

工學碩士學位論文

글로벌선사의 운영성과 향상을 위한
항로의 효율성 분석

A Study on the Efficiency Analysis
of Global Line Service

指導教授 辛 昌 勳

2005年 2月

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템工學科

崔 珉 承

목 차

제 1 장 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 구성	2
제 2 장 이론적 고찰	3
2.1 항만선택 관련 연구	3
2.2 비용분석 관련 연구	5
2.3 효율성과 DEA모형의 개념	7
제 3 장 실증 분석	12
3.1 변수 정의	12
3.2 선박규모별 효율성 분석	16
1) 1000TEU급 선박들의 효율성 분석	16
2) 2000TEU급 선박들의 효율성 분석	19
3) 3000TEU급 선박들의 효율성 분석	21
4) 4000TEU급 선박들의 효율성 분석	25
5) 5000TEU급 선박들의 효율성 분석	28
6) 효율성이 1인 집단의 효율성 분석	31
3.3 노선별 효율성 분석	34
1) 21개 그룹간 효율성 분석	35
2) 노선별 효율성 분석	37
3.4 민감도 분석	40
제 4 장 결 론	48

4.1 연구의 요약 및 결론	48
4.2 연구의 한계점 및 향후 연구방향	50
참고문헌	51

표 목 차

[표 2-1] 항만선택 관련 연구	4
[표 2-2] 선박규모와 관련된 변동비	6
[표 3-1] 분석데이터 구성(2003년도 기준)	12
[표 3-2] 변수의 선정	15
[표 3-3] 1000TEU급 선박그룹 데이터 현황	17
[표 3-4] 1000TEU급 선박그룹의 기초 통계량	18
[표 3-5] 1000TEU급 선박그룹의 효율성 분석 결과	18
[표 3-6] 1000TEU급 선박그룹의 효율성 구간별 평균 비교	19
[표 3-7] 2000TEU급 선박그룹 데이터 현황	19
[표 3-8] 2000TEU급 선박그룹의 기초 통계량	20
[표 3-9] 2000TEU급 선박그룹의 효율성 분석 결과	21
[표 3-10] 2000TEU급 선박그룹의 효율성 구간별 평균 비교	21
[표 3-11] 3000TEU급 선박그룹 데이터 현황	22
[표 3-12] 3000TEU급 선박그룹의 기초 통계량	23
[표 3-13] 3000TEU급 선박그룹의 효율성 분석 결과	24
[표 3-14] 3000TEU급 선박그룹의 노선별 평균 비교	24
[표 3-15] 3000TEU급 선박그룹의 효율성 구간별 평균 비교	25
[표 3-16] 4000TEU급 선박그룹 데이터 현황	25
[표 3-17] 4000TEU급 선박그룹의 기초 통계량	26
[표 3-18] 4000TEU급 선박그룹의 효율성 분석 결과	27
[표 3-19] 4000TEU급 선박그룹의 노선별 평균 비교	27
[표 3-20] 4000TEU급 선박그룹의 효율성 구간별 평균 비교	27
[표 3-21] 5000TEU급 선박그룹 데이터 현황	28
[표 3-22] 5000TEU급 선박그룹의 기초 통계량	30
[표 3-23] 5000TEU급 선박그룹의 효율성 분석 결과	30
[표 3-24] 5000TEU급 선박그룹의 노선별 평균 비교	31
[표 3-25] 5000TEU급 선박그룹의 효율성 구간별 평균 비교	31

[표 3-26] 효율성이 1인 집단의 데이터 현황	32
[표 3-27] 효율성 1인 그룹의 효율성 분석 결과	34
[표 3-28] 효율성 1인 그룹의 구간별 효율성 비교	34
[표 3-29] 효율성 1인 집단의 노선별 평균 비교	34
[표 3-30] 21개 그룹별 데이터 현황	36
[표 3-31] 21개 그룹간 효율성 분석 결과	37
[표 3-32] 미주노선의 효율성 분석 결과	38
[표 3-33] 미주노선의 선박규모별 변수 현황	38
[표 3-34] 미주노선의 선박규모별 평균 비교	38
[표 3-35] 구주노선의 효율성 분석 결과	39
[표 3-36] 구주노선의 선박규모별 평균 비교	39
[표 3-37] 펜달럼서비스의 효율성 분석 결과	40
[표 3-38] 펜달럼서비스의 선박규모별 평균 비교	40
[표 3-39] 각 선박규모별 및 노선별 효율성 평균값	41
[표 3-40] 2000TEU급 선박그룹의 기항관련 현황(구주노선)	42
[표 3-41] 3000TEU급 선박그룹의 기항관련 현황(구주노선)	42

그 립 목 차

[그림 2-1] 효율성의 개념	7
[그림 3-1] 미주항로	13
[그림 3-2] 구주항로	13
[그림 3-3] 펜달럼서비스	14
[그림 3-4] 아시아역내항로	14
[그림 3-5] 각 노선별 그룹화 현황	35
[그림 3-6] 민감도 분석 결과(기항지 조정)	44
[그림 3-7] 민감도 분석 결과(작업시간 감소)	45
[그림 3-8] 민감도 분석 결과(항만비용 감소)	46

A Study on the Efficiency Analysis of Global Line Service

Choi, Min Seung

*Department of Logistics Engineering
Graduate School of Korea Maritime University*

Abstract

This paper presents a approach to the measurement of efficiency which is trunk route of global liner. Data envelopment analysis(DEA), as it is called, has particular applicability in the service sector. Applying mathematical programming techniques, DEA enables relative efficiency ratings to be derived within a set of analysed units(line services).

This paper investigates the efficiency employing DEA Model of line services classified into shipping size(ex. 1000TEU, 2,000TEU, 3,000TEU etc) and route(ex. America-asia line, Europe-asia line, Pendulum line etc).

This paper presents results of sensitivity analysis which based on three scenario for improve efficiency of line services.

Results of this paper, suggests to some plan for improving the performance in the side of operating global liner.

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 경제지역의 블록화, 경제규모의 지속적인 확대, 자유무역의 활성화 증대 등으로 국가간 교역량이 증가하고 있다. 이에 따라 국제무역의 주요 수단인 해상화물운송시장의 성장이 두드러지고 있으며, 해상운송화물의 중심을 이루고 있는 컨테이너 물동량 또한 꾸준히 증가하고 있다.

이러한 배경으로, 각국의 주요 항만 및 터미널은 개발 및 확장을 서두르고 있으며, 운항선사들은 물량확보를 위한 영업과 동시에 운항선박의 대형화에 관심을 기울이고 있다. 실제로 2002년까지 각 선사들의 주력선대는 5,500TEU급이었지만, 2006년을 기점으로 8,000TEU급이 주력선대가 될 것으로 예상된다. 선사들이 선박의 대형화를 추구하는 이유는 규모의 경제를 추구하기 위함인데, 이는 운송물량에 있어서 단위당 비용을 절감하여 수익성을 제고할 수 있기 때문이다.

이와 같이, 컨테이너 물동량 증가는 선사들이 대형화되고 선진화된 컨테이너선을 확보하기 위한 과열 경쟁을 유발하였고, 이는 세계 정기선 해운시장의 선복량 증가율이 컨테이너 물동량 증가율을 크게 상회하는 결과를 초래하였다. 결국, 선사들은 선복량 과잉과 물량확보를 위한 선사간 과당경쟁으로 인하여 채산성이 점차 악화되고 있는 실정이다. 따라서, 운항선사들은 항로 즉, 노선에 투입되는 자사선박들에 대한 운항효율성을 분석하고 그 결과에 따라서 대응방안을 강구해야 할 필요성이 대두된다.

이러한 배경에서 출발한 본 연구는 선사측면에서의 운항효율성에 대해서 분석하고 도출된 결과를 바탕으로 효율성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 효율성 분석을 하기 위해서 본 연구에서는, 운항선사의 실제 운항자료를 바탕으로 항차를 기본 의사결정단위(DMU : *Decision Making*

Unit)로 하여 비교적 객관적이고 상대적인 효율성을 파악할 수 있는 *DEA* 모형을 이용하여 분석을 수행하고자 한다. 즉, 개별 *DMU*들을 선박규모별, 노선별로 각각 그룹화하여 효율성을 측정하고, 각 그룹내에서 측정된 효율성 값을 바탕으로 효율적인 *DMU*와 비효율적인 *DMU*를 구분한 후 비효율적인 *DMU*에 대해서는 비효율성의 원인을 분석하고자 한다. 이와 같은 과정을 통해서 마지막으로 민감도 분석을 수행하여 결과적으로 전체적인 효율성을 높이는 방안을 모색해 보고자 한다.

1.2 연구의 구성

본 논문은 총 4개의 장으로 구성되어 있다. 제 1장에서는 연구의 배경과 목적에 대해서 간략히 서술하였으며, 제 2장에서는 본 연구와 관련된 선행 연구에 대해서 고찰하였고, 본 연구에서 사용된 분석방법인 *DEA*모형에 대해서 서술하였다. 제 3장에서는 실증분석을 위하여 변수를 선정하였으며, 선정된 변수들과 관련된 데이터를 이용하여 선박규모별 및 노선별 효율성을 분석하였다. 이를 통해 효율적인 집단과 비효율적인 집단을 구분하고 비효율적인 집단에 대한 원인을 분석한 후 최종적으로 민감도 분석을 수행하여 효율성 향상 방안을 제시하였다. 마지막으로, 제 4장에서는 실증분석을 통해 얻은 결론을 바탕으로 시사점을 제시하였으며, 본 연구의 한계점과 향후 연구 방향에 대해서 간략히 언급하였다.

제 2 장 이론적 고찰

본 장에서는 본 연구와 관련된 선행연구에 대해서 고찰해 보았는데, 본 연구의 목적과 유사한 연구는 아직 이루어지지 않은 실정이다. 하지만 본 연구를 수행하기 위하여 참고할 수 있는 연구는 다수 존재한다. 즉, 본 연구의 주요 목적인 항로의 효율성 분석을 하는데 필요한 변수들을 선정하기 위하여 항로와 가장 직접적 관련이 있는 항만선택 관련 연구들과 선박운항과 관련된 비용분석에 관한 연구들에 대해서 살펴보고자 한다.

먼저, 항로와 관련되는 기항지 선택문제와 관련된 연구를 살펴보고, 선사가 기항지를 선택할 때 주요하게 작용하는 요인이 무엇인지 파악하고자 한다. 다음으로, 운항과 관련되는 비용인 항만비용 및 그 외 제반비용들에 대해서 분석한 연구를 살펴보고, 운항과 관련된 비용항목들을 유추하고자 한다. 마지막으로, 본 연구의 주요 방법론인 *DEA* 모형과 효율성의 개념에 대해서 살펴보고자 한다.

2.1 항만선택 관련 연구

본 절에서는 운항과 관련된 가장 큰 요소인 항만(기항지)의 선택에 대한 연구에 대해 고찰해 보았다. 이는 본 연구의 목적을 달성하기 위해 분석과정에서 사용된 변수들을 도출하기 위한 과정이며, 또한 도출된 변수들의 적합성을 검증하는 과정이다.

항만선택과 관련된 연구는 활발한 편이다. 연구의 주제는 매우 다양하지만 결국엔 선사가 항만을 기항하고자 할 때 어떠한 기준으로 선택하는지에 대한 문제로 귀결된다. 이와 관련된 연구를 하나씩 살펴보면 먼저, *Pearson(1980)*은 영국 화주에 대한 조사에서, 항만선택의 주요 요인을 스케줄의 신뢰성, 선박의 기항빈도, 항만에 대한 접근성, 항로의 다양성 등으로 꼽았다. *Willingale(1981)*

은 유럽지역 선사들에 대한 조사에서, 항만선택의 결정요인을 항만요율, 항해거리, 항만규모, 지역 내 시장규모, 배후지 근접성, 항만접근성, 항만시설, 선석가용성, 터미널운영, 항만당국의 반응, 기존항로패턴, 항만이용자 합의, 항만소유권, 개인적 접근도 등으로 분류하여 분석하였다. Brook(1984, 1985)은 캐나다의 수출업자에 대한 조사에서, 항만선택의 요인을 항만관련비용, 처리시간, 선박의 기항빈도, 선사의 직기항, 항만인지도 및 평판 등으로 추출하였다.

[표 2-1] 항만선택 관련 연구

연구자	주요 선택 요인	분석 대상
Pearson (1980)	스케줄의 신뢰성, 선박의 기항빈도, 항만접근성, 항로의 다양성	영국(화주)
Willingale (1981)	항만요율, 터미널운영, 항해거리, 항만규모, 지역 내 시장규모, 배후지 근접성, 항만접근성, 항만시설, 선석가용성, 항만당국의 반응, 기존항로패턴, 항만이용자 합의, 항만소유권, 개인적 접근도	유럽지역(선사)
Brook (1984, 1985)	항만관련비용, 처리시간, 선박의 기항빈도, 선사직기항, 항만인지도 및 평판	캐나다(수출업자)
Slack (1985)	항만비용, 항만체선, 항만근접도, 선석기항빈도, 내륙수송운임, 복합연계운송, 항만장비시설, 통관, 항만안전도, 항만규모	미국 & 캐나다 (화주, 포워드)
Suthiwartnarueput (1988)	항만관련 비용, 스케줄 신뢰성 및 처리시간, 선박의 기항빈도, 직기항, 화물의 손상손해 경험	대만(해운산업)
Murphy외 (1989)	저비용, 항만운영 및 작업시간, 컨테이너처리 효율성, 화물량, 지리적 이점, 인프라, 내륙운송비, 항만안전, 배후지규모, 항만설비, 연계수송 네트워크,	세계각국 (항만, 선사, 포워드, 화주)
Murphy외 (1992)	화물처리비용, 대형선입항가능성, 적기인도처리, 장비의 보유, 클레임처리, 손상손해의 빈도, 특수수요이행성, 선적정보제공, 대량 및 비규격화물의 하역능력	세계각국 (항만당국, 선사)

Slack(1985)은 미국 및 캐나다의 화주와 포워더에 대한 조사에서, 항만선택의 주요 요인을 항만비용, 항만체선, 항만의 근접도, 선석기항빈도, 내륙수송운임, 복합연계운송, 항만장비시설, 통관, 항만안전도, 항만규모 등으로 꼽았다. Murphy(1989)는 항만선택과 관련된 연구를 중점적으로 행한 권위자로서, 분석대상국가도 전 세계를 망라하고 있으며, 분석대상수도 매우 광범위하다. 항만선택의 주요 요인으로는 항만요율, 항만체선, 입출항 선박의 수, 항만의 접근성, 복합연계운송 등을 꼽고 있다.

지금까지 고찰해 보았던 항만선택과 관련된 연구들을 종합해 본 결과, 주요 요인으로써 항만비용, 화물요율, 하역비용 등 비용관련 요인들과, 작업시간, 정박시간, 항만체선 등 시간관련 요인들이 공통적으로 존재하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 주요 요인들에 대한 데이터를 추출하여 분석에 사용하고자 한다.

2.2 비용분석 관련 연구

선박의 운항과 관련하여 비용분석을 수행한 연구는 항만선택과 관련된 연구들에 비해서 매우 적은 편이다. 본 연구는 두 가지의 선행연구를 통해서 운항과 관련된 비용항목들에 대해서 고찰해 보고자 한다. 먼저, 박태원(2001)은 한·중 정기선항로의 원가분석에 관한 연구에서, 풀컨테이너선의 원가분석에 관한 항목을 크게 고정비와 변동비로 구분하여 분석하였다. 고정비에 관련된 비용항목은 용선료(선비, 선원비, 감가상각비 등), 항비, 연료비, 일반관리비 등으로 구분하였다. 변동비에 관련된 비용항목은 화물비, 장비비, 대리점 수수료 등으로 구분하였는데, 화물비는 컨테이너 하역비, *CY Handling Charge* 등을 포함하며, 장비비는 컨테이너 구매비용, 임차료,

수리비, 보험료 등이 포함된다.

Baird(2001)는 허브항만과 멀티항만의 경제적 비교 평가에 관한 연구에서, 선박의 운항과 관련된 비용항목들을 구체적으로 제시하여 총비용을 산출하였다. 총 비용과 관련되는 비용항목은 크게 자본비, 운영비, 유류비, 항만비로 구성되는데, 자본비는 선박건조비의 10년 상환율을 적용하여 연간 자본비를 건조비의 10%를 적용하여 산정하였다. 운영비에는 선원비, 관리비, 보험료, 유지보수비가 포함되고, 유류비는 연료비와 운할유비가 포함되었다. 항만비는 아시아와 유럽항만의 평균비용을 이용하여 산정하였다.

[표 2-2] 선박규모와 관련된 변동비

용적(TEU)	선박가격(M\$)	총톤수	선원수	연료량(톤/일)
<i>Feeder Ship</i>				
1,000	17.5	11,000	14	40
1,250	21.0	17,000	14	50
1,500	23.0	22,500	14	60
1,750	25.0	27,000	14	70
2,000	27.0	30,000	14	80
2,250	29.5	34,000	14	90
2,500	32.0	39,000	14	100
<i>Hubport Ship</i>				
4,000	45.0	52,000	18	145
5,000	54.0	66,000	18	165
6,000	60.0	74,000	18	185
7,000	65.0	81,500	18	205
8,000	70.0	91,500	18	225
9,000	75.0	101,000	18	245
10,000	80.0	111,000	18	265

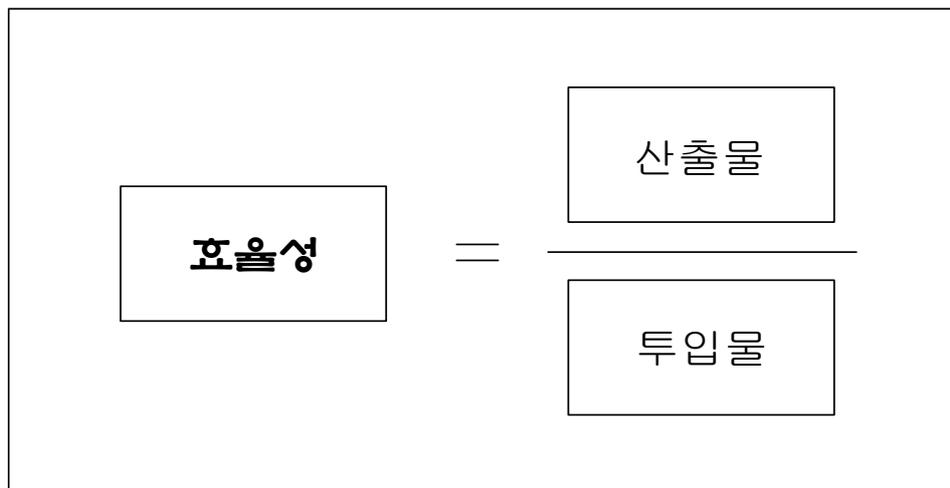
자료 : Baird(2001)

위의 연구들을 비교해 보았을 때, 공통적으로 중요한 비용항목은 자본비와 유류비, 항비, 선원비로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 운항경로와 관련된 각 항만의 비용들과 함께, Baird(2001)의 연구에서 제시된 비용들 중

에서 선박규모별로 구분하여 산정한 자본비, 유류비, 선원비에 대한 값들을 인용하여 분석에 활용하였다.

