[UCI]I804:24011-200000234737

2005년 8월
박사학위논문

DEA모형에 의한 국내 무역항만의 효율성 측정에 관한 실증적 연구

조선대학교 대학원

경제학과

차 용 우

DEA모형에 의한 국내 무역항만의 효율성 측정에 관한 실증적 연구

An Empirical Study on the Efficiency Measurement of Korean International Trade Seaports Using DEA Models

2005 年 8 月 日

조선대학교 대학원

경제학과

차 용 우

DEA모형에 의한 국내 무역항만의 효율성 측정에 관한 실증적 연구

지도교수 김 안 호

이 논문을 경제학 박사학위 신청 논문으로 제출함.

2005 年 4 月 日

조선대학교 대학원

경제학과

차 용 우

차용우의 박사학위논문을 인준함.

위원장 조선 대학교 교수 오 성 동 印

위 원 조선 대학교 교수 홍 금 우 印

위 원 광주 대학교 교수 정 철 기 印

위 원 조선 대학교 교수 박 노 경 印

위 원 조선 대학교 교수 김 안 국 印

2005 年 6 月 日

조선대학교 대학원

< 제 목 차 례 >

ABSTRACT

제 1 장 서 론 ····· 1

제 1 절 연구의 목적 ····· 1
제 2 절 연구의 방법 및 범위 ····· 4
제 3 절 논문의 구성 ····· 5

제 2 장 기존연구에 대한 검토 및 한계점 ····· 6

제 1 절 국내외 기존연구 ····· 6

제 2 절 기존연구의 한계점 ····· 11
1. 국내기존연구의 한계점 ····· 11
2. 국외기존연구의 한계점 ····· 11

제 3 장 항만의 효율성 측정 및 방법에 관한 이론적 고찰 ····· 12

제 1 절 항만효율성에 대한 이론적 접근 ····· 12
1. 효율성의 이론적 접근 ····· 12
2. 항만의 효율성 ····· 15

3. 일반항만의 효율성 측정방법 ····· 19
4. 컨테이너항만의 효율성 측정방법 ····· 24

제 2 절 효율성 측정방법 ····· 25
1. 함수적 측정법 ····· 26
2. 생산성지수측정법 ····· 26
3. 비율분석 측정법 ····· 26
4. 회귀분석 측정법 ····· 27
5. DEA측정방법 ····· 30
6. DEA모형분석 ····· 31

제 4 장 DEA모형에 의한 국내 무역항만의 효율성 측정에 관한 실증분석 ····· 39

제 1 절 국내무역항만의 효율성 측정에 사용된 DEA모형 ····· 39
1. CCR과 BCC모형 ····· 39
2. 규모의 효율성 모형 ····· 41
3. Malmquist지수모형 ····· 44

제 2 절 DEA모형에 의한 국내 무역항만의 효율성 측정에 관한 실증분석 및 해석 ····· 49
1. 투입요소와 산출요소의 선택, 모형식 및 통계치 ····· 49
2. CCR, BCC, Malmquist모형의 특성 ····· 53
3. CCR, BCC모형에 의한 효율성 측정결과 ····· 54
4. 규모의 효율성모형에 의한 효율성 측정결과 ····· 59

5. Malmquist모형에 의한 국내무역항만의 효율성 측정 ····60

제 5 장 요약 및 결론 ·····67

제 1 절 요 약 ·····67
제 2 절 정책적 함의 ·····69
제 3 절 논문의 한계 및 추후 연구의 방향 ·····71

참고문헌 ·····73

부표 ·····80

< 표 목 차 >

<표 2-1> 항만 및 컨테이너항만의 생산효율성에 관한 국내외 기존 연구 ····· 8
<표 3-1> 컨테이너터미널의 효율성측정방법 ····· 25
<표 4-1> 산출변수와 투입변수 ····· 51
<표 4-2>투입요소와 산출요소의 기술통계치 ····· 52
<표 4-3> DEA모형들의 비교 ····· 54
<표 4-4> CCR · BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1994년 ····· 56
<표 4-5> 비효율적인 광양항만의 DEA결과분석 (1994년도 광양항의 투입지향 CCR모형 사례) ····· 58
<표 4-6> 비효율적인 광양항의 실제투입, 산출과 참조항만의 합성치와의 비교 ····· 58
<표 4-7> 투입지향 CCR모형에 의한 규모의 효율성 변화 ····· 59
<표 4-8> Malmquist모형(투입 · 산출지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1994년-1995년 ····· 61
<표 4-9> 평균적인 Malmquist 지수, 기술적 효율성 변화지수, 기술변화지수의 증감추세 ····· 63
<표 4-10> Malmquist 효율성지수에 의한 연도별 효율성 수치 ·· 64
<표 4-11> Malmquist 효율성 지수에 의한 연도별 효율성 수치 (투입지향 기술적효율성 변화지수) ····· 65
<표 4-12> Malmquist 효율성 지수에 의한 연도별 효율성 수치(투입지향 기술변화지수) ····· 66

[그 림 목 차]

[그림 4-1] 규모의 효율성 ····· 43
[그림 4-2] 규모의 효율성 영역 ····· 44

Abstract

An Empirical Study on the Efficiency Measurement of Korean International Trade Seaports Using DEA Models

Cha, Young-Woo

Advisor : Prof. Kim, Ahn-Ho Ph.D.

Department of Economics

Graduate School of Chosun University

The purpose of this thesis is to investigate the efficiencies of seaports analytically in the theoretical side by reviewing previous studies conducted in Korea and the advanced countries, and also to make an attempt to analyze empirically the efficiency of the 26 international trade seaports in Korea by using CCR[Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)], BCC[Banker, Charnes and Cooper(1984)], and Malmquist Models which come from DEA(Data Envelopment Analysis) Model for the two inputs(berthing capacity and cargo handling capacity) and three outputs(export quantity, import quantity, and numbers of arriving and leaving vessels) during 10 years from 1994 to 2003.

DEA is an efficiency evaluation model based on mathematical programming theory. DEA offers an alternative to classical statistics in extracting information from sample observations. DEA optimizes each individual observation with the objective of calculating a discrete piece-wise frontier determined by the set of Pareto efficient decision making units(DMUs). DEA analysis can involve multiple inputs as well as multiple outputs in its efficiency valuation. This makes DEA analysis more suitable for port efficiency

measurement because ports produce a number of different outputs. Furthermore, DEA calculations are non-parametric and do not require an explicit a priori determination of relationship between inputs and outputs.

Since its introduction by Charnes, Cooper and Rhodes(1978), there have been many applications of DEA. Also several extentions were done to the basic CCR and BCC models like Malmquist model which is used in this thesis.

Efficiency (or productive efficiency) is the key factor in the economic activity of every sector of the economy and at various levels of the economic hierarchy. The measuring of efficiency constitutes in itself one of the crucial steps in the efforts that are made to raise efficiency. Data on efficiency serves as a tool for policy-makers at all levels of economic activity and is essential for improving the efficiency with which the various systems operate. Ongoing reviews of productive efficiency, while evaluating what remains to be improved, should also investigate connections between efficiency and organizational characteristics. Identifying external factors that may influence efficiency, and defining the relationship between them, may help to create a management tool that could be used to develop a decision making system for productive efficiency-increasing activities.

This thesis proposed the introduction of the CCR, BCC, and Malmquist methods for measuring the efficiency of Korean 26 international trade seaports, for use as one of the nonparametric methods. The results of an empirical analysis of the input(or output)-oriented CCR, BCC models were shown with the Malmquist model using the raw data from "Statistical Yearbook of Shipping and Ports," from 1995 to 2004 to get the data from 1994 to 2003.

The main empirical results are as follows.

First, empirical study by using CCR and BCC models show that the ports of Pyeongtaek, Daesan, Yeosu, Tongyoung, and Woolsan were found to be at

high efficient level. The ports of Okpo and Samcheok were found to be high efficient level since the year of 2000. The ports of Incheon, Mokpo, Busan, and Woolsan show the high efficient levels under the BCC model.

Second, the scale efficiency results show followings:

The ports of Incheon, Gwangyang, Jeju, Samcheonpo, Masan, Busan, and Pohang were in decreasing returns to scale continuously. The ports of Janghang, Seoguipo, Jinhae, Okgae, and Sokcho are in increasing returns to scale continuously. The ports of Daesan and Samcheok show the constant or increasing returns to scale. The ports of Gohyun, Okpo, and Woolsan have improved the efficiency recently.

Third, the trends of efficiency change for 10 years by using Malmquist model show that all other period except 1998/1999, 2001/2002, and 2002/2003 which were decreasing in efficiency were upward tendency in terms of averaged Malmquist index. The averaged Malmquist efficiency of the ports of Pyeongtaek, Daesan, and Sokcho has rapidly upwarded, and those of the ports of Wando, Samcheonpo, Tongyoung, Woolsan, Pohang, Samcheok, and Okgae were declined to the below 1.0 of efficiency scores. The averaged technical efficiency change has shown the upward trends except the periods of 1996/1997, 2000/2001, 2001/2002, and 2002/2003 which have been declined. However, overall efficiency was decreasing. The seaports which have improved their technical efficiency are the ports of Pyeongtaek, Daesan, and Sokcho, but those of Seoguipo, and Okpo have downed to the level of below 1.0.

The policy implications of this thesis are as follows.

First, the CCR-BCC, Economies of Scale and Malmquist models have the merits of providing an alternative method to traditional DEA models for measuring the efficiency of seaports. Malmquist model showed the usefulness for measuring the trends of efficiency change dynamically for 10 years.

Second, when port authorities want to measure the international competitive strength of seaports and enhance their efficiency, they should consider both the traditional method as well as the introduction of the Malmquist models including CCR-BCC model.

Third, the planner of seaport policy should adopt and enforce the efficiency evaluation indicators for enhancing the competition power with the efficiency of individual seaport. Also to increase the efficiency of seaport, automatic container terminal system should be introduced like CTA(container terminal alternative) by Germany, and ECT(Europe Combined Terminal) by Netherland. This system will also decrease the operation cost(input) in the seaports terminal.

Fourth, policy planner of seaport should introduce the port management by private enterprises for the scientific and systematic port management efficiently.

The limitations of this study are as follows.

First, a closer empirical analysis like the advanced countries's previous studies was impossible, because of the insufficient data from the Statistical Yearbook of Maritimie Affairs of Fisheries.

Second, this thesis did not deal with rankings of efficient ports and the infeasible problem in the Super efficiency model under the input-oriented VRS model which was solved recently and introduced to the famous journal.

Third, several sets of input-output models are not suggested for finding out the exact elements or factors affecting the efficiency.

Fourth, the empirical results about CCR-BCC, and Malmquist models should be verified by using the more detailed published official data for the exact situation of individual port.

These topics will be the object in the next papers.

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 목적

항만은 선박이 화물을 적하 하고 양하 하는 터미널이나 지역으로서, 그러한 지역으로부터 떨어진 정도와는 상관없이 선박이 그들의 차례를 기다리도록 지시 받거나 강제되는 통상적인 장소라고 할 수 있다. 보통 항만은 다른 형태의 수송과 관련된 서비스를 제공하는 공유영역이다.[1] 즉, 항만은 화물이나 승객이 선박과 선박 또는 장소간의 교차장소로서 화물이 선적되거나 양하 되며 항구에서 선박이 취항하여 경제활동을 안전하게 수행할 수 있도록 장치 내지는 보호되어 선박의 취항이 가능하도록 조성된 장소를 말한다.[2] 위와 같은 항만은 4가지 주요한 역할을 수행한다. 즉,항만과 관련된 당사자들에 대한 규정, 화물처리와 승객취급, 선박에 대한 서비스제공, 산업발전의 근거지, 수송체인의 출발점이 되는 터미널의 역할을 수행한다.[3] 또한 항만은 해상운송과 육송운송을 연결하는 중요한 사회간접자본이다. 따라서 항만은 경제가 발전함에 따라 경제개발의 영향을 받던 종속변수로부터 경제개발에 적극적으로 영향을 미칠 수 있는 주요변수로 그 역할이 확대되었다. 항만의 국민경제적 기능은 수출화물의 원활한 유통을 촉진하여 물류비용을 절감시킴으로써 상품의 가격을 인하시키는 효과를 유발하여 궁극적으로는 수출화물의 국제경쟁력 제고와 국내물가안정에 기여하는 것으로 요약할 수 있다. 그러므로 항만시설의 부족은 체선이나 체화를 유발하여 국제무역에 나쁜 영향을 미침으로써 경제성장을 저해하는 요인으로 작용하게 된다. 이러한 까닭에 오늘날 개발도상국, 특히 동남아시아의 각 나라들은 신규 항만건설에 막대한 비용이 드는 점을 고려하여 기존 항만시설의 효율적인 운영에 보다 적극적으로 나서고 있

---

1) Alan, E. Branch and Fcit, Fiex, Aita, *"Elements of Port Operation and Management,"* Chapman and Hall, 1986, p.1.
2) 전준수・김성호, 『국제해상운송실무』(서울: 박영사, 2000), p.104.
3) Alan E., Branch and Fcit, Fiex,, Aita, *op.cit.*, p.2.

다.

우리나라는 경제구조상 수출입 의존도가 매우 높으며 총수출입 물동량 중 항만을 통해 교역되는 해상물동량은 99.7%에 달하고 있어 항만이 국가경제에 기여하는 바는 매우 크다. 이렇듯 한국에 있어 항만은 제조업의 물류비 절감은 물론 국가 발전을 위한 필수 기반시설로서 항만의 경쟁력이 곧 국가경쟁력 강화의 관건이 되고 있다.[4)]

그러나 최근 동북아의 물류환경이 급변하고 있다. 세계의 공장이자 거대한 소비시장으로 급부상한 중국으로 수출입되는 물동량이 폭증하고 있기 때문이다. 지각변동의 와중에서 주도권을 장악하고 실익을 챙기기 위한 동북아의 물류전쟁이 갈수록 치열해 지고 있다. 이러한 양상은 먼저 국가 간의 항만개발 경쟁에서 두드러 진다. 특히 중국항만들은 대대적인 투자에 힘입어 유례가 없는 급성장을 거듭하고 있다. 상하이항과 선전항이 이미 부산항을 추월한데 이어 칭다오항, 텐진항 등도 위협적인 경쟁 항만으로 떠오르고 있다. 이러한 중국항만들의 급부상을 "China Crackers", 즉, "중국폭죽"이라 일컫고 있다. 이와 같은 중국 항만들의 급부상에 대하여 홍콩은 향후 15년 간의 항만 개발전략을 담은 "마스터플랜 2020"을 발표했다. 대만도 "뉴대만 프로그램"을 수립하여 아시아의 물류·유통센타를 지향하고 있으며, 특정항만 육성을 지양해온 일본까지도 "슈퍼 중추항만육성계획"을 마련하여 허브항 경쟁에 뛰어 들었다. 그러나 우리나라가 이처럼 급변하는 동북아 물류환경에 적절히 대응하지 못하고 있다는 지적이 나오고 있다. 따라서 앞으로는 항만개발의 시의성을 높이고, 항만운영의 생산성을 극대화하는 동시에 선사들의 요구에 철저히 부응해 나가는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.[5)]

항만을 둘러싼 환경이 급격히 변화함에 따라 물동량 확보를 위한 항만 간 경쟁이 갈수록 치열해 지고 있다. 이에 따라 각국 항만들은 대대적인 항만시설투자를 통한 중심항 개발전략을 추구하는 동시에 항만운영의 효율성 증대를 통한 경쟁력

---

4) 김안호, 차용우, "항만관리운용의 효율화 방안," 『경영경제연구』, 제25집 2호, 조선대학교 경영경제연구소, 2002. 12. 31, p.21.
5) 이정욱, "항만운영 생산성 극대화를," 『경향신문』, 2004. 5. 19일자.

강화에 노력하고 있다. 이 같은 항만간 경쟁은 동아시아지역도 예외는 아닌바, 홍콩과 선전, 싱가포르와 탄중펠레파스, 상하이항과 부산항 간 경쟁이 그 대표적 예이다. 이들 항만은 급변하는 세계경제환경 하에서 경쟁항만에 대해 경재우위를 확보하기 위해서 노력하고 있으며, 이러한 항만의 경쟁우위를 좌우하는 가장 중요한 결정요인 중 하나가 바로 항만의 효율성이다. 이러한 항만효율성은 비단 개별 항만의 경쟁력에만 국한되는 문제가 아니며, 해상운송비용 절감을 통해 한 나라의 수출경쟁력을 제고하는 데 중요한 역할을 한다.[6)]

위와 같이 세계적으로 급변하는 해운과 항만운영체제에서의 환경변화를 적극적으로 수용하지 못하고 또한 능동적으로 대처할 수 없는 항만은, 치열한 항만간의 경쟁에서 필연적으로 도태될 수밖에 없는 상황에 직면해 가고 있다.

따라서 위와 같은 상황을 냉철하게 파악하고 철저하게 대비하고 타개하기 위해서 본 논문의 연구목적을 크게 세 가지로 나누어서 제시하고자 한다. 첫째, 항만 및 컨테이너 항만의 효율성을 실증적으로 측정하는 부분에 대한 연구를 체계적으로 정리하고 진작시키고자 한다. 즉, 한국에서는 개별 무역항만의 효율성을 10년에 걸쳐서 실증적으로 측정한 연구는 거의 전무한 편이다. 특히 DEA(Data Envelope Analysis: 자료포괄분석, 이하 DEA라 칭함)기법을 다양하게 적용하여 분석한 연구는 극소수에 불과하다. 따라서 항만의 효율성과 관련된 기존연구들을 체계적으로 정리하고 다양한 DEA기법을 소개함으로써 이 분야 연구를 촉진시키고자 한다. 둘째, 항만환경변화에 능동적으로 대처하는 한편 항만의 효율성을 증대시킬 수 있는 이론적, 실증적 근거를 제시함으로써 국내에서의 기존연구의 한계를 극복하고자 한다. 즉, 기존의 연구들이 심도 있게 다루지 못했던 국내무역항만들의 효율성을 10년에 걸쳐서 다양한 DEA기법들인 CCR모형(Charnes, Cooper and Rhodes, 1978), BCC모형(Banker, Charnes and Cooper, 1984), 규모의 효율성 모형, Malmquist모형을 통해서 측정함으로써 국내 무역항만들을 효율적인 항만과 비효율적인 항만을 구분하고자 한다. 셋째, 항만들의 규모의 효율성을 도표를 통

6) 한철환, “항만의 성과와 효율성 결정요인에 관한 실증연구 ,”『월간 해양수산』, 제 221호, 해양수산개발원, 2003. 2, p.25.

해서 그 영역을 살펴보고 10년간의 추세를 분석해 보고자 한다. 넷째, 무역항만들의 비효율적인 문제를 해결하기 위한 정책적인 방안을 제시함으로써 무한경쟁시대에 직면해 있는 한국의 무역항만들의 효율성 증진에 이론적 기초를 제공하는 한편 연구가 부진한 이 분야에 이론적, 실증적 근거를 마련하는데 본 논문의 연구목적이 있다.

제 2 절 연구의 방법 및 범위

본 연구에서 사용한 방법은 이론적 접근방법과 실증적 접근방법을 동시에 수행하였다. 이론적 접근에 있어서는 항만의 효율성 또는 생산성과 관련된 국내와 선진국 학자들의 기존연구들을 비평적으로 검토하여 하였다. 그리고 이론적인 내용을 한국의 경우에 적용해 보기 위한 실증분석은 3가지 DEA기법을 이용하였다. 즉, 효율성을 측정하기 위해서, 기존의 함수적 측정법,비율분석측정법,회귀분석측정법에 의거한 방식보다도 우월한 것으로 인정되고 있는 DEA기법 중에서 기본적인 CCR-BCC모형, 규모효율성모형, 그리고 10년간의 효율성의 추세를 분석할 수 있는 Malmquist모형을 이용하여 실시하였다.

실증분석을 위한 10년간의 통계자료(1994년-2003년)는 한국해양수산부(구 한국해양항만청)에서 발행하고 있는 "해운항만통계연보"를 이용하였다. 또한 2개의 투입요소와 3개의 산출요소를 이용한 실증분석을 하기 위해서 사용한 통계소프트웨어는 컴퓨터 package인 엑셀과 LP모형의 최적해를 구하기 위한 LINDO package를 함께 사용하였다.

본 연구의 분석대상기간은 항만에 대한 관심이 높아진 기간이 최근임을 감안하여 1994년부터 2003년까지 10개년을 대상으로 하였다. 다만 본 연구에서 이용하고 있는 투입요소와 산출요소는 통계자료의 수집상의 문제 때문에 2개(접안능력, 하역능력)의 투입요소에 3개(수출물량, 수입물량, 입출항척수)의 산출요소에 대하여 실증분석을 시행 하였다. 모든 자료는 연도별 자료를 이용하였다.

요컨데 본 논문의 연구방법은 첫째, 이 분야에 대한 국내와 국외의 선진국학자

들의 기존연구를 학자별로 정리하고 고찰함으로써 이론적 체계를 정립하였다. 둘째, 국내 26개 무역항만(원래는 27개 항만이었으나 통계자료의 미비로 장승포항은 제외함)의 효율성을 실증적으로 검증하기 위한 다양한 DEA모형들을 소개하였으며, 통계자료의 수집이 가능한 범위내에서 선진국의 학자들의 연구에서 이용된 투입-산출요소를 근거로 하여 본 논문에서 이용할 투입요소와 산출요소를 선정하였다. 셋째, 통계적 자료를 이용하여 국내 26개 무역항만에 대한 효율성에 대하여 실증분석을 실시함으로써 항만별 연도별 효율성을 제시하고 그러한 내용을 비교하고 분석하였다.

요컨대, 본 논문의 연구범위는 다음과 같다.

첫째, 국내와 선진국에서의 발표되었던 일반항만 및 컨테이너항만의 효율성과 관련된 연구들(DEA기법을 이용한 연구를 포함)을 검토하고 그러한 연구들의 한계점을 제시한다. 둘째, DEA기법을 이용하여 국내의 26개의 무역항만에 대한 효율성을 분석하고 해석한다. 셋째, 그러한 결과를 토대로 항만의 효율성을 증진시키기 위한 항만운영의 효율적인 방안과 지원정책면에서의 개선방안을 제시하는 것으로 한정한다.

제 3 절 논문의 구성

본 논문의 구성은 제 1 장 서론에 이어 제 2 장에서는 최근의 항만 및 컨테이너항만의 생산효율성과 관련된 국내와 선진외국에서의 기존연구들을 검토한다. 제 3 장에서는 항만효율성에 대한 이론적인 고찰을 한다. 제 4 장에서는 3가지 DEA기법을 이용하여 국내 26개 무역항만의 효율성을 측정하고 그 결과를 비교분석한다. 제 5 장에서는 정책적인 함의와 논문의 한계가 요약과 함께 제시되었다.

제 2 장 기존연구에 대한 검토 및 한계점

제 1 절 국내외 기존연구

컨테이너항만의 생산성(또는 생산효율성)방법을 포함시킨 국내에서의 기존연구는 대표적으로 전일수・김학소・김범중(1993. 12), 하동우(1996. 12)[7], 전국경제인연합회(1997. 12)[8], 오성동-박노경(2001)[9], Chul-Hwan, Han(2002)[10], 박노경(2002. 8)[11]의 연구가 있다. 컨테이너항만(항만)의 생산효율성과 관련된 외국에서의 연구는 G. De Monie(1987)[12], T. J. Dowd and T. M. Leschine(1990)[13], D. K. Fleming (1997)[14], K. Cullinane, D. W. Song, and R. Gray(2002)[15]이 있다. 국내외 기존연구에

---

7) 하동우, 『동북아 주요 컨테이너항만간 경쟁여건 분석』, 해운산업연구원, 정책자료 137, 1996. 12.

8) 전국경제인연합회, 『항만의 경쟁력 제고과제』, 전국경제인연합회조사연구자료, 산업정책 97-3, 1997. 9. 20.

9) 오성동・박노경, " 컨테이너항만의 국제경쟁력 분석방법 : DEA접근," 『한국항만경제학회지』, 제17권 1호, 한국항만경제학회, 2001. 5, pp.27-52.

10) Chul-Hwan. Han, " An Empirical Study on the Determinants of Port Performance and Efficiency," *Proceedings of the 2nd International Gwangyang Port Forum and Int'l Conference for the 20th Anniversary of Korean Association of Shipping Studies*, Korean Association of Shipping Studies, April 24-26, 2002, pp.247-259.

11) 박노경, "생산효율성에 의한 컨테이너항만의 지배-피지배 관계 분석: FDH모형접근," 『한국해운학회지』, 제35호, 한국해운학회, 2002. 8, pp.119-140.

12) G. De Monie, "Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity," *UNCTAD MONOGRAPHS on PORT MANAGEMENT,* No.6, International Association of Ports and Harbors, September 1987, pp.2-11.

13) T. J. Dowd, and T. M. Leschine, "Container Terminal Porductivity: A Perspective," *Maritime Policy and Management*, Vol.17, No.2, 1990.

14) D. K. Fleming, "World Container Port Rankings", *Maritime Policy and Management*, Vol.24, No.2, 1997, pp. 175-181.

15) K. Cullinane, D. W. Song, and R. Gray, "A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia: Assessing the Influence of Administrative and Ownership Structures," *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* Vol.36, No.8, October 2002, pp.743-762.

대한 내용은 <표 2-1>에 제시하였다.

한편 항만의 생산효율성분석과 관련하여서는 다양한 방법들이 사용되어져 왔는데 그 중에는 DEA방법을 채택한 연구도 포함이 된다. 이 분석방법은 원래는 공공단체나 비영리단체의 생산성분석을 목표로 하였다. Charnes, Cooper and Rhodes[16](1978)가 개발하였으며 많은 분야에서 이용되고 있는 기법이다. 이 방법에 의거하여 효율적인 의사결정단위(Decision Making Unit : DMU)가 최적포괄(optimum envelope)로서 정의되며 그것은 비효율적인 단위들의 참조단위로서 역할을 하는 선형결합을 말한다. 생산함수방법을 DEA접근방법과 비교한 연구는 Fecher et.al.[17]과 Ferrer and Lovell[18]에 의해서 행해졌으며 두 방법사이에 긍정적인 상관관계가 있음을 발견하였다. 또한 항만의 생산효율성분석에 DEA기법을 적용한 최근의 예는 Y. Roll and Y. Hayuth(1993)[19], Jose Tongzon(2001)[20], Valentine and Gray(2002)[21] 의 연구에서 찾아 볼 수 있다.

---

16) A. Charnes, W. W. Cooper and E. Rhodes, "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of DEA to Program Follow Through," *Management Science*, Vol.27, No.6, 1981, pp. 668-697.

17) F. Fecher, D. Kessler, S. Perelman and P. Pestieau, "Productive Performance of the French Insurance Industry," *Journal of Productivity Analysis,* Vol.4, No.2, 1993, pp. 77-93.

18) G. D. Ferrier and K. Lovell, "Measuring Cost Efficiency in Banking: Econometric and Linear Programming Evidecne," *Journal of Econometrics,* Vol. 46, 1990, pp. 229-245.

19) Y. Roll and Y. Hayuth, "Port Performance Comparision Applying Data Envelopment Analysis(DEA)," *Maritime Policy and Management,* Vol.20, No.2, 1993. pp. 153-161.

20) J. Tongzon, "Efficiency Measuremnet of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis," *Transportation Research Part A,* Vol.35, 2001, pp.113-128.

21) V. C. Valantine and R. Gray, " Competition of Hub Ports: A Comparison between Europe and the Far East," *Proceedings of the 2nd International Gwangyang Port Forum and Int'l Conference for the 20th Anniversary of Korean Association of Shipping Studies*, Korean Association of Shipping Studies, April 24-26, 2002, pp.161-176.

