

# 컨테이너 정기선 선사의 전략적 제휴를 위한 수리적 모형 연구<sup>†</sup>

정기호\*

## 〈요 약〉

동일 항로를 운항하는 해운사들 간의 전략적 제휴는 과당 경쟁을 피하고 운송합리화를 통한 비용 절감 목적으로 다양한 형태와 방식으로 진행되어 왔다. 특히 컨테이너 정기선 선사들 간의 전략적 제휴 형태로 가장 활발하게 시도되고 있는 것이 공동배선을 통한 컨테이너 수송이다. 동일 항로를 운항하는 제휴사들 간에 이와 같이 공동배선을 통해 수송하게 되면 제휴를 맺은 선사들 공히 비용을 줄이고 수익을 높일 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 전략적 제휴를 맺고 공동배선을 하는 경우 총 비용을 최소화하는 수학적 모형을 제시하였고, 이를 풀기 위한 해법으로서 엑셀의 최적화 도구를 사용하는 방법을 제시하였다. 기존 논문들에서도 동일한 문제를 대상으로 수학적 모형을 제시하고 있으나, 이들 모형은 비선형계획법 모형으로서 해법을 적용하여 풀기에 한계가 있다는 단점이 있었다. 본 연구에서 제시하는 모형은 선형계획법 모형으로서, 기존 논문들에서 제시하고 있는 비선형계획법 모형에 비해 개선된 모형이라고 할 수 있다. 기존 비선형계획법 모형을 이용하여 항로별 컨테이너 수송 할당 방법을 찾고자 할 경우 현실적인 문제를 대상으로 풀기가 까다로워 현실 적용가능성 측면에서 상당히 많은 제약이 따르게 되지만, 본 연구에서 제시하는 모형을 적용하면 현실적인 문제에 대해서 쉽게 해결할 수 있는 장점이 있다.

본 모형의 현실 적용가능성을 테스트하기 위해 기존 논문에서 사용한 예제 문제와 동일한 문제를 대상으로 적용해 보았다. 추가기능 프로그램인 Premium Solver Platform을 엑셀 최적화 도구에 연동하여 풀어 본 결과, 자사 선박 및 제휴사 선박에 대한 최적 할당방법을 아주 쉽게 찾을 수 있었다. 그리고 자사 단독으로 컨테이너 수송하는 경우의 모형도 제시하여 동일한 문제를 대상으로 적용해 본 결과, 제휴 선사와 공동배선을 하는 경우가 자사 단독으로 컨테이너 수송하는 경우보다는 총비용 측면에서 많은 절감이 있다는 사실을 알 수 있었다.

핵심주제어: 정기선, 전략적 제휴, 공간 임대, 컨테이너 할당, 엑셀 최적화도구

논문접수일: 2014년 12월 08일   수정일: 2014년 12월 20일   게재확정일: 2014년 12월 22일

<sup>†</sup> 2014학년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음.

\* 경성대학교 경영정보학과 교수, khchung@ks.ac.kr

## I. 서 론

컨테이너 운송수요 증가율이 지난 20년 평균치의 절반으로 떨어지는 등 글로벌 해운업이 최대 위기를 맞고 있다. 또한 해운사들간의 경쟁으로 화물운임 마저 하락하고 있어 이러한 상황에 대응하기 위해 정기선 해운선사들은 컨테이너선의 대형화를 통한 규모의 경제를 추구하면서 운영비용 절감을 위해 노력해왔다(강동준, 방희석, 우수한 2014). 그러나 2000년대 중후반부터 나타나기 시작한 미국과 유럽지역의 연쇄적인 경제 불황은 수출입 물동량의 급격한 감소를 가져왔고, 이와 맞물려 해운경기의 침체가 지속되고 있다. 그럼에도 불구하고 전세계 정기선 시장은 10,000 TEU급 이상 초대형 선박들의 운항을 시작하였고, 각 선사별로 초대형선을 대량 발주해 놓은 상태이기 때문에 이들의 인도가 완료되면, 정기선 해운시장은 새로운 형태의 경쟁에 돌입하게 된다. 따라서 초대형선의 투입이 늘어가는 해운시장에서 컨테이너 정기선 선사들에 대한 전략적 제휴가 활발히 진행될 것으로 보인다.

