

■ 論 文 ■

DEA-AR을 활용한 철도 컨테이너 화물역 효율성 분석
 An Analysis of the Efficiency of Korean railroad container freight station with Data Envelopment Analysis-Assurance Region (DEA-AR)

안 치 원
 (한국철도대학 운수경영과)

하 헌 구
 (인하대학교 아태물류학부/법학전문대학원 교수)

목 차

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> I. 서론 II. 기존문헌 연구 III. 효율성 측정 방법론 <ul style="list-style-type: none"> 1. DEA-AR 및 DEA-Window 2. 자료 및 변수 선정 IV. 효율성 추정결과 | <ul style="list-style-type: none"> 1. 한국철도화물역의 정태적 효율성 분석 2. 한국철도화물역의 동태적 효율성 분석 3. 투입요소별 비효율성 분석 V. 결론 참고문헌 |
|--|---|

Key Words : 철도컨테이너 화물역, 효율성 분석, 자료포락분석, 윈도우 분석, 투입요소, 산출요소, 철도공사
 DEA, DEA-AR, DEA-Window, Efficiency, Railway container freight station

요 약

우리나라의 교통정책은 도로에 편중되어 있어 상대적으로 철도의 물류기능은 현저히 약화되어 있다. 최근 유가상승 및 환경문제로 인해 철도가 부각되기 시작 했으며 정부 또한 철도에 투자를 많이 하고 있다. 철도는 2005년 철도공사화를 기점으로 철도역사에 큰 획을 그었으며 경영개선을 위해 다각도로 노력하고 있다. 이에 본 연구는 공사화 전, 후의 효율성 추세를 알아보기 위해 우리나라 26개 철도 컨테이너 취급 화물역에 대해 2002년부터 2007년까지 역별 효율성과 효율성의 추세 및 안정성을 분석하였다. 효율성의 추정기법으로서 효율성 분석에 널리 사용되고 있는 DEA-AR(Data Envelopment Analysis-Assurance), DEA-Window 기법을 이용하였다. 효율성 분석결과에 의하면 윈도우2(2003-2005)은 윈도우1(2002-2004)에 비해 약간 효율성이 높아졌다가 이 후 윈도우3(2004-2006)까지 지속적으로 감소하였으며, 윈도우4(2005-2007)에 다시 상승하는 추세를 보여주었다. 전체적으로 효율성이 0.677로 낮은 수준을 보였으나 공사화 이후 경영개선 노력이 반영되는 일정 기간이 지난 후 부터는 효율성이 상승하는 추세를 보였다.

Because the transport policy of Korea has overemphasized road, the physical distribution function of railroad has dwindled a great deal relatively. Recently, the railway has started to be embossed due to the rise of oil prices and environment problems, in addition the government is investing greatly in railroad.

The railway corporation took a big step in its history in changing to a public corporation in 2005, and it has been making every possible endeavor to improve management. This research analyzed the trend and stability of the efficiency of railway container handling goods station in korea from 2002 to 2007 based on time of after being changed to a public corporation in 2005 in order to look into the trend of efficiency. The DEA- AR(Data Envelopment Analysis-Assurance Region) and the DEA-Window, widely used as the estimation techniques of the efficiency, were used. According to the results, the efficiency was a little enhanced in 2003 in comparison with 2002, after which it continuously decreased up to 2006 and again rose in 2007. The efficiency of the railway corporation was 0.6777, but after changing to a public corporation, it showed a trend of better efficiency after some transition period had passed.

본 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

I. 서론

90년대 이후 철도선진국에서는 철도가 미래 교통수단이라는 자각을 하고 철도에 대한 투자를 확대하고 있으며, 철도운영을 국영체제에서 공사화 또는 민영화로 전환하고 있다. 다행히 최근 우리나라의 GDP대비 국가물류비가 선진국보다 높고 그 중에서도 수송비가 차지하는 비율이 70%에 이르는 등 심각한 문제점이 발생하여 철도의 중요성이 부각되고 있다. 또한 온실가스의 배출량을 규제하기 위한 교토의정서 발효에 따라 우리나라도 2013년부터 감축대상국에 포함될 예정이기 때문에 오염물질 배출량이 도로의 1-6%에 불과한 철도의 친환경적인 기능이 더욱 부각되고 있으며, 최근 급등하고 있는 국제유가로 인하여 에너지 효율이 도로보다 20배 이상 높은 철도에 대한 관심이 더욱 높아지고 있는 상황이다. 이에 따라 철도경쟁력 강화를 위한 근본적인 개혁이 필요하였으며 이를 계기로 2005년 철도공사가 출범하였다. 철도공사화를 계기로 철도화물운송의 경쟁력 강화를 위해 노력하고 있으며 대표적으로 컨테이너화물 수송 확대를 위해 Block-Train, 수출입화물의 보관, 하역, 운송, 배송, 세관 등의 종합물류서비스, 다양한 할인제도 등의 서비스를 제공하고 있으며 화물역 거점화를 추진하고 있다. 이러한 상황에서 현재 한국철도에 대한 효율성 분석논문이 노선별, 국가별 효율성에 관한 것만 존재하며 컨테이너 화물취급역에 대한 효율성 분석은 없다.

이에 따라 본 연구의 목적은 크게 2가지로 볼 수 있다. 첫째로 한국철도 컨테이너취급 화물역의 효율성을 분석한다. 철도공사가 추진하고 있는 화물역 거점화를 위해서는 어떤 화물역이 투입 대 산출 비율이 비효율적인지를 알아볼 필요가 있다. 두 번째로 각 화물역에서 비효율성을 발생시키는 원인을 분석한다. 비효율성 발생 원인을 찾아내어 과다 투입된 요소는 줄이고 과소 투입된 요소는 늘려 효율화에 기여한다. 즉, 철도 컨테이너 화물역의 효율성 및 비효율성의 원인을 분석하여 철도물류 경쟁력 강화를 위한 효율성 증대방안을 제시하는데 본 연구의 목적이 있다.

