

목포항의 효율성 및 생산성 분석에 관한 연구 -DEA모형과 FCM을 결합분석법-

김삼열* · 최경훈** · 팜티쿤마이***

A Study on Efficiency and Productivity Analysis of Mokpo Port -DEA model and FCM combined analysis-

Kim, Sam-Youl · Choi, Kyoung-Hoon · Pham, Thi Quynh Mai

Abstract

Until now, there have been few studies analyzing the efficiency of the Port of Mokpo and comparing it with other seaports in the country to identify the future direction of development for the port. In this paper, we use the data envelopment analysis (DEA) model in combination with the Malmquist Productivity Index (MPI) to measure the efficiency and productivity of major ports in Korea, focusing on the Port of Mokpo. First, the study identifies which ports are efficient or inefficient based on technical or operational scale. Second, by using the MPI to overcome the shortfalls of the DEA model, the study can compare a port's performance across the years and evaluate the productivity of a port during the research period. Moreover, this study also applies fuzzy C-means (FCM) clustering to classify port groups based on the size of their infrastructure and their efficiency scores. Finally, it is possible to find ways to enhance the efficiency and future direction of development of the Port of Mokpo.

Key words: Container Port Efficiency and Productivity, Data Envelopment Analysis, Fuzzy C-means, Future development, Malmquist Productivity Index

▷ 논문접수: 2019. 12. 05. ▷ 심사완료: 2020. 03. 27. ▷ 게재확정: 2020. 03. 30.

* 목포해양대학교대학원 해상운송시스템학과 (제1저자, sy54kim@daum.net)

** 목포해양대학교 해상운송학부 교수 (교신저자, 9850zang@mmu.ac.kr)

*** 목포해양대학교 해상운송시스템학과 (공동저자, phammai090691@gmail.com)

I. 서론

서남권의 중심도시인 목포항은 과거 우리나라 3대항 중 하나로 지역경제의 중심역할을 하였으나 부산항과 광양항의 Two-port체제를 통한 집중적인 항만 개발로 인하여 목포항은 인근 광양항의 보조항만의 역할을 하는 항만으로 전락하였다. 목포항 발전을 위해 신항만 개발 등의 조치를 취하였으나 유효성 있는 해운항만 정책 미비와 정부투자 미비로 역할이 점점 축소되었다. 따라서 목포항의 발전 가능성을 평가 위해 목포항의 효율성과 생산성 분석을 실시하고자 한다.

먼저, 목포항에 대한 본격적인 연구는 1980년부터 목포항의 제반 문제점 해결과 활성화 방안에 관한 다양한 연구가 이루어졌다. 먼저, 배종무(1987)는 목포항의 발전 과정을 역사적으로 규명하고자 하는 연구를 수행하였고, 정장우(1991)는 부두노동에서 기술도입이 육체노동을 기계로 대체하면서 나타나는 노동시장 축소와 노동성격에 야기되는 영향에 대한 연구를 수행하였다.

목포항의 활성화 방안에 대한 연구로는 홍동문(2001)에 의해 환태평양시대의 목포항의 발전방향에 대해 연구 하였으며 강경훈(2001, 2002)은 환황해권 목포항의 역할에 대한 연구와 환동해권 시대의 목포항의 대응 방안에 대한 연구를 수행하였다.

한편, 장운재와 금종수(2004)는 목포항의 여객수와 화물량을 분석하고 여객선 선복량의 적정성에 대해 연구하였으며, 최동오(2005)는 목포항의 현황과 국내외 물동량을 분석한 후, 목포신항의 활성화를 위한 인프라 구축방안을 제안하고, 중점화물 유치 전략을 통하여 지역경제에 파급효과를 최대화할 수 있는 방안을 제안하였다. 또한, 박석호(2007)는 목포항 물동량을 고려한 항만활성화 전략에 대한 연구를 수행하였으며, 진형인의 2인(2008)은 해운환경

의 변화에 따른 목포항의 발전전략에 대한 연구를 수행하였다.

또한 항만의 효율성에 대한 연구로는 Ferrell(1957)은 사업의 효율성을 기술 효율성과 배분 효율성으로 구분하였다. 기술 효율성은 주어진 입력 값에서 최대 출력 값을 달성하는 능력 또는 주어진 출력 값을 달성하기 위한 최소한 입력 값을 사용하는 능력이라고 하였으며 배분 효율성은 상용하는 가격에 입력 값의 최적화된 비율을 사용하는 기업의 능력을 반영한다.

그러나 현재까지도 목포항만과 다른 주요 항만의 효율성을 측정하여 비교를 통해 그 동안 목포항의 운영을 평가하고 그에 기반으로 개선 방안을 구축을 위한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 그리고 선행 연구의 대부분은 컨테이너 물동량에 집중되었는데 광양, 울산항과 같은 오일 및 케미컬 물동량이 많은 항만의 경우는 컨테이너 물동량에 대해서만 효율성을 측정한 것은 적절하지 않은 분석이라고 판단된다. 또한 항만 효율성에 영향을 미치는 요인은 다수 존재하므로 한 개가 모형을 이용한 분석은 그 결과의 정확성이 떨어지거나 평가가 불가 경우도 발생한다.

따라서 본 연구의 목적은 DEA분석기법 중 CCR과 BCC모형을 활용하여 목포항과 우리나라 8개 주요 항만의 효율성을 측정함으로써 목포항과 다른 주요 항만의 상대적 효율성을 평가하고 비교하는 한편 MPI 지수를 통해 2009년부터 2018년까지 생산성지수의 변화율을 평가해 보고 목포항과 우리나라 다른 주요 항만의 효율적인 운영에 대한 차이점을 파악하는 데에 있다. 그리고 FCM 클러스터링 방법을 통해 항만능력과 효율성 점수에 따라 항만을 분류하고 목포항은 연구 기간 동안 위치를 평가하였다.

