

# NSGA-II를 이용한 한국해군 함정 운용계획에 대한 연구

정환식<sup>1†</sup> · 이재영<sup>1</sup> · 이용대<sup>2</sup>

## A Study on the Operational Scheduling for ROK's Navy Ships Using NSGA-II

Whan Sik Jung · Jae Yeong Lee · Yongdae Lee

### ABSTRACT

This paper studies the problem seeking an efficient operational scheduling for battle ships in the Republic of Korea's navy. The ships' availability means that their main systems such as weapons, navigation and propulsion are in full operational readiness. If some of the major systems are not ready, then the ships should not be available for operations. It is required to maintain a high level availability under the limited resources as it determines the strength of ROK's navy. However, it will result in inefficiencies if some ships are operated without proper maintenance only to improve their availability. Thus, this study suggests the operational scheduling for two squadron ships that considers multiple objectives such as availability, overlapping maintenance, and deviation from available ships in a particular week. We applied NSGA-II algorithm to find better solutions for more efficient scheduling. The experiment result reached an efficient solutions after 1,500 generations. Two efficient operational schedules were compared on the basis of three multiple objectives among them.

**Key words** : Availability, Operational Scheduling, NSGA-II (Nondominated Sorted Genetic Algorithm-II)

### 요 약

본 연구는 한국해군의 함정 운용을 효율적으로 계획하는 문제이다. 가용성은 임의의 한 시점에 무장, 항해, 그리고 추진 장비와 같이 함정 내 주요 시스템들이 작전운용 요구수준을 만족하는 상태로 정의할 수 있다. 제한된 자원 및 정비 시설 하에서 함정의 가용성을 극대화한다는 것은 대한민국 해군의 전투력 향상에 중요한 역할을 담당한다. 그러나 가용성의 극대화만을 추구한 나머지 일부 함정들을 무리하게 운용하여 해당함정의 집중 마모를 야기할 수 있다. 이는 다른 함정들에게도 영향을 미쳐 계획된 정비를 받지 못하여 전체적으로 함정의 가용성을 저하시킬 수 있다. 본 연구에서는 NSGA-II 알고리즘을 적용하여 함정별 가용기간을 평균화하고, 가용기간에 따른 정비확률을 고려한 효율적인 함정 운용 계획을 제시하였다. 실험 결과 1500세대 이후 안정화된 결과들을 도출하였다. 안정화된 결과들 중에서 2개의 결과를 선택하여 각 목적별로 차이점을 비교 제시하였다.

**주요어** : 가용성, 함정 운용계획, NSGA-II

## 1. 서 론

한국해군에서 함정은 주요한 전투자산으로, 효율적인

운영이 필요하다. 가용성이란 임의의 한 시점에서 무장, 항해, 그리고 추진 장비와 같이 함정 내 주요 시스템들이 작전운용 요구수준을 만족하는 상태로 정의할 수 있다<sup>9)</sup>. 제한된 자원 및 정비 시설 하에서 해군 함정의 가용성을 극대화한다는 것은 해군의 전투력 향상에 중요한 역할을 담당한다. 함정들이 가용성을 유지하기 위해서는 함정의 상태 및 정비주기에 따라 필요한 정비를 받아야 한다. 정비란 함정의 선체와 장비의 성능유지 및 수명연장을 위하여 손질, 검사, 수리, 재생, 개조, 개장, 교정하는 등의 일

2010년 6월 9일 접수, 2010년 9월 17일 채택

<sup>1)</sup> 국방대학교

<sup>2)</sup> 현대 모비스

주 저 자 : 정환식

교신저자 : 정환식

E-mail; jung896@naver.com

체 행위를 말한다<sup>5)</sup>.

함정의 정비계획은 일반적으로 다음과 같은 요인에 의해 결정된다.

- 1) 함정의 운용시간
- 2) 작전 소요
- 3) 수리부속 지원
- 4) 가용 수리시설

모든 함정은 함형별로 고유의 정비 주기를 갖고 있으며, 위의 요소들을 고려하여 필요한 수준의 정비를 받는다. 함정의 정비는 일반적으로 부대정비, 야전정비, 창정비로 구분되며, 개념은 다음과 같다<sup>5)</sup>. 부대정비는 함정 승조원 또는 운영부대의 정비요원에 의해서 수시로 실시하며, 야전정비는 운영부대 요원의 능력을 초과하는 수리사항을 정비지원 부대에 의뢰하여 실시하며, 창정비는 일정기간 운영 후 함정 전반에 걸친 검사, 정비수리사항을 정비부대 또는 민간업체에 의뢰하여 실시하는 정비이다.