본 연구는 한국철도 컨테이너취급 화물역 26개역을 대상으로 2002년부터 2007년까지 6개 년도를 기준으로 효율성을 분석한다.

연구방법으로는 DEA-AR모형 및 연도별 효율성비교를 위해 DEA-Window를 이용하였다. 여기서 AR은 기존에 널리 사용되던 '전문가 의견 반영법'이 아닌 '요소별

단위비용 사용법'을 통해 설정하였다. 그리고 DEA-AR은 연도별 효율성 비교분석에는 한계가 있기 때문에 윈도우 폭을 3으로 해서 DEA-Window 분석을 병행하여 컨테이너 취급 화물역의 효율성 변화 추세, 안정성을 알아왔다.

II. 기존 문헌 연구

이번 연구와 관련된 선행연구는 크게 3가지 목적으로 이루어졌다. 첫 번째 투입요소와 산출요소의 선택과 관련하여 어떠한 요소를 왜 선정하였는지, 두 번째 DEA와 DEA-AR, DEA-Window 분석방법이 어떠한 분야에 적용이 되었는지, 세 번째 철도관련분야에는 어떻게 적용되었는지를 알아보기 위해 아래와 같은 선행연구가 실시되었다.

나준호(2006)는 DEA-AR을 활용한 중국철도산업의 효율성분석을 하였으며 1985년-2004년간을 분석하여 효율성의 추세를 잘 보여주고 있으며, DEA로 추정 시 12개년도가 효율적인 것으로 추정되었으나 DEA-AR로 추정 시에는 1개년도만 효율적인 것으로 나타나 DEA-AR의 추정이 효율성을 보다 과다 추정 없이 객관적으로 추정한다는 점을 보여주었다.

김성호, 홍순흠, 최태성(2000)은 DEA를 적용하여 한국을 포함한 23개 국가의 철도효율성을 분석하였으며 한국, 스웨덴 우크라이나, 일본의 철도가 효율적인 것으로 나타났다. 이 연구는 최초로 우리나라 철도산업의 효율성을 측정하였다는 점에서 의의가 있지만 1997년만을 분석하여 추세를 파악하기 힘들고, 비효율성의 발생원인 및 크기에 대한 분석을 하지 못한 한계를 가지고 있다.

Bookbinder and Qu (1993)는 DEA를 활용하여 1989년 두 개의 Canadian (CN and CP)과 5개의 미국 Class I 철도를 비교하였다. 측정결과로는 Burlington Northern(BN)이 가장 효율성이 높은 철도회사로 나타났으며 Canadian National (CN)이 가장 효율성이 낮은 철도회사로 나타났다. 또한 이 연구는 투입요소와 산출요소에 관한 분석을 하였는데 투입요소와 산출요소를 어떻게 선정하느냐에 따라 효율성이 달리 나타남을 분석하였다.

이형석, 김기석(2006)은 DEA모형을 이용한 우리나라 해운업체의 정태적, 동태적 효율성 분석을 통해 1995년부터 2004년까지 10년간 자료를 이용하여 12개 해운업체 효율성의 추세와 안정성을 파악했다. 이 연

구에서는 BCC-O 모형을 사용하여 50개 해운업체들의 2004년도 효율성과 규모수익성, 참조빈도를 분석하였으며 외항화물운송업체와 내항화물운송업체로 다시 구분하여 추가로 DEA분석을 시도하였다. 또한 해운업체의 동태적인 효율성을 분석하기 위해 DEA-Window 분석을 수행하였다.

김형기, 이장원, 최창열(2007)은 DEA 기법을 활용한 국내 주요공항의 효율성 평가를 통해 14개 국내공항의 효율성을 정태적, 동태적으로 분석하였다. 투입요소로 연간처리능력, 주차장면적, 인건비, 경비 등 이었으며 산출요소로는 연간운항횟수, 연간여객수송량, 연간운반화물 수송량, 매출액이었다.

박춘광, 김병철(2007)은 DEA Window 및 Malmquist productivity index를 통한 국내 관광여행사의 동태적 분석을 통해 2001년부터 2005년까지 13개 국내 관광여행사를 대상으로 효율성 분석을 하였다. 투입요소는 임직원, 유형고정자산, 자기자본, 영업비를 산출요소는 매출액을 사용하였으며 분석결과 국내 관광산업은 연도별로 효율성이 감소하는 추세를 보였다.

박경삼, 김윤태, 정홍식(2005)은 DEA 및 DEA-Window 분석을 이용한 대규모 종합병원의 시대별 경영 효율성 변화분석을 통해 영남지역의 대규모 종합병원의 경영효율성을 분석하였다. 투입변수로 병상 수, 의사 수, 간호사 수, 관리자 수를 산출변수로 외래 환자 수, 입원 환자 수를 선정했다. 분석결과 IMF 및 의약분업시대를 겪으면서 경영효율성이 악화되었음을 알 수 있었다.

Cantos, P. and Maudos, J는 1950-1990년 유럽 철도시스템을 cost and revenue frontier functions을 사용하여 효율성을 측정하였다. 정부의 강력한 규제와 간섭으로 인한 많은 잠재적 손실로 인해 재정이 악화되었기 때문에 적절한 규제 완화가 필요하다는 분석이 제시되었다.

Cantos, P. Pastor, J. M. and Serrano, L은 non-parametric approach(Malmquist)을 사용하여 1970-1995년까지 유럽철도의 생산성 변화를 분석하였다. 1985-95년에 생산성향상이 집중되었으며 대부분의 철도 회사가 technical progress를 통해 효율성을 향상시켰다.

Charnes, A., W.W. Cooper and E. Rhodes는 Farrell Efficiency Measure에 몇 가지 새로운 생산함수 및 효율성 측정방법을 추가하여 DMU의 효율성 측정

방법을 설명하였다. 이 논문에서는 효율성을 이해하는데 가장 기본이 되는 Farrell의 생산함수를 바탕으로 다양한 DMU 효율성 측정법을 설명한다.