2.3 효율성과 DEA모형의 개념

효율성의 개념은 일반적으로 시스템의 투입과 산출에 대한 분석을 다루는 것이라 할 수 있다. 즉, 효율성은 투입물(Input)에 대한 산출물(Output)의 비율을 나타내는 개념이다.



[그림 2-1] 효율성의 개념

최대의 효율성을 획득하기 위해서는 두 가지 측면으로 생각할 수 있는데, 즉, 고정된 자원 내에서 최대의 결과를 얻는다는 측면과 일정한 결과를 얻기 위하여 가능한 한 최소한의 자원을 사용한다는 측면으로 생각할 수 있다. 일반적으로 비효율성은 투입물을 이용하여 산출물을 생산하는 과정에서 비효율적인 투입물간의 결합이나 사용 때문에 발생하는 것으로서, 투입물의 비효율성과 산출물의 비효율성으로 나눌 수 있다.

Charnes, Cooper, Rhodes(1978)가 제시한 DEA모형¹⁾은 다수의 산출요소와 투입 요소간의 관계를 객관적인 방법으로 동시에 고려하여 그 효율성 값을 도출하는 방법으로서, 기존의 생산성 측정방법이 가지고 있는 문제점들을 극복한 비모수적 방법이다. 또한, 평가 대상인 DMU들의 효율성 값을 측정하는 과정에서 각각의 산출물 또는 투입요소에 대해 미리 결정된 가중치를 필요로 하지 않을 뿐만 아니라, 비효율성이 어느 부문에서 얼마 정도가 발생하는지에 대한 정보를 제공해 주는 상대적인 평가 방법이다.

DEA모형은 선형계획법에 근거하여 일반적으로 생산 가능집합에 적용되는 몇 가지의 공준을 가지고 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물간의 자료를 이용하여 경험적 효율적으로 프론티어를 도출한 후 평가대상들이 효율성 프론티어상에서 얼마나 떨어져 있는지의 여부로써 비효율성을 측정한다. 또한, 비효율성이 어느 부문에서 발생하며 그 크기가 얼마 정도인지에 대한 수치적 정보를 제공해줌으로써 경영자가 효율성을 제고하는데 실제적인 도움을 줄 수 있다는 장점이 있다.

DEA모형은 투입과 산출의 명확한 인과관계를 밝히기 어려운 비영리적이며 공적인 의사결정단위(DMU : Decision Making Unit)들의 상대적 효율성을 평가하기 위하여 개발된 기법으로서, 여러 종류의 산출을 생산하기 위하여 여러 종류의 투입요소를 사용하는 조직들의 생산성을 평가하기 위한 선형계획 기법(Linear Programming Technique)이다.

DEA모형의 주요한 특징은 크게 네 가지로 구분하여 살펴볼 수 있다. 첫째, DEA모형은 다수의 투입물과 산출물이 존재하나 이들을 적절한 방법으로 하나의 지수로 종합화하기 힘든 경우에 유용하게 사용될 수 있다. 즉, 투입물과 산출물들의 측정단위가 각기 다른 경우에도 적용이 가능하다. 둘째, DEA모형에서는 평가대상 조직과 투입과 산출관계가 유사한 다른 효율적인 조직들이 먼저 선정되고 이를 준거집단으로 하여 상대평가를 한다.

1) DEA(Data Envelopment Analysis : 자료포괄분석)

이에 따라, 비효율적인 조직의 경우에는 실현가능한 목표치의 설정이 가능하다. 셋째, DEA모형에서는 평가 대상조직의 효율성을 최대화 하는 투입과 산출에 대한 가중치를 직접 추정하기 때문에, 비율분석 등과 같이 경영평가를 위한 항목별 가중치를 사전에 주관적으로 결정할 필요가 없다. 넷째, 측정단위가 상이한 여러 가지의 투입요소와 산출물을 동시에 고려할 수 있다.

앞에서도 언급하였듯이, 효율성은 투입물과 산출물간의 관계를 나타낸다. 즉, 투입요소에 대한 산출요소의 비율을 나타내는데, 이는 구체적으로 단일의 투입요소와 산출요소에 대한 개념이다. 따라서, 다수의 투입요소와 다수의 산출요소의 관계를 파악하여 상대적인 효율성을 구하기 위해서는 개별적 요소들에 대하여 가중치와 요소들간의 곱의 합으로써 표현되어야 한다. 즉, 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\text{평가 대상 } j \text{의 효율성} = \frac{u_1y_{1j} + u_2y_{2j} + u_3y_{3j} + \dots + u_ny_{nj}}{v_1x_{1j} + v_2x_{2j} + v_3x_{3j} + \dots + v_nx_{nj}} \quad (2.1)$$

- u_r = 산출요소 r 에 주어진 가중치
- y_{rj} = 평가대상 j 의 산출요소 r 의 양
- v_i = 투입요소 i 에 주어진 가중치
- x_{ij} = 평가대상 j 의 투입요소 i 의 양

이와 같은 식은 모든 평가대상(DMU)에 있어서 적용되는 가중치가 요구되고, 이는 모든 평가대상에 있어서 적용이 가능한 공통의 가중치를 구해야 하는 결론에 이른다. 그러나, 투입요소 및 산출요소에 대한 가중치는 각 평가대상의 특성에 따라 다르므로, 단일의 공통 가중치를 모든 평가대상의 효율성 측정에 있어서 적용시키기에는 무리가 따른다. 따라서 이러한 문제점을 인식한 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)는 각각의 평가대상이 각

기 다른 가중치를 가질 수 있도록 선형계획법에 기반을 둔 식 2.2와 같은 DEA-CCR모형을 개발하였다.

$$\begin{aligned}
 \text{Max } h_0 &= \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0}} \\
 \text{subject to} \\
 \frac{\sum_{r=1}^t u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} &\leq 1, j = 1, \dots, n, \\
 u_r, v_i &\geq \epsilon, \forall r \text{ and } i,
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

식 2.2를 선형계획모형의 형태로 변환하면 식 3.10과 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{Max } h_0 &= \sum_{r=1}^t u_r y_{rj_0} \\
 \text{subject to} \\
 \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, j = 1, \dots, n, \\
 -u_r &\leq -\epsilon, r = 1, \dots, t, \\
 -v_i &\leq -\epsilon, i = 1, \dots, m.
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

요컨대, 서론에서도 밝혔듯이 본 연구에서는 해운항로상에서 운항하는

선박에 대해서 효율성을 측정하고자 한다. 해운항만산업은 많은 요인들이 복잡하게 얽혀있기 때문에 운항과 관련되는 변수 즉, 투입물과 산출물의 종류 및 특성은 매우 다양하다. 이와 같은 관계를 규명하여 효율성을 측정함으로써 총체적인 운영성과에 대한 시사점을 제시하기 위해서는, 분석대상을 효율적인 *DMU*와 비효율적인 *DMU*를 구분하고 비효율적인 *DMU*들이 효율적인 *DMU*들에 비해 얼마나 비효율적인지에 대한 구체적인 정보와 효율적으로 되기 위한 방안을 제시하여 줄 수 있는 *DEA* 방법론을 통해 분석하는 것이 타당하다고 판단되며, 따라서 본 연구에서는 이를 이용하여 결과를 도출하였다.

제 3 장 실증 분석

본 장에서는 항로의 효율성 분석에 사용된 데이터에 대해서 간략히 소개하고, 분석에 직접적으로 사용된 변수들에 대해서 설명하였다. 그 후에 분석대상을 특성별로 구분하여 *DEA*모형을 이용한 효율성 분석을 수행하였으며, 마지막으로 민감도 분석을 수행하였다.

3.1 변수 정의

본 분석에 사용된 데이터는 세계 20대 선사의 순위권 안에 있는 한 대형 선사(A社)의 내부 자료로써, 2003년도의 실제 운항관련 자료이다. A社는 현재 세계 주요 항만에 10여개 이상의 자가 터미널을 보유하고 있으며, 미주항로, 구주항로, 아시아역내항로 등을 포괄하는 총 50여개 노선에 취항하고 있다.

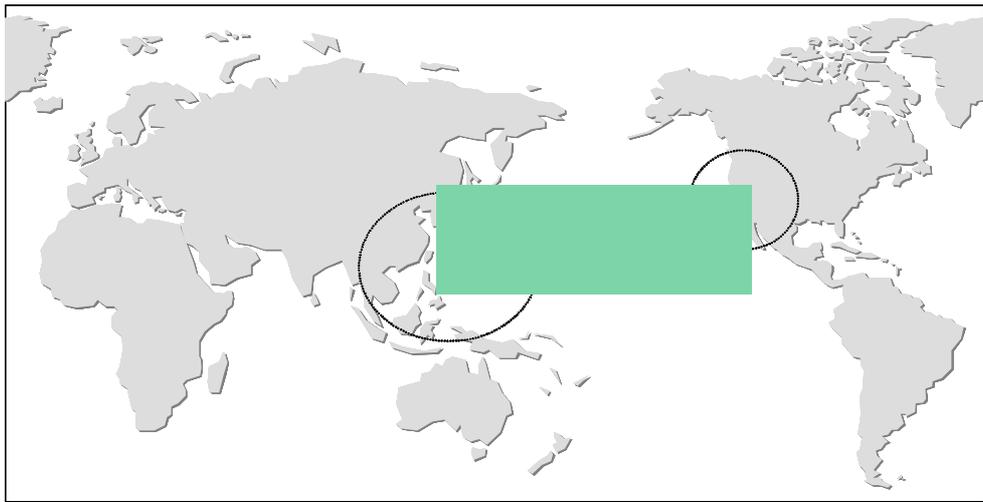
본 연구에서는 A社가 취항하는 노선 중에서 얼라이언스가 아닌 자사선박을 이용하여 취항하면서 주 기간항로에 해당되는 9개 노선을 선택하여 분석에 활용하였다. 1년을 기준으로 하였을 때, 하나의 노선에는 다수의 선박이 포함되어 있고, 또한 하나의 선박에는 다수의 항차가 포함되어 있다. 그리고 각 항차마다 기항하는 항만수도 각기 조금씩 다르다. 본 분석에 사용된 데이터의 구성에 대해 간략히 살펴보면 다음 [표 3-1]와 같다.

[표 3-1] 분석데이터 구성(2003년도 기준)

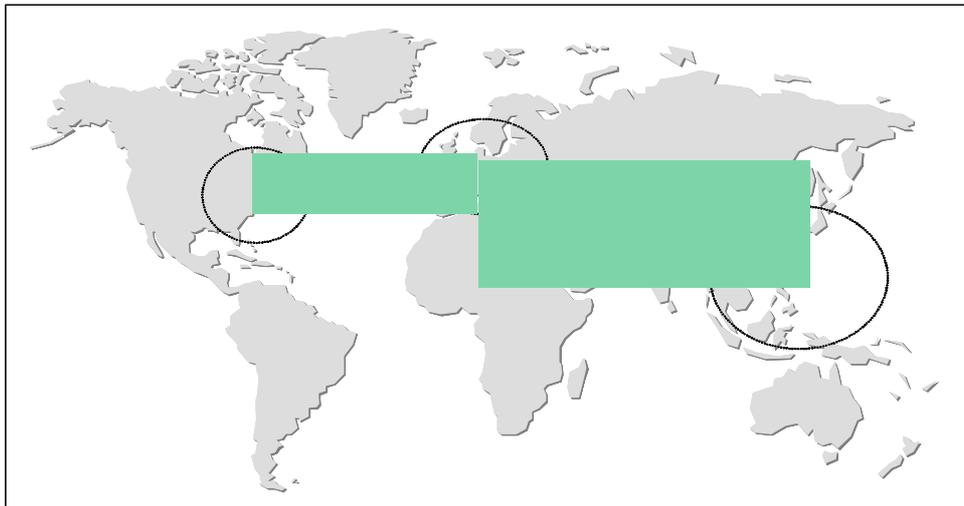
노선수	선박수	항차수	기항 항만수
9	65	339	38

전 세계를 포괄하는 노선은 운항경로상 크게 네 가지로 구분할 수 있는

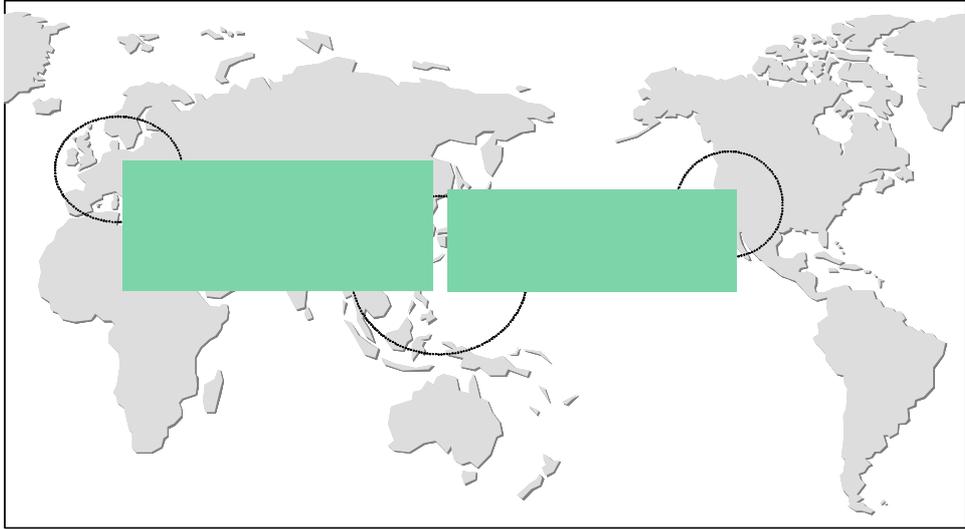
데, 즉, 아시아와 북미간 항로인 미주항로, 아시아와 유럽의 항로인 구주항로, 아시아와 북미 및 유럽을 모두 포괄하는 펜던럼서비스, 아시아 역내에서만 운항하는 아시아역내항로로 구분된다.



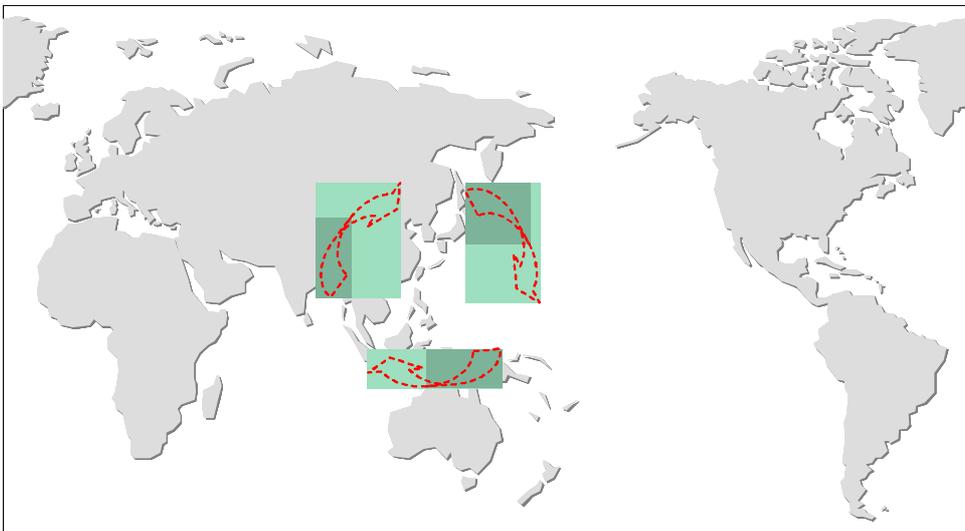
[그림 3-1] 미주항로



[그림 3-2] 구주항로



[그림 3-3] 펜달럼서비스



[그림 3-4] 아시아역내항로

앞서 언급한 바와 같이, 본 분석에 사용된 데이터는 총 9개의 노선으로 이루어져 있는데, 이를 위의 네 가지 형태의 노선으로 구분하면 미주노선

4개 항로, 구주노선 3개 항로, 펜덜럼서비스 1개 항로, 아시아역내노선 1개 항로가 된다. 따라서 본 장에서는 분석결과에 대해서 네 가지 노선을 기준으로 설명할 것이다.

DEA모형을 이용한 효율성 분석은 앞서 언급하였듯이 다수의 투입물과 다수의 산출물의 관계에서 비롯된다. 즉, 효율성을 측정하기 위한 변수들이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 항로의 효율성을 분석하기 위하여 그 필요성이 적합하다고 판단되는 투입(*Input*)변수와, 산출(*Output*)변수를 선정하였다. 산출변수로는 수송량과 수송거리를 선정하였고, 투입변수로는 항만간 운항시간, 항만내 대기시간, 항만내 작업시간, 항만비용, 선박의 자본비용, 선원수, 연료사용량을 포함하는 총 7개의 변수를 선정하였다. 변수선정은 앞서 선행연구에서 고찰한 결과를 바탕으로, 실제 데이터 상황과 이론적 고찰에서 도출한 요인들을 모두 고려하여 선정하였다.

[표 3-2] 변수의 선정

<i>Input</i> 변수	<i>Output</i> 변수
V1 : 항만간 운항시간(<i>hour</i>) V2 : 항만내 대기시간(<i>hour</i>) V3 : 항만내 작업시간(<i>hour</i>) V4 : 항만비용(<i>US dollar/day</i>) V5 : 자본비용(<i>US dollar/day</i>) V6 : 선원수(<i>명/day</i>) V7 : 연료사용량(<i>ton/day</i>)	U1 : 총 수송량(<i>TEU</i>) U2 : 총 수송거리(<i>mile</i>)

변수선정 과정에서, 수송량과 수송거리, 운항시간, 대기시간, 작업시간, 항만비용은 실제 데이터를 이용하였으나, 자본비용 및 연료사용량, 선원수는 정확한 자료획득의 곤란으로 기존 연구(Baird, 2001)에서 산정해 놓은 결과치를 본 분석에 사용된 데이터에 맞게 변환하여 분석에 활용하였다.