함정의 가용성은 효율적인 정비를 통해서 유지될 수 있다. 따라서 제한된 자원 및 정비 시설 하에서 상급부대가 설정한 가용성을 유지할 수 있는 함정 운용계획을 수립하는 것은 매우 중요하다. 각 함정들의 가용기간이 평균화되지 않고 일부 함정에 편중될 경우 정비뿐만 아니라 함정 승조원의 불만을 야기시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 함정별 가용기간을 평균화하고, 가용기간에 따른 정비확률을 고려하여 효율적인 함정 운용계획을 제시하고자 다목적 최적화 분야에서 널리 사용되는 비지배 정렬 기반의 NSGA-II 알고리즘을 적용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 연구에 대한 고찰을 통해 본 연구에서 추구하는 방향에 대해 설명하고, 3장에서는 NSGA-II 알고리즘에 대해 소개한다. 4장에서는 한국해군 함정 운용계획 문제를 모형화 하였으며, 5장에서는 실험 결과를 분석하였다. 마지막으로 6장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

## 2. 기존연구

다목적 상황 하에서의 일정계획은 다양한 분야에서 많은 연구가 이루어져 왔다. Kralj and Petrovic<sup>10)</sup>은 연료비용 최소화, 신뢰도 최대화 그리고 제약 위반 최소화와 같이 다목적은 만족하는 발전기의 정비일정을 다목적 분지한계법(multi-objective branch and bound)을 적용하여 문제를 해결하였다. 함정의 운용계획에 대한 연구는 다음

과 같은 사례를 찾아 볼 수 있다. Deris *et al.*<sup>9)</sup>은 시간 및 자원의 제약을 만족하면서, 함정의 가용성을 최대화할 수 있는 함정의 정비일정 계획 수립에 대해서 연구하였다. 문제해결을 위해 유전자 알고리즘을 적용하여 각 함정의 정비시작 시점을 구하고, 제약증식 알고리즘(Constraint Propagation Algorithm)을 접목하였다. 박종희<sup>2)</sup>는 함정의 고장시간이 와이블 분포를 따른다고 가정하고 비용을 최소화하는 정비 일정계획을 도출하는 휴리스틱 알고리즘을 제안하였다. 전장용<sup>4)</sup>은 각 함정에 할당된 임무기간(해상)을 평균화하여, 개별함정의 가용성 및 부수효과를 극대화할 수 있는 있도록 타부탐색 알고리즘을 제안하였다. 모형에서 임무는 시작과 종료일자가 정해져 있으며, 정비임무의 경우 종료일자의 불확실성 등을 고려하였다. 본 연구는 Deris *et al.*<sup>9)</sup>와 박종희<sup>2)</sup>의 연구와 같이 단일 목적이 아닌 다중 목적을 갖고 있으며, 함정의 가용기간(해상+육상)을 평균화했다는 데 있어 해상에서의 임무기간을 평균화한 전장용<sup>4)</sup>의 연구와 차이점이 있다. 또한, 목적함수에서 비선형을 포함하고 있어 기존의 다목적 분지한계법을 적용하여 문제를 해결하는데 한계를 갖고 있다.

NSGA-II를 적용한 사례는 다음과 같다. 김태순 등<sup>11)</sup>은 한강수계에 위치한 저수지군의 운영방안을 개선하기 위해 NSGA-II를 적용한 결과 용수공급 측면에서 보다 나은 결과를 제시하였다. 이기상 등<sup>3)</sup>은 송풍기 블레이드의 성능을 향상시키기 위해 NSGA-II를 적용하여 단일 목적함수 최적화에 의한 결과보다 더 효과적이라는 것을 보여 주었다.

본 연구에서는 NSGA-II를 활용하여 함정의 가용기간을 최대화하고 함정별 수리기간의 중복을 최소화하고, 가용기간을 평균화하여 일부 함정의 과도한 운용을 배제할 수 있는 효율적인 함정 운용계획을 수립하고자 한다. 이는 궁극적으로 해군의 전투력 향상에 기여를 할 것이다.

## 3. NSGA-II 알고리즘

일반적으로 다목적 최적화에 사용되는 유전자 알고리즘은 WSA(Weighted Sum Approach), non Pareto-Based 방법, 그리고 Pareto-Based 방법 등이 있으며, 이들 방법 중에서 Pareto-Based 방법이 많이 사용된다<sup>6)</sup>. Pareto-Based 방법을 적용해서 얻은 결과를 efficient solution, non-dominated solution, non-inferior solution라고 한다.

