

서비스 전후 우선순위를 고려한 해군함정의 부두 할당에 관한 연구

A Study on Berth Allocation for Navy Surface Vessel Considering Precedence Relationship among Services

정환식*, 김승권**

*고려대학교 산업시스템정보공학과, 석사과정(jung896@syslab.korea.ac.kr)

**고려대학교 산업시스템정보공학과, 교수(kimsk@syslab.korea.ac.kr)

ABSTRACT

Navy surface vessels require pier services such as emergency repair, oil supply, arm loading / unloading, crane, standby readiness, normal repair, gun arrangement, ammunition loading, and food loading during the period in port. The purpose of this study is to establish efficient berth allocation plan for navy surface vessels in home port under the limited resources of piers and equipments. The study suggests Mixed Integer Programming (MIP) model for berth allocation problem, considering precedence relationships among services. For a effective analysis, the model is implemented by ILOG OPL(Optimization Programming Language) Studio 3.1 and ILOG Cplex 7.0. The results of the model show reduction of berth shifts and increasement of service benefits. And thus, it would be a possibility of contribution in the improvement of fleet readiness.

1. 서 론

효율적인 항만 운영은 21세기 주력산업으로 그 중요성은 더해가고 있다. 선석을 배정하는 작업은 항만운영 및 관리의 첫 단계로 볼 수 있다. [1] 따라서, 선석 즉 부두를 할당하는 문제는 항만 운영에 있어 매우 중요한 부분이다. 효율적인 항만 운영은 민간 항만에서 뿐만 아니라 해군 부대에 있어서도 중요한 역할을 담당한다.

민간 선박은 부두에서 화물을 적재 / 하역하는 서비스를 받지만 해군 함정은 일반적으로 해상에서 경비, 훈련, 각종 지원 임무를 수행한 후에 모항에 복귀하여 긴급수리, 유류수급, 무장 적하, 크레인, 태세유지, 수리, 포 배열, 탄약적재, 부식 작업등과 같은 서비스를 받음으로써 차기 임무를 수행하기 위한 만반의 준비를 갖춘다. 해군 함정이 모항에 머무르는 기간은 전비태세를 최고도의 수준으로 유지하고 아울러 승조원 휴식에 중요한 시간이다. [6] 해군 함정의 부두 할당은 함정의 특성, 함정이 필요로 하는 서비스, 부두의 특성, 부두의 지원 가능한 서비스에 의해서 결정된다. 이상적인 부두 할당은 각각의 해군 함정이 모항에 머무르는 기간동안 필요한 서비스를 지연없이 각 부두에서 지원받을 수 있도록 할당하는 것이다. 각 부두는 특성에 따라 다른 서비스를 해군 함정에 지원한다. [3] 예를들면, 수리부두에서는 장비 수리를 위한 서비스를 지원하고, 무장 적재 및 하역 부두에서는 해군함정의 유도탄 및 탄약을 적재하고 하역하는 서비스를 지원한다.

해군 함정의 부두 할당 절차는 해군 함정이 상급부대로부터 복귀명령을 받으면 임무를 교대하고 모항에 입항하기 전 사용 부두를 상급 부대에 요청하여 가능

여부를 승인받는 형식으로 이루어진다.

현실적으로 실무자가 해군 함정의 특성 / 필요한 서비스, 부두의 특성 / 지원 가능한 서비스등을 상세하게 고려하여 효율적이고 합리적으로 부두 할당을 한다는 것은 쉽지 않다. 항내 해군 함정이 적으면 실무자가 부두 할당을 쉽게 처리할 수 있지만, 많은 경우에는 각 함정들이 원하는 서비스들을 지연되지 않고 적절하게 운용을 하기가 쉽지 않다. 해군 함정이 모항에 머무르는 동안 필요한 서비스를 받는 과정에서 부두 이동을 해야 하는 상황이 빈번하게 발생하는데, 어떤 경우에는 불가피한 이동의 경우도 있지만, 부두 할당을 비효율적으로 함으로써 불필요한 부두 이동인 경우도 있다.