2008년 하반기부터 불어 닥친 해운업계의 불황과 함께 초대형선의 투입으로 선박의 컨테이너 적재용량에 대한 실제 컨테이너 적재비율인 소석율이 하락하고 있고, 또한 선박량 과잉에 따른 과당 경쟁과 시장 점유율 경쟁으로 물동량 확보를 위해 운임이 하락하고 있어, 컨테이너 정기선 선사들은 이에 대처하기 위해 선사간 전략적 제휴를 통해 시장지배력을 확보하기 위해 노력하고 있다(김동열 2011a; 박건호, 안기명 2002).

이러한 상황에서 해운사들은 운송 합리화에 따른 비용절감과 운송 서비스의 질적 향상은 필수불가결한 전략이다. 이미 오래 전부터 해운사들간에 전략적 제휴가 있었지만 전략적 제휴의 목적은 시대와 상황에 따라 조금씩 변화했다(최

중희 2001). 물동량이 작았던 초기에는 선사들의 규모가 대체로 작고 또한 보유 선박 대수도 적어서 시장 확대와 위험 분산이 전략적 제휴의 주요한 목적이었다(김동열 2011b). 그러다가 컨테이너 수송시장에서의 경쟁이 점점 심화되면서 과거 절대 우위에 있던 선사들의 지위가 약해지거나 단독으로 그 지위를 유지할 수가 없어서 경쟁사와 제휴를 맺게 되었다(양창호 1996). 그리고 운송 서비스의 범위가 세계화됨에 따라 컨테이너 정기선사들은 글로벌 서비스망 구축이 필요하게 되었다. 주요 선사들은 기존의 선대 및 조직으로는 단시일 안에 전 세계를 대상으로 수송망 구축이 현실적으로 불가능할 뿐만 아니라 글로벌 영업망 구축 및 항로 운항에 막대한 비용이 소요되기 때문에 타 선사와의 다양한 전략적 제휴를 통해 이를 쉽게 달성하고자 하였다(노운진 2000; 강동준, 방희석, 우수한 2014). 그러나 최근의 대형 해운사들간의 전략적 제휴는 유럽, 북미, 아시아 항로를 이미 개척한 상태이기 때문에 시장 확대 보다는 과당경쟁 환경하에서 효율적 운항을 통한 비용 절감이 주요한 목적으로 주목받고 있다.

운송서비스의 글로벌화와 컨테이너선의 대형화에 따라 정기선 해운사들의 합리적 경영전략 일환으로 중요하게 고려되고 있는 전략적 제휴에는 터미널 공동 사용이나 하역부두 공동 활용 등 여러 가지 형태가 있으나, 그 가운데 가장 중요한 것이 공동 배선을 통한 운송 합리화이다. 공동 배선은 동일 항로를 운항하는 여러 정기선 해운사들이 서로 전략적으로 제휴를 맺고 컨테이너 수송선박의 상호이용을 통해 합리적인 운송활동을 전개하는 것이다(한낙연, 정준석 2005). 즉, 동일 항로를 운항하는 경쟁업체의 비어 있는 선박 일부 공간을 우리 회사가 빌려 컨테이너를 수송함으로써 양 회사가 모두 비용을 절감하고 선박 운항의 효율성을 높일 수 있다는 것이다.

본 연구에서는 자기 선사 주도하에서 타 업체와의 전략적 제휴를 위한 수학적 모형을 제시하고자 한다. 본 연구에서는 동일 항로를 운항하는 경쟁 해운사들 간 출혈 경쟁을 막고, 비용을 줄여 해운선사들의 운송 합리화를 위한 공동 배선에 관한 수리적 모형을 제시하고 현실적 적용가능성을 알아보기 위해 예제 문제를 통해 적용해보았다. 기존의 연구들 가운데 제휴를 맺은 컨테이너 정기선사들 간의 공동배선을 위한 수리적 모형을 통해 최적의 할당방법을 찾고자 시도한 논문들은 극소수에 불과했다(Chen and Zhen 2009; Chen and Zhen 2010; Lei et.al. 2008; Ting and Tzeng 2004).

Ting and Tzeng(2004)은 정기선 항로별 컨테이너 수출입 물동량의 불균형 때문에 야기되는 컨테이너 수송 후 돌아올 때의 소석을 하락을 해소하기 위한 매출관리 모형을 개념적으로 제시하였다. Lei et.al.(2008)의 논문에서는 두 선사 간 제휴에 관한 두 가지 전략을 제시하고, 이들 전략과 제휴를 맺지 않는 경우를 비교하였다. 이들이 제시한 전략 중 하나는 상대방 선박공간 중 일정 비율을 사전에 미리 정해 놓고 이용하는 전략이고, 나머지 하나는 두 선사간 물동량을 혼합하여 공동 운항하는 전략이다. 이 논문에서는 선박 출발시간과 운항시간, 그리고 수송 물동량 주문 할당 등을 고려하여 혼합정수계획법 모형을 제시하였다.

