

Negative DEA를 이용한 국내항만의 운영위험평가 측정방법*

박노경**

A Measurement Way of Operation Risk Evaluation of Korean
Seaports Using Negative DEA

Ro-Kyung Park

목 차

I. 서론

III. Negative DEA 분석논리 및 모형

II. 기존연구에 대한 검토

IV. 결론

Key Words: Negative DEA, Korean Seaports, Operational Risk Evaluation, Measurement Way

Abstract

The purpose of this paper is to show the empirical measurement way of operation risk evaluation in domestic seaports for overcoming the limitations which the traditional DEA method has by using 13 Korean ports in 2003 for 4 inputs(birthing capacity, cargo handling capacity, number of coastal guard vessel, number of coastal special guard vessel) and 5 outputs(Export and Import Quantity, Number of Ship Calls, number of coastal accident, number of coastal crime, number of coastal pollution). Because traditional DEA method has produced the limited set of information, negative DEA mixed with tier, stratification and layering methods should be adopted. The goal of negative DEA is to set up DEA models that will place the poor operating ports on or close to the empirical frontier. The core empirical results of this paper are as follows. First, Donghae ports should benchmark the operation way of Yeosu, Busan, Woolsan ports in terms of the middle and longterm base. Second, 5 ports(ports of Taean, Yeasu, Tongyoung, Busan, Sokcho) which were revealed as the poor operating ports in Negative DEA analysis should benchmark Incheon, Woolsan, Pohan, and Donhae ports. The policy implication to the Korean seaports and planners is that Korean seaports should introduce the new methods like Negative DEA of this paper for predicting the poor operating in the ports.

▷ 논문접수: 2009.04.15 ▷ 심사완료: 2009.05.14 ▷ 게재확정: 2009.05.18

* 본 논문은 Simak(2000), Paradi, Asmild, and Simak(2004)이 제안한 Negative DEA방법을 새롭게 항만의 운영위험평가에 도입한 논문임. 또한 박노경(2009.3)의 tier(층화)분석방법도 재도입함

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

I. 서론

항만의 효율성을 측정하기 위해서 그동안 이용된 방법에는 크게 나누어서 모수적인 방법과 비모수적인 방법이 있는데, 모수적인 방법에는 회귀분석방법이 있으며, 비모수적인 방법 중에서 전 세계적으로 많이 이용되고 있는 방법이 DEA(Data Envelopment Analysis: 자료포괄분석)측정방법이 있다. DEA측정방법은 1978년에 처음으로 Charnes, Cooper, and Rhodes (1978, CCR모형이라 칭함)에 소개되었으며, 그 후에 Banker, Charnes, and Cooper(1984, BCC모형이라 칭함)에 의해서 가변규모수확(variable returns to scale, VRS라 칭함)하의 효율성 측정모형으로 발전되었으며, 그 이후로 위의 두 가지 모형을 기본으로 하여 제약조건식 등을 변형시킨 모형들이 항만효율성 측정에 많이 사용되어 오고 있다.

즉, 위와 같은 정상적인 DEA모형은 효율성을 측정함에 있어서 일반적으로 용인되는 투입요소와 산출요소들을 이용하였으며, 효율성 측정결과 나타난 비효율적인 항만들에 대해서는 투입요소 측면의 과다와 산출요소측면의 과소를 벤치마킹항만(참조집합항만)¹⁾들과 비교하여 제시함으로써 해당 항만들이 효율성을 개선시킬 수 있는 방법을 보여주었다.

그러나 항만의 효율성을 측정함에 있어서 그 동안 간과되어 온 사실은 첫째, 항만의 효율성을 측정함에 있어서 투입요소와 산출요소에 항만운영에 위험이 되는 요소들이 반영되지 못했다는 점이며, 둘째, 그러한 위험요소가 운영위험평가에 반영되는 경우에 정상적인 항만 효율성측정결과와 어떤 차이가 발생하며, 셋째, 위험요소를 반영하는 방법에 따른 새로운 측정방법의 필요성 여부, 넷째, 새로운 측정방법과 그러한 측정방법에 의한 실증분석결과가 항만운영관리자들에게 어떤 정책적인 의미를 함의하는지에 대해서는 국내에서는 어떠한 연구에서도 다루지 못했다는 점이다.

따라서 본 논문의 연구 목적은 기존의 전통적인 DEA측정방법에 의한 항만의 효율성 측정방법을 확장시키기 위해서 Simak(2000), Paradi, Asmild, and Simak(2004)이 제안한 Negative DEA방법에 의해서 국내항만의 운영위험평가 측정방법을 새롭게 소개하고, 2003년도의 자료를 이용하여 실증적으로 측정하고 해석함으로써 정책적인 함의를 제시하고자 하는데 있다.

본 논문의 연구범위는, 국내와 외국에서 선행된 Negative DEA와 관련된 선행연구들을

1) 벤치마킹에 대한 정의를 보면, "어떤 기업의 정책, 제품, 프로그램, 전략 등의 특성 및 품질을 측정하는 것이며, 또한 표준적인 측정방법과 비교하는 것이며, 또는 최상의 기업과 비교하는 방법을 말한다. 그러한 벤치마킹하는 목적은 첫째, 어떤 무엇이, 그리고 어떤 분야가 개선이 요구되는지를 결정하고, 둘째, 타 기업이 어떻게 고도의 성과를 달성하는지와 셋째, 기업의 성과를 개선시키기 위해서 이러한 정보를 사용하는 것을 말한다.

