

항만의 효율성을 예측하기 위한 실증적 측정방법* - SBM과 윌콕슨부호순위검정접근 -

An Empirical Measurement Way of Efficiency Prediction for Korean Seaports: SBM and Wilcoxon Signed-Rank Test Approach

박노경**

목 차

- | | |
|--|--|
| <p>I. 서론</p> <p>II. 기존연구의 방향, 한계점 및 본 연구의 핵심</p> | <p>III. 항만효율성을 예측하기 위한 실증적 측정 방법에 관한 이론적 접근</p> <p>IV. 항만의 효율성을 예측하기 위한 실증적 측정분석</p> <p>IV. 결론</p> |
|--|--|

Key Words: Prediction of Port Efficiency, DEA, SBM, Wilcoxon Signed-Rank Test

Abstract

The purpose of this paper is to show the empirical measurement way for predicting the seaport efficiency by using SBM with Wilcoxon signed-rank test under CRS(constant returns to scale) condition for 20 Korean ports during 1994-2003 for 2 inputs(birthing capacity, cargo handling capacity) and 3 outputs(Export and Import Quantity, Number of Ship Calls, Port Revenue). The main empirical results of this paper are as follows. First, forecasting data have well reflected the real data according to the Wilcoxon signed rank test, because p values have exceeded the 0.05 significance level. Second, SBM has shown the effectiveness for predicting the ports efficiency even though the predicting powers are different according to the levels of p values. The policy implication to the Korean seaports and planner is that Korean seaports should introduce the new methods like SBM method with Wilcoxon signed rank test for predicting the port performance and enhancing the efficiency.

▷ 논문접수: 2008.11.05 ▷ 심사완료: 2008.12.24 ▷ 게재확정: 2008.12.24

* Author expresses the deepest thanks to the Professor Shiang-Tai Liu, Vanung University, Taiwan for his kind help. 본 논문은 박노경(2008.8)의 논문의 내용을 인용표시를 하고 부분적으로 전제하였음. "이 논문은 2008학년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음."

** 조선대학교 경상대학 무역학과 교수, nkpark@chosun.ac.kr, (062)230-6821

I. 서론

항만이 지역경제에 미치는 효과를 살펴보면 크게 고용효과, 부가가치효과, 소득효과, 그리고 파급효과로 나눌 수 있다.¹⁾ 또한 항만투자는 거시적인 측면에서 승수효과를 발휘하여 국가경제와 지역경제의 발전에 여러 가지 형태로 영향을 미친다고 하는 것은 잘 알려진 사실이다.²⁾

국토의 삼면이 바다이며, 수출주도형 국가인 한국의 경우에 있어서 항만의 역할은 더욱 중요해지고 있다. 그러나 중국항만들의 급성장에 따라서 한국의 주요 항만들은 환적화물 등의 측면에서 매우 심각한 위협을 받고 있다. 따라서 그러한 문제를 해결하기 위해서는 국내항만들의 성과와 효율성을 높여서 국제적인 경쟁력을 높일 수밖에 없는 상황에 처해있다. Thanassoulis(2001)는 항만들의 성과를 측정함으로써 다음과 같은 유용한 정보를 얻을 수 있기 때문에 항만성과측정은 반드시 필요하다고 주장하였다.³⁾ 즉, 차별화하기 위한 좋은 운영관행의 확인, 가장 최적의 운영규모, 자원의 이용을 효율적으로 이용하고 산출물을 축적하기 위한 효율성의 규모, 성과를 개선시키기 위한 비효율적인 단위를 위한 최적의 역할 모형, 생산요소와 생산성변화사이의 한계대체율, 동일한 시점에서의 개별운영 단위, 가장효율적인 운영단위에 의한 시간경과에 따른 생산성변화가 그것이다. 요컨대, 항만의 경쟁력은 항만의 성과, 즉, 항만의 효율성을 증진시킬 때, 증대될 수 있다. 따라서 국내항만들은 기본적인 효율성(투입요소에 대한 산출요소의 비율)을 증대시키기 위해서 노력해야만 한다.

항만의 효율성을 측정하는 방법에는 모수적인 방법과 비모수적인 방법이 있는데, 비모수적인 방법 중에서 전 세계적으로 많이 이용되고 있는 방법이 DEA(Data Envelopment Analysis: 자료포괄분석)측정방법이다. DEA측정방법은 Charnes, Cooper, and Rhodes (1978, CCR모형이라 칭함)가 분수형태의 선형측정방법을 선형계획(linear programming)형태로 변화시킴으로써 보여 주었던 1978년에 처음으로 소개되었으며, Banker, Charnes, and Cooper(1984, BCC모형이라 칭함)는 규모수확변화(variable returns to scale, VRS라 칭함)하에서 효율성을 측정하는 방법을 보여 주었다.⁴⁾

그러나 위와 같은 DEA의 기본모형인 CCR모형과 BCC모형의 가장 큰 단점은 효율적인 DMU들의 순위를 결정할 수 없다는 점이었다. 그러한 문제점을 해결한 것이 슬랙변수모형(Slack-based Measure of Efficiency, 이하 슬랙변수모형 또는 SBM이라 칭함)이다. 본 논

1) 보다 자세한 내용은 정필수의(1994),p.12를 참조요망.