NSGA-II 알고리즘은 다목적 최적화 문제 해결에 있어 효율적이고, 유전자 알고리즘이 갖고 있는 기본적인

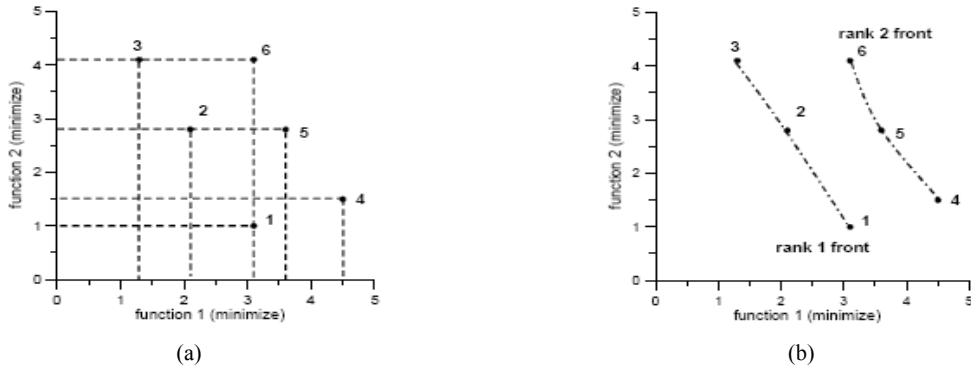


그림 1. NSGA-II 알고리즘 개념<sup>[1,7,8]</sup>

구조 외에 Pareto-dominance라는 개념을 적용하여 각 목적함수 간의 trade-off 관계를 형성하여 준다<sup>[7,8]</sup>. 그림 1의 (a)는 목적함수가 모두 최소일 때 6개의 해를 구한 것을 나타낸다. 1번 해가 6번 해를 지배(dominate)하며, 1번 해와 2번 해는 서로 지배하지 못하므로 비선점(nondominated) 해인 관계가 성립된다. Pareto-dominance라는 개념은 서로 비선점인 해를 찾아서 같은 순위를 갖는 해를 하나의 front에 위치시키는 것으로, 그림 1의 (b)에서는 2개의 fronts로 구성된 것을 보여준다.

NSGA-II는 위와 같은 방법을 적용한 다목적 유전자 알고리즘의 한 기법으로 빠른 비지배 분류(fast-nondominated-sort), 밀집도 거리 할당(crowding-distance-assignment) 및 밀집도 비교 연산자(crowded-comparison-operator)를 수행하면서 진행된다<sup>[7-8]</sup>.

빠른 비지배 분류 과정에서는 전체 모집단에 대해서 비지배 순위를 계산하여 가장 순위가 높은 염색체를 첫 번째 프런트에 저장하고 가장 순위가 낮은 염색체를 마지막 프런트에 저장한다.

밀집도 거리 할당 과정에서는 같은 순위에 존재하는 염색체들을 정렬하여 각각의 목적식에 대한 염색체들의 밀집도를 계산하여 같은 프런트에 속하는 염색체들이 비교될 때 밀집도 거리가 큰 염색체가 자식 염색체로 선택 되도록 한다. 이는 다목적에 만족하는 다양한 해들을 포함시키기 위해서이다. 밀집도 비교 연산자는 프런트가 다른 염색체가 선택되면 우선순위가 높은 염색체를 선택하고, 같은 프런트에 속하는 염색체들이 선택되면 밀집도 거리가 큰 염색체를 선택하도록 한다.

선택과정에서는 이진 토너먼트 선택 연산자(binary tournament selection operator)를 사용하고, 우선순위가 높은 염색체가 자식체대로 유전되도록 한다.

```


$$R_t = P_t \cup Q_t$$


$$F = \text{fast-nondominated-sort}(R_t)$$


$$\text{until } |P_{t+1}| < N$$


$$\text{crowding-distance-assignment}(F_t)$$


$$P_{t+1} = P_{t+1} \cup F_t$$


$$\text{sort}(P_{t+1}, \geq n)$$


$$Q_{t+1} = \text{make-new-pop}(P_{t+1})$$


$$t = t + 1$$

    
```

그림 2. NSGA-II 알고리즘 Pseudo 코드<sup>[7]</sup>

NSGA-II 알고리즘은 모집단  $P_t$ 와  $Q_t$ 를 합하여 병합 모집단  $R_t = P_t \cup Q_t$  구성하며  $R_t$ 의 크기는  $2N$ 이 된다.  $R_t$ 는 비지배 순위에 따라 정렬되며 새로운 부모 모집단  $P_{t+1}$ 은 크기가  $N$ 인 모집단을 구성한다. 그림 2는 NSGA-II 알고리즘의 Pseudo 코드를 나타낸다.

크기가  $N$ 인 모집단  $P_{t+1}$ 은 크기가  $N$ 인 새로운 모집단  $Q_{t+1}$ 을 생성하기 위해 이진 토너먼트 선택, 교배, 돌연변이 등의 유전자 연산 작용을 한다.

## 4. 모형구성

### 4.1 가정 사항

모형구성에 필요한 가정 사항은 다음과 같다.

- 1) 함정의 정비기간은 일반적인 정비개념이라고 할 수 있는 야전정비를 기준으로 6주로 설정하였으며, 지연기간은 가용기간에 따라 최대 3주까지 지연한다고 설정하였다. 즉, 가용기간이 길어질수록 정비소요가 증가된다는 것을 반영한 것이다.
- 2) 가용기간 중 함정의 장비고장은 미미하기 때문에 고려하지 않는다.