(<http://www.businessdictionary.com>). 본 저자는 벤치마킹항만이란 피벤치마킹항만과 투입물과 산출물의 구조가 비슷한 항만으로서 효율성이 1인 항만을 가르키는 것으로 이하에서는 사용하기로 한다.

간략하게 검토한다. 또한 2003년도 4개의 투입물(접안능력, 하역능력, 경비함정, 특수함정)과 5개의 산출물(수출입화물처리량, 입출항척수, 해양사고, 해상범죄, 해양오염사고)을 첫째, 정상적인 모형, 둘째, Negative 모형, 즉, 2개의 모형으로 나누어서 국내 13개 항만들의 운영 위험평가 측정방법을 보여주는 것으로 한정한다.

본 논문의 구성은 I 장의 서론에 이어서 II장에서는 Negative DEA와 관련된 기존연구들을 간략하게 검토하며, III장에서는 Negative DEA분석모형을 제시함과 함께, 그러한 모형을 통해서 국내항만의 운영위험평가를 측정하는 방법을 2003년 국내항만들을 대상으로 적용하여 그 과정과 측정결과 나타난 결과를 보여 주며, IV장에서는 요약과 함께 결론이 제시된다.

II. 기존연구에 대한 검토

1. 기존연구에 대한 간략한 검토

항만의 효율성을 DEA기법으로 측정한 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), 박노경(2008.6, 국내항만투자의 유효성을 3가지 모형으로 측정), Park, R.K.(2006.9; 광양항의 규모효율성 추세를 분석), Park, R.K.(2008.8; 국내컨테이너터미널의 효율성을 부트스트랩방법으로 검증), 박노경(2004.8, 슬랙변수모형에 의한 효율성 측정방법을 보여 줌)이 발표하였다.²⁾ Negative DEA방법을 항만분야 이외에서 사용한 연구는 다음과 같다. 이영찬(2006.10, 2005.10)은 성과가 좋지 않은 기업을 효율적 프론티어에 위치시키는 부실관행 DEA모형을 신용위험평가에 도입하였다. 또한 부실관행 DEA모형의 정확도를 향상시킬 수 있는 층화기법(layering technique)을 함께 제안하였으며, 부도기업 및 건전기업의 자동식별자로서의 역할을 수행 할 수 있는 우수관행 DEA와 부실관행 DEA의 결합모형을 제안하였다. 장운재·김중수(2006)는 수난구호업무의 상설 총괄조정기관인 중앙구조조정본부인 RCC(Rescue Co-ordination Center)와 구조지부인 RSC(Rescue Sub-Center)에 대한 수색-구조 관할해역인 항만수역의 운영위험을 DEA기법으로 수행하였다. 그들은 국내 13개 항만수역에서 발생된 해양사고, 해상범죄, 해상오염사고 등을 산출요소로 하고, 경비함정과 특수함정의 숫자를 투입요소로 하여서 각 수역별 효율성을 측정하였다. 본 연구에서 사용하고 있

2) 박노경(2009),p.17의 내용을 전재함. 기존연구의 자세한 내용은 해당논문을 참조요망.

Valdmanis(1992), Banker, Charnes and Cooper (1984), Charnes, Cooper and Rhodes (1978).

는 층화기법(layering technique)을 이용한 연구는 최근에 항만분야에서 박노경(2009.3)에 의해서 발표되었다. 즉, 단기, 중기, 장기적으로 벤치마킹할 수 있는 항만들을 제시하였다. 또한 박노경(2003.6)은 항만투자의 가치사슬 효율성을 측정하면서, 1단계의 산출물이 2단계에서는 투입물이 되는 방법을 사용하였다.

외국에서는 Sharma and Yu(2009)가 층화(stratification)모형을 이용하여 행하였다. 즉, 그들은 컨테이너터미널들의 벤치마킹은 항만관리에서 직면하고 있는 매우 중요한 이슈이며, DEA기법에 의해서 측정된 비효율적인 터미널들이 벤치마킹하는 효율적인 항만들은 크기, 환경, 운영관행에 따라서 각기 다르기 때문에 제한적으로 밖에 제시하지 못하고 있기 때문에 단계적(stepwise)으로 효율적이 되어 가는 과정을 보여 주는 것이 필요하다고 강조하였다.³⁾

Simak(2000)은 Negative DEA모형과 층화기법을 최초로 제안하였으며, Z 스코어, 逆 DEA(inverse DEA)모형 등을 통해서 캐나다 제조기업의 부도예측을 측정하였다. Paradi, Asmild, and Simak(2004)도 Simak(2000)과 유사한 방법을 이용하여 부도예측을 측정하였다.

