

경영학석사 학위논문

컨테이너 정기선대 관리를 위한
최적항로 결정모형에 관한 연구

(A Study on an Optimal Routing Model
for Liner Fleet Management)

지도교수 조 성 철

2004년 7월

한국해양대학교 대학원

해운경영학과

정 혜 정

목 차

Abstract.....	VI
제1장 서론.....	1
제1절 연구의 필요성과 목적	1
1.1 연구의 필요성.....	1
1.2 연구의 목적.....	3
제2절 연구내용 및 방법	4
제2장 정기선 시장의 현황과 전망.....	6
제1절 세계 선사별 선대 현황	6
제2절 세계 해운시장 현황과 전망.....	7
2.1 2004년 컨테이너 물동량과 선대규모 전망	7
2.2 주요 항로별 정기해운 시장 전망	8
제3장 의사결정모형의 이론적 배경.....	13
제1절 선형계획법.....	13
제2절 정수계획법.....	15
제3절 경영과학을 활용한 선대의 의사결정 모형	16

제4장 정기선대 관리 최적화 모형	19
제1절 문제의 개요	19
1.1 모형의 가정	19
1.2 모형의 기호	20
1.3 흐름-경로 행렬	21
제2절 정기컨테이너 관리를 위한 혼합정수계획 모형	22
2.1 목적함수	22
2.2 제약식	23
2.3 완성된 혼합정수계획모형	26
2.4 최적해의 해석	27
제5장 정기선대 관리 모형 사례연구	29
제1절 개요	29
제2절 사례연구	30
2.1 가정	30
2.2 후보 항로와 수요예측	31
2.3 비용 관련 자료	32
2.4 해운선사의 'N'의 선대 관리 모형	34
2.5 해운선사 'N'의 최적해	36
제6장 결론	38
제1절 연구 결과의 요약	38
제2절 연구의 한계 및 향후 연구방향	38

참고문헌자료.....	40
<APPENDIX>	44

표 목 차

<표2-1> 세계 20대 선사의 선대규모.....	6
<표2-2> 8,000 TEU급 이상 초대형 컨테이너선 발주현황	8
<표2-3> 세계 컨테이너 물동량 추이 및 전망	8
<표2-4> 아시아-북미항로 수급추이 및 현황	10
<표2-5> 아시아-유럽항로 수급추이 및 현황	11
<표2-6> 한·중·일 3국간 컨테이너 운성시장에 대한 향후전망.....	12
<표3-1> 경영 과학적 방법을 이용한 선박의 항로결정 및 운항계획에 관한 선행연구.....	18
<표5-1> 항로별 주요구간별 수요량과 평균 운송량	32
<표5-2> 1항차 당 운임수익	32
<표5-3> 1항차 당 항해비용	33
<표5-4> 1항차 당 순 이익	33
<표5-5> 선박의 계선비용	33
<표5-6> 항차 소요시간 및 연간운항 가능일수	34

그림 목차

<그림2-1>세계 컨테이너 물동량 추이 및 전망.....	9
<후보항로그림> 운항후보항로	31

ABSTRACT

A Study on an Optimal Routing Model
for Liner Fleet Management.

JUNG, Hye-Jeong

Department of Shipping Management.
The Graduate School of Korea Maritime University.

In liner shipping industry, the transportation service is given on a regular basis using containerships. Once a route for a ship has been determined, it is not likely to be changed for a certain period of time. Therefore liner shipping managers should consider as many factors as possible to make right decisions on the ship routes. The larger a liner fleet is, the more complicated the routing decision grows and the greater its effect becomes.

Many shipping companies these days have challenging opportunities from growing cargo demands and new hub-ports available for possible ports of visits. The purpose of this study is to develop a management science model for ship routing strategies for a liner fleet. This study considers various ship sizes and assumes that no two routes are assigned to a single ship. The model has been developed to be a mixed integer program with binary variables. Usual instances of the model can be solved to find the optimal solutions using ordinary commercial software.

제1장 서론

제1절 연구의 필요성과 목적

1.1 연구의 필요성

우리나라는 극동지방에 위치한 반도국가로 국토가 작고 풍부한 지하자원을 보유하고 있지는 않지만 동북아에서부터 북미, 동북아에서 유럽 간 물류흐름의 중심에 위치해 해운의 연계 중심지라는 천혜의 지리적 조건을 갖추고 있다. 그러므로 이러한 지리적 강점을 바탕으로 해운산업의 활성화를 통한 경제발전을 기대할 수 있다.

해운산업에 있어 일반적인 선박운항의 유형은 크게 정기선 운항(liner operation), 부정기선 운항(tramp operation), 화주직접운항(industrial operation) 3가지로 구분된다. 이 중 정기선 운항은 컨테이너를 이용한 운송 방식으로 재래식 운송수단으로는 감당할 수 없었던 물량을 소화시키는 한편 화물운송의 3대 원칙인 경제성, 신속성, 안정성을 최대한으로 충족시킨다는 장점을 가지고 있다. 또한 화물운송 구간 중 화물의 이적 없이 일관수송을 함으로써 이른바 복합운송(intermodal through transportation)을 가능하게 하므로¹⁾ 그 비중이 점차 증가하고 있다.

컨테이너화(containerization)는 1926년 유럽에서 처음으로 시작된 이후, 제2차 세계 대전 중 군수물자 수송을 목적으로 본격적인 진행이 시작됐다. 우리나라의 경우 1960~1970년대 수출 지향적인 경제정책 하에서 수출·입 물동량의 원활한 운송을 위해 외항 해운부문의 자금지원규모, 해운정책개발 등 다방면에 정책적, 행정적 관심을 기울였다. 그러던 중 1970년 SEA LAND사의 컨테이너 선박이 최초로 부산항에 입항한 것을 시발점으로 하여²⁾, 이후 국가 경제 발전의 일환이었던 수출 장려 운동으로 인해 수출·입 화물량이 증가하게 되면서 컨테이너 선박을 이용한 해상운송방식이 비약적으로 발전하게 되었다.

1) 황호만 외 2인(1999), 「신무역학원론」, 학문사, p.421.

2) 오원석(2004), 「국제운송론」, 전영사, p.5.

정기선사는 선박을 경영수단으로 컨테이너 운송을 통해 ‘이익추구’라는 직접적인 활동 목표를 수행한다. 그러므로 선사에 있어서 경영자의 올바른 의사결정을 통한 선대의 적절한 관리가 무엇보다 중요하다. 정기선사의 경우, 선대관리의 기간이 최소 1년 이상이며 일단 의사결정을 하게 되면 쉽게 바꾸기 힘들다. 그렇기 때문에 경영자의 실수로 인해 잘못된 의사결정을 하게 될 경우 그 결과는 자사의 존립을 위협할 수 있고, 경우에 따라서는 자사를 소멸시킬 수도 있다.³⁾

만약 어떤 작은 규모의 정기선사 즉, 보유하고 있는 선박의 수와 항로가 적은 정기선사가 있다고 하자. 이런 경우, 정기선사는 규모가 작기 때문에 해운시장 환경이 변화하게 되더라도 적응하기가 대체로 용이하다. 그래서 특별한 체계적 방법론의 도움 없이 단순히 의사결정자의 과거의 경험을 통한 지식과 직관에 의한 선대관리가 가능할 수 있다. 그러나 선박의 수와 항로가 증가하게 되면 그에 따라 의사결정 과정도 더욱 복잡하게 된다. 고려해야 할 의사결정 대안도 훨씬 많아지며, 의사결정의 결과에 대한 위험과 불확실성 역시 더욱 증가하고, 의사결정의 결과가 미치는 영향도 매우 커진다. 그렇기 때문에 규모가 크고 잘 정의된 해운시장에서 최대이윤의 추구라는 선박회사의 궁극적인 목표에 가장 잘 부합하는 합리적인 대안을 선택하고 주어진 상황에 대해 폭넓은 분석을 할 수 있도록 하기 위해서는 체계적이고 과학적인 의사결정 기술의 도움이 필요하다.

예로부터 수송수단의 경로선택문제 또는 일정계획문제에 관한 의사결정모형 연구는 많이 이루어졌다. 그러나 선박을 이용한 항로선택문제나 일정계획문제에 대한 연구는 다른 운송수단의 비해 상대적으로 활발히 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 이는 해운 서비스가 가지고 있는 고유한 특성 - 날씨, 파업등과 같은 불확실성을 가지고 있고, 해운시장이 국제적이고 불안정하며, 복잡한 구조를 가지고 있다 등 - 때문이라고 선박 일정계획문제에 관하여 연구한 Ronen(1983;1993)은 지적하고 있다. 해운산업에 있어서 경로선택과 일정계획문제란 주로 계획과정의 전술적 단계, 경영의 단계에 초점이 맞춰진 것으로 모든 화물이 출항지에서 선적되어 도착항에 이르기까지 선대에 속한 모든 선박들의 수송비를 최소화 하는 것을 의미한다. 항로선택이란 선박에 의해 경유하게 되는 항만들의 일련의 순서를 열거한 것이며, 일정계획이란 시간적 국면이 항로선택을 만드는 경우에 사용되는 것으로 선박의 항로에 발생할 수

3) 박구현 외 2인(2001), 「엑셀 2000 경영과학」, 교보문고, p.22.

있는 다양한 사건들에 대해 적절한 시간을 적절히 할당하도록 돕는 역할을 한다.

Ronen(1983;1993)이 앞서 지적했듯이 해운시장은 불확실하고 복잡하며 국제적인 성격을 지니고 있다. 그렇기 때문에 각국의 경제발전 수준과 경제·산업정책 등에 영향을 받아 새로운 지역에서 신규 물동량이 발생할 수도 있고 기존 지역의 물동량이 증가 혹은 감소할 수도 있으며 물동량의 흐름 역시 바뀔 수 있다. 또한 최근에는 중심항만(hub port)이라는 거대 물류거점의 개념이 생겨났다. 이에 세계일주서비스(round the world service)를 하는 대형 정기선사들은 자사의 선박을 중심항만들만 경유하게 하고 중심항만과 인접한 주변항만의 경우에는 현지 선사의 피더선을 이용하는 이른바 hub-spoke 체제로 전환하는 추세이다. 이는 선박의 운항시간의 단축과 운항비의 절감과 같은 운항의 효율성을 높일 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문이다. 이처럼 정기선사의 의사결정자는 변화하는 해운시장에 적절히 대응하기 위해 늘 자사의 운항항로가 최적인지 검토해보고 새로운 기항항만의 추가여부나 현재 기항항만을 계속 유지할 것인지 혹은 사용을 중지할 것인지에 관한 항로결정 문제를 고려할 필요가 있다.