일반적으로 민간 항만에 있어 부두 할당 문제는 컨테이너선에 적용되는데, 컨테이너선의 작업시간은 부두에 따라 작업능력이 다르다. 따라서, 작업하기에 용이한 부두에 정박해야 작업을 신속하게 처리함으로써 비용을 절감할 수 있다. 해군 항만에서의 부두 할당은 민간 항만과는 큰 차이가 있다. 해군 항만에서는 나중에 입항한 해군 함정이 필요한 서비스를 받기 위해 먼저 입항한 해군 함정이 위치하고 있는 부두에 계류할 경우가 있는데, 이런 현상은 민간 항만에서는 발생하지 않는다.

현재, 해군 함정의 부두 할당과 관련하여 군에서 연구된 사례는 미 해군의 경우를 제외하고 국내에서는 전무한 실정이다. Brown et al. [2]는 서비스의 우선순위를 포괄적으로 고려하여 부두를 할당하였지만 본 연구에서는 서비스의 지속기간이 제한적이고, 서비스들간의 전후 우선순위가 존재하는 현실적인 제약을 추가한 모형을 수립하여 해군 함정의 전비태세를 향상시키고자 한다.

본 연구는 모두 4장으로 구성되어 있다. 제 2장에서는 문제를 정의하고, 가정사항과 수리적 모형을 제시하였으며, 제 3장에서는 해군 부대에서 실현 가능한 문제를 가상으로 만들어 ILOG OPL Studio 3.1를 이용하여 ILOG Cplex 7.0으로 문제를 풀고, 부두 할당 결과에 대해 기술하였다. 제 4장에서는 본 연구의 성과 및 기대 효과를 평가하였으며 향후 연구 방향에 대해 간략하게 서술하였다.

2. 모형의 수립

2.1 문제정의 및 가정 사항

본 연구는 해군 함정이 해상에서 각종 임무(경비, 훈련, 지원)를 마치고 모항에 머무르는 기간 동안 차기 임무 수행을 위해 필요한 서비스를 효율적으로 받기 위해서 해군 함정을 각 부두에 할당하는 문제이다. 즉, 필요한 서비스를 우선순위와 전후관계에 따라 부두에 지정하는 것이다. 아래 Table 2.1은 부두에서 지원하는 서비스들에 대해 설명한다.

Table 2.1 부두 지원 서비스

구분	설명
긴급수리	임무수행(경비, 훈련, 각종지원)중 갑작스런 장비고장 발생시 수리를 받는 서비스
유류수급	유류를 받는 서비스
무장작업	수리 전/후에 무장(탄약, 미사일)등을 적재/양육하는 서비스
크레인작업	수리기간 중 대형 장비를 적재하거나 양육하는 서비스
수리	일정기간 동안 장비 정비/검사를 하는 서비스
태세유지	긴급 상황에 대비하는 서비스
포배열	수리 종료후 포 상태를 검사하는 서비스
탄약적재	사격 훈련을 위해 탄약을 공급받는 서비스
부식작업	부식을 지원받는 서비스

해군 함정이 부두에 머무르는 동안 필요한 서비스는 함정의 상태에 따라 다음과 같다.

- (1) 임무 수행 가능 함정
긴급수리, 유류수급, 태세유지, 탄약적재, 부식작업
- (2) 임무 수행 불가능 함정
수리, 크레인 작업
- (3) 중간 단계 함정 (임무 수행 가능 -> 임무 수행 불가능)
무장작업, 수리, 크레인작업
- (4) 중간 단계 함정 (임무 수행 불가능 -> 임무 수행 가능)
무장작업, 포배열

본 연구에서는 함정 유형 / 서비스별 중요도를 정하기 위해서 주관적 판단에 의한 상대적 중요도를 결정하기 위해 의사결정 기법에서 널리 사용되고 있는 AHP (Analytic Hierarchy Process) 기법을 이용했다. [4]

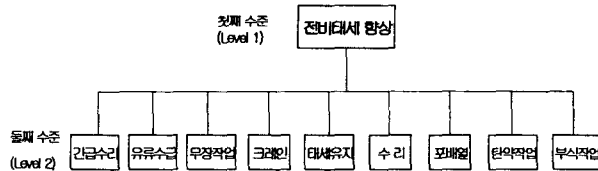


Fig. 2.1 서비스별 중요도 측정을 위한 계층구조 전비태세 함상을 위한 서비스별 가중치 측정의 계층구조는 Fig. 2.1과 같다.