2) 김학소·성숙경, "항만투자가 국민경제에 미치는 효과," 『해양수산』 통권196호, 한국해양수산개발원, 2001.01, pp.47-62.

3) Wang, Cullinane, and Song, *Container Port Production and Economic Efficiency*, Palgrave Macmillan, 2005, p.3.

4) N. Adler, L. Friedman, and Z. Sinuany-Stern, "Review of Ranking Methods in the Data Envelopment Analysis Context," *European Journal of Operational Research*, Vol. 140, 2002, pp. 249-250. 박노경(2004.8), p.1825의 내용을 전재함.

문의 주제가 되는 슬랙변수모형은 일반적인 DEA 효율성 측정시 발생하는 여유변수(slack variable)의 크기에 의해서 DMU의 효율성수치를 보여 줌으로써 효율적인 DMU(효율성수치가 1인 DMU) 들의 순위를 밝혀내어 줄 수 있다. 위와 같이 슬랙변수모형에 의한 효율성 측정방법은 효율적인 DMU들 사이의 순위를 슬랙변수로서 간접적으로 밝혀 줌으로써 효율적인 DMU들간의 경쟁관계를 명확히 해 줄 수 있는 장점 때문에 외국에서는 II장의 기존연구에서 소개하는 바와 같이 부분적으로 연구가 진행되고 있다. 그러나 국내에서는 슬랙변수모형을 소개한 논문은 박노경(2004.8)을 제외하고 거의 없는 상황이다.⁵⁾ 그동안 국내에서도 국내항만에 대한 효율성을 II장에서 소개하는 바와 같이 DEA기법을 이용하여 많이 측정하였다. 그러나 항만분야에서는 본 논문에서 다루고 있는 SBM(Slack-Based Measure of Efficiency:여유변수에 의한 효율성 측정)과 월콕슨 부호순위검정을 통해서 항만의 효율성을 예측하고 검증한 연구는 시도된 적이 없었다.⁶⁾ 국외에서도 최근에 Shiang-Tai Liu(2008, in press)⁷⁾가 그러한 슬랙변수모형을 이용하여 은행성과를 예측하는 방법을 측정모형과 함께 제시하였다.

따라서 본 논문은 Liu(2008)가 제시하고 있는 슬랙변수모형을 이용하여 효율성을 측정하는 한편 그 순위를 이용하여 월콕슨의 순위부호검증 결과를 비교함으로써 Liu(2008)의 슬랙변수모형이 갖고 있는 항만효율성측면의 예측력을 검증하는 한 방법을 소개하고자 하는데 본 논문의 연구 목적을 두고자 한다.

본 논문의 연구범위는, 국내와 외국에서 선행된 슬랙변수모형과 관련된 선행연구들을 학자와 년도만을 제시하고 그들 연구가 갖고 있는 한계점을 제시하고자 한다. 또한 3개의 산출물(수출입물량, 입출항척수, 항만재정수입)과 2개의 투입물(접안능력, 하역능력)을 이용하여 1994년과 1995년의 국내항만들의 효율성측정에 슬랙변수모형을 실험적으로 적용 한 후에 양년도간에 모두 효율적인 항만으로 판명된 항만을 제외한 나머지 항만들의 순위를 이용하여 월콕슨의 부호순위검정을 통해서 슬랙변수모형이 갖고 있는 항만효율성측면의 예측력을 측정하는 방법을 제시하는 한편 1994년부터 2003년까지를 동일한 방법으로 측정하고 검증하는 것으로 한정한다.

본 논문의 구성은 I 장의 서론에 이어서 II장에서는 DEA기법을 이용한 연구들과 슬랙변수모형을 다룬 연구들에 대하여 간략하게 검토하고 그러한 연구들의 한계점과 함께 본 연구의 핵심을 제시하며, III장에서는 Liu(2008)의 슬랙변수모형과 월콕슨부호순위검정방법을 이론적으로 제시하는 한편 슬랙변수모형을 항만들의 효율성측정에 적용해 본 후, 효율성 순위를 결정하고, 그러한 순위에 근거하여 Wilcoxon의 순위부호테스트를 통해서 슬랙변수모형이 갖고있는 항만효율성측면의 예측력을 측정하는 방법을 보여 주고자 한다. IV

5) 박노경(2004.8), p.1826의 내용을 전재함.

6) 횡단면자료를 이용하여 단년도를 대상으로 은행산업분야에 대해서 최근에 박노경(2008.6)에 의해서 시도된 적이 있다.