1.2 연구의 목적

정기선 해운업에서 가장 중요한 의사결정은 선박이 운항하는 항로의 결정이다. 정기선의 경우 항로가 일단 결정되면 쉽게 변경할 수 없기 때문에 처음 항로를 개설할 때 충분한 검토가 이루어져야 한다. 최적항로를 결정하는 것은 경제성과 수익성을 높이기 위한 해운의 항로 전략에서 가장 중요한 것으로 다른 어느 것보다 우선 고려되어야 한다.⁴⁾

최근 조성철·장기창(2000)은 Cho & Perakis(1996)의 연구를 바탕으로 여객선대를 대상으로 화물과 승객을 동시에 고려한 항로선택 최적화 모형개발에 대해 연구한 바 있다. 이 논문에서는 연구 대상을 정기선사의 선대로 하여 최적항로 결정모형을 개발하고, 조성철·장기창이 제시한 모형을 개선하고자 한다. 모형 개선을 위해 정기선은 화물과 승객의 수요에 따라 일정 기간 동안 여러 항로에 투입될 수 있는 여객선과 달리 주로 일정기간 동안 한 항로에만

4) 신한원 외 2인(2002), “컨테이너 정기선사의 국제마케팅전략에 관한 연구”, 한국해양대학교 해사산업 연구소.

고정된다는 점과 다양한 선박의 크기가 고려되어야 한다는 등 보다 현실을 반영해 정기선대의 관리를 위한 항로선택 의사결정모형을 구축하는 것을 연구 목적으로 한다.

제2절 연구내용 및 방법

정기선사는 자사가 보유하고 있는 선대를 운영수단으로, 최대 운항이익을 창출하는 것을 일반적인 목적으로 한다. 이런 경영목적을 달성하기 위해 적절한 시기에 수요화물을 운송할 수 있도록 선대 운영을 최적화하는 문제는 해운경영상에서 매우 중요한 사항이다. 정기선사는 운항 가능성이 있는 항로에 대한 화물수요를 예측하고 이를 바탕으로 향후 정기선 해운시장의 변화를 예측해 자사의 선대에 가장 적합한 항로를 선택, 선박을 투입할 수 있다.

본 연구에서는 정기 컨테이너 선대를 대상으로 하며, 제5장 사례연구에서는 현재 근해항로(한·중·일)를 왕복 운항하는 선박에 관련된 실제 자료를 활용하여 선사의 이익을 최대화하는 항로선택 의사결정 문제를 다룬다.

본 연구는 정기 컨테이너 선대를 대상으로 최적 항로결정 및 배선을 위한 의사결정모형을 개발하며 다음과 같이 수행한다.

(1) 컨테이너로 운송되는 화물량에 대한 자료는 한국컨테이너부두공단, 한국해양수산개발원 등 해운관련 기관을 통해 수집하였다.

(2) 의사결정 모형 개발을 위해 선형계획법과 0-1 정수 변수를 활용한 혼합정수계획법을 사용한다.

(3) 현재 운항중인 항로 및 화물 수요 예측을 반영한 경영자의 후보항로 등을 시스템적으로 고려한 의사결정 모형을 개발하고 모형의 분석 및 최적해에 대한 경영상의 시사점을 설명한다.

(4) 한·중·일 항로 및 항해로부터 도출된 실제자료를 최대한 반영한 가상적 사례분석을 선형계획 및 정수계획용 범용 소프트웨어인 LINDO/PC를 사용하여 시도한다.

이 논문은 아래와 같이 구성되어 있다.

제1장 서론에서 연구의 필요성과 내용 및 방법에 대해 설명하고 이어 제2장 정기 컨테이너 산업의 현황에서 선사별 선박보유 현황과 컨테이너 화물물동량 추이를 전망해 본다. 제3장에서는 본 연구를 수행하기 위한 의사결정 모형의 이론적 배경을 살펴본다. 본 연구의 본론으로 볼 수 있는 제4장에서는 컨테이너 선대의 경로선택 및 배선을 위한 혼합정수계획모형을 개발하여 제시한다. 제5장은 제4장에서 만든 혼합정수계획모형을 통해 실제 자료를 최대한 반영한 가상 사례연구를 시도하여 모형의 타당성을 예증한 후, 제6장에서 결론을 도출하고 향후 연구방향을 제시하는 형식으로 구성하였다.

제2장 정기선 시장의 현황과 전망

제1절 세계 선사별 선대 현황

컨테이너 선박을 이용해 정기해운 서비스를 제공하고 있는 세계 각국의 해운회사 중 상위 20위에 속하는 선사와 그 규모를 아래의 <표2-1>과 같이 간추려 볼 수 있다.

<표2-1> 세계 20대 선사의 선대규모(2003.5 기준)

순위	선사명	선대규모	
		TEU	척
1	Maersk Sealand	753,524	281
2	Mediterranean Shipping Co.	494,771	210
3	P&O Nedlloyd Ltd	387,487	141
4	Evergreen Marine Corp.	340,522	124
5	Hanjin Shipping	282,904	73
6	APL	259,802	78
7	Cosco Container Lines	257,080	136
8	CP Ships	192,531	85
9	K-Line	190,156	65
10	CMA CGM	189,504	73
11	NYK Line	188,998	61
12	Orient Overseas Container Line	177,788	57
13	MOL	162,802	56
14	China Shipping Container Lines	159,955	88
15	Hapag-Lloyd	155,306	43
16	Yangming	147,804	51
17	ZIM	131,566	54
18	HMM	130,347	66
19	Wan Hai Lines	89,940	63
20	Pacific International Lines	75,350	52

자료 : Each carrier's Homepage, CI-online.

주:랭킹은 선사별 운영선대 규모에 따라 결정.

주:자회사 선대는 포함되어 있지 않음.

<표2-1>에서 보면 281척의 선박과 753,524TEU급의 수송능력을 갖춘 덴마크의 Maersk Sealand사가 1위를 차지한 가운데 스위스의 Mediterranean Shipping Co사와 영국과 네덜란드의 P&O사가 그 뒤를 추격하고 있으며 우리나라 국적선박회사인 한진해운과 현대상선도 각각 제5위와 제18위를 차지하고 있다.

이처럼 현재 정기선 해운시장의 선두를 점하고 있는 선박회사들은 적게는 수십 척에서 많게는 수백 척에 이르는 많은 선박을 보유하고 있다. 이처럼 많은 선박을 동시에 고려해야 할 경우, 다양한 항로와 선박의 운항에 대한 시스템적 개념의 의사결정의 필요성은 더욱 증가된다. 이런 각도에서 볼 때 이 연구는 선대에 포함된 여러 척의 선박을 동시에 시스템적으로 고려하면서 각 선박의 수송능력, 그리고 주요항만들 사이의 컨테이너 수요물동량에 따라 선대 내의 모든 선박을 최적상태로 운항시키도록 각 선박의 항로를 결정할 수 있는 의사결정모형을 개발하고자 하는 것이다.

제2절 세계 해운시장 현황과 전망

2.1 2004년 컨테이너 물동량과 선대규모 전망

2003년은 Maersk Sealand사의 'Axel Maersk'호와 'OOCL Shenzhen'호라는 2척의 신조선이 운항을 개시함으로써 그동안 심리적 한계수준으로 인식되어 온 8,000TEU 장벽이 무너지고 메가-컨테이너선(mega-container ship) 시대가 개막된 해였다. 그리고 2004년에는 중국해운(China Shipping)을 비롯한 선박회사들의 대형 컨테이너선박에 대한 발주가 크게 증가하면서 향후 주력 컨테이너선의 규모도 8,000TEU급으로 전환될 것으로 예상된다. 8,000TEU급 이상의 컨테이너 선박은 총 83척이며, 적재능력은 총 68만TEU로, 이 발주된 선박들은 2004년 말부터 해운시장에 투입될 예정이다. 이러한 초대형 컨테이너선박의 취항은 선사 간 운임경쟁 뿐 아니라 기항항만 수의 축소, 피더선의 대형화 등 세계 컨테이너 시장을 변화시키고 파급효과를 창출할 전망이다.

<표2-2> 8,000TEU급 이상 초대형 컨테이너선 발주현황

운항선사	선박크기(TEU)	척수	총 적재능력	투입시기(년)
China Shipping	9,500	8	76,000	2006
Hapag Lloyd	8,400	2	16,800	2005
미정	8,400	3	25,200	2006~2008
미정	8,200	9	73,800	2006
Yangming	8,200	4	32,800	2006~2007
K Line	8,120	4	32,480	2006~2007
Evergreen	8,100	8	64,800	2005~2006
MSC	8,100	9	72,900	2004~2005

자료 : “2004 세계 주요해운환경변화”, 한국해양수산개발원.

2.2 주요항로별 정기선 해운시장 전망

2003년 유례없는 호황세를 보였던 세계 컨테이너 시장은 2004년에도 중국의 수출과 투자의 지속적인 호조, 그리고 미국의 경기의 강한 회복상승추세에 따라 호황이 계속 이어질 것으로 전망된다. 이에 따라 2004년 세계 컨테이너 물동량은 2003년 증가율인 5.8%보다 높은 6.8%의 증가세를 보이면서 2억 7,190만 TEU에 이를 것으로 보인다. 특히 중국의 지속적인 물동량 증가 추세에 힘입어 ‘아시아-북미’, ‘아시아-유럽’ 항로를 중심으로 컨테이너 물동량이 크게 증가할 것으로 예상된다. 한편 세계 컨테이너선대 운항 선박 척수는 높은 증가세를 유지하며 운송능력은 약 714만 5,000TEU 규모가 될 것으로 전망된다.