Coelli, T. and Perelman, S는 The parametric linear programming (PLP) method, Corrected ordinary least squares (COLS), Data envelopment analysis (DEA) 이렇게 3가지 효율성 측정법을 통해 유럽 철도의 기술적 비효율성을 측정하였다. 결론은 3가지 방법에 의한 기술적 효율성 점수조합이 참조조합으로 이용되는 것이 바람직하다는 것이다.

본 연구는 최초로 DEA-AR 및 DEA-Windows를 이용하여 철도화물역에 대한 효율성을 분석했다는 점에서 다른 논문과 차별화 된다고 할 수 있다.

III. 효율성 추정 방법론

1. DEA-AR 및 DEA-Windows

효율성이란 생산조직이 사용한 투입요소의 사용량에 대한 산출물 생산량의 비율로 산출물의 생산량/투입요소의 사용량으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\text{총괄산출}}{\text{총괄투입}} = \frac{y_1 u_1 + y_2 u_2 + \dots + y_s u_s}{x_1 v_1 + x_2 v_2 + \dots + x_m v_m}$$

- 여기서 s : 산출물의 수
- m : 투입요소의 수
- yr : r 번째 산출물의 수량
- Ur : r 번째 산출물에 대한 가중치
- Xi : i 번째 투입요소 사용량
- Vi : i 번째 투입요소에 대한 가중치

DEA는 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)가 Farrell의 상대적 효율성 개념을 도입하여 개발한 효율성 측정방법이며 CCR을 중심으로 설명하면, n개의 DMU¹⁾ (k=1,2,...,n) 각각은 s 종류의 산출물 y_{rk} ($r=1,2,\dots,s$) 생산에 m 종류의 투입요소 x_{ik} ($i=1,2,\dots,m$)을 사용한다고 가정한다. 이 경우 특정 DMU K^0 의 상대적인 효율성 척도를 측정하기 위한 투입지향 모델은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

1) DMU : Decision Making Unit 의사결정단위

$$\begin{aligned} \max \theta_{k^0} &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk^0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik^0}} \\ \text{s.t.} & \\ \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} &\leq 1, k=1, \dots, n \\ u_r, v_i &\geq \epsilon, r=1, \dots, s, i=1, \dots, m \end{aligned}$$

여기서

- θ_{k^0} : DMU k 의 효율성 값
- u_r : 산출 r 에 대한 가중치
- v_i : 투입 i 에 대한 가중치
- y_{rk} : k 번째 DMU의 r 번째 산출
- x_{ik} : k 번째 DMU의 i 번째 투입
- m : 총투입수
- s : 총산출수
- n : DMU의 개수

위 식에서 v_i, u_r 는 각각 투입요소와 산출물에 대한 가중치로 DEA모형에서 그 값이 결정된다. 첫 번째 제약 조건은 계산된 해가 1을 초과하지 않도록 보장해 주며, 두 번째 제약조건에 포함된 ϵ 는 매우 작은 양의 상수로 계산된 해가 양수를 가지도록 보장해 준다. 따라서 식(1)에서 계산된 해는 0과 1사이의 값을 가지게 된다.

위 최대화문제는 평가대상의 수가 많은 경우에는 해의 계산이 어려운 문제가 있다. 계산상의 난점을 해결하기 위하여 Charnes, Cooper and Rhodes(1978)는 매개변수를 이용한 변환(CCR transformation)를 통해 식(1)을 다음과 같은 선형계획문제로 전환하였다.

$$\begin{aligned} \max \theta_{k^0} &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rk^0} \\ \text{s.t.} & \\ \sum_{r=1}^m v_i x_{ik^0} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} &\leq 0, k=1, \dots, n \\ u_r &\geq \epsilon > 0, v_i \geq \epsilon > 0, r=1, \dots, s, i=1, \dots, m \end{aligned}$$

위의 식은 식(1)과 동치관계이므로 동일한 해를 갖는다. 또한 위의 식은 일반적인 선형계획문제이므로 쌍대 이론(dual theorem)에 의해 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \min \theta_{k^0} - \epsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ \text{s.t.} \\ \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} + s_i^- &= \theta_{k^0} x_{ik^0}, i=1, \dots, m \\ \sum_{k=1}^n \lambda_k y_{rk} - s_r^+ &\geq y_{rk^0}, r=1, \dots, s \\ \lambda_k &\geq 0, k=1, \dots, n \end{aligned}$$

where λ_k, s_i^-, s_r^+ are the dual variables

식(3)에서 계산된 최적해 $\theta^{* \#}$ 는 특정 DMU 효율성 척도를 나타낸다. $\theta^{* \#}=1$ 이고 여유변수(slack variables) s_i^{*-} = 0 와 s_r^{*+} = 0 이면, DMU k^0 는 효율적임을 의미하며, 만일 $\theta^{* \#} \neq 1$ 이면 효율적이지 않음을 의미한다. 비효율적인 DMU는 투입요소의 규모를 줄이거나 산출규모를 확대함으로써 효율적으로 될 수 있다. 투입요소 관련 여유변수 s_i^{*-} 가 양의 값을 가지면 투입을 줄일 수 있음을 의미하며, 산출관련 여유변수가 s_r^{*+} 양의 값을 가지면 산출을 증가시킬 수 있음을 의미한다.

위와 같은 DEA-CCR 모델은 효율성을 과다하게 측정하는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하는 방안으로 DEA-AR²⁾ 모델이 있다.

