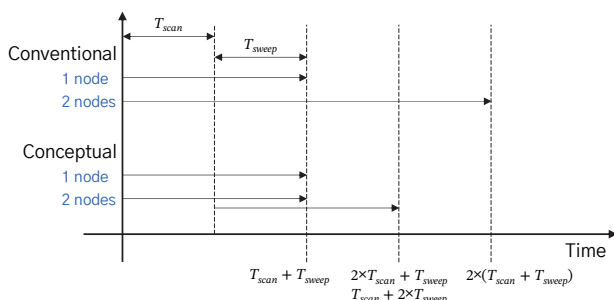


Fig. 1. Comparison of a conventional platform and proposed conceptual platform

탐색에 걸리는 시간을 t_{scan} , 소해에 걸리는 시간을 t_{sweep} 이라고 할 때 node가 1개라면 위 지금까지의 자산과 미래 자산이 모두 $t_{scan} + t_{sweep}$ 만큼의 시간을 소모하여야 임무를 완수할 수 있다. Node가 2개인 경우만 고려하였을 때도 지금까지의 자산은 임무 완수를 위해 $2X(t_{scan} + t_{sweep})$ 의 시간이 필요하며, 미래 자산은 $2Xt_{scan} + t_{sweep}$ 과 $t_{scan} + 2Xt_{sweep}$ 중 큰 값을 가지는 만큼의 시간만 소모하면 같은 임무를 수행할 수 있을 것이다. 이 연구에서는 최적화 문제에서의 복잡도를 낮추기 위해 time slice를 사용하였으며 이런 점과 다음의 기본적인 가정 사항을 고려하여 이 연구의 모델을 구성하였다.

- 주어진 과업은 모두 수행되어야 하며 1회만 수행할 수 있다.
- 각 과업의 수행에 필요한 장비는 정해져 있으며 장비의 과업에 대한 효과는 테이블에 의해 정의된다.
- 각 센서를 탑재할 수 있는 플랫폼은 정해져 있으며 장비의 플랫폼에 대한 효과는 테이블에 의해 정의된다.
- 각 과업을 수행함에 따라 얻어지는 작전적 이득은 시간 또는 과업에 따라 정의할 수 있으며 이는 테이블에 의해 정의된다.
- 각 센서 및 플랫폼을 운영하는데 소모되는 비용은 시나리오에 따라 달라지며 이는 테이블에 의해 정의된다.

- Time slice는 임의의 소요 시간을 뜻하며 각 과업에 드는 시간은 1 time slice로 가정한다.

3.2 용어 정의 및 수리모형

3.2.1 집합

식 (1)-식 (4)는 결정변수의 인덱스로 사용되는 집합들을 표현하고 있다.

$$t \in T \text{ (time slices)} \quad (1)$$

$$s \in S \text{ (sensors, equipments)} \quad (2)$$

$$r \in R \text{ (resources)} \quad (3)$$

$$j \in J \text{ (tasks)} \quad (4)$$

여기서, t 는 시간 단위를 표현하는 time slice의 집합이며, s 는 센서 또는 장비를 뜻한다. r 은 센서와 장비가 탑재되어 운용되는 플랫폼을 뜻하고 j 는 수행되어야 하는 과업을 뜻한다.

3.2.2 테이블

식 (5)-식 (8)은 목적함수와 제약식에서 사용될 수 있는 상수들의 값을 테이블 형식으로 표현하고 있다.

$$S_{j,s} \quad \forall j \in J, s \in S \quad (5)$$

$$P_{r,s} \quad \forall r \in R, s \in S \quad (6)$$

$$G_{t,j} \quad \forall t \in T, j \in J \quad (7)$$

$$C_{s,r} \quad \forall s \in S, r \in R \quad (8)$$

여기서, $S_{j,s}$ 는 센서/장비가 각 과업을 수행하는데 적합도를 표현하고 있고, $P_{r,s}$ 는 플랫폼이 각 센서/장비를 운용하는데 적합도를 나타낸다. 다음으로 $G_{t,j}$ 는 각 과업을 수행하는 데 있어서 시간대별로 얻을 수 있는 이득이며, $C_{s,r}$ 은 각각의 센서/장비와 플랫폼을 운용하는데 필요한 비용이다.