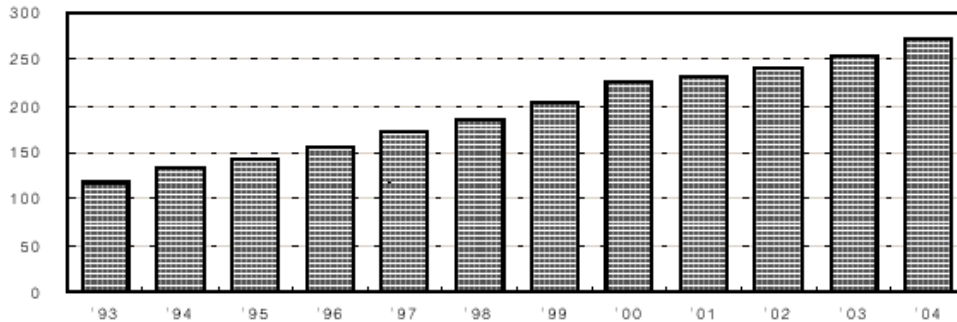
<표2-3> 세계 컨테이너 물동량 추이 및 전망

(단위 : 천 TEU,%)

구분	물동량	증가율
1999년	203,200	10.0
2000년	225,300	10.9
2001년	231,600	2.8
2002년	240,600	3.9
2003년	254,600	5.8
2004년 전망	271,900	6.8

<그림2-1> 세계 컨테이너 물동량 추이 및 전망

(단위 : 백만 TEU)



자료 : 한국해양수산개발원.

주 : 2003, 2004년은 KMI 전망치임.

(1) 아시아-북미항로

미국, 유럽경제의 회복과 중국을 비롯한 아시아 경제의 안정적 성장에 따라 '아시아-북미' 항로는 지속적인 성장을 보일 것으로 예상된다. 이에 따라 '아시아-북미' 항로 컨테이너 물동량은 총 1,566만TEU로 전년도 대비 약 9.5% 증가할 것으로 보이며, 연간 운송능력은 전년도 대비 6.6%가 증가한 2,300만TEU에 이르게 될 것으로 예상된다.

이에 따라 '아시아-북미' 항로의 운임수준은 태평양항로안정화협의회(TSA : Trans-pacific Stabilization Agreement) 소속 선사들의 운임인상과 성수기 할증료 인상 발표 등이 잇달아 발표되는 가운데 2004년까지 선복부족 현상이 일정기간 유지될 것으로 전망되어 소폭의 상승세를 유지할 것으로 예상된다. 특히 선복부족이 일어나고 있는 동향의 경우에는 2004년 상반기에 5~6%, 하반기에는 10~12%대의 운임상승이 전망된다. 하지만 이러한 운임증가는 2005년을 기점으로 하락 안정추세로 전환될 것으로 보인다. 이는 2005년 이후 선박의 투입증가로 인해 운임수준이 낮아질 것으로 전망되기 때문이다.

<표2-4> 아시아-북미항로 수급추이 및 현황

(단위 : 천 TEU, %)

구분		1999년	2000년	2001년	2002년	2003년
동향(E/B)	연간 총물동량	6,590	7,622	8,813	10,190	11,330
	연간 수송능력	8,696	9,556	11,018	12,480	13,191
	평균 선적률	75.78	79.76	79.99	81.65	85.89
서향(W/B)	연간 총물동량	3,783	3,897	3,890	4,120	4,333
	연간 수송능력	8,698	9,370	9,542	9,750	9,793
	평균 선적률	43.49	41.59	40.77	42.26	44.25
합계	연간 총물동량	10,373	11,519	12,703	14,310	15,663
	연간 수송능력	17,394	18,926	20,560	22,230	22,984
	평균 선적률	59.64	60.86	61.79	64.37	68.15

자료1 : Drewry(2003/2004), Annual Container Market Review and Forecast.

자료2 : Clarkson, Container Intelligence Monthly 각호.

자료3 : 한국해양수산개발원(KMI) 조사자료.

(2) 아시아-유럽항로

‘아시아-유럽’ 항로는 2004년 유럽연합 경제의 회복과 중국의 급속한 물동량 증가에 힘입어 성장추세가 이어질 것으로 전망된다. 2004년, ‘아시아-유럽’ 항로의 컨테이너 물동량은 총 1,173만TEU로 전년도 대비 6.0% 증가할 것으로 보이며, 연간 수송능력은 주요 선사의 운항선대의 확대에 따라 1,562만TEU에 이르게 될 것으로 전망된다. 이 중 서향은 1,562만 4,000TEU에 이르게 될 것으로 보인다. 특히 화물의 수송능력이 800만 9,000TEU 규모로 증가하게 될 것으로 예상됨에 따라 금융위기 이후 발생하는 구주항로 물동량의 심각한 불균형은 어느 정도 완화될 것으로 보이며 평균 선적률도 60%대에서 안정을 이룰 것으로 예상된다.

‘아시아-유럽’ 항로의 운임은 2003년에 이어 지속적인 증가 추세를 보일 것으로 예상된다. 이러한 추세는 구주운임동맹(FEFC)의 추가운임 인상 움직임과 중국 컨테이너 화물의 지속적인 증가 그리고 이에 따른 운송수요 증가에 기인한다. 이러한 추세는 2005년 상반기까지 지속될 것으로 보이며 2005년 하반기부터 조정기에 돌입할 것으로 예상된다.

<표2-5> 아시아-유럽항로 수급추이 및 현황

(단위 : 천 TEU, %)

구분		2001년	2002년	2003년	2004년
서향(W/B)	연간 총물동량	5,581	6,130	7,064	7,521
	연간 수송능력	6,679	7,199	7,450	8,009
	평균 선적률	82.23	85.15	94.82	93.91
동향(E/B)	연간 총물동량	3,692	3,940	4,009	4,211
	연간 수송능력	6,800	7,141	7,150	7,615
	평균 선적률	54.29	55.17	56.07	55.30
합계	연간 총물동량	9,273	10,070	11,073	11,732
	연간 수송능력	13,579	14,340	14,600	15,624
	평균 선적률	68.29	70.22	75.84	75.09

자료1 : Drewry(2003/2004), Annual Container Market Review and Forecast.
 자료2 : Clarkson, Container Intelligence Monthly 각호.
 자료3 : 한국해양수산개발원(KMI) 조사자료.

(3) 근해 항로

‘아시아 역내’ 항로는 한·중, 한·일 항로를 중심으로 컨테이너 물동량의 지속적인 증가가 예상된다. 한·중 간 컨테이너 물동량은 한국과 중국 간 교역 규모의 증가와 중국의 물동량 증가에 힘입어 지속적으로 증가할 것으로 보이며, 한·일 물동량은 현재 수준에서 원만한 증가 추세를 유지해 갈 것으로 전망된다. 중·일간 물동량은 한·중 간 물동량에 비해 낮은 증가율이 예측되며 전체 환적물량 중 한·중 항로의 환적물량이 차지할 비율은 약 60%로 전망된다. 운임의 경우 선복 과잉과 선사 간 과도한 운임 경쟁에 따라 운임 수준은 보합세 또는 소폭의 하락세가 나타날 것으로 예상된다.

<표2-6> 3국간 컨테이너 운송 시장에 대한 향후 전망

구분	향후 물동량 예측 (2001~2005년 평균 증가율)						수출/수입 (%)
	감소	현재 수준	10%미 만 증가	10~20% 증가	20~30% 증가	30% 이상	
국내수출입물동량	0	0	4	12	4	4	58/42
환적 물동량	2	0	3	6	5	8	-
한·중간 물동량	0	1	4	8	4	7	44/56
한·일간 물동량	0	5	10	8	1	0	56/44
일·중간 물동량	0	4	5	6	6	2	34/66

(4) 동남아 항로

‘동남아항로’는 2002년 하반기부터 지속적으로 운임이 상승하고 있는 가운데 2004년에도 점진적 운임상승이 나타날 것으로 보인다. 그러나 동남아 항로는 선박의 과잉으로 인해 선사 간 경쟁이 과열되고 있는 지역이기 때문에 지속적인 운임상승은 어려울 전망이다. 2004년 상반기에는 운임상승이 나타날 것으로 보이나, 2004년 하반기부터 약세로 돌아서 중장기적으로 운임 하락이 불가피할 것으로 예상된다.

제3장 의사결정모형의 이론적 배경

경영과학은 직관이나 경험에 의한 의사결정을 지양하고, 수리적 모형을 수립하여 그것에서 얻어지는 최적해를 활용하는 최적의사결정을 추구한다. 최적화모형은 정확한 수학적 절차를 기초로 하여 대안을 평가하며, 이 결과를 토대로 최적해를 도출하는 기법이다. 그러므로 최적화 모형에서 도출된 최적해는 가장 정확한 해라는 것을 수학적으로 증명할 수 있어야 한다. 즉, 정확한 해를 구하는 많은 확정적인 경영과학모형의 대부분이 바로 여기에 속하며 오늘날 대부분의 최적화 모형은 일반화 되어있고, 전문 컴퓨터 패키지를 이용해서 쉽게 적용할 수 있다.⁵⁾

이 논문에서는 정기해운선사의 경영에 있어 선대 관리라는 현실의 문제를 시스템적으로 접근 (systems approach)하기 위해 경영과학의 방법론 중 선형계획법과 정수계획법을 이용하였다.

제1절 선형계획법 (LP : Linear Programming)

경영과학에서는 여러 가지 수리모형이 사용되는데, 그 중 가장 널리 사용되는 것은 선형계획모형(線型計劃模型 ; linear programming model)이다. 선형계획모형은 일반적인 수리계획모형(mathematical programming model)의 한 종류로서, 확실한 상황(conditions of certainty)아래에서 행정이 갖고 있는 한정된 자원을 어떻게 하면 최적으로 배분할 수 있느냐 하는 문제와 관련된 계량분석기법이다. 우선 선형(linear)이란 선형계획기법이 사용되는 상황에 내재한 변수들이 선형의 관계를 이루고 있어야 한다는 것을 의미한다. 여기서 선형관계란 모형이 1차 방정식으로 표현될 수 있다는 뜻이고, 이것이 회귀분석과 다른 부분은 오차 없이 정의되는 함수라는 것이다. 또 프로그래밍(programming)이란 용어는 단어의 뜻 그대로 '계획'을 의미하므로, 선형계획이란 모든 대안들 중에서 최적의 대안을 찾으려는 지적 활동이라는 말이다. 이 선형계획법은 1947년 미국의 단찌히(George Danzig)가 심플렉스해법을 개발한 이후 여러 분야의 최적화문제를 해결하는 데 사용되어 왔다.