2. 기존연구의 한계점 및 본 연구의 핵심

본 연구와 밀접하게 관련되어 있는 기존연구의 한계점은 첫째, 박노경(2003.6)은 다단계로 항만투자의 효율성을 보여 주었으나, 층화기법에 의한 Negative DEA방법을 사용하지 못하였다. 둘째, 박노경(2009.3)은 층화기법을 이용하였으나 Negative DEA방법을 사용하지 못하였다.

본 연구의 핵심은 Negative DEA방법(산출지향, 가변규모수확조건)과 층화기법을 복합시킨 방법을 적용함으로써, 그리고, 정상 DEA모형에 의한 항만의 운영효율성과 Negative DEA방법을 이용한 운영위험평가를 비교함으로써, 국내항만분야의 기존연구들의 한계점을 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

III. Negative DEA모형을 이용한 국내항만의 운영위험평가 측정방법

1. 정상 DEA⁴⁾ 및 Negative DEA모형⁵⁾ 및 본 연구의 도식화⁶⁾

3) 박노경(2009),상계논문p.18의 내용을 전재함.

4) 모형에 대한 자세한 설명은 다음의 논문들을 참조하시기 바람.

Valdmanis(1992), Banker, Charnes and Cooper (1984), Charnes, Cooper and Rhodes (1978).

5) Paradi, Asmild, and Simak(2004), pp.155-156. 이영찬(2005.10),p.446. 이영찬(2006.10),

1) 정상 DEA 및 Negative DEA모형식

Charnes, Cooper and Rhodes(1978), Banker, Charnes, and Cooper(1984)는 <식 1>과 같은 정상 DEA모형을 제시하였으며, Simak(2000), Paradi, Asmild, and Simak(2004)은 <식 2>와 같은 Negative DEA모형을 제시하였다.⁷⁾ 첫번째 <모형 1>은 정상 DEA모형으로 투입지향, 가변규모수확조건을 가정하였으며, 두번째 <모형 2>는 Negative DEA모형으로 산출지향, 가변규모수확조건을 가정하였다. 정상DEA모형에 비해서 Negative DEA모형식은 원래 금융기관들이 대출손실 등과 같이 금융적인 측면에서 어려움을 겪을 수 있는 회사들을 예측하여 적출하기 위해서 개발되었다. Negative DEA의 가장 큰 특징은 금융적으로 어려운 회사들을 효율적인 생산가능곡선 상으로 옮기거나 가장 가까이 근접시키도록 하는 것이다. 이것은 비효율적인 회사들이 극대화시킬 수 있는 산출물로서, 그리고 그들이 충분히 가지고 있지 못하는 변수들을 투입물로서, 정의함으로써 달성될 수 있다. 어떤 의미에서는 생산모형들은 어떤 회사가 어려운 상황에 처해있는 경우에 효율적인 회사들이 되기 위한 보상이다.⁸⁾ 즉, 요컨대, Negative DEA모형은 효율적인 프론티어상에 위치한 항만들(항만운영위험이 높음)을 차례로 제거해 나가면서 반복적으로 분석을 수행하는 방식인 증하기법이다.

<모형 1> 정상 DEA 모형

$$Min \quad \theta_k - \epsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ - \epsilon \sum_{i=1}^m s_i^-$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{i_k} \theta_k - s_i^-, \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j = y_{r_k} + s_r^+, \quad r = 1, 2, \dots, s,$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad \forall j, r, i, \theta_k \text{ :부호제약없음.}$$

<식 1>

pp.1716-1717.

6) Simak(2000), pp. 54-58., 이영찬(2005.10), p.448.

7) Simak(2000), p.57, 이영찬(2005.10), p.446.이영찬(2006),pp.1716-1717.

8) Simak(2000), p.54,

<모형 2> Negative DEA 모형

$$\begin{aligned}
 &Max \quad \theta_k - \epsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ - \epsilon \sum_{i=1}^m s_i^- \\
 &Subject \quad to \\
 &\quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j = x_{ik} - s_i^-, \quad i = 1, 2, \dots, m, \\
 &\quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j = \theta_k y_{rk} + s_r^+, \quad r = 1, 2, \dots, s, \\
 &\quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 &\quad \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad \forall j, r, i, \theta_k: \text{부호제약없음.} \quad <식 2>
 \end{aligned}$$

여기서,

θ_k : 평가대상 항만 k의 운영위험 신뢰도

n : 전체 항만 수

λ_j : 항만 j에 대한 가중치

y_{rj} : 항만 j의 r번째 산출물

y_{rk} : 평가대상 항만 k의 r번째 산출물

x_{ij} : 항만 j의 i번째 투입물

x_{ik} : 평가대상 항만 k의 i번째 투입물

s_i^- : i번째 투입물의 여유변수(slack variables)

s_r^+ : r번째 산출물의 여유변수,

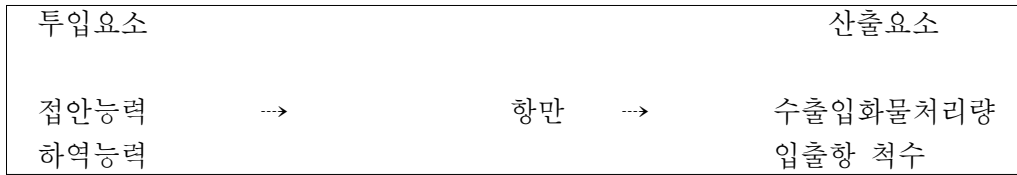
ϵ : 비아르키메디안 상수로 매우 작은 양의 상수(일반적으로 10의 -6승으로 설정)