- 3) 함정의 초기 상태는 가용율 기준 최소 50%(14척 중 7척은 가용상태) 이상을 유지하여야 한다. 이는 임무 수행을 위해 최소한의 수준이라고 할 수 있다.

#### 4.2 수리적 모형

본 모형에서 사용되는 기호의 정의와 수리모형은 아래와 같다.

##### ■ 인덱스

$s = 1, 2, \dots, S$  함정 번호

$c = 0, 1, \dots, C$  운영 주기 번호

( $c=0$  : 현재 시점의 운영 주기 번호)

$t = 1, 2, \dots, H$  분석 기간 번호(주)

##### ■ 상수 및 입력자료

$X_s^0$  : 함정  $s$ 의 현재 운영주기에서의 가용기간

$M_s^0$  : 함정  $s$ 의 현재 운영주기에서의 정비기간

$\alpha$  : 기본 정비기간 (=6주)

$\beta$  : 가용기간에 따른 정비 지연기간(=3주)

$P(X_s^c)$  : 함정  $s$ 의  $c$  운영주기에서의 가용기간에 따른 정비확률

$H$  : 전체 분석 기간 (주)

##### ■ 결정 변수

$X_s^c$  : 함정  $s$ 의  $c$ 운영주기에서의 가용기간

$M_s^c$  : 함정  $s$ 의  $c$ 운영주기에서의 정비기간

$S_s^t$  : 함정  $s$ 가  $t$ 시점에 정비를 받으면 1, 그렇지 않으면 0

$O^t$  =  $t$  시점에 중복 수리 함정 수  
(3개 함정 수리시 2)

$T_s^c$  : 함정  $s$ 의  $c$  운영 주기에서의 운용기간(가용기간 + 정비기간)

##### ■ 수리모형

$$\text{Minimize } f_1 = \sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^H S_s^t \quad (1)$$

$$\text{Minimize } f_2 = \sum_{t=1}^H (e^{O^t} - 1) \quad (2)$$

$$\text{Minimize } f_3 = \text{Max}(\sum_{t=1}^H S_s^t) - \text{Min}(\sum_{t=1}^H S_s^t) \quad (3)$$

##### subject to

$$T_s^c = X_s^c + M_s^c \quad \text{for } s=1, \dots, S, c=0, \dots, C \quad (4)$$

$$M_s^c = \alpha + \beta P(X_s^c) \quad \text{for } s=1, \dots, S, c=1, \dots, C \quad (5)$$

$$X_s^{c+1} = 0, \quad \text{if } \sum_{cl=0}^c T_s^{cl} \geq H \\ \text{for } s=1, \dots, S, c=0, \dots, C-1 \quad (6)$$

$$S_s^t = 0, \quad \text{if } \sum_{cl=0}^{c-1} T_s^{cl} < t \leq \sum_{cl=0}^{c-1} T_s^{cl} + X_s^c \\ \text{for } t=1, \dots, H, c=0, \dots, C \quad (7)$$

$$S_s^t = 1, \quad \text{if } \sum_{cl=0}^{c-1} T_s^{cl} + X_s^c < t \leq \sum_{cl=0}^c T_s^{cl} \\ \text{for } t=1, \dots, H, c=0, \dots, C \quad (8)$$

$$O^t = \text{Max} \left\{ \left( \sum_{s=1}^S S_s^t - 1 \right), 0 \right\} \quad \text{for } t=1, \dots, H \quad (9)$$

$$X_s^c \geq 0, \text{ integer for } s=1, \dots, S, c=1, \dots, C \quad (10)$$

목적함수 (1)은  $t$ 시점에 정비를 받는 함정을 최소화 하는 것으로, 이는 함정의 가용기간을 최대화 하는 것이라고 할 수 있다. 목적함수 (2)는  $t$ 시점에 중복으로 정비하는 함정들을 최소화하는 것이다. 그리고 목적함수 (3)은 전체기간에서 가용함정별 편차를 최소화하는 것이다.

제약식 (4)는 함정  $s$ 의  $c$ 운영 주기에서 운용기간을 나타내는 제약으로  $T_1^1$ 은 1번 함정의 1번 운용 주기에서 가용기간( $X_1^1$ )과 정비기간( $M_1^1$ )의 합을 나타낸다. 제약식 (5)는 함정  $s$ 의  $c$  운영주기에서 정비기간을 계산하는 제약식이다. 제약식 (6)은 함정  $s$ 의 운용기간이 모형에서 설정한 분석기간(=1년)을 초과할 수 없다는 제약을 나타낸다. 제약식 (7), (8)은 함정  $s$ 의  $t$  시점의 가용 또는 정비 상태를 계산하는 제약식으로써,  $t$  시점에서  $c-1$  운영 주기까지의 시점에서부터  $c$  운영 주기의 가용기간( $X_s^c$ ) 사이에 있으면  $S_s^t = 0$ 이 되어 가용 상태가 되고,  $c$  운영 주기의 가용기간( $X_s^c$ ) 이후 시점부터  $c$  운영 주기의 정비기간( $M_s^c$ ) 사이에 있으면  $S_s^t = 1$ 이 되어 정비 상태가 됨을 나타낸다. 제약식 (9)는 각 시점  $t$ 의 중복 정비 함정의 수를 계산하는 식이다. 제약식 (10)은 결정변수인 함정  $s$ 의 가용기간( $X_s^c$ )이 양의 정수를 갖는다는 것을 나타낸다.