본 연구에서 다루고 있는 문제와 동일한 경우에 대해서 기존 논문에서 수리적 모형을 이미 제시된 바가 있다(Chen and Zhen 2009). 이 논문에서는 컨테이너 적재 규모에 따라 선박 유형을 구분하고 각 유형  $i$ 별로 각각  $m_i$ 대씩 선박이 있다고 가정함으로써 비선형계획법 모형을 제시하고 있다. 그러나 비선형계획법 모형은 풀기가 어려워 현실 문제를 적용하기에는 많은 한

계가 있고, 또한 보유 선박을 몇 개 유형으로 분류하여 구분한다는 것이 현실적으로 맞지 않다. 따라서 본 연구에서는 선박 유형을 구분하지 않고 자사 소유 선박이 모두  $m$ 대 있다고 가정하여 좀더 현실에 맞는 일반화된 상황을 고려하였으며, 제시한 모형 또한 비선형 형태가 아닌 풀기 쉬운 선형계획법 모형을 제시하였다. 또한 제휴사 소유 선박에 대한 항로별 운항 일정을 우리 해운사가 알고 있고 또한 항로별 운항하는 제휴사 선박들의 집합을 알고 있다고 가정함으로써 보다 일반적인 현실 상황을 고려하고 있다.

현실상황을 고려한 이러한 가정 하에서 본 연구에서 다루고자 하는 문제는 계획기간 동안 우리 회사가 각 항로별로 수송해야 할 컨테이너 물동량이 알려져 있는 상태에서, 전체 컨테이너 물동량을 수송하는 데 소요되는 총 수송비를 최소화 하도록 자사 선박과 제휴사 선박에 할당할 컨테이너 물동량을 구하는 문제이다. 본 연구에서는 비선형계획법 모형이 아닌 선형계획법 모형을 제시하였기 때문에, 현실 문제를 대상으로 적용하고자 할 때 풀기가 아주 쉬워 현실 적용가능성 측면에서 상당한 의미가 있다고 여겨진다. 본 연구에서 제시하는 모형의 현실 적용가능성을 알아보기 위해 해운사의 현실 상황을 고려한 예제 문제에 대해 본 모형을 적용하여 해를 구해 봄으로써, 본 연구에서 제시한 모형의 현실 적용가능성을 살펴보고자 한다.

다음에 나오는 II절에서는 본 연구에서 다루고자 하는 문제에 대한 정의와 수학적 모형을 제시하고, III절에서는 본 연구의 모형에 대한 해법을 제시하고 예제 문제를 대상으로 해법을 적용하여 현실 문제에 대한 적용가능성을 검증해보고자 하였으며, 마지막으로 결론 부분에서는 본 연구의 한계와 추후 연구 확장 가능성에 대해 언급하였다.

## II. 문제 정의 및 수학적 모형

본 연구에서 다루고자 하는 문제는 자기 선사 주도하에서 공동 배선을 위해 타 선사와 전략적 제휴를 맺는 문제로서 현실적인 상황을 고려하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

1. 계획기간(planning time period)이 주어져 있다. 예를 들면 3개월, 6개월 또는 1년 등으로 계획기간이 주어진다.

2. 자사 선박이나 제휴사 선박이 운항하는 항로가 정해져 있다. 현실적으로는 자사 선박이나 제휴사 선박이 운항하는 항로는 대체로 동일하나, 굳이 두 회사의 선박이 운항하는 항로가 같지 않더라도 본 논문의 전개에는 문제가 없다.

3. 계획기간 동안 우리 회사가 수송해야 할 컨테이너 수송수요량이 항로별로 주어져 있다.

4. 우리 회사 선박이나 제휴사 선박들은 선박 종류에 관계없이 어떠한 항로라도 운항할 수 있다.

5. 계획기간 동안 항로별 수송 물동량들 중 수송하지 못하고 남게 되는 컨테이너들에 대해서는 컨테이너 대당 위약금을 화주에게 물게 된다.

6. 정기 항로를 운항하는 제휴사 선박의 일부 공간을 빌려 컨테이너를 적재하고자 할 때에는 적재할 컨테이너 수에 대한 최대, 최소 수량 제한이 있다.