2) 본 연구의 도식화

본 연구를 도식화하면 다음의 <그림 1> 및 <그림 2>와 같다.⁹⁾

9) 그림 및 투입요소와 산출요소에 대한 설명은 이영찬(2005.10), pp.448에서 인용함. 그림에 대한 보다 자세한 설명은 Simak(2000),pp.54-62를 참조요망

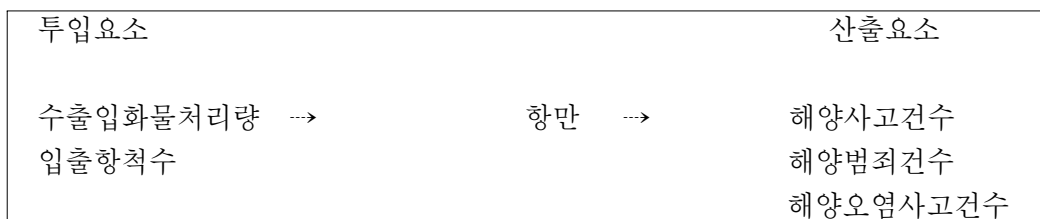
<그림 1> 정상DEA모형에 의한 연구의 도식화



<그림 1>은 정상 DEA모형을 나타내는 것으로서, 투입요소는 작을 수록 좋은 변수들로 구성되며, 산출요소는 클수록 좋은 변수들로 구성되어 있다. 어떠한 변수를 투입요소와 산출요소로 선정하는가에 따라 모형의 성과가 크게 달라지기 때문에 항만의 핵심적인 성과동인을 찾는 것도 중요한 일이다. 제1모형에서는 투입요소는 접안능력과 하역능력이고 산출요소는 수출입화물처리량, 입출항척수이다. 제2모형에서는 투입요소는 접안능력, 하역능력, 해양사고, 해상범죄, 해양오염사고이며, 산출요소는 수출입화물량, 입출항척수이다.

<그림 2>는 부(Negative) DEA 모형은 정상 DEA모형에서의 산출요소가 투입요소로 들어 오고, 산출요소에는 항만운영에 위험이 되는 요소들이 들어오게 된다. 이러한 모형의 결과는 항만운영을 함에 있어서 바람직하지 않은 결과를 내기 위해 매우 효율적으로 움직인 항만들이 효율적인 프론티어 상에 존재하게 된다. 투입요소는 수출입화물처리량, 입출항척수, 산출요소는 해양사고, 해상범죄, 해양오염사고이다.

<그림 2> Negative DEA모형에 의한 연구의 도식화



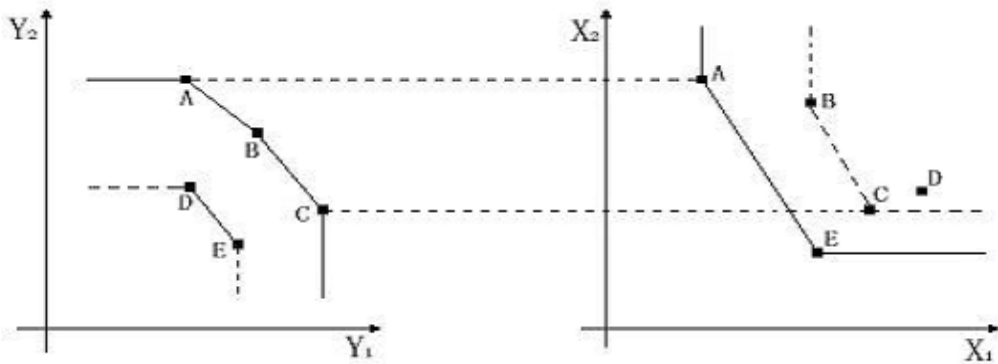
3) 정상 DEA 및 Negative DEA에 대한 총화적인 도해설명

<그림 3>에는 정상DEA모형과 Negative DEA모형에 대한 총화적인 도해를 제시하였다. 먼저 왼쪽그림에서 산출지향의 투입물은 고정되고, 두개의 산출물이 있는 경우의 Negative DEA모형을 보여주고 있다. 항만 A, B, C는 생산프론티어상에 위치하고 있

다. 이러한 효율적인 항만들을 제거하고, 다시 효율성을 측정했을 때, D, E항만이 효율적인 항만에 속하게 된다. 그러나 Negative DEA모형에서 효율적인 항만들은 그만큼 운영위험이 높은, 운영이 악화될 수 있는 항만들임을 의미한다.

다음으로 오른쪽 그림에서는 투입지향의 정상적인 DEA모형이 제시되어 있으며, 두 개의 투입물이 있으며, 산출물은 고정되어 있다. 정상DEA모형에서 첫번째의 효율적인 항만들인 층화모형은 A와 E항만이다. 두번째는 B와 C항만이며, 세번째는 D항만이다.