Table 2.2 함정 유형 / 서비스별 중요도

함정	긴급수리	유류	무장	크레인	태세유지	수리	포배열	탄약적재	부식작업	부두이동
KDX	94	40	30	26	48	13	21	19	6	6
FFK	79	33	25	22	40	11	18	16	5	5
AOE	63	27	20	17	32	9	14	13	4	4
PCC (Missile)	47	20	15	13	24	7	11	10	3	3
PCC	31	13	10	9	16	4	7	6	2	2

Brown et al. [2]은 함정 유형에 따라 규정된 최대 가중치를 기준으로 서비스들의 중요도를 구했는데, 본 연구에서는 함정 유형별 가중치에 AHP 기법을 적용하여 얻은 서비스 가중치를 곱하여 얻은 값으로 함정 유형에 따른 서비스별 중요도를 나타내었다. 그 결과는 Table 2.2에 제시되어 있다.

■ 가정사항

- 부두의 수심은 조류의 스크류 손상방지 뿐만 아니라 조류 변화에 대해서도 변화하지 않기 위해 함정의 흘수(배의 아래 부분이 물에 잠기는 깊이) 보다 충분히 깊어야 한다

- 긴급수리, 유류수급, 무장작업등과 같은 서비스는 하루안에 끝난다.
- 포배열 함정은 최외측 부두에 계류해야 한다.
- 무장작업을 하는 함정은 단일 계류해야 한다.

2.2 수리적 모형

■ 기호 정의

- $s(\sigma)$ = 함정의 집합
- p = 부두의 집합
- n = nesting position의 집합
- t = 일자의 집합
- q = 서비스의 집합
- SD_{sa} = 함정 s 의 특성 (함정 s 의 길이, 전원, 입항, 출항, 단일 계류, 최외측 계류, 부두이동 별점)
- PD_{pa} = 부두 p 의 특성 (부두 p 의 길이, 육전 수)
- wp = 무장부두의 집합
- gp = 포배열 부두의 집합
- O = {긴급수리, 유류, 무장작업}과 같이 하루 안에 종료되는 서비스의 집합
- L_1 = {긴급수리, 유류}의 서비스 집합
- L_2 = {무장작업, 포배열}의 서비스 집합
- L_3 = {크레인 작업, 수리, 탄약작업, 부식작업}의 서비스 집합
- $\Omega(s)$ = 함정 s 보다 길이가 적은 함정의 집합
- $\phi(q)$ = 서비스 q 를 지원하는 부두의 집합
- $\pi(q)$ = 서비스 q 를 필요로 하는 함정의 집합
- NONEST = 단일 계류를 해야 하는 함정
- NOOUT = 최외측 계류를 해야 하는 함정
- LQ_{sq} = 함정 s 가 필요로 하는 서비스 q 에 대한 중요도
- A_{pp} = 서비스 q 가 부두 p 에서 가능하면 1, 그렇지 않으면 0
- T_{st} = 함정 s 의 t 가 $SD_{s, \dots, t} \leq t \leq SD_{s, \dots, t}$ 만족하면 1, 그렇지 않으면 0
- SV_{sq} = 함정 s 가 서비스 q 를 필요로 하면 1, 그렇지 않으면 0
- EXT = 함정이 부두길이를 초과하여 계류할 수 있는 최대길이
- BTW = 함정의 함수(함미)와 부두 끝단 거리
- BN_{spnt} = 함정이 부두 p , nesting position n , 시간 t 에 계류함으로써 생기는 점수
- H_{sq} = 함정 s 가 서비스 q 를 받지 못함으로써 생기는 벌점

■ 결정 변수(Decision variable)

- X_{spnt} = 함정 s 가 t 일에 부두 p 에 있는 nesting position n 에 계류하면 1, 그렇지 않으면 0. $T_{st}=1$ 경우에만 X_{spnt} 가 모형에서 실행.
- Z_{spnt} = 함정 s 가 t 일에 부두 p 의 nesting position n 으로 이동했으면 1, 그렇지 않으면 0.
- 함정 s 가 $t-1$ 일에 부두내에 계류해 있어야 함.
- U_{sq} = 함정 s 가 필요한 서비스 q 를 받지 못하면 1, 그렇지 않으면 0