II. 선행 연구의 고찰

목포항에 대한 본격적인 연구는 1980년대로 거슬러 올라간다. 본 장에서는 목포항을 주제로 한 주요 연구사례에 대하여 분석하고자 한다. 먼저, 배종무(1987)는 목포항에 대한 연구로서 목포 개항과 이와 관련하여 수반된 문제들을 도출하고, 정치, 경제, 사회적인 측면에서 그 역사성을 분석하고 목포의 발전과정과 목포 개항의 역사적 의의를 규명하고자 하는 연구를 수행하였다.

정장우(1991)는 기술도입과 부두노동의 측면에서 접근하여 부두노동에서 기술도입이 육체노동을 기계로 대체하면서 나타나는 노동시장 축소와 노동성격에 발생하는 문제의 영향에 대한 연구를 수행하였다.

이철영과 남만우(1996)는 목포항에 대해 목포항 물류시스템의 분석에 대한 연구를 수행하였다. 이 연구는 최초로 목포항에 대하여 시스템적인 접근을 한 연구로서 하위 시스템의 분석을 통하여 전체 물류시스템 최적화를 시도하였다는 점에서 그 의의가 크다고 할 수 있다. 김형근(1997)은 목포항의 경제적 효과에 대해 규명하기 위해 목포항이 목포시 지역경제에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다.

강경훈(2001)은 목포항만 활성화 전략에 연구로서 환황해권 시대의 목포항의 역할에 대한 연구를 하였다. 또한 강경훈(2002)은 목포항만의 활성화 연구로서 환동해권 시대의 목포항의 과제에 대한 연구를 수행하였다.

장운재와 금중수(2004)는 목포항의 여객선에 대한 연구로서 여객수 및 적정 선박량 추정에 대한 연구를 실시하였으며 뉴럴네트워크를 이용하여 목포항의 여객수와 화물량을 예측하는 수법을 제안하였고 2005년도 목포항의 여객수와 화물량을 예측하여 여객선 선박량의 적정성을 분석하였다.

박석호(2007)는 목포항 물동량을 고려한 항만활

성화 전략에 대한 연구를 수행하였다. 물동량과 항만개발 간의 관계분석을 통하여 우리나라 무역항만의 문제점을 도출하고, 서남권 거점항만으로서의 목포항의 위상과 역할을 조명하였다. 단기적으로는 인접항만 간 협력적 항만운영전략을 제안하고, 장기적으로는 항만물동량을 스스로 창출하는 항만개발 전략을 위한 정책적 대안을 제시하였다.

모수원(2008)은 목포항의 효율성에 대한 연구를 수행하였다. 구체적인 연구내용으로는 DEA 모형을 이용하여 국내항만의 수출효율성과 수입효율성을 종속변수로 하여 항만효율성을 패널 분석하였으며, 부산항을 제외한 평택항, 울산항, 인천항과 같은 대규모 항만의 효율성이 목포항이나 군산항과 같은 중규모 항만보다 높지 않은 것을 보였다.

DEA 모형에 관한 연구에 대해서는 송재영 외 1명(2005)은 부산항을 포함한 세계 주요 컨테이너항만의 효율성을 자료포락분석 모형을 통해 상대적으로 분석함으로써, 부산항이 발전하기 위해 벤치마킹해야 할 대상을 구체화하였다.

하명신(2009)은 선석 수, 수심, 부지면적, 컨테이너 크레인 수를 투입요소로 컨테이너 처리량을 산출요소로 하여 동북아시아와 미국 항만의 효율성을 평가하였다. 결과는 미국의 대부분의 항만들은 비효율적인 것으로 나타났으며, 반면 동북아시아의 항만들은 2007년 기준 7개의 항만들이 효율적인 것으로 분석되었다.

김민수(2012)는 한국과 중국의 주요 컨테이너항만을 대상으로 하여 금융위기 전·후의 운송량 처리실적을 비교하여 효율성을 분석하였다. 크레인 수, 터미널 면적, 선석 수, 선석 길이를 입력변수로 사용하였고, 컨테이너 운송량을 출력변수로 사용하였다. 결과는 한국 항만 효율성이 상당히 약화되고, 중국 항만 효율성은 금융위기 후에 성장하고 있음을 나타내었다. 이는 각 정부의 투자전략의 차이 때문인 것으로 판단된다.

표 1. 선행연구 요약

구분	연구자	분석 내용
목포항	배종무(1987)	정치, 경제, 사회적인 측면에서 역사성을 분석하고 목포의 발전과정과 목포 개항의 역사적 의의에 대한 연구
	정장우(1991)	기술도입이 부두노동에 미치는 영향에 관한 연구 :목포 항운노동조합을 중심으로
	남만우(1996)	목포항 물류시스템 분석을 통한 목포항의 이용수준에 관한 연구
	김형근(1997)	목포항의 항만 산업 분석을 통한 목포항의 경제적 효과에 대한 연구
	강경훈(2001)	환황해권 시대의 목포항의 개발방향에 대한 연구
	강경훈(2002)	21세기 환동해권 시대의 목포항의 과제에 대한 연구
	장운재 및 금중수(2004)	목포항 여객수 및 적정 선박량 추정에 관한 연구
	박석호(2007)	목포항의 물동량을 고려한 항만활성화 전략에 대한 연구
	모수원(2008)	국내항만의 효율성 결정요소에 대한 연구
	송재영 및 신창훈(2005)	DEA 모형을 이용한 세계 주요 항만의 효율성 평가에 대한 연구
항만 효율성	하명신(2009)	동북아 지역과 미국 주요 컨테이너항만간의 효율성 비교
	김민수(2012)	글로벌 금융위기 이후의 한중주요 컨테이너항만의 경쟁력 변화 비교 연구
	이선민 및 박정민(2013)	Network DEA를 이용한 컨테이너터미널의 효율성분석
	박현준 외 2명 (2016)	DEA모형을 이용한 국적선사의 경영효율성 분석-접대비와 광고·선전비를 중심으로

이선민 외 1명(2013)은 컨테이너터미널을 선석면과 야드 면으로 분류하여 효율성 하였다. 각 존재하는 매개변수를 도출하여 네트워크 구조의 DEA 모형을 이용하여 DMU의 전체적인 효율성 뿐만 아니라 부분적인 효율성까지 분석하기 위한 통합모형을 개발하여 효율성과 전통적인 DEA 분석방법을 적용하여 컨테이너터미널의 효율성을 비교 및 분석 하였다.