<그림 3> 정상 DEA 모형 및 Negative DEA 모형과 층화기법의 예시¹⁰⁾



자료: Paradi, Asmild, and Simak(2004),p.156, 이영찬(2006), p.1718

2. Negative DEA모형을 이용한 국내 항만의 운영위험평가 측정방법

1) 분석대상, 대상기간, 투입-산출요소, 대상항만수

분석대상은 국내항만 13개를 대상으로 하였으며, 대상연도는 2003년¹¹⁾으로 하였다. 왜냐하면 본 논문은 Negative DEA모형을 이용하여 국내항만의 운영위험평가를 측정하는 방법을 보여 주는 것으로 연구의 범위를 한정하였기 때문이다. 실증분석은 정상 DEA모형은 투입지향모형, Negative DEA모형은 산출지향모형으로 하였으며, 각 변수

10) 그림은 이영찬(2006),p.1718과 Paradi, Asmild, and Simak(2004),p.156에서 인용함. 그러나 그림에 대한 설명은 Paradi,Asmild, and Simak (2006),pp.156-157의 내용을 본 저자가 새롭게 번역하여 추가하였음.

11) 환경의 급변성을 고려해 보았을 때, 2003년자료 보다는 최근자료를 사용하거나 다년도를 분석하는 것이 기술적으로나 규명적인 측면에서 타당한 결론을 도출해 내는데 적합할 것으로 판단됨. 그러나 항만의 위험요인들에 대한 원자료를 구하는 것이 쉽지 않아서 부득이하게 본 논문에서는 장운재·김중수(2006)의 자료에 맞추어서 2003년 자료를 이용하여 분석하였음.

의 단위는 다음과 같다. 정상DEA모형에서 제1모형은 투입요소는 접안능력(천톤, 척수를 DWT로 환산), 하역능력(천톤), 산출요소는 수출입물량(톤), 선박입출항척수(척)이다. 제2모형에서는 투입요소에는 접안능력, 하역능력, 경비합정, 특수합정이며, 산출요소는 수출입물량, 선박입출항 척수이다. Negative DEA모형에서 투입요소는 수출입물량(톤), 선박입출항척수(척), 산출요소는 해양사고(척), 해상범죄(건), 해양오염사고(건)이다.

<표 1> Negative DEA를 이용한 운영위험평가 측정에 사용된 원 자료(2003년 자료)

항만/ 구분	접안능력 (척수를 DWT로 환산:천톤)	하역능 력 (천톤)	경비합 정 (척)	특수합 정 (척)	수출입물량 (톤)	선박입출항 척수 (척)	해양사고 (척)	해상범죄 (건)	해양오염사 고 (건)
인천	2021	62557	19	6	131017	50862	39	2640	23
태안	300	11563	11	8	8416	229	21	2839	14
군산	352	11460	11	7	15826	9185	43	1992	16
목포	262	9043	13	5	6944	21648	93	4703	24
완도	33	817	9	5	319	6552	46	816	8
여수	31	3016	12	9	3779	10357	74	4987	28
통영	12	620	15	12	213	1845	123	4832	36
제주	78	3258	13	5	2787	6684	90	1257	27
부산	1665	117315	12	10	187237	94533	60	5041	54
울산	1629	20304	10	4	146938	50686	39	1808	25
포항	1190	44542	11	3	54123	15546	48	1378	21
동해	526	23035	8	3	19947	6619	21	810	9
속초	38	1149	12	3	170	992	31	1536	12

자료: 장운재·김종수(2006,p.237) 및 항만통계연보(2004),항만편람(2004)에서 수집함.

2) Negative DEA모형에서 운영위험평가를 위한 절사점(cut-off)에 대한 논의¹²⁾

Simak(2000, pp.57-60)은 운영위험을 평가하는 방법을 첫째, 효율성수치, 둘째, 잠재가 격(람다값), 셋째, 슬랙변수의 수치로 제시하였다. 특히 Negative DEA모형에서 첫째, 효율성 수치는 위험요소들을 산출요소로 간주하였기 때문에 높은 효율성 값을 갖는 항만들이 운영위험이 높다고 하겠다. Simak(2000,p.58, 그림 5-3)은 어떤 운영위험이 있는 항만과 없는 항만의 경계를 나타내는 절사점에 대한 계산을 산출요소에 대해서 효율성 수치= y_3/y_1 , 절사점= y_3/y_2 로 나타냈다. 여기서 산출물을 나타내는 Y축에서 y_3 는 생산가능곡선에 위치하는 효율적인(운영위험이 있는) 항만의 산출요소의 크기이며, y_2 는 절사점이 되는 가상의 생산가능곡선까지의 산출물의 크기, y_1 은 운영위험이 있는 특정

12) 본 설명에 대한 그림은 다음의 웹사이트를 접속하신 후에 p.58을 열어보시면 바로 보실 수 있습니다.

http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk1/tape4/PQDD_0028/NQ49942.pdf

항만의 산출물의 원래 크기를 의미한다. 둘째, 잠재가격은 정상DEA모형에서는 효율적인 참조항만이 비효율적인 항만들의 효율성 측정에 반영된 가상적인 투입-산출요소의 비율을 표시해 주지만, Negative DEA모형에서는 정반대의 의미를 갖게 된다. 셋째, Negative DEA모형에서는 생산가능곡선상에 위치한 항만들은 운영위험이 있는 항만들이며, 영이 아닌 슬랙은 효율성수치를 단순히 나타내는 것이 아니며, 효율적인 "운영위험이 있는"항만들보다도 비효율적인 항만들이 어느정도로 좋은지를 보여 주는 것이다. 따라서 따라서 슬랙이 있는 항만들이 슬랙이 없는 항만들보다도 더 항만운영을 잘 하고 있는 것을 의미한다.