■ 수리 모형

본 연구에서 사용된 수리 모형은 Brown et al. [2]이 수립한 것을 기반으로 하여 한국적 특성에 맞도록 보완된 것임을 밝혀둔다.

$$\text{Max} \sum_{spnt} BN_{spnt} X_{spnt} - \sum_{spnt} SD_{s, pen, abt} Z_{spnt} - \sum_{sq} H_{sq} U_{sq} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_s (SD_{s, length} + BTW) X_{spnt} \leq PD_{p, length} + EXT, \forall p, t, \quad (2)$$

$$\sum_s SD_{s, power} X_{spnt} \leq PD_{p, power}, \forall p, t, \quad (3)$$

$$\sum_{pn} X_{spnt} = 1, \forall s, t, \quad (4)$$

$$\sum_s X_{spnt} \leq 1, \forall p, n, t, \quad (5)$$

$$X_{spnt} - X_{spn(t-1)} - Z_{spnt} \leq 0, \forall s, p, n, \text{ and } t > SD_{s, arrive} \quad (6)$$

$$\sum_{\sigma \in \Pi(s)} \sum_{m < n} X_{\sigma pm} + (n-1) X_{spnt} \leq (n-1), \forall s, p, t, \text{ and } n \geq 2 \quad (7)$$

$$\sum_m \sum_{\sigma \in s} X_{\sigma pm} + N X_{spnt} \leq N, \forall t \text{ and } p \in wp, s \in \text{NONEST} \quad (8)$$

$$\sum_{\sigma \in \Pi(s)} \sum_{m > n} X_{\sigma pm} + (N-n) X_{spnt} \leq (N-n), \forall t, \text{ and } n \leq (N-1), p \in gp, s \in \text{NOOUT} \quad (9)$$

$$\sum_s X_{spnt} - \sum_s X_{sp(n-1)t} \leq 0, \forall p, t, \text{ and } n \geq 2, \quad (10)$$

$$\sum_{p \in \phi(q)} \sum_s S V_{sq} X_{spnt} + U_{sq} \geq 1, \forall s, q, \quad (11)$$

$$\sum_n \sum_t X_{spnt} \leq 1, \forall s \in \pi(o), p \in \phi(o), q \in O, \quad (12)$$

$$T \sum_n \sum_t X_{spnt} \geq \sum_n \sum_t X_{spnt}, \forall p_1 \in \phi(q_1), \quad (13)$$

$$p_2 \in \phi(q_2), q_1 \in \{L_1, L_2\}, q_2 \in \{L_2, L_3\}, s \in \pi(q_1), t \geq 1, X_{spnt} \in \{0, 1\} \forall s, p, n, t, \quad (14)$$

$$Z_{spnt} \in \{0, 1\} \forall s, p, n, t, \quad (15)$$

$$U_{sq} \in \{0, 1\} \forall s, p, n, t, \quad (16)$$

BN_{spnt} 는 [표 3-4]의 함정 유형 / 서비스별 중요도를 기반으로 계산되며, 식은 아래와 같다.

$$BN_{spnt} = e^{\left(\frac{t}{T}\right)} \left(\sum_q L Q_{sq} A_{sp} \right)$$

서비스 q를 필요로 하는 함정 s가 q를 지원할 수 있는 부두에 있으면 점수를 얻는다. 미래보다는 현재를 더 중요하게 반영하고 있으며, 모항에 머무르는 기간동안 서비스 점수는 누적된다. 그러나, 긴급수리, 유류수급, 무장작업, 크레인 작업과 같은 서비스는 하루안에 끝나기 때문에 서비스 점수가 누적되지 않는다.