DEA-AR 모델에서는 식(3)에 포함된 제약조건 이외에 투입변수의 가중치와 산출변수의 가중치가 변화하는 범위를 일정영역으로 제한하는 제약조건(AR)을 추가로 부과하여야한다. Thompson, Langemeier, Lee, Lee, Thrall(1990)에 따르면, AR은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} 0 < \alpha_i v_i &\leq v_i \leq \beta_i v_i, i=2, \dots, m \\ 0 < A_r u_1 &\leq u_r \leq B_r u_1, r=2, \dots, s \end{aligned}$$

위 식에서 α_i 와 β_i 는 투입변수 가중치간의 비율 (v_i/v_1)에 대한 하한과 상한을 각각 나타내며, A_r 과 B_r 은 산출변수의 가중치간의 비율 (u_r/u_1)에 대한 하한과 상한을 각각 나타낸다. 가중치간의 비율에 대한 하한과 상한을 결정하기 위해서는 먼저 가중치가 변화할 수 있는 범위를 나타내는 하한 값과 상한 값을 이용하거나 투입 및 산출변수간 상대적인 중요도에 대한 전문가의 판단에 근거하여 설정할 수 있다.

하한 값과 상한 값을 각각 VI, VS로 표시하면, 식(4)

2) DEA-AR : Data Envelopment Analysis-Assurance Region

에 포함된 $\alpha_i, \beta_i, A_r, B_r$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \alpha_i &= VI_i / VS_1, \beta_i = VS_i / VI_1 \quad i = 2, \dots, m \\ A_r &= VI_r / VS_1, B_r = VS_r / VI_1 \quad r = 2, \dots, s \end{aligned} \quad (5)$$

식(5)에서 정의된 $\alpha_i, \beta_i, A_r, B_r$ 를 대입하면, 식(4)는 다음과 같이 나타낼 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} VI_i / VS_1 &\leq v_i / v_1 \leq VS_i / VI_1 \quad i = 2, \dots, m \\ VI_r / VS_1 &\leq u_r / u_1 \leq VS_r / VI_1 \quad r = 2, \dots, s \end{aligned}$$

DEA-AR의 장점으로는 전통적인 DEA모델에 비해 상대적으로 낮은 효율성 값이 추정가능하다는 점과 효율적인 의사결정단위가 많이 나타나지 않아 효율성 추정의 판별능력을 확보할 수 있다는 점이다. 단점으로는 투입요소 및 산출요소의 가격정보가 불완전 할 경우 제약 조건 도출이 불가하며 이런 경우 AHP 또는 ANP기법 적용을 해야 한다.

더 정확한 철도컨테이너 화물역의 효율성 측정을 위해서는 기술적 효율성 변화를 이용하는 맘퀴스트 생산성 지수를 이용해야 하지만 기술적 효율성 변화를 측정하는데 여러 한계가 있어 DEA-AR, DEA-Window를 이용하였다.

또한 DEA-AR만으로는 철도공사의 동태적 효율성 측정이 곤란하여 DEA-AR을 이용하여 년도별 정태적 효율성을 측정하고 이를 바탕으로 DEA-Window를 사용하여 동태적 효율성을 측정하였다.

2. 자료 및 변수 선정

본 연구는 한국철도 26개 컨테이너 취급 화물역의 효율성을 분석하기 위하여 2002년부터 2007년까지 6개 연도에 대해 효율성을 추정하였다.

2002년부터 2007년까지 동태적 효율성을 추정하여 연도별 효율성을 비교 분석하였으며 2007년도의 정태적 효율성을 분석하였다. 이 연구에서 컨테이너 취급 화물역의 효율성 분석을 위하여 투입요소로써 노동인원, CY 전체면적, 선로길이가 사용되었으며 산출요소로써 연간 수송톤수, CY 사용면적이 사용되었다.³⁾

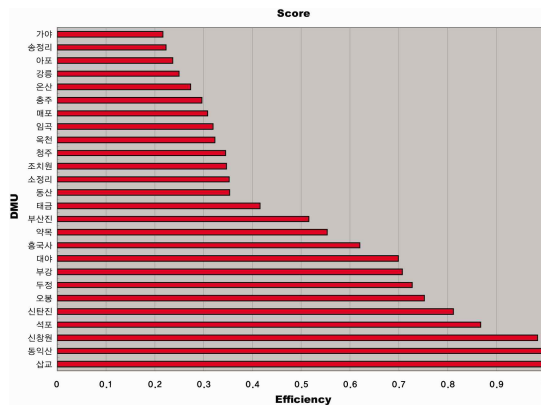
투입 및 산출요소는 전국 컨테이너 취급 화물역을 대상으로 직접 전화조사를 하였으며 철도전산정보사무소의 자료 및 철도내부전산망인 KROIS를 이용하였다. 또한 DEA-AR을 구성하기 위해 필요한 각 요소들의 가격정보를 알아보기 위해 CY가 소속되어 있는 시, 군청에 전화조사를 실시하였다. 본 연구에서 컨테이너 취급 화물역의 효율성 분석을 위해 DEA-Solver를 사용하였다.

IV. 효율성 추정 결과

1. 철도화물역의 정태적 효율성 분석

본 연구에서는 우리나라 철도의 컨테이너취급 화물역에 대한 정태적 효율성을 분석하였다. DEA-AR모형을 사용하여 2007년도의 효율성을 추정한 결과는 <그림 1>과 같다.

<그림 1>에서 보는 바와 같이 2007년 한국철도 컨테이너취급 화물역에서 효율성이 1인 역은 삼교역, 동익산역 2곳뿐이다. 나머지 24개 역은 2개 역에 비해 비효율적으로 운영되고 있다고 나타났으며 특히 강릉을 비롯한 13개역은 효율성이 0.5 이하로 나와 삼교역, 동익산역에 비해 50%이상 비효율적으로 운영되고 있는 것으로 나타났다. 이렇게 나머지 역들이 비효율적인 경우에는 효율적인 가상적 역들이 존재하며 이 가상적 역은 참조집합이라는 효율적인 역으로 구성된다. 이 때 참조집합



<그림 1> 2007년 컨테이너 취급 철도화물역 효율성

3) 외국 논문에서 공항 또는 항만의 효율성 측정 시 투입요소로 노동인원, 선석 및 활주로 길이, 야드 면적 등이 이용되었으며, 컨테이너 취급 철도 화물역에서의 DEA-AR 분석을 위한 투입요소는 가격정보로 표시해야 하는데 위 3가지 요소가 가격정보를 표시하기에 적당한 요소라 판단됨. 매출액이나 수송수입을 산출요소로 사용하지 않은 이유는 DEA-AR의 방법론적 특성상 산출요소가 2개 이상 이어야만 하기 때문에 매출액을 2가지로 나누어 수송톤수(수입), CY사용면적(사용료 수입)으로 설정하였음.