<표 2-1> 항만 및 컨테이너항만의 생산효율성에 관한 국내외 기존연구

연구학자 / 구분	F. Suykens(1987)	G. D. Monie(1987)	W. K. Talley(1988)
분석대상국가	유럽	파키스탄	-
분석대상	엔트워프, 함부르크, 브레멘, 노테르담	카라치항만	-
표본수	4	1	-
분석모형	부두노동자 1인당 화물처리량, 정박시간당 선적화물의 톤수, 노동자 1인당의 시간당 화물하역량, 부두정박시간당 화물하역량, 콘테이너 화물처리의 측정모형	항구에서 선박의 정박과 관련된 변수, 화물처리에 대한 변수, 항구통과시 내륙운송수단에 대한 서비스품질변수	공학적측정모형(ship/apron이전능력, apron/storage이전능력, yard보관능력, storage/내륙수송이전능력, 내륙수송단위처리능력) 경제적측정모형(단위당 비용절감능력)

연구학자 / 구분	A. Sachish(1996)	D. K. Fleming(1997)	J. Tongzon(2001)
분석대상국가	이스라엘	전세계	전세계
분석대상	Ashdod and Haifa	전세계 컨테이너항만	전세계항만
표본수	2	25	16
분석모형	공학적 접근모형 투입요소:노동,건물,기기,기타 산출요소:년간화물처리건수	TEU Throughput Data	DEA모형: CCR과 가법모형 산출요소:Cargo Throughput, Ship Working rate 투입요소:크레인수,Berth수,Tug수,터미널수,Delaytime,Labor

연구학자 / 구분	T. J. Dowd and T. M. Leschine(1990)	E. G. Frankel(1991)	Y. Roll and Y. Hyuth(1993)
분석대상국가	미국	-	이스라엘
분석대상	-	-	가상적인 20개 항구
표본수	-	-	20
분석모형	생산성측정과 생산성에 영향을 미치는 요소 ; 터미널운영요소, 생산성에 영향을 미치는 체계적인 요인, 운영에 영향을 미치는 기타 제약요인, 생산측정모형, 측정된 생산성요인	사용자 중심의 성과측정모형 (선박관련비용, 화물처용,선박보관비용, 피더비용) 항구사용자의 비용중심모형(고정비용, 화물량과 처리능력의 기회비용, 화물량과 톤당비용과 처리비용, 화물보관과 이전비용, 화물이전 빛검사비용	DEA모형 : CCR모형 산출요소 : 화물처리능력,서비스수준, 사용자만족, 선박이용회수 투입요소 : 연간노동력의 연평균수치, 헝구당 연간 총투자자본과 긱설비, 화물의 통일성

연구학자 / 구분	전일수・김학소・김범중 (1993)	하동우(1996)	전국경제인 연합회(1997)	오성동・박노경 (2001)
분석대상국가	전세계각국	동북아	전세계각국	전세계,동북아
분석대상	1991년도처리물동량기준 세계20위 콘테이너항만	동북아콘테이너 7개항만	-	콘테이너항만 28개
표본수	20	7	9-13	28
분석모형	1. 전통적분석방법 (토지이용율,안벽당 년간 취급량,크레인 1기당취급량, 터미널면적당년간취급량,TGS회전율과 슬로트회전율) 2. 복합효용함수이용방법 (항만입지,항만시설,항만이용물동량구성,서비스수준,부두운영형태)	TEU/선석, TEU/m TEU/GC	취항실적, 물류비용,서비스수준,입지	DEA기법 중에서 CCR, BCC기법을 이용하여 생산효율성을 분석함으로써 컨테이너항만의 경쟁력분석방법을 확장시킴. 1. 투입요소:안벽길이, G/C 수,CY면적,CFS면적 2. 산출요소:총물동량,항만 사용량

연구학자 / 구분	V.F. Valentine and R. Gray(2002)	K.Cullinane, D.W. Song, and R. Gray(2002)	Chul-Hwan, Han(2002)
분석대상국가	유럽과 동북아시아	아시아	아시아
분석대상	유럽과 동북아시아 12개 컨테이너항만	아시아 15개 컨테이너항만	아시아 항만 25개
표본수	12	15	38
분석모형	A. 군집분석 1. 조직구조 2. 소유권 B. DEA Analysis 1. 투입물: 컨테이너수, 선석의 총길이, 컨테이너선석의 총길이 2. 산출물: 총화물처리 총톤수	확율프론티어모형 1.투입물: 터미널 안벽길이, 터미널면적, 화물처리기기수 2.산출물: 컨테이너처리량(TEUs)	콥다글라스 로그-선형모형 생산함수 1. 종속변수: 터미널의 컨테이너 처리량, 선석이용율을 나타낸 터미널 효율성 2. 독립변수: 항만의 지리적 입지, 선사의 직기항 서비스횟수, 각국의 경제활동수준, 총크레인 생산성, 선석면적, 야드처리량

연구학자 / 구분	박노경(2002.8)	강상곤(2001.2)	송재영(2004.8)
분석대상국가	전세계 20개 국가	세계 50대 국가	세계 53개 국가
분석대상	전세계 20개의 컨테이너항만	세계 50대 컨테이너항만과 터미널	세계 53개 컨테이너항만
표본수	20개	항만(97년 35개, 98년33개), 터미널(68개)	53개(1996년 -2003년)
분석모형	1. 투입요소:안벽길이, G/C수,CY면적,CFS면적 2. 산출요소:총물동량,항만사용량	1.투입요소: 선석총길이, 터미널총면적, 각종하역장비 2. 산출요소: 양하시 적·공컨테이너처리량 적하시 적·공컨테이너처리량	1.투입요소: 선석길이, 총면적, G/C장비, 야드장비, 컨테이너야적장면적, 평균작업시간 2.산출요소: 총컨테이너처리물량(TEU),

출처 : 박노경(2002.8), pp.122-124에 새로운 내용을 추가하였음.

제 2 절 기존연구의 한계점

1. 국내기존연구의 한계점

첫째, 전일수외 2인(1993), 하동우(1996), 전국경제인연합회(1997)는 항만이나 컨테이너항만의 경쟁력제고를 항만의 운영 및 관리에 초점이 맞추어져 있다.

둘째, 오성동-박노경(1998), 박노경(2002)은 단년도의 자료를 이용하여 컨테이너항만의 생산효율성과 항만간의 지배-피지배관계를 분석하였다.

셋째, 강상곤(2001), 송재영(2004)도 외국항만의 경우를 다루었다.

따라서 한국의 26개 무역항들이 특정한 투입요소와 산출요소를 고려하여 DEA기법에 의한 상대적 효율성을 측정해 보았을 때, ① 규모수확불변과 규모수확가변하에서 국내무역항만들의 효율성은 어떻게 변화해 왔는가, ② 규모의 효율성은 어떤 변화를 보이고 있는가, ③ 10년간의 국내무역항만들의 동학적인 효율성 변화추세는 어떤 모습을 보이는가 등과 같은 10년이라는 장기의 기간을 26개 국내무역항만을 대상으로 하여 DEA기법으로 생산효율성을 분석한 연구는 한국에서는 한번도 시행된 적이 없다.

2. 국외기존연구의 한계점

외국의 항만의 생산성에 대한 연구는 한국의 경우보다 훨씬 활발하게 전개되고 있다. 특히 본 논문의 주제와 일치하거나 유사한 내용을 갖는 연구는 Roll and Hayuth(1993), Arie Sachish(1996), Tonzon(2001), Valentine and Gray(2002)의 연구를 들 수 있다.

그러나 위의 연구들도 첫째, 단년도의 분석에 그쳤다, 둘째, 다양한 DEA모델을 제시하지 못하였다., 셋째, 다년도분석을 Malmquist기법을 통해서 보여주지 못했다는 한계를 가지고 있다.

제 3 장 항만의 효율성측정에 관한 이론적 고찰

제 1 절 항만효율성에 대한 이론적 접근

항만의 효율성, 생산성, 생산효율성, 효과성, 수익성에 대한 개념은 요즈음에 혼용하여 사용되는 경향이 있다. 그러나 학술적인 측면에서 보았을 때, 위의 용어들은 분명하게 구분하여 사용할 필요가 있다. 따라서 본 절에서는 효율성에 대한 내용을 중심으로 생산성, 생산효율성의 내용을 살펴보고, 효과성, 수익성의 개념과의 차이점도 살펴본다.

1. 효율성의 이론적 접근

(1)효율성의 정의

효율성(Efficiency)이란 "투입량에 대한 산출량의 비율"을 의미한다.[22] 즉 최소의 비용으로 목적하는 바의 성과를 여하히 달성하는가 하는 문제이다. 이것은 기술적효율성(technical efficiency, 생산가능곡선 상에 위치하면 효율적이고 그 하부에 위치하면 비효율적임을 의미함), 규모의 효율성(scale efficiency, 한 단위의 투입물을 증가(감소)시켜도 한 단위의 산출물을 더 이상 증가(감소)시킬 수 없는 경우를 말함), 배분의 효율성(allocative efficiency, 조직의 목표에 따라서 배분효율성이 다르게 나타남)으로 나뉜다.

(2) 효율성과 유사한 용어에 대한 정의[23]

1)효과성(effectiveness)

---

22) Robert N. Anthony and John Dearden, *Management Control Systems,* Richard D. Irwin Inc., 1980, p.8.

23) 이정호, "국내 수출입항만의 효율성측정에 관한 실증적연구," 박사학위논문, 전북대학교 대학원, 1998, p.9-11.

효과성이란 어느 조직의 목표나 목적에 대한 업무의 공헌도(달성도)를 의미하며, 효율성보다는 범위가 넓지만 계수화하기(양적으로 표현하기) 어려운 불확실성을 갖는다.

2) 생산성(productivity)

생산성이란 협의로 설명할 때 "투입과 산출간의 비율"로 정의할 때는 효율성과 차이가 없다.[24] 즉 조직의 목표내지 설립목적에도 불구하고 최소의 비용으로 최대의 효율적인 이익을 거둘 때 조직의 생산성은 극대화된다. 그러나 최근에는 생산성을 광의로 해석할 때 효율성과 효과성의 상위개념(생산성 = 효과성 / 효율성)으로 파악하고 있다.

한편 ILO(International Labor Organization)의 정의에 의하면 생산성이란 "부의 산출량과 자원투입량과의 비율"이라 하고, 산출량은 "설비, 자원, 에너지, 노동, 기술 등 다수의 요소가 결합된 투입의 결과로써 얻어지는 것"이라고 하였다.[25] 이러한 생산성을 측정하기 위한 접근방법에는 총생산성(total productivity),부분생산성(partial productivity), 총요소생산성(total factor productivity) 등 세 가지로 크게 구분할 수 있고 이를 지수형태로 나타내고 있다. 총생산성은 [산출량(금액)]/[노동+자본+에너지+원재료+기타경비]로 부분생산성은 투입요소의 종류에 따라 노동생산성의 경우[산출량(금액)]/[노동] 등으로, 총요소생산성은 [산출량(금액)-중간재투입액]/[가중된 노동투입시간+총자본]으로 측정된다. 일반적으로 부분생산성은 측정상의 용이함과 다양함으로 기업에서 활용도가 높지만 생산활동을 위해 투입한 모든 요소들을 종합적으로 고려하지 않기 때문에 기업 전체적인 수준에서의 생산성측정에도 부적합하다. 총요소생산성은 경제학적인 측면에서는 유용하지만 산출량을 부가가치로 계산하므로 중간재투입이 원가의 큰 비중을 차지할 경우 원재료 투입이 생산성측정에 반영되지 않는 등의 문제가 있어 생산효율측정에 부적합하

---

24) David Bain, *The Productivity Prescription: The Manager's Guide to Improving Productivity and Profit*, Mc Graw-Hill Co., 1982, p.51.
25) 정수영, 『신경영학원론』(서울:박영사,1971), p.177.

다. 따라서 총체적인 산출과 투입이 함께 고려되고 있는 총생산성이 기업 전체적 수준의 효율성평가에 보다 유용하다고 하겠다.[26]

자주로 생산성(productivity), 효율성(efficiency), 효과성(effectiveness)이란 용어가 사용되는데 효율성과 효과성이란 공공수송회사의 성과평과에 관한 논문에서 발견할 수 있다. 특히 효율성목표는 생산된 산출물과 관련이 있으며, 효과성목표는 소비된 산출물과 관련이 있다. 효율성이란 회사가 효과적이기 위한 필요조건이다.[27]

3)수익성(profitability)

일정투입물을 소비하여 생산된 산출물의 시장가치와 투입물가치를 말한다.[28] 즉, 비용측면이 강조되는 용어로서 효율성과 밀접한 관계를 갖는다. 그러나 수익성은 투입물과 산출물간의 비율에 가격효과를 포함하고 있어 비효율적인 경우에도 가격효과를 통하여 수익성은 오히려 증가할 수 있다.

4) 효율성, 효과성, 생산성, 수익성의 관계

① R. Mali교수의 견해[29]

다음과 같은 공식을 통해서 효율성과 유사용어의 관계를 설명하였다.

* 생산성지수 = 획득된산출물 / 투입물 (3-1)

= 달성된 성과 / 사용된 자원

= 유효성 / 효율성

---

26) 손승태, 『국내은행의 경영효율성 비교분석』, (서울:한국개발원,1993.5), pp.24-26.

27) W. K. Talley and P. Anderson, " Effectiveness and Efficiency in Transit Performance : A Theoretical Perspective ," *Tansportation Research,* Vol.15A, 1981, pp.431-436.

28) David M. Miller, "Profitability = Productivity + Price Recovery," *Harvard Business Review*, May-June 1984, p.145.

29) R. Mali, *Improving Total Productivity : MBO Strategies for Business*, Government and Not-for-profit Organization, 1978, p.6.

② 미국생산성본부의 견해[30)]

* 수익성 = 매출액 / 비용 (3-2)

= (산출물 x 가격) / (투입량 x단위당비용)

= (산출물/투입량) x (가격 x 단위당비용)

= 생산성 x "price recovery:가격효과"

2. 항만의 효율성[31)]

항만의 효율성은 터미널의 효율성이 가지는 성격과는 달리 그 항만에 소속되어진 터미널의 각각의 실적에 따라서 항만의 평가가 내려진다. 즉, 한두개의 터미널의 실적이 부족해도 나머지 터미널에서 그 부족한 부분을 메워주면 충분히 상위권의 항만으로 진입할 수 있는 것이다. 이 말은 각 터미널의 장단점을 잘 살려서 개발하면 시설과 장비의 다수 또는 노후화와 상관없이 충분한 경쟁력을 지닐 수 있다는 뜻이 된다. 반면에 터미널의 효율성은 항만의 효율성과는 다른 점이 있다. 개별 터미널의 시설 및 장비의 수와 컨테이너 처리량의 다수에 따라서 그 분석결과와 의미가 크게 차이가 난다. 하드웨어적인 측면이 강화되어 있다면 평균적인 컨테이너 처리량이 늘어난다는 의미이고 반대로 컨테이너 처리량이 적다면 이를 취급할 수 있는 시설 및 장비의 수가 적거나 노후화 되어 있을 것이라고 추측할 수 있을 것이다. 이에 따라서 항만의 효율과 비효율을 가늠해 볼 수가 있다.

(1) 항만의 효율성 측정시 필수고려사항[32)]

---

30) D. J. Sumanth, *Productivity Engineering and Management*, Mc Graw-Hill, 1984, pp.105-106.

31) 강상곤, "DEA모형을 이용한 컨테이너 항만 및 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구," 석사학위논문, 한국해양대학교 대학원, 2001, p.5.

32) 박노경, "항만의 생산성 측정에 관한 이론적 고찰," 『한국항만경제학회지』, 제14집, 한국항만경제학회, 1998. 8, pp.99-100.

항만의 성과는 선박, 화물, 내륙운송수단에 따라서 달라진다. 즉, 항만의 성과나 생산성은 단하나의 값이나 측정치에 근거하여 평가될 수 없다. 따라서 항만생산성을 측정할 때는 다음의 세가지 사항을 포함하여야만 한다. 즉, (1) 항구에서 선박의 정박기간(The duration of a ship's stay in port), (2) 화물처리의 품질(The quality of the cargo-handling), (3) 항구를 통과하는 동안 내륙운송수단에 대한 서비스품질(The quality of service to inland transport vehicles during their passage through the port)이다.

1) 항구에서 선박의 정박기간[33]

항만을 통한 선박생산성측정시 필수적으로 고려해야 할 사항은 다음과 같다. 첫째,특정 기항(call)에 대하여 특정선박의 "총입출항시간"이다. 그러나 총 시간가치는 그 자체로서 절대적 의미가 있는 것은 아니며 더욱 실증적인 검토가 필요하다. 따라서 둘째, 그러한 call동안에 처리해야만 될 화물톤수의 함수로서 항구에서의 총입출항정박시간이다. 셋째, 화물구성에 비추어서 항구에서의 총입출항정박시간을 고려해야 한다. 요컨데 선석에서 정박을 위한 선박의 대기시간(ship's waiting time for a berth),선석에서 정박시간(ship's time at berth)이 항구에서 선박과 화물지체의 결정적 판정요소가 된다.

2) 화물처리의 품질[34]

정박시간은 화물처리를 위한 작업시간과 비작업시간으로 구분된다. 결과적으로 화물처리활동의 성과는 선박에 대한 서비스품질을 결정하며 따라서 특별한 분석을 해야한다. 화물처리성과을 효과적으로 측정하기 위해서는 두 그룹의 지표가 필요하다. 즉, ① 산출물지표(indicators of output), ② 생산성지표(indicators of

---

33) G. De Monie, "Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity," *UNCTAD MONOGRAPHS on PORT MANAGEMENT,* No.6, International Association of Ports and Harbors, September, 1987, pp.2-11.

34) *ibid.*, pp.12-18.

productivity)이다.

산출물지표는 특정기간에 행해진 총작업 양, 또는 지정된 시간에 처리한 톤수에 대한 정보를 제공한다. 항구에서 가장 통상적으로 이용되는 산출물지표는 다음과 같다. ① 선석에서 화물처리량(berth throughput), ② 선박의 산출물(ship output), ③ 부두노무자의 산출물(gang output)이다.

①선석에서의 화물처리량(berth throughput)

선석에서 화물처리량이란 정해진 기간동안 선석에서 처리된 화물총톤을 측정한다. 이것은 주, 월, 년별로 표시된다. 그러나 그것은 기기들이 얼마나 효율적으로 관리되어 왔는지에 대한 지표는 제시하지 못한다. 더욱이 이 조치는 취급화물의 타입,이용된 화물처리기법(grabs, 콘베이어벨트, 전통적인 기어, 콘테이너 취급기기), 루트방법(직/간접루트), 측정단위(가중톤, 운임톤, 용적톤)를 명시함으로써 더욱 차별화 되는 경우에만 의미를 갖는다

② 선박의 산출물(ship output)

선박산출물측정은 화물처리활동이 어느 정도로 잘 이루어지는 지에 대한 분명한 지표를 제공한다. 그럼에도 불구하고 이러한 수치는 선석에서의 화물처리량에서 언급한 바와 같이 분명히 구분할 필요가 있다. 상용하는 측정방법 속에는 다음의 내용이 포함되어야 한다. 즉, ① 선박작업시간당 톤, ② 선박정박시간당 톤, ③ 선박항구당 톤이다. 위의 수치사이의 차이는 정박중이거나 항구에서 선박에 대한 상당한 시간손실을 보여준다.

③ 부두노동자의 산출물(gang output)

이것은 특정한 시간간격(hours)으로 처리된 화물의 평균수량(tonnes)이다. 이것은 노동력의 성과에 매우 중요한 수치이다. 그러나 더욱 중요한 수치는 “노동자 일인당 산출물 / 시간”이다. 특히 콘테이너 터미널에서는 “총 또는 순 크레인 시간당 처리콘테이너 수(containers per gross or net crane hour)″로 측정하는 것이

현실적이다.

3) 항구를 통과하는 동안 내륙운송수단에 대한 서비스품질

항만이 발전하려면 항만시설자체 뿐만이 아니라 내륙운송수단과의 연계를 위한 사회적 간접기간망시설이 완비되어야만 한다. 그렇지 않을 때는 선박들이 기항을 회피하게 되고 항만의 발전은 기대할 수 없게 된다. 이것에 대한 측정방법은 철도, 도로에 대한 이용편의성, 신속성 등을 감안한 만족도에 의한 척도로 분석이 가능할 것이다.

4) 세부적인 고려사항

위에서 설명한 방법에 의해서 나타난 수치가 불만족스러운 경우에는 산출과 생산성에 영향을 미치는 개별요소의 충격을 알아보기 위해서 다음과 같은 요소들을 세부적으로 검토해야만 한다.

ㄱ. 선박의 크기와 형태, 한 선박당 선적과 적하화물의 총톤수, ㄴ. 적화물의 크기(선하증권 당 평균톤수), ㄷ. 개별품목에 대한 단위크기, ㄹ. 포장(형태와 품질) ㅁ. 화물이동시 운송방법의 변화, ㅂ. 하역인부나 부두운영회사가 선택한 작업방법, ㅅ.이용된 리프팅기어나 화물처리기기, ㅇ. 갱의 크기, ㅈ. 기후조건, ㅋ. 정해진 범위내에서 항만선택의 횟수 등이다.

(2) 생산성지표[35]

최근의 항만생산성에 대한 지표를 살펴보면 ① 시설물이용에 대한 지표, ② 기본지표, ③ 2차적 지표로 나누어서 더욱 세분화시키고 있다.

---

35) 윤동한, “항만 생산성 최신개념 소개,” 『해양수산동향』, 제985호, 2000. 10. 30, pp.1-8.

3. 일반항만의 생산(효율)성[36] 측정방법[37]

항만의 생산(효율)성은 일반적으로 그들의 실제 화물처리량(단, 화물처리량은 특정기간 동안에 항만이 처리한 콘테이너 숫자나 톤으로 한다)을 최적처리량과 비교함으로써 평가할 수 있다. 최적처리량을 결정하기 위해서 일반적으로 이용되어온 공학적접근 측정방법(engineering approach method)은 항만이 천연적인 배후지를 갖고 있으며 비경쟁적 환경(규제)때 이용되어온 방법이다. 항만의 천연적인 배후지가 분산된 경쟁적(비규제)인 환경하에서는 최적화물처리에 대한 경제적 접근 측정방법(economic approach method)이 고려되어야만 한다. 그러한 환경하에서 항만은 그들이 정해진 양의 화물을 처리할 수 있는지 또는 타 항만과 경쟁할 수 있는지에 관심을 갖게 된다. 본 항에서는 경쟁적(또는 비경쟁적)인 환경하에서 최적화물처리를 결정하고 항만의 생산성을 측정하기 위한 공학적접근방법과 경제적접근방법에 의한 생산성측정방법을 이론적으로 제시하고자 한다.

(1) 공학적 접근 측정방법(engineering approach method)[38]

항만에 대한 공학적최적화물처리란 특정한 상황하에서 항만이 실질적으로 취급할 수 있는 극대화물처리량으로서 정의할 수 있다. 그동안 이론적인 측면과 실증

---

36) 생산성(생산효율성)이란 좁은 의미로서 '투입-산출간의 비율'로 정의할 때 위의 효율성과는 의미상 차이가 없다. 즉, 조직의 목표 내지 설립목적에도 불구하고 최소의 비용으로 최대의 효익을 거둘 때 조직의 생산성은 극대화된다. 그러나 최근 생산성을 넓은 의미로 보아 효율성과 효과성을 함축하는 상위개념, 즉 생산성=(효과성/효율성)으로 파악하는 입장이 대두되고 있다. 이러한 생산성을 측정하기 위한 접근방법에는 총생산성(total productivity),부분생산성(partial productivity),총요소생산성(total factor productivity) 등 세가지로 크게 구분할 수 있고 이를 지수형태로 나타내고 있다. 본 논문에서는 생산성, 생산효율성을 동일개념으로 사용한다.

37) 박노경, 전게논문, 1998, pp.101-104.

38) A. Sachish, "Productivity Functions as A Managerial Tool in Israel Ports," *Maritime Policy and Management*, Vol.23, No.4, 1996, p.343.
Wayne K. Talley, "Optimum Throughput and Performance Evaluation of Marine Terminals," *Maritime Policy and Management,* Vol.15, No.4, p.328.

적인 측면에서 최적화물처리에 대한 연구가 있어왔다. 이론적인 측면에서 공학적 최적성이란 항만을 효율적인 측면에서 최적비율로 운영했을 때 해당 항만의 극대 화물처리를 의미한다. 실증적인 측면에서 공학적최적화물처리란 실제 해당항만자료를 근거로 하여 극대화물처리를 추정하는 것이다. 대기행열이론(Queueing Theory)를 가미한 정교한 분석기법, 확률적이론, 시뮬레이션을 이용하여 항만에 대한 극대화물처리를 추정하였다.

항만에 대한 실증적인 측면에서 공학적 화물처리에 대한 단순화된 접근은 Hockney and Whiteneck's Port Handbook[39]에서 발견할 수 있다. 이 편람에서는 컨테이너항만과 일반항만의 화물처리에 대한 다양한 형태를 소개하고 있다. 특정 항만의 화물처리능력을 추정하기 위한 일정하게 조정된 방법(modular method)을 제시하고 있는데 여기서 생산성이란 항만이 정상적인 작업조건하에서 취급할 수 있는 극대년간 화물처리량(in tons of cargo)으로서 정의된다. 편람에는 정해진 종류의 화물에 대해서 전통적으로 취급해온 수량을 항만모듈을 고려하여 제시하였다. 여기서 항만모듈이란 특정한 종류의 화물에 대한 년간화물처리가치의 추정치를 제공할 수 있도록 고안된 가상적인 전통적 단선석(single-berth)모델 항만으로서 정의된다. 이러한 항만모듈은 특정한 항만의 능력을 추정하기 위한 기준으로서 항만이용자가 채택할 수 있는 것이다. 개별적으로 항만에 대한 생산성을 측정하기 위해서 모듈에는 다음과 같은 사항이 제시된다. 즉, 년간화물처리에 대한 전통적인 가치, 모델화된 항만에 대한 주요한 실질적인 특징에 대한 개관, 화물처리요소가치의 리스트, 화물처리구성요소의 상세목록, 구성요소를 조정할 수 있는 역할을 하도록 만드는 상세목록 등이다.

1) 현지생산성측정방법(local productivity measures)[40]

---

39) L. A. Hockney and L. L. Whiteneck, *Port Handbook for Estimating Marine Terminal Cargo Handling Capability,* Office of Port and Intermodal Development, Maritime Administration, Washington D. C., 1986.
40) A. Sachish, *op.cit.*, pp.343.

엔지니어링접근을 채택한 생산성지수측정의 한 방법으로서 비교(이용가능한 자원을 이용할 수 있는 공장의 능력을 반영하는 기준을 개발하고 그러한 목표에 대한 성과를 비교를 말한다. 즉, 여기서의 비교는 성취가능한 것과 성취되고 있는 것을 비교하는 것이다.)를 위한 근거로서 최근의 기준을 사용한다. 이 방법에 의거하여 엔지니어링기준은 현재의 기술을 표현하기 위해서 지속적으로 변화한다는 점을 강조하여야만 한다.[41] 엔지니어링기준은 산업엔지니어링기법에 의해서 일반적으로 결정되며 작업방법, 제품의 핵심, 기술 등등을 반영한다. 그러므로 공장구성요소중의 하나가 변화화면 산출물단위당 적절한 투입물과 현지생산성에서도 변화가 있게 되는데 이때 기준시점의 상황을 현재의 상황과 비교할 수 있도록 만들어 준다. 생산성은 한편으로는 기술의 발전을 표현하고 다른 한편으로는 다른 투입물 또는 산출물을 이용하는 경우의 수준에서 변화를 표현하기 위해서 분리할 수 있다.

2)비교생산성 측정방법(comparative productivity measures)[42]

어떤 기준년도의 일련의 정해진 요소의 기준을 이용하는 것이 비교생산성측정방법이다. 그러한 접근법에서 산출물단위당 표준투입물의 가치는 시간이 경과함에도 불구하고 고정된다. 그러한 방법은 기준기간의 생산기법을 이용하는 현재의 생산프로그램을 수행하기 위해 필요한 투입물과 비교하여 공장이 그들의 투입물을 어느 정도로 이용하는 정도를 측정한다. 그러므로 경영관리목표를 달성하기 위해서는 시간이 경과함에 따라 발생하는 생산계획에 있어서의 변화에 의거하여 현재의 투입물을 조정하는 것이다. 엔지니어링측정방법을 통해서 이런 투입물의 이용효율을 높일 수 있다. 한편 타 투입요소가 생산성에 미치는 효과를 파악할 수 있도록 다양한 투입물의 비용(가중계수)을 감안한 가중치를 부여한 부분생산성측정을 하는 것도 가능하게 된다. 따라서 총합생산성측정치는 개별투입물에 대

41) Y. Roll and A. Sachish, " Productivity Measurement at the Plant Level," *Omega,* Vol.9, No.1, 1981, pp.37-42.
42) A. Sachish(1996), *op.cit.*, pp.344.

한 부분생산성측정치나 그들을 가중시키는 역할을 하는 비용벡터에 따라 달라지게 된다.

(2) 경제적 접근 측정방법(economic approach method)[43]

경쟁적인 환경하에서 항만은 가장 저렴한 비용으로 정해진 수량의 화물을 처리할 수 있는지 여부와 그러한 화물에 대하여 타항만과 경쟁할 수 있는지가 중요하다. 항만은 만일 그들의 서비스의 비용을 낮출 수만 있다면 화물처리에 대하여 더욱 높은 경쟁력을 유지 할 수 있다. 따라서 공학적 접근에 의한 최적화물처리에 관한 측정방법이외에 경쟁적인 환경하에서 항만의 생산성을 높이기 위해서는 경제적 접근에 의한 측정방법의 도입이 필요하다.

정해진 기간동안의 경제적 최적화물처리란 경제적 목적이나 항만의 목적을 만족시키는 화물처리를 말한다. 그것은 항만터미널이 비용효율적인 경우, ① 경제적 효율성최적처리 또는 ② 경제적 효과성 최적처리로 분류할 수 있다. 즉, 최저비용으로 정해진 수준의 화물처리서비스를 제공하는 경우를 의미한다. 즉, 최저비용으로 정해진 수준의 화물처리서비스를 제공하는 경우를 의미한다. 공식으로 표현하면, 경제적 효율성을 갖는 화물처리란 항만에서 정해진 기간동안에 발생된 단위비용이 최저가 되는 수준에서 처리한 화물처리량(minimun unit cost/ throughput)을 말한다.[44]

경제적 효율성을 갖는 최적화물처리는 항만이 그들의 경제적 목적을 위해서 총합적인 경제적 운용목적을 갖는다는 것을 의미한다. 예를 들면, 만일에 항만에서 일부를 민간이 소유하고 있다면 해당터미널에서의 총합적인 운용목표는 이익을 극대화시키거나 최저이익제약조건하에서 화물처리량을 극대화시키는 것이 된다. 만일에 항만의 터미널을 정부나 공공기관이 소유하게 되면 운용목표는 운용적자를 0으로 하거나 정부에 의해서 지원받게 될 운용적자를 극소화하는 것을 조건으로 화물처리를 극대화 하는 것이 될 것이다.

---

43) Wayne K. Talley, *op.cit.*, p.329.
44) 도표를 이용한 설명은 *ibid.,* p.330을 참고 바람.

(3) 공학적접근측정방법과 경제적접근측정방법의 비교

항만의 생산성은 실제화물처리량과 최적화물처리량을 비교함으로써 측정할 수 있다. 그러나 경제적최적화물처리측정방법이 경제적 최적화물처리를 결정하는 경제적목적함수가 일반적으로 알려져 있지 않기 때문에 공학적최적화물처리측정방법보다도 어렵다. 따라서 경제적 목적함수에 대한 대체함수로서 이론적 엔지니어링최적화물처리에 대한 항만의 운용계획으로부터 추정할 수 있다.

경제적효율화물처리를 결정하기 위해서는 항만의 화물처리의 경제적 비용함수를 반드시 모델화하고 추정해야만 한다. 항만의 비용함수와 모델들에 대한 내용은 다음의 논문들에서 [(Jasson and Shneerson),(Schonfeld and Frank),(J. De Weille and A. Ray)][45] 찾아볼 수 있다. 경제적효율최적화물처리를 결정하기 위해서 경제적 비용함수가 모델화되고 추정되어야만 할 뿐만이 아니라, 항만의 화물처리에 대한 수요와 재정수입함수를 측정하여야 한다. 항만에서의 가격에 대한 연구[46]가 있어 왔음에도 불구하고 화물처리에 관한 수요와 비용함수에 대해서는 거의 관심을 갖지 않고 있다.