박현준 외 2명(2016)은 자료포락분석법(DEA)을 이용하여 기업의 경영관리비용인 접대비, 광고·선전비, 인건비를 중심으로 국내 해운기업의 경영효율성

을 평가하고자 하였다. 분석의 대상은 2010년부터 2014년까지 국내증시에 상장된 해운기업이다. 인건비, 접대비, 광고·선전비를 투입변수로 설정하였으며 당기순이익과 매출액을 산출변수로 하였다. 그 연구에서는 기술효율성, 순수기술효율성, 규모효율성 및 규모수익을 도출하였으며 비효율 DMU의 효율성 개선방안을 제시하였다.

이와 같이 항만 효율성에 대한 많은 연구가 수행되었으나 주로 일반적인 DEA 모형을 통해 분석하였다. 그래서 본 연구에서는 국내 무역항만 자료 분석과 DEA 모형과 FCM 방법을 이용하여 목포항과 한국 주요 무역항의 효율성과 생산성 비교 연구를 수행하고자 한다.

III. 방법론

1. 자료포락분석(DEA)

자료포락분석(DEA)은 비효율적인 DMU(의사결정단위)들과 효율성 프론티어 상의 DMU 간의 상대적 효율성을 측정을 통해 비효율성인 원인을 규명할 수 있어 기업의 효율성 평가 및 상대적 벤치마킹 방법으로 사용된다.

일반적으로 사용되는 DEA모형은 DEA-CCR (Charnes et al., 1978)와 DEA-BCC 모형(Banker et al.,1984)이 있다. CCR와 BCC 모형의 중요한 차이점은 BCC 모형은 규모수익가변(VTS)을 가정하고 CCR 모형은 규모수익불변(CRS)을 가정한다는 것이다.

1) DEA-CCR모형

CCR모형은 Charnes et al (1978)에 처음으로 제시한 모형으로 DMU0 대한 상대적인 효율성은 목표 출력의 가중 합을 최대화함으로써 계산된다. 목표 입력의 가중 합이 1과 동일하고, 출력의 가중 합과 입력의 가중 합의 차이가 0보다 더 작은 제약 조건을 갖으며 식(1)과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} \max \theta &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} &= 1, \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} &\leq 0, j=1,2,\dots,n \\ u_r &\geq 0, r=1,2,\dots,s. \\ v_i &\geq 0, i=1,2,\dots,m. \end{aligned} \quad (1)$$

u_r, v_i 는 각각 출력 r 과 입력 i 에 가중치를 할당한다.

정의 1 DMU0는 CCR이 효율적이면 $\theta^* = 1$ 하고 $v_r^* > 0$ 와 $u_i^* > 0$ 와 최적 (v_r^*, u_i^*)은 최적해이다. 그렇지 않으면, DMU0는 비효율적이다.

2) DEA-BCC모델

BCC모델은 식(2)와 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} \max \theta &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0} - u_0 \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} &= 1, \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_0 &\leq 0, j=1,2,\dots,n \\ u_r &\geq 0, r=1,2,\dots,s. \\ v_i &\geq 0, i=1,2,\dots,m. \\ u_0 &\text{ free in sign.} \end{aligned} \quad (2)$$

정의 2 DMU에 있어서 CCR가 효율적이면 BCC도 효율적이다.

u_0 를 제외하고 식(2)에 있어서 함수의 모든 변수는 음수로 제약된다. 이는 양수, 음수 또는 0일 수 있다. RTS를 식별하기 위해 DEA-CCR의 효율성 점수는 DEA-BCC가 동일하면 그는 불변규모수익을 의미한다.

2. Malmquist 생산성지수 (Malmquist Productivity Index-MPI)

생산성 변화지수는 시점의 변이에 발생한 생산성의 변화수준을 나타내는 지수로서 통상적으로 이전 시점(t 기)의 생산성 대비 현 시점($t+1$ 기)의 생산성 비율을 말한다. 이전 시점인 t 기와 현시점인 $t+1$ 기 사이의 산출기준 MPI지수의 식은 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} M(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) &= \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)} \times \left[\frac{D_t(x_t, y_t)}{D_{t+1}(x_t, y_t)} \times \frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{1/2} \\ &= \text{EFFCH}(\text{효율성 변화}) \times \text{TECHCH}(\text{기술변화}) \end{aligned} \quad (3)$$

식(3)에서 $D_t(x_{t+1}, y_{t+1})$ 은 $t+1$ 기의 생산 활동을 t 기의 생산가능 집합과 비교하여 측정되는 거리를 나타내며, $D_t(x_t, y_t)$ 는 t 기 생산 활동의 거리함수를 t 기의 생산가능 집합을 기준으로 측정한 것이다. MPI지수가 1보다 크면 t 기에 비해 $t+1$ 기의 투입대

비 산출의 비율, 즉 생산성의 증가를 의미하는 반면, 1보다 작으면 생산성의 감소를 의미한다.

MPI지수는 효율성 변화(change of efficiency change: EFFCH)와 기술 변화율(change of technical change: TECHCH)로 분해가 가능하다.

식(3)에서 $\frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)}$ 는 효율성 변화(EFFCH)를 나타낸다. 즉, t기와 t+1기 사이의 기술적 효율성의 변화를 나타내며, 효율성 변화가 1보다 큰 경우(EFFCH > 1)는 효율성이 높아진 경우이며 최대효율성을 발휘하는 생산자와 유사해졌다는 것을 의미한다. 반면 효율성 변화가 1보다 작은 경우(EFFCH < 1)는 효율성이 낮아졌다는 것을 나타낸다.