7. 제휴사 선박의 일부 공간을 빌려 컨테이너를 적재할 때 제휴사에 지불할 비용은 적재한 컨테이너 수에 따라 비례하는 변동비뿐만 아니라 고정비도 포함된다. 이러한 고정비는 타사 컨테이너 수송물량을 처리하는 데 따르는 비용으로서, 적재한 컨테이너 대수와 무관하게 일정한 비용이 부과된다.

8. 계획 기간 동안 제휴사 선박의 항로별 운항 일정이 알려져 있다. 즉, 제휴사 선박의 항로별

운항 일정계획에 관한 의사결정에는 우리 회사가 관여할 수 없고, 다만 제휴사가 결정한 항로별 선박 운항 일정에 관한 정보를 제공받아 우리 회사가 각 항로별로 수송해야 할 컨테이너들 중 일부를 제휴사 선박 공간을 빌려 적재 여부를 결정할 수 있을 뿐이다.

이러한 상황이 주어진 상태에서 본 연구에서 해결하고자 하는 문제는 항로별로 주어진 컨테이너 수송 물동량을 수송하는데 소요되는 총비용을 최소화하면서 자사 선박의 항로별 운항 할당 방법 및 제휴사 선박 공간에 컨테이너를 할당하는 방법을 구하는 것이다. 수학적 모형에 사용될 기호와 결정변수를 정의하고 수학적 모형(P)를 제시하면 다음과 같다.

(기호)

$I$  : 자사 소유 선박 집합

$K$  : 계획기간 동안 컨테이너를 수송해야 할 항로 집합

$J_k$  : 계획기간 동안  $k$  항로를 운항하는 제휴사 선박들의 집합,  $k \in K$

$D_k$  : 계획기간 동안  $k$  항로에 수송해야 할 컨테이너 물동량,  $k \in K$

$c_{ik}$  : 자사 선박  $i$ 가  $k$  항로를 1회 운항할 때 소요되는 수송비용,  $i \in I, k \in K$

$e_{jk}$  :  $k$  항로를 운항하는 제휴사 선박  $j$ 에 적재한 컨테이너에 대해 제휴사에 지불하는 컨테이너 대당 운임비용,  $j \in J_k, k \in K$

$f_{jk}$  :  $k$  항로를 운항하는 제휴사 선박  $j$ 를 이용하여 컨테이너를 실을 때 지불하는 고정비용,  $j \in J_k, k \in K$

$m_{ik}$  : 계획기간 동안 자사 소유 선박  $i$ 의  $k$  항로 최대 운항 횟수,  $i \in I, k \in K$

$p_k$  : 계획기간 동안  $k$  항로 수송수요량 중 수송하지 못하는 미처리 컨테이너 대당 위약금,  $k \in K$

$u_k$  :  $k$  항로 수송수요량 중 수송하지 못하는 미처리 컨테이너 수량에 대한 최대 상한값,  $k \in K$

$Q_i$  : 자사 소유 선박  $i$ 의 컨테이너 적재 용량,  $i \in I$

$q_{jk}^U$  :  $k$  항로를 운항하는 제휴사 선박  $j$ 에 실을 수 있는 컨테이너 최대 적재량,  $j \in J_k, k \in K$

$q_{jk}^L$  :  $k$  항로를 운항하는 제휴사 선박  $j$ 에

실을 수 있는 컨테이너 최소 적재량,  $j \in J_k, k \in K$

(결정변수)

$x_{ik}$  : 계획기간 동안 자기회사 소유 선박  $i$ 의  $k$  항로 운항 횟수

$y_{jk}$  :  $k$  항로를 운항하는 제휴사 선박  $j$ 에 컨테이너를 적재하면 1, 그렇지 않으면 0인 이진 변수

$w_{jk}$  :  $k$  항로를 운항하는 제휴사 선박  $j$ 에 실는 컨테이너 수

$z_k$  : 계획기간 동안  $k$  항로 수송수요량 중 수송하지 못하는 미처리 컨테이너 수

(P)