에 속하는 삼교역, 동익산역은 투입물과 산출물의 구성 이 평가대상인 비효율적인 역과 유사하므로 벤치마킹의 대상으로 이용될 수 있음을 의미한다.

2. 철도화물역의 동태적 효율성 분석

우리나라 철도 컨테이너 취급 화물역의 동태적 효율성 분석을 위하여 DEA window 모형으로 효율성의 추세 및 안정성을 분석하였다. DEA window 분석기법은 기존의 정태적인 DEA 분석의 약점을 보완할 수 있는 기법으로 추세, 안정성, 계절변동 등을 확인할 수 있다. 본 연구에서 분석기간은 2002년부터 2007년까지 6년이며 윈도우 폭은 3으로 하였다. 윈도우의 폭은 다양한 윈도우 폭의 변화를 이용한 실험을 통하여 결정되며 윈도우의 폭을 길게 할 경우 분석에 이용되는 DMU수가 많아지므로 자유도가 증가되어 DMU수가 작을 경우에도 유리하다. 본 연구에서는 연도별 DMU수가 동일하지 않아 3개년도의 DMU수 또한 다르게 측정하였다. 그리고 LDY(Largest difference between scores in the same year)는 각 화물역의 동일 연도 효율성 값 차이 중 최대 값을 의미하고, LDP(Largest difference between scores across the entire period)는 전체기간 효율성 값의 최대 값과 최소 값의 차이를 의미한다.

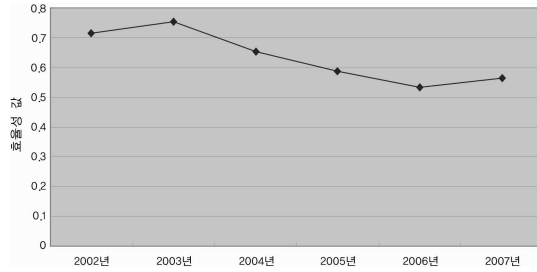
<표 1> 철도 컨테이너 취급 화물역 Window 분석

철도 화물역	2002	2003	2004	2005	2006	2007	창 평균	전체 평균	표준 편차	LDY	LDP
가야	0.956	0.957	0.955				0.956	0.645	0.325	0.637	0.639
		0.958	0.956				0.957				
			0.325	0.319	0.354		0.333				
				0.319	0.354	0.335	0.336				
	LSD	0.000	0.001	0.631	0.637	0.000	0.000				
연평균	0.956	0.957	0.746	0.531	0.354	0.335					
강릉				0.708			0.708	0.432	0.169	0.436	0.436
				0.271	0.310		0.291				
				0.271	0.310	0.315	0.299				
	LSD			0.436	0.000	0.000					
	연평균			0.417	0.310	0.315					
대야	0.988	0.994	0.996				0.992	0.821	0.181	0.306	0.397
		0.990	0.992	0.996			0.993				
			0.599	0.644	0.649		0.631				
				0.637	0.642	0.729	0.669				
	LSD	0.000	0.003	0.396	0.339	0.007	0.000				
연평균	0.988	0.992	0.862	0.739	0.645	0.729					
동산	0.965	0.967	0.967				0.966	0.694	0.285	0.568	0.569
		0.967	0.967	0.969			0.968				
			0.400	0.414	0.430		0.415				
				0.414	0.430	0.442	0.429				
	LSD	0.000	0.001	0.568	0.555	0.000	0.000				
연평균	0.965	0.967	0.778	0.599	0.430	0.442					
동익산	0.994	0.997	1.000				0.997	0.968	0.047	0.089	0.135
		0.993	0.996	1.000			0.996				
			0.911	1.000	0.915		0.942				
				0.945	0.965	1.000	0.937				
	LSD	0.000	0.004	0.089	0.055	0.051	0.000				
연평균	0.994	0.995	0.969	0.982	0.890	1.000					