경제적최적화물처리를 결정하기 위해서 계량경제학적인 목적함수를 추정하기 보다는 오히려 다른 형태의 경제적 접근이 성과평가를 위해서는 유용하다. 그러한 접근은 항만의 성과가 시간이 경과함에 따라 개선되는지 여부에 관심을 가지는 것이다. 따라서 실제 최적화물처리를 결정하는 것이라기 보다는 최적화물처리에 접근하는 것을 의미한다. 그러한 접근법은 공공수송기업의 성과측정에 관한 논문[47]에서 발견할 수 있다.

---

45) J. O. Jansson and D. Shneerson, Port Economics, MIT Press, 1982.
P. Schonfeld and S. Frank, "Optimizing the Use of a Containership Berth," *Tansportation Research Record*, No.984, 1986, pp.56-62.

46) E. Bennathan and A. Walters, *Port Pricing and Investment Policy for Developing Countries*, Oxford Univ. Press, 1979.
A. Walter, "Marginal Cost Pricing in Ports," *The Logistics and Transportation Review*, Vol.11, 1975, pp.297-308.
I. Heggie, "Charging for Port Facilities," *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.8, 1974, pp.3-25.

공공수송기업의 생산성표준치는 수송기업의 경제적 목적함수의 선택변수라고 할 수 있다. 즉, 기업의 경제적 목적함수에서 나타나는 설명변수들이거나 그러한 수치들이 수송기업의 통제하에 있는 경우를 말한다.[48] 항만에 대한 생산성지표는 항만의 성과지표로서 예를 들면 크래인시간당 이동시킨 콘테이너숫자나 톤수이거나, 노동자 일인당 이동시킨 콘테이너 숫자나 톤수(the number of containers or amount of tonnage moved per crane hour and the number of containers or amount of tonnage moved per man hour)이다. 만일 생산성지표가 시간이 지남에 따라 개선된다면 항만터미널이 개선되고 있다고 결론지을 수 있다.

4. 컨테이너항만의 효율성측정방법[49]

(1) 컨테이너항만의 효율성 측정방법[50]

전세계적으로 사용이 가능한 컨테이너항만의 생산효율성 분석방법을 제시하면 아래의 <표 3-1>과 같다.

(2) 효율성 측정시 변수선택의 중요성

컨테이너항만의 효율성을 분석할 때 유의해야만 하는 사항은 어떤 분석기법을

---

47) W. K. Talley, "A Comparison of Two Methodologies for Selecting Transit Performance Indicators," *Transportation,* Vol.13, 1986, pp.201-210.

48) W. K. Talley, "An Economic Theory of the Public Transit Firm," *Transportation Research*, Vol.228, 1986, pp.45-54.

49) 박노경, 전게논문, 1998, pp.105-107.

50) 전통적 생산성분석방법론[1.컨테이너터미널의 구성단위에 대하여 그 기능에 따라서 분석평가하기 위해서 이용되는 방법, 2. 컨테이너터미널의 특성 및 능률을 종합적으로 분석평가하기 위한 방법]은 다음의 책자를 참조요망.
전일수, 김학소, 김범중, 『우리나라 컨테이너 항만의 국제경쟁력 제고방안에 관한 연구』, 해운산업연구원, 정책자료090, 1993. 12, pp.224-238.

선택하든지 간에 변수사이의 상호관련성문제가 중요하게 된다. 따라서 <표 3-1>과 관련된 요소들에 대한 시계열자료(크로스섹션자료 또는 패널자료)에 대한 다각적인 검증이 반드시 필요하게 된다.

<표 3-1> 컨테이너터미널의 효율성측정방법

터미널운영요소	생산성에 영향을 미치는 체계적인 요인들	운영에 영향을 미치는 기타 제약요인	생산성측정	측정된 생산성요소
컨테이너야드	면적,형태,배치,야드 취급방법,백스크기혼합,이용기간	새시를 포함하여 어느정도로 많은 컨테이너가 야드에 장치되었는가	①TEUs/yr/gross acre ②TEUs Capacity/net storage acre	①야드화물처리 ②야드보관
크 레 인	크래인의 특성 기술숙련도 훈련 화물이용가능성 고장,야드에서의 지원중단 선박특성	운영지체	①Moves/gross or crane hours minus down time ②Moves/gross gang or crane hours	①순생산성 ②총생산성
게 이 트	운영시간 래인숫자 자동화정도 자료의 이용가능성	무게측정,검사,서류화작업이 어느정도로 신속하게 이루어지고 있는가	①container/h/lane ②equipment moves/h/lane truck turn-around time	①순화물처리 ②총화물처리
선 석	선박스케쥴 선석길이 크래인숫자	선석이용효율화의 정도	container vessel shifts worked/yr/container berth	순이용도
노 동	갱의 크기 작업과 안전규칙 노동력의 숙련도,훈련,유인동기 선박특성	운영의 일반적인 속도	number of moves/ man-hour	총노동생산성

자료 : Dowd, T. J. and T. M. Leschine, "Container Terminal Porductivity: A Perspective," *Maritime Policy and Management,* Vol.17, No.2, 1990, p.111.

제 2 절 효율성 측정방법

기업 또는 특정한 항만의 효율성을 측정하는 방법은 단체의 측정목적에 따라

다양하게 구분할 수 있다. 본 절에서는 일반적으로 많이 이용되고 있는 측정방법들에 대하여 간략하게 소개하고자 한다.

1. 함수적 측정법(functional measurement)[51]

트랜스로그비용함수를 이용하여 다품목의 서비스를 제공하는 기업의 효율성을 측정하는 방법이다. 즉, Cobb-Douglas생산함수나 규모의 대체탄력성생산함수가 규모에 대한 수확불변을 사전적으로 가정하고 있거나 단일품목 생산구조에만 적용될 수 있음에 반하여 트랜스로그비용함수는 일반적인 함수형태이고 2차미분이 가능한 모든 형태의 함수의 테일러변형이라 할 수 있기 때문에 다품목 생산구조에 적합한 형태의 함수를 폭넓게 표현할 수 있다.

2. 생산성지수측정법(productivity index measurement)[52]

생산성을 측정하기 위한 접근방법으로서 총생산성[(산출량)/(노동+자본+에너지+원재료+기타경비)], 부분생산성[노동부분생산성: (산출량/노동)], 총요소생산성[(산출량-중간재투입액)/(가중된 노동투입시간+총자본)] 등 세가지로 구분하고 이를 지수형태로 표현하는 방법이다.

3. 비율분석측정법(ratio analysis measurement)[53]

비율분석측정방법은 기업의 재무제표를 이용하여 기업의 경제적 실태를 설명해

---

51) W. J. Baumol, J. C. Panzar and R. D. Willig, *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*, Harcourt Brace Jovanovich Inc., New York, 1982.
52) 조양제, "생산관리시스템도입을 통한 금융기관의 경영개선강화에 관한 연구," 『은행정보』, 1991. 4, pp.89-91.
53) 한국생산성본부,『전략적 계획 및 관리통제시스템을 위한 생산성 관리시스템의 활용방안 -은행산업을 중심으로』, 1990. 12, p.96.

줄 수 있는 재무비율을 계산한 다음, 이를 산업표준비율과 비교하거나 특정기업의 재무비율 추이를 관찰하여 기업의 수익성, 유동성, 안정성, 성장성 등을 분석한다. 최근에는 기업부실예측, 신용등급의 분류, 채권등급평가, 포오트폴리오결정 등 경영자의 의사결정에 그 이용도가 높아가고 있다.

4. 회귀분석측정법(regression analysis measurement)

(1) 회귀분석의 개념[54]

회귀분석이란 독립변수가 종속변수에 미치는 영향력의 크기를 측정하여 독립변수의 일정한 값에 대응되는 종속변수의 값을 예측하기 위한 방법을 말하며 상관관계분석은 변수들간의 관계의 강도, 즉 얼마나 밀접하게 관련되어 있는가를 분석하는 것을 말한다.

(2) 회귀분석 적용상의 문제점

회귀분석은 효율적인 투입-산출관계가 불명확한 부문에서의 생산관계를 분석하는데 사용되어져 왔다.

그러나 여기서 회귀분석은 개별 DMU의 효율성을 평가하는 경우에 문제가 발생하게 된다. 그 이유는 생산 및 비용관계에 대한 회귀분석의 추정치는 최소자승 추정치인데 이것은 생산-비용관계의 평균 또는 중심성향을 반영하고 있기 때문에 자료군 속에 효율적, 비효율적 요인을 함께 내포하게 된다.

따라서 회귀분석의 대상이 모두 효율적인 경우에만 효율적인 관계를 반영하게 되는데 결과적으로 대상에 대한 효율성을 제대로 반영할 수 없게 되는 상황을 초래하게 된다.

(3) 회귀분석의 측정종류

54) 박정식 · 윤영선, 현대통계학(서울: 다산출판사,1987), p.372.

1) 다중회귀모형에 의한 측정[55]

분석자가 효율성평가를 위해서 여러 가지 투입수준의 함수로서 조직의 산출물에 대한 다중회귀분석을 실시 할 수 있다.

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 \cdots\cdots + b_nx_n$$

(3-3)

$$Y = b_0 + \sum b_ix_i$$

Y : 산출물 x_i : i 요소투입량(액)

b_i : 모형에서추정되어야할계수

이 모형을 통해서 특정의 DMU가 주어지 투입으로 예측된 산출수준을 구하는데 이용될 추정관계식을 얻을 수 있다. 상대적으로 효율적인 DMU는 위 식에서 얻은 산출수준을 상회할 것이며 비효율적인 DMU는 회귀식에 의해서 얻은 산출수준보다 하회할 것이다. 이때 주목할 점은 상대적인 효율성인데 만약 잔차가 양이면 효율적이며 잔차가 음이면 상대적인 비효율성을 나타낸다.

2)비선형회귀모형에 의한 측정

① 곱의 모형에 의한 측정

총비용함수를 곱의 모형(multiplicative model)으로 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$C = \alpha \cdot y_1\beta_1 \cdot y_2\beta_2 \cdots\cdots y_s\beta_s \qquad (3\text{-}4)$$

여기에서 C = 총비용

y_1, y_2, $\cdots\cdots$ y_s : 산출물

55) H. David Sherman, DBA, " Hospital Efficiency Measurement and Evaluation," *Medical Care*, Oct. 1984, Vol.22, No.10, pp.923-924.

u : 오차항

그러한 모형의 양변에 대수를 취하면 선형의 대수함수로 바뀌어 진다.

$$In\ C^* = In\ \alpha + \beta_1 In\ y_1 + \beta_2\ In\ y_2 + \cdots\cdots + \beta_s In\ y_s$$

(3-5)

② 초월대수비용함수에 의한 측정[56]

생산량과 생산요소가격변수로 표현되는 총비용함수의 구체적인 형태 중에서 현재 많이 이용되고 있는 초월대수비용함수(translog cost function)는 다음과 같이 정의된다.

$$c^*(y,\ w) = \alpha \cdot \pi y_r\, \alpha_r \cdot \pi w_i \beta i\ \pi y_r\, \frac{1}{2}(\sum \delta rt\ InY_t) \qquad (3\text{-}6)$$

$$\delta_{rt} = \delta_{tr} \qquad \gamma_{ik} = \gamma_{ki} \qquad \rho_{ri} = \rho_{ir}$$

또한 대수변환을 통해서 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$In\ c^* = \alpha_0 + \sum_{r=1}^{s} \alpha_r Iny_r + \sum_{i=1}^{m} \beta_i Inw_i + \frac{1}{2} \sum_{r=1}^{s} \sum_{i=1}^{m} \delta_{rt}\ Iny_i\ \ Iny_t$$

(3-7)

위 식에서 ln c* 가 추정되면 ln c*< ln c가 된다. 여기서 c*는 추정된 비용이고 c 는 관측된 비용의 관계가 성립된다. 그러므로 선형회귀모형에 의한 추정에서와 같은 선상에서 c>c* 이면 어떤 DMU는 비효율적이라고 규정한

56) R. S. Brown, D. W. Caves and L. R. Christensen, " Modeling the Structure of Production for Multiproduct Firms," *Solution Economic Journal* ,July 1979, pp.256-273.

다.

5. DEA측정법

(1) DEA측정법의 개념

DEA는 투입과 산출의 인과관계가 명확하지 않은 비영리적이며 공적인 DMUs의 상대적인 효율성을 평가하기 위해서 개발된 기법이다. 즉, 다수의 산출물을 생산하기 위해서 다수의 투입요소를 이용하는 조직들의 생산성을 평가하기 위한 선형계획기법(linear programming technique)으로서 조직간의 상대적인 효율성(산출과 투입의 운영과 효율성)을 측정하기 위해서 분수선형계획(fractional linear program)을 이용한다.

(2) DEA측정모형[57]

DEA측정모형은 다음식과 같다.[58]

$$\max,\ h_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1 \qquad j = 1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n.$$

(3-8)

$$0 \le u_r \qquad r=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ s,$$

$$0 \le v_i \qquad i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m.$$

산출 : y_{rj} = j번째 DMU에 대한 r번째 산출량

투입 : x_{ij} = j번째 DMU에 대한 i번째 산출량

u_r : 산출물 가중치

---

57) 최문경, “서비스산업의 효율성측정에 관한 연구”, 박사학위논문, 동국대학교 대학원, 1998, pp.37-46.

58) A. Charnes, W. W. Cooper and E. Rhodes, *op.cit.*, pp.429-444.

v_i : 투입물 가중치

위 식에서 평가하고자 하는 DMU에 대한 효율성의 값이 1보다 작으면 해당 DMU는 상대적으로 비효율적으로 나타나며 이는 보다 적은 투입에 의해서 산출물을 생산할 수 있다는 것을 말한다.

6. DEA모형분석

DEA는 앞에서 언급한 바와 같이 전제가되는 여러 가정을 필요로 하지 않으면서 다음과 같은 구조를 가진 선형계획법이다. 즉 어느 DMU의 상대적 효율성의 척도(h_0)는 가중된 투입요소에 대한 가중된 산출의 비율의 극대값으로 표현되며 이때 제약 조건은 모든 DMU(평가되는 DMU를 포함하여) 효율성의 값이 '1'과 같거나 혹은 '1'보다 작아야 한다는 것이다. 실제로 어떤 DMU "0", 예를 들어 DMU_0, 의 효율성을 측정하는 방법을 이론적으로 살펴보면 다음과 같다.[59]

$$\max,\ h_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}}$$

(3-9)

$$\text{subject to} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1 \qquad j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n,$$

$$0 \le u_r \qquad r=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ s,$$

$$0 \le v_i \qquad i=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ m.$$

59) A. Charnes, W. W. Cooper and E. Rhodes, 1978, *ibid,* pp.430-432.

여기에서 x_{ij}, y_{rj}(모든 양수)는 각각 j번째 DMU의 측정된 투입과 산출의 벡터를 나타내며 이를 행열의 형태로 나타내면,

$$x_j = \begin{bmatrix} x_{1j} \\ x_{2j} \\ x_{ij} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{mj} \end{bmatrix} \qquad y_j = \begin{bmatrix} y_{1j} \\ y_{2j} \\ y_{rj} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_{sj} \end{bmatrix}$$

(3-10)

와 같다. 그리고 u_r, v_i (≥ 0)는 이 문제의 해에 의하여 참조집합(reference set), 최적기저벡터(optimum basisvector), 으로 사용되는 DMU들의 표본자료에 의하여- 결정되는 변수의 가중치이며, h_0는 DMU_0 (이는 j=1, …… n개의 DMUs 중의 하나로서, 자신을 포함하여 다른 DMU에 비교되는 DMU)의 효율성의 값(평점)을 나타내는 것으로, 최적해는,

$$\text{maximum} \qquad h_0 = h_0^* \leq 1$$

(3-11)

을 의미한다. 더우기, 모든 y_{rj}, $x_{tj} > 0$ 이고 u_r, $v_t > 0$ 이라는 조건은 $h_0^* \geq 0$가 성립되고, 이상의 조건을 만족시키는 하나의 해가 항상 존재하고 있음을 확실하게 하는 것이다.[60]

식(3-9) 과 식(3-11)를 통하여 볼 때, 만약 DMU_0 가 동일한 투입요인을 사용하여 동일한 산출을 생산하는 다른 DMU들과 비교해서 효율적인 경우에만 $h_0^* = 1$이 성립됨을 알 수 있다. 이와 같은 전개는 '파레도 최적성(Pareto

60) *Ibid.*, p.431.

Optimality)' 이라는 경제학적 조건에 관련지을 수 도 있다.

그러나 이때 최적의 u_r^*, v_i^* > 0는 DMU_0에 가능한 최적의 효율성 평점을 주도록 선택되기 때문에 DMU_0가 유리한 입장에 있다고 말할 수 있다. 따라서 식(3-9)의 해는 DMU_0의 효율성 측정치를 극대화 (h_0^*)시킬 수 있는 (u_r^*, v_i^*)의 값이다. 또한 만약 h_0^* < 1이라면, DMU_0는 비효율적이고 이와 비교되는 참조집합보다 상대적으로 더 높은 평점을 얻을 수 없음을 의미한다.

우선 식(3-9)의 역수 (즉, 비효율성)의 값을 생각해 보자. 이는,

$$\min,\ f_0 = \frac{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}}{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}}$$

(3-12)

$$\text{subject to} = \frac{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}} \geq 1 \qquad j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n,$$

$$v_i,\ u_r \geq 0$$

으로 표현된다.

그러나 식(3-9)과 식(3-12)은 볼록형도 아니고(non-convex), 선형도 아니므로 Charnes Cooper의 이론을 이용하여 변환을 시키면 다음과 같은 통상적인 선형계획모형을 얻게 된다.

$$\max,\ z_0$$

subject to : (3-13)

$$-\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j + y_{ro}z_0 \le 0 \qquad r=1, \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots, s,$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j \le x_{i0}, \qquad r=1, \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots, m,$$

$$\lambda_j \ge 0 \qquad j=1, \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots, n.$$

식(3-13)은 LP문제이므로 식(3-14)와 같이 표현되는 쌍대모형을 갖게 된다.

$$\min,\ g_0 = \sum w_i x_{i0}$$

subject to : (3-14)

$$-\sum_{i=1}^{s} \mu_r y_{rj} + \sum_{i=1}^{m} w_i x_{ij} > 0 \qquad j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n,$$

$$\sum \mu_r y_{r0} = 1$$

$$0 \le w_i \qquad i = 1,\ 2,\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots,\ m,$$

$$0 \le \mu_i \qquad r = 1,\ 2,\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots,\ s.$$

따라서 통상적 선형계획을 이용하여 효율성의 계산이 가능할 뿐만 아니라 상대이론을 이용할 수 있게 되었다. 식(3-13)은 최적해을 가지므로 마찬가지로 (식 3-14)도 최적해를 갖게 되고 또한 다음도 성립된다. 즉,

$$\min.\ g_0 = g_0^* = z_0^* = \max.\ z_0$$

(3-15)

그리고 $h_0^* = \dfrac{1}{z_0^*}$ 이 된다.

이 때 $f_0^* = h_0^* = 1$의 경우에만 DMU_0는 효율적임을 알 수 있다.

참고로 변환과정을 보기 위하여, 우선 새로운 변수 v_i 와 u_t 을 다음과 같은 관계식으로 정의한다.

$$w_i = tv_i \qquad i = 1, \cdots\cdots\cdots\cdots, m,$$
$$\mu_i = tu_i \qquad r = 1, \cdots\cdots\cdots\cdots, s.$$
(3-16)

$t \geq 0$, w_i, $\mu_r \geq 0$ 이라는 조건은 v_i, $u_r \geq 0$임을 의미하고 그 반대도 성립된다. 예를 들어 식(5-12)에 나타난 정의를 이용하면 식(3-17) 61)를 얻을 수 있다.

$$\min,\ g_0 = t\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}$$
subject to : (3-17)
$$-t\sum \mu_r y_{rj} + t\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \geq 0$$
$$t\sum_{r=1}^{s} \mu_r y_{r0} = 1$$

---

61) 식(3-17)의 쌍대관계모형은

$$\max.\ z_0 = t\sum_{t=1}^{s} u_r' y_{r0}$$
subjcet to
$$-t\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} + t\sum_{t=1}^{m} v_t x_{tj} \geq 0$$
$$t\sum v'_i x_{io} = 1$$
$$t,\ u'_r,\ v'_t \geq 0$$
$$r = 1, \cdots\cdots\cdots\cdots, s$$
$$i = 1, \cdots\cdots\cdots\cdots, n$$
으로 나타낼 수 있다.

$t,\ u_r,\ v_i \geq 0$

$r = 1,\ 2,\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots,\ s,$

$i = 1,\ 2,\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots,\ n.$

식(3-17)의 마지막 부분은 $t^{-1}\sum u_r y_{r0}$ 를 의미한다. 그러므로

$$\min,\ g_0 = \frac{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}$$

(3-18)

$$\text{subject to} = \frac{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}}{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}} \geq 1 \qquad j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n,$$

$v_i,\ u_r \geq 0$

과 직접 비교하여 보면,

$$\min.\ f_0 = \min.\ g_0 = g_0^* = z_0^* = \max.\ z_0$$

(3-19)

가 성립되고, 또한

$$\frac{1}{z_0^*} = \max.\ \frac{1}{g_0^*} = \max.\ h_0^* = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ri}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}}$$

(3-20)

$$\text{subject to} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \leq 1 \qquad j=1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n,$$

$v_i,\ u_i \geq 0$

이 된다. 이는 바로 식(3-9)과 같으므로 식(3-9), 식(3-12), 식(3-18), 식(3-20)을 풀기 위하여 식(3-14)를 이용할 수 있다.

지금까지 살펴본 식에서 보면 변수에 대한 非負의 조건이 있는데, CCR은 다음과 같은 조건을 소개함으로써 양의 조건을 확실하게 할 수 있다.

$$\varepsilon < \mu_r,\ \varepsilon < v_t \qquad \text{for all r and i} \qquad (3\text{-}21)$$

이때 $\varepsilon > 0$는 아주 작은 수이어서 실수만을 포함하는 어떠한 해도 영향을 줄 수 없다. 예를 들어 $\varepsilon = 0.001$로 사용할 수도 있고, 이보다 더욱 작은 수가 사용될 수도 있다. 그러나 어떠한 경우에도 ε에 부여된 수치가 분석과 결론을 변도시키지 않는 가를 계속 검토해 보아야 한다.

ε값을 이용하면 DMU_0의 효율성 측정식은 다음과 같이 표현된다.

$$\max,\ z_0 + \varepsilon[\sum_{r=1}^{s} s_r^+ + \sum_{i=1}^{m} s_i^-]$$

subject to : (3-22)

$$y_{r0}z_0 - \sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j + s_r^+ = 0 \leq 0 \qquad r=1,\ 2,\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots,\ s,$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j\ s_i^- = x_{i0} \qquad j=1,\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots,\ m,$$

$$\lambda_j,\ s_r^+, s_i^- \geq 0 \qquad \text{for all i, j, and r.}$$

이때 s^{+*}는 산출부등식과 관련된 비음수의 잉여변수(slack variable)의 벡터이고, s^{-*}는 투입부등식과 관련된 비음수의 잉여 벡터를 나타낸다. 만약 $z_0^* > 1$이

면 생산가능표면(production possibility surface)의 효율적 프론티어에 달성되지 못할 것이다. 또한 만약 s^{+*}가 음의 값을 갖게 된다면 λ_j^*값의 어느 것도 변화시키지 않고, 어떠한 제약조건에 위배되지도 않으면서 이 여유변수들의 값과 관련된 산출을 증가시킬 수 있다.

반면에, 만약 s^{-*}가 어떤 양의 값을 갖는다면 투입요소를 x_0으로부터 $x_0 - s^{-*}$로 감소시킬 수 있다. 그러므로 어떤 경우에도, 평가된 DMU_0는 $z_0^* = 1$이라 하더라도 상대적 효율성을 달성하지 못한 것이다. 요약하면 어떠한 DMU도 다음의 조건을 모두 만족시켜야 효율적이라고 평가할 수 있다.

(i) $z_0^* = 1$이고

(ii) 모든 여유변수의 값이 '零'이어야 한다.

즉 x_{i0}과 y_{r0}의 관측치가 $\hat{x}_{i0}$, $\hat{y}_{r0}$과 같은 값을 가져야 한다.

$$x_{i0} = x_{i0}, - s_i^{-*} \qquad i = 1, 2, \cdots\cdots, m.$$

$$\hat{y}_{r0} = y_{r0}z_0^* + s_r^{+*} \qquad r = 1, 2, \cdots\cdots, s.$$

(3-23)

한편 식(3-22)에 대한 쌍대문제는,

$$\min, \ w_0 - \varepsilon[\sum_{i=1}^{m} s_{i0}^+ + \sum_{r=1}^{s} s_{r0}^-]$$

(3-24)

subject to :

$$w_0x_{0-}\sum x_{ij}\lambda'_j - s_i^+ = 0 \qquad i=1, 2, \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots, m,$$

$$\sum y_{rj}\lambda'_j - s_i^- = y_{r0} \qquad j=1, 2, \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots, m,$$

$$\lambda'_j, s_i^+, s_r^- \geq 0 \qquad \text{for all i, j, r.}$$

이며 최적의 상태에서 여유변수인 s_i^+와 s_r^-가 모두 '零' 일 때에만 $h_0^* = w_0^* = 1$의 값을 갖게 된다.

그러므로 식 (3-22) 혹은 식 (3-24)를 각 DMU에 적용시켜 효율성의 크기를 측정하여 효율적인가 혹은 비효율적인 DMU인가의 여부를 판단할 수 있다.

제 4 장 DEA모형에 의한 국내 무역항만의 효율성 측정에 관한 실증분석

제 1 절 국내 무역항만의 효율성 측정에 사용된 DEA모형

1. CCR과 BCC 모형[62]

모든 의사결정단위(Decision Making Units)의 실제 관찰된 동일한 산출물과 투입물 벡터 $(\boldsymbol{Y}, \boldsymbol{X})$가 있다면 이러한 의사결정단위들의 생산가능집합은 식 (4-1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\boldsymbol{F} = \{(\boldsymbol{Y}, \boldsymbol{X}) \mid \boldsymbol{X}\text{는 } \boldsymbol{Y}\text{를 산출할 수 있다}\} \quad (4\text{-}1)$$

이 때, 파레토(Pareto) 효율성 조건을 만족시키는 의사결정단위들의 집합을 효율적 경계(efficient frontier)또는 참조기술(reference technology)이라 한다. 이러한 효율적 경계는 Shephard(1970)에 의해서 제시된 다음의 두 가지 가정을 필요로 한다.

첫째, 효율적 경계는 생산가능집합 $\boldsymbol{F}$의 볼록성(convexity) 가정을 만족시킨다. 여기서, 볼록성 가정은 특정 투입물과 산출물 A와 B를 각각 이용하는 의사결정단위에 대해서 $(y^A, x^A) \in \boldsymbol{F}$이고 $(y^B, x^B) \in \boldsymbol{F}$이면 $(\lambda y^A + (1-\lambda) y^B,\ \lambda x^A + (1-\lambda) x^B,\ 0 \le \lambda \le 1) \in \boldsymbol{F}$ 임을 의미한다. 따라서 이 가정은 참조기술이 파레토 최적 조건상태이어야 함을 의미한다고 볼 수 있다.

---

62) 박노경・김진한, "국내은행의 효율분석: DEA, FDH, Malmquist 지수의 비교분석," 『국제경제연구』, 제8권 제3호, 한국국제경제학회, 2002년 12월, pp.180-183.

둘째, 효율적 경계는 투입물과 산출물의 자유 가처분성(free disposbility) 가정을 만족시킨다. 여기서, 투입물의 가처분성은 $(y^A, x^A) \in \boldsymbol{F}$이고 $(x^B \geq x^A)$이면 $(y^A, x^B) \in \boldsymbol{F}$ 임을 의미하고, 산출물의 가처분성은 $(y^A, x^A) \in \boldsymbol{F}$이고 $y^B \leq y^A$이면 $(y^B, x^A) \in \boldsymbol{F}$임을 의미한다. 이 가정은 모든 의사결정단위를 효율적 경계상의 집합과 그 내부의 집합으로 구분할 수 있음을 의미한다.

Shephard(1970)는 다수의 투입물과 산출물이 존재하는 경우에 앞의 두 가정을 만족시키는 효율적 경계를 각 의사결정단위에 대해 식 (4-2)와 같이 표현하였다.

$$D(\boldsymbol{Y}, \boldsymbol{X}) = \min\{\Theta \mid (\boldsymbol{X}, \boldsymbol{Y}/\Theta) \in \boldsymbol{F}\}$$

(4-2)

여기서, $D(\boldsymbol{Y}, \boldsymbol{X})$는 산출지향적인 거리함수(output oriented distance function)라 한다.[63] 이러한 거리함수의 추정을 위한 비모수적 방법으로서 선형계획법을 처음 적용한 연구는 Aigner and Chu(1968)에 의해서 수행되었다. 이후 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)는 최적해가 Farrell(1957)의 기술적 효율성 측정치와 역의 관계를 갖는 식 (4-3)과 같은 DEA모형을 제시하였다.

$$\begin{aligned} &Min \quad \Theta - \varepsilon \sum_{r=1}^{s} s_r^+ - \varepsilon \sum_{i=1}^{m} s_i^- \\ &\text{s.t.} \\ &\quad x_{ij_0}\Theta - \sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j - s_i^- = 0, \quad i = 1, 2, \cdots, m, \\ &\quad \sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j - y_{rj_0} - s_r^+ = 0, \quad r = 1, 2, \cdots, s, \\ &\quad \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad \forall j, r, i. \end{aligned} \tag{4-3}$$

여기서, λ_j는 참조집합들의 선형결합비율을 나타내는 밀도변수(intensity

63) 투입지향적인 거리함수는 $\max\{\Theta \mid (Y, X/\Theta) \in F\}$로 표현된다.

variables)이고, Θ는 의사결정단위 j_0의 효율성을 나타낸다. 그리고 s_i^-는 투입물의 여유변수(slack variables), s_r^+는 산출물의 여유변수, ε은 일반적으로 10^{-6}의 작은 값을 갖는 비아르키메디안(non-archimedian) 상수를 의미한다. 만일 평가대상 의사결정단위 j_0가 효율적이라면 모든 여유변수의 값들은 0이 되며, 따라서 Θ의 값은 1이 된다. 또한 이 식에서 첫 번째 제약조건은 평가받는 의사결정단위의 효율적 경계상의 추정점이 실제 이용된 투입물의 크기보다 작거나 같아야 하고, 두 번째 제약조건은 평가받는 의사결정단위의 산출물 크기가 효율적 경계상의 추정점보다 클 수 없다는 점을 의미한다.