3.2.3 결정변수

식 (9)는 이 연구에서 사용되는 최적화 문제의 결정

변수를 표현하고 있다.

$$x_{r,j}^{t,s} \in \{0, 1\} \forall t \in T, s \in S, r \in R, j \in J \quad (9)$$

시간 t 에 센서/장비 s 가 자산 r 에 탑재되어 과업 j 를 수행하는 것으로 할당되면 1, 그렇지 않으면 0의 값을 가진다.

3.2.4 목적함수

식 (10)은 이 연구에서 사용되는 최적화 문제의 목적함수로 각 과업을 수행하는 데 얻어지는 이득에서 비용을 뺀 값을 모두 더했을 때 이 값을 최대화하는 시점, 센서/장비, 자산, 과업의 조합을 찾는 것을 목적으로 한다.

Maximize:

$$\sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} \sum_{j \in J} x_{r,j}^{t,s} \times (S_{j,s} \times P_{r,s} \times G_j - C_{s,r}) \quad (10)$$

3.2.5 제약식

목적함수만을 만족시키는 t, s, r, j 의 조합 중에 앞서 정의한 가정 사항들을 만족하기 위해 식 (11)-식 (16)과 같은 제약식을 추가하였다.

Subject to:

$$\sum_{t \in T} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{r,j}^{t,s} = 1 \forall j \notin \text{BASE} \quad (11)$$

식 (11)은 최초 출발 위치인 BASE를 제외한 모든 과업은 반드시 한 번씩 할당되어야 함을 제약한다.

$$\sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{r,j}^{t,s} = 1 \leq \text{Card}(R) \forall t \in T, j \in \text{BASE} \quad (12)$$

식 (12)는 BASE에 있는 자산의 합은 각각의 시점마다 자산의 총합을 넘지 못함을 제약한다. 이 제약식이 없으면 BASE와 과업에 자산이 동시에 할당되는 경우가 발생할 수 있다.

$$\sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{r,j}^{t,s} \leq 1 \forall t \in T, j \notin \text{BASE} \quad (13)$$

식 (13)은 BASE가 아닌 각 과업은 시점별로 한 번 이상 할당될 수 없도록 제약한다.

$$\sum_{t \in T} \sum_{s \in S} x_{r,j}^{t,s} \leq 1 \forall r \in R, j \notin \text{BASE} \quad (14)$$

식 (14)는 BASE가 아닌 각 과업이 자산별로 한 개 이상 할당될 수 없도록 제약한다.

$$\sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{r,j}^{t,s} \leq \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{r,k_j}^{t-1,s} \quad (15)$$

$$\forall t \in T \cap t > 1, j \in J \text{ (sweeping)},$$

$$k_j \in J \text{ (scan task for the task } j)$$

$$\sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{r,j}^{t,s} = 0 \forall t = 1, j \in J \text{ (sweeping)} \quad (16)$$

식 (15)-식 (16)은 앞서 정의한 탐색과 소해 과업들 간의 관계를 정의한다. 식 (15)는 소해가 탐색이 완료된 이후에 가능함을 제약하며, 식 (16)은 처음 시작하는 시점에서 소해 과업이 할당되지 않도록 제약한다.

3.3 시뮬레이션 시나리오 구성

전체 시나리오에서는 모두 다섯 시점을 임의로 사용하였으며 시뮬레이션 결과에 따라 시점 5를 넘어갈 경우 수정하여 충분히 결과가 반영될 수 있도록 조치하는 것을 기본 구성으로 하였다. 앞서 살펴보았던 탐색과 소해에 소요되는 시간은 1개의 time slice에 할당된다.

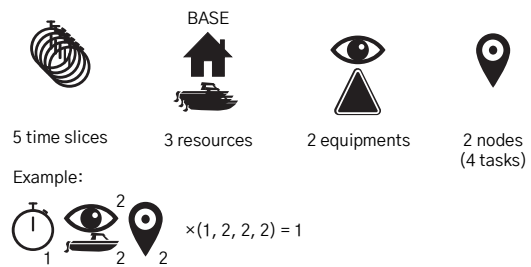


Fig. 2. Concept of simulation scenario

- (1) 기존의 소해작전: 기존의 소해작전은 1개의 자산으로 탐색과 소해의 두 가지 과업을 수행하는 개념으로 구성했다.
 - 자산: 기존 소해 플랫폼
 - 과업: 탐색, 소해
- (2) 동일 비용 분산 개념 소해작전: 모자이크전을 고

려할 때 미래 무인 무기체계는 모듈화 및 임무의 분산이 이루어지므로 이를 고려하여 탑재되는 장비와 운용하는 자산을 별도로 구분하였다. 이 연구에서는 문제의 단순화를 위하여 탐지장비를 운용하는 자산과 소해장비를 운용하는 자산을 적합도 테이블을 이용하여 설정하였으며 세부적인 구성은 다음과 같다.