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} c_{ik} x_{ik} + \sum_{j \in J_k} \sum_{k \in K} e_{jk} w_{jk} + \sum_{j \in J_k} \sum_{k \in K} f_{jk} y_{jk} + \sum_{k \in K} p_k z_k \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{k \in K} \frac{1}{m_{ik}} x_{ik} \leq 1, \quad i \in I \quad (2)$$

$$\sum_{i \in I} Q_i x_{ik} + \sum_{j \in J_k} w_{jk} + z_k = D_k, \quad k \in K \quad (3)$$

$$w_{jk} \geq q_{jk}^L y_{jk}, \quad k \in K, j \in J_k \quad (4)$$

$$w_{jk} \leq q_{jk}^U y_{jk}, \quad k \in K, j \in J_k \quad (5)$$

$$z_k \leq u_k, \quad k \in K \quad (6)$$

$$x_{ik} \geq 0, x_{ik} : \text{정수} \quad i \in I, k \in K \quad (7)$$

$$w_{jk} \geq 0, w_{jk} : \text{정수} \quad k \in K, j \in J_k \quad (8)$$

$$u_k \geq 0, u_k : \text{정수} \quad k \in K \quad (9)$$

$$y_{jk} \in \{0, 1\} \quad k \in K, j \in J_k \quad (10)$$

<표 1> 입력 데이터  $m_{ik}$ 

$i \backslash k$	1	2	3	4
1~5	3	2	3	1
6~13	4	3	3	2
14~25	5	5	5	2

목적함수식 (1)은 총비용을 나타내는 것으로서 자사 선박 수송비용, 제휴사 선박 빌릴 경우 고정비와 변동비, 그리고 컨테이너 미처리 물량에 대한 위약금 비용의 합으로 구성된다. 제약식 (2)는 계획기간 동안 자사 소유 선박  $i$ 의 항로별 운항 횟수에 대한 제약식을 나타내고, 제약식 (3)의 의미는 계획기간 동안  $k$  항로 수송수요량은 자사 선박, 제휴사 선박을 이용하여 수송하고, 그래도 수송하지 못하는 물량은 미처리 양으로 남긴다는 뜻이다. 제약식 (4)와 (5)는  $k$  항로를 운항하는 제휴사 선박  $j$ 에 실는 컨테이너 수에 대한 상하한 제약조건식을 뜻한다. 제약식 (6)은 계획기간 동안  $k$  항로 수송물동량 중 미처리 컨테이너 수량은 정해진 수량을 초과해서는 안된다는 것을 의미한다. 제약식 (7)–(9)는 결정변수에 대한 비음 제약조건식으로서 양의 정수값을 갖도록 하는 식이고 제약식 (10)은  $k$  항로를 운항하는 제휴사 선박  $j$ 의 일부 공간을 빌려 컨테이너를 적재할 것인지 말 것인지를 나타내는 이진변수를 표현하고 있다.

한다. 일반적으로 본 연구에서와 같이 수리적 모형의 적용가능성과 효율성을 검증하는 경우 적용대상이 되는 예제 문제의 입력 데이터가 어떻게 구성되느냐에 영향을 많이 받는다. 따라서 본 연구에서는 객관적인 검증을 위해 기존 논문 (Chen and Zhen 2009)에서 사용한 데이터를 활용하여 예제 문제를 구성하고 이러한 문제를 대상으로 적용해 보고자 한다.

자사 소유 선박은 모두 25대 있으며 컨테이너 적재 용량에 따라 모두 3가지 유형으로 나눈다. 자사 선박 컨테이너 적재 용량은 선박 1부터 5까지는 모두 동일하게 6000대, 선박 6부터 13까지는 3400대, 선박 14부터 25까지는 2000대로 설정하였다. 총 항로는 4개가 있다고 가정하고, 각 항로별 제휴사 선박 이용 대수는 각각 10대씩 있으며, 제휴사 선박 종류와 무관하게 항로별로 동일한 것으로 가정한다. 자사 소유 선박  $i$ 가 계획기간 동안  $k$  항로를 운항할 수 있는 최대 횟수  $m_{ik}$ 에 대한 자료는 다음 <표 1>에 나타나 있다.

한편, 자사선박  $i$ 가  $k$  항로를 1회 운항할 때 소요되는 수송비용  $c_{ik}$  자료는 <표 2>에서 보는 바와 같다.

### III. 해법 적용

#### 1. 입력 데이터

본 모형의 현실 적용가능성과 효율성을 알아보기 위해 예제 문제를 대상으로 적용해 보고자

<표 2> 입력 데이터  $c_{ik}$  (단위: 만\$)

$i \backslash k$	1	2	3	4
1~5	100	110	120	140
6~13	80	90	100	100
14~25	60	80	80	90

$k$  항로를 운항하는 제휴사 선박  $j$ 의 일부 공간을 빌려 적재한 컨테이너에 대해 제휴사에 지불하는 컨테이너 대당 운임비용  $e_{jk}$ ,  $k$  항로를 운항하는 제휴사 선박  $j$ 의 일부 공간을 빌릴 경우 지불하는 고정비용  $f_{jk}$ 는 편의상 선박  $j$ 에

관계없이 동일하게 설정한다. 그리고 계획기간 동안  $k$  항로 수송수요량 중 부득이 수송하지 못하는 미처리 컨테이너들에 대해 화주에게 물게 되는 대당 위약금  $p_k$ 는 다음 <표 3>과 같다.