목적함수는 식 (1)과 같다. 함정이 필요로 하는 서비스를 지원 부두에서 받음으로써 서비스를 점수화한 총점(BN_{spnt})을 최대화, 부두이동으로 인한 함정의 부두 이동 벌점($SD_{s, penalty}$)을 최소화, 필요한 서비스를 받지 못함으로써 생기는 벌점(H_{sq})이 최소화 될 수 있도록 구성했다. 식 (2)는 부두 길이가 nesting position 1에 있는 함정 s의 길이보다 커야 된다는 것을 나타내며, 식 (3)은 부두에서 제공할 수 있는 전원 케이블수를 나타낸다. 식 (4)는 모든 함정 s는 시간 t에 대해 정박한 부두의 nesting position에 유일하다는 것을 나타낸다. 즉, 한 함정이 시간 t에 대해 서로 다른 부두의 nesting position에 중복될 수 없다는 것을 나타낸다. 식 (5)는 부두의 nesting position마다 최대한 한 척의 해군 함정만을 수용한다는 것을 나타낸다. 식 (6)은 부두이동을 나타낸다. 예를들면, K1함의 경우를 보면, 3일 수리부두인 5부두의 nesting position 2에서 4일 1부두의 nesting position 1로 부두이동을 한다고 하자. 이것을 수식으로 표현하면 아래식과 같이 표현할 수 있다.

$X_{K1,5,2,4} - X_{K1,5,2,3} \leq Z_{K1,5,2,4}, X_{K1,1,1,4} - X_{K1,1,1,3} \leq Z_{K1,1,1,4}, X_{K1,5,2,4} = 0, X_{K1,5,2,3} = 1, X_{K1,1,1,4} = 1, X_{K1,1,1,3} = 0$ 을 나타낸다. K1함의 4일날 1부두의 nesting position 1로 이동하기 때문에 $Z_{K1,1,1,4} = 1$ 이고 $Z_{K1,5,2,4} = 0$ 이다. $Z_{K1,1,1,4} = 1$ 의 의미는 K1함의 4일날 1부두의 nesting position 1로 이동했다는 것을 나타낸다. 식 (7)은 부두 p의 nesting position m이 내측이고 n이 외측일 경우 함정 s가 부두 p의 nesting position n에 정박하고 있을 때 함정 s보다 길이가 적은 함정 σ 는 부두 p의 nesting position m에 정박할 수 없다는 것을 나타낸다. 식 (8)은 무장 작업을 필요로 하는 함정 s는 무장 부두에서 단일 계류해야 한다는 것을 나타낸다. 식 (9)는 포 배열을 필요로 하는 함정 s는 포 배열 부두 최외측에 계류해야 한다는 것을 나타낸다. 식 (10)은 함정 s의 정박은 부두의 nesting position에 따라 순차적으로 이루어진다는 것을 나타낸다. 식 (11)은 함정 s가 필요로 하는 서비스를 부두에서 제공받았는지를 나타낸다.

식 (12), (13)은 한국적인 현실상황을 반영하기 위해서 본 연구에서 새롭게 추가된 제약이다. 식 (12)는 긴급수리, 유류수급, 무장작업등과 같이 하루 이내에 종료되는 서비스들에 대해 하루 이상 정박하지 못하게 하는 시간적 제약을 나타낸다. 식 (13)은 서비스의 전후 관계를 나타낸다. 서비스 집합 L_1, L_2, L_3 는 서비스의 전후관계를 고려하기 위해서 구분한 것인데, 함정 s가 L_1, L_3 의 서비스를 필요로 할 때 L_1 서비스를 먼저 받고 L_3 를 다음에 받도록 하는 제약식이다. 예를들면, 임무 수행 가능한 함정 s가 L_1 에 속하는 긴급수리와 L_3 에 속하는 태세유지 서비스를 필요로 할 때, 함정 s는 긴급수리 서비스를 먼저 받은 다음 태세유지 서비스를 받을 수 있도록 하는 것이다.

이상의 식 (12), (13)을 통해서 서비스 지속 기간이 제한적이고 서비스들간 전후 우선 순위가 존재하는 현실 상황을 잘 반영해 줄 수 있었다. 식 (14), (15), (16)은 결정 변수들이 0과 1중 한가지 값만을 갖도록 하는 제약식이다.