7) Shiang-Tai Liu, "Slacks-Based Efficiency Measures for Predicting Bank Performance," *Expert System with Applications*, 2008 in press, pp.1-6.

장에서는 요약과 함께 결론이 제시된다.

II. 기존연구의 방향, 한계점 및 본 연구의 핵심

1. 기존연구에 대한 간단한 검토

항만의 효율성을 DEA기법으로 측정 한 시도는 Roll and Hayuth(1993), Tongzon(2001), Valentine and Gray(2002), Cullinane, Song, and Gray(2002), Barros and Athanassiou(2004), Wang, Cullinane and Song(2005)에 의해서 행해졌다. 국내에서는 Han, C.H.(2002), 박노경(2003.6; 국내 항만투자의 가치사슬 효율성을 측정), 박노경(2003.12; 항만투자의 유효성을 검증), Park, R.K.(2006.9; 광양항의 규모효율성 추세를 분석), Park, R.K.(2008.8; 국내컨테이너터미널의 효율성을 부트스트랩방법으로 검증)에 의해서 항만들의 효율성 측정에 DEA기법을 이용하여 접근하였다.

박노경(2004.8)은 슬랙변수모형을 이용하여 효율성 측정방법을 보여 주었으며, 본 연구와 직접적으로 관련된 연구는 박노경(2008.8)이 Shiang-Tai Liu(2008)의 연구를 한국의 은행산업에 처음으로 적용하여 보았다.

2. 기존연구의 한계점 및 본 연구의 핵심

첫째, 기존연구들은 모두 항만들의 효율성을 단년도 또는 다년도 분석을 통해서 해석하고 경쟁력을 강화시킬 수 있는 방안을 제시하는데 그치고 있다. 본 연구와 관련된 박노경(2008.8)의 연구도 2개년도(1995년과 1996년)만을 대상으로 함으로써 그 한계점을 가지고 있다.

둘째, 항만의 효율성을 예측하기 위해서 다년도(1994년부터 2003년까지)를 대상으로 SBM모형에 의한 효율성 수치를 이용하여 월콕슨부호순위검정방법으로 검증을 한 연구는 국내에서는 시도된 적이 없다.

III. 항만효율성을 예측하기 위한 실증적 측정방법에 관한 이론적 접근: SBM과 월콕슨부호순위검정이론

1. Liu(2008)의 슬랙변수모형⁸⁾

$i = 1, 2, \dots, n$ 까지의 DMUs가 있으며 DMU r 에 대한 투입물과 산출물 벡터의 관측된 자료는 $X_r = (X_{r1}, X_{r2}, \dots, X_{rs})$ 그리고 $Y_r = (Y_{r1}, Y_{r2}, \dots, Y_{rt})$ 이라고 가정한다. 이 경우에 슬랙 변수는 S_j^- , 이고 $j = 1, \dots, s$ 이고, S_k^+ , $k = 1, \dots, t$ 이며 각각 투입물의 과다와 산출물의 과소를 의미한다. λ_i , $i = 1, 2, \dots, n$ 는 음수(-)가 아니라고 가정한다. Tone(2001)가 개발한 슬랙변수모형(Slack-based measure) 효율성은 다음의 (식 1)과 같이 표현 할 수 있다.

$$\rho_r = \text{Min} \frac{1 - \frac{1}{s} \sum_{j=1}^s \frac{S_j^-}{X_{rj}}}{1 + \frac{1}{t} \sum_{k=1}^t \frac{S_k^+}{Y_{rk}}} \quad (\text{식 1})$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \lambda_i + S_j^- = X_{rj}, \quad j = 1, \dots, s$$

$$\sum_{i=1}^n Y_{ik} \lambda_i - S_k^+ = Y_{rk}, \quad k = 1, \dots, t$$

$$\lambda_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad S_j^- \geq 0,$$

$$j = 1, \dots, s, \quad S_k^+ \geq 0, \quad k = 1, \dots, t$$

$0 < \rho_r^* \leq 1$ 은 쉽게 증명될 수 있으며, 단위불변성과 단조증감성(monotone)의 특성을 만족시킨다.

ρ_r^* 의 큰 값은 DMU r 이 성과측면에서 더 잘 수행한다는 것을 의미한다. 만일에 어떤 최적해가 어떠한 투입요소의 과다와 산출요소의 과소가 없는 즉, $S_j^- = S_k^+ = 0$ 이라면,

$\rho_r^* = 1$ 이며, 평가되는 DMU는 효율적인 것으로 간주할 수 있다.

모형식(1)은 계산하는 것이 어렵도록 만드는 분수프로그래밍 문제를 가지고 있다. 따라서 Tone(2001)에서 설명하는 바와 같은 Charnes-Cooper 변환이론을 이용하여 변환시킬 수 있다. 모형식(1)의 목적함수식의 분모와 분자에 스칼라 변수 $q (> 0)$ 를 곱한다. 이것은 ρ_r^* 에 아무런 변화를 야기 시키지 않는다. 그리고 분모가 1이 되도록 하기 위해서 q 를 조정할 수 있으며, 이러한 조건을 제약조건에도 적용한다. 결과적으로 모형식 (1)은 모형식 (2)와 같이 된다.