항만간 운항시간은 기항하는 각각의 항만들 사이의 구간에서 소요되는 시간이고, 항만내 대기시간은 선박이 항만에 진입해서 하역이 이루어지기 까지 소요되는 시간이며, 항만내 작업시간은 선박이 터미널에 접안하여 출항하기까지 소요되는 시간이다. 항만비용은 선박이 항만에 입항하여 출항하기까지 소요되는 제반비용으로써, 물량에 따라 변동하는 하역비용은 본 연구에서는 제외되었다. 앞서 언급하였듯이, 자본비용과 선원수, 연료사용량은 기존 연구에서 도입하였는데, 먼저 자본비용은 연간 비용으로써 선박 건조가격의 10%로 산정하였다. 선원수는 4000TEU급 미만의 선박은 14명으로 산정하였고, 4000TEU급 이상의 선박은 18명으로 산정하였다. 연료사용량은 각 선박규모별로 산정되어 있는 것을 이용하였다.

이와 같은 내용을 바탕으로 본 연구에서는 항차를 기본 의사결정단위(DMU)로 하였고, 이 의사결정단위들을 선박규모별, 노선별로 그룹화하여 효율성을 분석하였다.

3.2 선박규모별 효율성 분석

본 절에서는 항차를 기본으로 한 의사결정단위(DMU)들을 선박규모별로 그룹화하여 효율성을 분석하였다. 본 분석에 사용된 데이터는 1100TEU급부터 5700TEU급까지 총 13개의 선박규모로 분류되어 있는데, 본 연구에서는 이를 1000TEU급, 2000TEU급, 3000TEU급, 4000TEU급, 5000TEU급으로 재구분하여 각 선박그룹 내 효율성을 분석하였다.

1) 1000TEU급 선박들의 효율성 분석

1000TEU급 선박그룹에 속한 DMU는 총 50개이며, 분석에 사용된 변수들의 현황은 다음 [표 3-3]과 같다.

[표 3-3] 1000TEU급 선박그룹 데이터 현황

DMU	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmu1	1000	6,797	7,706	522.0	24.7	125.2	71,539	9,885	26	96
dmu2	1000	6,395	7,707	534.2	13.2	129.4	71,539	9,958	26	96
dmu3	1000	6,100	7,698	531.7	25.2	103.0	60,296	9,708	25	94
dmu4	1000	6,229	7,698	507.9	51.6	133.2	60,296	10,190	27	99
dmu5	1000	8,007	7,698	464.5	33.8	166.5	60,296	9,781	26	95
dmu6	1000	4,755	7,698	490.8	54.6	114.1	60,296	9,703	25	94
dmu7	1000	6,616	7,698	515.6	36.6	130.7	60,296	10,047	26	97
dmu8	1000	7,244	7,698	501.1	46.4	122.6	60,296	9,859	26	95
dmu9	1000	5,861	7,698	509.1	52.8	109.1	60,296	9,872	26	96
dmu10	1000	6,386	7,698	490.0	53.6	132.7	60,296	9,950	26	96
dmu11	1000	6,546	7,698	502.7	42.8	124.4	60,296	9,856	26	95
dmu12	1000	6,561	7,698	525.4	34.0	113.6	60,296	9,900	26	96
dmu13	1000	6,737	7,698	510.1	49.6	120.7	60,296	10,009	26	97
dmu14	1000	5,711	7,698	525.8	47.8	94.1	60,296	9,823	26	95
dmu15	1000	6,929	7,698	508.6	46.3	117.0	60,296	9,885	26	96
dmu16	1000	6,695	7,698	535.0	29.7	127.6	60,296	10,185	27	99
dmu17	1000	6,908	7,698	534.4	13.4	115.3	60,296	9,755	25	94
dmu18	1000	6,727	7,698	504.5	16.3	139.1	60,296	9,709	25	94
dmu19	1000	6,617	7,698	510.3	37.3	124.1	60,296	9,882	26	96
dmu20	1000	5,502	7,698	595.4	43.3	105.3	60,296	10,945	29	106
dmu21	1000	5,883	7,698	526.9	21.3	114.9	60,296	9,755	25	94
dmu22	1000	6,066	7,698	528.0	47.8	102.2	60,296	9,974	26	97
dmu23	1000	8,104	7,698	514.6	24.8	135.8	60,296	9,933	26	96
dmu24	1000	7,794	7,698	515.5	26.3	143.0	60,296	10,074	26	98
dmu25	1000	5,970	7,698	491.6	24.3	144.1	60,296	9,709	25	94
dmu26	1000	6,253	7,698	493.8	42.7	125.5	60,296	9,739	25	94
dmu27	1000	6,826	7,698	510.1	40.7	122.5	60,296	9,906	26	96
dmu28	1000	7,267	7,698	494.7	41.3	160.0	60,296	10,240	27	99
dmu29	1000	6,061	7,698	494.9	13.2	131.2	60,296	9,405	25	91
dmu30	1000	5,724	7,698	642.8	24.6	109.8	60,296	11,434	30	111
dmu31	1000	5,222	7,382	575.1	13.9	102.6	65,328	10,175	27	99
dmu32	1000	5,352	7,374	478.0	25.6	99.6	54,085	8,875	23	86
dmu33	1000	5,791	7,374	537.3	29.1	95.7	54,085	9,741	25	94
dmu34	1000	6,065	7,374	552.5	51.1	98.5	54,085	10,329	27	100
dmu35	1000	7,301	6,279	413.4	40.4	114.2	56,054	8,356	22	81
dmu36	1000	5,351	7,172	488.7	11.1	84.1	48,341	8,590	22	83
dmu37	1000	3,201	4,260	560.8	30.9	69.2	43,719	9,723	25	94
dmu38	1000	7,593	7,706	530.9	15.4	142.6	73,654	10,381	26	103
dmu39	1000	7,109	7,698	514.9	13.8	125.5	62,078	9,859	25	98
dmu40	1000	6,690	7,698	520.2	31.1	120.8	62,078	10,128	26	101
dmu41	1000	7,171	7,698	525.7	16.1	137.9	62,078	10,242	26	102
dmu42	1000	7,042	7,698	495.8	20.0	142.7	62,078	9,922	25	99
dmu43	1000	6,120	7,698	504.5	32.3	119.7	62,078	9,892	25	98
dmu44	1000	6,551	7,698	586.3	37.8	166.5	62,078	11,914	30	119
dmu45	1000	6,611	7,698	511.3	51.1	108.9	62,078	10,115	26	101
dmu46	1000	6,599	7,727	529.6	32.3	146.6	62,147	10,676	27	106
dmu47	1000	6,197	7,374	514.1	40.8	110.9	55,684	10,033	26	100
dmu48	1000	5,444	7,374	532.3	32.5	98.0	55,684	9,988	25	99
dmu49	1000	4,586	5,624	370.9	41.1	77.1	63,373	7,370	19	73
dmu50	1000	3,583	6,276	434.7	14.3	96.0	27,347	8,212	21	82

앞서 언급하였듯이, 각 의사결정단위 즉, DMU는 선박의 항차를 나타내

며, 각 항차는 기항하는 항만수가 조금씩 다르다. 그리고 위의 *Input*변수 중에서 자본비용과 선원수, 연료량은 선박규모별로 고정되어 있는 값이다. 이를 운항시간에 맞게 적용시키기 위해서 본 분석에서는 각 운항구간에서 발생하는 총소요시간을 일단위로 환산한 다음 하루당 소요되는 자본비용과 선원수, 연료량을 각각 곱하여 각 항차별 총 자본비용 및 선원수, 연료량을 산정하였다. 이와 같은 방법은 다음의 2000TEU, 3000TEU, 4000TEU, 5000TEU급에 대한 효율성 분석에서도 동일하게 적용되었다.

1000TEU급 선박그룹의 효율성 분석에 앞서서 각 변수들의 기초 통계량을 산정해 보았다(표 3-4 참조).

[표 3-4] 1000TEU급 선박그룹의 기초 통계량

DMU 수	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
50	6,297	7,483	514	33	120	59,590	9,872	26	96

주 : 각 변수별 수치는 평균치임

효율성 분석 결과, 1000TEU급 선박그룹에 해당되는 노선은 모두 아시아 역내노선인 것으로 나타났으며, 효율성이 1인 DMU는 16개로서 전체의 32%를 차지하고 있다. 또한, 각 효율성 구간에 포함된 DMU들의 평균 기항지 수는 비슷한 것으로 분석되었다.

[표 3-5] 1000TEU급 선박그룹의 효율성 분석 결과

효율성 값	DMU 수	비중	노선	효율성 평균	기항지 평균
1	16	32%	아시아역내	1.0000	7.6
0.9이상 1미만	29	58%		0.9707	7.9
0.9미만	5	10%		0.8369	7.4

효율성의 원인을 분석하기 위하여 각 효율성 구간별 변수들의 평균값을 계산해 보았다. 또한, 각 효율성 구간에 포함되는 집단간의 차이를 검증하

기 위하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 분석 결과, 변수들 중에서 운항시간과 자본비용, 선원수가 유의한 차이를 나타냈다. 이는 일반적으로 소규모의 선박들은 노후화 된 것들이 많고, 이는 운항시간에 영향을 미칠 수 있기 때문인 것으로 판단되며, 자본비용과 선원수는 운항시간에 비례하기 때문에 같이 영향을 받는 것으로 유추할 수 있다.

[표 3-6] 1000TEU급 선박그룹의 효율성 구간별 평균 비교

	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1*	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5*	선원수 V6*	연료량 V7
효율성 1	6,358	7,338	484	28	118	58,309	9,376	24	92
0.9이상 1미만	6,446	7,655	517	36	122	60,512	9,979	26	97
0.9미만	5,240	6,947	592	30	111	58,344	10,838	28	106

* ANOVA test 결과(유의수준 ≤ 0.05), 효율성 그룹간 평균의 차이가 있는 항목

2) 2000TEU급 선박들의 효율성 분석

2000TEU급 선박그룹에 속한 DMU는 총 42개이며 분석에 사용된 변수들의 현황은 다음 [표 3-7]과 같다.

[표 3-7] 2000TEU급 선박그룹 데이터 현황

DMU	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmu51	2000	25,644	29,271	1,741.7	61.4	420.6	302,912	56,115	85	642
dmu52	2000	24,088	29,064	1,711.9	48.4	436.8	302,912	55,446	84	634
dmu53	2000	21,571	29,064	1,677.1	117.8	386.4	302,912	55,045	84	630
dmu54	2000	19,589	28,272	1,766.0	49.7	338.4	293,511	54,359	83	622
dmu55	2000	17,986	28,853	1,620.4	103.4	370.3	293,133	52,845	80	605
dmu56	2000	21,991	27,934	1,656.4	100.4	435.7	255,401	55,330	84	633
dmu57	2000	18,956	26,540	1,732.5	53.1	300.9	230,943	52,653	80	602
dmu58	2000	18,207	27,137	1,570.8	92.1	292.5	251,945	49,344	75	565
dmu59	2000	18,231	21,515	1,325.6	70.0	332.0	262,973	43,596	66	499
dmu60	2000	12,088	20,435	1,325.2	95.2	255.7	196,481	42,297	64	484
dmu61	2000	15,530	20,342	1,205.6	33.2	296.4	198,098	38,741	59	443
dmu62	2000	22,745	29,064	1,744.2	70.4	379.9	304,268	55,557	84	636
dmu63	2000	22,560	30,776	1,825.4	121.1	403.4	304,268	59,491	90	681
dmu64	2000	25,399	36,913	1,818.8	139.9	460.2	304,268	61,239	93	701
dmu65	2000	19,593	28,272	1,654.8	136.8	376.8	294,825	54,896	83	628
dmu66	2000	20,990	28,954	1,623.1	149.6	426.9	279,879	55,686	84	637

DMU	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmu67	2000	13,647	17,722	982.5	108.7	265.2	227,365	34,340	52	393
dmu68	2000	4,778	8,089	497.0	20.3	93.7	67,479	15,468	23	177
dmu69	2000	13,407	17,206	1,006.6	37.6	159.9	124,554	30,485	46	349
dmu70	2000	12,909	11,858	695.2	41.5	140.3	118,652	22,202	34	254
dmu71	2000	11,457	12,324	738.1	13.0	141.0	127,141	22,584	34	258
dmu72	2000	11,737	11,848	692.4	28.9	137.2	109,209	21,734	33	249
dmu73	2000	10,800	11,848	671.5	19.2	135.0	109,209	20,904	32	239
dmu74	2000	11,181	11,848	714.3	21.4	120.8	109,209	21,684	33	248
dmu75	2000	11,455	11,848	688.8	15.3	116.8	109,209	20,782	31	238
dmu76	2000	11,874	11,848	690.8	16.3	113.8	109,209	20,783	31	238
dmu77	2000	12,433	11,804	698.4	24.1	135.5	108,767	21,722	33	249
dmu78	2000	13,433	11,804	652.8	21.8	147.6	108,767	20,814	32	238
dmu79	2000	11,986	11,848	709.0	14.8	130.3	109,209	21,624	33	247
dmu80	2000	11,989	12,038	666.4	38.5	132.5	109,209	21,201	32	243
dmu81	2000	11,859	16,712	1,000.7	28.5	136.5	108,767	29,512	45	338
dmu82	2000	12,183	11,897	699.4	18.6	108.1	109,209	20,913	32	239
dmu83	2000	10,847	12,240	724.8	14.2	114.0	96,939	21,595	33	247
dmu84	2000	10,948	11,284	649.1	11.9	105.7	90,394	19,409	29	222
dmu85	2000	9,373	6,831	376.3	43.0	106.0	99,324	13,298	20	152
dmu86	2000	11,642	11,624	653.5	34.7	123.9	90,394	20,559	31	235
dmu87	2000	8,370	6,501	376.1	11.3	129.2	80,950	13,079	20	150
dmu88	2000	9,210	6,661	364.5	11.6	96.5	68,536	11,964	18	137
dmu89	2000	9,450	15,905	864.5	9.9	127.6	60,692	25,366	38	290
dmu90	2000	10,679	12,069	715.3	37.3	109.8	79,007	21,834	33	250
dmu91	2000	10,461	22,748	625.8	22.0	126.5	78,643	19,602	30	224
dmu92	2000	9,464	13,544	389.9	20.7	86.8	84,790	12,593	19	144

2000TEU급 선박그룹의 효율성 분석에 앞서서 각 변수들의 기초 통계량을 산정해 보았다(표 3-8 참조).

[표 3-8] 2000TEU급 선박그룹의 기초 통계량

DMU 수	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
42	14,589	18,199	1,037	51	220	168,418	33,064	50	378

주 : 각 변수별 수치는 평균치임

효율성 분석 결과, 2000TEU급 선박그룹에 해당되는 노선은 미주노선과 구주노선인 것으로 나타났으며, 이 두 노선은 효율성에서 극명한 차이를 보이고 있다. 즉, 구주노선이 상대적으로 매우 비효율적인 것으로 나타났는데, 이는 구주노선이 미주노선에 비해 더 많은 기항지를 보유하고 있어서 투입물이 많은 반면, 그에 상응하는 물량이 부족하기 때문인 것으로 판단

할 수 있다.

[표 3-9] 2000TEU급 선박그룹의 효율성 분석 결과

효율성 값	DMU 수	비중	노선	효율성 평균	기항지 평균
1	7	17%	미주	1.0000	6.0
0.9이상 1미만	10	23%	미주	0.9460	6.6
0.8이상 0.9미만	7	17%	미주	0.8625	7.3
0.8미만	18	43%	구주	0.6007	16.1

효율성의 원인을 분석하기 위하여 각 효율성 구간별 변수들의 평균값을 계산해 보았다. 또한, 각 효율성 구간에 포함되는 집단간의 차이를 검증하기 위하여 분산분석을 실시하였다. 분석 결과, 모든 변수들이 유의한 차이를 나타냈다. 이는 기항지 수가 증가함에 따라 모든 투입물과 산출물들도 함께 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 기항지 수가 많을수록 물량은 많아지나 투입되는 시간이나 비용들은 더 많기 때문에 효율성이 낮아지는 것으로 판단할 수 있다.

[표 3-10] 2000TEU급 선박그룹의 효율성 구간별 평균 비교

	총 수송량 U1*	수송거리 U2*	운항시간 V1*	대기시간 V2*	작업시간 V3*	항만비용 V4*	자본비용 V5*	선원수 V6*	연료량 V7*
효율성 1	10,342	13,444	615	19	109	81,610	18,812	29	215
0.9이상 1미만	11,287	10,867	631	21	126	103,991	19,684	30	225
0.8이상 0.9미만	11,983	13,337	778	31	137	112,687	23,960	36	274
0.8미만	19,089	26,012	1,527	87	348	259,643	49,580	75	567

* ANOVA test 결과(유의수준 ≤ 0.05), 효율성 그룹간 평균의 차이가 있는 항목

3) 3000TEU급 선박들의 효율성 분석

3000TEU급 선박그룹에 속한 DMU는 총 85개이며, 분석에 사용된 변수들의 현황은 다음 [표 3-11]과 같다.