또한 $\frac{D_t(x_t, y_t)}{D_{t+1}(x_t, y_t)} \times \frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}$ 는 t기와 t+1기 사이의 기술변화(TECHCH)를 측정하는 것이며, 1보다 큰 효율성 지수는 t기와 t+1기 사이에 기술진보가 일어났다는 것을 의미하며, 1보다 작은 효율성 지수는 같은 시기 기술의 퇴보가 발생했다는 것을 나타낸다.

식(3)은 CRS(규모수익불변)을 중심으로 한 수식이므로 VRS(규모수익가변)으로 전환이 가능하다. t기와 t+1기의 기술적 순효율성(PECH)과 규모효율성(SECH) 변화 역시 1보다 큰 경우 기술적인 측면에서의 순수기술 효율성과 규모적 측면에서 t기와 t+1기 사이에 개선이 되었다는 것을 나타내며, 1보다 작은 경우는 순수 기술효율성과 규모적 측면에서의 효율성이 악화되었다는 것을 의미한다.

3. FCM(Fuzzy C-means) 클러스터링

퍼지 C-mean 클러스터링은 퍼지 이론을 사용하여 특정 클러스터에 속하지 않고 0과 1 사이의 구성원 수를 사용하여 복수의 클러스터에 데이터를 할당 할 수 있다.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 을 p 차원 공간에서의 데이터 세트라고 가정하자. 여기서 n은 데이터의 수, p는 데이터 특성의 수이다.

데이터를 클러스터로 분류 할 때, 데이터와 각 클러스터의 중심점의 비추론은 유클리드 거리로 표시하고 식은 다음과 같다.

$$d_{ik} = \| X_k - V_i \| \tag{식 4}$$

그 때, 클러스터의 중심은 식(6)으로 표현된다.

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (U_{ik})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (U_{ik})^m} \tag{식 5}$$

클러스터에 속한 데이터의 멤버쉽은 식(7)으로 계산된다.

$$U_{ik} = \left(\sum_{j=1}^c \left(\frac{x_k - v_j}{x_k - v_i} \right)^{2/(m-1)} \right)^{-1} \quad \forall i, \forall k \tag{식 6}$$

여기서 m은 퍼지 레벨을 결정하는 가중치이고 m이 클수록 파티션이 더 불 분명하다.

최적한 클러스터 개수는 식 (8)에서 최소화 된 클러스터 수에 의해 결정될 수 있다. 값의 차가 한 계치 이하일 때 클러스터의 증가는 클러스터 개수가 하나씩 증가하는 것이다 (박계각 외 3인, 2009).

클러스터 개수를 최적화:

- 단계 1: 클러스터 개수 c ($2 \leq c \leq n$), 퍼지 지수 m ($1 < m < \infty$) 및 수렴 판정치 ϵ (임계 값) 선택한다.
 - 단계 2: c개의 속성행렬인 U(l)의 초기 값 $U_{l=0}^{(l)}$ 을 적절히 설정한다.
 - 단계 3: (반복)
 - 각 클러스터의 중심 v를 식(6)에 의해 계산한다.
 - $U_{ik}^{(l+1)}$ 업데이트한다.
- 식 (8)에 표시된 결과 같이 U(l)와 U(l+1) 사이의

차이가 주어진 수렴 판정치 ϵ 보다 작거나 같으면 프로세스는 종료되며 그렇지 않으면 프로세스는 제 2단계로 돌아간다.

$$\| U^{(l+1)} - U^{(l)} \| \leq \epsilon \quad (7)$$

그때 클러스터 개수 $c = 2$ 의 최적한 결과를 얻을 수 있다.

- 단계 4: 목적 함수 $S(c)$ 을 계산한다.

$$S(c) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (U_{ik})^m (\| x_k - v_i \|^2 - \| v_i - \bar{x} \|^2) \quad (8)$$

여기서 \bar{x} 은 평균 데이터이다.

- 단계 5: (반복 2)

클러스터 개수를 늘린다. ($c=3,4,5,..$)

목적 함수 $Min J_m(U, V)$ 또는 $|S(c+1) - S(c)| \leq M$ 조건을 만족할 때까지 제1단계부터 4단계까지 반복한다. 여기서 M 은 임계값이다.

IV. 목포항과 주요 항만의 효율성 및 생산성 비교분석

10년간 목포항과 다른 8개 주요 항만의 항만능력을 나타내는 데이터의 통계는 <표 2>에서 보는 것과 같다. 이 자료를 대상으로 DEA 모형을 이용하여 목포항이 주요 무역항과의 효율성을 비교분석하고자 한다.

표 2. 항만능력 데이터 통계

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	Y1	Y2	Y3	Y4
평균	70,12	14,27	231,07	100,10	1,23	8,00	12,60	34,17	349,08	135,08
표준편차	41,49	8,75	275,71	92,92	1,01	5,24	15,43	27,45	337,35	104,17
최솟값	15	0,6	50	10,57	0	2	1,51	7,27	38,00	15,06
최대값	162	31,085	1605	355,93	4	24	51,83	105,00	1342,24	400,05
N	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

데이터 통계는 <표 2>에서 보는 것과 같이 목포항과 주요 무역항 총 9개 항만이고 분석기간은 10년으로 하였다. 항만의 선석 수는 70개, 평균 선석 길이는 14km, 평균 배후단지는 1곳이고 평균 산업단지는 약 8곳으로 하였다. 하역시설과 하역능력에서 최대 값은 최솟 값보다 약 32배 높으며 산출변수도 차이를 보였다.

투입변수와 산출변수는 <표 3>에서 보듯이 같으며 투입변수는 선석 수(X1), 선석 길이(X2), 항만 하역능력(X4)와 같은 컨테이너 취급 작업에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 컨테이너 항만의 필수 물리적 시설을 포함한다. G/C장비, 야드장비, T/C장비 등과 같은 항만에서 하역과정에 필요한 장비인 하역시설(X3)은 항만 능력의 향상에 직접적으로 영향을 미치므로 더 많은 화물이 효율성과 유연성을 증가시켜 항만이 더 많은 선박을 동시에 처리할 수 있게 한다. 또한, 2018년 박계각 외 2명의 목포항 비경쟁 요인 분석 및 개선방안 연구에 따르면 배후단지와 산업단지를 물동량 창출의 중요한 요소로 평가하여 본 연구에서도 투입변수로 이용하였다. 배후단지(X5)는 항만구역 내 또는 항만주변에서 항만과 연계하여 물류 및 제조활동이 이루어지는 공간이며 산업단지(X6)는 산업시설과

이와 관련된 교육·연구·업무·지원·정보처리·유통 시설 및 이들 시설의 기능 향상을 위하여 주거·문화·환경·공원녹지·의료·관광·체육·복지 시설 등을 집단적으로 설치한 공간이다. 이러한 배후단지와 산업단지는 화물 소비 구역에 연결되어 있음을 나타내고 물동량 유치의 가능성을 보여 준다.