이 모형은 개발자들의 이름을 따 CCR모형이라고 하는데, 앞서 설명한 효율적 경계가 갖추어야 할 가정에 규모의 수익불변 가정이라는 세 번째 가정을 추가하게 된다. 여기서, 규모의 수익불변 가정은 0보다 큰 어떤 k에 대해 $(\boldsymbol{Y}, \boldsymbol{X}) \in \boldsymbol{F}$이면 $(k\boldsymbol{Y}, k\boldsymbol{X}) \in \boldsymbol{F}$가 성립함을 의미한다.

이 후 Banker, Charnes and Cooper(1984)에 의해서 세 번째 가정은 완화되어졌는데, 앞의 식 (4-3)에 $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$이라는 볼록성(convexity)을 부여하는 제약조건을 추가하여 규모의 수익 변동을 가정한 후 의사결정단위의 효율성을 분석하게 된다. 이러한 모형을 BCC모형이라 하며, CCR모형의 기술적 효율성을 순수한 기술적 효율성과 규모의 효율성으로 구분할 수 있도록 만들어준다.

2. 규모의 효율성 모형[64]

규모에 대한 수확정도(returns to scale)에서 규모(scale)이란 요소투입규모를 의미한다. 이것은 요소투입량과 동일하게 산출량이 증가하는 경우[규모에 대한 수확불변(constant returns to scale)], 요소투입량의 변동비율을 능가하는 비율로 산출

64) W. W. Cooper, L. M. Seiford, and K. Tone, Data Envelopment Analysis, Kluwer Academic Publishers, 2000, pp.136-138.

량이 변동하는 경우[규모에 대한 수확체증(increasing returns to scale)], 요소투입량의 변동비율보다 적은 비율로 산출량이 증가하는 경우[규모에 대한 수확체감(decreasing returns to scale)]로 나눌 수 있다.[65] 규모효율성(scale efficiency: SE)은 다음과 같이 표시 할 수 있다. 즉, CCR효율성 수치/BCC효율성 수치이다. CCR효율성 점수는 전체적인 기술효율성(global technical efficiency: TE)이라 불리운다. 왜냐하면, 그것은 규모효과를 전혀 고려하지 않기 때문이다. 반면에 BCC는 가변규모수확하에서 부분적(local)인 순수기술효율성(pure technical efficiency: PTE)을 나타낸다. 따라서 효율성은 다음과 같이 표시할 수 있다.

기술효율성 = 순수기술효율성 X 규모효율성
규모효율성 = 기술효율성(CCR) / 순수기술효율성(BCC)

이러한 독특한 분해는 비효율성의 근원을 표시한다. 즉, 비효율적인 경영활동에 기인한 것인지 또는 규모효율성에 의해서 시현되는 불리한 조건들에 의해서 야기되는 것인지를 보여준다. 예를 들어 [그림 4-1]에서 DMU A는 규모수확체증(IRS)하에서 BCC(순수기술효율성)효율성 점수가 1이지만, 전체적인 비효율성이 규모의 비효율성에 의해서 발생한다. 규모의 효율성 수치는 LM/LA으로 나타낸다. 즉 1보다 작다. 그것은 DMU A는 부분적(locally)으로 효율적이지만 전체적으로는 비효율적이라는 것을 의미한다. B와 C의 DMU들의 규모효율성은 1이며 그들은 매우 생산적인 규모의 크기로 운영되고 있다는 것을 의미한다.

BCC비효율적인 DMU E는 투입지향 BCC모형의 규모효율성과 동일한 다음과 같은 도해식으로 보여 줄 수 있다.[66]

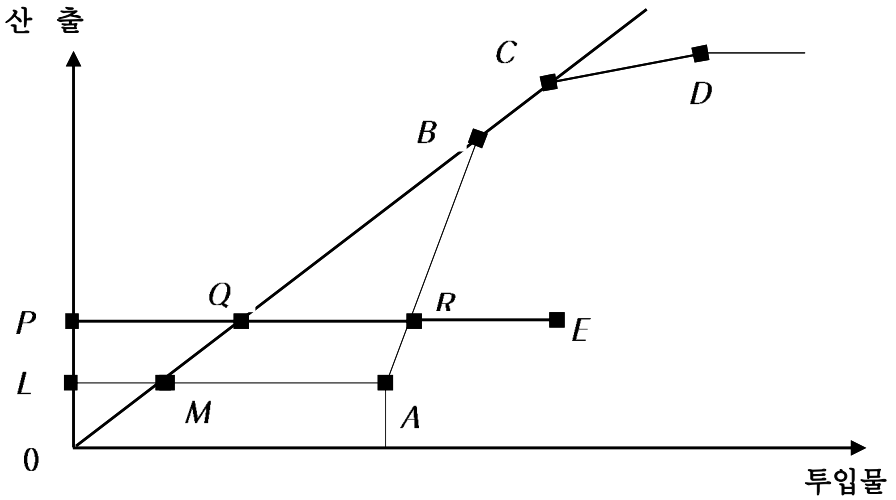
---

65) 박진근, 『미시경제학』, 법문사, 1990, pp.157-158.
66) [그림 4-1]에서는 설명의 편의상 직선거리의 비율로 표시하였지만, 실제의미는 투입물과 산출물의 생산함수를 고려한 것임을 의미한다.

SE(E) = (PQ/PE) X (PE/PR) = PQ/PR
TE(E) = PTE(E) X SE(E) 또는
PQ/PE = (PR/PE) X (PQ/PR)

따라서 DMU E의 종합 비효율성은 E의 비효율적인 경영활동과 E의 불리한 조건 때문에 발생한다.

[그림 4-1] 규모의 효율성

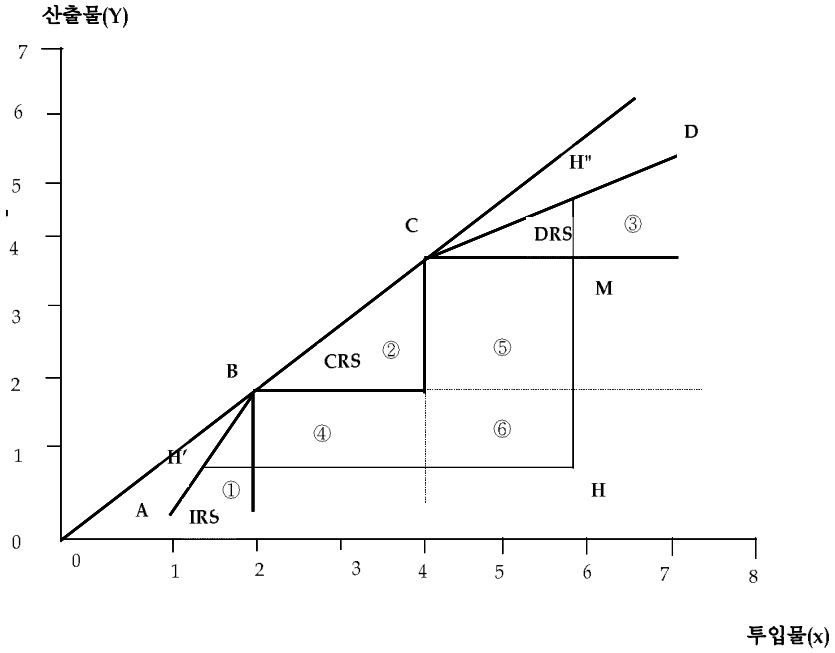


출처: Cooper, Seiford, and Tone, *Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, 2000, p.137.

참고적으로 [그림 4-1]의 내용을 설명하면 다음과 같다. A, B, C, D, H와 같은 다섯 개의 개별은행이 있다고 가정하자. OBC의 직선은 규모수확불변(CRS: constant returns to scale)하의 생산프론티어이며, AB, BC, CD는 가변수확하의 생산프론티어이다. 또한 각각 규모수확이 체증(IRS: increasing returns to scale), 규모수확이 불변, 규모수확이 체감(DRS: decreasing returns to scale)한다는 것을 보여 준다. 한편 생산프론티어 상에 위치하지 않고 있는 어떤 항만 H를 살펴보기

로 한다. 만일에 투입지향 가변수확하의 모형이 사용된다면, H′은 효율적인 타겟이 될 것이며 H에 대한 규모수확의 분류는 규모수확체증(IRS)이 될 것이다. 만일에 산출지향 가변수확하의 모형이 사용된다면, H″이 효율적인 타겟이 될 것이며, H에 대한 규모수확의 분류는 규모수확체감(DRS)이 될 것이다. 그러나 가변수확하의 어떠한 모형이 사용된다고 할 지라도 IRS, CRS, DRS영역은 독특하게 결정된다. 영역 ①은 IRS, 영역 ②는 CRS, 영역 ③은 DRS이다. 그러한 영역은 [그림 4-2]에서와 같이 6개의 영역으로 표시할 수 있다. 두 개의 규모수확영역이 중복되는 영역들은 ④와 ⑤영역, 그리고 ⑥영역이 있다. 영역 ④는 IRS(투입지향)와 CRS(산출지향)영역이며, 영역 ⑤는 CRS(투입지향)과 DRS(산출지향)영역이다. 영역 ⑥은 IRS(투입지향), DRS(산출지향)의 영역이다.

[그림 4-2] 규모의 효율성 영역



출처: Seiford and Zhu, "An Investigation of Returns to Scale in Data Envelopment Analysis,", *OMEGA,* Vol.27, 1999, p.4.

3. Malmquist 지수모형

(1) Malmquist지수 모형[67]

본 항에서는 생산성을 측정하는데 있어서 생산의 비효율성을 명시적으로 고려하는 비모수적 후론티어 방법(nonparametric frontier method)으로 계산되는 malmquist형 생산성지수(Malmquist-type productivity index)가 활용된다. Malmquist형 생산성지수는 Caves, Christensen and Diewer(1982)와 Nishimizu and Page(1982)에 의하여 소개된 이후에 생산성측정에 활용되었으며, 이러한 경향은 Malmquist형 생산성지수를 계산하기 위한 비모수적 선형계획기법(nonparametric linear programming technique)이 Fare, Grosskopf, Lindgren and Roos(1992, 1994)에 의하여 개발된 이후에 더욱 강화되었다. DEA는 기본적으로 횡단면적 분석에 적용될 수 있다. 만약 DEA를 종단면적 분석을 목적으로 기간별 변화를 보기 위해서는 Malmquist 지수방법이 적절하다. Malmquist 지수는 DEA의 변형으로서 기간별 효율적 프론티어와 의사결정단위의 이동을 지수형태로 측정하는 모형이다.

Malmquist형 생산성지수는 Shephard(1970)에 의하여 정의된 산출거리함수(output distant function)에 기초하여 정의된다. 이제 t기에 q개의 산출물 ($y_t \in R^q_+$)을 생산하기 위하여 p개의 투입물 ($x_t \in R^p_+$) 을 사용하는 N_t개의 은행이 존재한다고 하자. t기의 생산가능집합(production possibilities set) $P^t(x, y)$는 t기의 생산기술하에서 투입물 벡터 x와 주어진 투입물 벡터로 생산할 수 있는 모든 산출물 벡터 y의 집합을 나타내고 이에 상응한 산출물집합(output correspondence set)은 $y^t(x) = \{y \mid (x, y) \in P^t(x, y)\}$으로 표현된다.

t기의 생산가능집합의 상한경계(upper boundary)는 t기의 생산 후론티어

67) 이상규, "우리나라 은행산업의 생산성변동요인 : 비모수 Malmquist생산성지수의 적용," 1999년도 한국금융학회 정기학술대회 발표논문집, 1999. 6. 25, pp.91-94.

(production frontier) 또는 후론티어 기술(frontier technology)로 지칭된다. 생산후론티어는 기술혁신, 규제변화 또는 다른 요인들에 의하여 동태적으로 이동할 수 있다.

(x_t^K, y_t^K)를 t기에 관측되는 항만 K의 투입물과 산출물벡터라고 하자. 규모에 대한 수확변동(variable returns to scale: VRS)의 특성을 가지는 t_a기의 후론티어기술에 대하여 평가되는 t_b기 항만 k의 Shepard 산출거리함수(output distance function)는 다음과 같이 정의된다.

$$D_o^{t_a}(\ x_{t_b}{}^K,\ y_{t_b}{}^K) \equiv \infty\ \left\{\Theta \mid (\ x_{t_b}{}^K,\ y_{t_b}{}^K/\Theta) \in P^{t_a}(x, y), \Theta > 0\right\}$$

(4-4)

산출거리함수 $D_o^{t_a}(\ x_{t_b}{}^K,\ y_{t_b}{}^K)$는 t_b기의 (x, y)공간상 항만 K의 위치로부터 초평면(hyperplane)으로 나타나는 t_a기 생산가능집합변경까지의 거리에 대한 척도이다. 만일 $t_a = t_b = t$ 이면, 산출거리함수 $D_o^{t_a}(\ x_{t_b}{}^K,\ y_{t_b}{}^K) = D_o^t(\ x_t{}^K,\ y_t{}^K)$는 당기기술에 대한 산출효율성(productive efficiency)의 척도 또는 경영효율성(managerial efficiency)의 척도를 나타낸다. $D_o^t(\ x_t{}^K,\ y_t{}^K)$는 Debreu(1951)-Farrell (1957)의 산출형 생산효율성 지표(output-oriented measure of productive efficiency)의 역수이며 $D_o^t(\ x_t{}^K,\ y_t{}^K) \leq 1$ 이다. 이 때 $D_o^t(\ x_t{}^K,\ y_t{}^K) = 1$은 은행 K가 생산가능집합의 경계상에 위치하여 기술적으로 효율적(technically efficient)임을 의미한다. 그러나 만일 $t_a \neq t_b$이면 $D_o^{t_a}(\ x_{t_b}{}^K,\ y_{t_b}{}^K)$는 $(<, =, >)$ 1이다.

한편 이제 $P^t(x, y)$가 접하여 포함되는 원점을 정점으로 하는 볼록 원추형(the convex cone with vertex at the origin spanned by $P^t(x, y)$을 $V^t(x, y)$라고 정의하자. $V^t(x, y)$의 상한경계는 규모에 대한 수익불변(constant returns to scale:

CRS)의 특성을 가지는 t기의 후론티어 기술을 나타낸다. t_b기의 관측치 $(x_{t_b}^K, y_{t_b}^K) \in P^{t_b}(x,y)$로부터 t_a기 $V^{t_a}(x,y)$의 경계까지 Shephard 산출거리함수는 다음과 같이 정의된다.

$$D_{oc}^{t_a}(x_{t_b}^K, y_{t_b}^K) \equiv \infty \left\{\Theta \mid (x_{t_b}^K, y_{t_b}^K/\Theta) \in V^{t_a}(x,y), \Theta > 0\right\}$$

(4-5)

따라서, $D_o^{t_a}(x_{t_b}^K, y_{t_b}^K) \leq D_o^t(x_t^K, y_t^K)$ 이다.

이제 본 논문에서 사용하는 Malmquist형 생산성지수가 정의된다. 투입거리함수(input distance function)의 개념을 사용하여 투입형 Malmquist생산성지수를 도출한 Fare, Grosskoph, Lindgren and Ross(1992, 1994)의 방법을 원용하면, 산출형 Malmquist 생산성지수는 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$M_{oc}(x_t^K, y_t^K, x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)$$

(4-6)

$$= \left[\frac{D_{oc}^t(x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)}{D_{oc}^t(x_t^K, y_t^K)} \cdot \frac{D_{oc}^{t+1}(x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)}{D_{oc}^{t+1}(x_t^K, y_t^K)}\right]^{1/2}$$

이와 같이 정의되는 산출형 Malmquist 생산성지수는 t기와 t+1기간 생산성변동의 정도를 나타내며, 총요소생산성(total factor productivity)의 변동 정도로 해석될 수 있다. 따라서 산출형 Malmquist생산성지수가 1보다 크면 생산성의 향상, 1보다 작으면 생산성의 감소, 0이면 생산성의 변동이 없음을 의미한다.

만일 산출거리함수를 규모에 대한 수확의 변동을 허용하는 $D_o^{t_a}(x_{t_b}^K, y_{t_b}^K)$로 사용하여 식(4-6)과 같이 정의되는 산출형 Malmquist생산성지수를 $M_o(x_t^K, y_t^K, x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)$ 로 나타내면 $M_o(x_t^K, y_t^K, x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)$는 생산

성변동에 대한 규모의 경제가 기여하는 정도를 무시하고 있기 때문에 전통적인 생산성지수가 아니다. Grifell and Lovell (1995)는 규모에 대한 수확불변이 성립되지 않는 경우에 $M_o(x_t^K, y_t^K, x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)$는 생산성변동을 정확하게 측정하지 못하고 편의를 야기시킨다는 점을 증명하였다. 다만 $M_o(x_t^K, y_t^K, x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)$는 *t*기와 *t+1*기의 후론티어 기술상에 존재하는 최우량항만(best practice)에 대하여 상대적으로 생산효율성이 변동한 정도를 측정한다고 할 수 있다. 한편, 식 (4-6)에서 정의된 산출형 Malmquist생산성지수인 $M_{oc}(x_t^K, y_t^K, x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)$는 생산기술의 특성이 변동없이 규모에 대한 수확불변(CRS)이라는 전제하에서 생산성변동만을 측정하기 때문에 $M_{oc}(x_t^K, y_t^K, x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)$와 $M_o(x_t^K, y_t^K, x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)$는 상호보완적인 특성을 가진다고 할 수 있다.

식 (4-6)에서 정의된 산출형 Malmquist생산성지수는 다음과 같이 효율성변동(efficiency change)과 기술변동(technical change)을 나타내는 2개지수의 곱으로 분할된다.

$$M_{oc}(x_t^K, y_t^K, x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)$$

(4-7)

$$= \left[\frac{D_{oc}^{t+1}(x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)}{D_{oc}^{t}(x_t^K, y_t^K)}\right]\left[\frac{D_{oc}^{t}(x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)}{D_{oc}^{t+1}(x_{t+1}^K, y_{t+1}^K)} \cdot \frac{D_{oc}^{t}(x_t^K, y_t^K)}{D_{oc}^{t+1}(x_t^K, y_t^K)}\right]^{1/2}$$

식 (4-7)의 첫 번째 지수는 *t*기와 *t+1*기 사이의 기술적효율성변화(technical efficiency change)가 생산성 변동에 기여한 정도를 나타내는 척도이다. 항만 K의 상대적인 기술적 효율성이 *t*기와 *t+1*기 사이에 증가하였느냐, 변동이 없었느냐, 감소하였느냐에 따라서 식 (4-7)의 두 번째 지수는 *t*기와 *t+1*기 사이의 기술변화(technical change)가 생산성변동에 기여한 정도를 나타내는 척도이다. 항만 K를 기준으로 *t*기와 *t+1*기 사이에 생산후론티어의 이동으로 나타나는 기술진보, 기술정체, 기술퇴보가 발생했는냐에 따라서 식 (4-7)의 두 번째 지수는 각각 1보다 크

고, 1과 같고, 1보다 작은 값을 가진다. 식 (4-6)과 식(4-7)에서 Malmquist생산성지수는 생산기술특성이 규모에 대한 수확불변(CRS)으로 불변이라는 전제하에서 정의됨으로써 생산성변동에 규모의 경제가 기여하는 정도가 배제되어 있다는 점이 해석상에서 고려되어야만 한다.

(2) Malmquist형 생산성지수의 장단점[68]

Malmquist형 생산성지수라는 용어는 효용이 서수적으로만 측정되고 규모의 경제개념이 관련되지 않는 소비문제에 있어서 임의의 소비벡터가 기준이 되는 소비벡터에 의하여 창출되는 효용수준과 동일한 효용수준을 창출하기 위하여 방사적으로 조정되어야 하는 규모의 정도를 나타내는 지수를 소개한 Malmquist(1953)에 의해서 생산성지수의 측정에 이용되게 되었다. 이러한 Malmquist형 생산성지수가 은행산업의 생산성 성장정도와 변동추이분석에 이용되는 이유는 다음과 같다. 첫째, Malmquist형 생산성지수는 가격에 관한 정보가 부족하거나 정확하게 추정되기 어려운 경우나 생산자의 행태에 관한 가정을 부과하기가 용이하지 않는 경우에 투입과 산출에 관한 정량적 정보만으로 계산 될 수 있다. 둘째, Malmquist이외의 다양한 방법으로 투입물과 산출물의 가격을 추정할 수 있으나 그러한 방법들은 상당한 추정 오류가 제거되지 않을 수 있으나 Malmquist방법은 그러한 오류를 제거할 수 있다. 셋째, 모수적인 추정방법을 위해서는 상당한 기간의 횡단면의 데이터를 통합하여 사용하여야 하는 문제점이 야기되나 비모수적인 Malmquist방법은 그러한 문제점을 해결할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 Malmquist방법은 단지 어느 은행이 어느 정도를 투입한 결과 수익이 얼마나 나왔다는 것만을 보여주며, 수익성의 개선이 생산함수 또는 비용함수의 개선에서 비롯된 것인지는 밝혀내지 못하는 한계점을 가지고 있다.

68) 이상규, 전게논문, p.90.

제 2 절 DEA기법에 의한 국내 무역항만의 효율성 측정에 관한 실증분석 및 해석

1. 투입요소와 산출요소의 선택, 모형식 및 통계치

DEA기법의 가장 큰 단점은 개별 DMU들의 상대적인 효율성 점수가 투입물과 산출물의 종류 및 갯수에 따라서 크게 달라진다는 것이다.(Sexton, 1986, Nuamaker, 1985). 즉, 투입요소에 산출요소의 갯수를 더한 것의 약 3배 이상의 DMU들이 보장되어야만 하고, 투입요소와 산출요소의 갯수가 많아지면 많아질수록 각 DMU들의 효율성 수치는 높아지게 된다. 따라서 DEA분석에서는 투입요소와 산출요소의 선택이 매우 중요하게 된다. 그러나 본 논문에서는 그러한 문제점을 인식하고 있음에도 불구하고 국내 무역항들에 대한 자료가 해양수산부에서 발행되는 『해양수산통계연보』밖에 없다는 한계점 때문에 부득이하게 다음과 같이 선택을 하였다.

(1) 투입요소의 선택

투입요소는 ① 접안능력, ② 하역능력을 선택하였다. 선택한 이유와 각 변수에 대한 단위는 다음과 같다.

첫째, 접안능력은 입출항 할 수 있는 선박의 크기를 추정할 수 있도록 해주며 선박의 크기에 따라 화물의 종류와 량도 달라지기 때문이다. 접안능력(Berthing Capacity)은 재화중량톤 (DWT : dead weight tonnage : 선박에 화물등을 실을 수 있는 최대의 중량톤수)를 합계하였다. 단위는 1000 DWT로 하였다.

둘째, 하역능력은 해당 항만이 이용할 수 있는 고정된 시설이나 설비를 이용해서 화물을 처리할 수 있는 능력이기 때문에 투입요소로 선정하였다. 단위는 1000 DWT 이다.

(2) 산출요소의 선택

산출요소로서 ① 수입물량, ② 수출물량, ③ 입출항척수를 선택하였다.

① 수입물량과 수출물량 모두 항만을 이용한 실적과 관련되기 때문에 산출요소로서 선정하였다. 단위는 1000 R/T로 하였다. 즉, 화물톤수를 화물의 운임등에 적용되는 톤수인 R/T(Revenue Ton)로 하였다.

② 입출항척수를 선택한 이유는 다음과 같다. 즉, 선박이 특정항만에 입항하고 출항하는 이유는 대부분 화물을 수송하기 위한 목적인데 결과적으로 항만을 입출항한 실적이 많으면 화물을 수송량이 많아지기 때문에 산출요소로서의 비중이 커진다고 하겠다. 여기서 입출항톤수가 아닌 척수를 산출요소로 선택한 것은 Y. Roll and Y. Hayuth(1993)의 연구에 의하였기 때문이다. Y. Roll and Y. Hayuth(1993)은 입출항 척수를 산출요소로 선택한 이유를 밝히고 있진 않지만 큰 규모의 선박이든 작은 규모의 선박이든지 간에 항만을 이용한 실적에 중점을 둔 것이 아닌가 판단된다. 단위는 1척으로 하였다.

DEA 효율성 측정에 이용된 산출변수와 투입변수들은 다음 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 산출변수와 투입변수

구분	산출변수	투입변수
모델	1. 수출물량 2. 수입물량 3. 입출항척수	1.접안능력 2.하역능력

(3) 실증분석에 이용한 DEA모형식

DEA에 의해 효율성을 측정하기 위해서 각 항만들의 1994년부터 2003년까지 10년간의 투입과 산출에 관한 자료를 사용하였다. 즉, 산출변수로서 수출물량, 수입물량, 입출항척수를 각각 (y_1, y_2, y_3)로, 투입변수로서 접안능력(x_1), 하역능력(x_2)을 이용하였다.

본 연구에서 이용한 일반적인 DEA모형식은 다음과 같다.

$$\min.h_0 - \varepsilon[S^+_{1,0} + S^+_{2,0} + S^+_{3,0}] - \varepsilon[S^-_{1,0} + S^-_{2,0}]$$

$$\begin{aligned}
\text{subject to}: 0 &= x_{1,\,0}h_0 - [x_{1,\,1}\lambda_1 + x_{1,\,2}\lambda_2 + \cdots\cdots + x_{1,\,26}\lambda_{26}] - S^-_{1,0} \\
0 &= x_{2,\,0}h_0 - [x_{2,\,1}\lambda_1 + x_{2,\,2}\lambda_2 + \cdots\cdots + x_{1,\,26}\lambda_{26}] - S^-_{2,0} \\
y_{1,0} &= [y_{1,1}\lambda_1 + y_{2,\,2}\lambda_2 + \cdots\cdots + y_{1,\,26}\lambda_{26}] - S^+_{1,0} \\
y_{2,0} &= [y_{2,\,1}\lambda_1 + y_{2,\,2}\lambda_2 + \cdots\cdots + y_{2,\,26}\lambda_{26}] - S^+_{2,0} \\
y_{3,0} &= [y_{3,\,1}\lambda_1 + y_{2,\,2}\lambda_2 + \cdots\cdots + y_{3,\,26}\lambda_{26}] - S^+_{3,0}
\end{aligned}$$

$\lambda_j,\ S_r,\ S_i > 0$

$j = 1, 2, 3, \cdots\cdots, 26$

$i = 1, 2$

$r = 1, 2, 3,$

x는 투입물, y는 산출물.

위 식에 의해 효율성의 값($h_0 = 1/z_0$)을 측정하기 위하여 PC용 LINDO패키지를 사용하였으며 목적함수의 첨자 "$_0$"은 각 DMU에 적용되므로 이와 같은 계산을 일차적으로 계산하였다. 이때 $\varepsilon = 10^{-6}$ 을 적용하여 계산하였다.

(4) 투입요소와 산출요소에 대한 통계치

1994년부터 2003년까지, 26개 국내무역항만들의 투입요소와 산출요소에 대한 통계자료는 <부표 1>에서 <부표 10>까지 제시하였다.

(5) 투입요소와 산출요소에 대한 기술통계치

〈표 4-2〉 투입요소와 산출요소의 기술통계치

구분 \ 요소	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
평균	490.69	15447.35	27183.07	20087	12523.33
표준오차	46.80	1506.64	9474.30	1999.53	1144.52
중앙값	105	5925	2446.5	4780	4540.5
최빈값	33	817	1	115	50862
표준편차	754.59	24293.78	152768.49	32241.52	18454.82
분산	569401.79	590187778.4	23338210055	1039515432	340580536.5
첨도	2.61	4.86	133.91	1.73	5.31
왜도	1.87	2.30	10.78	1.75	2.33
범위	3078	117174	2090322	127967	94373
최소값	1	141	1	9	160
최대값	3079	117315	2090323	127976	94533
합	127580	4016312	7067599	5222620	3256066
관측수	260	260	260	260	260
가장 큰 값	3079	117315	2090323	127976	94533
가장 작은 값	1	141	1	9	160

<표 4-2>을 통해 알 수 있는 것은 투입-산출변수 모두가 양의 비대칭도(skewness)를 보이고 있다는 점이다. 이것은 값이 작은, 즉 수준이 비슷한 항만이 대부분을 차지하고 큰 값을 가진 항만이 소수 존재한다는 것을 의미한다. 즉 평균이 중앙치를 능가한다는 것을 의미한다.(오른쪽으로 긴꼬리의 분포를 나타내기 때문이다. 즉 최빈치<중앙값<평균의 순서로 위치한다.). 수출물량이 가장 큰 10.78의 비대칭도(상당히 오른쪽으로 긴꼬리)를 보이고 있는데 이것은 수출물량이 작은 항만이 대부분이며 소수의 항만이 매우 큰 수출물량을 처리하고 있음을 보여 주고 있다. 접안능력, 하역능력, 수입물량, 입출항 척 수도 양의 비대칭도를 보이고 있으며 대체적으로 약간 오른쪽으로 긴 꼬리를 갖는 비대칭도를 보여주고 있다. 첨도의 수치로 보면, 수출물량이 가장 뾰족한 종모양을 갖고 있으며, 입출항척수와 하역능력이 다음으로 뾰족한 종모양을 갖추고 있다. 접안능력과 수입물량은 첨도가 3미만으로 완만한 종모양의 형태를 취하고 있다. 기타 다른 변수들은 적합하지 않은 결과를 보이고 있지만, 자료의 특성(거대 항만들과 군소항만들로 구성)상 나타날 수 있는 결과로서 중앙값을 표준편차 대신으로 생각하고, DEA분석의 특성을 생각한다면(투입-산출요소의 조합비

율에 초점을 둔 상대적인 효율비교) DEA분석을 시행하는데 큰 무리가 없는 자료라고 할 수 있다.

2. CCR, BCC, Malmquist 모형의 특성

본 절에서 실증분석할 DEA모형들의 종합적인 비교를 <표 4-3>에 정리하였다. 여기서 볼 수 있듯이 각 기법들은 효율적 프론티어 가정과 형태, 분석기법, 효율성 추정치에 있어 차이를 보인다.