[표 3-11] 3000TEU급 선박그룹 데이터 현황

DMU	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmu93	3000	26,478	29,271	1,725.5	68.3	440.1	305,759	61,125	86	707
dmu94	3000	19,877	29,064	1,635.9	68.4	413.6	305,759	57,951	81	670
dmu95	3000	22,235	29,064	1,656.8	85.0	445.7	305,759	59,854	84	692
dmu96	3000	20,916	28,272	1,702.2	57.4	414.7	297,283	59,492	83	688
dmu97	3000	21,335	28,272	1,732.2	98.9	341.3	297,283	59,441	83	687
dmu98	3000	22,132	29,082	1,632.0	60.1	387.7	297,972	56,906	80	658
dmu99	3000	25,289	28,853	1,648.1	67.6	437.6	297,972	58,918	83	681
dmu100	3000	23,288	29,038	1,734.5	75.4	416.3	301,055	60,914	85	705
dmu101	3000	24,635	28,960	1,659.8	82.3	449.3	292,605	59,960	84	693
dmu102	3000	23,851	28,235	1,645.4	47.8	429.3	303,930	58,076	81	672
dmu103	3000	19,913	28,557	1,604.1	110.9	359.2	284,818	56,754	80	656
dmu104	3000	20,721	28,456	1,820.8	57.2	359.9	294,629	61,233	86	708
dmu105	3000	20,406	32,212	1,867.0	54.0	633.0	275,131	69,882	98	808
dmu106	3000	20,329	25,718	1,308.4	90.2	376.8	287,531	48,578	68	562
dmu107	3000	21,383	24,785	1,386.0	113.1	386.9	243,734	51,604	72	597
dmu108	3000	15,988	17,070	1,084.9	54.7	254.2	216,067	38,138	53	441
dmu109	3000	18,573	21,405	1,250.2	73.8	360.4	237,269	46,089	65	533
dmu110	3000	13,952	23,568	1,160.8	23.3	139.1	190,925	44,908	65	527
dmu111	3000	13,963	23,526	1,223.8	36.4	163.8	190,925	48,331	70	568
dmu112	3000	16,291	23,316	1,187.8	17.8	158.4	161,474	46,294	67	544
dmu113	3000	14,362	23,316	1,162.8	19.1	164.3	161,474	45,688	66	537
dmu114	3000	15,203	23,316	1,147.3	31.0	139.8	161,474	44,734	65	525
dmu115	3000	14,012	23,316	1,168.6	41.5	148.9	161,474	46,124	67	542
dmu116	3000	14,543	23,316	1,179.2	30.5	150.9	161,474	46,179	67	542
dmu117	3000	15,046	23,316	1,144.5	41.3	156.4	161,474	45,553	66	535
dmu118	3000	14,776	23,316	1,169.6	17.2	154.1	161,474	45,511	66	534
dmu119	3000	15,094	23,316	1,161.3	27.9	167.5	161,474	46,045	67	541
dmu120	3000	15,928	23,316	1,152.4	23.4	156.9	161,474	45,231	66	531
dmu121	3000	14,498	23,316	1,180.4	17.6	142.3	161,474	45,489	66	534
dmu122	3000	14,938	23,316	1,166.8	28.0	145.5	161,474	45,490	66	534
dmu123	3000	14,641	23,316	1,215.2	18.8	148.7	161,474	46,928	68	551
dmu124	3000	14,009	23,239	1,177.5	20.7	142.0	161,474	45,486	66	534
dmu125	3000	12,998	23,239	1,178.2	24.4	141.4	161,474	45,614	66	536
dmu126	3000	12,490	23,239	1,182.9	16.2	133.0	161,474	45,211	66	531
dmu127	3000	14,272	23,239	1,177.6	32.9	133.1	161,474	45,600	66	536
dmu128	3000	13,847	23,239	1,138.6	54.4	152.1	161,474	45,652	66	536
dmu129	3000	15,140	23,239	1,170.3	21.3	175.6	161,474	46,400	67	545
dmu130	3000	15,133	23,317	1,171.9	28.0	146.8	161,474	45,708	66	537
dmu131	3000	14,116	23,240	1,179.2	31.5	145.5	161,474	46,029	67	541
dmu132	3000	16,848	23,240	1,137.7	34.3	149.1	161,474	44,839	65	527
dmu133	3000	14,953	23,316	1,205.9	18.5	132.8	161,474	46,062	67	541
dmu134	3000	13,957	23,239	1,247.2	18.2	149.4	161,474	48,016	70	564
dmu135	3000	9,802	22,361	1,175.9	20.0	111.1	182,463	44,359	64	521
dmu136	3000	12,881	23,022	1,230.5	17.1	132.6	157,581	46,843	68	550
dmu137	3000	12,723	23,268	1,197.0	20.7	148.9	161,474	46,380	67	545
dmu138	3000	13,377	22,183	1,138.4	41.4	159.5	163,104	45,455	66	534
dmu139	3000	13,436	21,931	1,124.3	46.9	139.0	133,652	44,468	65	522
dmu140	3000	15,165	21,896	1,123.3	19.2	204.6	133,652	45,719	66	537
dmu141	3000	14,204	21,507	1,131.5	57.0	130.6	133,652	44,768	65	526
dmu142	3000	13,597	23,212	1,163.7	14.0	146.5	143,149	44,941	65	528
dmu143	3000	13,620	23,212	1,194.6	29.0	128.6	143,149	45,891	67	539
dmu144	3000	11,137	22,735	1,226.7	13.1	128.9	128,129	46,453	67	546
dmu145	3000	11,619	23,196	1,239.6	26.7	173.8	129,407	48,877	71	574
dmu146	3000	14,101	22,217	1,114.6	38.4	123.3	128,129	43,318	63	509

DMU	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmu147	3000	9,300	18,547	1,160.2	13.0	118.5	114,957	43,839	64	515
dmu148	3000	13,112	21,658	1,078.8	40.6	141.6	120,944	42,799	62	503
dmu149	3000	10,766	21,792	1,095.4	12.8	158.0	115,327	42,974	62	505
dmu150	3000	12,227	22,872	1,149.8	13.6	111.4	109,804	43,266	63	508
dmu151	3000	4,866	2,589	140.1	7.6	44.4	87,047	6,521	9	77
dmu152	3000	5,627	2,589	131.3	7.8	42.0	87,047	6,145	9	72
dmu153	3000	5,217	2,374	106.8	5.7	32.6	53,702	4,923	7	58
dmu154	3000	13,364	11,678	541.6	48.5	135.2	107,831	24,615	36	289
dmu155	3000	5,461	11,715	547.0	28.4	89.5	388,659	22,566	33	265
dmu156	3000	5,181	3,767	181.2	31.0	53.4	94,812	9,015	13	106
dmu157	3000	7,324	17,960	962.9	29.4	94.3	108,828	36,878	54	433
dmu158	3000	29,340	33,740	1,721.6	31.0	291.5	372,921	69,376	101	815
dmu159	3000	31,474	33,740	1,703.6	28.6	279.8	372,921	68,285	99	802
dmu160	3000	26,393	33,736	1,683.6	52.3	255.2	359,435	67,578	98	794
dmu161	3000	28,744	33,734	1,695.5	77.1	242.8	359,435	68,400	99	803
dmu162	3000	14,754	18,723	944.7	21.5	152.4	249,970	37,966	55	446
dmu163	3000	14,228	24,498	660.0	55.0	146.1	186,177	29,226	42	343
dmu164	3000	15,319	24,498	641.3	28.3	175.5	186,177	28,683	42	337
dmu165	3000	13,814	30,762	799.9	26.9	158.0	186,177	33,423	49	393
dmu166	3000	14,160	24,700	682.7	28.6	148.0	173,933	29,163	42	342
dmu167	3000	12,216	25,060	654.3	26.1	129.8	173,933	27,498	40	323
dmu168	3000	15,517	24,301	650.3	52.3	155.0	173,933	29,108	42	342
dmu169	3000	16,003	24,301	608.9	27.1	166.6	173,469	27,239	40	320
dmu170	3000	16,668	14,032	717.2	30.9	166.0	146,726	31,025	45	364
dmu171	3000	17,597	14,032	699.7	10.5	164.1	146,726	29,675	43	348
dmu172	3000	14,256	13,247	715.4	27.6	142.0	137,457	30,037	44	353
dmu173	3000	14,705	13,244	684.7	10.3	152.0	137,457	28,747	42	338
dmu174	3000	16,051	13,244	645.4	9.8	163.6	137,457	27,789	40	326
dmu175	3000	14,809	12,440	621.8	24.2	148.1	137,457	26,950	39	316
dmu176	3000	10,293	11,893	692.3	6.4	106.4	79,509	27,325	40	321
dmu177	3000	5,868	2,445	127.2	4.5	98.3	62,507	7,807	11	92

3000TEU급 선박그룹의 효율성 분석에 앞서서 각 변수들의 기초 통계량을 산정해 보았다(표 3-12 참조).

[표 3-12] 3000TEU급 선박그룹의 기초 통계량

DMU 수	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
85	15,561	22,160	1,117	36	198	188,477	43,157	62	505

주 : 각 변수별 수치는 평균치임

효율성 분석 결과, 3000TEU급 선박그룹에 해당되는 노선은 미주노선과 구주노선, 펜덜럼서비스인 것으로 나타났으며, 전반적으로 미주노선과 펜덜럼서비스가 효율성이 높고, 구주노선이 효율성이 낮은 것으로 분석되었다.

이는 2000TEU급 선박그룹의 효율성 분석결과와 비슷한 경향을 보이고 있다는 것을 알 수 있다.

[표 3-13] 3000TEU급 선박그룹의 효율성 분석 결과

효율성 값	DMU 수	비중	노선	기항지 수 평균
1	18	21%	미주 16, 펜달럽 2	7.9
0.9이상 1미만	27	32%	미주 23, 구주 1, 펜달럽 3	8.4
0.8이상 0.9미만	19	22%	미주 18, 구주 1	8.0
0.8미만	21	25%	미주 3, 구주 18	15.0

[표 3-14] 3000TEU급 선박그룹의 노선별 평균 비교

	노선	총 수송량	수송 거리	운항 시간	대기 시간	작업 시간	항만 비용	자본 비용	선원수	연료량	효율성 평균	기항지 평균	DMU 수	백분율 *
효율성 1	미주	12,702	17,212	716	22	133	128,222	29,525	43	347	1.0000	7.3	16	27%
	펜달럽	30,109	33,737	1,700	53	261	366,178	68,342	99	803	1.0000	14.5	2	40%
0.9이상 1미만	미주	14,493	22,304	1,055	28	147	156,406	41,737	61	490	0.9489	8.1	23	38%
	구주	7,324	17,960	963	29	94	108,828	36,878	54	433	0.9988	4.0	1	5%
	펜달럽	23,495	28,733	1,450	35	233	327,442	58,307	85	685	0.9331	12.3	3	60%
0.8이상 0.9미만	미주	13,215	21,862	1,125	25	144	154,393	43,928	64	516	0.8677	7.7	18	30%
	구주	21,383	24,785	1,386	113	387	243,734	51,604	72	597	0.8018	14.0	1	5%
0.8미만	미주	9,121	12,386	639	25	102	125,076	25,988	38	305	0.7768	6.0	2	5%
	구주	20,299	26,487	1,527	68	376	287,800	54,678	77	633	0.7270	15.9	18	90%

* 각 노선별 백분율(비중)

효율성의 원인을 분석하기 위하여 각 효율성 구간별 변수들의 평균값을 계산해 보았다. 또한, 각 효율성 구간에 포함되는 집단간의 차이를 검증하기 위하여 분산분석을 실시하였다. 분석 결과, 총 수송량과 수송거리를 제외한 모든 변수들이 유의한 차이를 나타냈다. 이는 전반적으로 볼 때, 기항지 수가 증가할수록 투입물이 같이 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

또한, 효율성이 0.8미만인 집단은 효율성이 1인 집단에 비해서 총 수송량이 30%정도 증가하고 있지만, 운항시간, 대기시간 등 투입물은 거의 두 배 가량 증가하고 있음을 알 수 있다.

[표 3-15] 3000TEU급 선박그룹의 효율성 구간별 평균 비교

	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1*	대기시간 V2*	작업시간 V3*	항만비용 V4*	자본비용 V5*	선원수 V6*	연료량 V7*
효율성 1	14,139	18,244	791	25	142	151,511	32,532	47	382
0.9이상 1미만	15,228	22,858	1,095	29	155	173,648	43,398	63	510
0.8이상 0.9미만	13,645	22,016	1,138	30	157	159,096	44,332	64	520
0.8미만	19,182	25,077	1,438	63	349	271,528	51,809	73	600

* ANOVA test 결과(유의수준 ≤ 0.05), 효율성 그룹간 평균의 차이가 있는 항목

4) 4000TEU급 선박들의 효율성 분석

4000TEU급 선박그룹에 속한 DMU는 총 68개이며, 분석에 사용된 변수들의 현황은 다음 [표 3-16]과 같다.

[표 3-16] 4000TEU급 선박그룹 데이터 현황

DMU	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmu178	4000	7,105	4,685	237.2	28.9	66.9	101,983	12,135	16	139
dmu179	4000	9,500	19,875	941.6	25.1	121.8	159,575	39,667	54	456
dmu180	4000	6,490	11,744	564.3	16.2	67.6	118,881	23,617	32	271
dmu181	4000	16,666	24,968	662.3	30.5	172.2	209,237	31,524	43	362
dmu182	4000	17,991	24,968	617.6	30.9	180.1	209,237	30,196	41	347
dmu183	4000	16,067	24,968	648.0	31.4	192.2	209,237	31,762	43	365
dmu184	4000	16,803	24,968	605.6	29.6	207.9	209,237	30,726	42	353
dmu185	4000	19,026	24,968	616.7	31.8	202.8	209,237	31,022	42	356
dmu186	4000	15,365	24,968	614.6	29.2	180.7	209,237	30,048	41	345
dmu187	4000	16,145	24,968	663.5	31.7	186.0	209,237	32,112	43	369
dmu188	4000	15,637	25,108	622.3	31.2	171.4	208,248	30,061	41	345
dmu189	4000	16,809	25,108	642.3	31.3	175.1	208,248	30,928	42	355
dmu190	4000	14,818	25,108	648.5	34.0	146.8	208,248	30,223	41	347
dmu191	4000	16,158	25,108	594.4	31.9	197.9	208,248	30,036	41	345
dmu192	4000	15,844	24,922	620.1	35.4	159.5	208,248	29,700	40	341
dmu193	4000	16,117	25,108	715.6	47.3	177.0	208,248	34,252	46	393
dmu194	4000	15,132	25,108	739.6	31.0	164.6	208,248	34,082	46	391
dmu195	4000	16,082	24,922	617.2	43.6	207.1	208,248	31,630	43	363
dmu196	4000	15,391	25,108	617.3	31.3	178.4	208,248	30,138	41	346
dmu197	4000	15,639	25,108	642.4	31.0	169.9	208,248	30,731	42	353
dmu198	4000	16,504	24,968	624.0	28.4	176.4	209,237	30,202	41	347
dmu199	4000	14,707	24,922	660.2	31.2	166.2	208,248	31,254	42	359
dmu200	4000	17,370	25,263	598.2	29.7	192.2	209,237	29,887	40	343
dmu201	4000	15,255	24,498	639.4	26.8	161.2	186,446	30,153	41	346
dmu202	4000	14,373	24,498	655.8	40.9	151.5	186,446	30,911	42	355
dmu203	4000	17,349	24,358	599.0	27.5	169.6	187,435	29,010	39	333
dmu204	4000	19,943	24,358	584.8	25.7	197.6	187,435	29,448	40	338
dmu205	4000	14,193	24,230	606.5	30.1	152.3	199,251	28,748	39	330
dmu206	4000	12,198	25,687	790.1	30.2	126.5	195,791	34,504	47	396

DMU	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmu207	4000	15,967	24,911	619.7	29.4	160.7	196,780	29,510	40	339
dmu208	4000	14,072	24,923	632.8	28.4	157.9	183,469	29,852	40	343
dmu209	4000	13,304	24,637	679.1	26.1	149.7	186,446	31,156	42	358
dmu210	4000	14,192	25,731	723.9	29.2	177.5	183,469	33,914	46	390
dmu211	4000	18,030	24,358	602.6	54.3	181.5	187,435	30,552	41	351
dmu212	4000	13,973	25,114	615.9	30.0	179.2	195,791	30,069	41	345
dmu213	4000	13,111	23,999	602.4	52.5	249.4	174,472	32,953	45	378
dmu214	4000	13,895	24,606	611.2	23.2	150.3	140,186	28,596	39	328
dmu215	4000	31,314	35,207	1,680.8	30.8	309.5	363,706	75,708	100	863
dmu216	4000	33,256	35,207	1,635.1	48.8	345.8	363,706	76,029	100	867
dmu217	4000	31,713	35,207	1,651.1	43.2	300.0	363,706	74,704	98	852
dmu218	4000	32,989	35,207	1,683.0	36.9	287.6	363,706	75,199	99	857
dmu219	4000	32,293	35,207	1,670.5	44.8	301.3	363,706	75,539	99	861
dmu220	4000	34,128	35,207	1,657.7	51.7	307.6	363,706	75,553	99	861
dmu221	4000	33,570	35,207	1,667.9	54.5	293.6	363,706	75,518	99	861
dmu222	4000	34,293	35,207	1,682.0	30.3	303.6	363,706	75,513	99	861
dmu223	4000	31,844	35,207	1,688.2	52.4	275.8	363,706	75,533	99	861
dmu224	4000	32,968	35,207	1,686.9	30.8	297.6	363,706	75,492	99	861
dmu225	4000	32,347	35,207	1,668.3	55.7	288.3	363,706	75,377	99	859
dmu226	4000	31,826	35,207	1,672.0	38.4	307.5	363,706	75,590	100	862
dmu227	4000	33,567	35,207	1,669.4	39.5	307.8	363,706	75,545	99	861
dmu228	4000	33,507	35,207	1,672.2	31.8	310.0	363,706	75,443	99	860
dmu229	4000	32,572	35,207	1,656.4	52.3	303.7	363,706	75,382	99	860
dmu230	4000	32,050	35,207	1,679.5	47.3	281.8	363,706	75,239	99	858
dmu231	4000	32,660	35,207	1,708.9	35.4	292.8	363,706	76,307	100	870
dmu232	4000	30,819	33,760	1,694.4	35.9	283.8	356,438	75,447	99	860
dmu233	4000	28,373	33,734	1,721.5	28.6	264.7	349,251	75,472	99	861
dmu234	4000	28,946	33,734	1,683.8	28.5	300.4	349,251	75,392	99	860
dmu235	4000	29,812	33,734	1,725.6	30.6	263.7	349,251	75,662	100	863
dmu236	4000	28,053	33,734	1,737.4	26.7	254.3	349,251	75,607	100	862
dmu237	4000	29,283	34,268	1,710.8	43.3	260.1	337,206	75,452	99	860
dmu238	4000	31,050	34,268	1,648.0	33.8	312.5	337,206	74,705	98	852
dmu239	4000	31,768	33,681	1,625.1	27.9	311.8	318,299	73,600	97	839
dmu240	4000	33,069	35,131	1,691.7	29.3	289.6	342,686	75,317	99	859
dmu241	4000	33,203	33,797	1,651.1	52.9	298.3	337,206	75,006	99	855
dmu242	4000	32,098	27,068	1,340.7	25.1	261.1	291,799	60,944	80	695
dmu243	4000	31,970	27,068	1,319.3	35.9	267.2	291,799	60,773	80	693
dmu244	4000	29,608	26,969	1,297.5	29.8	251.7	265,234	59,147	78	674
dmu245	4000	27,422	33,652	1,753.0	24.9	238.9	313,777	75,548	99	861

4000TEU급 선박그룹의 효율성 분석에 앞서서 각 변수들의 기초 통계량을 산정해 보았다(표 3-17 참조).