두정	0.660	0.653	0.653				0.652	0.612	0.066	0.139	0.192	
		0.651	0.651	0.653			0.652					
			0.494	0.526	0.622		0.547					
				0.505	0.598	0.687	0.597					
LSD	0.000	0.002	0.139	0.148	0.024	0.000						
연평균	0.660	0.652	0.600	0.561	0.610	0.687						
매포								0.345	0.054	0.010	0.099	
						0.325	0.325					
						0.315	0.413					0.364
	LSD					0.010	0.000					
연평균						0.320	0.413					
부강	0.996	0.993	0.992				0.994	0.883	0.112	0.287	0.291	
		0.990	0.989	0.993			0.980					
			0.705	0.810	0.824		0.780					
				0.774	0.789	0.777	0.780					
	LSD	0.000	0.004	0.287	0.189	0.035	0.000					
연평균	0.996	0.991	0.885	0.849	0.807	0.777						
부산진	0.838	0.837	0.835				0.837	0.690	0.153	0.322	0.324	
		0.834	0.832	0.834			0.834					
			0.513	0.545	0.587		0.539					
				0.533	0.544	0.572	0.550					
	LSD	0.000	0.003	0.322	0.302	0.013	0.000					
연평균	0.838	0.835	0.727	0.637	0.551	0.572						
삼교	0.946	1.000	0.923				0.956	0.942	0.051	0.053	0.148	
		1.000	0.922	0.960			0.961					
			0.871	0.916	1.000		0.929					
				0.916	1.000	0.882	0.923					
	LSD	0.000	0.000	0.053	0.044	0.000	0.000					
연평균	0.946	1.000	0.905	0.930	1.000	0.852						
석포		0.970	1.000				0.985	0.870	0.128	0.257	0.280	
		0.970	0.999	1.000			0.990					
			0.733	0.747	0.720		0.733					
				0.747	0.720	0.845	0.770					
	LSD	0.000	0.000	0.267	0.253	0.000	0.000					
연평균		0.970	0.911	0.831	0.720	0.845						
소정리	0.458	0.387	0.391				0.412	0.330	0.097	0.244	0.311	
		0.387	0.390	0.397			0.391					
			0.146	0.221	0.250		0.206					
				0.221	0.250	0.342	0.271					
	LSD	0.000	0.001	0.244	0.176	0.000	0.000					
연평균	0.458	0.387	0.309	0.280	0.250	0.342						
송정리	0.972	0.975	0.974				0.974	0.666	0.321	0.639	0.640	
		0.973	0.972	0.976			0.973					
			0.335	0.377	0.359		0.357					
				0.375	0.357	0.353	0.361					
	LSD	0.000	0.002	0.639	0.601	0.002	0.000					
연평균	0.972	0.974	0.760	0.576	0.358	0.353						
신창원	0.999	1.000	1.000				1.000	0.963	0.056	0.133	0.136	
		1.000	0.999	1.000			1.000					
			0.867	0.914	1.000		0.927					
				0.912	1.000	0.864	0.925					
	LSD	0.000	0.000	0.133	0.088	0.000	0.000					
연평균	0.999	1.000	0.955	0.942	1.000	0.864						
신탄진	0.987	0.990	0.992				0.990	0.889	0.109	0.259	0.262	
		0.987	0.989	0.990			0.988					
			0.754	0.768	0.833		0.785					
				0.730	0.792	0.861	0.794					
	LSD	0.000	0.003	0.238	0.259	0.041	0.000					
연평균	0.987	0.988	0.912	0.829	0.813	0.861						
아포	0.987	0.991	0.996				0.991	0.756	0.251	0.491	0.591	
		0.988	0.992	0.980			0.987					
			0.683	0.503	0.537		0.574					
				0.489	0.522	0.405	0.472					
	LSD	0.000	0.003	0.313	0.491	0.014	0.000					
연평균	0.987	0.990	0.891	0.658	0.530	0.405						
약목	0.979	0.980	0.981				0.980	0.790	0.201	0.453	0.453	
		0.977	0.978	0.981			0.979					
			0.528	0.590	0.643		0.587					
				0.562	0.613	0.671	0.616					
	LSD	0.000	0.003	0.453	0.419	0.030	0.000					
연평균	0.979	0.979	0.829	0.711	0.628	0.671						

오봉	0.735	0.770	0.780			0.762	0.644	0.083	0.232	0.237
		0.656	0.655	0.653		0.661				
			0.548	0.548	0.622	0.573				
LSD	0.000	0.114	0.232	0.120	0.027	0.000				
연평균	0.735	0.713	0.664	0.585	0.609	0.608				
옥천	0.983	0.983	0.984			0.983	0.732	0.262	0.509	0.537
		0.980	0.981	0.982		0.981				
			0.475	0.482	0.509	0.488				
LSD	0.000	0.003	0.509	0.507	0.008	0.000				
연평균	0.983	0.982	0.813	0.646	0.505	0.447				
온산	0.978	0.978	0.978			0.978	0.714	0.274	0.541	0.545
		0.975	0.975	0.975		0.975				
			0.457	0.451	0.464	0.458				
LSD	0.000	0.003	0.521	0.541	0.018	0.000				
연평균	0.978	0.977	0.803	0.620	0.455	0.457				
입곡	0.979	0.978	0.979			0.979	0.722	0.268	0.539	0.539
		0.976	0.976	0.978		0.977				
			0.440	0.470	0.486	0.466				
LSD	0.000	0.002	0.539	0.520	0.013	0.000				
연평균	0.979	0.977	0.738	0.635	0.480	0.466				
조치원	0.963	0.968	0.973			0.968	0.708	0.273	0.535	0.537
		0.967	0.972	0.969		0.969				
			0.476	0.443	0.442	0.454				
LSD	0.000	0.001	0.436	0.535	0.000	0.000				
연평균	0.963	0.968	0.807	0.618	0.442	0.436				
청주	0.823	0.823	0.823			0.823	0.628	0.203	0.400	0.402
		0.821	0.821	0.821		0.821				
			0.425	0.431	0.444	0.434				
LSD	0.000	0.002	0.398	0.400	0.011	0.000				
연평균	0.823	0.822	0.690	0.558	0.439	0.444				
충주							0.438		0.000	0.000
						0.438				
						0.438				
LSD						0.000				
연평균						0.438				
태금							0.265	0.076	0.000	0.132
						0.231				
						0.231				
LSD						0.000				
연평균						0.231				
홍곡사	0.393	0.434	0.419			0.415	0.432	0.067	0.104	0.238
		0.429	0.414	0.532		0.465				
			0.315	0.471	0.487	0.424				
LSD	0.000	0.004	0.104	0.082	0.000	0.000				
연평균	0.393	0.432	0.382	0.498	0.487	0.551				
전체평균	0.714	0.752	0.654	0.587	0.533	0.564				

<표 1>은 우리나라 철도 컨테이너 취급화물역의 효율성 및 안정성을 분석한 결과이다. 2002년부터 2007년 중에서 전체평균이 가장 효율적인 역은 동익산역(0.968)이고, 가장 비효율적인 역은 태금역(0.265)으로 나타났다. LDY(각 철도화물역의 동일 연도 효율성 값 차이 중 최대 값)의 경우 삼교역이 0.053으로 연도별 효율성이 가장 안정적이며 송정리역이 0.639로 효율성이 가장 불안정한 역이라는 사실을 알 수 있다. LDP(전체기간 효율성 값의 최대 값과 최소 값의 차이)의 경우 동익산역이 0.135로