본 연구의 결정 변수는  $X_s^c, M_s^c, S_s^t, O^t, T_s^c$  이지만, 모두 함정의 가용기간( $X_s^c$ )에 의해서 종속적으로 결정되는 변수로써, 유전자 표현은 함정의 가용기간( $X_s^c$ )을 표 1과 같이 정수로 표현된 배열의 형태로 나타내었다.

표 1. 유전자 표현

$X_1^1$	$X_1^2$	$X_1^3$	$X_1^4$	$X_1^5$	$X_1^6$	$X_1^7$	$X_1^8$	$X_1^9$	$X_1^{10}$
$X_2^1$	$X_2^2$	$X_2^3$	$X_2^4$	$X_2^5$	$X_2^6$	$X_2^7$	$X_2^8$	$X_2^9$	$X_2^{10}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$X_{14}^1$	$X_{14}^2$	$X_{14}^3$	$X_{14}^4$	$X_{14}^5$	$X_{14}^6$	$X_{14}^7$	$X_{14}^8$	$X_{14}^9$	$X_{14}^{10}$

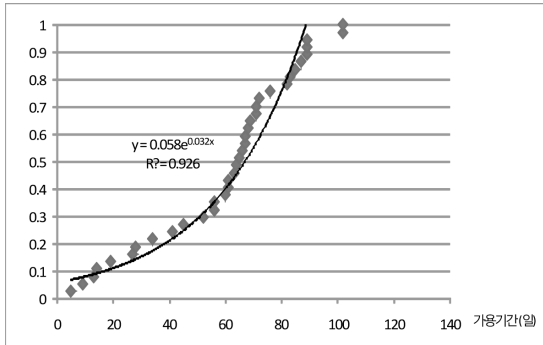


그림 3. 가용기간별 호위함급 함정 정비확률

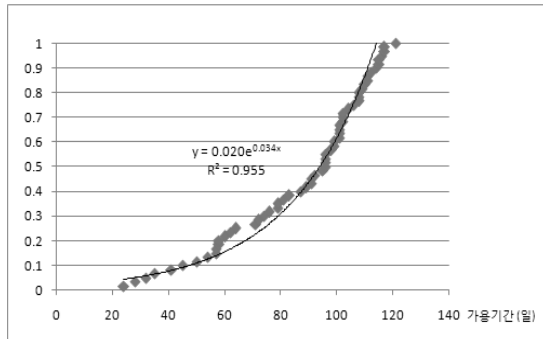


그림 4. 가용기간별 초계함급 함정 정비확률

함정들의 정비기간은 기본 정비기간 6주를 기준으로 가용기간에 따른 정비확률을 고려하여 지연기간을 고려하였다. 그림 3과 그림 4는 호위함과 초계함의 가용기간에 따른 정비확률을 나타내며, 이는 보안 목적상 수정하여 적용한 것이다.

함정들의 가용기간이 길어지면, 정비소요가 증가하기 때문에 함정이 필요로 하는 정비기간이 길어진다는 것을 반영하기 위해 함정의 정비확률을 적용하였다. 각 함정의 정비기간은 기본 정비기간과 함정의 정비확률에 의하여 구해진다. 예를 들어 초계함급 함정이 100일간 가용 후 정비를 받게 될 경우의 정비기간은 3장(식 5)에 의해 다

표 2. 유전자 파라미터

유전자 파라미터	모집단 크기	교차확률 (P <sub>c</sub> )	돌연변이 확률(P <sub>m</sub> )	세대수
값	100	0.9	0.1	1,500

표 3. 함정의 초기 운영 상태

함정	상태	가용기간(주)		정비기간(주)	
		현재 기준	전체	현재 기준	전체
F1	가용	2	5		
F2	가용	2	6		
F3	정비			0	6
F4	가용	0	-		
P1	가용	0	8		
P2	가용	6	9		
P3	정비	2	7		
P4	가용			0	8
P5	가용	0	-		
P6	정비			0	2
P7	가용	4	8		
P8	가용	3	6		
P9	가용	6	8		
P10	가용	0	9		

음과 같다.

$$\alpha(6\text{주}) + \beta(3\text{주}) \cdot (P(X_s^c) = 0.6) = 7.8\text{주}$$

### 5. 실험 및 결과 분석

본 연구에서는 효율적인 함정 운용계획을 확인하기 위해 호위함(FF) 4척, 초계함(PCC) 10척으로 구성된 2개 전대급 규모의 모형을 구성하였다. 전체기간은 1년(=52주)으로 설정하였으며, 유전자 파라미터는 표 2와 같이 설정하여 실험하였다.