[표 3-17] 4000TEU급 선박그룹의 기초 통계량

DMU 수	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
68	22,641	28,470	1,096	35	224	263,482	50,251	67	574

주 : 각 변수별 수치는 평균치임

효율성 분석 결과, 4000TEU급 선박그룹은 미주노선, 구주노선, 펜덜럼서비스로 구분이 되나, 전반적으로 미주노선과 펜덜럼서비스가 대부분을 차지하고 있으며, 대부분의 DMU들이 0.9이상 효율성을 나타내고 있다.

[표 3-18] 4000TEU급 선박그룹의 효율성 분석 결과

효율성 값	DMU 수	비중	노선	기항지 수 평균
1	14	21%	미주 9, 펜덜럼 5	11.8
0.9이상 1미만	49	72%	미주 24, 구주 2, 펜덜럼 23	12.8
0.9미만	5	7%	미주 1, 구주 1, 펜덜럼 3	12.0

[표 3-19] 4000TEU급 선박그룹의 노선별 평균 비교

	노선	총 수송량	수송거리	운항시간	대기시간	작업시간	항만비용	자본비용	선원수	연료량	효율성 평균	기항지 평균	DMU 수	백분율 *
효율성 1	미주	15,949	24,925	630	30	167	193,512	30,101	41	346	1.0000	11.1	9	27%
	펜덜럼	30,793	31,300	1,542	27	271	306,359	68,911	91	786	1.0000	13.0	5	16%
0.9이상 1미만	미주	15,683	24,854	639	34	179	201,651	31,044	42	357	0.9586	11.6	24	71%
	구주	6,798	8,215	401	23	67	110,432	17,876	24	205	0.9680	4.5	2	67%
	펜덜럼	31,838	34,432	1,668	40	289	355,445	74,820	99	853	0.9569	14.7	23	74%
0.9미만	미주	14,192	25,731	724	29	178	183,469	33,914	46	390	0.8839	11.0	1	2%
	구주	9,500	19,875	942	25	122	159,575	39,667	54	456	0.8687	5.0	1	33%
	펜덜럼	32,044	34,894	1,652	40	322	354,872	75,441	99	860	0.8815	14.7	3	10%

* 각 노선별 백분율(비중)

효율성의 원인을 분석하기 위하여 각 효율성 구간별 변수들의 평균값을 계산해 보았다. 또한, 각 효율성 구간에 포함되는 집단간의 차이를 검증하기 위하여 분산분석을 실시하였다. 분석 결과, 변수들 중에서 대기시간이 유의한 차이를 나타내고 있다.

[표 3-20] 4000TEU급 선박그룹의 효율성 구간별 평균 비교

	총 수송량	수송거리	운항시간	대기시간	작업시간	항만비용	자본비용	선원수	연료량
	U1	U2	V1	V2*	V3	V4	V5	V6	V7
효율성 1	21,250	27,202	955	29	204	233,814	43,962	59	503
0.9이상 1미만	22,903	28,671	1,112	36	226	270,117	51,055	68	583
0.9미만	23,965	30,058	1,324	35	253	281,532	59,981	80	685

* ANOVA test 결과(유의수준 ≤ 0.05), 효율성 그룹간 평균의 차이가 있는 항목

이는 가장 많은 기항지를 보유하고 있는 펜덜럼서비스가 다른 선박규모에 비해 4000TEU에 집중되어 있기 때문이다. 즉, 펜덜럼서비스는 미주지역과 아시아지역, 구주지역을 모두 포괄하고 있기 때문에 기항지가 많고, 이는 단거리 노선에 비해 스케줄의 정확성이 확보되기 어려울 수 있다. 결국 항만내에 진입하였을 때 체선시간이 증가하는 결과를 초래할 수 있다.

5) 5000TEU급 선박들의 효율성 분석

5000TEU급 선박그룹에 속한 DMU는 총 94개이며, 분석에 사용된 변수들의 현황은 다음 [표 3-21]과 같다.

[표 3-21] 5000TEU급 선박그룹 데이터 현황

DMU	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmu246	5000	21,079	22,311	1,051.1	62.0	242.8	366,793	56,803	67	635
dmu247	5000	16,471	22,159	1,075.6	38.1	234.8	321,007	56,491	66	632
dmu248	5000	18,714	22,159	1,100.6	33.7	216.6	321,007	56,593	67	633
dmu249	5000	20,063	22,159	1,046.8	42.4	215.5	321,007	54,659	64	611
dmu250	5000	19,653	22,153	1,101.5	27.1	229.7	306,782	56,902	67	636
dmu251	5000	18,647	20,725	1,017.5	35.2	197.7	311,770	52,381	62	586
dmu252	5000	13,616	18,234	910.9	25.8	165.3	255,232	46,166	54	516
dmu253	5000	12,308	17,357	874.3	19.3	161.2	220,348	44,187	52	494
dmu254	5000	12,282	17,357	825.9	40.8	174.2	220,348	43,606	51	488
dmu255	5000	11,982	18,709	957.8	18.1	142.8	220,348	46,864	55	524
dmu256	5000	18,683	14,182	673.3	35.5	180.1	194,364	37,239	44	417
dmu257	5000	19,049	13,662	660.6	13.1	158.3	185,091	34,854	41	390
dmu258	5000	18,520	13,662	644.1	54.9	180.7	185,091	36,853	43	412
dmu259	5000	18,804	13,662	610.9	27.8	172.0	185,091	33,961	40	380
dmu260	5000	19,502	13,662	636.5	40.3	167.9	185,091	35,388	42	396
dmu261	5000	19,896	13,662	643.3	22.3	192.6	185,091	35,952	42	402
dmu262	5000	20,135	13,662	659.1	26.7	159.4	185,091	35,409	42	396
dmu263	5000	19,858	13,662	659.9	15.5	164.5	185,091	35,187	41	394
dmu264	5000	19,489	13,662	613.2	60.3	171.5	185,091	35,398	42	396
dmu265	5000	18,964	13,662	719.0	30.5	164.2	177,745	38,278	45	428
dmu266	5000	19,591	13,247	660.9	11.3	161.4	166,285	34,921	41	391
dmu267	5000	17,392	13,168	626.4	73.6	152.5	161,126	35,713	42	399
dmu268	5000	19,133	13,168	626.5	9.0	158.0	161,126	33,244	39	372
dmu269	5000	18,674	13,168	627.2	32.3	157.6	161,126	34,231	40	383
dmu270	5000	17,241	13,168	657.0	34.8	149.2	161,126	35,231	41	394
dmu271	5000	18,789	12,738	650.9	13.6	176.6	173,631	35,236	41	394
dmu272	5000	19,545	12,738	646.2	28.4	148.7	173,631	34,491	41	386
dmu273	5000	17,886	13,247	723.7	21.6	156.3	158,849	37,769	44	422
dmu274	5000	19,445	13,446	671.0	17.3	177.8	173,631	36,283	43	406

DMU	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmu275	5000	16,951	12,729	642.3	12.5	173.6	154,734	34,705	41	388
dmu276	5000	14,388	13,714	657.7	10.3	118.2	116,292	32,936	39	368
dmu277	5000	15,587	12,986	604.3	6.5	140.3	126,239	31,465	37	352
dmu278	5000	18,818	24,851	1,140.8	93.6	210.4	588,855	60,554	71	677
dmu279	5000	19,741	24,174	1,087.8	30.7	212.9	588,855	55,800	66	624
dmu280	5000	22,418	24,174	1,112.1	32.8	203.3	588,855	56,504	66	632
dmu281	5000	17,160	23,522	1,094.3	38.0	190.6	266,138	55,443	65	620
dmu282	5000	19,618	23,522	1,128.0	36.6	199.0	266,138	57,151	67	639
dmu283	5000	21,549	24,174	1,052.6	45.7	221.2	867,434	56,140	65	629
dmu284	5000	18,909	24,833	1,141.2	88.5	212.5	581,811	61,360	71	687
dmu285	5000	19,090	24,173	1,074.9	88.3	171.3	296,188	56,776	66	636
dmu286	5000	17,601	24,173	1,123.3	33.1	182.3	296,188	56,957	66	638
dmu287	5000	18,349	22,362	1,105.0	33.9	193.0	296,188	56,669	66	635
dmu288	5000	16,928	23,522	1,146.6	19.7	188.5	259,813	57,640	67	646
dmu289	5000	18,806	23,522	1,098.1	22.4	205.8	259,813	56,428	65	632
dmu290	5000	17,271	23,522	1,119.4	42.5	178.1	259,813	57,010	66	639
dmu291	5000	19,758	23,522	1,111.1	50.6	199.5	259,813	57,912	67	649
dmu292	5000	22,070	22,159	1,076.9	57.1	228.9	315,750	57,985	67	649
dmu293	5000	19,853	22,159	1,092.0	31.2	209.9	315,750	56,717	66	635
dmu294	5000	19,507	22,159	1,059.4	52.6	231.6	315,750	57,166	66	640
dmu295	5000	20,122	22,134	1,021.8	51.3	230.3	315,750	55,456	64	621
dmu296	5000	15,311	22,935	1,154.5	74.1	191.9	577,140	61,530	70	689
dmu297	5000	19,004	23,968	1,151.7	15.5	180.3	271,453	58,369	66	653
dmu298	5000	22,038	22,159	1,080.4	57.3	227.5	311,443	59,136	67	663
dmu299	5000	19,410	22,159	1,099.0	45.8	202.0	311,443	58,339	66	654
dmu300	5000	20,260	22,159	1,089.5	45.2	222.4	311,443	58,784	67	659
dmu301	5000	19,241	22,159	1,039.0	80.7	220.3	311,443	58,042	66	651
dmu302	5000	21,067	22,159	1,084.7	47.6	208.5	311,443	58,077	66	652
dmu303	5000	18,378	22,159	1,070.9	60.9	218.2	311,443	58,478	67	656
dmu304	5000	18,198	21,786	1,238.8	49.7	197.3	311,443	64,360	73	722
dmu305	5000	14,782	22,153	1,110.5	28.3	189.3	297,172	57,527	65	645
dmu306	5000	20,185	22,153	1,081.7	25.6	217.7	297,172	57,393	65	644
dmu307	5000	16,211	20,461	1,120.0	31.6	165.9	264,709	57,068	65	640
dmu308	5000	11,343	17,357	877.5	20.6	151.2	213,332	45,450	52	510
dmu309	5000	7,769	10,289	521.8	43.1	109.1	156,566	29,197	33	328
dmu310	5000	25,285	29,154	1,456.9	24.3	215.6	331,341	73,500	84	825
dmu311	5000	17,845	13,662	655.9	20.6	163.5	176,313	36,387	41	408
dmu312	5000	19,210	13,662	649.4	30.0	157.5	176,313	36,249	41	407
dmu313	5000	19,564	13,662	601.2	39.5	193.8	176,313	36,147	41	405
dmu314	5000	18,696	13,662	631.7	19.2	194.8	176,313	36,633	42	411
dmu315	5000	18,746	13,168	708.9	23.6	144.4	152,971	37,984	43	426
dmu316	5000	18,601	12,738	621.8	32.3	182.3	164,942	36,230	41	406
dmu317	5000	19,290	13,587	659.4	12.0	158.1	167,300	35,929	41	403
dmu318	5000	19,202	13,587	649.0	34.3	160.9	167,300	36,569	42	410
dmu319	5000	19,421	14,201	640.2	10.4	186.6	152,971	36,262	41	407
dmu320	5000	18,938	14,504	933.4	77.0	166.0	152,971	50,959	58	572
dmu321	5000	17,924	13,617	680.3	12.6	138.9	145,714	36,031	41	404
dmu322	5000	17,617	13,802	616.2	36.8	149.4	209,251	35,235	40	396
dmu323	5000	15,224	13,331	630.6	20.8	136.3	172,000	34,588	39	389
dmu324	5000	21,803	22,311	1,104.7	29.8	218.6	364,959	59,416	67	667
dmu325	5000	20,223	22,228	1,101.9	55.7	220.0	355,499	60,491	68	680
dmu326	5000	21,859	22,159	1,038.8	74.2	233.5	318,871	59,126	66	664
dmu327	5000	20,171	22,159	1,064.5	59.2	261.1	318,871	60,809	68	683
dmu328	5000	19,572	22,159	1,117.7	35.6	212.6	318,871	59,978	67	674
dmu329	5000	20,679	22,159	1,067.5	33.4	224.7	318,871	58,209	65	654
dmu330	5000	21,176	22,159	1,068.2	41.0	237.1	318,871	59,116	66	664

DMU	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmu331	5000	19,139	22,159	1,088.2	34.4	204.3	318,871	58,263	65	654
dmu332	5000	17,812	22,159	1,066.5	35.8	206.5	318,871	57,471	65	646
dmu333	5000	19,764	21,446	1,073.0	47.7	222.9	318,871	58,998	66	663
dmu334	5000	20,008	22,116	1,049.2	110.7	212.4	318,871	60,257	68	677
dmu335	5000	18,739	22,135	1,097.0	31.3	209.0	304,260	58,722	66	660
dmu336	5000	16,494	21,282	1,023.5	24.4	182.0	283,757	54,007	61	607
dmu337	5000	12,903	17,357	896.2	18.7	151.9	218,420	46,842	53	526
dmu338	5000	13,441	18,899	883.9	19.7	174.3	218,420	47,330	53	532
dmu339	5000	7,005	3,260	163.7	27.0	61.2	100,451	11,061	12	124

5000TEU급 선박그룹의 효율성 분석에 앞서서 각 변수들의 기초 통계량을 산정해 보았다(표 3-22 참조).

[표 3-22] 5000TEU급 선박그룹의 기초 통계량

DMU 수	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
94	18,292	18,587	902	37	186	266,377	48,187	55	540

주 : 각 변수별 수치는 평균치임

효율성 분석 결과, 5000TEU급 선박그룹은 미주노선과 구주노선, 펜덜럼 서비스로 구분이 되나, 미주노선과 구주노선이 거의 대부분을 차지하고 있다. 효율적인 집단과 비효율적인 집단이 비슷한 분포를 보이거나 미주노선보다는 구주노선이 다소 더 비효율적인 것으로 분석되었다. 즉, [표 3-24]에서 알 수 있는 바와 같이 구주노선은 65%의 DMU들이 효율성이 낮게 분포되어 있으며, 이들은 물량은 적은 반면, 항만비용을 제외한 모든 투입변수들 값이 상대적으로 높기 때문인 것을 알 수 있다.

[표 3-23] 5000TEU급 선박그룹의 효율성 분석 결과

효율성 값	DMU 수	비중	노선	기항지 수 평균
1	38	40%	미주 17, 구주 20, 펜덜럼 1	9.4
0.85이상 1미만	56	60%	미주 18, 구주 38	10.6

[표 3-24] 5000TEU급 선박그룹의 노선별 평균 비교

	노선	총 수송량	수송 거리	운항 시간	대기 시간	작업 시간	항만 비용	자본 비용	선원수	연료량	효율성 평균	기항지 평균	DMU 수	백분율 *
효율성 1	미주	18,366	13,571	658	27	156	165,039	36,050	42	404	1.0000	7.9	17	49%
	구주	18,184	21,638	1,023	39	192	336,015	54,058	62	606	1.0000	10.6	20	35%
	팬덜럼	25,285	29,154	1,457	24	216	331,341	73,500	84	825	1.0000	10.0	1	100%
0.85이상 1미만	미주	18,644	13,396	656	28	170	173,647	35,949	42	402	0.9600	8.6	18	51%
	구주	17,966	21,406	1,050	45	204	317,276	55,658	64	624	0.9555	11.6	38	65%

* 각 노선별 백분율(비중)

효율성의 원인을 분석하기 위하여 각 효율성 구간별 변수들의 평균값을 계산해 보았다. 또한, 각 효율성 구간에 포함되는 집단간의 차이를 검증하기 위하여 T-test를 실시하였다. 분석 결과, 모든 변수들 중에서 작업시간이 유의한 차이를 나타냈다. 이는 상대적으로 전체 효율성에 영향을 많이 미치는 구주노선이 생산성이 낮은 항만에 기항하기 때문인 것으로 판단된다.

[표 3-25] 5000TEU급 선박그룹의 효율성 구간별 평균 비교

	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3*	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
효율성 1	18,452	18,227	871	33	177	259,403	46,513	53	521
0.85이상 1미만	18,183	18,831	924	40	193	271,109	49,323	57	553

* T-test 결과(유의수준 ≤ 0.05), 효율성 그룹간 평균의 차이가 있는 항목

6) 효율성이 1인 집단의 효율성 분석

각 선박규모별 효율성 분석에서 도출된 효율성 값이 1인 DMU들만 모아서 다시 효율성 분석을 수행하였다. 각 선박규모별 효율성 값이 1인 DMU는 총 94개이며, 미주노선, 구주노선, 팬덜럼서비스, 아시아역내노선 모두를 포함한다. 본 분석을 수행한 이유는, 각 선박규모별 분석에서 효율성이 높게 나타난 DMU들이 선박규모를 막론한 전체에서는 얼마나 효율성을 나타

내는지 알기 위함이다. 또한, 전체적으로 어느 지역의 노선이 효율적이고 비효율적인지 알기 위함이다. 분석에 사용된 변수들의 현황은 다음과 같다.