산출 변수 측면에서 항만의 산출은 소비인구(Y1), 입출항선박 수(Y2), 선박 총톤수(Y3)와 물동량(Y4)이다. 물동량은 항만 생산의 효율성을 측정하기에 가장 용이한 지표 중 하나이며 화물 관련

표 3. 선행연구의 투입요소와 산출요소

투입요소	선행연구	산출요소	선행연구
선석 수	tongjon(2001), 류동근(2005), 권신혜(2007), 김민수(2012)	소비인구	Luo et al.(2013)
선석 길이	tongjon(2001), 류동근(2005), 권신혜(2007), 김민수(2012)	입출항선박수	Barros(2003), Lin and Tseng(2007), Park and De(2015)
하역시설	tongjon(2001), 류동근(2005), 권신혜(2007), 김민수(2012)	선박총톤수	나호수(2009), 조우연(2014)
하역능력	Sun et al.(2006)	물동량	tongjon(2001), 류동근(2005), 권신혜(2007), 김민수(2012)
배후단지	Luo et al.(2013)		
산업단지	없음		

시설 및 서비스와도 관련이 된다. 이는 무역항만을 비교할 때 항만의 상대적인 크기, 투자 규모 또는 활동 수준을 평가한다. 소비인구, 입출항선박 수와 선박 총 톤수는 항만의 매력과 경쟁력을 대표하는 지수이다.

DEA 모형의 결과는 <표 4>과 같다. 이러한 결과는 excel solver에서 얻은 DEA-CCR, DEA-BCC 모형의 결과를 기반으로 한다. <표 4>는 개별항만의 효율성 점수를 나타내며 1은 완벽한 효율성을 나타내는 것이다.

DEA 모형에서 목표항는 연구 기간 동안 낮은 효율성 점수가 보여 준 반면에 울산항만은 2010, 2016년에, 광양항만은 2012, 2014와 2018년에 효율적으로 운영된 것으로 나타난다.

DEA-CCR과 DEA-BCC 모형의 효율성 점수의 분석을 통하여 항만 비효율성이 순수 기술 효율성인지 규모의 비효율성인지 결정할 수 있다. 규모의 효율성 (SE)은 BCC 점수에 CCR 점수를 나누는 것으로 계산된다.

표 4. 무역항만의 효율성 결과

순서	년간	2018년				2016년				2014년				2012년				2010년					
		항만	CCR	BCC	SE	RTS	CCR	BCC	SE	RTS	CCR	BCC	SE	RTS	CCR	BCC	SE	RTS	CCR	BCC	SE	RTS	
1	부산	0.43	1.00	0.43	DCR	0.49	1.00	0.49	DCR	0.57	1.00	0.57	DCR	0.71	1.00	0.71	DCR	0.83	1.00	0.83	DCR		
2	광양	1.00	1.00	1.00	CON T	0.95	1.00	0.95	DCR	1.00	1.00	1.00	CON T	1.00	1.00	1.00	CON T	0.97	1.00	0.97	DCR		
3	울산	0.99	1.00	0.99	ICR	1.00	1.00	1.00	CON T	0.97	1.00	0.97	ICR	0.87	0.91	0.96	ICR	1.00	1.00	1.00	CON T		
4	인천	0.46	0.50	0.92	ICR	0.48	0.51	0.95	ICR	0.51	0.55	0.93	ICR	0.52	0.57	0.91	ICR	0.51	0.52	0.99	ICR		
5	평택 당진	0.62	0.78	0.79	ICR	0.61	0.75	0.81	ICR	0.63	0.73	0.87	ICR	0.85	1.00	0.85	ICR	0.89	1.00	0.89	ICR		
6	대산	0.40	0.92	0.44	ICR	0.55	0.94	0.59	ICR	0.60	0.92	0.65	ICR	0.56	0.93	0.60	ICR	0.68	0.90	0.75	ICR		
7	포항	0.23	0.62	0.37	ICR	0.31	0.62	0.50	ICR	0.36	0.56	0.64	ICR	0.38	0.63	0.60	ICR	0.47	0.61	0.76	ICR		
8	동해 목호	0.20	1.00	0.20	ICR	0.25	0.92	0.27	ICR	0.31	0.84	0.37	ICR	0.33	0.97	0.34	ICR	0.51	1.00	0.51	ICR		
9	목포 항	0.27	0.96	0.28	ICR	0.38	1.00	0.38	ICR	0.51	1.00	0.51	ICR	0.41	1.00	0.41	ICR	0.41	0.69	0.60	ICR		

DEA-BCC 효율성 점수가 1과 동일하지만 CCR-DEA 모델의 1보다 더 작으면 그 항만은 규모 비효율성을 나타낸다. <표 4>에서 2018년에 부산항만이 DEA-BCC모델에 1이 되고 DEA-CCR모델에 0.43이 된다면 부산항만은 규모 비효율성이 나타나는 것을 뜻한다. 규모 비효율성은 제한된 총면적이나 선석 길이 의해 발생 될 수 있다.