<표 4-3> DEA모형들의 비교

기법 / 비교기준	CCR	BCC	Malmquist
프론티어의 기본 가정	볼록성, 자유가처분성 규모의 수확불변	볼록성, 자유가처분성, 규모수확변동	BCC와 동일
프론티어 형태	원점에서 방사형	구분선형	기간별 프론티어 변화
분석기법	LP(Simplex)	LP(Simplex)	LP(Simplex)
효율성 추정치	CCR효율성<BCC효율성		1보다 크면 진보 1보다 작으면 퇴보

출처 : 박노경 · 김진한(2002), p.183.

3. CCR · BCC모형에 의한 효율성 측정결과

1) 1994년도 CCR · BCC모형에 의한 효율성측정

효율성 수치가 1.0이라는 의미는 상대적으로 다른 항만과 비교하여 효율적인 항만들을 의미한다. 그러한 항만들은 비효율적인 항만들의 참조항만으로서의 역할을 수행하게 된다. 즉, 잠재가격의 비율만큼 투입요소와 산출요소가 비효율적인 항만들의 효율성 측정에 반영되었다는 것을 의미한다. 여기서 잠재가격이란 심플렉스를 풀었을 때에 마지막 단계에 여유변수(slack variable)의 열의 계산값을 의미한다. 그림자가격은 쌍대문제의 해로서 제약조건의 우변상수의 단위증가가 바로 그림자가격만큼 최종해의 증가를 의미한다.[69] 여기서 투입지향형이란 현재의 산출물수준을 유지하면서 투입량을 가능한 한 감소시켜 나가는 모형을 말하며, 산출지향형이란 현재의 투입량 수준에서 산출물 수준을 극대화하는 것을 말한다.

1994년도를 대상으로하여 CCR, BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성을 측정한 결과를 제시한 <표 4-4>를 분석해 보면 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

첫째, 평택항, 여수항, 통영항, 속초항, 울산항들의 참조된 빈도가 상대적으로 많

69) 기본적인 상세한 설명은 다음의 교재를 참고요망. 이상문, 『경영과학개론』, 법문사, 1994, p.91.

아서 이들 참조항의 산출 및 투입관계가 타 항만의 산출 및 투입관계 분석에 잠재가격만큼 많이 반영되었음을 알 수 있다.

둘째, 평택항, 여수항, 통영항, 속초항과 같은 비교적 작은 규모의 항구들이 효율성순위가 높은 것은 상대적으로 이러한 항구들이 "투입요소"와 관련된 요소들에 대한 투입비용의 비율이 "산출요소"에 비해서 상대적으로 과다하게 이용되고 있거나 산출요소에 대한 투입비율이 상대적으로 작은 규모임을 의미한다는 점이다. 즉, 우리들이 일반적으로 생각하고 있는 그들 항구에 대한 선입관과는 엄밀하게 구분된다는 점이다.

셋째, 1995년부터 2003년까지의 분석결과를 제시한 <부표 11>에서 <부표 19>까지의 결과를 가지고 분석해 보았을 때 결과는 다음과 같았다.

첫째, 평택, 대산, 여수, 통영, 울산항은 상대적으로 높은 효율성을 유지하고 있다.

둘째, 옥포, 삼척항은 2000년 이후부터 효율성이 높아지고 있다.

셋째, 인천, 목포, 부산, 울산항은 가변수확하의 모형인 BCC모형에서 높은 효율성을 보이고 있다.

<표 4-4> CCR·BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1994년

항만/ 구분		효율성수치	참조항만(잠재가격)	규모수확	영역
인천	CCR	0.29618	평택(2.193), 여수(3.837), 통영(3.271), 속초(0.285)	체감	③
	BCC	1.0			
평택	CCR	1.0		불변	②
	BCC	1.0			
대산	CCR	1.0		불변	②
	BCC	1.0			
보령	CCR	0.01999	평택(0.013), 통영(0.051), 속초(0.212)	체증	⑥
	BCC	0.04146	평택(0.030), 통영(0.770), 속초(0.200)		
장항	CCR	0.13392	평택(0.003), 여수(0.004), 통영(0.218), 속초(0.014)	체증	⑥
	BCC	0.46197	평택(0.770), 통영(0.981), 속초(0.010)		
군산	CCR	0.38242	평택(0.215), 여수(0.245), 통영(1.309), 울산(0.004)	체감	③
	BCC	0.45770	평택(0.242), 여수(0.260), 제주(0.474), 통영(0.023)		
목포	CCR	0.46665	평택(0.121), 통영(3.114), 울산(0.002)	체감	③
	BCC	1.0			
완도	CCR	0.51368	평택(0.062), 통영(1.146), 울산(0.001)	체감	③
	BCC	0.59801	평택(0.067), 여수(0.002), 제주(0.131), 통영(0.801)		
여수	CCR	1.0		불변	②
	BCC	1.0			
광양	CCR	0.40090	여수(4.979), 울산(0.400), 속초(0.092)	체감	③
	BCC	0.77046	인천(0.358), 부산(0.046), 울산(0.597)		
제주	CCR	0.63303	평택(0.064), 여수(0.053), 통영(2.234), 울산(0.002)	체감	③
	BCC	1.0			
서귀포	CCR	0.73930	여수(0.079), 통영(0.907), 울산(0.001)	체증	⑥
	BCC	0.74454	여수(0.079), 통영(0.919), 울산(0.001)		
삼천포	CCR	0.07177	평택(0.024), 여수(0.006), 통영(0.861), 속초(0.161)	체감	③
	BCC	0.07537	평택(0.021), 여수(0.003), 제주(0.040), 통영(0.775), 속초(0.162)		
통영	CCR	1.0		불변	②
	BCC	1.0			
고현	CCR	0.58050	평택(0.011), 여수(0.056), 통영(0.492), 속초(0.010)	체증	①
	BCC	0.80073	여수(0.040), 통영(0.941), 울산(0.001), 속초(0.018)		
옥포	CCR	0.42486	평택(0.022), 통영(0.448), 울산(0.002)	체증	⑥
	BCC	0.75812	평택(0.022), 대산(0.012), 통영(0.965)		
마산	CCR	0.27384	평택(0.193), 여수(0.363), 통영(2.807), 울산(0.015)	체감	③
	BCC	0.44562	평택(0.301), 목포(0.552), 제주(0.109), 부산(0.038)		
진해	CCR	0.35377	평택(0.035), 여수(0.046), 통영(0.597), 울산(0.004)	체증	④
	BCC	0.41304	대산(0.003), 통영(0.966), 울산(0.006), 속초(0.024)		
부산	CCR	0.65810	여수(12.010), 통영(3.574), 울산(0.172)	체감	③
	BCC	1.0			
울산	CCR	1.0		불변	②
	BCC	1.0			
포항	CCR	0.12303	평택(0.592), 여수(1.680), 울산(0.002), 속초(0.232)	체감	③
	BCC	0.22297	인천(0.067), 평택(0.298),부산(0.100), 울산(0.001), 속초(0.535)		
삼척	CCR	1.0		불변	②
	BCC	1.0			
동해	CCR	0.71.06954	여수(3.788), 울산(0.044)	체감	③
	BCC	1.0			
묵호	CCR	0.79408	여수(0.561), 통영(0.618), 삼척(0.432)	체감	③
	BCC	1.0			
옥계	CCR	0.70262	여수(0.584), 울산(0.023)	체증	①
	BCC	0.74006	여수(0.574), 통영(0.403), 울산(0.023)		
속초	CCR	1.0		불변	②
	BCC	1.0			

넷째, 규모수확불변하의 규모의 효율성(Scale Efficieny)과 그 영역을 살펴보면 다음과 같다. 즉, 규모수확이 체감하는 항만이 12개, 규모수확이 체증하는 항만이 7개, 효율적인 항만으로서 불변인 항만이 7개였다. 요컨대, 1994년도 국내항만들의 규모효율성은 약 53%수준(14개항만)에서 규모수확이 상승한 것으로 나타났다. 그러나 그와 같은 결과는 단지 2개의 투입요소(접안능력, 하역능력)와 3개의 산출요소(수출물량, 수입물량, 입출항척수)를 고려한 결과라는 점이다. 다른 투입요소나 산출요소를 고려한다면 그 결과는 다르게 나타날 수 있다.

2) 비효율적인 항만의 DEA결과에 대한 분석 (1994년도 광양항의 CCR모형에 대한 사례)

<표 4-5>는 비효율적인 광양항의 DEA분석결과이다. 광양항의 효율성수치는 0.4009으로서 여수항, 울산항, 속초항이 참조집단으로 고려되었으며 여수항이 상대적으로 가장 큰 영향을 준 것으로 나타났다. 여기서 광양항이 DEA효율치 1, 즉 효율적인 항만이 되기 위해서는 DEA효율성 프론티어상에 놓여야 하며, 이를 위해서는 '효율선상의 값(value if efficient)'에 해당되는 정도의 투입요소의 절감과 산출물의 확대가 동시에 이루어 져야 한다. 따라서 여유변수(slack)상의 산출물중 수출물량 (18,543 R/T의 축소), 수입물량(33501 R/T의 축소), 입출항척수(약 747척의 확대)와 함께 투입요소중에서 접안능력(125만 1천774 D.W.T.의 축소), 하역능력(3천78만4천767 D.W.T.의 축소)의 조정이 필요하다는 것이다. 이러한 산출물 확대와 투입요소의 절감이 따르게 되면 참조항만들과 같이 효율적프론티어상에 놓이게 된다는 것이다. 슬랙은 해당항만의 산출요소 및 투입요소와 효율적프론티어상의 산출-투입요소간의 차이이며 <표 4-6>과 같이 참조항만들의 투입산출변수와 잠재가격의 합성치로써 계산된다.

<표 4-5> 비효율적인 광양항만의 DEA결과분석 (1994년도 광양항의 투입지향 CCR모형 사례)

변수형태 및 효율성참조집합	변수명	관찰치	효율선상의 값	여유변수(slack)
산출요소	수출물량	27,242	27,223.457	18.543
	수입물량	73,021	72,987.499	33.501
	입출항척수	31,137	31,883.959	-746.959
투입요소	접안능력	2,088	836.226	1251.774
	하역능력	51,369	20,584.233	30784.767
효율성참조항만	여수항의 값	4.979		
	울산항의 값	0.400		
	속초항의 값	0.092		
효율치 = 0.40090				

<표 4-6> 비효율적인 광양항의 실제투입, 산출과 참조항만의 합성치와의 비교

변수	여수항의 잠재가격	여수항의 실제 투입 및 산출	울산항의 잠재가격	울산항의 실제 투입 및 산출	속초항의 잠재가격	속초항의 실제 투입 및 산출	합계
산출요소	(4.979)x		+(0.400)x		+(0.092)x		
수출물량		2,507		36,850		12	27,223.457
수입물량		8,541		68,644		32655	72,987.499
입출항척수		3,337		38,096		333	31,883.959
투입요소							
접안능력		30		1,713		18	836.226
하역능력		2,663		18,119		843	20,584.233

여기서 “참조항만으로서의 여수, 울산, 속초항”은 비효율적인 광양항에 대한 투입요소와 산출요소의 비교근거가 되는 참조항만으로서 역할을 한다. 효율성이 1이라는 것은 유사한 산출 및 투입구조를 갖고 있는 다른 항만들에 비교하여 절대적으로 효율적으로 경영된다는 것이 아니고 단지 비효율적인 부분이 제시되지 않는다는 것으로 슬랙(여유변수)이 제로(0)라는 것을 의미한다. <표 4-6>에서 합계는 효율선상의 값을 의미하므로 광양 항만의 효율적인 목표를 설정하는데 있어서 그 기준이 된다고 할 수 있다.

4. 규모의 효율성모형에 의한 효율성 측정결과

<표 4-7> 투입지향 CCR모형에 의한 규모의 효율성 변화

항만/년도	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
인천	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
평택	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	체감.3	체감.3	체감.3
대산	불변.2	체증.4	체증.4	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	불변2	불변.2
보령	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
장항	체증.4	체증.4	체증.4	체증.1	체증.1	체증.1	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4
군산	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
목포	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
완도	체감.3	체증.4	체감.3	체감.3	체감.3	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체감.3
여수	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
광양	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
제주	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	불변.2	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
서귀포	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.1	체증.1
삼천포	체감.3	체증.4	체증.4	체증.4	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
통영	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2	체감.3	체증.4	체증.4
고현	체증.1	체증.4	체증.1	체증.1	체증.1	체증.1	체증.4	체증.4	불변.2	불변.2
옥포	체증.4	체증.1	체증.1	체증.1	체증.1	체증.1	불변.2	불변.2	불변.2	불변.2
마산	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
진해	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4
부산	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
울산	불변.2	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	불변.2	불변.2
포항	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
삼척	불변.2	체증.1	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	불변.2	불변.2	불변.2
동해	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3	체증.4	체감.3	체감.3	체증.4	체감.3
묵호	체감.3	체감.3	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체감.3	체감.3	체감.3	체감.3
옥계	체증.1	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체감.3	체증.1	체증.1	체증.1
속초	불변.2	불변.2	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4	체증.4

주: 숫자는 [그림 4-2]에서의 규모수확의 영역을 의미함.

위의 <표 4-7>에 의거하여 국내 무역항만들의 규모효율성 추세를 파악할 수

있다.

첫째, 규모의 효율성이 지속적으로 체감하는 항만은 인천, 광양, 제주, 삼천포, 마산, 부산, 포항항이었다.

둘째, 규모의 효율성이 지속적으로 체증하는 항만은 장항, 서귀포, 진해, 옥계, 속초항이었다.

셋째, 규모의 효율성이 지속적으로 불변이거나 체증에서 개선된 항만은 대산항, 삼척항이었다.

넷째, 규모의 효율성이 최근에 개선된 항만은 고현, 옥포, 울산항이었다.

5. Malmquist 모형에 의한 국내무역항만의 효율성 측정

본 절에서는 시간의 흐름에 따른 효율성변화의 원인을 살펴보고자 Malmquist 효율성 지수를 이용하여 효율성 변화를 검토해 보고자 한다. Malmquist 효율성지수의 가장 큰 특징은 이미 살펴본 바와 같이 시간의 흐름에 따른 효율성 변화를 기술적 효율성변화와 기술변화(진보 또는 퇴보)로 구분할 수 있다는 점이다. 이하에서는 1994년부터 2003년까지의 총 9기의 효율성 분석 결과(투입지향, 산출지향모형)를 다음의 <표 4-8>과 <부표 20>에서 <부표 27>까지 제시하였다. 다음의 <표 4-8>에서 보면 산출지향모형은 투입지향모형의 Malmquist 효율성 지수의 역수를 취하면 되므로 여기에서는 투입지향모형의 Malmqusit 효율성 지수의 결과를 중심으로 논의하고자 한다.

<표 4-8> Malmquist모형(투입・산출지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1994년-1995년

항만/ 구분		효율성수치	기술적 효율성 변화지수	기술변화지수
인천	투입지향	0.89336	1.33721	0.66808
	산출지향	1.11937	0.74783	1.49684
평택	투입지향	46.82967	1.0	46.82967
	산출지향	0.02135	1.0	0.02135
대산	투입지향	13.28849	3.80707	3.49048
	산출지향	0.07525	0.26267	0.28649
보령	투입지향	0.87720	0.80477	1.09000
	산출지향	1.13999	1.24259	0.91743
장항	투입지향	0.72065	0.93669	0.76936
	산출지향	1.38763	1.06759	1.29978
군산	투입지향	0.96587	1.19520	0.80813
	산출지향	1.03533	0.83668	1.23743
목포	투입지향	0.86400	1.03533	0.83452
	산출지향	1.15741	0.96588	1.19830
완도	투입지향	1.11469	1.39826	0.79719
	산출지향	0.89711	0.71517	1.25440
여수	투입지향	0.38876	1.0	0.38876
	산출지향	2.57228	1.0	2.57228
광양	투입지향	0.93267	1.79909	0.51841
	산출지향	1.07219	0.55584	1.92896
제주	투입지향	1.02247	1.43829	0.71089
	산출지향	0.97803	0.69527	1.40668
서귀포	투입지향	1.21135	2.14951	0.56355
	산출지향	0.82552	0.46522	1.77447
삼천포	투입지향	0.95028	1.07470	0.88423
	산출지향	1.05232	0.93049	1.13093
통영	투입지향	0.69182	1.0	0.69182
	산출지향	1.44547	1.0	1.44547
고현	투입지향	1.01788	1.53861	0.66156
	산출지향	0.98243	0.64994	1.51158
옥포	투입지향	0.95204	1.15286	0.82581
	산출지향	1.05038	0.86741	1.21094
마산	투입지향	0.81199	1.28223	0.63327
	산출지향	1.23154	0.77989	1.57912
진해	투입지향	0.83723	1.09163	0.76696
	산출지향	1.19441	0.91606	1.30386
부산	투입지향	0.92415	2.03760	0.435355
	산출지향	1.08208	0.49077	2.20485
울산	투입지향	0.83077	1.10627	0.75096
	산출지향	1.20371	0.90394	1.33162
포항	투입지향	0.92620	1.64696	0.56237
	산출지향	1.07968	0.60718	1.77818
삼척	투입지향	0.82333	1.25802	0.65446
	산출지향	1.21458	0.79490	1.52797
동해	투입지향	0.96295	3.06519	0.31416
	산출지향	1.03848	0.32624	3.18312
묵호	투입지향	1.07254	2.07592	0.51666
	산출지향	0.93237	0.48172	1.93551
옥계	투입지향	0.82972	2.33274	0.35569
	산출지향	1.20522	0.42868	2.81147
속초	투입지향	1.10848	1.0	1.10848
	산출지향	0.90213	1.0	0.90213

1) Malmquist 효율성지수에 의한 연도별 효율성 변화

첫째, 1994/1995년의 경우에 투입지향형 Malmqusit 지수의 평균은 3.1480으로 효율성이 증대된 것으로 나타났다. 그러나 자세하게 보면 평택항과 대산항의 지수가 매우 높은 결과 때문에 발생하였다는 것을 알 수 있다. 기술적 효율성 변화지수의 평균은 1.5217로 1994년에 비해서 1995년의 기술적 효율성이 평균적으로 증가하였음을 알 수 있다. 또한 기술변화지수의 평균은 2.5634로 평균적으로 항만기술이 진보하였음을 알 수 있다. 26개의 항만 중에서 기술적 효율성 변화지수가 증가한 항만의 숫자는 20개이며, 기술적 진보가 발생한 항만은 4개로 나타났다.

둘째, 1994년부터 2003년까지의 Malmquist 효율성지수, 기술적효율성변화지수와 기술변화지수의 평균값은 <표 4-9>에 제시하였다. 다음의 <표 4-9>를 통해서 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

① 국내항만들의 평균적인 Malmquist지수는 1998/1999, 2001/2002, 2002/2003년의 기간동안에는 감소하였으며, 나머지 기간에는 모두 상승한 것으로 나타나 효율성의 증가가 어느 정도 이루어졌다고 할 수 있다. 또한 개별항만별로 보면 평택, 대산, 속초항의 Malmquist지수 평균이 크게 상승하였으며, 완도, 삼천포, 통영, 울산, 포항, 삼척, 옥계항은 효율성이 1.0미만으로서 감소하였다.

② 국내항만들의 평균적인 기술적 효율성변화지수는 1996/1997, 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003의 기간동안에는 감소하였으며, 나머지 기간에는 모두 상승하였으나 전체적으로 감소한 것으로 나타났다. 또한 개별항만별로 보면, 평택, 대산, 속초항의 기술적 효율성이 크게 증가하였으며, 인천, 보령, 삼천포, 고현, 옥포, 포항항의 기술적 효율성은 1.0미만으로 감소하였다.

③ 국내항만들의 평균적인 기술변화지수는 1998/1999, 1999/2000년의 기간동안에는 감소하였으며 나머지 기간동안에는 모두 상승함으로써 전체적으로 상승한 것으로 나타났다. 또한 개별항만별로 보면, 평택, 대산, 보령, 삼천포, 동해, 옥계항의 기술변화지수가 비교적 크게 증가하였으며, 서귀포, 옥포항의

기술변화지수는 1.0미만으로 감소하였다.

④ 위의 결과를 가지고서 판단해 볼 때, 단순한 기술적 효율성 변화를 나타내는 기술적 효율성변화지수의 감소에도 불구하고 기술변화지수는 증가한 것으로 나타나서, 이것은 각 항만이 효율성을 극대화시키기 위해서 자체적으로 또는 벤치마킹을 통해 생산기술을 개발하고 향상 시키고 있기 때문이라고 해석된다. 그 결과 Malmquist지수가 전체 기간에 걸쳐서 상승추세를 보이고 있다.

<표 4-9> 평균적인 Malmquist 지수, 기술적 효율성 변화지수, 기술변화지수의 증감추세

년도/지수	Malmquist 지수	증감항만숫자	기술적효율성 변화지수평균	증감항만숫자	기술변화지수 평균	증감항만숫자
1994/1995	3.1480	+8, -18	1.5217	=4, +20,-2	2.5634	+4, -22
1995/1996	3.5097	+9, -17	1.9374	=3, +9, -14	1.3363	+15, -11
1996/1997	1.0780	+12, -14	0.8082	=3, +3, -20	1.3327	+25, -1
1997/1998	1.6059	+21, -5	0.9256	=4, +7, -15	1.8593	+23, -3
1998/1999	0.9086	+4, -22	1.0709	=4, +17, -5	0.8482	+0, -26
1999/2000	1.0185	+10, -16	1.4106	=3, +20, -3	0.8265	+3, -23
2000/2001	1.4887	+8, -18	0.9262	=2, +11, -13	1.8815	+11, -15
2001/2002	0.9624	+9, -17	0.9683	=3, +6, -17	1.0008	+14, -12
2002/2003	0.9978	+13, -13	0.9836	=5, +8, -13	1.0177	+14, -12
1994/2003	5.5771	+16, -10	1.4323	+12, -11	4.3434	+11, -15

<표 4-10> Malmquist 효율성 지수에 의한 연도별 효율성 수치

항만/년도	1994/1995	1995/1996	1996/1997	199719/98	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	평균
인천	0.89336	1.02333	0.96608	1.50873	0.86472	0.92529	1.00327	0.81582	1.14534	1.016214
평택	46.82967	0.07623	2.39342	1.17222	0.96517	0.53179	13.74910	1.00555	1.04306	7.529578
대산	13.28849	0.39623	0.14900	6.41974	0.80526	0.87783	0.94253	1.60449	1.04672	2.836698
보령	0.87720	0.85443	0.70967	1.69684	0.93411	0.66826	1.51286	0.92149	1.08711	1.029107
장항	0.72065	0.75879	0.99677	1.66037	1.00971	0.65051	2.40184	0.91336	0.62881	1.082311
군산	0.96587	0.83562	1.76279	1.25323	0.86825	1.44731	0.89857	0.97140	0.79660	1.088852
목포	0.86400	1.29746	0.93308	1.60838	0.83233	1.08888	0.72403	0.95315	1.46378	1.085009
완도	1.11469	0.93787	1.02297	0.86029	1.09230	1.07934	1.14177	0.63352	0.61554	0.944253
여수	0.38876	0.96341	1.11375	2.38394	0.86840	1.08867	1.30903	0.68499	0.76524	1.062909
광양	0.93267	0.96234	1.08782	1.15132	0.90599	1.03491	1.10283	0.91243	0.95739	1.005302
제주	1.02247	1.27797	0.96740	1.83871	0.43769	2.16635	0.88685	1.01748	0.94661	1.173504
서귀포	1.21135	0.93521	1.00084	1.46541	0.87287	0.93312	0.66434	1.10507	1.02360	1.023533
삼천포	0.95028	0.90030	0.74123	1.46993	0.99507	0.89203	0.94782	0.95919	1.04728	0.989238
통영	0.69182	1.27330	1.04637	0.70146	0.83505	2.26494	0.93963	1.16884	0.92388	1.093921
고현	1.01788	1.03706	0.98413	1.44461	0.86617	0.62114	0.74246	0.76867	0.98219	0.940479
옥포	0.95204	1.05473	0.79967	0.95479	0.89855	0.54305	0.86704	0.88794	1.07865	0.89294
마산	0.81199	0.94368	1.05382	1.75061	0.91554	1.03185	0.89930	1.01195	1.06092	1.053296
진해	0.83723	1.09895	0.95343	2.15917	1.14956	1.24827	0.77483	0.95667	1.24433	1.161383
부산	0.92415	0.83900	1.51832	1.24429	0.77182	0.84213	0.93501	0.94042	0.91825	0.992599
울산	0.83077	0.86339	1.18805	1.21033	0.95665	1.05938	1.03344	0.85432	0.85561	0.983549
포항	0.92620	0.96894	0.98105	1.14404	0.95417	0.94909	0.98419	1.00926	0.96031	0.986361
삼척	0.82333	0.93469	0.95556	1.20493	0.83251	0.97086	0.93605	0.95344	0.98051	0.954652
동해	0.96295	0.99387	0.95880	1.94365	1.24553	0.99203	0.99220	1.00743	0.88868	1.109459
묵호	1.07254	1.26759	1.02236	0.96638	0.89362	0.93480	0.97388	1.22037	1.34039	1.076881
옥계	0.82972	0.91124	0.90180	1.59380	0.92487	0.94437	0.88914	0.92740	1.00618	0.992057
속초	1.10848	67.84545	1.78899	0.94567	0.92851	0.69387	0.45544	0.81676	1.13712	8.413364

<표 4-11> Malmquist 효율성 지수에 의한 연도별 효율성 수치 (투입지향 기술적효율성 변화지수)

항만/년도	1994/1995	1995/1996	1996/1997	1997/998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	평균
인천	1.33721	0.70495	0.63128	0.68544	1.03565	1.45453	1.14718	0.74598	1.04752	0.97664
평택	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.47784	0.82746	0.99816	1.03372
대산	3.80707	0.93183	0.28189	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.22453
보령	0.80477	0.13954	0.51233	0.67635	1.09473	1.32543	1.65097	0.89951	0.96269	0.89626
장항	0.93669	0.43436	0.79413	0.82361	1.17332	1.32201	2.62090	0.89109	0.55700	1.06146
군산	1.19520	0.76103	1.20647	0.65592	1.03441	2.46554	0.74266	0.91076	0.79374	1.08508
목포	1.03533	1.08063	0.66138	1.15893	0.98208	1.33036	0.88898	1.15381	1.47182	1.08482
완도	1.39826	0.73042	0.94576	1.66333	1.32070	0.44148	1.37842	0.81731	0.60249	1.03313
여수	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.03248	0.87071	0.77979	0.77275	1.05064
광양	1.79909	1.01032	0.72931	0.49541	1.08401	1.60556	1.01934	0.83051	0.96324	1.05964
제주	1.43829	0.92202	0.72571	1.24793	0.57373	3.10086	1.12534	1.23670	0.90519	1.02529
서귀포	2.14951	0.80525	0.86405	1.29366	1.0930	1.01636	0.57020	1.18329	1.04846	1.11557
삼천포	1.07470	0.33219	0.51857	0.61141	1.17910	1.68566	1.04982	0.93972	0.93176	0.92477
통영	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.11583	1.50792	0.90460	1.05867
고현	1.53861	0.65106	0.82089	0.86514	0.99797	1.16517	0.75349	0.94626	1.0	0.97095
옥포	1.15286	0.91097	0.61406	0.84640	1.08475	0.78865	1.0	1.0	1.0	0.93308
마산	1.28223	0.90499	0.76291	1.00772	1.07886	1.76497	0.71140	0.97560	1.05521	1.06043
진해	1.09163	1.15790	0.67002	1.36761	1.34343	1.47895	0.92918	1.06885	1.15469	1.14025
부산	2.03760	0.97136	1.28733	0.56589	0.90158	1.60667	0.44305	0.90592	0.92117	1.07118
울산	1.10627	1.96934	0.64633	0.79067	1.17275	1.11978	1.06258	0.64367	1.0	1.05682
포항	1.64696	0.45751	0.69386	0.46684	1.13242	1.61944	1.10692	0.90929	0.91264	0.9940
삼척	1.25802	3.23864	0.66260	1.44587	0.87538	1.32155	0.22146	1.0	1.0	1.22484
동해	3.06519	2.26586	0.80072	0.75235	1.46314	1.76179	0.18719	0.91800	0.94598	1.35114
묵호	2.07592	2.10994	0.87488	0.93549	1.02173	1.06281	0.29547	1.28000	1.36982	1.22512
옥계	2.33274	2.91898	0.66713	0.79184	1.08415	1.76727	0.16958	0.86849	1.06727	1.29638
속초	1.0	21.96332	1.64029	0.91714	1.10146	0.43705	0.54253	0.93559	1.18897	3.30293

<표 4-12> Malmquist 효율성 지수에 의한 연도별 효율성 수치(투입지향 기술변화지수)

항만/년도	1994/1995	1995/1996	1996/1997	199719/98	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003	평균
인천	0.66808	1.45164	1.53035	2.20110	0.83495	0.63614	0.87455	1.09362	1.09338	1.15376
평택	46.82967	0.07623	2.39342	1.17222	0.96517	0.53179	9.30349	1.21522	1.04499	7.05913
대산	3.49048	0.42522	0.52857	6.41974	0.80526	0.87783	0.94253	1.60449	1.04672	1.79343
보령	1.09000	6.12314	1.38517	2.50883	0.85327	0.50419	0.91635	1.02443	1.12924	1.72607
장항	0.76936	1.74691	1.25516	2.01596	0.86056	0.49206	0.91642	1.02499	1.12892	1.13448
군산	0.80813	1.09802	1.46111	1.91064	0.83937	0.58702	1.20993	1.06659	1.00361	1.10938
목포	0.83452	1.20065	1.41081	1.38780	0.84751	0.81848	0.81445	0.82609	0.99454	1.01498
완도	0.79719	1.28401	1.08163	0.51721	0.82706	2.44479	0.82831	0.77514	1.02165	1.06411
여수	0.38876	0.96341	1.11375	2.38394	0.86840	0.53563	1.50340	0.87842	0.99028	1.06956
광양	0.51841	0.95252	1.49157	2.32399	0.83578	0.64458	1.08191	1.09865	0.99393	1.10459
제주	0.71089	1.38606	1.33304	1.47340	0.76288	0.69863	0.78807	0.82275	1.04576	1.00239
서귀포	0.56355	1.16139	1.15831	1.13277	0.78687	0.91810	1.16509	0.93390	0.97629	0.97736
삼천포	0.88423	2.71017	1.42937	2.40415	0.84392	0.52919	0.90284	1.02072	1.12398	1.31651
통영	0.69182	1.27330	1.04637	0.70146	0.83505	2.26494	0.84209	0.77514	1.02165	1.05020
고현	0.66156	1.59288	1.19887	1.66980	0.86793	0.53308	0.98536	0.81233	0.98219	1.03378
옥포	0.82581	1.15781	1.30226	1.12807	0.82835	0.68857	0.86704	0.88794	1.07865	0.97383
마산	0.63327	1.04275	1.38131	1.73719	0.84862	0.58463	1.26413	1.03727	1.00541	1.05940
진해	0.76696	0.94909	1.46777	1.57880	0.85569	0.84402	0.83389	0.89505	1.07763	1.02988
부산	0.45355	0.86373	1.17944	2.19884	0.85608	0.52415	2.11037	1.03807	0.99683	1.13567
울산	0.75096	0.43842	1.83815	1.53076	0.81573	0.94606	0.97258	1.32726	0.85561	1.05284
포항	0.56237	2.11786	1.41390	2.45061	0.84260	0.58606	0.88913	1.10994	1.05223	1.22497
삼척	0.65446	0.28860	1.44213	0.83336	0.95103	0.73464	4.22679	0.95344	0.98051	1.22944
동해	0.31416	0.43863	1.19743	2.58344	0.85127	0.56308	5.30036	1.09743	0.93942	1.47614
묵호	0.51666	0.60077	1.16857	1.03302	0.87462	0.87955	3.29606	0.95342	0.97852	1.14458
옥계	0.35569	0.31218	1.35175	2.01278	0.85308	0.53437	5.24328	1.06783	0.94276	1.40819
속초	1.10848	3.08903	1.09066	1.03111	0.84298	1.58764	0.83947	0.87298	0.95639	1.26875

V. 요약 및 결론

제 1 절 요 약

본 논문에서는 DEA모형을 이용한 항만분야의 효율성측정과 관련된 국내외 기존연구들을 검토하고 기존연구들이 갖고 있는 한계점을 제시하였다. 그리고 본 연구가 기존연구와 어떻게 다른 가를 보여 줌으로써 본 연구만이 갖고 있는 학술적인 기여부분에 대하여 강조하였다. 또한 현재 국내의 26개 무역항만의 경쟁력을 강화시키기 위해서는 효율성의 증대가 가장 중요함을 인식하고 항만의 효율성과 관련된 내용을 이론적으로 정리하였다. 실증분석부분은 국내 26개 무역항만의 효율성을 2개의 투입요소(접안능력, 하역능력)와 3개의 산출요소(수출물량, 수입물량, 입출항 척수)를 이용하여 DEA모형 중에서 실용도가 높은 CCR-BCC모형, 규모효율성모형, Malmquist모형을 통해서 실증분석을 하고 개별항만들의 규모수확불변하와 규모수확가변하의 효율성, 규모효율성, 그리고 10년간의 효율성변화추세를 제시하였다.