[표 3-26] 효율성이 1인 집단의 데이터 현황

	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	작업비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
1	1000	5,502	7,698	595.4	43.3	105.3	60,296	10,945	29	106
2	1000	6,599	7,727	529.6	32.3	146.6	62,147	10,676	27	106
3	1000	6,695	7,698	535.0	29.7	127.6	60,296	10,185	27	99
4	1000	6,561	7,698	525.4	34.0	113.6	60,296	9,900	26	96
5	1000	6,120	7,698	504.5	32.3	119.7	62,078	9,892	25	98
6	1000	7,171	7,698	525.7	16.1	137.9	62,078	10,242	26	102
7	1000	5,711	7,698	525.8	47.8	94.1	60,296	9,823	26	95
8	1000	7,042	7,698	495.8	20.0	142.7	62,078	9,922	25	99
9	1000	6,727	7,698	504.5	16.3	139.1	60,296	9,709	25	94
10	1000	8,007	7,698	464.5	33.8	166.5	60,296	9,781	26	95
11	1000	4,755	7,698	490.8	54.6	114.1	60,296	9,703	25	94
12	1000	8,104	7,698	514.6	24.8	135.8	60,296	9,933	26	96
13	1000	6,061	7,698	494.9	13.2	131.2	60,296	9,405	25	91
14	1000	7,301	6,279	413.4	40.4	114.2	56,054	8,356	22	81
15	1000	4,586	5,624	370.9	41.1	77.1	63,373	7,370	19	73
16	1000	3,583	6,276	434.7	14.3	96.0	27,347	8,212	21	82
17	2000	10,847	12,240	724.8	14.2	114.0	96,939	21,595	33	247
18	2000	9,373	6,831	376.3	43.0	106.0	99,324	13,298	20	152
19	2000	9,210	6,661	364.5	11.6	96.5	68,536	11,964	18	137
20	2000	9,450	15,905	864.5	9.9	127.6	60,692	25,366	38	290
21	2000	10,679	12,069	715.3	37.3	109.8	79,007	21,834	33	250
22	2000	10,461	22,748	625.8	22.0	126.5	78,643	19,602	30	224
23	2000	9,464	13,544	389.9	20.7	86.8	84,790	12,593	19	144
24	3000	13,364	11,678	541.6	48.5	135.2	107,831	24,615	36	289
25	3000	7,324	17,960	962.9	29.4	94.3	108,828	36,878	54	433
26	3000	31,474	33,740	1,703.6	28.6	279.8	372,921	68,285	99	802
27	3000	14,228	24,498	660.0	55.0	146.1	186,177	29,226	42	343
28	3000	15,319	24,498	641.3	28.3	175.5	186,177	28,683	42	337
29	3000	14,160	24,700	682.7	28.6	148.0	173,933	29,163	42	342
30	3000	12,216	25,060	654.3	26.1	129.8	173,933	27,498	40	323
31	3000	15,517	24,301	650.3	52.3	155.0	173,933	29,108	42	342
32	3000	16,668	14,032	717.2	30.9	166.0	146,726	31,025	45	364
33	3000	17,597	14,032	699.7	10.5	164.1	146,726	29,675	43	348
34	3000	16,051	13,244	645.4	9.8	163.6	137,457	27,789	40	326
35	3000	10,293	11,893	692.3	6.4	106.4	79,509	27,325	40	321
36	3000	5,868	2,445	127.2	4.5	98.3	62,507	7,807	11	92
37	3000	15,203	23,316	1,147.3	31.0	139.8	161,474	44,734	65	525
38	3000	14,272	23,239	1,177.6	32.9	133.1	161,474	45,600	66	536
39	3000	16,848	23,240	1,137.7	34.3	149.1	161,474	44,839	65	527
40	3000	9,802	22,361	1,175.9	20.0	111.1	182,463	44,359	64	521
41	3000	11,137	22,735	1,226.7	13.1	128.9	128,129	46,453	67	546
42	3000	12,227	22,872	1,149.8	13.6	111.4	109,804	43,266	63	508
43	4000	33,256	35,207	1,635.1	48.8	345.8	363,706	76,029	100	867
44	4000	34,128	35,207	1,657.7	51.7	307.6	363,706	75,553	99	861
45	4000	32,050	35,207	1,679.5	47.3	281.8	363,706	75,239	99	858
46	4000	28,946	33,734	1,683.8	28.5	300.4	349,251	75,392	99	860
47	4000	31,768	33,681	1,625.1	27.9	311.8	318,299	73,600	97	839

	선박규모	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	작업비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
48	4000	32,098	27,068	1,340.7	25.1	261.1	291,799	60,944	80	695
49	4000	29,608	26,969	1,297.5	29.8	251.7	265,234	59,147	78	674
50	4000	27,422	33,652	1,753.0	24.9	238.9	313,777	75,548	99	861
51	4000	16,666	24,968	662.3	30.5	172.2	209,237	31,524	43	362
52	4000	19,026	24,968	616.7	31.8	202.8	209,237	31,022	42	356
53	4000	16,809	25,108	642.3	31.3	175.1	208,248	30,928	42	355
54	4000	15,255	24,498	639.4	26.8	161.2	186,446	30,153	41	346
55	4000	14,373	24,498	655.8	40.9	151.5	186,446	30,911	42	355
56	4000	13,895	24,606	611.2	23.2	150.3	140,186	28,596	39	328
57	5000	21,549	24,174	1,052.6	45.7	221.2	867,434	56,140	65	629
58	5000	19,741	24,174	1,087.8	30.7	212.9	588,855	55,800	66	624
59	5000	22,418	24,174	1,112.1	32.8	203.3	588,855	56,504	66	632
60	5000	19,618	23,522	1,128.0	36.6	199.0	266,138	57,151	67	639
61	5000	18,806	23,522	1,098.1	22.4	205.8	259,813	56,428	65	632
62	5000	17,271	23,522	1,119.4	42.5	178.1	259,813	57,010	66	639
63	5000	21,079	22,311	1,051.1	62.0	242.8	366,793	56,803	67	635
64	5000	16,471	22,159	1,075.6	38.1	234.8	321,007	56,491	66	632
65	5000	20,063	22,159	1,046.8	42.4	215.5	321,007	54,659	64	611
66	5000	19,507	22,159	1,059.4	52.6	231.6	315,750	57,166	66	640
67	5000	18,378	22,159	1,070.9	60.9	218.2	311,443	58,478	67	656
68	5000	21,859	22,159	1,038.8	74.2	233.5	318,871	59,126	66	664
69	5000	21,176	22,159	1,068.2	41.0	237.1	318,871	59,116	66	664
70	5000	17,812	22,159	1,066.5	35.8	206.5	318,871	57,471	65	646
71	5000	14,782	22,153	1,110.5	28.3	189.3	297,172	57,527	65	645
72	5000	20,185	22,153	1,081.7	25.6	217.7	297,172	57,393	65	644
73	5000	18,739	22,135	1,097.0	31.3	209.0	304,260	58,722	66	660
74	5000	12,282	17,357	825.9	40.8	174.2	220,348	43,606	51	488
75	5000	7,005	3,260	163.7	27.0	61.2	100,451	11,061	12	124
76	5000	18,683	14,182	673.3	35.5	180.1	194,364	37,239	44	417
77	5000	18,520	13,662	644.1	54.9	180.7	185,091	36,853	43	412
78	5000	18,804	13,662	610.9	27.8	172.0	185,091	33,961	40	380
79	5000	17,845	13,662	655.9	20.6	163.5	176,313	36,387	41	408
80	5000	19,210	13,662	649.4	30.0	157.5	176,313	36,249	41	407
81	5000	19,489	13,662	613.2	60.3	171.5	185,091	35,398	42	396
82	5000	19,564	13,662	601.2	39.5	193.8	176,313	36,147	41	405
83	5000	18,696	13,662	631.7	19.2	194.8	176,313	36,633	42	411
84	5000	18,964	13,662	719.0	30.5	164.2	177,745	38,278	45	428
85	5000	19,591	13,247	660.9	11.3	161.4	166,285	34,921	41	391
86	5000	19,133	13,168	626.5	9.0	158.0	161,126	33,244	39	372
87	5000	18,746	13,168	708.9	23.6	144.4	152,971	37,984	43	426
88	5000	19,545	12,738	646.2	28.4	148.7	173,631	34,491	41	386
89	5000	19,421	14,201	640.2	10.4	186.6	152,971	36,262	41	407
90	5000	18,938	14,504	933.4	77.0	166.0	152,971	50,959	58	572
91	5000	17,924	13,617	680.3	12.6	138.9	145,714	36,031	41	404
92	5000	14,388	13,714	657.7	10.3	118.2	116,292	32,936	39	368
93	5000	15,587	12,986	604.3	6.5	140.3	126,239	31,465	37	352
94	5000	17,617	13,802	616.2	36.8	149.4	209,251	35,235	40	396

효율성 분석 결과, 전반적으로 미주노선이 효율성이 높고, 구주노선이 효율성이 낮은 것으로 나타났다. 즉, [표 3-27]에서 보는 바와 같이, 미주노선은 전체미주노선의 43%가 효율성 값이 1인 구간에 포함되어 있으며, 구주

노선은 전체 구주노선의 60%가 0.8미만인 구간에 포함되어 있는 것을 알 수 있다.

[표 3-27] 효율성 1인 그룹의 효율성 분석 결과

효율성 값	DMU 수	비중	주요 노선	기항지 수 평균
1	25	27%	미주 21, 구주 1, 아시아역내 3	7.2
0.9이상 1미만	40	43%	미주 26, 구주 2, 아시아역내 6, 펜델럽 6	9.45
0.8이상 0.9미만	16	17%	미주 2, 구주 5, 아시아역내 6, 펜델럽 3	9.75
0.8미만	13	13%	구주 12, 아시아역내 1	12

[표 3-28] 효율성 1인 그룹의 구간별 효율성 비교

	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
효율성 1	13,050	14,069	618	20	134	116,162	26,028	36	295
0.9이상 1미만	16,881	18,774	834	32	169	186,513	36,408	50	415
0.8이상 0.9미만	15,934	18,256	924	36	184	245,819	39,002	53	435
0.8미만	17,526	20,686	1,014	44	209	290,143	52,885	62	592

[표 3-29] 효율성 1인 집단의 노선별 평균 비교

	노선	총 수송량	수송 거리	운항 시간	대기 시간	작업 시간	항만 비용	자본 비용	선원수	연료량	효율성 평균	기항지 평균	DMU 수	백분율 *
효율성 1	미주	14,087	15,562	662	18	137	125,093	29,122	38	333	1.0000	7.2	21	43%
	구주	7,005	3,260	164	27	61	100,451	11,061	12	124	1.0000	5.0	1	5%
	아시아	7,804	7,225	464	33	139	58,882	9,357	24	91	1.0000	7.7	3	19%
0.9이상 1미만	미주	16,215	18,161	726	35	157	171,511	34,263	45	393	0.9628	9.0	26	53%
	구주	14,871	21,067	1,037	31	149	348,842	46,691	60	533	0.9225	7.5	2	10%
	아시아	6,191	7,461	497	19	127	55,399	9,565	25	94	0.9601	7.7	6	38%
0.8이상 0.9미만	펜델럽	31,130	31,974	1,572	35	270	328,524	69,119	93	792	0.9558	13.7	6	67%
	미주	14,765	13,211	699	25	147	145,652	29,417	38	332	0.8918	8.0	2	4%
	구주	19,397	23,783	1,097	36	203	448,411	56,506	66	633	0.8316	10.0	5	25%
0.8미만	아시아	5,744	7,357	493	40	113	61,415	9,608	25	94	0.8645	7.8	6	38%
	펜델럽	31,323	34,207	1,648	35	319	343,752	75,007	99	855	0.8552	14.3	3	33%
	구주	18,528	21,769	1,049	44	218	309,297	56,380	65	632	0.7364	12.3	12	60%
	아시아	5,502	7,698	595	43	105	60,296	10,945	29	106	0.7817	8.0	1	5%

* 각 노선별 백분율(비중)

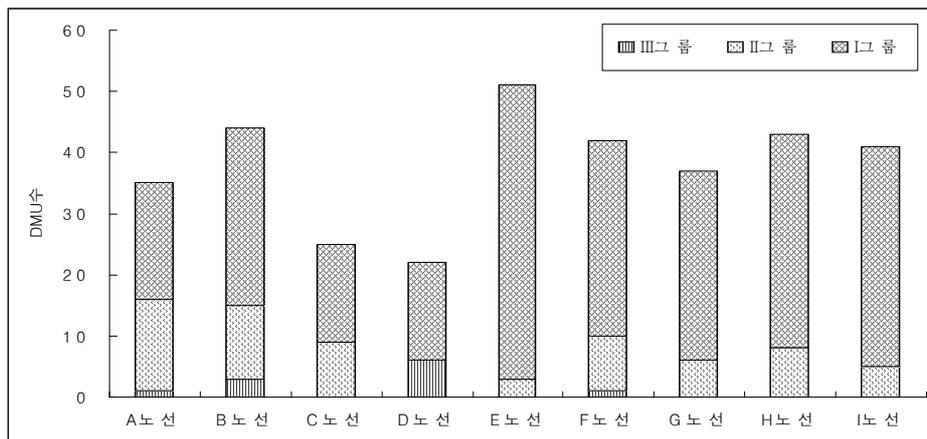
3.3 노선별 효율성 분석

본 절에서는 총 339개의 DMU들을 9개의 노선으로 그룹화하여 효율성을

분석하였다. 먼저, 기항 항만수를 기준으로 9개의 노선을 21개 그룹으로 세분화하여 효율성을 분석하였고, 다음으로 9개의 노선을 다시 미주노선, 구주노선, 팬덜럼서비스, 아시아역내노선으로 구분하여 효율성을 분석하였다.

1) 21개 그룹간 효율성 분석

먼저, 9개로 구성되어 있는 노선을 기항하는 항만수를 기준으로 21개 그룹으로 세분화하여 효율성을 분석하였다. 이는 각각의 노선에 포함되는 *DMU*들이 각 노선마다 기항하는 항만수를 기준으로 했을 때 일반적인 패턴을 보이는 *DMU*들과 그 패턴을 벗어나는 *DMU*들로 구분이 되는 것을 볼 수 있었기 때문이다. 즉, 그 노선에서 기항하는 항만수로 *DMU*들을 분류하였을 때, 가장 많은 항만을 기항하면서 수적으로도 우세한 집단(I그룹)과 그렇지 않은 집단으로 구분할 수 있었다. 또한, 모든 노선에서는 아니지만 패턴을 벗어나는 *DMU*들 중에서도 패턴을 완전히 벗어나는 *DMU*들(III 그룹)과 그렇지 않은 *DMU*들(II그룹)로 구분이 되는 것을 볼 수 있었다.



[그림 3-5] 각 노선별 그룹화 현황

이러한 배경에서 21개 그룹간 효율성을 분석하였고, 효율성 분석에 사용된 변수들의 현황은 다음 [표 3-30]과 같다. 각 DMU들이 포함하고 있는 변수 값은 각 그룹내에 있는 개별 DMU들의 변수값들 각각 모두 더한 값이다.

[표 3-30] 21개 그룹별 데이터 현황

DMU	총 수송량 U1	수송거리 U2	운항시간 V1	대기시간 V2	작업시간 V3	항만비용 V4	자본비용 V5	선원수 V6	연료량 V7
dmuA	429,212	557,660	32,332.5	1,560.1	7,748.4	5,708,387	1,097,629	1,597	12,633
dmuB	276,952	368,782	21,743.0	1,256.2	5,335.7	3,742,266	744,265	1,087	8,563
dmuC	4,778	8,089	497.0	20.3	93.7	67,479	15,468	23	177
dmuD	413,790	673,506	34,129.0	773.4	4,289.5	4,760,378	1,330,156	1,933	15,621
dmuE	152,282	264,775	13,802.4	324.3	1,704.8	1,533,952	537,314	781	6,310
dmuF	15,709	7,552	378.2	21.1	119.0	227,797	17,589	26	207
dmuG	201,543	203,864	11,571.2	397.1	2,141.0	1,951,572	386,766	559	4,412
dmuH	93,885	94,793	5,265.6	222.4	1,047.9	774,066	171,719	259	1,973
dmuI	300,330	380,949	17,841.3	746.0	3,140.6	6,524,495	922,243	1,072	10,325
dmuJ	41,062	69,746	3,434.1	159.0	493.5	972,739	143,879	202	1,670
dmuK	302,717	356,431	24,224.3	1,584.4	5,744.5	2,860,098	467,066	1,210	4,555
dmuL	12,135	17,708	1,484.2	56.3	249.3	119,408	26,525	69	259
dmuM	627,178	705,954	34,498.3	1,485.0	6,985.7	10,164,122	1,856,151	2,119	20,819
dmuN	111,855	156,020	7,868.1	237.7	1,395.9	1,987,721	406,710	469	4,558
dmuO	7,005	3,260	163.7	27.0	61.2	100,451	11,061	12	124
dmuP	977,222	1,073,310	52,123.3	1,251.1	9,022.8	11,073,757	2,308,969	3,077	26,421
dmuQ	161,137	162,634	8,112.2	161.5	1,386.9	1,743,920	367,877	476	4,194
dmuR	550,480	877,698	22,620.9	1,141.2	6,049.2	7,008,585	1,079,671	1,470	12,424
dmuS	104,826	183,259	4,825.4	252.5	1,212.4	1,173,358	206,752	296	2,403
dmuT	662,121	485,517	23,924.9	993.6	5,931.9	5,996,069	1,265,238	1,521	14,263
dmuU	63,087	53,767	2,723.9	40.2	636.8	539,281	134,239	168	1,521

그룹간 효율성 분석 결과, 대체로 미주노선과 아시아역내노선, 펜델럼서비스가 높은 효율성을 가지는 것으로 분석되었다. 반면에 구주노선은 상대적으로 효율성이 낮은 것으로 분석되었다. 이는 앞에서 분석한 선박규모별 효율성 분석결과와 맥을 같이 하는 것을 알 수 있다.

[표 3-31] 21개 그룹간 효율성 분석 결과

효율성 값	DMU	포함 DMU수	평균기항수	노선특성
효율성 1	<i>dmuD</i>	29	8	미주노선
	<i>dmuE</i>	12	7	미주노선
	<i>dmuF</i>	3	4	미주노선
	<i>dmuH</i>	9	5	미주노선
	<i>dmuK</i>	47	8	아시아역내노선
	<i>dmuL</i>	3	5	아시아역내노선
	<i>dmuQ</i>	6	11	펜달림서비스
	<i>dmuR</i>	35	12	미주노선
	<i>dmuS</i>	8	9	미주노선
	<i>dmuT</i>	36	8	미주노선
0.9이상 1미만	<i>dmuU</i>	5	6	미주노선
	<i>dmuG</i>	16	7	미주노선
	<i>dmuP</i>	31	14	펜달림서비스
	<i>dmuI</i>	16	10	구주노선
0.9미만	<i>dmuJ</i>	6	5	구주노선
	<i>dmuM</i>	32	13	구주노선
	<i>dmuN</i>	9	8	구주노선
	<i>dmuC</i>	1	6	구주노선
	<i>dmuA</i>	19	18	구주노선
	<i>dmuB</i>	15	15	구주노선
	<i>dmuO</i>	1	5	구주노선

2) 노선별 효율성 분석

총 9개의 노선을 미주노선, 구주노선, 펜달림서비스, 아시아역내노선으로 구분하여 효율성을 분석하였다. 본 분석에서는 4가지 특성으로 구분된 노선들을 각각 효율성을 측정하여 각 노선들마다 어느 규모의 선박이 효율적인지 분석하였다. 단, 아시아역내노선은 앞서 분석한 선박규모별 분석에서 알 수 있었던 것처럼 모두 1000TEU급만을 포함하고 있기 때문에 본 노선별 효율성 분석에서는 제외하였다.