<표 3> 기타 비용 (단위: 만\$)

비용 \ 항로	1	2	3	4
$e_{jk}$	0.08	0.05	0.07	0.06
$f_{jk}$	20	25	25	30
$p_k$	0.3	0.125	0.2	0.175

그리고 계획기간 동안 수송해야 할  $k$  항로 수송수요량  $D_k$ ,  $k$  항로 수송수요량 중 미처리 컨테이너 수량에 대한 상한값  $u_k$ ,  $k$  항로를 운

항하는 제휴사 선박  $j$ 에 실을 수 있는 컨테이너 최대 및 최소 적재량 자료는 <표 4>와 같다.

<표 4> 기타 입력 자료

	항로			
	1	2	3	4
$D_k$	42000	80000	20000	90000
$u_k$	4200	8000	2000	9000
$q_{jk}^U$	1000	1000	1000	1000
$q_{jk}^L$	0	0	0	0

## 2. 해법

기존의 연구에서 제시한 수학적 모형은 비선형 계획법(Non-linear Programming) 모형으로서 현실 문제를 적용하여 풀기가 매우 까다롭다. 반

면에 본 연구에서 제시한 수학적 모형은 비선형 계획법 형태가 아닌 선형 정수계획법(Linear Integer Programming) 형태이기 때문에 해법을 적용하여 풀기가 쉬워 현실적으로 적용가능성 측면에서 활용도가 높다. 다만 예제 문제에서 처

림 자사 선박 대수가 21대, 항로가 4개, 제휴사 용선 선박 10대인 경우, 총 변수 개수가 168개로 서 비교적 문제 크기가 크다고 할 수 있다. 본 연구에서는 효율적인 해법 개발이 목적이 아니라, 현실에서 전략적 제휴를 맺은 선사들이 공동 배선을 하기 위해 컨테이너 할당 계획에 관한 의사결정을 수립하고자 할 때, 신속하게 의사결정을 지원하기 위한 것이다. 따라서 최적 할당 방법을 구하는 해법으로서 엑셀의 해 찾기 도구를 활용하고자 한다. 다만 기존의 해 찾기 도구는 풀 수 있는 문제의 크기에 제한이 있어서 본 연구에서와 같이 현실적인 문제를 대상으로 적용하여 풀고자 할 경우에 문제 크기가 아주 커져서 해 찾기를 사용할 수 없게 된다. 대신에 상용 프로그램인 Premium Solver Platform을 엑셀에 연동시켜 사용하게 되면 문제 크기가 아주 큰 현실적인 문제의 경우에도 적용하여 풀 수 있다. 본 연구에서도 이 프로그램을 엑셀에 추가시켜

문제를 풀어 보았다.

### 3. 해법 적용 결과 및 분석

엑셀 해 찾기 실행 결과 다음 <표 5>와 같은 최적해를 얻었다. 항로 1에서는 수송 물량 42,000대 모두 자사 선박으로 수송하게 되고, 항로 2에서는 자사 선박으로 64,000대, 제휴사 선박으로 10,000대, 그리고 수송하지 못하고 미처리 물량으로 남기면서 화주에게 위약금을 물게 되는 컨테이너 양이 6,000대이다. 항로 3에서는 자사 선박 12,000대, 제휴사 선박 8,000대 수송하고, 항로 4에서는 자사 선박으로 64,000대, 제휴사 선박으로 10,000대, 미처리 물량 7,600대이다. 이때 발생하는 총비용은 10,140이고, 자사 선박에 의한 수송비, 제휴사 선박에 의한 수송비, 미처리 비용이 각각 5,650, 2,410, 2,080이다.

<표 5> 최적 수송방법

항로	1	2	3	4
자사 선박	42,000	64,000	12,000	72,400
제휴사 선박	0	10,000	8,000	10,000
미처리 물량	0	6,000	0	7,600
총수송물동량	42,000	80,000	20,000	90,000

한편 동일 항로를 운항하는 타 선사와 전략적 제휴를 맺지 않고 자사 선박만을 이용하여 수송하는 경우와 비교하기 위해 다음과 같이 수학적 모형 (P1)을 작성하고 최적할당 방법을 구해 보았다.