특히 본 논문에서는 기존의 항만분야 연구에서 시도하지 못했던, CCR · BCC형, 규모효율성모형, Malmquist모형을 이용하여 1994년부터 2003년까지 10년간의 자료를 이용하여 개별적으로 실증분석하고 해석함으로써 DEA기법을 통해서 효율적인 항만과 비효율적인 항만 구분, 전체 무역항만들의 10년간의 효율성변화추세를 보여 줌으로써 그에 따른 효율적인 운영 및 정책적인 지원방향을 설정하는 기초자료를 제공해 줄 수 있음을 실증적으로 보여 주었다. 그러나 본 논문은 국내에서는 항만에 대한 공식적인 통계자료가 해양수산부에서 발행되는 "해운항만통계연보" 밖에는 없으며, 통계연보자체의 문제 때문에 결과적으로 실증분석을 위한 가장 적절한 투입요소와 산출요소는 선택을 할 수 없었다.

국내의 26개 무역항만의 효율성 측정에 대한 실증분석의 결과는 다음과 같다.

첫째, CCR, BCC모형에 의한 효율성 수치의 분석결과는 다음과 같았다.

① 평택, 대산, 여수, 통영, 울산항은 상대적으로 높은 효율성을 유지하고 있다.

② 옥포, 삼척항은 2000년 이후부터 효율성이 높아지고 있다.

③ 인천, 목포, 부산, 울산항은 가변수확하의 모형인 BCC모형에서 높은 효율성을 보이고 있다.

둘째, 국내 무역항만들의 규모효율성 추세는 다음과 같았다.

① 규모의 효율성이 지속적으로 체감하는 항만은 인천, 광양, 제주, 삼천포, 마산, 부산, 포항항이었다.

② 규모의 효율성이 지속적으로 체증하는 항만은 장항, 서귀포, 진해, 옥계, 속초항이었다.

③ 규모의 효율성이 지속적으로 불변이거나 체증에서 개선된 항만은 대산항, 삼척항이었다.

④ 규모의 효율성이 최근에 개선된 항만은 고현, 옥포, 울산항이었다.

셋째, Malmquist 분석을 통해서 본 국내항만들의 효율성변화 추세는 다음과 같다.

① 국내항만들의 평균적인 Malmquist지수는 1998/1999, 2001/2002, 2002/2003년의 기간동안에는 감소하였으며, 나머지 기간에는 모두 상승한 것으로 나타나 효율성의 증가가 어느 정도 이루어졌다고 할 수 있다. 또한 개별항만별로 보면 평택, 대산, 속초항의 Malmquist지수 평균이 크게 상승하였으며, 완도, 삼천포, 통영, 울산, 포항, 삼척, 옥계항은 효율성이 1.0미만으로서 감소하였다.

② 국내항만들의 평균적인 기술적 효율성변화지수는 1996/1997, 2000/2001, 2001/2002, 2002/2003의 기간동안에는 감소하였으며, 나머지 기간에는 모두 상승하였으나 전체적으로 감소한 것으로 나타났다. 또한 개별항만별로 보면, 평택, 대산, 속초항의 기술적 효율성이 크게 증가하였으며, 인천, 보령, 삼천포, 고현, 옥포, 포항항의 기술적 효율성은 1.0미만으로 감소하였다.

③ 국내항만들의 평균적인 기술변화지수는 1998/1999, 1999/2000년의 기간동안에는 감소하였으며 나머지 기간동안에는 모두 상승함으로써 전체적으로

상승한 것으로 나타났다. 또한 개별항만별로 보면, 평택, 대산, 보령, 삼천포, 동해, 옥계항의 기술변화지수가 비교적 크게 증가하였으며, 서귀포, 옥포항의 기술변화지수는 1.0미만으로 감소하였다.

④ 위의 결과를 가지고서 판단해 볼 때, 단순한 기술적 효율성 변화를 나타내는 기술적 효율성변화지수의 감소에도 불구하고 기술변화지수는 증가한 것으로 나타나서, 이것은 각 항만이 효율성을 극대화시키기 위해서 자체적으로 또는 벤치마킹을 통해 생산기술을 개발하고 향상 시키고 있기 때문이라고 해석된다. 그 결과 Malmquist지수가 전체 기간에 걸쳐서 상승추세를 보이고 있다.

제 2 절 정책적 함의

첫째, 본 논문의 실증분석결과가 갖고 있는 가장 기초적인 정책적 함의는 국내 26개 무역항만들이 개별적으로 투입-산출구조가 비슷한 효율적인 벤치마킹항만을 선택하여 투입요소절감방안(접안능력과 하역능력의 과학적인 증대계획) 과 산출요소증대방안(수출입물량과 입출항척수의 증대계획)을 마련해야만 한다는 점이다. 투입요소를 절감하기 위해서는 국내 무역항만에 대한 투자계획이 보다 합리적이고 과학적으로 이루어져야만 한다. 즉, 항만노무공급유연화, 하역능력을 효율적으로 운영할 수 있는 하역장비의 자동화, 항만개발에 소요되는 투자재원의 다양화 등을 들 수 있다. 산출요소를 증대시키기 위해서는 항만홍보를 통해서 개별항만의 장점을 널리 알리고, 항만배후단지를 집중적으로 육성하여 자체적으로 생성되는 수출입물량을 증대시키는 한편, 항만과 관련된 SOC투자를 통해서 물류비용을 절감하도록 해주어야만 한다. 또한 항만기항에 따른 비용을 획기적으로 감면해 줌으로써, 많은 국내-국외의 무역선박이 기항할 수 있도록 해야만 한다.

둘째, 항만정책입안가들은 항만운영효율성평가지표를 개발해야만 한다.[70] 왜냐

70) 김형태・한광석・이지영, “항만운영효율성 평가지표 개발 및 운영방안,” 『수탁연

하면 특정 항만 내 부두의 운영효율성을 정기적으로 비교하고 항만간의 효율성을 상호 비교할 수 있게 된다면 운영성과를 제고시키기 위한 각 항만간의 노력이 강화될 수 있으며, 항만운영 담당자의 책임의식도 강화될 것이기 때문이다. 특히 효율성의 연도별 추세변화의 요인에 대한 분석, 이의 대내외적인 평가가 이루어지게 된다면 이는 항만운영담당자 및 각 항만간의 경쟁도를 높이게 되고 그 결과 궁극적으로 항만운영의 효율성제고를 위한 노력을 배가 시키게 될 것이다. 그러기 위해서는 각 항만시설의 활용도, 선박 및 화물의 항만 내 체류시간, 하역실적, 항만운영 인력의 활용도 등 항만의 운영성과를 나타낼 수 있는 구체적인 지표를 작성하고 이러한 지표에 의한 평가의 유용성을 확인한 후 이를 실제의 항만운영에 반영시킬 수 있는 구체적인 운영방안을 정책입안가들이 제시할 수 있어야만 한다.

셋째, 군소 무역항만들에 대해서는 취급화물의 특화를 통해서 물류비를 절감시키고 항만의 하역능력 및 접안능력을 극대화시킴으로써 항만관리의 효율화 방안을 마련해야만 한다.

넷째, 항만정책입안자들은 국내의 항만들에 대한 신규투자규모를 결정할 때, 기존의 투자금액과 그 투자의 효율성을 본 논문에서 제시하고 있는 DEA방법을 도입하여 분석하고, 투자효율이 높은 항만에 지원금액을 증액하는 방법을 도입해야만 한다. 그렇게 되면, 국내의 항만들은 더욱더 열심히 투자효율을 높이기 위해서 노력할 것이기 때문이다. 또한 투자시에는 항만에 대한 접근성의 효율을 높이기 위해서 내륙운송을 위한 SOC투자에도 주목해야만 한다. 왜냐하면, 우리나라를 비롯한 일본, 대만, 중국 등 동아시아 국가들의 수출 주종 품목들은 대부분 컨테이너화물로서 수출가격에서 차지하는 물류비용이 각국의 물류인프라 및 물류시스템에 따라 차이가 발생하여 수출경쟁력에 지대한 영향을 미치고 있는데, 한국의 경우는 통관비용과 터미널비용은 비교국가들에 비해서 매우 낮은 수준이나 내륙운송비용은 동아시아 국가들에 비해서 상대적으로 높은 것으로 나타났기 때문이

구보고서』, 한국해양수산개발원, 1997. 11., http://www.kmi.re.kr

다.[71]

다섯째, 항만운영자들은 항만구역에서 하역, 운송 및 보관시설의 기계화, 자동화를 적극 추진하고 선박의 대형화-고속화에 따라 대형화하고 있는 신형 하역장비를 적기에 도입하여 생산성의 지속적인 향상을 도모해야만 한다. 또한 항만정책 입안가들은 자동화 컨테이너터미널[네덜란드의 ECT(Europe Combined Terminal), 독일의 CTA(Container Terminal Alternative)를 모방]의 운영을 시급하게 시행할 수 있도록 투자를 서둘러야만 한다. 그렇게 함으로써 EDI를 이용한 각종 물류정보의 전산화[72]와 초고속정보통신망을 이용한 보다 신속한 종합정보처리망의 구축을 통해서 원스톱서비스의 제공이 가능해 지게 됨으로써 효율성을 높이도록 해야만 한다. 또한 그러한 자동화터미널에 대한 기술축적을 할 전문기관을 육성하고, 산학연이 유기적으로 협력하여 자동화관련 핵심기술에 대한 지속적인 연구개발을 수행해야만 한다.[73]

여섯째, 정부 또는 항만당국은 항만의 하부구조 및 상부구조를 소유·유지·운영하는 도구항만이나 서비스항만 관리형태보다는 민간터미널 운영업체에 항만 하부구조를 제공 혹은 임대하고, 이들 터미널 운영업체들이 화물처리를 담당하는 지주항만(landlord port) 관리형태로 운영하는 것이 성과와 효율성을 높이는 방법이 될 수 있으므로 적극적으로 시행해야만 한다.[74]

제 3 절 논문의 한계 및 추후 연구의 방향

본 논문의 한계점과 추후의 연구방향은 다음과 같다.

---

71) 박태원, "수출 컨테이너화물 물류비 비교분석과 물류체계 개선방안," 『수탁연구보고서』, 한국해양수산개발원, 2004. 8, http://www.kmi.re.kr

72) 보다자세한 내용은 김안호·차용우, 전게논문, 2002, pp.36-37참조요.

73) 최용석, "독일의 자동화 컨테이너터미널 CTA 1년 운영이 주는 경험과 교훈,"『해양수산 동향』, 제1147호, 한국해양수산개발원, 2004. 6., http://www.kmi.re.kr

74) 한철환, "항만의 성과와 효율성 결정요인에 관한 실증연구," 『월간 해양수산』,제221호, 한국해양수산개발원, 2003. 2., p.34.

첫째, 본 논문의 가장 큰 한계점은 다양한 투입요소와 산출요소를 제시하여 여러 가지 모형에 대한 실증분석을 시행 할 수 없었다는 점이다. 왜냐하면 국내에서는 해양수산부가 발행하는 "해양수산통계연보"가 유일한 공식통계자료집이기 때문이다. 그러나 해양수산통계연보는 취급하는 자료들이 너무 광범위한 문제 때문에 국내 26개 무역항만과 관련된 다양한 자료를 제공하지 못하고 있다. 결과적으로 보다 정밀한 DEA분석의 실시가 불가능하였다.

둘째, DEA모형은 그 발전을 거듭하고 있다. CCR-BCC모형, 규모효율성모형, Malmquist모형이외에 효율적인 항만들의 순위를 밝혀주는 Super효율성, 항만의 지배 -피지배관계를 보여주는 FDH(Free Disposal Hull)모형, Super효율성분석에서 효율적인 항만이 너무 효율적인 경우에 나타날 수 있는 "infeasible"의 문제도 최근에 선진국학자들에 의해서 해결되고 있으나 본 논문에서는 제시하지 못했다. 따라서 규모수확가변하에서 효율적인 항만들의 순위를 정확하게 제시하지 못한 부분도 있다.

셋째, DEA분석결과 나타난 효율적인 항만과 비효율적인 항만들의 정확한 원인 파악이 되지 않았다. 즉, 투입요소와 산출요소의 조합상의 문제점이라는 것은 밝혀내었으나 개별항만들이 왜 그렇게 투입요소가 과다하고 산출요소가 과소하게 되었는지에 대한 정확한 원인규명은 되지 못했다.

위의 주제들은 차후연구의 과제로 삼고자 한다.

참 고 문 헌

강상곤, "DEA모형을 이용한 컨테이너 항만 및 터미널의 효율성 평가에 관한 실증연구." 석사학위논문, 한국해양대학교 대학원, 2001.

김범중, "컨테이너터미널 이용선사의 서비스만족도 평가,"『한국항만경제학회지』, 제16집, 한국항만경제학회, 2000. 8.

김안호, 차용우, "항만관리운용의 효율화 방안," 『경영경제연구』, 조선대학교 경영경제연구소, 제25집 2호, 2002. 12.

김형태 · 한광석 · 이지영, "항만운영효율성 평가지표 개발 및 운영방안" 『수탁연구보고서』, 한국해양수산개발원, 1997. 11.

민재형 · 김진한, " 한국 생명보험산업의 효율성 평가와 비효율성 원인의 규명," 『경영학연구』, 제29권 제1호, 한국경영학회, 2000.

박노경, "생산효율성에 의한 컨테이너항만의 지배-피지배 관계 분석 : FDH모형접근," 『한국해운학회지』, 제35호, 한국해운학회, 2002.

박노경,"항만의 생산성 측정에 관한 이론적 고찰," 『한국항만경제학회지』 제14집, 한국항만경제학회, 1998. 8.

박노경 · 김진한, "국내은행의 효율분석: DEA, FDH, Malmquist 지수의 비교분석" 『국제경제연구』, 제8권 제3호, 한국국제경제학회, 2002.

박진근, 『미시경제학』, 법문사, 1990.

박정식 · 윤영선, 『현대통계학』, 서울: 다산출판사, 1987.

박태원, "수출 컨테이너화물 물류비 비교분석과 물류체계 개선방안," 『수탁연구보고서』, 한국해양수산개발원, 2004.

송재영, "컨테이너 항만의 효율성 분석에 관한 연구," 박사학위논문, 한국해양대학교 대학원, 2004. 8.

손승태, 『국내은행의 경영효율성 비교분석』, 한국개발연구원, 1993. 5.

오성동 · 박노경, "컨테이너항만의 국제경쟁력 분석방법: DEA접근," 『한국항

만경제학회지 』, 제17권 1호, 한국항만경제학회, 2001. 5.

이상규, “ 우리나라 은행산업의 생산성변동요인: 비모수 Malmquist생산성지수의 적용,” 1999년도 한국금융학회 정기학술대회 발표논문집, 1999. 6. 25.

이정욱, “항만운영 생산성 극대화를,” 『경향신문』, 2004. 5. 19.

이정호, “국내 수출입항만의 효율성측정에 관한 실증적연구,” 박사학위논문, 전북대학교 대학원, 1998.

윤동한, “항만 생산성 최신개념 소개,” 『해양수산동향』, 제985호, 2000. 10.

조양제, “생산관리시스템도입을 통한 금융기관의 경영개선강화에 관한 연구,” 『은행정보』,1991. 4.

전국경제인연합회, 『항만의 경쟁력 제고과제』, 전국경제인연합회조사연구자료, 산업정책 97-3, 1997. 9. 20.

전준수・김성호, 『국제해상운송실무』, 서울: 박영사, 2000.

전일수・김학소・김범중, 『우리나라 컨테이너 항만의 국제경쟁력 제고방안에 관한 연구』, 해운산업연구원, 정책자료090, 1993. 12.

정수영, 『신경영학원론』, 서울: 박영사, 1971.

최낙정, “컨테이너 항만개발 및 관리정책,” 『학술발표논문집』, 제1회 광양항 국제 Forum 및 제13차 한국항만경제학회 국제학술발표대회, 1998. 7. 10.

최문경, ″서비스산업의 효율성측정에 관한 연구,″ 박사학위논문, 동국대학교 대학원, 1998.

최용석, “독일의 자동화 컨테이너터미널 CTA 1년 운영이 주는 경험과 교훈,” 『해양수산 동향』, 제1147호, 한국해양수산개발원, 2004. 6.

하동우, 『동북아 주요 컨테이너항만간 경쟁여건 분석』, 해운산업연구원, 정책자료 137, 1996. 12.

한국생산성본부, 『전략적 계획 및 관리통제시스템을 위한 생산성 관리시스템의 활용방안 -은행산업을 중심으로』, 1990. 12.

한철환, “항만의 성과와 효율성 결정요인에 관한 실증연구,” 『월간 해양수산』, 제221호, 해양수산개발원, 2003. 2.

Alan, E. Branch and Fcit, Fiex, Aita, *"Elements of Port Operation and Management,"* Chapman and Hall, 1986.

Anthony, R. N. and John Dearden, *Management Control Systems*, Richard D. Irwin Inc., 1980, p.8.

Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper, “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis,” *Management Sciences*, 30, 1984, pp.1078-1092.

Bain, David, *The Productivity Prescription: The Manager's Guide to Improving Productivity and Profit,* Mc Graw-Hill Co., 1982, p.51.

Baumol, W. J., J. C. Panzar and R. D. Willig, *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*, Harcourt Brace Jovanovich Inc., New York, 1982.

Bennathan, E., and Walters, A., *Port Pricing and Investment Policy for Developing Countries*, Oxford Univ. Press, 1979.

Brown, R. S., D. W. Caves and L. R. Christensen, "Modeling the Structure of Production for Multiproduct Firms," *Solution Economic Journal*, July 1979, pp.256-273.

Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes, "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of DEA to Program Follow Through," *Management Science*, Vol.27, No.6, 1981, pp. 668-697.

Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes, “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, 1978, pp.429-444.

Cooper, W. W., L. M. Seiford, and K. Tone, Data Envelopment Analysis,

Kluwer Academic Publishers, 2000.

Cullinane, K., D. W. Song, and R. Gray, "A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia: Assessing the Influence of Administrative and Ownership Structures," *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* Vol.36, No.8, October 2002, pp.743-762.

Dowd, T. J. and T. M. Leschine, "Container Terminal Porductivity: A Perspective," *Maritime Policy and Management*, Vol. 17, No. 2, 1990, 2002, pp.107-112.

Dowd, T. J., " Container Terminal Leasing and Pricing," *Maritime Policy and Management*, Vol.11, No.4, 1984, p.280.

Dowd, T. J. and Leschine, T. M., "Container Terminal Porductivity: A Perspective," *Maritime Policy and Management*, Vol.17, No.2, 1990, pp.108-109.

Farrel, M. J., "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society,* Series A, Part 3, 1957.

Fecher, F., D. Kessler, S. Perelman and P. Pestieau, "Productive Performance of the French Insurance Industry," *Journal of Productivity Analysis,* Vol.4, No.2, 1993, pp. 77-93.

Ferrier, G. D. and K. Lovell, "Measuring Cost Efficiency in Banking: Econometric and Linear Programming Evidecne," *Journal of Econometrics,* Vol.46, 1990, pp.229-245.

Fleming, D. K., "World Container Port Rankings," *Maritime Policy and Management*, Vol.24, No.2, 1997, pp.175-181.

Frankel, E. G., "Port Performance and Productivity Measurement," *Ports and Harbors*, Vol.36, No.7, September 1991, pp.11-13.

Han, Chul-Hwan, "An Empirical Study on the Determinants of Port

Performance and Efficiency," *Proceedings of the 2nd International Gwangyang Port Forum and Int'l Conference for the 20th Anniversary of Korean Association of Shipping Studies*, Korean Association of Shipping Studies, April 24-26, 2002, pp.247-259.

Heggie, I., "Charging for Port Facilities," *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.8, 1974, pp.3-25.

Hockney, L. A. and L. L. Whiteneck, *Port Handbook for Estimating Marine Terminal Cargo Handling Capability,*Office of Port and Intermodal Development, Maritime Administration,Washington D.C., 1986.

Jansson, J. O. and Shneerson, D., *Port Economics*, MIT Press, 1982.

Lindo System Inc., http://www.lindo.com

Mail, R. *Improving Total Productivity: MBO Strategies for Business*, Government and Not-for-profit Organization, 1978.

Miller, D. M., "Profitability = Productivity + Price Recovery," *Harvard Business Review*, May-June 1984, p.145.

Monie, G. De, "Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity," *UNCTAD MONOGRAPHS on PORT MANAGEMENT*, No.6, International Association of Ports and Harbors, September 1987, pp.2-11.

Roll, Y. and A. Sachish, "Productivity Measurement at the Plant Level," *Omega*, Vol.9, No.1, 1981, pp.37-42.

Roll, Y. and Y. Hayuth, "Port Performance Comparision Applying Data Envelopment Analysis(DEA)," *Maritime Policy and Management*, Vol.20, No.2, 1993, pp.153-161.

Sachish, A., "Productivity Functions as A Managerial Tool in Israel Ports," *Maritime Policy and Management*, Vol.23, No.4, 1996,

pp.341-369.

Sherman, H. D., DBA, " Hospital Efficiency Measurement and Evaluation," *Medical Care*, Oct. 1984, Vol.22, No.10, pp.923-924.

Schonfeld, P. and S. Frank, "Optimizing the Use of a Containership Berth," *Tansportation Research Record*, No.984, 1986, pp.56-62.

Sumanth, D. J. *Productivity Engineering and Management*, Mc Graw-Hill, 1984.

Suykens, F., "Some Remarks Productivity in Seaports," *Ports and Harbors*, Vol.32, No.12, Dec. 1987, pp.14-23.

Talley, Wayne K., "Optimum Throughput and Performance Evaluation of Marine Terminals," *Maritime Policy and Management*, Vol.15, No.4, pp.327-331.

Talley, W. K. and P. Anderson, "Effectiveness and Efficiency in Transit Performance : A Theoretical Perspective ," *Tansportation Research,* Vol.15A, 1981, pp.431-436.

Talley, W. K., "A Comparison of Two Methodologies for Selecting Transit Performance Indicators," *Transportation,* Vol. 13, 1986, pp.201-210.

Talley, W. K. "An Economic Theory of the Public Transit Firm," *Transportation Research*, Vol.228, 1986, pp.45-54.

Tongzon, J., "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis," *Transportation Research,* Part A, Vol.35, 2001, pp.113-128.

Valantine, V. C. and R. Gray, "Competition of Hub Ports: A Comparison between Europe and the Far East," *Proceedings of the 2nd International Gwangyang Port Forum and Int'l Conference for the 20th Anniversary of Korean Association of Shipping Studies*, Korean Association of Shipping Studies, April 24-26, 2002,

pp.161-176.

Walter, A., "Marginal Cost Pricing in Ports," *The Logistics and Transportation Review*, Vol.11, 1975, pp.297-308.

부 표

<부표 1> 1994년도 항구별 투입요소 및 산출요소

항구명	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	1509	38678	10049	83861	40857
평택	140	0	170	18920	9137
대산	505	116	4105	9360	4605
보령	300	9715	0	7175	317
장항	16	663	14	581	576
군산	135	2919	806	6533	6093
목포	83	2099	137	2265	8711
완도	33	707	59	441	3370
여수	30	2663	2507	8541	3337
광양	2088	51369	27242	73021	31137
제주	42	1339	235	1974	6229
서귀포	14	695	268	317	2515
삼천포	162	5745	34	5837	2377
통영	6	304	16	89	2420
고현	11	531	151	1073	1484
옥포	20	389	70	549	1345
마산	296	7659	1552	8059	10355
진해	45	1039	261	1345	2051
부산	1027	54976	36493	45187	55266
울산	1713	18119	36850	68644	38096
포항	1150	38311		33282	11182
삼척	26	7002	4403	12	1857
동해	246	14148	4870	4841	4100
묵호	40	5925	111243519	602	4169
옥계	80	2797	2297	924	1169
속초	18	843	12	32655	333

<부표 2> 1995년도 항구별 투입요소 및 산출요소

항구명	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	1669	39081	13058	92119	39611
평택	250	1368	236	21583	8741
대산	785	5649	3475	9667	4737
보령	250	9715	0	8242	346
장항	16	663	8	583	904
군산	190	3523	856	7584	7948
목포	107	2536	175	3505	11852
완도	33	707	67	313	2982
여수	30	2663	8586	10496	4090
광양	2238	51369	29215	79194	32932
제주	34	1353	175	2170	6340
서귀포	14	716	212	320	2202
삼천포	172	5984	33	6320	2626
통영	6	321	34	115	3588
고현	11	531	44	792	1983
옥포	20	389	44	582	1529
마산	299	8340	2608	8394	12009
진해	65	1039	422	2239	1844
부산	1790	54836	38782	53656	61387
울산	2095	18119	45028	82261	41251
포항	915	38864	4694	37533	12429
삼척	26	7002	5915	12	1849
동해	256	14148	11552	5953	4927
묵호	40	5925	3275	485	3903
옥계	85	2797	2781	969	1305
속초	18	843	0	29690	176

<부표 3> 1996년도 항구별 투입요소 및 산출요소

항구명	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	1869	45275	16097	99903	45177
평택	250	1368	586191	27949	11935
대산	538	5649	11019	19067	6182
보령	200	9715	4	8879	528
장항	16	663	9	625	1305
군산	195	3602	1442	9142	9217
목포	137	3226	285	4176	11368
완도	33	763	46	336	3474
여수	30	2663	92	10277	4862
광양	2238	51369	30849	81840	33827
제주	58	1842	211	2802	6811
서귀포	14	716	207	325	2397
삼천포	172	6046	83	6882	3025
통영	6	359	29	132	2972
고현	11	531	96	750	1841
옥포	20	389	34	628	1448
마산	291	8340	3117	8394	12490
진해	45	1039	377	1193	1967
부산	1039	55892	41723	55874	66872
울산	1360	19221	47866	81601	42136
포항	1165	38864	5612	39857	13961
삼척	26	7002	6372	9	1948
동해	256	14148	11496	5995	5107
묵호	40	5925	2772	411	2938
옥계	85	2797	2780	1357	1278
속초	9	843	0	34	177

<부표 4> 1997년도 항구별 투입요소 및 산출요소

항구명	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	1919	47971	15294	108117	47329
평택	440	3374	505335	25106	11571
대산	608	141	12336	19789	6496
보령	200	5508	17	8721	487
장항	16	663	45	736	1131
군산	255	8526	2285	9759	9092
목포	137	3226	362	5059	1700
완도	33	763	175	246	3396
여수	30	2663	8514	8971	4955
광양	2061	66598	32476	84227	33483
제주	58	1842	252	2923	6997
서귀포	14	716	163	340	2370
삼천포	212	6178	175	10212	3035
통영	6	402	52	109	3001
고현	11	531	156	713	1951
옥포	20	389	69	592	1926
마산	307	9096	3454	8554	12786
진해	45	1039	371	1182	2-51
부산	1503	91046	47099	59543	67187
울산	2195	20103	54800	95877	44807
포항	1165	38864	6264	40627	14443
삼척	26	7002	6275	14	1952
동해	256	14148	11790	6366	5141
묵호	40	5925	3056	388	2795
옥계	85	2797	2912	1459	1492
속초	18	896	0	27	160