5)송계의(2002), 「물류경영론」,대영사, p.330.

선형계획법은 그 자체의 활용범위가 넓을 뿐만 아니라, 다른 경영과학기법들의 기초가 된다는 점에서도 매우 중요하다. 선형계획법의 유용성이 널리 알려지고 컴퓨터의 활용이 일반화됨에 따라, 선형계획법의 응용범위 역시 더욱 넓어지고 있다. 선진국에서는 오래 전부터 많은 기업들이 경영문제의 의사결정에 선형계획법을 사용해 오고 있다. 최근에 들어서 국내에서도 대기업은 물론 중소기업까지 사료배합문제, 수송문제, 생산계획문제 등에 선형계획법을 적용하여 상당한 효과를 거두고 있다.⁶⁾

선형계획법은 가법성(additivity), 비례성(proportionality), 가분성(divisibility), 확정성(deterministic)을 가정하고 있으며, 목적함수(objective function), 의사결정변수(decision variable), 제약조건(constraints), 비음조건(non-negativity constraints)으로 구성되어 있다.

일반적으로 선형계획모형은 하나의 목적함수와 일련의 제약조건들로 이루어져 있으며, 목적함수식과 각 제약조건식은 모두 일차함수로 표현된다. 선형계획모형의 제약조건은 등식 또는 부등식으로 표현되는데, 부등식의 관계는 반드시 ‘작거나 같다(\leq)’ 또는 ‘크거나 같다(\geq)’로 나타내야 하며, ‘작다($<$)’ 또는 ‘크다($>$)’로 나타내어서는 안 된다. 한편 의사결정변수들 중에는 비음제약조건이 그 모형에 포함되는 변수도 있고 포함되지 않는 변수도 있는데, 전자를 비음변수(non-negative variable)라 하고 후자를 무제약 변수(unrestricted variable)라 한다.⁷⁾

선형계획모형은 일반적으로 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 &MAX \text{ or } MIN \quad z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \\
 &s.t \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \leq b_i \\
 &X_{rk} \geq 0, Y_k \geq 0,
 \end{aligned}$$

6) 이명호 외 2인(1994), 「현대경영과학」, 학현사, pp.59~60.

7) 이명호 외 2인(1994), 「현대경영과학」, 학현사, pp.65~66.

$$(i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$$

여기서 x_j 는 의사결정 변수로 모두 n 개가 있고, c_j 는 목적함수계수이다. a_{ij} 는 제약조건식의 계수이고, b_i 는 제약조건식의 우변상수이다. 제약조건식은 m 개가 있다.⁸⁾

제2절 정수계획법 (IP ; Integer Programming)

정수계획법은 특정 변수 또는 모든 변수에 대하여 정수의 값을 요구하는 문제를 해결하기 위한 기법으로 선형계획법의 가분성(divisibility) 가정 대신 정수의 해를 가정한다. 또한 IP는 모든 기저변수(의사결정변수+ 여유변수)에 정수값을 요구하는 순수정수계획법(pure integer programming)과 특정 변수에 대해서만 정수값을 요구하는 혼합정수계획법(mixed integer programming)으로 나누어진다. 또한 정수계획법의 특수한 형태로 0-1 정수계획법(zero-one integer programming)이 있는데, 이는 특정 의사결정 여부를 0 또는 1의 정수변수로 나타내는 접근법으로 자본예산이나 할당문제에 사용되는 것이 대표적인 예로 들 수 있다.⁹⁾

정수계획법은 선형계획법의 해를 구해놓고 출발하게 되므로 선형계획법의 특징, 즉 선형의 목적함수, 선형의 제약조건, 비음조건의 특징을 마찬가지로 성립시킨다. 정수계획법의 추가적인 특징으로는 의사결정 변수가 정수라는 것을 들 수 있다.

이 논문에서는 여러 척의 선박이 다수의 후보 운항항로를 두고 어떤 항로를 선택하는 것이 최적인가 하는 문제를 다루게 되므로 특정 항로의 선택 여부를 나타내는 변수로 0-1 변수를 사용한다.

8) 윤재홍(1996), 「현대경영과학론」, 형설출판사, pp.63~64.

9) 정순진(2001), 「경영학연습」, 도서출판홍, p.185.

제3절 경영과학을 활용한 선대의 의사결정 모형

현재까지 정기선 해운을 대상으로 경영과학을 활용한 최적화 모형 개발 연구는 부정기선에 비해 상대적으로 활발히 이루어지지 않았다. 이 절에서는 지금까지 선박의 항로결정 및 운항계획에 관한 선행연구를 살펴보고자 한다.

지금까지 선박의 운영 문제를 다룬 가장 고전적인 연구로는 1954년 Dantzig & Fulkerson 이 발표한 수송모형을 들 수 있다. 이 최초의 수송모형은 먼저 수송표를 작성한 후 1차 실현가능 기본해법을 도출하고 최적성을 검정·평가한다. 이때 도출한 기본해법이 최적이면 끝내고 아니면 새로운 실현가능 기본해법을 도출될 때까지 반복수행하는 방법을 사용하였다. 10) Laderman(1966)은 최소한의 선박으로 복수의 항만 사이에 발생하는 화물수요를 충족시키는 문제를 선형계획법을 통해 모형화하였고, 이듬해 Whitson(1967)은 항만의 화물 운송능력 및 화물취급 능력에 관한 제약조건을 추가해 연구했다.

Ronen(1979)는 단기간의 선대운명을 위해 투입가능한 선대의 크기와 목적항을 고려한 후 최소 비용으로 선박을 배정하는 선박 경로 문제를 혼합정수계획모형으로 다루었으며¹¹⁾, 이후 1986년에는 단일 출발항에서 복수 목적항으로 벌크화물(bulk cargo)이나 세미 벌크화물(semi-bulk cargo)을 운송하기 위한 일정계획 문제를 다루었다. 이것은 2001년에 들어와 Cho & Perakis에 의해 한층 발전된 체계적인 모형이 되었고, 이는 “capacitated facility location problem”으로 잘 알려져 있다.

기존 연구들 중 일부는 최적화 모형보다는 탐색적 접근방법(heuristic approach)에 의존했는데, 그 예가 Boffey et al.(1979)를 들 수 있다. 그리고 Olson et. al.(1969)은 화물선대의 일정계획 최적화를 위해 가상모형을 이용했다. 그러나 이런 방법은 실행 가능한 몇 개의 대안들은 비교를 통해 가장 좋은 대안을 찾는 의사결정방법으로 정확한 최적해를 찾을 수 있다는 보장이 없다. 이런 문제점을 인식한 Rana and Vickson은 두 개의 비선형계획모형을 제시하였다. 이 중 1988년에 발표한 첫 번째 모형은 여분의 수송수요를 충족하기 위하여 용

10) 송계의(2002), 「물류경영론」, 대영사 p.330.

11) 광민석(1998), “인더스트리얼 캐리어를 위한 선대운영의 최적화에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문.

선한 한 척의 컨테이너 선박의 경로선택문제를 비선형으로 정식화하고 있지만, 실제적 유용성은 떨어진다고 할 수 있다. 이후 이를 다시 복수의 선박에 대하여 확장한 Rana and Vickson(1991)의 연구가 있는데 이 모형 또한 비선형계획모형으로 각 선박의 최적의 기항지수를 통한 이익을 극대화하는 모형이다. 그러나 이 모형 또한 복잡한 비선형성 때문에 경영자가 이용하는데 있어 다소 어려움이 존재한다.

Ronen(1983)은 선박의 비용 최소화를 위해서는 적절한 항로를 결정하는 것이 중요함을 언급했다. Perakis and Jaramillo(1991)는 정기선 선박의 운항비와 계산비용을 최소로 하는 모형을 제시 하였는데, 이 모형은 현실에 적용하기 쉽고 선형계획모형의 컴퓨터 소프트웨어를 통해 쉽게 해를 구할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 이 모형 또한 정기선 운항계획 수립 시 현실적인 화물수요와 항로를 체계적으로 연결시키지 못한다는 단점을 갖고 있다. 최근에 Cho and Perakis(1996)는 이러한 단점을 극복하기 위한 정기선의 경로선택문제에 관한 선형계획모형 및 정수계획모형을 개발하였으며, 화물수요에 대한 예측치들을 체계적으로 반영할 수 있는 행렬을 제시하였다.

이 모형에서는 복잡한 비선형대신 선형과 0-1 변수만을 이용하여 그 최적해를 선형계획모형 컴퓨터 소프트웨어를 통해 쉽게 해를 도출할 수 있게 하였다.¹²⁾

12) 장기창(2000), “여객선대 배치 및 경로 선택 문제를 위한 최적화 모형 개발에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문.

다음의 <표3-1>은 정기선해운에 경영 과학적 방법을 적용한 연구를 간추려 놓은 것이다.