(P1)

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} c_{ik} x_{ik} + \sum_{k \in K} p_k z_k$$

s.t.

$$\sum_{k \in K} \frac{1}{m_{ik}} x_{ik} \leq 1, \quad i \in I$$

$$\sum_{i \in I} Q_i x_{ik} + z_k = D_k, \quad k \in K$$

$$z_k \leq u_k, \quad k \in K$$

$$x_{ik} \geq 0, x_{ik} : \text{정수} \quad i \in I, k \in K$$

$$u_k \geq 0, u_k : \text{정수} \quad k \in K$$

$$y_{jk} \in \{0, 1\} \quad k \in K, j \in J_k$$



자사 선박만을 이용하는 경우의 수학적 모형 (P1)이 (P)와 차이나는 것은 목적함수식에서 제휴사 선박을 이용하는 비용이 제외되었고, 제약 조건식 (3)이 항로별 수송물량을 자사 선박과 미처리 물량으로 처리한다는 것으로 변경되었으며,

제휴사 선박을 이용하여 컨테이너를 싣는 것과 관련된 제약조건식 (4), (5)가 빠졌고 결정변수  $w_{jk}$ 도 제외되었다. 최적해를 구해본 결과, 각 항로별 수송물량 처리는 다음 <표 6>과 같이 나타났다.

<표 6> 전략적 제휴 맺지않은 경우

항로	1	2	3	4
자사 선박	38,500	72,000	18,000	81,000
미처리 물량	3,500	8,000	2,000	9,000
총수송물량	42,000	80,000	20,000	90,000

이때 발생하는 총비용은 10,477로서, 전략적 제휴를 맺는 경우보다 비용이 높음을 알 수 있다. 세부적인 비용 구성을 보면 자사 선박에 의한 수송비가 6,452이고, 미처리 물량에 대한 위약금 비용이 4,025로 나타났다. 따라서 동일 항로를 운항하는 경쟁사들 간에 공동 배선을 통한 전략적 제휴가 비용을 절감하는 효과가 있음을 알 수 있다.

#### IV. 결론

동일 항로를 운항하는 해운사들간의 전략적 제휴는 상당히 중요하다. 전세계 해운사들 간의 전략적 제휴는 이미 오래 전인 1990년대부터 이루어져 왔으며, 시간이 흐를수록 전략적 제휴의 형태와 방식이 다양하게 진행되어 오고 있다. 특히 컨테이너 정기선 선사들 간의 전략적 제휴 형태로 가장 활발하게 시도되고 있는 것이 공동 배선을 통한 컨테이너 수송 방법이다. 동일 항로를 운항하는 제휴사들 간에 이와 같이 공동배선을 통해 수송하게 되면 제휴를 맺은 선사들 공히 비용을 줄이고 수익을 높일 수 있는 장점이

있다.

본 연구에서는 전략적 제휴를 맺고 공동 배선을 하는 경우 총 비용을 최소화하는 수학적 모형을 제시하였고, 이를 풀기 위한 해법으로서 역셀의 해 찾기 도구를 사용하는 방법을 제시하였다. 기존 논문들에서도 동일한 문제를 대상으로 수학적 모형을 제시하고 있으나 이들 모형은 비선형계획법 모형으로서 해법을 적용하여 풀기에 한계가 있다. 본 연구에서 제시하는 모형은 선형계획법 문제 모형으로서, 기존 논문들에서 제시하고 있는 비선형계획법 모형에 비해 개선된 모형이라고 할 수 있다. 기존 비선형계획법 모형을 이용하여 항로별 컨테이너 수송 할당 방법을 찾고자 할 경우 현실적인 문제를 대상으로 풀기가 까다로워 현실 적용가능성 측면에서 상당히 많은 제약이 따르게 되지만, 본 연구에서 제시하는 모형을 적용할 경우 현실적인 문제에 대해서도 쉽게 해결할 수 있을 것으로 보인다.

본 모형의 현실 적용가능성을 테스트하기 위해 기존 논문에서 사용한 예제 문제 데이터를 활용하여 직접 문제를 풀어 보았더니 아주 쉽게 최적 할당방법을 찾을 수 있었다. 그리고 자사 단독으로 컨테이너 수송하는 경우의 모형도 제

시하여 동일한 문제를 대상으로 적용해 본 결과, 제휴 선사와 공동배선을 하는 경우가 자사 단독으로 컨테이너 수송하는 경우보다는 총비용 측면에서 많은 절감이 있다는 사실을 알 수 있었다.