3) 정상 DEA(투입지향, 규모수확가변조건)모형에 의한 운영위험평가 측정

<표 2>에는 정상 DEA(투입지향 CCR, VRS)모형에 의한 국내항만 13개의 제1모형에 대한 운영효율성을 층화모형으로 분석한 결과를 보여 주고 있다. <표 2>에서 보면 제1모형에서는 동해항이 가장 운영위험이 높은 항만으로 나타났다. 왜냐하면, 3층 효율성의 측정결과도 비효율적으로 나타났기 때문이다. 제2모형에서는 인천항이 운영위험이 높은 것으로 나타났다. 왜냐하면, 2층 효율성측정에서는 4개항만들(인천,태안,군산,제주)의 효율성 수치가 1이 되었기 때문에, 1층 효율성 수치가 가장 낮은 인천항이 운영위험이 높은 것으로 판정 할 수 있다.

<표 2> 정상DEA모형(제1모형)에 의한 운영위험평가

항만/구분	제1모형에 대한 1층 효율성	제1모형에 대한 2층 효율성	제1모형에 대한 3층 효율성	가장 운영위험 이 큰 항만
인천	0.66632	1.0		
태안	0.28554	0.54323	1.0	
군산	0.45989	0.78247	1.0	
목포	1.0			
완도	1.0			
여수	1.0			
통영	1.0			
제주	0.51255	1.0		
부산	1.0			
울산	1.0			
포항	0.45596	0.71904	1.0	
동해	0.37141	0.64206	0.84064	동해항
속초	0.53960	1.0		

<표 3> 정상DEA모형(제2모형)에 의한 운영위험평가

항만/구분	제2모형에 대한 1층 효율성	제2모형에 대한 2층 효율성	가장 운영위험이 큰 항만
인천	0.74584	1.0	인천항
태안	0.78541	1.0	
군산	0.79854	1.0	
목포	1.0		
완도	1.0		
여수	1.0		
통영	1.0		
제주	0.87641	1.0	
부산	1.0		
울산	1.0		
포항	1.0		
동해	1.0		
속초	1.0		

4) Negative DEA(산출지향, 규모수확가변조건)모형에 의한 운영위험평가 측정

<표 4>에는 Negative DEA(산출지향, VRS)모형에 의한 국내항만 13개에 대한 운영효율성을 분석한 결과를 보여 주고 있다.

<표 4> Negative DEA모형에 의한 운영위험평가

항만/구분	제1모형에 대한 1층 효율성	제1모형에 대한 2층 효율성	제1모형에 대한 3층 효율성	운영위험이 큰 항만들
인천	1.88384	1.11052	1.0	
태안	1.0			태안
군산	2.33909	1.0		
목포	1.04486	1.0		
완도	2.67391	1.0		
여수	1.0			여수
통영	1.0			통영
제주	1.34251	1.0		
부산	1.0			부산
울산	1.81940	1.05721	1.0	
포항	1.84099	1.26553	1.0	
동해	4.10301	1.28375	1.0	
속초	1.0			속초

5) 정상 DEA와 Negative DEA모형에 의한 운영위험평가 측정 및 정책적 함의

첫째, 정상 DEA(제1모형)에서는 동해항이, 정상 DEA(제2모형)에서는 인천, 태안, 군산, 제주항이 운영위험이 높은 것으로 측정되었다. 특히 인천항의 운영위험이 높은 것으로 나타났다. 따라서 정상모형의 경우에 항만관리자는 다음과 같은 방법을 항만운영에 도입해야만 한다.

정상 DEA(제1모형)에서 동해항은 벤치마킹항만으로 나타난 여수항(람다값: 0.898), 부산항(람다값:0.039), 울산항(람다값: 0.063)들의 항만운영을 중-장기적인 측면에서 벤치마킹해야만 한다. 정상 DEA(제2모형)에서 인천항은 울산항(람다값:0.845), 태안항은 완도항(람다값: 0.627); 군산항은 완도항(람다값:0.648), 제주항은 완도항(람다값:0.584)을 장기적인 측면에서 벤치마킹하여야만 한다.¹³⁾

둘째, Negative DEA모형에서 태안, 여수, 통영, 부산, 속초항들이 1층 효율성분석에서 가장 효율적으로 나타났기 때문에 가장 운영위험이 높은 항만들이다. 따라서 이러한 항만들은 중-장기적으로는 2층 효율성 분석에서 효율적이지 않은 것으로 나타난 인천, 울산, 포항, 동해항을 벤치마킹해야만 한다.