- 센서/장비: 기존 장비, 탐색 장비, 소해장비
- 자산: 기존 플랫폼, 무인(탐색), 무인(소해)
- 과업: 최초점, 탐색1, 소해1, 탐색2, 소해2

이 시나리오에서는 기존의 자산과 새로 도입되는 자산을 운용할 때 드는 비용이 같다고 가정하였다.

- (3) 상이 비용 분산 개념 소해작전: 이전 시나리오 구성과 같은 구성에서 비용의 차이를 두어 시나리오의 결과가 무엇이 달라지는지 확인할 수 있는 시나리오를 구성하였다. 미래 무인 무기체계가 모듈화되어 임무의 분산이 이루어질 때 운용비용이 더 싸질 것을 가정하여 구성하였으며 이 연구에서는 기존 플랫폼 운용 비용의 90 % 수준을 기준으로 시나리오를 구성하였다.

3.4 시뮬레이션 결과 및 분석

최적화 시뮬레이션은 GAMS Studio 1.10.5 64bit에서 CPLEX solver를 사용하였으며 운용 환경은 Intel(R) Pentium(R) CPU 4415U @ 2.30 GHz, 4 GB RAM, Windows 10 Home 운영체제에서 실행되었다. 앞서 임의로 결정한 시점 5를 넘어가는 결과가 나오지 않았으므로 별도 수정을 하지 않았다.

3.4.1 기존의 소해작전

기존의 소해작전은 각 과업에 대해 탐색과 소해가 순차적으로 수행됨을 확인하였으며 시뮬레이션이 소해작전의 기본적인 개념을 잘 나타내고 있음을 확인하였다(Table 1 참조).

3.4.2 동일 비용 분산 개념 소해작전:

기존 플랫폼과 미래 자산의 운용 비용이 같음을 가

정한 시나리오에서는 Table 2와 같은 결과를 얻을 수 있었다. Table 2에서 정리된 것 같이 시점 1에서는 기존 플랫폼이 탐색/소해장비를 모두 탑재하고 탐색1 과업을 수행하였으며, 탐색용 무인 플랫폼이 탐색장비를 탑재하고 탐색2의 과업을 수행하였다. 시점 2에서는 기존 플랫폼이 탐색/소해장비를 모두 탑재하고 소해1 과업을 수행하였으며, 소해용 무인 플랫폼이 소해장비를 탑재하고 소해2의 과업을 수행하였다.

Table 1. Result of Simulation 1

Task	Time slice				
	1	2	3	4	5
Scan 1	1				
Sweep 1		1			

■: both, ■: scanner, ■: sweeper,
1: conventional platform, 2: unmanned(scanning),
3: unmanned(sweeping)

Table 2. Result of Simulation 2

Task	Time slice				
	1	2	3	4	5
Base	3	2	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Scan 1	1				
Sweep 1		1			
Scan 2		2			
Sweep 2			3		

■: both, ■: scanner, ■: sweeper,
1: conventional platform, 2: unmanned(scanning),
3: unmanned(sweeping)

Table 3. Result of Simulation 3

Task	Time slice				
	1	2	3	4	5
Base	1,3	1	1,2	1,2,3	1,2,3
Scan 1	2				
Sweep 1		3			
Scan 2		2			
Sweep 2			3		

■: both, ■: scanner, ■: sweeper,
1: conventional platform, 2: unmanned(scanning),
3: unmanned(sweeping)

3.4.3 상이 비용 분산 개념 소해작전

미래 자산의 운용 비용이 기존 플랫폼의 운용 비용의 90 %임을 가정한 시나리오에서는 Table 3와 같은 결과를 얻을 수 있었다. Table 3는 미래 자산의 비용이 기존 자산의 90 %임을 가정한 결과를 나타낸다. 시점 1에서는 무인 플랫폼이 탐색 장비를 탑재하고 탐색1 과업을 수행하였고, 시점 2에서는 무인 플랫폼이 소해장비를 탑재하고 소해1 과업을, 무인 플랫폼이 탐색장비를 탑재하고 탐색2 과업을 수행하였으며, 시점 3에는 무인 플랫폼이 소해장비를 탑재하고 소해2 과업을 수행하였다.