<표3-1> 경영과학적 방법을 이용한 선박의 항로결정 및 운항계획에 관한 선행연구
13)

연구 저자	주요 의사결정	연구 목적	화물 종류	연구 방법
Boffey et al.(1979)	일정계획문제	이익 극대화	컨테이너	탐색적 접근법
Rana, Vickson(1988)	일정계획문제	이익 극대화	컨테이너	비선형계획모형
Rana, Vickson(1991)	선박 배치문제	이익 극대화	컨테이너	정수계획법
Lai et al.(1995)	컨테이너 할당문제	비용 최소화	컨테이너	탐색적 접근법
Cho, Perakis(1996)	선박 배치문제	이익 극대화	컨테이너	선형계획모형 정수계획법
Avriel et al.(1998)	컨테이너 할당문제	컨테이너 이동 운영 최소화	컨테이너	탐색적 접근법
Imai, Rivera(2001)	선대크기 결정	비용 최소화	컨테이너	시뮬레이션
Kang, Kim(2002)	컨테이너 할당문제	컨테이너 이동 운영 최소화	컨테이너	탐색적 접근법
Kim, Kim(1999)	크레인 운영문제	항만효율성 최대화	컨테이너	탐색적 접근법

이 논문에서는 Cho and Perakis(1996)와 조성철·장기창(2000)의 연구를 토대로 보다 현실적 제약이 반영된 개선된 모형을 제시하였다. 즉, 정기 컨테이너 선박의 크기에 따라 운송하는 화물량이 각기 다르고, 같은 기간 동안 다른 항로로 투입될 수 없다는 점을 모형에 반영하여 좀 더 정기선 산업의 일반적 현실에 부합하는 의사결정모형을 제시해보고자 한 것이다.

13) Marielle Christiansen & Kjetil Fagerholt(2002), "Ship routing and scheduling", *Section of Operations Research*, p.15.

제4장 정기선대 관리 최적화 모형

제1절 문제의 개요

1.1 모형의 가정

컨테이너 화물의 수요량과 이동에 따라 운항 회수와 항로가 일시적으로 결정되는 부정기 선박과는 달리 정기선 선박의 경우 일반적으로 운항 경로가 결정되면 일정한 기간 동안 그 항로를 반복적으로 운항하며, 일정 기간 동안 다른 항로로는 투입되지 않는 것이 보통이다.

정기선 선박에 대한 경영과학적인 분석을 수행하기 위해서는 국가간에 이동되는 컨테이너 물동량에 대한 통계 자료와 각 항로별로 투입되는 선박의 규모, 투입될 경우 발생하는 선박의 운항비용에 대한 자료, 그리고 화물 운임 등의 자료가 필요하다. 여기서 컨테이너 물동량은 선박의 경로선택결정 문제에서 가장 중요한 요소라고 볼 수 있다.

본 연구의 모형개발을 위해 아래와 같은 가정을 설정한다.

(1) 의사결정자는 현재 운항중인 항로를 포함, 선박이 투입될 수 있는 후보항로에 관하여 충분한 지식을 갖고 있다.

(2) 주요 항해 구간별 예상되는 컨테이너 화물 수요량은 예측되어 있으며, 모형의 계획기간 동안 일정하게 발생한다.

(3) 각 선박은 계획 기간 동안 2개 이상의 항로에 투입될 수 없다.

1.2 모형의 기호

본 연구에서는 아래와 같은 기호와 의사결정 변수를 사용하기로 한다.

▶ 기 호 ◀

- r : 항로를 나타내는 지수 ($r = 1, \dots, R$)
 k : 선박을 나타내는 지수 ($k = 1, \dots, K$)
 p : 화물 수송 구간을 나타내는 지수 ($p = 1, \dots, P$)
 K_r : 항로 r 에 투입될 수 있는 선박의 집합
 R_k : 선박 k 가 운항할 수 있는 항로의 집합
 F_{rk} : 항로 r 에 선박 k 를 투입할 경우 발생하는 한 항차 당 화물운임수익
 C_{rk} : 항로 r 에 선박 k 를 투입할 경우 발생하는 한 항차 당 운항비용
 Π_{rk} : 항로 r 에 선박 k 를 투입할 경우 발생하는 한 항차 당 이익
 H_k : 선박 k 의 단위당 계선비용
 $a_{ij, rk}$: 화물 흐름-경로 행렬의 원소 (0 또는 1로 구성됨)
 d_{ij} : 항만 i 에서 항만 j 로의 화물 수요량
 w_{kij} : 선박 k 가 한 항차를 통하여 항만 i 에서 항만 j 로 수송하는 평균 화물
 운송량
 T_{rk} : 항로 r 에 선박 k 를 투입할 경우 발생하는 한 항차 당 소요시간
 T_k : 선박 k 의 모형 계획기간 동안 사용가능한 시간
 $(i, j) \in r$: 경로 r 이 항만 i 에서 항만 j 로의 구간을 포함하는 경우

▶ 의사결정 변수 ◀

- Y_k : 선박 k 의 계선시간
 X_{rk} : 계획기간 동안 항로 r 을 운항하는 선박 k 의 항차 수
 Z_{rk} : 선박 k 가 항로 r 에 투입되지 않거나 투입됨을 나타내는 지수

계선(lay-off)이란, 해운시장의 경기악화 또는 전망불투명으로 선박을 항로에 투입시키는 것보다 운항하지 않는 편이 이익이라고 판단되어 시황이 회복될 때까지 안전한 장소에 선박을 계류시키는 것을 말한다.¹⁴⁾ 이 논문에서 선박의 계선시간은 선박의 총 가용시간에서 운항일수를 뺀 시간으로 여기에서는 일수(day)로 나타낸다.

선박의 총 가용시간(T_k)은 일년을 기준으로, 예상하지 못한 선박의 불의의 사고를 제외한 정기적 점검 및 검사에 소요되는 최소한의 시간을 제외한 나머지 시간을 말하는 것으로 일수(day)로 표현한다. 정기검사 등에 소요되는 시간은 선박 유형별로 다를 것이므로 선박의 총 가용시간의 아래첨자로 선박을 나타내는 기호 k 를 사용하여 T_k 로 표현하였다.

이 논문에서 운항비용이라 함은 보험료, 운할류비, 선박 수선비 등을 포함한 선박비와 선원급료, 선원 훈련비 등을 포함하는 선원비, 그리고 일반관리비용을 모두 통틀어 운항비용이라 하기로 한다. 선박운항 결정과 관련 없이 발생하는 고정비용 (예를 들어 감가상각비나 선박의 지급이자 등)은 이 모형의 의사결정과 관련이 없으므로 운항비용의 계산에 반영하지 않는다.

1.3 흐름-경로 행렬

모형의 계획기간(planning horizon)동안 정기선사의 수익 최대화를 실현시키기 위해 의사결정자가 중요하다고 판단하는 화물운송구간 (i, j) 이 M 쌍 있다고 하자. 즉, 정기선사의 입장에서는 선박(k)이 운항할 수 있는 항로(r) 중 특정항만 i 에서 j 까지 발생하는 화물수요량을 만족시키기 위한 운송이 다른 항만 간에 발생하는 화물수요량을 만족시키는 것보다 우선시된다는 의미이다. 이때 $(i, j) \in r$ 이라는 표현은 항만 i 에서 j 에 이르는 구간이 항로 r 에 포함되고 있다는 의미이다.

Cho and Perakis(1996)의 논문에 소개되고 있는 흐름-경로 행렬(floor-route incidence matrix)은 A 라는 행렬이 P 개의 구간과 R 개의 경로를 가진 행렬이라고 할 경우 다음과 같이 표현하고 있다.

14) 인터넷 유통물류정보 (용어검색).

$$A = (a_{ij,r})_{P \times R} \quad \begin{array}{l} a_{ij,r} = 1 : (i,j) \in r \text{ 인 경우} \\ a_{ij,r} = 0 : (i,j) \notin r \text{ 인 경우} \end{array}$$

이후 위 모형을 바탕으로 선박 k 를 포함시켜 augmented flow-route incidence matrix라는 확장된 흐름-행렬 모형을 다음과 같이 제시하였다.

$$\begin{array}{l} a_{ij,rk} = 1 : (i,j) \in \text{선박 } k \text{ 의 항로 } r \text{ 인 경우} \\ a_{ij,rk} = 0 : (i,j) \notin \text{선박 } k \text{ 의 항로 } r \text{ 인 경우} \end{array}$$

제2절 정기선대관리를 위한 혼합정수계획 모형

이 절에서는 확장된 흐름-경로 행렬을 이용한 정기선박의 항로선택 문제에 관한 선형계획모형을 제시한다. 정기선사가 보유하고 있는 선박을 운행 가능한 유한개의 항로에 최적으로 투입함으로써 최대이익을 실현시키는 모형을 설계하는 것이 목적이다.

2.1 목적함수

F_{rk} 를 항로 r 에 선박 k 를 투입하였을 경우 발생하는 한 항차 당 운임 수익이라 하고, C_{rk} 를 항로 r 에 선박 k 를 투입하였을 때 발생하는 한 항차 당 항해비용이라고 한다면, 항로 r 에 선박 k 를 투입하였을 때 발생하는 한 항차 당 순 수익(net profit)인 Π_{rk} 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Pi_{rk} = F_{rk} - C_{rk} \quad (1)$$

그리고 H_k 를 선박 k 가 운항하지 않고 안전한 장소에 정박시킴으로써 발생하는 단위시간(day)당 계선비용이라고 하고 이러한 선박 k 의 계선시간을 Y_k 라고 하자. 이 때 H_k 는 선박이 항로에 투입될 경우에는 발생하지 않으며

주어진 일정기간 동안 선박이 주요 항만의 수요화물량을 모두 만족시킨 후 남은 시간이 있을 경우에 발생하는 비용으로 선박이 운항이익의 기회를 상실한 것에 대한 기회비용적 성격을 지닌다. 선대 전체의 총 계선비용은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\sum_{k \in K_r} H_k Y_k \quad (2)$$

따라서 정기선사의 수익 최대화를 목적으로 하는 선형계획모형의 목적함수는 계획기간(1년) 동안 선박의 정기적 투입으로 발생하는 운임수익에서 항해비용과 계선비용을 차감하는 것으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\max \sum_{r=1}^R \sum_{k \in K_r} \Pi_{rk} x_{kr} - \sum_{k=1}^K H_k Y_k \quad (3)$$

2.2 제약식

다음의 제약식은 화물수요량에 관한 제약식이다. w_{kij} 를 선박 k 가 한 항차를 통하여 항만 i 에서 항만 j 로 수송하는 평균 화물 운송량이라고 하고, d_{ij} 를 항만 i 에서 항만 j 로의 화물수요량이라고 하자. 이 경우, 항만 i 에서 항만 j 간 총 화물운송량은 화물수요량 d_{ij} 를 초과하지 않아야 하므로 \leq 부호를 사용한다.