<부표 5> 1998년도 항구별 투입요소 및 산출요소

항구명	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	1942	56730	15450	78498	38735
평택	475	6951	818147	20232	8607
대산	608	4987	14520	24764	7028
보령	200	10682	0	7556	439
장항	16	1068	12	624	883
군산	255	7596	3210	6955	8102
목포	143	6271	819	4386	12232
완도	33	817	26	237	4385
여수	30	2952	3303	2865	5516
광양	2401	71865	33179	81784	31502
제주	58	3155	268	2036	6181
서귀포	14	1359	224	239	2004
삼천포	342	13581	996	13316	2435
통영	6	172	18	94	2849
고현	11	901	354	749	1736
옥포	20	454	53	737	1922
마산	327	14268	3278	6389	10555
진해	45	1869	191	756	1374
부산	1548	87774	51934	44498	65702
울산	2425	24834	57340	90692	41762
포항	1170	44785	8992	38559	12993
삼척	26	7286	5629	53	1673
동해	354	21057	10711	4713	4027
묵호	36	6422	3152	228	2774
옥계	95	4914	3695	1273	1703
속초	18	896	5	23	196

<부표 6> 1999년도 항구별 투입요소 및 산출요소

항구명	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	1942	56590	17518	90708	40639
평택	475	6951	709188	25422	8922
대산	618	4987	18514	31031	7293
보령	200	10682	6	8089	472
장항	16	1068	4	618	836
군산	255	7596	3459	8043	8954
목포	143	6271	649	5268	14714
완도	33	817	38	295	3185
여수	30	3016	3427	3323	6385
광양	2445	73805	38883	92175	35604
제주	18	3589	268	2117	6332
서귀포	14	1359	261	302	2210
삼천포	342	13581	178	13382	2695
통영	6	172	17	128	3340
고현	11	901	126	849	2186
옥포	20	454	123	819	2153
마산	347	14233	4237	7083	13199
진해	25	1869	74	452	1453
부산	1550	84764	50888	56868	69429
울산	2425	24776	56507	94609	45454
포항	1180	44542	8574	40544	13871
삼척	26	7286	5790	350	2022
동해	526	23035	12166	4904	4370
묵호	36	6422	3334	321	2976
옥계	95	4914	3785	1374	1919
속초	18	896	16	24	220

<부표 7> 2000년도 항구별 투입요소 및 산출요소

항구명	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	1992	56820	20801	99596	44944
평택	550	6951	2090323	29031	9801
대산	633	4987	21441	35693	7636
보령	100	10662	0	8791	420
장항	8	1068	1	607	757
군산	309	13869	3448	8338	9155
목포	209	6271	951	5529	14864
완도	33	817	28	280	2924
여수	33	3016	2615	2736	7812
광양	2934	74277	40545	98930	38920
제주	78	3589	197	2467	6499
서귀포	14	1359	283	323	2369
삼천포	273	19168	1495	16710	3132
통영	11	620	4	122	3794
고현	7	856	92	978	2492
옥포	5	454	49	1151	2502
마산	367	14229	3193	7218	12358
진해	85	1869	154	562	1526
부산	1550	84475	49817	67411	72022
울산	2999	24772	56067	94998	48496
포항	1190	44542	8237	42896	14153
삼척	26	7172	6044	291	2119
동해	526	2305	12450	4943	4599
묵호	40	6388	4055	315	3577
옥계	95	4914	3409	1459	1707
속초	18	896	9	25	341

<부표 8> 2001년도 항구별 투입요소 및 산출요소

항구명	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	2002	61515	16131	104553	47691
평택	610	9811	5866	33816	11730
대산	633	4987	22597	38559	7623
보령	200	10662	4	8200	402
장항	28	1486	0	622	925
군산	310	11717	3307	8698	8800
목포	212	7011	794	5994	23728
완도	33	817	16	292	2555
여수	33	3016	648	1065	8959
광양	3079	89424	42401	98553	39037
제주	78	3258	223	2319	6664
서귀포	14	728	279	288	2295
삼천포	273	19168	1654	17547	3008
통영	11	620	17	197	4029
고현	7	856	314	1271	3168
옥포	6	454	69	1407	3292
마산	367	13618	3454	8150	13040
진해	85	1869	133	815	2001
부산	1665	102375	73994	75667	83547
울산	2999	25577	56434	93143	48901
포항	1190	44712	8937	43134	15998
삼척	26	7171	6404	363	2296
동해	526	23035	12929	4847	4482
묵호	40	6388	3927	292	3893
옥계	95	4914	4036	1565	1881
속초	18	896	18	54	750

<부표 9> 2002년도 항구별 투입요소 및 산출요소

항구명	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	1930	62075	18204	127976	49520
평택	610	9558	7770	33119	13207
대산	643	5419	12955	29503	7275
보령	200	10680	0	8911	453
장항	28	1486	0	681	958
군산	309	12645	3451	9324	8397
목포	212	7011	1083	7191	24302
완도	33	817	28	321	4033
여수	33	3016	1410	2236	9558
광양	3079	90769	48085	105361	40093
제주	78	3258	259	2308	6455
서귀포	0	728	271	269	1937
삼천포	273	19168	1472	18872	2973
통영	12	620	1	177	3447
고현	7	856	421	1540	4419
옥포	6	454	52	1418	4247
마산	367	13651	3343	8444	12900
진해	85	1869	83	1004	2034
부산	1665	106363	74733	95942	92587
울산	1584	28622	56270	92141	49379
포항	1190	44712	8070	43958	15648
삼척	26	7171	6726	361	2364
동해	526	23035	12733	5374	5854
묵호	40	6388	3130	260	3858
옥계	95	4914	4354	1528	2000
속초	38	1149	107	110	977

<부표 10> 2003년도 항구별 투입요소 및 산출요소

항구명	투입요소		산출요소		
	접안능력	하역능력	수출물량	수입물량	입출항척수
인천	2021	62557	17794	113223	50862
평택	640	11062	9243	35463	14015
대산	941	5402	11958	29452	8783
보령	200	10680	0	8197	450
장항	28	1486	10	1083	198
군산	352	11460	5183	10643	9185
목포	262	9043	877	6067	21648
완도	33	817	30	289	6552
여수	31	3016	2050	1729	1057
광양	3079	99038	52126	112961	45518
제주	78	3258	275	2512	6684
서귀포	14	728	277	342	1791
삼천포	273	19168	421	18794	2321
통영	12	620	25	187	3731
고현	7	856	206	1839	4834
옥포	6	454	54	1238	4157
마산	376	14348	3259	8248	13256
진해	85	1869	103	842	1439
부산	1665	117315	91787	95452	94533
울산	1629	20304	55415	91523	50686
포항	1190	44542	8544	45579	15546
삼척	6	7171	6896	286	2432
동해	526	23035	14328	5619	6619
묵호	40	6388	2160	299	4348
옥계	105	4914	4474	1645	2244
속초	38	1149	55	115	992

<부표 11> CCR · BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1995년

항만/ 구분		효율성수치	참조항만(잠재가격)
인천	CCR	0.23053	평택(1.075), 여수(1.465), 통영(6.663), 속초(1.777)
	BCC	1.00000	
평택	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
대산	CCR	0.26267	평택(0.254), 여수(0.397), 통영(0.250)
	BCC	0.26304	평택(0.206), 여수(0.398), 통영(0.362), 속초(0.034)
보령	CCR	0.02679	평택(0.005), 통영(0.070), 속초(0.273)
	BCC	0.04781	통영(0.725), 속초(0.275)
장항	CCR	0.14525	평택(0.002), 통영(0.246), 속초(0.017)
	BCC	0.49662	통영(0.984), 속초(0.016)
군산	CCR	0.30968	평택(0.178), 여수(0.088), 통영(1.676), 속초(0.088)
	BCC	0.48506	평택(0.156), 목포(0.449), 여수(0.085), 통영(0.252), 속초(0.058)
목포	CCR	0.45618	평택(0.121), 여수(0.005), 통영(3.001), 속초(0.016)
	BCC	1.00000	
완도	CCR	0.39829	평택(0.008), 여수(0.004), 통영(0.806)
	BCC	0.47082	여수(0.004), 통영(0.991), 속초(0.005)
여수	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
광양	CCR	0.23058	평택(1.605), 여수(3.353), 통영(1.431), 속초(0.310)
	BCC	0.76307	인천(0.326), 울산(0.554), 속초(0.120)
제주	CCR	0.47908	평택(0.019), 여수(0.013), 통영(1.703), 속초(0.048)
	BCC	1.00000	
서귀포	CCR	0.34752	평택(0.001), 여수(0.022), 통영(0.586)
	BCC	0.51641	여수(0.021), 통영(0.979)
삼천포	CCR	0.06851	평택(0.016), 여수(0.001), 통영(0.681), 속초(0.198)
	BCC	0.07220	여수(0.001), 통영(0.790), 속초(0.210)
통영	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
고현	CCR	0.38335	평택(0.002), 여수(0.003), 통영(0.544), 속초(0.022)
	BCC	0.63214	여수(0.001), 통영(0.976), 속초(0.022)
옥포	CCR	0.40505	평택(0.023), 여수(0.003), 통영(0.366), 속초(0.000)
	BCC	0.85321	여수(0.001), 통영(0.983), 속초(0.015)
마산	CCR	0.22497	평택(0.168), 여수(0.289), 통영(2.605), 속초(0.048)
	BCC	0.53093	목포(0.772), 여수(0.108), 부산(0.038), 울산(0.002), 속초(0.080)
진해	CCR	0.30595	평택(0.066), 여수(0.046), 통영(0.300), 속초(0.010)
	BCC	0.43976	여수(0.046), 통영(0.899), 속초(0.056)
부산	CCR	0.28990	평택(0.254), 여수(4.465), 통영(11.401)
	BCC	1.00000	
울산	CCR	0.90394	평택(1.270), 여수(5.200), 통영(2.477)
	BCC	1.00000	
포항	CCR	0.08280	평택(0.107), 여수(0.534), 통영(2.547), 속초(0.988)
	BCC	0.44342	인천(0.065), 부산(0.158), 속초(0.777)
삼척	CCR	0.79490	여수(0.689)
	BCC	0.86555	여수(0.688), 통영(0.312)
동해	CCR	0.25325	여수(1.345)
	BCC	0.77371	여수(0.919), 울산(0.081)
묵호	CCR	0.38252	여수(0.379), 통영(0.656)
	BCC	0.40876	여수(0.378), 제주(0.045), 통영(0.576)
옥계	CCR	0.30838	여수(0.324)
	BCC	0.38372	여수(0.321), 통영(0.679)
속초	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	

<부표 12> CCR · BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1996년

항만/ 구분		효율성수치	참조항만(잠재가격)
인천	CCR	0.32700	평택(1.893), 여수(4.571, 통영(0.121))
	BCC	1.00000	
평택	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
대산	CCR	0.28189	평택(0.570), 여수(0.305)
	BCC	0.28476	평택(0.575), 여수(0.291), 통영(0.135)
보령	CCR	0.19201	평택(0.074), 여수(0.662)
	BCC	0.20039	평택(0.075), 여수(0.656), 통영(0.269)
장항	CCR	0.33440	평택(0.009), 여수(0.031), 통영(0.351)
	BCC	0.60058	평택(0.014), 여수(0.011), 통영(0.975)
군산	CCR	0.40691	평택(0.253), 여수(0.179), 통영(1.793)
	BCC	0.62549	평택(0.211), 목포(0.323), 여수(0.077), 제주(0.388)
목포	CCR	0.42214	평택(0.154), 통영(3.205)
	BCC	1.00000	
완도	CCR	0.54529	평택(0.049), 통영(0.974)
	BCC	0.56820	평택(0.047), 목포(0.009), 통영(0.943)
여수	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
광양	CCR	0.22823	평택(1.614), 여수(3.573)
	BCC	0.61066	인천(0.013), 울산(0.987)
제주	CCR	0.51959	평택(0.067), 여수(0.067), 통영(1.915)
	BCC	1.00000	
서귀포	CCR	0.43157	평택(0.004), 여수(0.010), 통영(0.773)
	BCC	0.52528	평택(0.005), 여수(0.005), 통영(0.990)
삼천포	CCR	0.20622	평택(0.091), 여수(0.421)
	BCC	0.22797	평택(0.097), 여수(0.400), 통영(0.503)
통영	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
고현	CCR	0.58879	평택(0.008), 여수(0.044), 통영(0.514)
	BCC	0.84040	평택(0.010), 여수(0.033), 통영(0.957)
옥포	CCR	0.44463	평택(0.026), 통영(0.381)
	BCC	0.96913	평택(0.018), 통영(0.982)
마산	CCR	0.24859	평택(0.184), 여수(0.278), 통영(3.009)
	BCC	0.56200	평택(0.081), 목포(0.781), 여수(0.105), 부산(0.032)
진해	CCR	0.26423	평택(0.033), 여수(0.019), 통영(0.497)
	BCC	0.38257	평택(0.038), 통영(0.962)
부산	CCR	0.29844	평택(0.403), 여수(4.159), 통영(14.077)
	BCC	1.00000	
울산	CCR	0.45901	평택(2.219), 여수(1.877), 통영(2.196)
	BCC	1.00000	
포항	CCR	0.18096	평택(0.561), 여수(2.353)
	BCC	0.42606	평택(0.778), 울산(0.222)
삼척	CCR	0.24544	평택(0.011), 통영(0.612)
	BCC	0.33232	평택(0.011), 통영(0.989)
동해	CCR	0.11177	평택(0.039), 여수(0.466), 통영(0.798)
	BCC	0.13868	평택(0.011), 여수(0.512), 제주(0.277), 통영(0.199)
묵호	CCR	0.18129	평택(0.004), 여수(0.016), 통영(0.945)
	BCC	0.18628	평택(0.004), 여수(0.015), 통영(0.980)
옥계	CCR	0.10565	평택(0.022), 여수(0.069), 통영(0.228)
	BCC	0.16931	평택(0.031), 여수(0.036), 통영(0.933)
속초	CCR	0.04553	여수(0.003), 통영(0.055)
	BCC	0.66667	통영(1.000)

<부표 13> CCR · BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1997년

항만/ 구분		효율성수치	참조항만(잠재가격)
인천	CCR	0.51800	평택(1.776), 여수(7.080)
	BCC	1.00000	
평택	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
대산	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
보령	CCR	0.37477	평택(0.129), 여수(0.612)
	BCC	0.38738	대산(0.085), 여수(0.776), 옥포(0.139)
장항	CCR	0.42108	평택(0.008), 여수(0.057), 통영(0.253)
	BCC	0.77222	여수(0.051), 통영(0.582), 옥포(0.367)
군산	CCR	0.33728	평택(0.128), 여수(0.712), 통영(1.359)
	BCC	0.49445	인천(0.024), 목포(0.440), 여수(0.534), 부산(0.002)
목포	CCR	0.63826	평택(0.148), 여수(0.111), 통영(3.144)
	BCC	1.00000	
완도	CCR	0.57656	대산(0.021), 통영(1.087)
	BCC	0.66198	대산(0.018), 목포(0.038), 통영(0.944)
여수	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
광양	CCR	0.31293	평택(1.020), 여수(6.533)
	BCC	0.71214	인천(0.753), 평택(0.038), 여수(0.209)
제주	CCR	0.71598	평택(0.059), 여수(0.137), 통영(1.877)
	BCC	1.00000	
서귀포	CCR	0.49947	평택(0.005), 여수(0.016), 통영(0.746)
	BCC	0.61419	여수(0.018), 통영(0.827), 옥포(0.155)
삼천포	CCR	0.39767	평택(0.141), 여수(0.744)
	BCC	0.40197	평택(0.025), 대산(0.078), 여수(0.897)
통영	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
고현	CCR	0.71727	평택(0.007), 여수(0.053), 통영(0.535)
	BCC	0.98304	여수(0.055), 통영(0.695), 옥포(0.250)
옥포	CCR	0.72409	평택(0.016), 대산(0.007), 통영(0.566)
	BCC	1.00000	
마산	CCR	0.32584	평택(0.155), 여수(0.484), 통영(2.862)
	BCC	0.61537	인천(0.021), 평택(0.003), 목포(0.871), 여수(0.089), 부산(0.017)
진해	CCR	0.39436	평택(0.031), 여수(0.039), 통영(0.500)
	BCC	0.50833	대산(0.004), 여수(0.062), 옥포(0.935)
부산	CCR	0.23183	평택(0.232), 여수(5.844), 통영(11.844)
	BCC	1.00000	
울산	CCR	0.71017	평택(3.478), 여수(0.955)
	BCC	1.00000	
포항	CCR	0.26080	평택(0.472), 여수(3.208)
	BCC	0.54346	인천(0.319), 여수(0.681)
삼척	CCR	0.37042	평택(0.014), 통영(0.597)
	BCC	0.45947	평택(0.014), 통영(0.986)
동해	CCR	0.13958	평택(0.031), 여수(0.615), 통영(0.577)
	BCC	0.14832	평택(0.015), 여수(0.595), 제주(0.211), 통영(0.178)
묵호	CCR	0.20722	평택(0.006), 여수(0.017), 통영(0.882)
	BCC	0.22096	평택(0.006), 여수(0.015), 통영(0.979)
옥계	CCR	0.15836	평택(0.020), 여수(0.103), 통영(0.249)
	BCC	0.22972	평택(0.004), 여수(0.105), 통영(0.225), 옥포(0.666)
속초	CCR	0.02776	평택(0.000), 여수(0.001), 통영(0.050)
	BCC	0.44655	통영(0.854), 옥포(0.146)

<부표 14> CCR · BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1998년

항만/ 구분		효율성수치	참조항만(잠재가격)
인천	CCR	0.75571	대산(1.852), 여수(11.395)
	BCC	1.00000	
평택	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
대산	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
보령	CCR	0.55411	대산(0.091), 여수(1.851)
	BCC	0.74294	인천(0.062), 여수(0.938)
장항	CCR	0.51126	대산(0.005), 여수(0.177)
	BCC	0.66075	여수(0.185), 통영(0.788), 고현(0.027)
군산	CCR	0.51420	대산(0.161), 여수(1.025), 통영(0.463)
	BCC	0.59421	인천(0.003), 목포(0.146), 여수(0.809), 울산(0.041)
목포	CCR	0.55073	대산(0.060), 여수(0.931), 통영(2.341)
	BCC	1.00000	
완도	CCR	0.64663	대산(0.004), 여수(0.001), 통영(1.529)
	BCC	1.00000	
여수	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
광양	CCR	0.63167	대산(1.894), 여수(12.179)
	BCC	0.86529	인천(0.693), 평택(0.006), 울산(0.300)
제주	CCR	0.57373	대산(0.018), 여수(0.517), 통영(1.124)
	BCC	0.85255	목포(0.162), 완도(0.375), 여수(0.463)
서귀포	CCR	0.38609	여수(0.064), 통영(0.579)
	BCC	0.51130	평택(0.000), 통영(0.783), 고현(0.216)
삼천포	CCR	0.65042	대산(0.238), 여수(2.590)
	BCC	0.86024	인천(0.138), 여수(0.862)
통영	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
고현	CCR	0.82908	대산(0.002), 여수(0.242), 통영(0.136)
	BCC	1.00000	
옥포	CCR	0.85549	대산(0.020), 여수(0.069), 통영(0.491)
	BCC	0.95292	대산(0.019), 여수(0.060), 통영(0.920)
마산	CCR	0.32334	대산(0.099), 여수(1.346), 통영(0.855)
	BCC	0.49467	인천(0.032), 평택(0.001), 목포(0.523), 여수(0.437), 부산(0.008)
진해	CCR	0.28836	대산(0.012), 여수(0.153), 통영(0.156)
	BCC	0.34421	대산(0.010), 여수(0.153), 통영(0.838)
부산	CCR	0.40968	평택(0.009), 대산(0.476), 여수(11.356)
	BCC	1.00000	
울산	CCR	0.89819	평택(0.002), 대산(3.475), 여수(1.494), 통영(3.186)
	BCC	1.00000	
포항	CCR	0.55865	대산(0.717), 여수(7.265)
	BCC	0.79687	인천(0.472), 여수(0.528)
삼척	CCR	0.25619	평택(0.007), 통영(0.566)
	BCC	0.35448	평택(0.007), 통영(0.993)
동해	CCR	0.18553	평택(0.007), 대산(0.041), 여수(1.236)
	BCC	0.21686	인천(0.022), 평택(0.009), 여수(0.969)
묵호	CCR	0.22151	평택(0.004), 여수(0.023), 통영(0.918)
	BCC	0.22832	평택(0.004), 여수(0.000), 통영(0.909), 고현(0.087)
옥계	CCR	0.19999	평택(0.003), 대산(0.014), 여수(0.302)
	BCC	0.22391	평택(0.003), 대산(0.011), 여수(0.308), 통영(0.678)
속초	CCR	0.03027	대산(0.000), 여수(0.006), 통영(0.058)
	BCC	0.33333	통영(1.000)

<부표 15> CCR · BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1999년

항만/ 구분		효율성수치	참조항만(잠재가격)
인천	CCR	0.72969	대산(1.770), 여수(10.764)
	BCC	1.00000	
평택	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
대산	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
보령	CCR	0.50616	대산(0.083), 여수(1.655)
	BCC	0.62986	평택(0.216), 여수(0.784)
장항	CCR	0.43574	대산(0.004), 여수(0.147)
	BCC	0.59645	여수(0.079), 통영(0.591), 고현(0.331)
군산	CCR	0.49709	대산(0.153), 여수(0.971), 통영(0.491)
	BCC	0.57959	평택(0.084), 대산(0.084), 목포(0.274), 여수(0.558)
목포	CCR	0.56078	대산(0.061), 여수(0.923), 통영(2.509)
	BCC	1.00000	
완도	CCR	0.26246	대산(0.005), 여수(0.011), 통영(0.923)
	BCC	0.27042	대산(0.004), 여수(0.010), 통영(0.986)
여수	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
광양	CCR	0.58271	대산(1.754), 여수(11.359)
	BCC	0.88206	인천(0.536), 평택(0.005), 울산(0.460)
제주	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
서귀포	CCR	0.34805	평택(0.000), 여수(0.003), 제주(0.107), 통영(0.452)
	BCC	0.51066	평택(0.000), 제주(0.083), 통영(0.916)
삼천포	CCR	0.55162	대산(0.201), 여수(2.152)
	BCC	0.67998	평택(0.455), 여수(0.545)
통영	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
고현	CCR	0.83077	대산(0.001), 여수(0.234), 통영(0.204)
	BCC	1.00000	
옥포	CCR	0.78865	대산(0.018), 여수(0.061), 통영(0.488)
	BCC	0.88283	대산(0.017), 여수(0.052), 통영(0.931)
마산	CCR	0.29971	대산(0.097), 여수(1.168), 통영(1.507)
	BCC	0.46763	인천(0.023), 평택(0.015), 목포(0.718), 여수(0.243)
진해	CCR	0.21465	대산(0.001), 여수(0.120), 통영(0.204)
	BCC	0.32459	평택(0.000), 제주(0.076), 통영(0.686), 고현(0.238)
부산	CCR	0.45440	대산(0.565), 여수(11.836)
	BCC	1.00000	
울산	CCR	0.76588	대산(2.898), 여수(1.217), 통영(4.954)
	BCC	1.00000	
포항	CCR	0.49333	대산(0.640), 여수(6.228)
	BCC	0.69051	인천(0.232), 평택(0.768)
삼척	CCR	0.29267	평택(0.008), 제주(0.036), 통영(0.514)
	BCC	0.38131	평택(0.008), 제주(0.008), 통영(0.984)
동해	CCR	0.12680	평택(0.012), 대산(0.058), 여수(0.846)
	BCC	0.12736	평택(0.012), 대산(0.058), 여수(0.846), 통영(0.085)
묵호	CCR	0.21680	평택(0.005), 제주(0.048), 통영(0.788)
	BCC	0.24000	평택(0.005), 제주(0.038), 통영(0.958)
옥계	CCR	0.18447	평택(0.004), 대산(0.012), 여수(0.271), 통영(0.021)
	BCC	0.20796	평택(0.004), 대산(0.009), 여수(0.275), 통영(0.712)
속초	CCR	0.02748	대산(0.000), 여수(0.005), 통영(0.056)
	BCC	0.33333	통영(1.000)

<부표 16> CCR · BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 2000년

항만/ 구분		효율성수치	참조항만(잠재가격)
인천	CCR	0.50167	대산(1.186), 옥포(49.762)
	BCC	1.00000	
평택	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
대산	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
보령	CCR	0.38189	옥포(7.638)
	BCC	1.00000	
장항	CCR	0.32960	옥포(0.527)
	BCC	0.62500	옥포(1.000)
군산	CCR	0.20162	평택(0.001), 대산(0.054), 옥포(5.554)
	BCC	0.45871	인천(0.051), 대산(0.005), 보령(0.076), 여수(0.868)
목포	CCR	0.42152	평택(0.000), 통영(0.811), 옥포(4.709)
	BCC	1.00000	
완도	CCR	0.59449	통영(0.656), 옥포(0.174)
	BCC	0.62206	통영(0.327), 옥포(0.673)
여수	CCR	0.49201	평택(0.001), 옥포(3.118)
	BCC	1.00000	
광양	CCR	0.36294	평택(0.005), 대산(1.325), 옥포(44.756)
	BCC	1.00000	
제주	CCR	0.32249	평택(0.000), 통영(0.323), 옥포(2.108)
	BCC	0.61645	대산(0.021), 목포(0.068), 여수(0.464), 통영(0.446)
서귀포	CCR	0.34245	평택(0.000), 옥포(0.946)
	BCC	0.36150	평택(0.000), 옥포(1.000)
삼천포	CCR	0.32724	평택(0.000), 대산(0.035), 옥포(13.431)
	BCC	0.95093	인천(0.029), 대산(0.196), 보령(0.775)
통영	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
고현	CCR	0.71300	평택(0.000), 옥포(0.996)
	BCC	0.71589	평택(0.000), 옥포(1.000)
옥포	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
마산	CCR	0.16981	평택(0.001), 대산(0.047), 옥포(4.792)
	BCC	0.47024	대산(0.047), 목포(0.386), 여수(0.538), 부산(0.029)
진해	CCR	0.14513	평택(0.000), 통영(0.087), 옥포(0.477)
	BCC	0.24309	평택(0.000), 옥포(1.000)
부산	CCR	0.28282	평택(0.020), 대산(0.287), 옥포(49.169)
	BCC	1.00000	
울산	CCR	0.68395	평택(0.003), 대산(2.256), 옥포(12.484)
	BCC	1.00000	
포항	CCR	0.30463	대산(0.369), 옥포(25.838)
	BCC	0.66961	인천(0.227), 대산(0.500), 보령(0.272)
삼척	CCR	0.22146	평택(0.003), 옥포(0.836)
	BCC	0.25243	평택(0.003), 옥포(0.997)
동해	CCR	0.07197	평택(0.006), 대산(0.029), 옥포(3.244)
	BCC	0.13000	평택(0.005), 대산(0.061), 보령(0.124), 여수(0.378), 옥포(0.432)
묵호	CCR	0.20399	평택(0.002), 옥포(1.422)
	BCC	0.27452	평택(0.002), 통영(0.821), 옥포(0.177)
옥계	CCR	0.10438	평택(0.002), 대산(0.006), 옥포(1.039)
	BCC	0.11008	평택(0.002), 대산(0.007), 보령(0.005), 옥포(0.987)
속초	CCR	0.06287	통영(0.081), 옥포(0.013)
	BCC	0.50670	옥포(1.000)

<부표 17> CCR · BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 2001년

항만/ 구분		효율성수치	참조항만(잠재가격)
인천	CCR	0.43731	대산(0.917), 옥포(49.181)
	BCC	1.00000	
평택	CCR	0.67666	대산(0.573), 옥포(8.327)
	BCC	0.95037	대산(0.777), 목포(0.019), 여수(0.157), 부산(0.047)
대산	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
보령	CCR	0.23131	대산(0.024), 옥포(5.167)
	BCC	0.59507	대산(0.052), 삼천포(0.302), 옥포(0.646)
장항	CCR	0.12576	대산(0.002), 옥포(0.391)
	BCC	0.30552	옥포(1.000)
군산	CCR	0.27148	대산(0.093), 옥포(3.606), 삼척(0.151)
	BCC	0.50187	대산(0.119), 여수(0.314), 옥포(0.527), 부산(0.040)
목포	CCR	0.47416	대산(0.013), 옥포(7.177)
	BCC	1.00000	
완도	CCR	0.43129	옥포(0.776)
	BCC	0.55569	옥포(1.000)
여수	CCR	0.56506	대산(0.001), 옥포(2.671), 삼척(0.068)
	BCC	1.00000	
광양	CCR	0.35605	대산(1.367), 옥포(32.207), 삼척(1.450)
	BCC	1.00000	
제주	CCR	0.28657	대산(0.004), 옥포(2.016)
	BCC	0.53353	대산(0.014), 목포(0.103), 여수(0.214), 옥포(0.670)
서귀포	CCR	0.60057	대산(0.006), 옥포(0.673), 삼척(0.014)
	BCC	0.74759	대산(0.007), 옥포(0.984), 삼척(0.009)
삼천포	CCR	0.31171	대산(0.019), 옥포(11.946), 삼척(0.064)
	BCC	1.00000	
통영	CCR	0.89619	옥포(1.224)
	BCC	1.00000	
고현	CCR	0.94626	옥포(0.935), 삼척(0.039)
	BCC	0.96764	옥포(0.961), 삼척(0.039)
옥포	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
마산	CCR	0.23870	대산(0.098), 옥포(3.626), 삼척(0.156)
	BCC	0.47239	대산(0.117), 목포(0.157), 여수(0.700), 부산(0.026)
진해	CCR	0.15620	대산(0.004), 옥포(0.598)
	BCC	0.24980	대산(0.003), 옥포(0.997)
부산	CCR	0.63835	대산(1.210), 옥포(18.790), 삼척(7.082)
	BCC	1.00000	
울산	CCR	0.64367	대산(2.470), 옥포(9.136)
	BCC	1.00000	
포항	CCR	0.27520	대산(0.302), 옥포(22.366), 삼척(0.090)
	BCC	0.63478	인천(0.010), 대산(0.885), 부산(0.105)
삼척	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
동해	CCR	0.38449	대산(0.277), 삼척(1.043)
	BCC	0.44854	대산(0.241), 부산(0.039), 삼척(0.720)
묵호	CCR	0.69039	대산(0.014), 옥포(0.763), 삼척(0.557)
	BCC	0.73589	대산(0.011), 여수(0.194), 옥포(0.244), 삼척(0.551)
옥계	CCR	0.61553	대산(0.076), 옥포(0.144), 삼척(0.360)
	BCC	0.64528	대산(0.077), 옥포(0.571), 삼척(0.353)
속초	CCR	0.11588	대산(0.000), 옥포(0.228)
	BCC	0.50670	옥포(1.000)