본 연구에서는 제휴사가 한 군데인 경우를 다루었으나, 제휴 선사가 여러 군데로 확장해 보는 것도 의미 있는 연구가 될 수 있을 것으로 보인다. 또한 본 연구는 우리 해운사만이 제휴회사 선박 공간을 빌리는 일방적 제휴의 경우를 다루었는데, 제휴를 맺은 두 회사가 서로 상대방 선박 공간을 활용할 수 있도록 하면 좀더 현실적인 모형이 될 수 있을 것이다. 따라서 선박 공유를 위한 전략적 제휴를 통해 양 회사 모두 비용을 최소화하고 이익을 극대화시키는 수학적 모형과 해법을 개발한다면, 현실적인 측면에서 활용가능성이 아주 높을 것이기 때문에 이에 대한 연구는 상당한 의미가 있을 것이라 판단된다.

## 참고문헌

1. 강동준, 방희석, 우수환(2014), 세계 주요 정기 선사의 항만네트워크에 관한 연구, 한국항만경제학회지 제30집 제1호, pp.73-96.
2. 김동열(2011a), 전략적 제휴에 영향을 미치는 문화적 요인에 관한 연구-정기선 선사를 중심으로, 한국항해항만학회지 제33권 제8호, pp.691-699.
3. 김동열(2011b), 전략적 제휴에 부정적인 영향을 미치는 요인에 관한 연구-정기선사를 중심으로, 한국항만경제학회지 제27집 제3호, pp.247-272.
4. 노윤진(2000), 컨테이너 정기선사의 전략적 제휴 성과측정에 관한 연구, 박사학위논문, 중앙대학교.
5. 박건호, 안기명(2002), 정기선 해운의 운임결정 요인과 안정화 방안에 관한 연구, 해운연구, 봄, pp.47-82.
6. 양창호(1996), 컨테이너 정기선 해운기업들의 전략적 제휴에 대한 이론적 고찰, 해운산업연구, 통권 제136호, pp.1-16.
7. 한낙연, 정준석(2005), 정기선시장에 있어서 글로벌 제휴의 현황과 전망에 대한 고찰, 한국항만경제학회지 제21집 제3호, pp.115-148.
8. 최중희(2001), "정기선해운의 전략적제휴 변천 연구, 월간 해양수산, 통권 제203호, pp.17-34.
9. Chen, J. and Zhen, H.(2009), A Nonlinear Model for Decision-Making for Container Slot Chartering & Allocation under Liner Shipping Alliance, International Conference on Advanced Computer Control, pp.502-505.
10. Chen, J. and Zhen, H.(2010), Planning & decision-making Model for Liner Shipping with Container Slot Exchange under Shipping Alliance, Journal of Wuhan University Technology, 34, pp.1297-1301.
11. Lei, L., Fan, C., Boile, M. and Theofanis, S.(2008), Collaborative vs. non-collaborative Container-vessel Scheduling, Transportation Research Part E44, pp.504-520.
12. Ting, S. and Tzeng, G.(2004), An Optimal Container Slot Allocation for Liner Shipping Revenue Management, Maritime Policy Management, 31, pp.199-211.

## Abstract

### Mathematical Model for Liner Shipping Alliance Problem<sup>†</sup>

Chung, Ki-ho<sup>\*</sup>

This paper suggested an efficient mathematical model for strategic alliance of liner shipping companies. Even though a few previous research papers proposed the mathematical models for container slot chartering and allocation under liner shipping, those models were nonlinear and very difficult to solve. So their models had limits to apply them to real world problems. On the other hand, the model suggested in this paper is easy to solve and apply to real world problems because it is a integer linear programming model.

This paper tried to apply the model to the same example problem as used in existing research paper. Excel add-in program, Premium Solver Platform was used to solve the problem and the optimal allocation and slot chartering for containers were able to be found easily. The result also showed that the total container shipping cost for applying the strategic alliance model was reduced compared to non-strategic alliance model.

Key Words: Liner shipping, Strategic alliance, Slot chartering, Container allocation, Excel Solver

---

<sup>†</sup> This study was supported by Kyungsung University Research Grants in 2014.

<sup>\*</sup> Professor, Dept. of Management Information Systems, Kyungsung University, khchung@ks.ac.kr