함정의 초기 운영 상태는 표 3과 같이 설정하였다.

호위함 F1의 경우 전체 가용기간 5주중에서 현재까지 2주간 가용상태로 운용하였으며, 정비시점까지는 3주를 추가적으로 가용상태로 유지해야 한다는 것을 의미한다.

실험 결과, 세대별 다목적 결과는 그림 5와 같으며, 1,000세대 이후에 다목적 결과들이 안정화 되었다. 그림 6은 세대 수가 1,500일 때 목적들 간에 nondominated 한 결과들을 보여준다.

1,500세대 이후 안정화된 결과가 도출되었으며 전체 9개의 합정 운영계획들 중에서 임의의 2개의 합정 운영계획( $S_1, S_2$ )을 선택하여 분석해보았다.

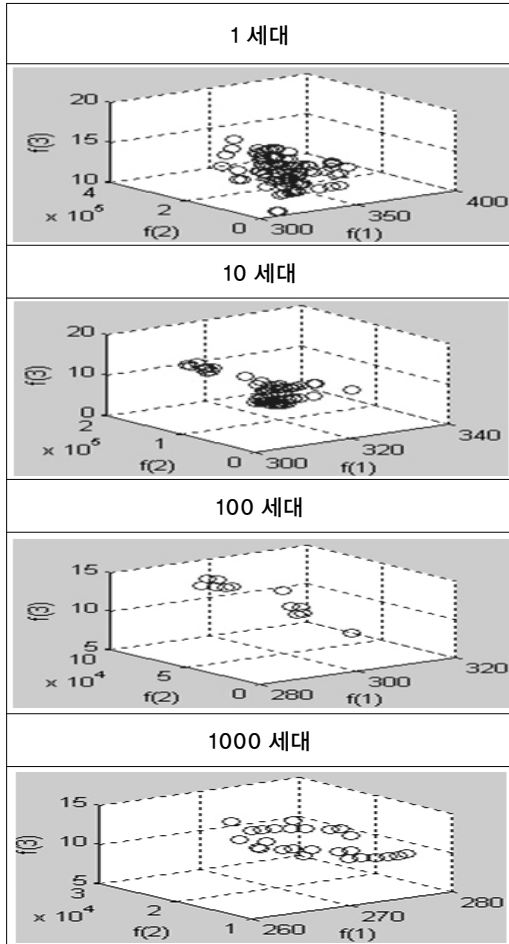


그림 5. 세대별 다목적 결과

그림 7~그림 10은 합정들의 운용계획( $S_1, S_2$ )과 기간별 가용합정을 Gantt 도표로 나타낸 것이다.

그림 7의 합정 운용계획 1( $S_1$ )은 전체기간에서 볼 때 가용율이 61%로 그림 9의 합정 운용계획 2( $S_2$ ) 보다 1% 높다. 즉, 목적 1 측면에서는  $S_1$ 이  $S_2$  대비 nondominated 한 결과이며, 목적 2와 목적 3 측면에서는  $S_2$ 가 nondominated 한 결과이다. 합정의 초기 운영 자료를 입력함에 따라 1주에서 16주까지  $S_1, S_2$  모두 동일하게 나타났으며, 기간별 중복으로 정비하는 합정을 최소화하는 목적 2와 기간별 가용합정의 편차를 최소화하는 목적 3 측면에서  $S_2$ 가  $S_1$  보다 효율적임을 볼 수 있다. 합정을 운영하는 측면에서 반드시 가용율이 높다고 해서 효율성이 보장되는 것은 아니며, 목적들이 하나 이상인 다목적일 경우에는 서로 간에 trade-off 관계를 만족해주는 결과가 효율적이라는 것을 알 수 있다.

따라서 가용자원의 효율적인 운영 측면에서는 차이가 미미하지만  $S_2$ 가  $S_1$ 보다 효율적이라고 할 수 있다.