항만의 효율성 점수가 CCR-DEA와 DEA-BCC 모형에서 1보다 모두 더 작으면, 이 항만은 기술 및 규모 비효율성을 반영한다. 예를 들면 <표 4>에서 2018년에 인천항만이 DEA-CCR 모형에서 0.46이 되고 DEA-BCC 모형에서는 0.50가 된다면 인천항만은 기술 및 규모 비효율성이 반영되는 것을 뜻하며 이러한 기술적인 비효율성은 비효율적인 운영에 의해 발생한다. <표 3>에서 항만 수의 50% 정도는 기술 및 규모의 비효율적이다. 목포항은 항상 이 부분에 속하였다. 예를 들어, 2018년에 목포항은 순수기술 효율성이 0.96, 규모의 효율성 0.28로 나타나고, 비효율성의 원인이 (1-0.28) (1-0.96)로 규모의 효율성에 있는 것을 의미한다.

<표 4>에서 규모에 대한 수익 (RTS)에 대하여 1개 항만이 CONST이고 부산항만이 DCR이며 목포항과 남은 항만이 ICR이다. CONST(규모수익불변)는 생산규모를 증가시킬 때 산출량이 이에 비례하여 동일하게 증가하는 것을 의미한다. IRS(규모수익 체증)는 규모가 λ 배 증가할 때 산출량이 λ 배 이상으로 증가하는 특성이 나타난다. DRS(규모수익 체감)는 일정 생산 규모의 증가에 따라 산출량이 오히려 감소하게 되는 효과를 나타내고 있다.

다음으로는 MPI를 사용하여 2010년부터 2018년까지의 목포항과 다른 8개 주요 항만의 생산성지수 변화, 기술효율성 변화, 기술변화, 순수기술효율성 변화, 규모효율성 변화를 측정했으며 그 결과는 <표 5>과 같다.

<표 5>의 내용을 통해 9개 항만의 생산성 증가의 요인을 구체적으로 살펴보면 기술효율성 변화(EFFCH)가 3.1% 하락한 반면 기술변화가 4.4% 증가해 주로 생산성 진보의 요인은 기술변화에 기인하는 것으로 보인다. 항만들의 기술효율성 변화는 2016/2017년을 제외하면 꾸준히 감소하고 있는 것으로 분석되었다.

또한 기술효율성 변화를 순수기술효율성 변화(PECH)와 규모효율성 변화(SECH)로 구분하면 그 중 순수기술효율성 변화율의 증가가 년 0.3%에 달해 규모효율성 변화율의 3.3% 감소보다 낮은 것으로 나타났다.<표 5>에 나타난 내용을 요약하면 생산성지수 변화율의 증가는 기술변화에 원인이 있다.

표 5. Malmquist 생산성지수 및 구성요소의 시기별 변화율

년도	EFFCH	TECHCH	PECH	SECH	M
2010-2011	0.913	1.174	1.004	0.910	1.072
2011-2012	0.966	1.000	1.044	0.925	0.966
2012-2013	0.990	1.073	0.989	1.001	1.063
2013-2014	0.981	0.941	0.952	1.031	0.923
2014-2015	0.960	1.104	1.033	0.929	1.060
2015-2016	0.933	1.104	0.987	0.945	1.030
2016-2017	1.037	0.963	1.008	1.028	0.999
2017-2018	0.978	1.011	1.006	0.972	0.988
평균	0.969	1.044	1.003	0.967	1.011

<표 6>에서는 목포항과 다른 8개 주요 항만에 대한 생산성 변화지수와 그 구성요소들인 기술효율성 변화, 기술변화, 순수기술효율성 변화, 규모효율성 변화율을 나타내고 있다. 생산성 변화지수의 구성요소들의 변화율을 살펴보면, 먼저, 기술적효율성 변화율은 9개 항만 중 광양 항만에서만 증가한 반면, 목포항과 나머지 7개 항만에서 감소동향을 보인 것으로 나타났다. 효율성이 가장 감소한 항만은 부산 항만으로 무려 연평균 7.9%의 감소율을 보여

준다. 다음으로는 동해목호로 연평균 6.3%의 감소율을 보여 그 뒤를 이었다. 기술적 효율성이 증가한 항만은 광양 항만으로 0.3%의 증가율을 보였다.

표 6. Malmquist 생산성 지수 및 구성요소의 변화율

항만	EFFCH	TECHCH	PECH	SECH	M
부산	0.720	1.186	1.000	0.720	0.854
광양	1.003	0.927	1.000	1.000	0.927
울산	0.974	0.960	1.000	0.974	0.935
인천	0.929	0.723	0.831	1.119	0.672
평택	0.882	1.127	0.940	0.939	0.995
대산	0.925	1.146	1.000	0.925	1.060
포항	0.873	1.099	0.988	0.884	0.959
동해목호	0.848	1.146	1.000	0.848	0.972
목포	0.891	1.146	0.994	0.896	1.021
평균	0.894	0.891	0.971	0.921	0.796

기술변화율에서는 총 9개 항만 중 단 3개만이 기술적 퇴보를 나타내었으며, 무려 6개 항만에서 기술적으로 진보한 것으로 나타났다. 가장 높은 기술적 진보율을 보인 항만은 목포항과 대산, 동해목호 항만으로 연평균 14.6%의 진보율을 나타내었으며, 기술이 가장 많이 퇴보한 항만은 인천 항만으로 연평균 27.7%의 퇴보율을 보여주었다. 순수기술 효율성의 변화율에서는 총 9개 항만 중 1인 항만이 5개 항만으로 나타났다. 순효율성이 가장 많이 감소한 항만은 인천 항만으로 연평균 감소율이 16.9%였다. 규모효율성의 변화율은 총 9개 항만 중 광양 항만에서 규모효율성 변화율은 유지하고 인천 항만에서 규모효율성 변화율의증가가 나타났으며, 목포항과 6개 항만은 감소한 것으로 판명되었다. 역시 규모 효율성에서 가장 큰 감소율을 보인 항만은 부산 항만으로 연평균 규모 효율성 감소가 28%에 이른다.

여권대, 목포항은 연구기간 동안에 기술적효율성,

순효율성과 규모 효율성이 감소되었지만 기술변화율은 많이 진보되었기 때문에 생산성은 9개 항만 중에 2위로 증가한 것으로 나타났다.