먼저, 미주노선의 효율성을 분석한 결과, 미주노선은 2000TEU급과, 3000TEU급, 4000TEU급, 5000TEU급의 선박으로 구성되어 있으며, 각 선박들이 비슷한 수로 운항하고 있는 것으로 분석되었다. 또한, 4000TEU와

5000TEU급의 선박이 2000TEU와 3000TEU급의 선박보다 효율성이 높은 것으로 분석되었다. 따라서, 미주노선에는 4000TEU급이나 5000TEU급의 비교적 대형선박을 투입하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

[표 3-32] 미주노선의 효율성 분석 결과

선박규모	총 DMU수	효율성 1인 DMU수	비율(%)	효율성 평균
2000TEU	24	5	21	0.9045
3000TEU	52	8	15	0.9124
4000TEU	28	6	21	0.9649
5000TEU	34	6	18	0.9370

[표 3-33] 미주노선의 선박규모별 변수 현황

선박규모	총 수송량	항만간 거리	항만간 운항시간	항만내 대기시간	항만내 작업시간	항만비용	자본비용	선원수	연료량
2000TEU	11,214	12,339	669	23	124	100,000	20,677	31	237
3000TEU	13,224	20,074	943	26	139	145,717	37,631	55	442
4000TEU	15,566	24,870	641	33	176	196,902	30,974	42	356
5000TEU	18,478	13,503	657	28	164	169,343	36,043	42	404

주 : 수치는 각 선박규모별 DMU들의 평균치임

[표 3-34] 미주노선의 선박규모별 평균 비교

	선박 규모	총 수송량	수송 거리	운항 시간	대기 시간	작업 시간	항만 비용	자본 비용	선원수	연료량	효율성 평균	기항지 평균	DMU 수	백분율 *
효율성 1	2000	9,853	14,185	592	20	109	74,334	18,272	28	209	1.0000	5.8	5	21%
	3000	11,046	16,522	682	13	116	117,561	27,546	40	323	1.0000	6.9	8	15%
	4000	16,120	24,864	634	28	166	186,144	30,159	41	346	1.0000	10.7	6	21%
	5000	17,533	13,476	653	12	148	142,552	34,654	40	388	1.0000	7.3	6	18%
0.9이상 1미만	2000	12,016	11,691	669	21	120	101,594	20,496	31	235	0.9465	6.6	5	21%
	3000	14,389	21,355	940	29	145	154,184	37,837	55	444	0.9560	8.2	21	40%
	4000	15,440	24,817	635	34	179	200,233	30,908	42	355	0.9618	11.6	20	71%
0.8이상 0.9미만	5000	19,025	13,487	664	32	167	173,062	36,471	43	408	0.9418	8.5	21	62%
	2000	11,462	11,916	699	26	131	108,549	21,654	33	248	0.8604	6.9	13	54%
	3000	13,330	20,616	1,059	28	143	148,864	41,718	61	490	0.8607	7.5	19	37%
0.8미만	4000	15,154	25,420	720	38	177	195,858	34,083	46	391	0.8908	11.5	2	7%
	5000	17,648	13,576	642	29	168	181,152	35,948	41	403	0.8686	8.4	7	21%
0.8미만	2000	10,800	11,848	672	19	135	109,209	20,904	32	239	0.7890	7.0	1	4%
	3000	10,956	17,874	935	28	135	142,621	37,296	54	438	0.7541	7.0	4	8%

* 각 선박규모별 백분율(비중)

구주노선은 미주노선과 마찬가지로 2000TEU급, 3000TEU급, 4000TEU급, 5000TEU급의 선박이 운항되고 있는 것으로 나타났다. 구주노선의 효율성 분석 결과, 5000TEU급 선박이 50% 이상을 차지하고 있는데, [표 3-35]에서 보는 바와 같이, 2000TEU급과 3000TEU급의 선박들의 효율성과 비슷하게 나타나고 있다. 따라서, 5000TEU급 선박은 상대적으로 대형선박들의 효율성이 높은 미주노선에 투입시키고, 2000TEU급과 3000TEU급 선박으로 구주노선에 취항하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

[표 3-35] 구주노선의 효율성 분석 결과

선박규모	총 DMU수	효율성 1인 DMU수	비율(%)	효율성 평균
2000TEU	18	6	33	0.9533
3000TEU	20	6	30	0.9661
4000TEU	3	3	100	1.0000
5000TEU	58	13	22	0.9606

[표 3-36] 구주노선의 선박규모별 평균 비교

	선박 규모	총 수송량	수송 거리	운항 시간	대기 시간	작업 시간	항만 비용	자본 비용	선원수	연료량	효율성 평균	기항지 평균	DMU 수	백분율 *
효율성 1	2000	21,935	28,344	1,644	73	392	265,756	53,254	81	609	1.0000	16.8	6	33%
	3000	15,186	19,392	1,075	56	250	239,961	40,018	57	465	1.0000	10.8	6	30%
	4000	7,698	12,101	581	23	85	126,813	25,140	34	289	1.0000	4.7	3	100%
	5000	18,977	21,943	1,024	38	193	367,159	53,489	62	599	1.0000	10.3	13	22%
0.9이상 1미만	2000	17,702	24,499	1,445	84	318	256,428	46,672	71	534	0.9475	15.6	9	50%
	3000	21,014	27,386	1,595	73	403	285,507	56,662	79	655	0.9516	16.9	14	70%
0.9미만	2000	17,557	25,887	1,534	127	353	257,062	50,960	77	583	0.8775	16.3	3	17%
	5000	13,759	18,337	972	56	166	348,383	51,695	59	579	0.8730	10.3	3	6%

* 각 선박규모별 백분율(비중)

펜달림서비스는 효율성 분석 결과, 3000TEU급과 4000TEU급, 5000TEU급이 운항되고 있는 것으로 나타났다. 이 중에서 4000TEU급의 선박이 가장 많이 운항되고 있는 것으로 나타났으며, 전체적으로 모든 선박들의 효율성이 높은 것으로 분석되었다. [표 3-38]에서 알 수 있는 바와 같이, 펜

덜림서비스는 미주지역과 아시아지역, 구주지역을 모두 포괄하고 있기 때문에 다른 노선에 비해서 수송거리가 긴 반면에 수송량 또한 많다. 따라서 안정적인 운항과 물량을 고려한다면 대형선박의 취향이 필요할 것으로 판단되며, 동시에 기항지 수가 많기 때문에 효율성을 위해서는 스케줄의 정확성 확보가 중요하다고 볼 수 있다.

[표 3-37] 펜덜림서비스의 효율성 분석 결과

선박규모	총 DMU수	효율성 1인 DMU수	비율(%)	효율성 평균
3000TEU	5	3	60	0.9965
4000TEU	31	16	52	0.9942
5000TEU	1	1	100	1.0000

[표 3-38] 펜덜림서비스의 선박규모별 평균 비교

	선박 규모	총 수송량	수송 거리	운항 시간	대기 시간	작업 시간	항만 비용	자본 비용	선원수	연료량	효율성 평균	기항지 평균	DMU 수	백분율 *
효율성 1	3000	28,870	33,737	1,694	53	259	363,930	68,088	99	800	1.0000	14.3	3	60%
	4000	32,227	33,477	1,607	39	288	341,291	72,465	95	826	1.0000	14.3	16	52%
	5000	25,285	29,154	1,457	24	216	331,341	73,500	84	825	1.0000	10.0	1	100%
0.9이상 1미만	3000	22,047	26,232	1,333	26	222	311,446	53,671	78	630	0.9913	11.5	2	40%
	4000	31,116	34,499	1,688	37	291	354,067	75,487	99	861	0.9881	14.5	15	48%

* 각 선박규모별 백분율(비중)

3.4 민감도 분석

본 절에서는 선박규모별 및 노선별 효율성 분석에서 도출된 결과를 바탕으로 전체적인 운항성과 향상을 도모하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 민감도 분석을 수행하였는데, 즉, 기항지 조정, 작업시간 조정, 항만비용 조정 이렇게 세 가지 시나리오를 설정하여 분석하였다.

운항선사 입장에서 효율성을 향상시키기 위해 통제할 수 있는 요소는 크

계 기항지의 선택과 노선에 투입되는 선박규모의 선택이 될 것이다. 그러나 앞서 분석한 노선별 효율성 분석결과에서 볼 수 있는 것처럼 각 노선에 투입되는 선박규모간 효율성 차이가 크게 나지 않고 있기 때문에 본 연구에서는 선박규모별 효율성 분석에서 나타난 결과를 기반으로 민감도 분석을 수행하였다.

앞서 선박규모별 효율성 분석결과에서 언급한 바와 같이, 전반적으로 모든 선박규모에 있어서 구주노선이 낮은 효율성 값을 보였다. 이를 한 번 더 정리하면 다음 [표 3-39]와 같다.

[표 3-39] 각 선박규모별 및 노선별 효율성 평균값

	미주노선	구주노선	펜덜럼서비스	아시아역내노선
1000TEU	-	-	-	0.9667
2000TEU	0.9374	0.6007	-	-
3000TEU	0.9322	0.7409	0.9599	-
4000TEU	0.9673	0.9349	0.9566	-
5000TEU	0.9794	0.9709	1.0000	-

위의 표에서 볼 수 있는 바와 같이, 전반적으로 구주노선이 상대적으로 낮은 효율성 값을 보이며, 이 중에서도 2000TEU급 및 3000TEU급 선박이 취항하는 구주노선에서 비효율성이 크게 나타나고 있다. 따라서, 본 연구에서는 이 두 가지의 경우에 대해서 민감도 분석을 수행하였다.

민감도 분석을 수행하기에 앞서, 본 연구에서 사용된 데이터에 대해서 기항지 즉, 항만과 관련된 변수를 찾아야 한다. 즉, 총 7개의 *Input* 변수들 중에서 항만과 관련된 변수는 항만내 대기시간, 작업시간, 항만비용이다. 이 중에서 유사한 성격을 가지는 대기시간과 작업시간을 하나로 묶어 항만시간으로 설정하였고, 항만비용은 그대로 두었다. 이 두 가지 변수를 가지고 기항지에서 발생한 물량을 각 변수로 나누어 항만시간당 물량과 항만비용당 물량을 산정하여 각 기항지를 비교하였다. 자세한 내용은 다음 [표

3-40]과 [표 3-41]과 같다.

[표 3-40] 2000TEU급 선박그룹의 기항관련 현황(구주노선)

기항수	기항지(항만)	물량(TEU)	물량/항만시간	물량/항만비용
14	Fos Sur Mer(France)	716	24.7	0.023
33	Gioia Tauro(Italia)	712	27.2	0.035
32	Valencia(Espana)	1,176	33.1	0.046
30	Port Kelang(Malaysia)	428	34.9	0.152
33	La Spezia(Italia)	1,796	37.1	0.066
16	Hong Kong(China)	1,114	40.6	0.179
15	Jeddah(Saudi Arabia)	734	48.6	0.149
12	Busan(Korea)	1,545	49.0	0.164
15	New York(US)	2,063	52.9	0.106
15	Shanghai(China)	1,284	53.4	0.046
14	Norfolk(US)	1,294	63.9	0.089
16	Khor Al Fakkan(UAE)	1,939	71.0	0.892
31	Singapore(Singapore)	1,169	71.7	0.119
14	Savannah(US)	1,376	75.4	0.089

주 : 항만시간 = 항만내 대기시간 + 작업시간

[표 3-41] 3000TEU급 선박그룹의 기항관련 현황(구주노선)

기항수	기항지	물량(TEU)	물량/항만시간	물량/항만비용
33	Valencia(Espana)	1,242	31.5	0.049
32	Gioia Tauro(Italia)	837	34.2	0.041
15	Norfolk(US)	1,472	35.6	0.112
26	Port Kelang(Malaysia)	434	36.6	0.164
16	Hong Kong(China)	1,116	37.6	0.181
16	Fos Sur Mer(France)	799	40.2	0.024
33	La Spezia(Italia)	1,813	41.1	0.067
1	Chiwan(China)	289	41.3	0.022
15	Jeddah(Saudi Arabia)	912	42.1	0.194
17	New York(US)	2,091	51.1	0.121
14	Busan(Korea)	1,598	53.8	0.181
18	Shanghai(China)	1,448	54.6	0.038
27	Singapore(Singapore)	1,157	68.0	0.141
2	Hamburg(Deutschland)	2,377	68.1	0.049
1	Xingang(China)	955	73.5	0.030
16	Savannah(US)	1,600	78.1	0.105
2	Rotterdam(Netherland)	1,895	79.6	0.050
14	Khor Al Fakkan(UAE)	2,144	85.1	1.172
1	Kaohsiung(Tiwan)	1,253	96.4	0.135
1	Qingdao(China)	1,127	98.9	0.071

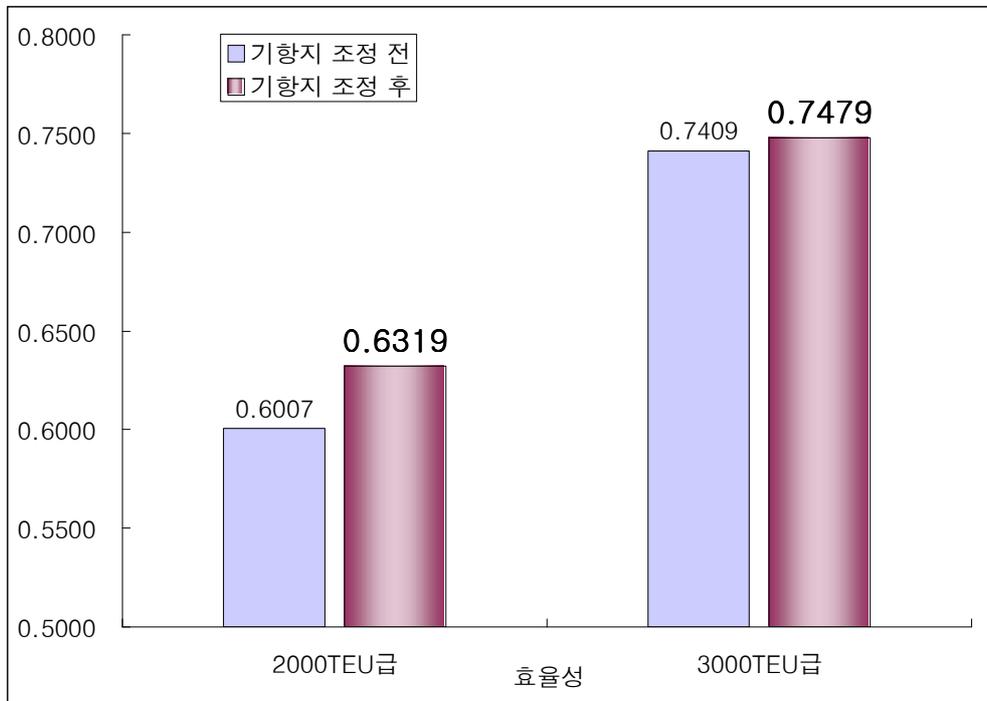
주 : 항만시간 = 항만내 대기시간 + 작업시간

위의 두 표에서 볼 수 있는 것처럼, 2000TEU급의 선박이 구주노선에서 취항할 때 기항하는 항만수는 14개이고, 3000TEU급은 20개 항만에 기항하고 있다. 항만시간당 물량의 의미는 항만에 기항함으로써 소요되는 시간에 비해 물량을 얼마나 처리하고 있는지를 나타내는 것이며, 항만비용당 물량도 동일한 의미를 갖는다. 이는 본 연구의 주요 관점인 투입과 산출의 관계에서 생각하면 쉽게 이해할 수 있다.

앞서 언급한 바와 같이, 민감도 분석은 기항지 조정, 작업시간 조정, 항만비용 조정 이렇게 세 가지 시나리오로 구분하여 수행하였다.

첫 번째 시나리오로써 기항지를 조정하여 민감도 분석을 수행하였다. 본 분석에서는 직관적으로 살펴보았을 때 비교적 기항수가 많으면서 물량도 적고 항만시간당 물량에 대한 수치도 떨어지는 1개 항만을 선정하여 조정하였다. 본 분석에서는 2000TEU급과 3000TEU급에 해당하는 각각의 항만들 중 동일하게 비효율적으로 나타난 항만(*Port Kelang*)을 조정하였다. 구체적으로, 2000TEU급이 취항하는 구주노선에서 *Port Kelang*항을 제외시키고, 이 항만이 가지고 있는 물량을 3000TEU급의 선박들이 *Port Kelang*항에 기항하였을 때 받아들이는 상황을 설정하였는데, 현실적인 제약상 물량을 전부 흡수하기는 어렵다고 보고, 전체 물량의 70%를 받아들이는 것으로 하였다. 또한, 3000TEU급이 물량을 대신 처리할 경우, *Port Kelang*에 어차피 기항하기 때문에 항만시간에 포함된 대기시간은 그대로 두었고, 작업시간은 원래 평균물량에 대한 처리시간을 기준으로 하여 증가된 물량에 대한 작업시간을 산정하여 추가하였다. 한편, *Port Kelang*을 제외시킨 2000TEU급 선박의 노선은 *Port Kelang*을 포함하는 각 항차마다 물량 및 투입변수들을 모두 함께 제거한 후에, 항만간 거리를 다시 산정하고 항만간 거리 변화에 따른 운항시간도 다시 산정하였다.

이와 같은 변화를 적용한 후에 2000TEU급과 3000TEU급의 선박규모별 효율성 분석을 각각 수행하였는데, 분석결과는 [그림 3-6]과 같다.