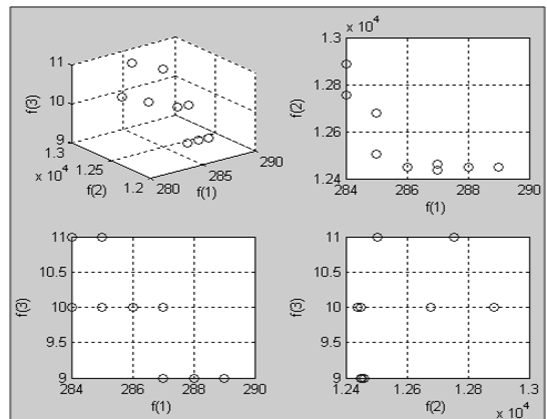


그림 6. 안정화 이후 결과

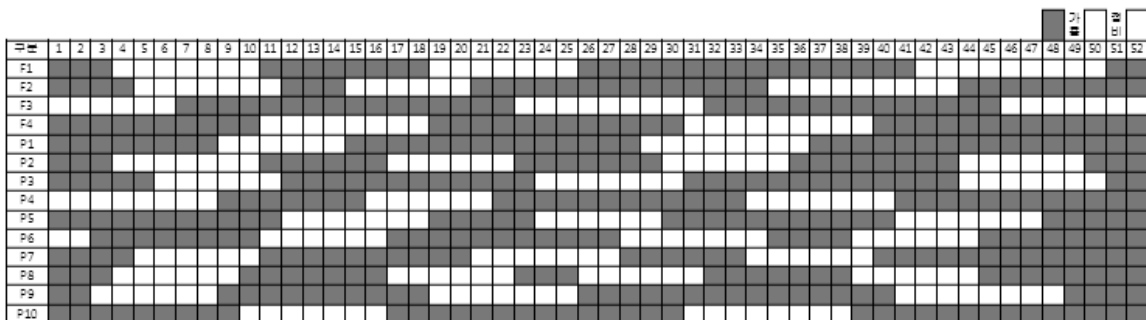


그림 7. 합정 운용계획 1( $f_1$ :284,  $f_2$ :12,754,  $f_3$ :11)

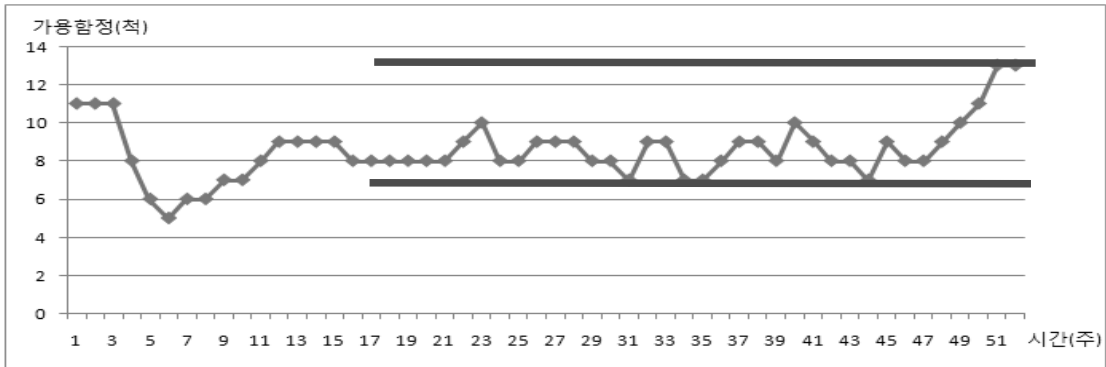


그림 8. 함정 운용계획 1의 기간별 가용함정

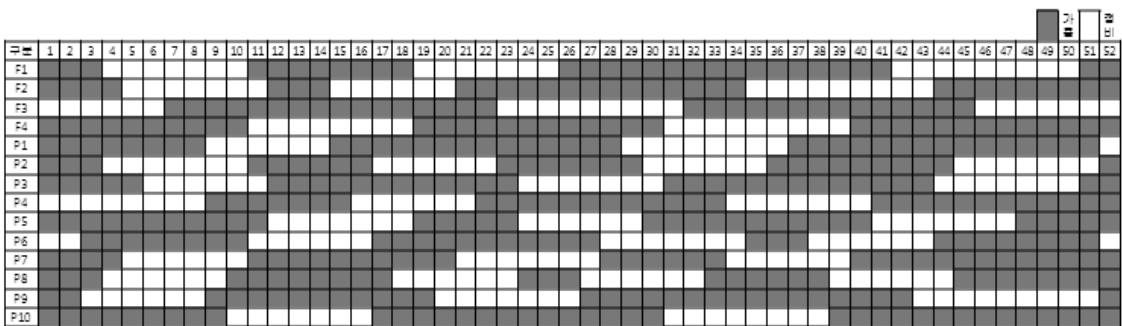


그림 9. 함정 운용계획 2( $f_1:288, f_2:12,451, f_3:9$ )