IV. 결론

본 논문에서는 국내 13개 항만을 대상으로, 정상DEA 제1모형에서는 2개의 투입물(접안능력, 하역능력)과 2개의 산출물(수출입물량, 선박입출항척수), 제2모형에서는 4개의 투입물(접안능력, 하역능력, 경비함정수, 특수함정수)과 2개의 산출물(수출입물량, 선박입출항척수)을 이용하여 전통적인 투입지향, 가변규모수확조건하에서 분석을 통해서 상대적인 효율성을 측정하였으며, 기존연구의 한계를 확장시키기 위해서 국내 항만분야에서는 처음으로 Negative DEA분석(산출지향, 가변규모수확조건, 투입요소: 수출입물량, 선박입출항척수, 산출요소: 해양사고, 해상범죄, 해양오염사고)을 통해서 항만운영에 위험이 되는 산출요소를 반영하여 가장 효율적인 항만들이 가장 운영위험이 큰 항만들임을 실증분석을 통해서 보여주었다.

주요한 실증분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 정상 DEA모형에서 운영효율성이 가장 낮은

13) 정상 DEA(제1모형)에 대한 개별항만들의 벤치마킹항만과 람다값은 다음과 같다. 1. 인천[여수: 0.182, 부산: 0.253, 울산: 0.565], 2. 태안[여수:0.825, 통영: 0.140, 울산: 0.036], 3.군산[여수:0.918, 부산: 0.009, 울산: 0.073], 8.제주[완도: 0.325, 여수: 0.336, 통영: 0.330, 울산: 0.009], 11.포항[여수: 0.683, 부산: 0.122, 울산: 0.196], 12. 동해[여수: 0.898, 부산: 0.039, 울산: 0.063]. 정상 DEA(제2모형)에 대한 개별항만들의 벤치마킹항만과 람다값은 다음과 같다. 1. 인천[목포: 0.091, 부산: 0.064, 울산: 0.845], 2. 태안[완도: 0.627, 울산: 0.006, 동해: 0.367], 3.군산[완도: 0.648, 울산: 0.068, 동해: 0.284], 8.제주[목포: 0.068, 완도: 0.584, 부산: 0.011, 속초: 0.337].

동해항은 여수항, 부산항, 울산항들의 운영방법을 중-장기적인 측면에서 벤치마킹해야만 한다. 둘째, Negative DEA모형에서 가장 운영위험이 높은 항만들은 태안, 여수, 통영, 부산, 속초항으로 나타났다.

본 연구의 정책적인 함의는 다음과 같다. 즉, 첫째, 항만운영에 관여하는 정책입안가들은 본 연구에서 사용한 정상DEA모형에 의해서 비효율적인 항만들은 단기,중기,장기적으로 벤치마킹항만들의 운영방법을 추구해야만 한다. 둘째, Negative DEA분석을 통해서 가장 운영위험이 높은 항만은 5개인 것으로 나타났다. 즉, 태안, 여수, 통영, 부산, 속초항들이다. 따라서 이러한 항만들은 중-장기적으로는 2층 효율성 분석에서 효율적이지 않은 것으로 나타난 인천, 울산, 포항, 동해항을 벤치마킹해야만 한다.

본 논문의 한계점은 첫째, Simak(2000)이 제시한 것과 같은 다양한 방법과 다년도분석법을 사용하여 항만들의 운영위험을 예측하는 측정[예: 절사점(cut-off point)을 구하는 방법]을 했어야만 했지만 자료수집의 문제점 때문에 그렇게 하지 못하였다. 둘째, 실증분석에서 도출된 결과의 항만들이 2009년 현재의 시점에서 운영은 어떻게 하고 있는지를 도출된 결과물과 비교하여 결론을 내리지 못했다는 점이다.

차후연구에서는 그러한 방법을 다루고자 한다.