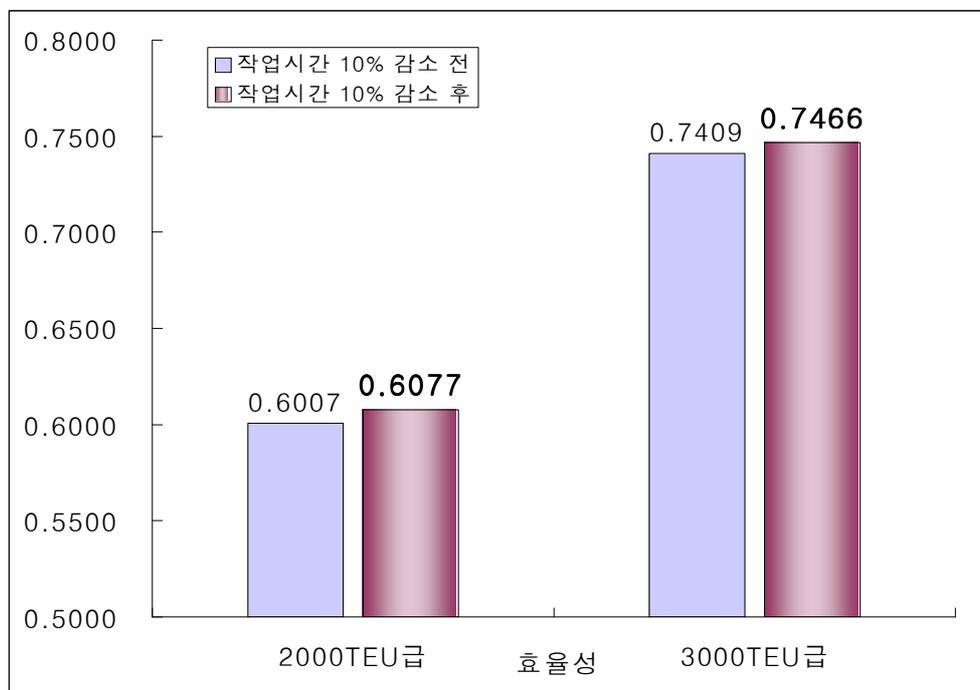
[그림 3-6] 민감도 분석 결과(기항지 조정)

이와 같은 과정을 통하여 효율성 분석을 수행한 결과, 효율성 값의 변화가 나타났는데, 민감도 분석전의 효율성 값보다 민감도 분석 후의 효율성 값이 다소 상승한 결과가 나타났다(그림 3-6 참조). 즉, 2000TEU급 선박그룹의 효율성은 0.6007에서 0.6319로 약 0.03이 상승하였고, 3000TEU급 선박그룹의 효율성은 0.7409에서 0.7479로 약 0.007이 상승하였다.

두 번째 시나리오로써 작업시간을 조정하여 민감도 분석을 수행하였다. 본 분석에서는 각 선박규모별로 기항하는 항만들 중에서 항만시간 대비 물량의 수치가 상대적으로 낮은 하위 30%의 항만들에 대해서 작업시간을 10% 감소시켜 효율성 분석을 수행하였다. 즉, 2000TEU급 선박그룹에서는 Fos Sur Mer, Gioia Tauro, Valencia, Port Kelang 등 4개 항만의 작업시간을 조정하였고, 3000TEU급 선박그룹에서는 Valencia, Gioia Tauro,

Norfolk, Port Kelang, Hong Kong, Fos Sur Mer 등 6개 항만의 작업시간을 조정하였다(표 3-40, 표 3-41 참조). 항만시간 중에 작업시간만을 조정하는 이유는 대기시간의 증가는 항만의 비생산성에서도 기인하지만 운항하는 선박이 스케줄을 정확히 지키지 못한 경우에도 발생할 수 있기 때문이다.

이와 같은 변화를 적용한 후에 2000TEU급과 3000TEU급의 선박규모별 효율성 분석을 각각 수행하였는데, 분석결과는 [그림 3-7]과 같다.



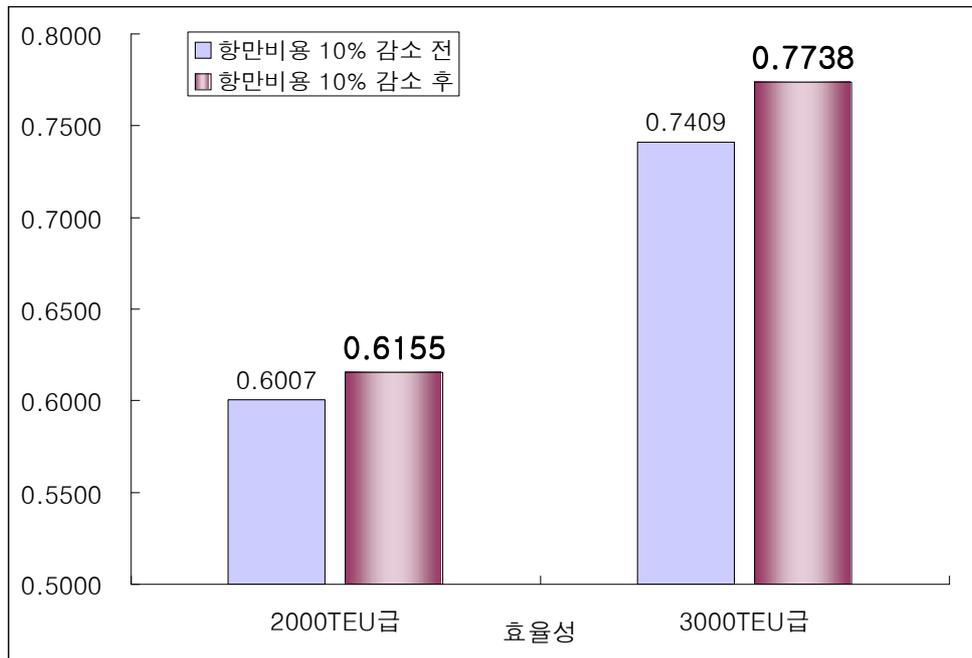
[그림 3-7] 민감도 분석 결과(작업시간 감소)

이와 같은 과정을 통하여 효율성 분석을 수행한 결과, 효율성 값의 변화가 나타났는데, 민감도 분석전의 효율성 값보다 민감도 분석 후의 효율성 값이 다소 상승한 결과가 나타났다(그림 3-7 참조). 즉, 2000TEU급 선박 그룹의 효율성은 0.6007에서 0.6077로 약 0.007이 상승하였고, 3000TEU급

선박그룹의 효율성은 0.7409에서 0.7466으로 약 0.057이 상승하였다.

마지막 시나리오로써 항만비용을 조정하여 민감도 분석을 수행하였다. 본 분석에서는 각 선박규모별로 기항하는 항만들 중에서 항만비용 대비 물량의 수치가 상대적으로 낮은 하위 30%의 항만들에 대해서 항만비용을 10% 감소시켜 효율성 분석을 수행하였다. 즉, 2000TEU급 선박그룹에서는 Fos Sur Mer, Gioia Tauro, Valencia, Shanghai 등 4개 항만의 항만비용을 조정하였고, 3000TEU급 선박그룹에서는 Valencia, Gioia Tauro, Fos Sur Mer, La Spezia, Shanghai, Savannah 등 6개 항만의 항만비용을 조정하였는데, 기항횟수가 너무 적은 항만은 제외하였다(표 3-40, 표 3-41 참조).

이와 같은 변화를 적용한 후에 2000TEU급과 3000TEU급의 선박규모별 효율성 분석을 각각 수행하였는데, 분석결과는 [그림 3-8]과 같다.



[그림 3-8] 민감도 분석 결과(항만비용 감소)

이와 같은 과정을 통하여 효율성 분석을 수행한 결과, 효율성 값의 변화가 나타났는데, 민감도 분석전의 효율성 값보다 민감도 분석 후의 효율성 값이 다소 상승한 결과가 나타났다(그림 3-8 참조). 즉, 2000TEU급 선박 그룹의 효율성은 0.6007에서 0.6155로 약 0.0148이 상승하였고, 3000TEU급 선박 그룹의 효율성은 0.7409에서 0.7738로 약 0.0329가 상승하였다.

민감도 분석 결과를 종합해 볼 때, 세 가지 시나리오에서 모두 효율성이 향상되는 결과가 나타났으며, 이는 전체 효율성에 긍정적인 영향을 미친다.

결과적으로, 운항선사가 운영성과를 향상시키기 위해서는 첫째, 투입 대 산출의 관점에서 운영상 비효율성에 영향을 끼치는 기항지는 노선에서 제외 또는 변경시키는 것이 필요하다. 그러나, 여러 가지 현실적인 상황을 고려해 볼 때 반드시 기항할 수밖에 없는 항만이라면, 기항수를 줄이는 것도 하나의 방안이 될 수 있다. 둘째, 항만에 대한 협상력 강화를 통해 항만의 생산성을 높이거나 항만비용을 낮추도록 유도하는 등의 전략이 필요하고, 이것이 현실적으로 어려울 경우에는 항만내에서도 비교적 생산성이 높은 터미널을 이용하거나 자가터미널을 설치하는 것도 중요한 방안이 될 수 있다. 요컨대, 운항의 효율성을 향상시키기 위해서 다양한 전략적 접근이 가능하다.

제 4 장 결 론

4.1 연구의 요약 및 결론

본 연구는 최근 급성장하고 있는 해운물류산업에 대해서 얼마나 효율적으로 운영이 되고 있는지 또한 개선할 여지는 없는지에 대한 생각에서 출발한다. 이에 본 연구에서는 해운물류산업에 중추적 역할을 담당하고 있는 운항선사의 입장에서 현재의 운영상의 성과를 진단해보고, 이를 더욱 향상시키기 위한 방안을 찾기 위하여 현재 취항하고 있는 노선들에 대한 효율성을 분석하였다.

항로의 효율성 분석을 하기 위하여 선행연구에 대한 고찰을 통해 운항노선과 관련된 변수들을 선정하였고, 이 변수들에 대한 실제 데이터를 이용하여 효율성을 분석하였다. 효율성 분석은 크게 선박규모별과 노선별로 구분하여 이루어졌으며, 선박규모별 분석은 1000TEU급부터 5000TEU급까지 총 5개 그룹으로 구분하여 분석하였고, 노선별 분석은 기항패턴에 따라 구분된 21개 그룹간 분석과 미주노선, 구주노선, 팬덜럼서비스, 아시아역내노선을 포함하는 4가지 노선특성별 효율성 분석을 수행하였다.

선박규모별 효율성 분석 결과, 대체로 소형선박들은 아시아역내노선에 취항하고 있으며, 중·대형선박들은 미주노선과 구주노선, 팬덜럼서비스에 골고루 취항하고 있는 것으로 밝혀졌다. 또한, 선박규모별 효율성 분석 결과를 종합해 볼 때 4가지 노선 중에서 미주노선이 가장 효율성이 높았으며, 구주노선은 효율성이 가장 낮은 것으로 분석되었다. 이는 구주노선이 미주노선에 비해 운항경로상 상대적으로 많은 기항지를 거치게 되는데, 이에 따라 시간과 비용들이 투입되는 것에 비해 물량은 미주노선과 크게 차이가 나지 않는 것에 기인한다.

노선별 효율성 분석 결과, 미주노선에서는 2000TEU급과 3000TEU급의

중·소형 선박보다 4000TEU급과 5000TEU급의 대형선박들의 운항효율성이 더 높은 것으로 분석되었다. 따라서, 비교적 기항지 수가 적고 물량 또한 많은 미주노선에는 대형선박을 투입하는 것이 바람직하며, 이를 위해서는 상대적으로 선박규모별 효율성의 차이가 거의 나지 않는 구주노선과 펜델럼서비스에 취항하는 대형선박들을 미주노선에 취항시키고, 미주노선에서 운항하는 중·소형 선박들은 이들 노선에 취항시키는 것이 하나의 방안이 될 수 있다.

전체적인 운항의 효율성을 향상시키기 위한 방안을 제시하기 위하여 선박규모별 효율성 분석과 노선별 효율성 분석에서 도출된 결과를 바탕으로 가장 비효율성을 나타낸 2000TEU급 선박그룹의 구주노선과 3000TEU급 선박그룹의 구주노선에 대해서 세 가지 시나리오를 적용하여 민감도 분석을 수행하였다. 즉, 기항지 조정, 작업시간 감소, 항만비용 감소에 대한 효율성 분석을 재 수행하였는데, 효율성 분석 결과 모든 경우에 있어 효율성이 향상되는 결과가 나타났다.

종합적으로 본 연구의 결과는 운항선사들에게 다음과 같은 주요한 시사점을 제공한다. 첫째, 현재 운영상의 성과를 측정하여 개선하기 위해서는 먼저 투입과 산출의 관계를 고려한 효율성을 분석하는 것이 필요하다. 둘째, 미주노선에는 상대적으로 대형선박의 투입이 필요하며, 신규선박의 투입이 어렵다면 구주노선과 펜델럼서비스에서 운항하고 있는 대형선박을 미주노선으로 전환하고, 미주노선에서 운항하고 있는 중·소형 선박들을 이들 노선에 투입시킬 필요가 있다. 셋째, 민감도 분석에서 나타난 결과에서 알 수 있는 바와 같이, 전체적인 효율성을 향상시키기 위해서는 비효율적인 항만을 찾아내고 이를 노선에서 제외 또는 변경시키거나 기항횟수를 감소시키는 방안과, 항만에 대한 협상력을 강화하거나 자가터미널을 설치하여 항만의 생산성을 높이고 항만비용을 낮추도록 유도하는 방안 등의 다양한 운영전략이 필요하다.

4.2 연구의 한계점 및 향후 연구방향

본 연구에서는 실제 데이터를 바탕으로 비교적 객관적인 방법론인 *DEA* 모형을 이용하여 항로의 효율성을 분석하였다. 그러나 본 연구는 효율성을 분석함에 있어 다음과 같은 한계점을 지닌다.

첫째, 자료획득의 어려움으로 인해 하나의 선사에 대해서 단 1개년도의 자료만 분석에 활용하였기 때문에 좀 더 객관적이고 포괄적인 결과를 도출하지 못하였다. 가능한 한 다수의 선사와 관련된 다년도의 자료를 분석에 활용한다면 좀 더 확실한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

둘째, 분석에 사용된 변수들 중에서 자본비용, 선원수, 연료량은 실제 데이터 확보에 대한 어려움으로 인해 선행연구에서 분석해 놓은 자료를 그대로 인용하였기 때문에 좀 더 현실적인 결과를 도출하기에는 다소 미흡한 점이 있었다.

셋째, 운영성과 향상에 대해서 효율성의 관점에서만 접근하였기 때문에 수익성까지 고려하지 못하였다. 또한, 선사들간의 동맹 또는 경쟁, 기항항만의 특성, 운항선사의 운영방침 등 특수한 경우를 고려하지 않았기 때문에 좀 더 현실적인 접근이 부족하였다.

따라서, 향후에는 이러한 한계점을 극복하여 좀 더 객관적인 자료를 가지고 현실적인 결론을 도출할 수 있는 연구가 필요하다.

참고문헌

- 박태원(2001), “한·중 정기선항로의 원가분석”, 『월간 해양수산』, 통권 제 205호, pp.45-56.
- Alfred. J. Baird(2001), "A New Economic Evaluation of the Hubport versus Multiport Strategy", IAME Annual Conference 2001.
- Brooks, M.R(1984), "An alternative theoretical approach to the evaluation of liner shipping-Part I : situational factors", *Maritime Policy and Management*, Vol.11, No.1, pp.35-43.
- Brooks, M.R(1985), "An alternative theoretical approach to the evaluation of liner shipping-Part II : choice criteria", *Maritime Policy and Management*, Vol.12, No.2, pp.145-155.
- Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rodes(1978), "Measuring the efficiency of decision making units", *European Journal of Operational Research*, 2, pp.429-444.
- Murphy, P.R., Dalenberg, D.R., and Daley, J.M.(1989), "Assessing International Port Operations", *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, Vol.19, No.9, pp.3-10.
- Murphy, P.R., Daley, J.M, and Dalenberg, D.R(1992), "Port Selection Criteria : An Application of a Transportation Research Framework", *Logistics & Transportation Review*, Vol.28, No.3, pp.237-255.
- Pearson, R.(1980), "Containerline Performance and Service Quality", *Maritime Transport Centre, University of Liverpool, Liverpool*.
- Slack, B.(1985), "Containerization Inter-port Competition and Port Selection", *Maritime Policy and Management*, Vol.12, No.4, pp.293-303.
- Suthiwartnarueput, K.(1988), "the exploration of sea transport efficiency : with a concentration on the case of Thailand", Ph.D. Dissertation.

*Department of Maritime Studies and International Transport
University of Wales College of Cardiff, UK.*

*Willingale, M. C.(1981), "The Port Routing Behavior of Short Sea Ship
Operator Theory and Practices", Maritime Policy and Management.*

감사의 글

‘나의 가는 길을 오직 그가 아시나니 그가 나를 단련하신 후에는 내가 정금같이 나오리라.’ [욥기 23장 10절]

먼저 하나님께 감사와 영광을 돌립니다.

부족한 저를 항상 지도해 주시고 독려해 주신 지도교수님이신 신창훈 교수님께 진심으로 감사드립니다.

입학 때부터 지금까지 학문의 길을 넓혀주시고 바른 사람으로 성장할 수 있도록 지도해주신 이철영 교수님, 곽규석 교수님, 신재영 교수님, 남기찬 교수님, 김환성 교수님께 머리 숙여 감사드립니다.

부족하지만 논문이 완성될 때까지 가장 많이 조언해 주시고 같이 고생하셨던 재영이형에게 진심으로 감사드립니다. 직장생활을 하면서도 항상 신경 써 주시고 조언해 주신 울성이형에게도 감사의 마음을 전합니다.

논문작업을 함께 있어서 많은 도움을 준 태수형을 비롯하여 동훈이, 동진이, 여남이, 지원이, 일구, 성기, 세귀에게도 고마운 마음을 전합니다.

어디에서나 지켜보며 충고를 아끼지 않았던 수남이형, 준성이형을 비롯한 96학번 동기들, 언제나 행복을 안겨주는 후배님들, 그리고 항상 삶의 버팀목이 되어 주는 소중한 내 친구들에게도 고마운 마음을 전합니다.

항상 지원을 아끼지 않으시는 숙부님들과 숙모님들께 감사의 마음을 전하며, 부족한 아들을 위해 홀로 고생하시는 어머니께 이 논문을 바칩니다.