8) Shiang-Tai Liu(2008), pp.2-3. 박노경(2008.8), pp.172-174.

$$\rho_r = \text{Min } q - \frac{1}{s} \sum_{j=1}^s \phi_j / X_{rj}$$

$$\text{s.t. } q + \frac{1}{t} \sum_{k=1}^t \phi_k^+ / Y_{rk} = 1, \quad (식 2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \lambda_i + s_j = X_{rj}, \quad j = 1, \dots, s$$

$$\sum_{i=1}^n Y_{ik} \lambda_i - s_k^+ = Y_{rk}, \quad k = 1, \dots, t$$

$$\lambda_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad s_j \geq 0$$

$$j = 1, \dots, s, \quad s_k^+ \geq 0, \quad k = 1, \dots, t$$

모형식(2)의 문제는 목적함수에서 비선형 용어인 ϕ_j 와 제약조건에서 ϕ_j^+ 를 포함하고 있는 점이다. $S_j = \phi_j, S_k^+ = \phi_k^+, \lambda_i' = q\lambda_i$ 라고 표시하자. 그렇게 되면, 모형식(2)는 모형식(3)과 같이 된다.

$$\rho_r = \text{Min } q - \frac{1}{s} \sum_{j=1}^s S_j / X_{rj}$$

$$\text{s.t. } q + \frac{1}{t} \sum_{k=1}^t S_k^+ / Y_{rk} = 1 \quad (식 3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \lambda_i' + S_j = qX_{rj}, \quad j = 1, \dots, s,$$

$$\sum_{i=1}^n Y_{ik} \lambda_i' - S_k^+ = qY_{rk}, \quad k = 1, \dots, t,$$

모형식 (3)의 해를 구함으로써, 투입물 과대와 산출물 과소를 고려한 개별 DMU들의 효율성을 쉽게 구할 수 있다.

2. 윌콕슨부호순위검정이론⁹⁾

윌콕슨 부호순위검정(符號順位檢定)은 관측값이 θ_0 보다 크고 작음뿐만 아니라 관측값의 상대적인 크기도 고려하여 검정을 실시하는 방법으로서, 일표본 문제에서 가장 널리

9) 박노경(2008.8), pp.181-183.

사용되는 비모수적 검정법이다. 윌콕슨 부호순위검정에서는 부호검정에서 적용되는 가정에 더하여 '오차항 e 는 0에 대하여 대칭인 분포를 따른다'라는 가정이 필요하다. 윌콕슨 부호순위 통계량은 다음과 같이 정의된다.¹⁰⁾

Step 1. X_i 와 θ_0 의 차를 구한다. 즉,

$$Z_i = X_i - \theta_0$$

Step 2. $|Z_1|, |Z_2|, \dots, |Z_n|$ 중에서 $|Z_i|$ 의 순위를 R_i^+ 로 정의한다.

Step 3. 다음의 식에 의해 윌콕슨 부호 순위 통계량을 계산한다.

$$W^+ = \sum_{i=1}^n \psi_i R_i^+, \text{ where } \psi_i = \begin{cases} 1, & X_i > \theta_0 \\ 0, & X_i \leq \theta_0 \end{cases}$$

부호검정과 마찬가지로 윌콕슨 부호순위검정 역시 SAS(Statistical Analysis for Social Science)패키지의 PROC UNIVARIATE에서 수행된다.

위의 내용을 알기 쉽게 풀이하면 다음과 같다. 즉, 먼저 윌콕슨의 부호순위검정을 위한 귀무가설과 대립가설은 다음과 같다.¹¹⁾

(양측검정의 경우)

귀무가설 H_0 : 두 그룹의 중심위치는 같다.

대립가설 H_1 : 두 그룹의 중심위치는 어긋나 있다.

(단측검정의 경우)

귀무가설 H_0 : 두 그룹의 중심위치는 같다.

대립가설 H_1 : 한 그룹의 중심위치는 오른쪽(왼쪽)으로 어긋나 있다.

윌콕슨의 부호순위검정에서는 앞에서 설명한 바와 같이 먼저 쌍의 차(예측자료와 실제 자료의 차) d 를 구한다. 그리고 차의 절대값 $|d|$ 에 대해서 작은 쪽부터 순서대로 순위를 매긴다. 또한 순위를 매길 때에 차 d 가 0인 것은 무시한다. 다음에 $d > 0$ 과

$d < 0$ 인 2군(群)으로 나눈다. 그리고 $d > 0$ 인 군에 대한 순위합 T_1 과 $d < 0$ 인 군에 대한 순위합 T_2 를 구한다. T_1 과 T_2 의 작은 쪽을 T 라 하고 데이터의 수(쌍의 수)를 n 이라 하면, 검정통계량 Z 는 다음 (식 4)와 같이 된다.

$$z = \frac{T - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}} \quad (\text{식 4})$$

p 값은 검정통계량 Z 가 귀무가설하에서 평균이 0, 표준편차가 1인 표준정규분포에 따른

10) <http://sasmania.com/zb41/contents.php?id=338>

11) 노형진, 『한글 SPSS 10.0에 의한 조사방법 및 통계분석』 (서울: 형설출판사, 2001), pp.214-217.