3.4.4 결과분석

1번 시나리오의 결과에서는 앞서 구성한 수리 모델이 지금의 소해작전을 잘 표현하고 있음을 확인할 수 있었으며 이를 기준으로 복잡한 모델을 구성하였다. 2번 시나리오의 결과는 같은 비용이 필요하다면 지금 운용되고 있는 장비가 지금까지 해왔던 임무를 그대로 수행하는 데 문제가 없음을 알 수 있다. 3번의 시나리오 결과는 적은 비용으로 같은 임무를 수행할 수 있다면 더 오랜 시간이 소요되더라도 분산의 개념을 적용한 자산 할당이 이루어짐을 알 수 있다. 이런 결과를 토대로 다음과 같은 추가 연구를 진행할 수 있다.

- 작전적 이득을 고정하고 미래 무인체계의 총 수명주기 비용과 기존 장비의 총 수명주기 비용 총합의 비율을 조정, 비율에 따라 기존 자산을 넘어서는 기준점 분석
- 비용을 고정하고 임무 조기 수행에서 얻어지는 작전적 이득의 비율을 조정, 비율에 따라 기존 자산과 미래 자산의 운용 비율의 변화 분석
- 특정 시점을 기준으로 주어진 임무를 수행하기 위해 투입되어야 하는 자산의 수와 그에 따른 비용의 비율 분석

4. 결론

이 연구에서 표현하는 수식들은 교범에서 표현하고자 하는 것들을 연구 차원에서 간략화한 결과이다. 만약 여러 환경요소까지 고려한 기뢰의 발견 가능성을

공학적으로 표현하여 자산 할당을 하면 복잡도와 차원에 따라 문제의 크기가 더욱 커져 단시간에 해결이 어려운 문제가 될 수 있다. 이 연구에서도 이런 문제를 최대한 피하고자 시간을 일정 단위로 잘라서 구분하는 방식으로 문제 해결이 신속하게 되도록 구상하였으나, 교범의 내용을 기술적으로 해석하는 연구를 더 많은 분야로 확대하려면 이런 계산을 조금이라도 신속하게 할 수 있는 연구가 필요하다.

소해작전이 국방 분야에서 극히 일부분에 해당하는 분야임을 고려할 때 군 관련 분야에서의 연구의 확장 또한 필요하다. 작전과 교범에 대한 이해도를 바탕으로 기술적인 해석을 시도한다면 더 기술적으로 전문성을 가진 개발자들의 이해를 도울 수 있을 것이다. 이런 국방 분야에 대한 연구자의 관점에서의 해석을 확대하여 연구를 지속할 필요성도 있다.

이 연구에서 모자이크전에 대해 깊은 논의를 하지 않았지만, 그 핵심 중 하나인 분산의 개념을 비교적 간단한 소해작전에 적용하였으며 최적화 방식의 자산 할당을 통해 미래 소해 자산의 운용 방식에 대해 알아보았다. 우리 군은 아직 교범이라는 룰베이스로 자산을 운용하고 있고 이에 대한 데이터는 아직 지능화된 무인무기체계에 이식할 만큼 축적되지 않았다. 유·무인 복합체계나 무인체계를 운용하는 데 필요한 데이터 구축을 위해서라도 어떤 데이터가 필요할지에 대한 고민이 필요하며 그런 고민의 한 방편으로 최적화 방식의 자산 할당을 이용해 볼 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Kaddouh, B. Y., Crowther, W. J. and Hollingsworth, P., "Dynamic Resource Allocation for Efficient Sharing of Services from Heterogeneous Autonomous Vehicles," *Journal of Aerospace Information Systems*, 13(12), 2016, pp.450-474.
- [2] Murray, C.C., and Karwan, M.H., "An Extensible Modeling Framework for Dynamic Reassignment and Rerouting in Cooperative Airborne Operations," *Naval Research Logistics*, Vol. 57, 2010, pp. 635-652.
- [3] Bae, J.H., "An Analysis on the Allocation of Anti Mine Warfare Forces at Wartime," KNDU master thesis, 2010.
- [4] Lee, T.J., "A Heuristic Algorithm for Mine Sweeping Plan," KNDU master thesis, 2013.
- [5] Hong, G.W., and Lee, C.J., "A Simulation Study on the Cooperative Mission Planning of the Ground Unmanned Systems - Focused on the Tank Gun-firing Training Preparation Activities," *Journal of Military Science and Technology Studies*, 15-2, 2022.12, pp. 43-53.