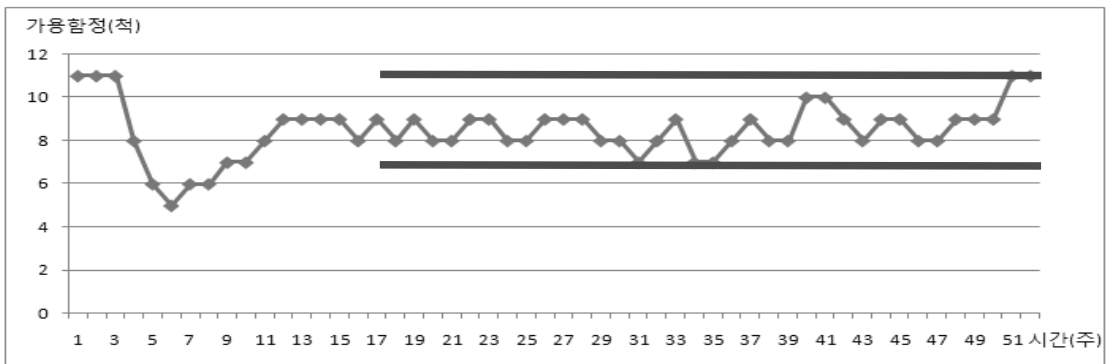


그림 10. 함정 운용계획 2의 기간별 가용함정

## 6. 결 론

본 연구는 한국해군 함정의 효율적인 운용계획을 수립하기 위한 방안으로 다목적 유전자 알고리즘 기법인 NSGA-II를 적용한 결과, 목적들 간의 trade-off 관계를 확인해볼 수 있었다.

본 연구에서는 호위함 및 초계함으로 구성되어 있는 2개 전투전대의 함정들에 대해 약 1년간 함정운영 계획을 수립해 보았다. 함정의 정비는 가용기간에 영향을 받는다는 가정 하에 여러 가지 경우의 가용기간을 고려하여 효율적인 계획들을 수립해서 비교해 보았다. 거시적인 관점에서 바라볼 때 가용기간의 극대화가 반드시 함정 운용측

면에서 효율적이지 않음을 볼 수 있다. 기간별 가용함정의 편차가 큰 것 보다 가용율이 떨어지더라도 편차가 적은 것이 함정의 장기 운영 및 전비태세 유지 측면에서 효율적인 계획이라고 판단된다.

수리시설에 대한 제약과 가용기간 중 고장율에 대해서는 향후 연구에서 고려할 예정이다.

## 참 고 문 헌

1. 김태순, 허준행, “NSGA-II 를 이용한 한강수계 저수지군 운영방안에 관한 연구,” 대한토목학회 정기학술대회, 2005.
2. 박종희, “한국해군 전대의 최적 정비일정계획에 관한 연구,” 국방대학교 석사논문, 2000.
3. 이기상, “NSGA-II 를 통한 송풍기 블레이드의 다중목적함수 최적화,” 대한기계학회, 2007.
4. 전장용, “한국해군의 함정 운용계획 수립에 관한 연구,” 고려대학교 석사논문, 2003.
5. 해군본부, 『해군함정 정비규정』, 해군규정 제 1467호, 2009.
6. Coello, C. A. C., “An Updated Survey of GA-Based Multiobjective Optimization Techniques,” ACM Computing Surveys, vol. 32, no. 3, pp. 109-143.
7. Deb, K., Multi-objective optimization using evolutionary algorithms, John Wiley & Sons, Chichester, 2001.
8. Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., and Meyarivan, T., “A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II,” IEEE Transactions on Evolutionary Computation, vol. 6, no. 2, pp. 182-197, 2002.
9. Deris, S., Omatu, S., Ohta, H., S., and Samat, P.A., “Ship Maintenance Scheduling by Genetic Algorithm and Constraint-Based Reasoning,” European Journal of Operational Research, vol. 112, pp. 489-502, 1999.
10. Kralj, B. and Petrovic, R., “A Multiobjective Optimization Approach to Thermal Generating Units Maintenance Scheduling,” European Journal of Operational Research, vol. 84, pp. 481-493, 1999.



**정 환 식** (jung896@naver.com)

1997 해군사관학교 문학사  
2004 고려대학교 산업공학과 석사  
2008~현재 국방대학교 운영분석과 박사과정

관심분야 : Military O.R, C4I체계 효과평가, 스케줄링



**이 재 영** (leeis100@yahoo.co.kr)

1980 육군사관학교 이학사  
1988 미국 해군대학원 OR 석사  
1995 미국 North Carolina 주립대학 OR&통계학 박사  
2000~현재 국방대학교 운영분석학과 교수

관심분야 : 비용대 효과분석, C4I체계 효과평가, 국방지식경영, 의사결정모델 개발, 최적화 모델, 시뮬레이션, 전투실협(Battle-lab), M&S, MIS, ERP, CRM, SCM, VV&A



**이 용 대** (ydlee@mobilis.co.kr)

1999 고려대학교 산업공학과 학사  
2001 고려대학교 산업공학과 석사  
2008 고려대학교 산업공학과 박사  
2009~현재 현대모비스 경영혁신실 과장

관심분야 : Logistics & Supply Chain Management, Operational Innovation, Stochastic Optimization, Multi-Criteria Decision Making