3. 모형 적용 및 분석

3.1 문제의 구성 및 모형 실행

본 연구에서 제안한 수리적 모형을 적용하기 위해 가상의 입력자료를 만들었으며, Pentium 4, RAM 256MB 기종의 PC를 사용하였다. 전체 기간 T 7일, 해군 함정 10척, 부두 6개일 경우 부두 할당을 계획하고자 한다. 원시 입력 데이터로서 해군 함정에 관한 정보, 해군 함정이 필요한 서비스에 대한 중요도, 그리고 부두에 관한 정보는 아래 Table 3.1, Table 3.2, Table 3.3과 같다.

Table 3.1 해군 함정에 관한 정보

함정	길이	전원	입항	출항	단일 계류	최외측 계류	부두이동	p	n
K1	130	1	3	5	.	.	7		
F2	100	1	1	3	.	.	5		
F3	100	1	4	5	.	.	5	.	.
PM 4	80	1	2	4	.	.	3	.	.
P5	80	1	1	5	○	○	2	.	.
K6	80	1	0	3	.	.	2	5	1
K7	130	1	0	5	.	.	7	6	1
A8	130	1	0	2	.	.	4	2	1
P9	90	1	0	1	.	.	2	1	2
P10	90	1	0	2	.	.	2	1	1

Table 3.1은 해군함정의 길이, 필요한 전원 cable수, 입

항일자, 출항일자, 부두에 머무르는 기간 중 무장 작업을 해야 하기 때문에 단일 계류를 해야하는 함정, 정박 포배열을 하기 때문에 대기부두 최외측에 머물러야 하는 함정, 부두이동에 따른 손실등의 정보를 나타내며, 함정의 숫자 앞에 표시된 첫 영문은 함정의 유형[7]을 나타낸다 (K:구축함, F:호위함, A:군수지원함, PM:미사일을 장착한 초계함 P:초계함)

Table 32 해군 함정이 필요한 서비스에 대한 중요도(LQ_{sq})

구분	긴급 수리	유류 수급	무장 작업	크레인	태세 유지	수리	포 배열	탄약 적재	부식 작업
K1	94	0	0	0	48	0	0	0	0
F2	0	33	0	0	40	0	0	16	0
F3	0	33	0	0	40	0	0	0	0
PM 4	0	0	0	0	24	0	0	0	0
P5	0	0	10	0	0	0	7	0	0
P6	0	0	0	0	16	0	0	0	0
K7	0	0	0	26	0	13	0	0	0
A8	0	0	0	0	0	0	0	0	4
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P10	0	13	0	0	0	0	0	6	0

Table 3.2는 해군 함정이 모항에 머무르는 동안 필요한 서비스에 대한 중요도를 나타낸다. 예를들면, 함정 K1의 긴급수리의 중요도는 94, 태세유지에 대한 중요도는 48, F2의 유류수급에 대한 중요도는 33, 태세유지에 대한 중요도는 40을 나타내며, 이 중요도 값은 서비스를 받지 못함으로써 발생하는 벌점(H_{sq})으로도 사용된다.

Table 3.3 부두에 관한 정보

부두	길이	육전	긴급 수리	유류 수급	무장 작업	크레인	태세 유지	수리	포 배열	탄약 적재	부식 작업
1	130	3	x	x	x	x	o	o	o	o	o
2	130	3	x	x	x	x	o	o	o	o	o
3	130	3	x	x	o	x	x	x	x	x	x
4	150	3	x	x	o	x	x	x	x	x	x
5	140	3	o	x	x	o	x	x	x	x	x
6	150	3	x	x	x	x	o	o	o	o	o

Table 3.3은 부두의 길이, 육전 케이블수, 각 부두에서 제공할 수 있는 서비스의 가능여부를 나타낸다. 예를들면 1부두에서는 태세유지, 포배열, 탄약적재, 부식작업, 부식작업과 같은 서비스를 제공한다.