참 고 문 헌

1. 박노경, "Tier분석을 통한 벤치마킹항만 적출방법," 『한국항만경제학회지』 제25집 제1호, 한국항만경제학회, 2009.3, pp. 15-28.
2. 박노경, "슬랙변수모형을 이용한 효율성 측정방법: 은행산업 적용소고," 『대한경영학회지』, 제45호, 대한경영학회, 2004, pp. 1823-1847.
3. 박노경, "국내항만투자의 가치사슬 효율성 측정," 『무역학회지』 제28권 제3호, 한국무역학회, 2003.6., pp. 181-204.
4. 박노경, "항만투자의 유효성 측정방법: Congestion 모형접근," 『한국항만경제학회지』 제19집 제2호, 한국항만경제학회, 2003.12, pp. 33-53.
5. 이영찬, "負(Negative) DEA를 이용한 신용위험평가," 『한국경영과학회 2005년 추계학술대회 발표논문집』, 한국경영과학회, 2005.10, pp. 441-456.
6. 이영찬, "부실관행 DEA를 이용한 신용위험평가의 정확도 향상," 『대한경영학회지』, 제19권 제5호, 대한경영학회 2006.10, pp. 1711-1735.
7. 장운재·김종수, "피로도직과 DEA를 이용한 RCC/RSC 운영효율성 평가," 『해양환경안전학회지』, 제12권 제4호, 2006.12, pp. 233-239.
8. 국토해양부(구 해양수산부), 『해양수산통계연보』, 국토해양부(구 해양수산부), 2005.
9. Adler, N., L. Friedman, and Z. Sinuani-Stern, "Review of Ranking Methods in the Data Envelopment Analysis Context," *European Journal of Operational Research*, Vol.140, 2002, pp. 249-265.
10. Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper, "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Sciences*, Vol.30, 1984, pp. 1078-1092.
11. Barros, C.P., M. Athanassiou, "Efficiency in European Seaports with DEA: Evidence from Greece and Portugal," *Maritime Economics & Logistics*, Vol.6, 2004, pp. 122-140.
12. 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.
13. 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*, Vol.36, No.8, 2002, pp. 743-762.
14. Han, C.H., "An Empirical Study on the Determinants for 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.
15. Park, R.K., "A Trend Analysis on Scale Efficiency of the Port of Gwangyang: 1994-2004," *Journal of Korea Port Economic Association*, Vol.22, No.3, 2006, pp. 59-78.
16. Park, R.K., "A Verification of Korean Containerport Efficiency Using the Bootstrap Approach," *Journal of Korea Trade*, Vol.12, No.2, 2008, pp. 1-30.
17. Park, R.K. and P. De, "An Alternative Approach to Efficiency Measurement of Seaports," *Maritime Economics and Logistics*, Vol.6, 2004, pp. 54-69.
18. Paradi, J., M. Asmild, and P. Simak, "Using DEA and Worst Practice DEA in Credit Risk Evaluation," *Journal of Productivity Analysis*, Vol.21, 2004, pp. 153-165.
19. Roll, Y. and Y. Hayuth, "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis(DEA)," *Maritime Policy and Management*, Vol.20, No.2, 1993, pp. 153-161.

20. Sharma, M. J. and S.J. Yu, "Performance Based Stratification and Clustering for Benchmarking of Container Terminals," *Expert Systems with Application*, Vol. 36, 2009, pp. 5016-5022.
21. Simak, P., "Inverse and Negative DEA and their Application to Credit Risk Evaluation," Ph.D. Thesis, University of Toronto, 2000, pp. 1-180.
22. Thanassoulis, E., "Assessing Police Forces in England and Wales Using Data Envelopment Analysis," *European Journal of Operational Research*, Vol.87, 1995, pp. 641-657.
23. 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.
24. Valentine, 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.
24. Wang, T.F., K. Cullinane, and D.W. Song, *Container Port Production and Economic Efficiency*, Palgrave Macmillan, 2005.

< 요약 >

Negative DEA를 이용한 국내항만의 운영위험평가 측정방법

박노경

본 논문에서는 국내 13개 항만을 대상으로, 정상DEA 제1모형에서는 2개의 산출물(수출입물량, 선박입출항척수)과 2개의 투입물(접안능력, 하역능력), 제2모형에서는 4개의 투입물(접안능력, 하역능력, 경비합정수, 특수합정수)과 2개의 산출물(수출입물량, 선박입출항척수)을 이용하여 전통적인 투입지향, 가변규모수확조건하에서 분석을 통해 상대적인 효율성을 측정하였으며, 기존연구의 한계를 확장시키기 위해서 국내 항만분야에서는 처음으로 Negative DEA분석(산출지향, 가변규모수확조건, 투입요소: 수출입물량, 선박입출항척수, 산출요소: 해양사고, 해상범죄, 해양오염사고)을 통해서 항만운영에 위험이 되는 산출요소를 반영하여 가장 효율적인 항만들이 가장 운영위험이 큰 항만들임을 실증분석을 통해서 보여 주었다.

주요한 실증분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 정상 DEA모형에서 운영효율성이 가장 낮은 동해항은 여수항, 부산항, 울산항들의 운영방법을 중-장기적인 측면에서 벤치마킹해야만 한다. 둘째, Negative DEA모형에서 가장 운영위험이 높은 항만들은 태안, 여수, 통영, 부산, 속초항으로 나타났다.

본 연구의 정책적인 함의는 다음과 같다. 즉, 첫째, 항만운영에 관여하는 정책입안가들은 본 연구에서 사용한 정상DEA모형에 의해서 비효율적인 항만들은 단기·중기·장기적으로 벤치마킹항만들의 운영방법을 추구해야만 한다. 둘째, Negative DEA분석을 통해서 가장 운영위험이 높은 항만은 5개 항만인 것으로 나타났다. 즉, 태안, 여수, 통영, 부산, 속초항들이다. 따라서 이러한 항만들은 중-장기적으로는 2층 효율성 분석에서 효율적이지 않은 것으로 나타난 인천, 울산, 포항, 동해항을 벤치마킹해야만 한다.

본 논문의 한계점은 Simak(2000)이 제시한 것과 같은 다양한 방법과 다년도분석법을 사용하여 항만들의 운영위험을 예측하는 측정을 했어야만 했지만 자료수집의 문제점 때문에 그렇게 하지 못하였다. 차후연구에서는 그러한 방법을 다루고자 한다.

□ 주제어: 국내항만, Negative DEA, 정상DEA, 운영위험평가, DEA