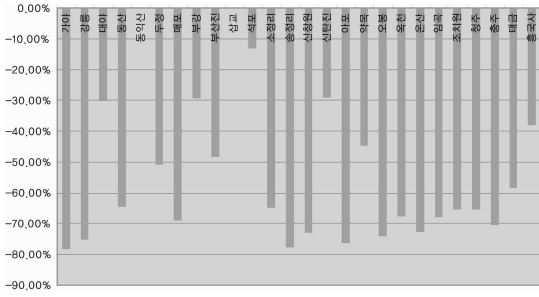
<그림 2> 연도별 동태적 효율성 변화

전체 6년간 효율성의 변화가 가장 작았으며, 송정리역이 0.640으로 6년 동안 효율성 변화가 가장 컸다는 것을 알 수 있다. 여기서 매포, 충주, 태금, 강릉역의 경우 컨테이너 화물을 취급한지 1-3년 정도 밖에 되지 않아 LDY 및 LDP 평가에서 제외시켰다.

<그림 2>는 철도 컨테이너 취급 화물역 전체의 연도별 효율성을 나타낸 그래프이다. 2003년도에 약간 효율성이 증가 했다가 2006년까지 지속적인 감소를 거쳐 2007년도에 다시 상승하는 추세를 알 수 있다. 위 그래프에서도 알 수 있듯이 철도공사화 후(2005년-2007년)의 효율성이 철도공사화 전(2002년-2004년)의 효율성보다 더 낮은 것으로 나타난다. 이런 현상은 아직 경영개선에 대한 중장기 발전 노력이 반영되지 못한 부분이 많기 때문이다. 즉, 현재 추진 중이며 추진예정인 사업들로 인해 아직 그 결과가 충분히 반영되지 못한데 원인이 있다 하겠다. 또 다른 특징은 2005년에 비해 2006년도는 효율성이 많이 낮아졌다가 다시 2007년도에 상승추세에 있다는 점이다. 즉 공사화 시점부터 바로 효율성이 떨어지지 않고 본격적인 공사화 과정을 겪으면서 2006년도에는 철도공사화로 전화되는 과도기적 시점이었다면 2007년도부터는 본격적으로 경영합리화(자동화, 슬립화, 탄력요금제, Block-Train 등) 및 수익성 증대를 위해 노력한 결과가 서서히 나타나는 시기라 할 수 있을 것이다.

3. 투입요소별 비효율성 분석

<그림 3>은 2007년도 컨테이너 취급 화물역 CY전체 면적에 대한 과소, 과잉 투입규모 즉 비효율성 값을 나타낸 그래프이다. 송정리역, 아포역, 오봉역, 가야역, 강릉역의 경우 80%에 가까운 면적을 줄여야 하는 것으로 나타났다. 전체적으로 CY전체면적이 과다투입 되어 비효율성의 원인이 되고 있다. 철도공사화 이전에는 대부분 국유지이었고 지방에 위치한 관계로 매출에 비해 매우

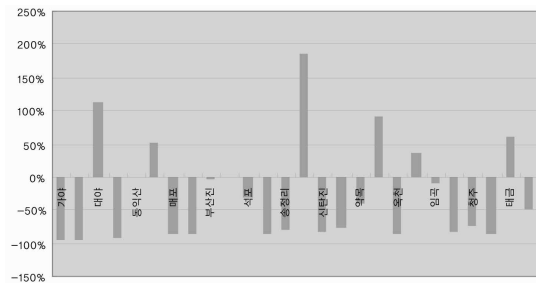


<그림 3> 2007년 CY전체면적의 비효율성 분석

큰 면적을 보유하고 있었으며 컨테이너 수송에 대한 매출액 또한 적어 사용률이 매우 저조하였다. 하지만 이는 대부분 향후 컨테이너 수송량이 증가될 것을 예측하여 면적을 확보해 놓은 것이므로 현재 효율성이 안 좋다고 하여 CY면적을 줄이기보다는 다른 용도로 활용하는 것이 바람직 할 것이다. 한 가지 예로 태금역과 홍곡사역의 경우 광양항의 물동량 증가를 대비하여 처음 CY조성단계 부터 많은 면적을 CY로 이용하고 있다.

<그림 3>에서 신창원역의 효율성이 매우 낮게 나타나고 있다. 이는 2005년, 2006년은 효율성이 1이였으나 2007년도에 노동인원, 수송톤수와 같은 투입 산출요소의 증감으로 인해 타 역과 비교하여 CY전체면적 73%를 줄여야 한다고 나왔기 때문이다. 이런 결과가 나오는 이유는 DEA라는 분석 방법자체가 절대적 효율성을 추정하는 분석방법이 아니라 상대적 즉 26개 DMU 내에서의 상대적 효율성을 추정하는 분석방법이라는 점 때문이다.

<그림 4>는 2007년 컨테이너 취급 철도화물역 노동인력의 비효율성을 분석한 그래프이다. 노동인력이 효율적으로 투입되고 있는 역은 동익산역과 삼교역으로 나타났다. 전체적으로는 대야역, 동익산역, 두정역, 삼교역, 신창원역, 오봉역, 온산역, 태금역을 제외하고 나머지 역들은 노동인력의 과다투입인 것으로 나타나고 있다. 가야역의 경우 현재 30명인 인원을 3명 수준으로 대폭 감