3.2 부두 할당 결과

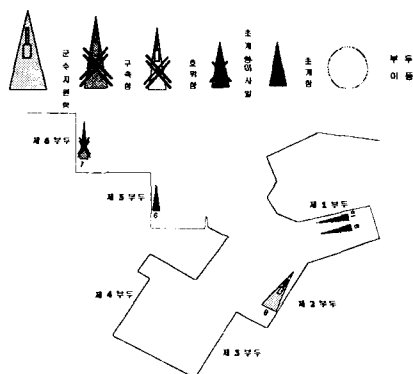


Fig. 4.2 부두 모형

모형에서 고려되는 부두의 형태는 Fig. 4.2와 같으며, 부두내에 있는 함정은 현재 위치($t=0$)를 나타낸다. 문제를 해결하는데 걸린 시간은 5초이내로 매우 짧은 시간안에 최적해를 구하였다. 모델과 수작업에 의한 부두 할당 모두 해군 함정이 필요로 하는 모든 서비스를 충족시키지만 결과값에서 큰 차이가 난다. 모델 수행을

통한 목적값(497)이 실무자에 의한 수작업에 의한 목적값(475) 보다 더 크고 부두이동도 4회만큼 적다. 따라서, 현재 실무자가 경험에 의존하여 수행하고 있는 수작업 보다 효율적으로 해군 함정의 부두 할당 계획을 수립할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 해군 함정이 각종 임무(경비, 훈련, 각종 지원)를 수행하고 모항에 머무르는 기간동안 차기 임무를 수행하기 위해 갖춰야 할 서비스를 우선순위와 전후관계에 따라 부두에 할당을 해주는 수리적 모형을 제시하였다. 즉, 해군 함정이 필요한 서비스를 함정의 서비스 중요도 / 전후관계에 따라 받게 함으로써 해군 부대의 전비태세를 향상시키기 위해 부두 할당 문제를 혼합 정수 계획 모형으로 구성하였고, 이에 대한 해법은 ILOG OPL Studio 3.1을 이용하여 ILOG Cplex 7.0으로 해를 구하였다. 본 연구에서는 긴급수리, 유류수급, 무장작업과 같은 서비스에 대한 시간적 제약, 서비스의 전후관계를 나타내어 주는 제약식 (12), (13)을 추가하여 구체화시킴으로써 서비스 우선순위를 포괄적으로 고려하여 부두 할당 계획을 수립한 Brown et al. [2]의 방법을 한국실정에 맞게 보완하여 제시하였다. 본 연구의 모형은 실제 해군 부대에 적용하지는 못하였으나 현실성 있는 가상의 문제에 적용하여 만족할 만한 결과를 얻었으며, 전문지식을 갖춘 해군 장교들로부터 가능성을 인정받았다. 본 연구에서 제시한 모형이 함정의 필요한 서비스, 입항, 출항과 같은 함정에 대한 정보가 빈번하게 수정되는 상황을 고려하기 위해서는 실시간 스케줄 관리를 위한 부두 입출항 자료관리 시스템이 구축되어야 한다. 이와같은 시스템이 구축된다면, 본 연구에서 제시한 모형의 현실성을 확보할 수 있게 될 것이다.

현재, 해군 함정의 부두 할당과 관련하여 국내에서 연구된 사례는 전무한 실정이다. 본 연구는 서비스의 시간적 제약, 전후 우선순위가 존재하는 한국 해군의 상황을 반영한 현실적인 부두 할당 모형이며, 국내 첫 시도라는데 큰 의의가 있다고 할 수 있겠다.

참 고 문 헌

- [1] 유재성, 김동희, 김봉선, 이창호, "인천항의 효율적 선석운영을 위한 실시간 의사결정지원 시스템 구축," [한국항만학회], 제13권, 제2호(1999), pp.1-9.
- [2] Brown, G., Lawphongpanich, S., and Thurman, K., "Optimizing Ship Berthing," *Naval Research Logistics*, Vol.41(1994), pp. 1-15.
- [3] Papworth, B., Propective Commanding Officer Briefing Draft, Naval Station Norfolk, VA, June, 1988.
- [4] Saaty, T.I., *The Analytic Hierachy Process*, McGraw-Hill Inc, 1980.
- [5] Thurman, K.P. (1989), *Optimal Ship Berthing Plans*, Masters Thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, March.
- [6] Wing, V.F., *SURFSKED an Optimization Aid for surface Combatant Interdeployment Scheduling*, Master thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, September, 1986
- [7] <http://www.navy.go.kr/main-6.html>