다는 것을 이용하여 산출한다.

IV. 항만의 효율성을 예측하기 위한 실증적 측정분석

1. 분석대상의 모형, 대상기간, 투입-산출요소, 대상항만수

분석대상은 국내수출입항만 20개(항만재정수입에 대한 자료의 제약 때문에 20개 항만을 선택하였음)를 대상으로 하였으며, 대상연도는 10년간(1994년~2003년)으로 하였다. 실증분석은 투입지향모형으로 개별 년도 별로 시행하였다. 각 변수의 단위는 다음과 같다. 투입요소는 집안능력(척수), 하역능력(천톤)이며, 산출요소는 수출입물량(톤), 선박입출항척수(척), 항만재정수입(천원)이다.

<표 2> SBM모형에 의한 효율성 측정을 위한 원 자료

모형	대상기간	투입요소	산출요소	대상항만 수
투입지향	1994 ~ 2003	집안능력	수출입물량	200개
		하역능력	선박입출항척수	
			항만재정수입	

2. SBM모형에 의한 국내 항만의 효율성분석

(1) 슬랙변수모형과 윌콕슨의 부호순위검정법을 이용한 항만의 효율성을 예측하기 위한 실증적 측정방법의 순서

첫째, 1994년과 1995년도 자료를 이용하여 각 항만별 슬랙변수모형에 의거하여 효율성을 측정한다.

둘째, 효율성 점수에 의거하여 순위를 결정한다.

셋째, 1994년도와 1995년도의 효율성 수치가 모두 1인 즉, 효율적인 항만들은 자료에서 제외시킨다.

넷째, 나머지 항만들을 대상으로 동일항만의 1994년도 순위를 예측(forecasting) 자료, 1995년도 자료를 실제(real)자료로 실증분석 data를 완성한다.

다섯째, Wilcoxon의 부호순위검정을 실시하고 가설검정을 검정한다.

여섯째, 동일한 방법으로 2003년까지의 SBM효율성을 측정하고 윌콕슨부호순위검정을 실시하고 가설검정을 검정한다.

(2) 슬랙변수모형에 의한 효율성분석을 위한 자료

<표 1>에는 SBM방법에 의해서 효율성을 측정하기 위해서 1994년과 1995년의 투입요소와 산출요소의 원자료를 제시하였다.

<표 1> SBM모형에 의한 효율성을 측정하기 위한 원 자료
(1994년:예측자료, 1995년 실제자료)

항만/ 구분	접안능력 (척수)		하역능력 (천톤)		수출입물량 (톤)		선박입출항척수 (척)		항만재정수입 (천원)	
	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995	1994	1995
인천	1509	1669	38678	39081	93910	105177	40857	39611	42101160	48203548
평택	140	250	1	1368	19090	21819	9137	8741	2909517	4072970
장항	16	16	663	663	595	591	576	904	1063703	769991
군산	135	190	2919	3523	7339	8440	6093	7948	4505228	5261494
목포	83	107	2099	2536	2402	3680	8711	11852	1025108	1169571
완도	33	33	707	707	500	380	3370	2982	69456	47367
여수	30	30	2663	2663	11048	19082	3337	4090	4312706	5045772
광양	2088	2238	51369	51369	100263	108409	31137	32932	16005730	16183348
제주	42	34	1339	1353	2209	2345	6229	6340	395270	536980
서귀 포	14	14	695	716	585	532	2515	2202	37390	45150
삼천 포	162	172	5745	5984	5871	6353	2377	2626	719287	431240
마산	296	299	7659	8340	9611	11002	10355	12009	5983810	6768843
진해	45	65	1039	1039	1606	2661	2051	1844	560972	560972
부산	1027	1790	54976	54836	81680	92438	55266	61387	49927666	57654148
울산	1713	2095	18119	18119	105494	127289	38096	41251	30119404	34805716
포항	1150	915	38311	38864	37685	42227	11182	12429	10691704	12074789
삼척	26	26	7002	7002	4882	5927	1857	1849	386339	463586
동해	246	256	14148	14148	15965	17505	4100	4927	4273403	4193551
목호	40	40	5925	5925	4121	3760	4169	3903	722373	603240
속초	18	18	843	843	32667	29690	333	176	128982	159100

자료: 한국해양수산부, 『해양수산통계연보』, 『항만통계편람』, 2004, 해양수산부 내부자료.