주요구간($i \sim j$)에 발생하는 화물수요량 이상 초과 운송한다는 것은 곧 불필요한 선박투입을 의미하는 것으로 결과적으로 운항비용과 운항시간만 낭비하게 될 뿐이다. 그러므로 최대이익을 실현하고자 하는 궁극적인 목적에 어긋나는 활동으로 간주된다.

$$\sum_{r=1}^R \sum_{k \in K_r} a_{ij, rk} X_{rk} w_{kij} \leq d_{ij} \quad \forall (i, j) \quad (4)$$

다음의 제약식은 선박 k 의 가용시간에 대한 제약식이다. 먼저 T_k 를 선박 k 를 계획기간동안 활용할 수 있는 총 가용시간이라고 하고, T_{rk} 를 항로 r 에 선박 k 를 투입하였을 경우 발생하는 한 항차 당 소요시간이라고 하자. 그러면 항로 r 에 투입되는 모든 선박 k 의 운항시간은 각 선박에 주어진 총 가용시간을 초과할 수 없다는 아래의 제약식을 만족해야 한다.

$$\sum_{r \in R_k} T_{rk} X_{rk} \leq T_k \quad \forall (k = 1, \dots, K)$$

다음으로, Y_k 를 선박 k 의 계선시간이라고 하자. 이렇게 되면 모형 계획기간동안 선박의 총 가용시간은 아래와 같이 선박 k 의 총 운항시간과 계선시간을 합한 것으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\sum_{r \in R_k} T_{rk} X_{rk} + Y_k = T_k \quad \forall (k = 1, \dots, K) \quad (5)$$

다음은 각 선박의 항로선택에 대한 제약식이다. Z_{rk} 는 선박 k 가 항로 r 에 투입되지 않거나 혹은 투입된다는 것을 나타내는 0-1 변수이다. 의사결정자는 자사가 보유하고 있는 운항 가능한 모든 선박을 여러 가지 상황을 고려한 후 항로에 투입시키거나 ($Z_{rk} = 1$) 혹은 투입시키지 않을 수 ($Z_{rk} = 0$) 있다. 만약 선박이 어떤 항로에 투입된다 하더라도 정기 컨테이너선이라는 특성으로 인해 선박은 반드시 정해진 한 항로에만 투입되며 다른 항로로 중복투입 될 수 없다는 조건을 아래의 제약식으로 나타낼 수 있다.

$$\sum_{r \in R_k} Z_{rk} \leq 1 \quad (6)$$

다음은 X_{rk} 와 Z_{rk} 의 관계를 나타내는 제약식이다. M 은 X_{rk} 가 가질 수 있는 값의 범위 이상 되는 양수이다. 만약 $X_{rk} > 0$ 이면 $Z_{rk} > 0$ 이어야 하므로 이진변수 Z_{rk} 는 1이 되어야 한다. 그리고 만일 $X_{rk} = 0$ 이면 $Z_{rk} = 0$ or 1 이 될 수 있는데 이 경우 $Z_{rk} = 1$ 은 불필요한 선박의 투입에 따른 운항비용을 발생시키게 되므로 이런 경우 최적해를 구하기 위해서는 항상 $Z_{rk} = 0$ 이 되어야 한다.

$$X_{rk} \leq MZ_{rk} \quad (7)$$

마지막으로, 이 모형에 사용되는 목적함수와 제약식의 모든 의사결정변수는 음수가 아니어야 한다는 비음조건, 그리고 모든 $r \in R$, $k \in K$ 에 대해 Z_{rk} 는 0-1 정수라는 것을 만족시켜야 한다.

$$X_{rk} \geq 0, \quad Y_k \geq 0, \quad Z_{rk} \in \{0,1\}$$

2.3 완성된 혼합정수계획모형

앞의 2.1과 2.2에서 제시된 목적함수와 제약식을 통해 다음과 같이 정기 컨테이너선사의 이익을 극대화하기 위한 선박의 항로결정 및 배선모형을 아래와 같이 정식화할 수 있다.

【모형 A】

$$MAX \quad \sum_{r=1}^R \sum_{k \in K_r} \Pi_{rk} X_{rk} - \sum_{k=1}^K H_k Y_k \quad (3)$$

$$subject \ to \quad \sum_{r=1}^R \sum_{k \in K_r} a_{ij, rk} X_{rk} w_{kij} \leq d_{ij} \quad (4)$$

$$\sum_{r=R_k} T_{rk} X_{rk} + Y_k = T_k \quad (5)$$

$$\sum_{r \in R_k} Z_{rk} \leq 1 \quad (6)$$

$$X_{rk} \leq M Z_{rk} \quad (7)$$

$$X_{rk} \geq 0, Y_k \geq 0, Z_{rk} \in \{0,1\}$$

$$r = 1, \dots, R, \quad k = 1, \dots, K$$

지금까지 선행 연구되었던 모형들의 경우 주로 화물 운송량과 선박의 운항 가능한 시간을 중심으로 모형이 진행되고 있다. 이 논문에서 소개하고 있는 【모형 A】는 기존의 항로선택 의사결정에 관한 모형에서 볼 수 있었던 화물수요량 제약식(4), 선박의 운송가능시간인 제약식(5)와 관련된 수식 외에 (6)-(7)번 식이 새롭게 추가되었다. (6)번 제약식의 도입으로 인해 선박 k 는

일정기간동안 항로에 투입되지 않거나 투입되더라도 한 항로에 고정될 수 있다. 그리고 (7)식은 항로 r 에 투입되는 선박 k 의 항차 수 X_{rk} 와 선박의 투입여부를 나타내는 0-1지수 Z_{rk} 사이에 어떤 관련성을 가지고 있는지 설명하기 위한 제약식으로, 이로 인해 선박 k 가 1의 값을 가질 경우에 한해서만 X_{rk} 가 양의 값을 가질 수 있다.

2.4 최적해의 해석

위 모형은 정수 및 선형계획모형 범용 소프트웨어인 LINDO/PC를 이용해 최적해를 도출할 수 있으며 연속변수의 개수는 $2 |R| \times |K|$ 보다, 정수변수는 $|R| \times |K|$ 보다 더 많을 수는 없다.

위 모형으로부터 도출된 최적해는 다음과 같은 경영상의 시사점을 보여준다.

(1) 최적해인 X_{rk}^* 는 선박 k 를 항로 r 에 X_{rk}^* 의 항차 수만큼 투입시키는 것이 최적임을 나타내는 것이며, $\sum_{k \in K_r} X_{rk}^*$ 는 항로 r 의 연간 총 항차수를 말하는 것이다. 이를 바탕으로 선박회사의 의사결정자는 각 항로의 스케줄을 도출할 수 있다. 예를 들어, $\sum_{k \in K_r} X_{rk}^* = 50$ 이라는 결과가 나왔다고 할 경우, 이는 일년 동안 선박을 r 이라는 항로에 50번 투입시키는 것이 최선임을 나타내므로 의사결정자는 항로 r 에 대해 주당 1회 서비스 제공(weekly service)을 고려할 수 있다.

(2) Z_{rk}^* 는 선박 k 가 항로 r 에 투입될 경우에는 1, 그렇지 않은 경우에는 0을 나타내어 선박의 투입여부를 보여준다. 즉, $Z_{rk}^* = 1$ 이면 이는 선박 k 가 항로 r 에 투입돼야 함을 의미한다.

(3) Y_k^* 는 선박 k 의 최적 계선시간을 나타내는 것으로, 이 기간 동안은 선박 k 가 운항하지 않고 항만에 정박하게 되므로 이러한 값들을 토대로 선

박의 수리 선원들의 교육 또는 휴가 등에 관련한 업무 계획을 수립할 수 있을 것이다.

제5장 정기선대 관리 모형 사례연구

제1절 개요

2000년을 기준으로 현재 한국, 일본, 중국 등의 극동아시아 권역의 컨테이너 물동량은 약 54,664TEU로서 이는 전 세계 컨테이너 물동량의 약 27%를 차지하고 있는 수준이다. 또한 부산항의 전체 컨테이너 처리 물동량 754만TEU 중 중국으로의 환적화물 물동량이 289만TEU로 급격한 물동량 증가를 볼 수 있다. 그리고 홍콩을 제외한 중국의 10대 주요항만의 컨테이너 물동량 역시 1998년 1,027TEU에서 1,415TEU로 증가했는데 이는 전년도 대비 약 37.8%의 높은 증가율을 나타내고 있는 것이다.

그리고 현재 동북아 지역에서 주요항만(Hub port)으로의 위상확립을 위해 우리나라의 부산항을 비롯한 광양항, 중국의 상해항, 그리고 일본의 고베항과 카오슝항 등 3개국이 항만 경쟁우위를 확보하기 위해 경쟁하고 있다.

이러한 추세를 고려해 볼 때 대 중국 및 일본 3국간의 컨테이너화물을 많이 유치하기 위한 경영전략을 수립하고, 증가되는 컨테이너 화물수요를 효율적으로 처리하기 위한 보다 전문적인 선대 관리가 필요하다.

본 연구에서는 아시아 지역의 경제회복으로 컨테이너 물동량이 증가하고 있는 현재 해운시장 환경을 고려하여 한국·중국·일본 3국간 사이를 정기적으로 왕복 운항 서비스하는 컨테이너 선박 중 342TEU 와 706TEU급 컨테이너선박의 운항을 연구대상으로 하여 최적 경로선택 문제를 다루어보려 한다. 모형의 해 도출을 위해서 선형계획모형 범용 소프트웨어인 LINDO/PC를 이용하였다.

제2절 사례연구

2.1 가정

사례 연구에서는 한·중·일 간 발생하는 화물을 대상으로 하는데, 아래와 같은 몇 가지 가정 하에서 진행하도록 한다.