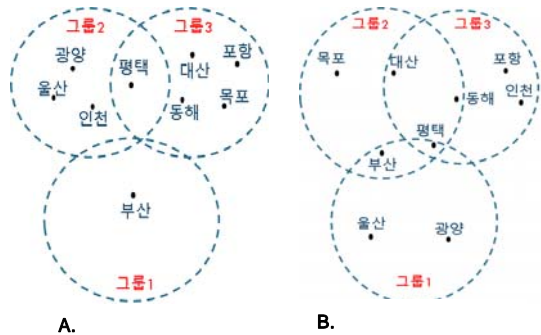


그림 1. FCM 분류 결과

마지막으로 FCM의 분류 결과이다. 항만능력에 관한 요소를 속성치로 한 FCM 분석 결과는 <그림 1>의 좌측과 같다. 10년 동안에 부산항만 계속 속해있는 클러스터 1은 대형규모이고 배후-산업단지가 많고 가장 많은 산출량을 가지는 특성을 갖고 목포항 등 4개-5개 항만이 속해있는 클러스터 3은 소형 규모항만이고 배후-산업단지가 거의 없고 산출량도 적은 특성을 갖는 항만을 의미하며, 나머지 클러스터 2는 대중규모항만이지만 산출량이 최적 클러스터보다 적은 특성이 있다.

항만 효율성 CCR점수와 BCC점수를 속성치로 한 FCM 분석 결과는 <그림 1>의 우측과 같다. 광양항과 울산항이 속해있는 클러스터 1은 가장 좋은 항만 클러스터이고 CCR 점수와 BCC 점수 다 높은 특성을 갖고 목포항이 속해있는 클러스터 2는 CCR 점수가 낮지만 BCC 점수가 높은 특성을 갖으며, 나머지 클러스터 3은 효율성 점수가 다 낮은 항만이 속한다. 2012년까지 부산항이 제일 좋은 클러스터에 계속 속하지만 2012 이후 효율성을 유지하지 못 했기 때문에 클러스터 2로 속하였다. 반면에 목

포항의 경우는 항상 중간인 2 번째 클러스터속에 있다. 따라서, 목포항의 경우는 항상 소규모 항만 그룹에 속했지만 효율성에 대하여 낮은 그룹에 속하지 않고 계속 중간 그룹에 속한 것으로 나타났다.

V. 결 론

목포항에 대한 다양한 연구가 수행되었으나, 목포항과 다른 주요 항만의 효율성을 측정 및 비교를 통해 목포항의 운영을 평가하고 그에 기반으로 개선 방안을 구축 연구는 거의 이루어지지 않았다. 그리고 선행 연구의 대부분은 컨테이너 물동량에 집중되었는데 광양, 울산항과 같은 오일 및 케미컬 물동량이 많은 항만의 경우는 컨테이너 물동량에 대해서만 효율성을 측정한 것은 적절하지 않은 분석이라고 판단된다. 또한 항만 효율성에 영향을 미치는 요인은 다수 존재하므로 한 개가 모형을 이용한 분석은 그 결과의 정확성이 떨어지거나 평가가 불가 경우도 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 국내 무역항만의 자료분석과 DEA 모형-MPI지수와 FCM 방법을 결합하고 이용하여 목포항과 우리나라 주요 무역항의 효율성 및 생산성 비교 연구를 수행하고 효율성을 기반으로 분류한 후 목포항과 경쟁항만의 목포항 효율성을 비교분석하였다.

연구결과를 정리하면 다음과 같다. DEA분석기법 중 CCR과 BCC모형을 활용하여 목포항과 다른 8개 주요 항만의 효율성을 측정함으로써 항만의 상대적 효율성을 평가했다. 10년동안 목포항는 낮은 효율성 점수가 보여 준 반면에 거의 광양 항만과 울산 항만만 효율성을 유지할 수 있는 것으로 분석되었다. 다음으로 MPI지수 측정한 결과에 따라 9개 항만의 MPI지수는 연 1.7% 향상된 것은 기술변화이 4.4% 증가한 것에 원인이 있었으며 목포항은 결국 가장 높은 생산성지수인 항만 중 상위 2번째이었

다. 그 원인은 최근 몇 년에 목포항의 발전을 위한 신행만 개발에서 항만투자를 통해 기술의 향상이 있었기 때문이다.

FCM 방법의 결과에 목포항은 다른 대형 항만에 비해 규모는 작지만 항상 효율성이 중간인 그룹에 속한 것으로도 보인다. 부산항과 같은 대규모 항만은 최적의 항만 성능에 맞게 규모를 제어하기 어려운 정도로 성장(Decreasing으로 표시)된 반면에 규모가 작은 목포항과 같은 항만은 작은 투입 및 산출 규모이기 때문에 효율성이 낮다.(Increasing으로 표시) 분석을 통해 목포항의 효율성을 높이기 위해서는 목포항의 입출항 선박수 및 물동량을 증가시키는 데 집중할 필요가 있다. 중국 항만과의 경쟁을 고려해 볼 때 서해안권 항만들의 협력 및 경쟁의 틀이 새로 마련되어야 할 것이다. 목포항은 다른 항만들, 특히 규모수익체감인 항만과 협력하여 장비를 교환 하고 양측의 운영 효율성을 높이기 위해 노력해야 한다.

본 논문은 지리적인 요소만을 기반으로 분석한 한계점은 가지고 있다. 향후 항세지표의 중장기적 변화율, 지역경제 지표, 재정적 지표 등의 자료를 추가하여 보다 엄밀한 효율성 분석을 통한 목포항 경쟁력의 비교분석이 다음 과제로 남는다.