(3) 슬랙변수모형에 의한 효율성 측정결과

슬랙변수모형을 이용한 규모수확불변조건하에서의 국내 20개 항만들의 1994년도 효율성을 측정하여 <표 2>의 결과를 보면 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 첫째, 효율적인 항만들은 평택, 여수, 제주, 서귀포, 속초항들이었다. 둘째, 항만별 순위는 1위(평택, 여수, 제주, 서귀포, 속초), 6위(완도), 7위(목포), 8위(장항), 9위(군산), 10위(부산), 11위(인천), 12위(목호), 13위(울산), 14위(마산), 15위(진해), 16위(삼척), 17위(동해), 18위(광양), 19위(포항), 20

위(삼천포)의 순위였다.

슬랙변수모형을 이용한 규모수확불변조건하에서의 국내 20개 항만들의 1995년도 효율성을 측정된 <표 4>의 결과를 보면 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 첫째, 효율적인 항만들은 평택, 여수, 제주, 속초항들이었다. 둘째, 항만별 순위는 1위(평택, 여수, 제주, 속초), 5위(목포), 6위(서귀포), 7위(완도), 8위(울산), 9위(군산), 10위(장항), 11위(부산), 12위(인천), 13위(마산), 14위(목호), 15위(진해), 16위(삼척), 17위(광양), 18위(동해), 19위(포항), 20위(삼천포)의 순위였다.

<표 2> SBM모형에 의한 효율성 측정결과(효율성 수치 및 순위)

항만/구분	1994년 효율성 수치	1994년 효율성 순위(A)	1995년 효율성 수치	1995년 효율성 순위(B)	순위차이(B-A)
인천	0.45291	11	0.41343	12	1
평택	1.0	1	1.0	1	0
장항	0.72656	8	0.53339	10	2
군산	0.64407	9	0.62168	9	0
목포	0.80082	7	0.82780	5	-2
완도	0.83031	6	0.69236	7	1
여수	1.0	1	1.0	1	0
광양	0.16299	18	0.18021	17	-1
제주	1.0	1	1.0	1	0
서귀포	1.0	1	0.74990	6	5
삼천포	0.11539	20	0.11310	20	0
마산	0.38226	14	0.40921	13	-1
진해	0.34929	15	0.35285	15	0
부산	0.53111	10	0.41876	11	1
울산	0.42331	13	0.63376	8	-5
포항	0.13336	19	0.13490	19	0
삼척	0.30371	16	0.29041	16	0
동해	0.17813	17	0.15546	18	1
목호	0.44459	12	0.35873	14	2
속초	1.0	1	1.0	1	0

(4) 슬랙변수모형의 효율성순위를 이용한 윌콕슨 부호순위검정의 측정결과

1) 측정자료의 기술통계량

<표 2>에 제시한 효율성 순위를 살펴보면 1994년과 1995년의 효율성수치가 1인 항만이 4개(평택, 여수, 제주, 속초항)로 나타났다. 따라서 4개의 항만을 제외한 16개 항만들의 순위에 의거한 측정자료의 기술통계량은 <표 3>과 같고, 윌콕슨 부호순위검정을 측정한 결과는 다음 <표 4>,<표 5>와 같다. <표 4>를 보면 양의순위의 차의 합은 40.50이고, 음의

순위의 차의 합은 25.50이었다.

<표 3> 측정자료의 기술통계량

구분	표본수	평균	표준편차	최소값	최대값	백분위수		
						25	50 (중위수)	75
예측자료	16	12.25	5.25991	1	20	8.25	12.5	16.75
실제자료	16	112.5	4.76095	5	20	8.25	12.5	16.75

2) 월콕스 부호순위 검정결과(순위)

<표 4> 월콕스 부호순위검정결과(순위)

자료	구분	표본수	평균순위	순위합
실제자료-예측자료	음의 순위	4 ^a	6.38	25.50
	양의 순위	7 ^b	5.79	40.50
	동률	5 ^c		
	합계	16		

- a. 실제자료(95년 순위)<예측자료(94년 순위)
- b. 실제자료>예측자료
- c. 예측자료 = 실제자료

<표 5> 월콕스 부호순위검정결과(검정통계량)

구분	실제자료(95년순위)-예측자료(94년순위)
Z	-0.680 ^a
근사유의확률(양쪽)	0.496

- a. 음의 순위를 기준으로
- b. Wilcoxon 부호순위 검정

3) 측정결과를 통한 가설검정

<표 5>의 Wilcoxon의 부호순위 검정통계량에 의거하여 가설검정을 해 보면 다음과 같다. 즉, p값이 유의수준보다 훨씬 더 크게 나타났다.

$$p\text{값} = 0.496 > \text{유의수준 } \alpha = 0.05$$

따라서 귀무가설 H_0 는 채택된다. 즉, 예측자료와 실제자료의 차이가 있다고 할 수 없다.