(1) 각 선박의 평균 화물 운송량을 선박의 최대 화물운송능력이라고 본다. 본 연구에서는 한·중·일 간 운송되는 컨테이너 화물이 주로 중량화물(weight cargo)이라는 점을 감안해 선박의 중량톤수(dead weight ton)를 맞추기 위해서 선박에 적재할 수 있는 TEU 중 약 70% 정도를 최대 화물운송능력으로 간주하기로 한다.

(2) 각 선박은 2개 이상의 항로에 중복투입 될 수는 없다.

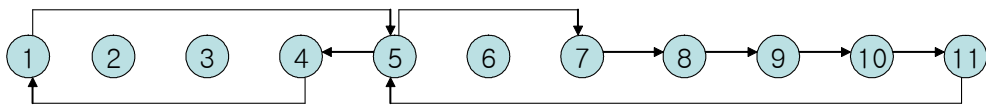
(3) 2.2에서 나오는 모형에 필요한 자료는 서비스 해당 선사의 자료를 참고하되, 획득 불가능한 자료에 대해서는 해운시장의 현실을 고려해서 가상의 수치를 사용하기로 한다.

2.2 후보 항로와 수요 예측

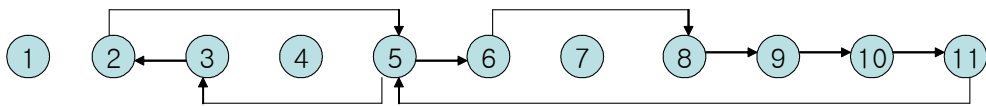
다음 【후보항로 그림】은 한국·중국·일본 3개국을 포함하는 4개의 운항후보 항로를 그림으로 나타낸 것으로, 투입된 선박은 화살표를 따라 각 항만을 기항하게 된다.

【후보항로 그림】

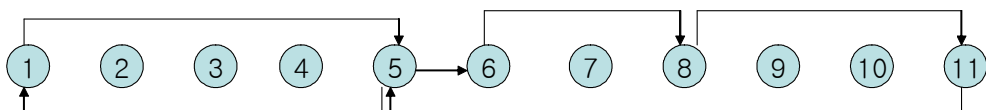
후보항로 1



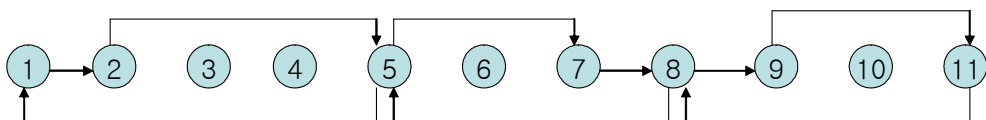
후보항로 2



후보항로 3



후보항로 4



<표 5-1>은 주요구간 별 연간 예상되는 화물물동량과 각 선박이 투입될 경우 운송하게 되는 평균 운송량을 보여준다.

<표5-1> 항로별 주요구간별 화물수요량과 평균 운송량 (단위 : TEU)

주요운송구간	①→⑤	②→⑤	⑤→⑥	⑤→⑦	⑧→⑨	⑪→⑤	⑤→①
예상물동량	15,000	21,800	19,400	19,200	30,400	24,250	16,500
선박 1	494	486	495	500	495	503	485
선박 2	490	480	505	497	490	500	496
선박 3	240	233	245	249	225	253	235
선박 4	245	230	241	240	232	250	242

2.3 비용 관련 자료

1항차 당 발생하는 운임수익과 항해비용, 순 수익과 개선비용의 단위는 쉽게 알아볼 수 있도록 백만원(W1,000,000)단위로 하며 십만원 단위에서 반올림 하였다.

아래의 <표 5-2>에서는 4척의 선박을 각 항로에 투입할 경우 발생하는 1항차 당 운임수익에 대한 자료이다.

<표 5-2> 1항차 당 운임 수익 (단위:W1,000,000)

	선박 1	선박 2	선박 3	선박 4
항로 1	172	167	116	131
항로 2	171	167	113	130
항로 3	171	165	114	128
항로 4	172	167	111	130

<표 5-3>는 4척의 선박이 각 항로에 투입될 경우 발생하는 선박의 운항비용을 나타내고 있다.

<표 5-3> 1항차 당 항해 비용 (단위:₩1,000,000)

	선박 1	선박 2	선박 3	선박 4
항로 1	151	149	99	115
항로 2	151	149	97	114
항로 3	150	147	98	112
항로 4	151	149	96	114

<표 5-4>는 위에 나온 <표 5-2>에서 <표 5-3>의 값을 차감한 금액으로 선박이 각 항로에 투입 될 경우 발생하는 1항차 당 순 이익을 나타내고 있다.

<표 5-4> 1항차 당 순 이익 (단위:₩1,000,000)

	선박 1	선박 2	선박 3	선박 4
항로 1	21	18	17	16
항로 2	20	18	16	16
항로 3	21	18	16	16
항로 4	21	18	15	16

<표 5-5>는 선박이 운항에 투입되지 않고 계선될 경우 발생하게 되는 계선비용을 나타내는 것으로 비용은 일(DAY)을 기준으로 계산된다.

<표 5-5> 선박의 계선 비용 (단위:₩1,000,000)

	선박 1	선박 2	선박 3	선박 4
DAY	0.21	0.2	0.1	0.1

<표 5-6>는 각 선박의 한 항차에 소요되는 시간과 1년 중 선박의 총 운항 가능한 시간을 일수로 나타낸 것이다.

<표 5-6> 항차 소요시간 및 연간 운항 가능일수 (단위:DAY)

	선박 1	선박 2	선박 3	선박 4
항로 1	14	14	14	14
항로 2	14	14	14	14
항로 3	14	14	14	14
항로 4	14	14	14	14
연간 운항가능일수	335	340	345	340

2.4 해운선사 'N'의 선대 관리 모형

한중일간 펜들럼 서비스를 제공하는 정기선사 선대의 4척의 선박에 대해 과거 운항 자료를 통하여 향후 1년간 선박운항을 통한 이익극대화를 위해 다음과 같은 혼합정수계획모형 **【모형 A'】**을 수립하였다.

【모형 A'】

$$\begin{aligned}
 \text{MAX} \quad & 21x_{11} + 18x_{12} + 17x_{13} + 16x_{14} \\
 & + 20x_{21} + 18x_{22} + 16x_{23} + 16x_{24} \\
 & + 21x_{31} + 18x_{32} + 16x_{33} + 16x_{34} \\
 & + 21x_{41} + 18x_{42} + 15x_{43} + 16x_{44} \\
 & - 0.21y_1 - 0.2y_2 - 0.1y_3 - 0.1y_4 \\
 \\
 \text{ST} \quad & 494x_{11} + 490x_{12} + 240x_{13} + 245x_{14} \\
 & + 494x_{31} + 490x_{32} + 240x_{33} + 245x_{34} \leq 15,000 \\
 & 486x_{21} + 480x_{22} + 233x_{23} + 230x_{24} \\
 & + 486x_{41} + 480x_{42} + 233x_{43} + 230x_{44} \leq 21,800 \\
 & 495x_{21} + 505x_{22} + 245x_{23} + 241x_{24}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + 495x_{31} + 505x_{32} + 245x_{33} + 241x_{34} \leq 19,400 \\
& \quad 500x_{11} + 497x_{12} + 249x_{13} + 240x_{14} \\
& + 500x_{41} + 497x_{42} + 249x_{43} + 240x_{44} \leq 19,200 \\
& \quad 495x_{11} + 490x_{12} + 225x_{13} + 232x_{14} \\
& + 495x_{21} + 490x_{22} + 225x_{23} + 232x_{24} \\
& + 495x_{41} + 490x_{42} + 225x_{43} + 232x_{44} \leq 30,400 \\
& \quad 503x_{11} + 500x_{12} + 253x_{13} + 250x_{14} \\
& + 503x_{21} + 500x_{22} + 253x_{23} + 250x_{24} \\
& + 503x_{31} + 500x_{32} + 253x_{33} + 250x_{34} \leq 24,250 \\
& \quad 485x_{31} + 496x_{32} + 235x_{33} + 242x_{34} \\
& + 485x_{41} + 496x_{42} + 235x_{43} + 242x_{44} \leq 16,500
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
14x_{11} + 14x_{21} + 14x_{31} + 14x_{41} + y_1 &= 335 \\
14x_{12} + 14x_{22} + 14x_{32} + 14x_{42} + y_2 &= 340 \\
14x_{13} + 14x_{23} + 14x_{33} + 14x_{43} + y_3 &= 345 \\
14x_{14} + 14x_{24} + 14x_{34} + 14x_{44} + y_4 &= 340
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
z_{11} + z_{21} + z_{31} + z_{41} &\leq 1 \\
z_{12} + z_{22} + z_{32} + z_{42} &\leq 1 \\
z_{13} + z_{23} + z_{33} + z_{43} &\leq 1 \\
z_{14} + z_{24} + z_{34} + z_{44} &\leq 1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_{11} - 100z_{11} &\leq 0 \\
x_{12} - 100z_{12} &\leq 0 \\
&\vdots \\
&\vdots \\
x_{44} - 100z_{44} &\leq 0
\end{aligned}$$

$$X_{rk} \geq 0, Y_k \geq 0, Z_{rk} \in \{0,1\}$$

$$(r = 1, \dots, R, k = 1, \dots, K)$$

2.5 해운선사 'N' 의 최적해

【모형 A'】를 선형계획 모형의 범용 패키지인 LINDO/PC를 이용하여 도출한 결과 다음과 같은 최적해 Z_{rk}^* , X_{rk}^* , Y_{rk}^* 를 얻을 수 있다.

선박의 운항여부를 결정하는 $\forall z_{rk}$ 에 대해

$$z_{41}^* = 1, \quad z_{22}^* = 1, \quad z_{13}^* = 1, \quad z_{34}^* = 1,$$

위 z_{41}^* , z_{22}^* , z_{13}^* , z_{34}^* 를 제외한 나머지 $\forall z_{rk} = 0$ 이라는 결과가 나왔다.

이것은 4개의 후보항로에 선박 4척이 모두 투입된다는 것을 말해주는 것으로 선박 1은 4번 항로에, 선박 2는 2번 항로에, 선박 3은 항로 1번에, 마지막으로 선박 4는 3번 항로에 투입하는 것이 최적임을 보여준다.