참고문헌

- 강경훈(2001), “환황해권 국제물류 거점기지로서의 목포항의 역할”, 한국무역학회학술대회논문집, pp.231-246.
- 강경훈(2002), “21세기 환동해권 시대의 목포항의 과제”, 한국무역학회 제1차 정책토론회 및 지역권역학술대회발표논문집, pp.67-76.
- 김민수·황천사(2012), “글로벌 금융위기 이후의 한중주요 컨테이너 항만의 경쟁력 변화 비교 연구”, 중국과 중국학, 제16호, pp.1-34.
- 김형근(1997), “목포항이 목포시의 지역경제에 미치는 영향에 대한 연구”, 한국해운학회지, 제25호, pp.103-132.
- 나호수·김현초 (2009), “군산항만의 효율성 비교연구”, 한국항만경제학회, 제25권, 제2호, pp.277-300.
- 노만우 (1991), “On the Site Selection of Inland Container Depot”, 한국해양대학교대학원, 석사학위논문.
- 류동근(2005), “국내 컨테이너 전용터미널의 효율성 비교 : DEA 접근”, 『해운물류연구』, 제47권, pp.21-38.
- 모수원(2008), “국내항만의 효율성 결정요소: 패널분석과 이분산 토빗모형을 이용하여”, 한국항만경제학회지, 제24권, 제4호, pp.349-361.
- 박계각, 서기열, 천대일, 양원재(2009), “FCM을 이용한 지식기반 데이터베이스 검색 시스템의 구축”, 퍼지 및 지능시스템학회논문지, 제11권, 제1호, pp.88-93.
- 박계각, 최경훈, 이청환(2018), “목포항 비경쟁 요인 분석 및 개선방안 연구”, 한국항만경제학회, 제34권, 제1호, pp.113-132.
- 박석호(2007), “목포항 물동량 변화에 따른 항만개발전략”, 한국항만경제학회지, 제23집, 제4호, pp.177-194.
- 박현준, 김현아 및 임영태 (2016), “DEA모형을 이용한 국적선사의 경영효율성 분석-접대비와 광고 선전비를 중심으로”, 한국항만경제학회지, 한국항만경제학회지 제32집 제2호, pp.123-135.
- 배종무(1987), “목포개항장 연구”, 전남대학교대학원 박사학위논문.
- 송재영, 신창훈 (2005), “DEA 모형을 이용한 세계 주요 항만의 효율성 평가”, 한국항해항만학회, Vol.29, No.3, pp.195-201.
- 이선민 및 박정민 (2009), “동Network DEA를 이용한 컨테이너터미널의 효율성분석”, 한국산업경제학회, 산업경제연구, 산업경제연구 제26권 제5호, pp.2117-2141.
- 장운재와 금종수(2004), “목포항 여객수 및 적정 선박량 추정에 관한 연구”, 한국항해항만학회지, 제28권, 제6호, pp.509-516.
- 정장우(1991), “기술도입이 부두노동에 미치는 영향에 대한 연구-목포항운노동조합을 중심으로”, 전남대학교대학원, 석사학위논문.
- 조우연, 조건식, 여기태 (2014), “북태평양 조업선박의 운영 효율성 및 생산성 분석”, 한국항만경제학회, 제30권, 제2호, pp.113-132.
- 진형인, 정환호, 김병철, “해운환경변화에 따른 서해안 항만 발전방안 연구: 목포항을 중심으로”, 한국항만경제학회지, 제24집, 제4호, pp.71-96.
- 최동오(2005), “중점화물 유치 전략을 통한 목포신항 활성화 방안”, 한국항만경제학회지, 제21집, 제4호, pp.161-181.
- 하명신 (2009), “동북아 지역과 미국 주요 컨테이너항만 간의 효율성 비교”, 한국항만경제학회지 제25집 제3호, pp.229-250.
- 홍동문(2005), “환태평양시대의 목포항만 발전방향”, 한국항만경제학회지, 제7집, 제1호, pp.129-157.
- A. Charnes, W.W. Cooper and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision-Making Units," European Journal of Operational Research 2, pp.429-444.
- C.P. Barros. (2006), “A benchmark analysis of Italian seaports using data envelopment analysis”, Maritime Economics & Logistics, 8호, pp.347-365.
- J.C. Dunn (1973), "A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well-Separated Clusters", Journal of Cybernetics 3: pp.32-57.
- J.H. Luo, E.Y. Cui, and J.H. Ji (2013), “Analysis on

Container Ports Efficiency and its Influencing Factors on Two Stage Method of DEA-Tobit," Science and Technology Management Research, No.5, pp.236-239.

- J. Tongzon (2001), "Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis" , Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol. 35, Issue 2, February 2001, pp.107-122.
- L.C. Lin, Tseng, C. C(2007), "Operational performance evaluation of major container ports in the Asia-Pacific region" , Maritime Policy & Management, Vol.34, No.6, pp. 535-551.
- R.K. Park and P. De (2015), "An Alternative Approach to Efficiency Measurement of Seaports" , Port Management, Palgrave Readers in Economics, Palgrave Macmillan, London.
- X. Sun, Y. Yan and J. Liu (2006), "Econometric Analysis of Technical Efficiency of Global Container Operators" , Proceedings of the 11th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies: Sustainable Transportation, pp.667-676.

목포항의 효율성 및 생산성 분석에 관한 연구

-DEA모형과 FCM을 결합분석법-

김삼열 · 최경훈 · 팜티쿤마이

국문요약

현재까지 목포항의 효율성을 분석하고 우리 나라의 다른 주요 무역항만과 비교하여 항만의 개발 방향을 개선한 연구는 많지 않다. 본 논문에서는 Malmquist Productivity Index (MPI)와 함께 DEA (Data Envelopment Analysis) 모형을 사용하여 목포항을 중심으로 우리나라 주요 무역항만의 효율성과 생산성을 측정한다. 첫째, 항만의 기술적 또는 운영 규모에 따라 어떤 항만이 효율적이거나 비효율적인지, 그리고 몇 년 동안 어떤 항만이 생산성을 유치할 수 있는지 파악하고자 한다. 둘째, 이 연구는 어떤 항만의 그룹이 효율성 점수가 높거나 낮은지 분류하는 데 Fuzzy C-means (FCM) 클러스터링 방법을 적용한 후 목포항의 개선 방안을 제시하고자 한다.

주제어: 항만의 효율성 및 생산성, Data Envelopment Analysis, Fuzzy C-means, 개선 방안, Malmquist Productivity Index.