즉, 예측자료는 실제자료를 잘 반영하고 있다고 할 수 있다. 요컨대, 슬랙변수 모형은 국내항만의 효율성을 예측하는데 유효한 방법이라고 할 수 있다.

(2) 다년도 측정결과를 통한 가설검정

다년도의 측정결과 중에서 유의수준과 귀무가설의 기각여부는 <표 6>과 같다. <표 6>을 통해서 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

첫째, 가설검정의 모든 결과는 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 나타났다. 즉, 예측자료와 실제자료의 차이가 있다고 할 수 없음으로서 예측자료가 실제자료를 반영하고 있는 것으로 나타났다.

둘째, 2000-2001년, 2003-2004년의 유의수준은 높은 것으로 나타나서 예측력이 높은 것으로 나타났다. 또한 1996-1997년, 1997-1998년, 1998-1999년, 1999-2000년의 예측력도 평균 0.56075의 예측력을 보였다.

셋째, 1995-1996년, 2002-2003년의 예측력은 매우 낮은 것으로 나타났다.

넷째, 요컨대, 다년도 Wilcoxon 부호순위 검정결과에 의하면, 년도별로 예측력에 차이를 보이지만, p값이 평균 0.473 수준에서 성과예측력을 가지는 것으로 나타났다.

<표 6> 다년도 윌콕슨 부호순위 검정결과

년도	p값	유의수준	기각여부
1995-1996	0.192	0.05	기각할 수 없음
1996-1997	0.545	0.05	기각할 수 없음
1997-1998	0.599	0.05	기각할 수 없음
1998-1999	0.572	0.05	기각할 수 없음
1999-2000	0.527	0.05	기각할 수 없음
2000-2001	0.659	0.05	기각할 수 없음
2001-2002	0.460	0.05	기각할 수 없음
2002-2003	0.233	0.05	기각할 수 없음

V. 결 론

본 논문에서는 Liu(2008)의 슬랙변수모형을 도입하여 이론적으로 설명하고 1994년 및 1995년의 국내 20개 항만의 3개의 산출물(수출입물량, 선박입출항척수, 항만재정수입)과 2개의 투입물(접안능력, 하역능력)을 이용하여 국내항만들의 효율성을 측정 한 후에, 양년도 간에 모두 효율적인 항만으로 판명된 항만을 제외한 나머지 16개 항만들의 효율성 순위를 이용하여 윌콕슨의 부호순위검정을 통해서 슬랙변수모형이 갖고 있는 항만효율성측면의

예측력을 측정하는 방법을 보여 주었다. 또한 동일한 방법으로 다년도(1995년-2003년)분석을 실시하여 항만효율성의 예측력은 어느 정도 되는지를 검정하였다.

다년도(1994년-1995년)의 실증분석의 주요한 결과는 다음과 같다.

첫째, 1994년도와 1995년도 슬랙변수모형으로 측정한 효율성 점수가 모두 효율적인 항만들은 평택, 여수, 속초항으로 나타났다.

둘째, 1994년과 1995년의 효율성 순위에 의한 윌콕슨의 부호순위 검정결과(순위)를 살펴보면 음의 순위는 4개, 양의 순위는 7개, 동일한 윌의 순위는 5개 항만들로 나타났다.

셋째, 윌콕슨의 부호순위 검정결과(검정통계량) p 값(0.496)이 유의수준(0.05)보다 훨씬 커서 귀무가설(예측자료와 실제자료의 차이가 있다고 할 수 없다)을 채택하였다.

다년도(1995-2003년)의 실증분석의 주요한 결과를 요약한다면 “가설검정의 모든 결과는 귀무가설을 기각할 수 없는 것”으로 나타났다. 즉, 예측자료와 실제자료의 차이가 있다고 할 수 없기 때문에, 예측자료가 실제자료를 반영하고 있는 것으로 나타났다. 특히 2000-2001년, 2003-2004년의 유의수준은 60%에 가까운 수준으로 나타나서 예측력이 있는 것으로 나타났으나 1995-1996년, 2002-2003년의 예측력은 낮은 것으로 나타났다.

본 연구의 정책적인 함의는 다음과 같다.

첫째, 국내항만들은 슬랙변수모형을 이용하여 차년도의 효율성, 또는 경영성과를 예측하여 제시하는 것도 한 가지 방법이 될 수 있다.

둘째, 슬랙변수모형에서 제시할 수 있는 투입 및 산출요소의 타겟을 설정하여 차년도의 경영성과를 설정하는 것도 효율성을 증진시킬 수 있는 한 방법이 될 수 있다.