<부표 18> CCR · BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 2002년

항만/ 구분		효율성수치	참조항만(잠재가격)
인천	CCR	0.58622	대산(1.138), 옥포(66.565)
	BCC	1.00000	
평택	CCR	0.81775	대산(0.692), 옥포(8.953)
	BCC	0.97632	대산(0.257), 옥포(0.473), 울산(0.270)
대산	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
보령	CCR	0.25715	대산(0.026), 옥포(5.733)
	BCC	0.59554	인천(0.058), 고현(0.942)
장항	CCR	0.14113	대산(0.002), 옥포(0.437)
	BCC	0.30552	옥포(1.000)
군산	CCR	0.29808	고현(2.264), 옥포(1.311), 울산(0.043)
	BCC	0.43109	인천(0.034), 고현(0.928), 부산(0.019), 울산(0.018)
목포	CCR	0.41095	대산(0.061), 옥포(5.618)
	BCC	1.00000	
완도	CCR	0.52769	옥포(0.950)
	BCC	0.55569	옥포(1.000)
여수	CCR	0.72464	고현(2.085), 울산(0.005), 삼척(0.035)
	BCC	1.00000	
광양	CCR	0.42872	고현(16.031), 옥포(9.743), 울산(0.726)
	BCC	0.66410	인천(0.341), 부산(0.260), 울산(0.398)
제주	CCR	0.23172	대산(0.014), 옥포(1.496)
	BCC	0.39710	목포(0.080), 여수(0.078), 옥포(0.838), 울산(0.004)
서귀포	CCR	0.50754	고현(0.256), 옥포(0.158), 울산(0.003)
	BCC	0.80042	옥포(0.991), 울산(0.003), 삼척(0.006)
삼천포	CCR	0.33171	고현(0.891), 옥포(11.782), 울산(0.009)
	BCC	0.99124	인천(0.137), 고현(0.863)
통영	CCR	0.59432	옥포(0.812)
	BCC	0.73226	옥포(1.000)
고현	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
옥포	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
마산	CCR	0.24467	고현(1.861), 옥포(1.040), 울산(0.045)
	BCC	0.38762	인천(0.015), 목포(0.065), 여수(0.875), 울산(0.045)
진해	CCR	0.14614	대산(0.012), 옥포(0.458)
	BCC	0.24929	대산(0.002), 옥포(0.998)
부산	CCR	0.70464	고현(29.353), 울산(0.532), 삼척(4.825)
	BCC	1.00000	
울산	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
포항	CCR	0.30266	대산(0.113), 옥포(22.361), 울산(0.097)
	BCC	0.55317	인천(0.315), 고현(0.658), 부산(0.028)
삼척	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
동해	CCR	0.41883	울산(0.125), 삼척(0.846)
	BCC	0.41928	옥포(0.030), 울산(0.125), 삼척(0.845)
묵호	CCR	0.53937	고현(0.614), 울산(0.005), 삼척(0.389)
	BCC	0.54042	여수(0.007), 고현(0.599), 울산(0.004), 삼척(0.389)
옥계	CCR	0.70874	울산(0.037), 삼척(0.338)
	BCC	0.75627	옥포(0.634), 울산(0.038), 삼척(0.328)
속초	CCR	0.12386	대산(0.003), 옥포(0.213), 울산(0.001)
	BCC	0.41355	대산(0.004), 옥포(0.996)

<부표 19> CCR · BCC모형(투입지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 2003년

항만/ 구분		효율성수치	참조항만(잠재가격)
인천	CCR	0.55962	옥포(55.144), 울산(0.491)
	BCC	1.00000	
평택	CCR	0.81926	옥포(6.665), 울산(0.297)
	BCC	0.95083	삼천포(0.162), 고현(0.494), 울산(0.344)
대산	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
보령	CCR	0.26712	옥포(5.767), 울산(0.012)
	BCC	0.55820	삼천포(0.255), 고현(0.723), 울산(0.023)
장항	CCR	0.25337	옥포(0.760), 울산(0.002)
	BCC	0.30552	옥포(1.000)
군산	CCR	0.37554	고현(2.327), 울산(0.069), 삼척(0.127)
	BCC	0.46245	삼천포(0.071), 고현(0.845), 부산(0.015), 울산(0.068)
목포	CCR	0.27922	옥포(5.075), 울산(0.011)
	BCC	1.00000	
완도	CCR	0.87585	옥포(1.576)
	BCC	1.00000	
여수	CCR	0.93774	옥포(2.285), 울산(0.006), 삼척(0.234)
	BCC	1.00000	
광양	CCR	0.44508	고현(25.735), 울산(0.714), 삼척(1.054)
	BCC	1.00000	
제주	CCR	0.25600	옥포(1.543), 울산(0.007)
	BCC	0.44579	완도(0.203), 여수(0.179), 고현(0.607), 울산(0.011)
서귀포	CCR	0.48409	옥포(0.391), 울산(0.002), 삼척(0.017)
	BCC	0.78407	옥포(0.988), 울산(0.003), 삼척(0.009)
삼천포	CCR	0.35600	옥포(14.800), 울산(0.005)
	BCC	1.00000	
통영	CCR	0.65722	옥포(0.898)
	BCC	0.73226	옥포(1.000)
고현	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
옥포	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
마산	CCR	0.23087	고현(2.367), 울산(0.042), 삼척(0.061)
	BCC	0.38135	여수(0.808), 고현(0.120), 부산(0.015), 울산(0.057)
진해	CCR	0.12656	대산(0.001), 옥포(0.282), 울산(0.005)
	BCC	0.25231	옥포(0.999), 울산(0.001)
부산	CCR	0.76493	고현(23.180), 울산(0.552), 삼척(8.185)
	BCC	1.00000	
울산	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
포항	CCR	0.33163	옥포(25.982), 울산(0.147)
	BCC	0.64610	삼천포(0.637), 부산(0.095), 울산(0.268)
삼척	CCR	1.00000	
	BCC	1.00000	
동해	CCR	0.44275	울산(0.126), 삼척(1.066)
	BCC	0.47281	부산(0.020), 울산(0.119), 삼척(0.862)
묵호	CCR	0.39375	옥포(0.853), 울산(0.002), 삼척(0.291)
	BCC	0.39686	여수(0.096), 옥포(0.633), 울산(0.001), 삼척(0.269)
옥계	CCR	0.66407	울산(0.037), 삼척(0.350)
	BCC	0.70876	옥포(0.623), 울산(0.038), 삼척(0.339)
속초	CCR	0.10418	옥포(0.229), 울산(0.001)
	BCC	0.39544	옥포(1.000), 울산(0.000)

<부표 20> Malmquist모형(투입·산출지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1995년-1996년

항만/ 구분		효율성수치	기술적 효율성 변화지수	기술변화지수
인천	투입지향	1.02333	0.70495	1.45164
	산출지향	0.97720	1.41855	0.68887
평택	투입지향	0.07623	1.00000	0.07623
	산출지향	13.11879	1.00000	13.11879
대산	투입지향	0.39623	0.93183	0.42522
	산출지향	2.52380	1.07316	2.35175
보령	투입지향	0.85443	0.13954	6.12314
	산출지향	1.17037	7.16632	0.16331
장항	투입지향	0.75879	0.43436	1.74691
	산출지향	1.31790	2.30224	0.57244
군산	투입지향	0.83562	0.76103	1.09802
	산출지향	1.19671	1.31401	0.91073
목포	투입지향	1.29764	1.08063	1.20065
	산출지향	0.77074	0.92538	0.83289
완도	투입지향	0.93787	0.73042	1.28401
	산출지향	1.06625	1.36907	0.77881
여수	투입지향	0.96341	1.00000	0.96341
	산출지향	1.03798	1.00000	1.03798
광양	투입지향	0.96234	1.01032	0.95252
	산출지향	1.03913	0.98979	1.04985
제주	투입지향	1.27797	0.92202	1.38606
	산출지향	0.78249	1.08458	0.72147
서귀포	투입지향	0.93521	0.80525	1.16139
	산출지향	1.06928	1.24184	0.86104
삼천포	투입지향	0.90030	0.33219	2.71017
	산출지향	1.11074	3.01028	0.36898
통영	투입지향	1.27330	1.00000	1.27330
	산출지향	0.78536	1.00000	0.78536
고현	투입지향	1.03706	0.65106	1.59288
	산출지향	0.96426	1.53595	0.62780
옥포	투입지향	1.05473	0.91097	1.15781
	산출지향	0.94811	1.09773	0.86370
마산	투입지향	0.94368	0.90499	1.04275
	산출지향	1.05968	1.10498	0.95900
진해	투입지향	1.09895	1.15790	0.94909
	산출지향	0.90996	0.86363	1.05364
부산	투입지향	0.83900	0.97136	0.86373
	산출지향	1.19190	1.02948	1.15777
울산	투입지향	0.86339	1.96934	0.43842
	산출지향	1.15822	0.50778	2.28093
포항	투입지향	0.96894	0.45751	2.11786
	산출지향	1.03206	2.18576	0.47218
삼척	투입지향	0.93469	3.23864	0.28860
	산출지향	1.06988	0.30877	3.46495
동해	투입지향	0.99387	2.26586	0.43863
	산출지향	1.00617	0.44133	2.27984
묵호	투입지향	1.26759	2.10994	0.60077
	산출지향	0.78890	0.47395	1.66453
옥계	투입지향	0.91124	2.91898	0.31218
	산출지향	1.09741	0.34259	3.20330
속초	투입지향	67.84545	21.96332	3.08903
	산출지향	0.01474	0.04553	0.32373

<부표 21> Malmquist모형(투입·산출지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1996년-1997년

항만/ 구분		효율성수치	기술적 효율성 변화지수	기술변화지수
인천	투입지향	0.96608	0.63128	1.53035
	산출지향	1.03512	1.58409	0.65344
평택	투입지향	2.39342	1.00000	2.39342
	산출지향	0.41781	1.00000	0.41781
대산	투입지향	0.14900	0.28189	0.52857
	산출지향	6.71156	3.54753	1.89190
보령	투입지향	0.70967	0.51233	1.38517
	산출지향	1.40911	1.95185	0.72194
장항	투입지향	0.99677	0.79413	1.25516
	산출지향	1.00325	1.25924	0.79671
군산	투입지향	1.76279	1.20647	1.46111
	산출지향	0.56728	0.82886	0.68441
목포	투입지향	0.93308	0.66138	1.41081
	산출지향	1.07172	1.51199	0.70881
완도	투입지향	1.02297	0.94576	1.08163
	산출지향	0.97755	1.05735	0.92453
여수	투입지향	1.11375	1.00000	1.11375
	산출지향	0.89787	1.00000	0.89787
광양	투입지향	1.08782	0.72931	1.49157
	산출지향	0.91927	1.37115	0.67044
제주	투입지향	0.96740	0.72571	1.33304
	산출지향	1.03369	1.37795	0.75017
서귀포	투입지향	1.00084	0.86405	1.15831
	산출지향	0.99916	1.15734	0.86333
삼천포	투입지향	0.74123	0.51857	1.42937
	산출지향	1.34911	1.92838	0.69961
통영	투입지향	1.04637	1.00000	1.04637
	산출지향	0.95569	1.00000	0.95569
고현	투입지향	0.98413	0.82089	1.19887
	산출지향	1.01612	1.21820	0.83412
옥포	투입지향	0.79967	0.61406	1.30226
	산출지향	1.25052	1.62850	0.76790
마산	투입지향	1.05382	0.76291	1.38131
	산출지향	0.94893	1.31076	0.72395
진해	투입지향	0.98343	0.67002	1.46777
	산출지향	1.01685	1.49250	0.68130
부산	투입지향	1.51832	1.28733	1.17944
	산출지향	0.65862	0.77680	0.84786
울산	투입지향	1.18805	0.64633	1.83815
	산출지향	0.84171	1.54719	0.54403
포항	투입지향	0.98105	0.69386	1.41390
	산출지향	1.01932	1.44122	0.70726
삼척	투입지향	0.95556	0.66260	1.44213
	산출지향	1.04651	1.50920	0.69642
동해	투입지향	0.95880	0.80072	1.19743
	산출지향	1.04297	1.24888	0.83512
묵호	투입지향	1.02236	0.87488	1.16857
	산출지향	0.97813	1.14302	0.85575
옥계	투입지향	0.90180	0.66713	1.35175
	산출지향	1.10890	1.49895	0.73978
속초	투입지향	1.78899	1.64029	1.09066
	산출지향	0.55897	0.60965	0.91688

<부표 22> Malmquist모형(투입·산출지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1997년-1998년

항만/ 구분		효율성수치	기술적 효율성 변화지수	기술변화지수
인천	투입지향	1.50873	0.68544	2.20110
	산출지향	0.66281	1.45891	0.45432
평택	투입지향	1.17222	1.00000	1.17222
	산출지향	0.85309	1.00000	0.85309
대산	투입지향	6.41974	1.00000	6.41974
	산출지향	0.15577	1.00000	0.15577
보령	투입지향	1.69684	0.67635	2.50883
	산출지향	0.58933	1.47853	0.39859
장항	투입지향	1.66037	0.82361	2.01596
	산출지향	0.60228	1.21417	0.49604
군산	투입지향	1.25323	0.65592	1.91064
	산출지향	0.79794	1.52457	0.52339
목포	투입지향	1.60838	1.15893	1.38780
	산출지향	0.62175	0.86286	0.72056
완도	투입지향	0.86029	1.66333	0.51721
	산출지향	1.16240	0.60120	1.93346
여수	투입지향	2.38394	1.00000	2.38394
	산출지향	0.41947	1.00000	0.41947
광양	투입지향	1.15132	0.49541	2.32339
	산출지향	0.86857	2.01854	0.43029
제주	투입지향	1.83871	1.24793	1.47340
	산출지향	0.54386	0.80133	0.67870
서귀포	투입지향	1.46541	1.29366	1.13277
	산출지향	0.68240	0.77300	0.88280
삼천포	투입지향	1.46993	0.61141	2.40415
	산출지향	0.68031	1.63556	0.41595
통영	투입지향	0.70146	1.00000	0.70146
	산출지향	1.42560	1.00000	1.42560
고현	투입지향	1.44461	0.86514	1.66980
	산출지향	0.69223	1.15588	0.59887
옥포	투입지향	0.95479	0.84640	1.12807
	산출지향	1.04735	1.18148	0.88647
마산	투입지향	1.75061	1.00772	1.73719
	산출지향	0.57123	0.99234	0.57564
진해	투입지향	2.15917	1.36761	1.57880
	산출지향	0.46314	0.73121	0.63339
부산	투입지향	1.24429	0.56589	2.19884
	산출지향	0.80367	1.76714	0.45478
울산	투입지향	1.21033	0.79067	1.53076
	산출지향	0.82622	1.26475	0.65327
포항	투입지향	1.14404	0.46684	2.45061
	산출지향	0.87410	2.14207	0.40806
삼척	투입지향	1.20493	1.44587	0.83336
	산출지향	0.82993	0.69163	1.19996
동해	투입지향	1.94365	0.75235	2.58344
	산출지향	0.51450	1.32917	0.38708
묵호	투입지향	0.96638	0.93549	1.03302
	산출지향	1.03479	1.06896	0.96803
옥계	투입지향	1.59380	0.79184	2.01278
	산출지향	0.62743	1.26288	0.49682
속초	투입지향	0.94567	0.91714	1.03111
	산출지향	1.05746	1.09035	0.96983

<부표 23> Malmquist모형(투입·산출지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1998년-1999년

항만/ 구분		효율성수치	기술적 효율성 변화지수	기술변화지수
인천	투입지향	0.86472	1.03565	0.83495
	산출지향	1.15644	0.96558	1.19767
평택	투입지향	0.96517	1.00000	0.96517
	산출지향	1.03608	1.00000	1.03608
대산	투입지향	0.80526	1.00000	0.80526
	산출지향	1.24184	1.00000	1.24184
보령	투입지향	0.93411	1.09473	0.85327
	산출지향	1.07054	0.91346	1.17196
장항	투입지향	1.00971	1.17332	0.86056
	산출지향	0.99038	0.85228	1.16204
군산	투입지향	0.86825	1.03441	0.83937
	산출지향	1.15174	0.96673	1.19137
목포	투입지향	0.83233	0.98208	0.84751
	산출지향	1.20145	1.01824	1.17992
완도	투입지향	1.09230	1.32070	0.82706
	산출지향	0.91550	0.75718	1.20910
여수	투입지향	0.86840	1.00000	0.86840
	산출지향	1.15154	1.00000	1.15154
광양	투입지향	0.90599	1.08401	0.83578
	산출지향	1.10376	0.92250	1.19649
제주	투입지향	0.43769	0.57373	0.76288
	산출지향	2.28472	1.74298	1.31081
서귀포	투입지향	0.87287	1.10930	0.78687
	산출지향	1.14565	0.90147	1.27086
삼천포	투입지향	0.99507	1.17910	0.84392
	산출지향	1.00496	0.84811	1.18494
통영	투입지향	0.83505	1.00000	0.83505
	산출지향	1.19754	1.00000	1.19754
고현	투입지향	0.86617	0.99797	0.86793
	산출지향	1.15451	1.00204	1.15216
옥포	투입지향	0.89855	1.08475	0.82835
	산출지향	1.11291	0.92187	1.20722
마산	투입지향	0.91554	1.07886	0.84862
	산출지향	1.09225	0.92691	1.17838
진해	투입지향	1.14956	1.34343	0.85569
	산출지향	0.86990	0.74437	1.16865
부산	투입지향	0.77182	0.90158	0.85608
	산출지향	1.29564	1.10916	1.16812
울산	투입지향	0.95665	1.17275	0.81573
	산출지향	1.04532	0.85269	1.22590
포항	투입지향	0.95417	1.13242	0.84260
	산출지향	1.04803	0.88307	1.18681
삼척	투입지향	0.83251	0.87538	0.95103
	산출지향	1.20119	1.14236	1.05150
동해	투입지향	1.24553	1.46314	0.85127
	산출지향	0.80287	0.68346	1.17471
묵호	투입지향	0.89362	1.02173	0.87462
	산출지향	1.11904	0.97873	1.14336
옥계	투입지향	0.92487	1.08415	0.85308
	산출지향	1.08124	0.92238	1.17223
속초	투입지향	0.92851	1.10146	0.84298
	산출지향	1.07700	0.90788	1.18627

<부표 24> Malmquist모형(투입·산출지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 1999년-2000년

항만/ 구분		효율성수치	기술적 효율성 변화지수	기술변화지수
인천	투입지향	0.92529	1.45453	0.63614
	산출지향	1.08075	0.68751	1.57198
평택	투입지향	0.53179	1.00000	0.53179
	산출지향	1.88043	1.00000	1.88043
대산	투입지향	0.87783	1.00000	0.87783
	산출지향	1.13917	1.00000	1.13917
보령	투입지향	0.66826	1.32543	0.50419
	산출지향	1.49642	0.75447	1.98339
장항	투입지향	0.65051	1.32201	0.49206
	산출지향	1.53725	0.75642	2.03227
군산	투입지향	1.44731	2.46554	0.58702
	산출지향	0.69094	0.40559	1.70353
목포	투입지향	1.08888	1.33036	0.81848
	산출지향	0.91837	0.75168	1.22177
완도	투입지향	1.07934	0.44148	2.44479
	산출지향	0.92649	2.26508	0.40903
여수	투입지향	1.08867	2.03248	0.53563
	산출지향	0.91856	0.49201	1.86695
광양	투입지향	1.03491	1.60556	0.64458
	산출지향	0.96627	0.62284	1.55140
제주	투입지향	2.16635	3.10086	0.69863
	산출지향	0.46161	0.32249	1.43138
서귀포	투입지향	0.93312	1.01636	0.91810
	산출지향	1.07168	0.98390	1.08921
삼천포	투입지향	0.89203	1.68566	0.52919
	산출지향	1.12103	0.59324	1.88968
통영	투입지향	2.26494	1.00000	2.26494
	산출지향	0.44151	1.00000	0.44151
고현	투입지향	0.62114	1.16517	0.53308
	산출지향	1.60995	0.85824	1.87587
옥포	투입지향	0.54305	0.78865	0.68857
	산출지향	1.84147	1.26798	1.45228
마산	투입지향	1.03185	1.76497	0.58463
	산출지향	0.96913	0.56658	1.71049
진해	투입지향	1.24827	1.47895	0.84402
	산출지향	0.80111	0.67615	1.18480
부산	투입지향	0.84213	1.60667	0.52415
	산출지향	1.18746	0.62241	1.90786
울산	투입지향	1.05938	1.11978	0.94606
	산출지향	0.94395	0.89303	1.05702
포항	투입지향	0.94909	1.61944	0.58606
	산출지향	1.05364	0.67750	1.70630
삼척	투입지향	0.97086	1.32155	0.73464
	산출지향	1.03001	0.75669	1.36121
동해	투입지향	0.99203	1.76179	0.56308
	산출지향	1.00803	0.56760	1.77594
묵호	투입지향	0.93480	1.06281	0.87955
	산출지향	1.06975	0.94090	1.13694
옥계	투입지향	0.94437	1.76727	0.53437
	산출지향	1.05891	0.56585	1.87138
속초	투입지향	0.69387	0.43705	1.58764
	산출지향	1.44119	2.28809	0.62986

<부표 25> Malmquist모형(투입·산출지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 2000년-2001년

항만/ 구분		효율성수치	기술적 효율성 변화지수	기술변화지수
인천	투입지향	1.00327	1.14718	0.87455
	산출지향	0.99674	0.87170	1.14344
평택	투입지향	13.74910	1.47784	9.30349
	산출지향	0.07273	0.67666	0.10749
대산	투입지향	0.94253	1.00000	0.94253
	산출지향	1.06098	1.00000	1.06098
보령	투입지향	1.51286	1.65097	0.91635
	산출지향	0.66100	0.60571	1.09129
장항	투입지향	2.40184	2.62090	0.91642
	산출지향	0.41635	0.38155	1.09121
군산	투입지향	0.89857	0.74266	1.20993
	산출지향	1.11287	1.34650	0.82649
목포	투입지향	0.72403	0.88898	0.81445
	산출지향	11.38116	1.12488	1.22783
완도	투입지향	1.14177	1.37842	0.82831
	산출지향	0.87583	0.72547	1.20727
여수	투입지향	1.30903	0.87071	1.50340
	산출지향	0.76393	1.14849	0.66516
광양	투입지향	1.10283	1.01934	1.08191
	산출지향	0.92676	0.98103	0.92429
제주	투입지향	0.88685	1.12534	0.78807
	산출지향	1.12759	0.88862	1.26892
서귀포	투입지향	0.66434	0.57020	1.16509
	산출지향	1.50526	1.75376	0.85831
삼천포	투입지향	0.94782	1.04982	0.90284
	산출지향	1.05505	0.95254	1.10761
통영	투입지향	0.93963	1.11583	0.84209
	산출지향	1.06425	0.89619	1.18752
고현	투입지향	0.74246	0.75349	0.98536
	산출지향	1.34688	1.32716	1.01486
옥포	투입지향	0.86704	1.00000	0.86704
	산출지향	1.15334	1.00000	1.15334
마산	투입지향	0.89930	0.71140	1.26416
	산출지향	1.11197	1.40567	0.79106
진해	투입지향	0.77483	0.92918	0.83389
	산출지향	1.29060	1.07622	1.19920
부산	투입지향	0.93501	0.44305	2.11037
	산출지향	1.06951	2.25706	0.47385
울산	투입지향	1.03344	1.06258	0.97258
	산출지향	0.96764	0.94111	1.02819
포항	투입지향	0.98419	1.10692	0.88913
	산출지향	1.01606	0.90341	1.12470
삼척	투입지향	0.93605	0.22146	4.22679
	산출지향	1.06832	4.51556	0.23659
동해	투입지향	0.99220	0.18719	5.30036
	산출지향	1.00787	5.34205	0.18867
묵호	투입지향	0.97388	0.29547	3.29606
	산출지향	1.02682	3.38446	0.30339
옥계	투입지향	0.88914	0.16958	5.24328
	산출지향	1.12468	5.89700	0.19072
속초	투입지향	0.45544	0.54253	0.83947
	산출지향	2.19569	1.84321	1.19123

<부표 26> Malmquist모형(투입·산출지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정결과: 2001년-2002년

항만/ 구분		효율성수치	기술적 효율성 변화지수	기술변화지수
인천	투입지향	0.81582	0.74598	1.09362
	산출지향	1.22577	1.34052	0.94143
평택	투입지향	1.00555	0.82746	1.21522
	산출지향	0.99448	1.20851	0.82290
대산	투입지향	1.60449	1.00000	1.60449
	산출지향	0.62325	1.00000	0.62325
보령	투입지향	0.92149	0.89951	1.02443
	산출지향	1.08520	1.11171	0.97615
장항	투입지향	0.91336	0.89109	1.02499
	산출지향	1.09486	1.12222	0.97562
군산	투입지향	0.97140	0.91076	1.06659
	산출지향	1.02944	1.09798	0.93757
목포	투입지향	0.95315	1.15381	0.82609
	산출지향	1.04916	0.86669	1.21053
완도	투입지향	0.63352	0.81731	0.77514
	산출지향	1.57847	1.22353	1.29010
여수	투입지향	0.68499	0.77979	0.87842
	산출지향	1.45989	1.28240	1.13840
광양	투입지향	0.91243	0.83051	1.09865
	산출지향	1.09597	1.20409	0.91021
제주	투입지향	1.01748	1.23670	0.82275
	산출지향	0.98282	0.80861	1.21544
서귀포	투입지향	1.10507	1.18329	0.93390
	산출지향	0.90492	0.84510	1.07078
삼천포	투입지향	0.95919	0.93972	1.02072
	산출지향	1.04254	1.06415	0.97970
통영	투입지향	1.16884	1.50792	0.77514
	산출지향	0.85555	0.66316	1.29010
고현	투입지향	0.76867	0.94626	0.81233
	산출지향	1.30094	1.05679	1.23103
옥포	투입지향	0.88794	1.00000	0.88794
	산출지향	1.12621	1.00000	1.12621
마산	투입지향	1.01195	0.97560	1.03727
	산출지향	0.98819	1.02501	096407
진해	투입지향	0.95667	1.06885	0.89505
	산출지향	1.04530	0.93559	1.11726
부산	투입지향	0.94042	0.90592	1.03807
	산출지향	1.06336	1.10385	0.96332
울산	투입지향	0.85432	0.64367	1.32726
	산출지향	1.17052	1.55358	0.753430
포항	투입지향	1.00926	0.90929	1.10994
	산출지향	0.99083	1.09976	0.90095
삼척	투입지향	0.95344	1.00000	0.95344
	산출지향	1.04884	1.00000	1.04884
동해	투입지향	1.00743	0.91800	1.09743
	산출지향	0.99262	1.08933	0.91122
묵호	투입지향	1.22037	1.28000	0.95342
	산출지향	0.81942	0.78125	1.04886
옥계	투입지향	0.92740	0.86849	1.06783
	산출지향	1.07828	1.15143	0.93648
속초	투입지향	0.81676	0.93559	0.87298
	산출지향	1.22436	1.06884	1.14550

<부표 27> Malmquist모형(투입·산출지향)에 의한 국내 무역항만들의 효율성 측정 결과: 2002년-2003년

항만/ 구분		효율성수치	기술적 효율성 변화지수	기술변화지수
인천	투입지향	1.14534	1.04752	1.09338
	산출지향	0.87310	0.95463	0.91459
평택	투입지향	1.04306	0.99816	1.04499
	산출지향	0.95872	1.00185	0.95695
대산	투입지향	1.04672	1.00000	1.04672
	산출지향	0.95536	1.00000	0.95536
보령	투입지향	1.08711	0.96269	1.12924
	산출지향	0.91987	1.03876	0.88555
장항	투입지향	0.62881	0.55700	1.12892
	산출지향	1.59031	1.79533	0.88580
군산	투입지향	0.79660	0.79374	1.00361
	산출지향	1.25533	1.25986	0.99641
목포	투입지향	1.46378	1.47182	0.99454
	산출지향	0.68316	0.67943	1.00549
완도	투입지향	0.61554	0.60249	1.02165
	산출지향	1.62460	1.65977	0.97881
여수	투입지향	0.76524	0.77275	0.99028
	산출지향	1.30678	1.29408	1.00981
광양	투입지향	0.95739	0.96324	0.99393
	산출지향	1.04450	1.03816	1.00611
제주	투입지향	0.94661	0.90519	1.04576
	산출지향	1.05640	1.10475	0.95624
서귀포	투입지향	1.02360	1.04846	0.97629
	산출지향	0.97695	0.95378	1.02429
삼천포	투입지향	1.04728	0.93176	1.12398
	산출지향	0.95486	1.07324	0.88970
통영	투입지향	0.92388	0.90430	1.02165
	산출지향	1.08239	1.10582	0.97881
고현	투입지향	0.98219	1.00000	0.98219
	산출지향	1.01813	1.00000	1.01813
옥포	투입지향	1.07865	1.00000	1.07865
	산출지향	0.92708	1.00000	0.92708
마산	투입지향	1.06092	1.05521	1.00541
	산출지향	0.94258	0.94768	0.99462
진해	투입지향	1.24433	1.15469	1.07763
	산출지향	0.80364	0.86603	0.92796
부산	투입지향	0.91825	0.92117	0.99683
	산출지향	1.08903	1.08557	1.00318
울산	투입지향	0.85561	1.00000	0.85561
	산출지향	1.16876	1.00000	1.16876
포항	투입지향	0.96031	0.91264	1.05223
	산출지향	1.04133	1.09572	0.95036
삼척	투입지향	0.98051	1.00000	0.98051
	산출지향	1.01988	1.00000	1.01988
동해	투입지향	0.88868	0.94598	0.93942
	산출지향	1.12527	1.05710	1.06448
묵호	투입지향	1.34039	1.36982	0.97852
	산출지향	0.74605	0.73003	1.02196
옥계	투입지향	1.00618	1.06727	0.94276
	산출지향	0.99386	0.93697	1.06071
속초	투입지향	1.13712	1.18897	0.95639
	산출지향	0.87942	0.84106	1.04560