이 모형의 목적함수 최적해는 1676.897이며 단위는 백만원(W1,000,000)이다. 이것은 정기선사가 보유하고 있는 4척의 선박을 일년 동안 최적 항로에 투입시켜 운항할 경우 발생하게 되는 최대이익이 약 16억 7,689,7000원임을 보여준다.

다음의 결과는 투입된 선박은 선택된 항로에 각각 몇 항차씩 운행하는 것이 최적인가를 보여주고 있다.

$$x_{41}^* = 21.90, \quad x_{22}^* = 23.24, \quad x_{13}^* = 26.64, \quad x_{34}^* = 24.28$$

이것은 1번 선박이 항로 4번에서 21.90 항차 운항,
 2번 선박이 항로 2번에서 23.24 항차 운항,
 3번 선박이 항로 1번에서 24.64 항차 운항,
 4번 선박이 항로 3번에서 24.28 항차 운항
 하는 것이 최적이라는 것을 의미한다.

위에서 도출된 최적 항차수의 결과와 각 선박의 1항차 시 소요되는 시간을 고려해 볼 때 각 선박이 주어진 일년 동안 최적으로 운항하게 되는 시간은 아래와 같다.

1번 선박 : 306.60일 (약 301일)

2번 선박 : 325.36일 (약 326일)

3번 선박 : 344.96일 (약 345일)

4번 선박 : 339.92일 (약 340일)

모형의 계획기간(1년) 동안 선박의 총 운행가능 시간에서 선박의 실제 운항 시간을 제외한 계선시간(day)은 다음과 같다.

$$y_1^* = 28.36, \quad y_2^* = 14.63, \quad y_3^* = 0, \quad y_4^* = 0$$

3번 선박은 1번 항로를 24.6항차, 그리고 4번 선박의 경우 3번 항로에 24.2항차 운항하는 것이 최적의 의사결정으로 계선시간의 발생 없이 반복운항하게 된다. 그러므로 3번 선박과 4번 선박의 경우 2주 1회 운항하는 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 그리고 선박 1번과 2번의 경우 계선 시간이 각각 28.36, 14.63일 발생하게 되는데 정기선사의 의사결정자는 이 시간을 활용하여 선박수리 및 정기검사 등을 고려해 볼 수 있을 것이다.

제6장 결론

제1절 연구 결과의 요약

지금까지 정기선대 관리에 관한 경영과학적 연구는 부정기선에 비해 많이 이루어지지 않은 실정이다. 그러나 단지 몇 척의 선박만 가지고 있는 경우에도 정기선대의 효율적인 관리를 위해서는 체계적인 경영과학적 의사결정 시스템이 필요하다는 것을 알 수 있다. 그리고 현재 정기해운시장에서 활동하고 있는 대형 정기 컨테이너 선사들은 많은 선박과 항로를 보유하고 있다. 그렇기 때문에 항로 선택이나 일정계획에 관한 의사결정과정 역시 아주 복잡한 많은 요소들과 관련성들을 고려하여야 한다. 또한 선대의 규모가 커질수록 체계적인 방법으로 선대를 관리하는 효과 역시 더욱 증대할 것이다. 이러한 상황을 고려하여 수행된 본 연구결과를 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 정기선대에 포함된 모든 선박을 동시에 고려하여 각 선박에 대해 시스템적으로 최적항로를 발견할 수 있는 의사결정모형을 제시하였다.

둘째, 항로투입이 결정된 각 선박은 일정한 계획기간동안 한 항로에 고정되도록 현실을 반영하여 기존의 항로결정모형을 개선하였다.

셋째, 모형으로 도출된 해를 분석하고 이의 관리적 의미를 설명하였다.

넷째, 정기 해운시장의 현실을 바탕으로 얻은 가상 자료를 활용한 사례연구를 시도하여 모형의 타당성을 설명하였다.

제2절 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구의 한계와 향후 연구방향을 위해 아래와 같이 언급할 수 있다.

첫째, 사례 연구를 수행함에 있어 정기선 해운시장의 현황과 정기선사의 실제자료를 되도록이면 많이 참고하고자 했으나 수집하기 어려운 부분에 대해서는 가상적인 자료를 이용하였다. 그러나 정기선사의 의사결정자는 이 연

구의 모형을 자사의 실제자료를 사용하여 그들의 현재 운항관리에 적용해 볼 수 있을 것이다.

둘째, 기존의 항로결정 모형을 바탕으로 선박을 한 항로에 고정시키기 위해 정수변수를 도입했다. 선박척수와 고려대상인 항로의 수가 증가할수록 고려해야 할 선택 대안이 늘어나기 때문에 정수변수가 많아지고 모형이 복잡해진다. 대체로 상용화 된 소프트웨어 사용에 문제가 없겠지만 추후 이런 형태의 대형 문제를 해결하기 위한 보다 효율적인 특수 해법의 개발을 시도할 수도 있을 것이다.

참 고 문 헌

【국내 문헌】

김세현(1996), 「현대경영과학」, 무역경영사.

류동근 외 4인(2002), 「중국 및 일본서안 컨테이너화물 유통실태 분석 및 마케팅 전략 연구」, 한국컨테이너부두공단.

박구현 외 2인(2001), 「엑셀 2000 경영과학」, 교보문고.

방희석(1999), 「국제운송론」, 전영사.

송계의(2002), 「물류경영론」, 대영사.

오원석(2004), 「국제운송론」, 전영사.

윤재홍(1996), 「현대경영과학론」, 형설출판사.

이명호 외 2인(1994), 「현대경영과학」, 학현사.

이호우(1998), 「OR/MS(경영과학) 및 확률모형」, 시그마플러스.

임종관 외 6인(2004), 「2004 세계 주요해운 환경전망」, 한국해양수산개발원.

정순진(2001), 「경영학연습」, 도서출판 흥.

황호만 외 2인(1999), 「신무역학원론」, 학문사.

곽민석(1998), “인더스트리얼 캐리어를 위한 선대운영의 최적화에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문.

신한원 외 2인(2002), “컨테이너 정기선사의 국제마케팅 전략에 관한 연구”, 한국해양대학교 해사산업연구소.

장기창(2000), “여객선대 배치 및 경로 선택 문제를 위한 최적화 모형 개발에 관한 연구”, 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문.

【외국 문헌】

Boffey, T. B., Edmond, E. D., Hinxman, A. I., and Pursglove, C. J. (1979) "Two approaches to scheduling containership with an application to North Atlantic route", *Operational Research Quarterly*, Vol. 30, pp.413~425.

Laderman, J. L. Gleiberman, & Egan, J. F., "Vessel Allocation By Linear Programming.", *Navel Research Logistics Quarterly*, Vol. 13, No.3, pp.315-326.

Marielle Christiansen & Kjetil Fagerholt (2002), "Ship routing and scheduling status and trends", *Section of Operations Research*.

Perakis, A. N. and Jaramillo, D. I. (1991), "Fleet deployment optimization for liner shipping, Part 1. Background, problem formulation and solution approaches", *Maritime Policy Management*, Vol.18, No.3, pp.183~200.

Rana, K. and Vickson, R. G. (1988), "A model and solution algorithm for optimal routing of a time-chartered containership", *Transportation Science*, Vol.22, pp.83~95.

Rana, K. and Vickson, R. G. (1991), "Routing containership using Lagrangian relaxation", *Transportation Science*, Vol.25, pp.103~113.

-ean relaxation and decomposition", *Transportation Science*, Vol. 25, pp.201~214.

Ronen, D. (1979), "Scheduling of vessels for shipment of bulk and semi-bulk commodities originating in a single area.", *Unpublished Ph. D. Dissertation*, The Ohio state University.

Ronen, D. (1983), "Cargo ships routing & scheduling : survey of models and problems.", *European Journal of Operational Research* 12. pp.119-126.

Roren, D. (1993), "Ship scheduling : The last decade", *European Journal of Operational Research* Vol.71. pp.325-333.

S. C. Cho. and Perakis, A. N. (1996), "Optimal liner fleet routing strategies", *Maritime Policy Management*, Vol.23, No.3, pp.249~259.

Whiton, J. C., (1967), "Some constraints on shipping in linear programming models.", *Naval research Logistics Quart.* 14, pp.257-260.

Clarkson, *Container Intelligence Monthly* 각 호.

Drewry (2003/2004), *Annual Container Market Review and Forecast*.

【인터넷 사이트】

<http://www.e-logisbiz.com>

<http://www.iloveshipping.com> (아이러브취핑.)

<http://www.namsung.co.kr> (남성해운 홈페이지.)

<http://www.momaf.go.kr> (한국해양수산청 홈페이지.)

Each carrier's Homepage, CI-online.

인터넷 유통물류정보 (용어검색).

< APPENDIX >

-LINDO/PC를 이용한 사례연구 결과와 그림-

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1676.897

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z11	0.000000	-2394.000000
Z12	0.000000	-2080.000000
Z13	1.000000	0.000000
Z14	0.000000	-143.703094
Z21	0.000000	-188.000000
Z22	1.000000	0.000000
Z23	0.000000	0.000000
Z24	0.000000	0.000000
Z31	0.000000	-2106.000000
Z32	0.000000	-1785.468018
Z33	0.000000	0.000000
Z34	1.000000	0.000000
Z41	1.000000	0.000000
Z42	0.000000	0.000000
Z43	0.000000	0.000000
Z44	0.000000	0.000000
X11	0.000000	0.000000
X12	0.000000	0.000000
X13	24.642857	0.000000
X14	0.000000	0.000000
X21	0.000000	0.000000
X22	23.240084	0.000000
X23	0.000000	11.096666
X24	0.000000	8.529635

X31	0.000000	0.000000
X32	0.000000	0.000000
X33	0.000000	2.395464
X34	24.285715	0.000000
X41	21.902798	0.000000
X42	0.000000	2.945320
X43	0.000000	13.492130
X44	0.000000	9.966666
Y1	28.360825	0.000000
Y2	14.638831	0.000000
Y3	0.000000	1.314286
Y4	0.000000	1.140212