본 논문의 한계점은 효율성에 변화가 없는 효율적인 항만들을 Liu(2008)에서는 윌콕슨의 부호순위검정에서는 제외하였지만, 수퍼효율성 수치에 의해서 순위를 측정한 결과를 이용하여 그 순위에 의해서 측정을 하지 못하였다. 이 부분에 대한 연구는 차후에 진행하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 김학소·성수경, “항만투자가 국민경제에 미치는 효과,” 『해양수산』 통권196호, 한국해양수산개발원, 2001.01, pp.47-62.
2. 노형진, 한글 SPSS 10.0에 의한 조사방법 및 통계분석, 형설출판사, 2001.
3. 박노경, “슬랙변수모형을 이용한 효율성 측정방법: 은행산업 적용소고,” 대한경영학회지, 제45호, 대한경영학회, 2004, pp.1823-1847.
4. 박노경, “은행성과를 예측하기 위한 실증적 측정방법: SBM과 윌콕슨부호 순위검정 접근,” 2008년도 학계학술대회 및 임시총회, 한국산업경제학회, 2008.8, pp.169-189.
5. 박노경, “국내항만투자의 가치사슬 효율성 측정,” 『무역학회지』 제28권 제3호, 한국무역학회, 2003.6., pp.181-204.
6. 박노경, “항만투자의 유효성 측정방법: Congestion 모형접근,” 『한국항만경제학회지』 제19집 제2호, 한국항만경제학회, 2003.12, pp.33-53.

7. 정필수,마문식,조찬혁,전형진, 「항만이 지역경제에 미치는 영향」 정책자료 093, 해운산업연구원, 1994, pp.1-140.
8. 해양수산부, 「해양수산통계연보」, 해양수산부, 각년호.
9. Adler, N., L. Friedman, and Z. Sinuani-Stern (2002)," Review of Ranking Methods in the Data Envelopment Analysis Context," *European Journal of Operational Research*, 140, 249-265.
10. Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Sciences*, Vol. 30, pp. 1078-1092.
11. Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp. 429-444.
12. Han, C.H.(2002), "An Empirical Study on the Determinants fo 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, pp.247-259.
13. Park, R.K. and P. De(2004a), " An Alternative Approach to Efficiency Measurement of Seaports," *Maritime Economics and Logistics*, Vol.6, pp.54-69.
14. Roll, Y. and Y. Hayuth(1993), "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis(DEA)," *Maritime Policy and Management*, Vol. 20, No. 2, pp.153-161.
15. Tone, K., "A Slack-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operational Research*, 130, 2001, 498-509.
16. Tone, K. (2002), "A Slack-Based Measure of Super-Efficiency in Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operational Research*, 143, 32-41.
17. Tongzon, J.(2001), "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis," *Transportation Research*, Part A, Vol. 35, pp.113-128.
18. Valantine, V.C. and R. Gray(2002), " 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, pp.161-176.
19. Wang, T.F., K. Cullinane, and D.W. Song(2005), *Container Port Production and Economic Efficiency*, Palgrave Macmillan

< 요약 >

항만의 효율성을 예측하기 위한 실증적 측정방법 -SBM과 월콕슨부호순위검정 접근-

박노경

한국과 일본은 가장 가까운 이웃 나라이면서 한국은 일본의 식민지를 거친 경험을 갖고 일본 논문에서는 Liu(2008)의 슬랙변수모형을 도입하여 이론적으로 설명하고 1994년 및 1995년의 국내 20개 항만의 3개의 산출물(수출입물량, 선박입출항척수, 항만재정수입)과 2개의 투입물(접안능력, 하역능력)을 이용하여 국내항만들의 효율성을 측정 한 후에, 양년도 간에 모두 효율적인 항만으로 판명된 항만을 제외한 나머지 16개 항만들의 효율성 순위를 이용하여 월콕슨의 부호순위검정을 통해서 슬랙변수모형이 갖고 있는 항만효율성측면의 예측력을 측정하는 방법을 보여 주었다. 또한 동일한 방법으로 다년도(1995년-2003년)분석을 실시하여 항만효율성의 예측력은 어느 정도 되는지를 검정하였다. 다년도(1995-2003년)의 실증분석의 주요한 결과를 요약한다면 “가설검정의 모든 결과는 귀무가설을 기각할 수 없는 것”으로 나타났다. 즉, 예측자료와 실제자료의 차이가 있다고 할 수 없기 때문에, 예측자료가 실제자료를 반영하고 있는 것으로 나타났다. 특히 2000-2001년, 2003-2004년의 유의수준은 60%에 가까운 수준으로 나타나서 예측력이 있는 것으로 나타났으나 1995-1996년, 2002-2003년의 예측력은 낮은 것으로 나타났다. 본 연구의 정책적인 함의는 국내항만들도 슬랙변수모형과 월콕슨부호순위검정방법을 이용하여 차년도의 효율성, 또는 경영성과를 예측하여 제시하는 것도 항만의 효율성을 높일 수 있는 한 가지 방법이 될 수 있다는 점이다.

□ 주제어: 항만효율성 예측, 슬랙변수모형, SBM, 월콕슨부호순위검정