<그림 4> 2007년 노동인력의 비효율성 분석

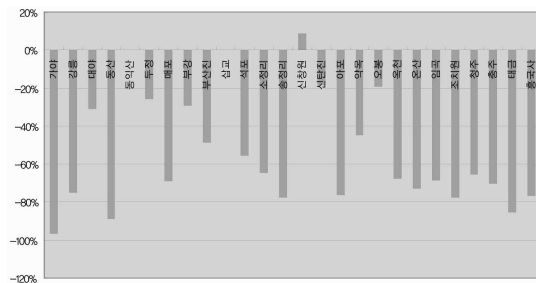
원해야하며 동산역의 경우도 현재 12명에서 1명으로 대폭 감원해야 한다는 결과가 제시됐다. 대부분의 역에서 이와 같은 대량 감원을 해야 효율성이 좋아지는 것으로 나타났으나 이는 DEA의 특성상 상대적인 수치이며 투입요소인 CY전체면적과 선로길이가 과다하게 투입되는 등 26개역의 투입, 산출비율에 따라 발생하는 현상이라 할 수 있겠다. 반면 대야역의 경우 노동인원을 현재 1명에서 2명으로 늘려야 한다는 결과가 나왔다. 이는 CY전체면적과 선로길이는 약 30%씩 줄여야 하지만 수송톤수는 16%정도 늘려야 한다고 나타나 투입, 산출의 변화에 따라 나타난 결과라 할 수 있다. 신창원역의 경우에도 현재 1명에서 3명으로 늘려야 한다는 결과가 제시됐다. 이 또한 CY전체면적은 약 73%를 줄여야 하지만 선로길이는 8.8%, 수송톤수는 10배 가깝게 늘려야 한다고 나타나 노동인원도 증가해야 하는 것으로 분석됐다.

전체적인 노동인원 과다투입에 대한 또 다른 이유로 현대화 및 시설 자동화로 공사화 전보다 적은 노동인원이 필요하지만 역무시스템 자동화, 외주화 등으로 인한 잉여인력을 수송직에 배치시켜 노동인력의 과다투입이 발생하였다.

위 그래프를 전체적으로 분석해 볼 때 향후 더 많은 인원감축 및 타 부처 전환을 통해 경영합리화를 추구해야 한다는 것을 알 수 있다.

<그림 5>는 2007년 선로의 과소, 과잉투입을 분석한 그래프이다. 동익산, 삼교역은 효율적이며, 신창원역은 선로를 늘려야 하는 것으로 나타났다. 그리고 나머지 역들은 대부분 선로의 과잉투입인 것으로 나타났다.

이러한 과잉투입의 원인으로는 선로길이를 조사할 때 컨테이너 화물열차 전용선로 길이만 포함시킨 것이 아니고 컨테이너를 상하역하기 위해 대기하고 있는 측선도 선로길이에 포함시켰기 때문에 위와 같은 결과가 나타났다. 측선을 선로길이에 포함시킨 이유는 컨테이너 화물



<그림 5> 2007년 선로의 비효율성 분석

열차가 컨테이너를 상하역 하기 위해 본선에서만 작업을 하는 것이 아니고 측선에서도 작업을 하며 물량이 많은 경우 1일 이상을 대기하여 측선의 사용빈도가 높기 때문이다. 항만컨테이너 선석의 경우에도 배가 대기하는 경우를 포함시키기 때문에 선로길이에 측선을 포함시켰다. 만일 측선을 선로길이에 제외시켰다면 효율성이 상당 부분 좋아질 것으로 예상된다. 신창원의 경우 유일하게 선로를 증가시켜야 한다고 나타났다. 이는 신창원은 선로길이가 짧고 측선이 없기 때문이다.

V. 결론

본 연구에서는 2002년부터 2007년까지 DEA모형을 이용하여 한국철도 컨테이너취급 화물역의 정태적 효율성과 동태적 효율성을 추정하였다. 먼저 정태적 효율성을 분석하기 위하여 DEA-AR 모형을 사용하여 전국 26개 역의 효율성을 추정하였으며 동태적 효율성을 분석하기 위하여 DEA-Window 모형을 이용하여 전국26개 역의 윈도우별 효율성, 안정성, 추세를 분석하였다. 분석 결과는 다음과 같다.

첫째, 컨테이너 화물을 취급하는 우리나라 철도역의 효율성을 2002년부터 2007년까지 DEA-AR과 DEA-Window모형을 혼합하여 분석한 결과 평균 효율성은 0.677로 나타나 전체적으로 비효율적인 것을 알 수 있었다. 효율성이 가장 좋은 역은 동익산역(0.968)이며 효율성이 가장 낮은 역은 태극역(0.265)으로 나타났다. 이는 효율성이 0.5이하인 역들의 경우 2002년부터 운영된 역이 아니어서 투입요소의 값이 일부분만 반영된 경우가 대부분이었으며, 신설된 역의 경우 주로 항만 또는 산업단지와 연결되어 있는 역으로 향후 매출증가를 예상해 Infra 확충에 투자를 많이 하였지만 아직까지 매출액이 투자에 미치지 못해 효율성이 낮게 추정되었다. 따라서 우리나라 컨테이너 화물을 취급하는 철도화물역의 전체효율성은 0.677보다는 더 높다고 할 수 있다.

둘째, 안정성과 추세를 분석한 결과 6년 동안 효율성변화가 작은 역을 나타내는 LDP 값이 가장 낮은 역은 동익산(0.135), 삼교(0.136), 신창원(0.148) 순 이었으며 LDP 값이 가장 높은 역은 송정리역(0.640), 가야역(0.639) 순 이었다. 그리고 윈도우2(2003-2005)부터 윈도우3(2004-2006)까지 효율성이 감소추세를 보이다가 윈도우4(2005-2007)에 다시 상승하는 증가추세를 보이고 있다. 이는 철도가 철도공사화로 전환되면서 과도기적 시점을

거쳐 중장기적인 경영개선 노력이 윈도우3(2004-2006) 시점에는 반영되지 않다가 윈도우4(2005-2007)시점에 점차 반영되기 시작했음을 나타내는 결과이다.

결론적으로 우리나라 컨테이너화물 취급 철도역은 전체적으로 효율성이 공사화 이후 중장기적인 발전노력으로 점차 효율성이 개선되고 있음을 알 수 있었다.

효율성을 증대시키기 위해서는 컨테이너 물량확보와 동시에 적정수준의 인원배치를 통해 가능하며 효율성이 좋은 동익산역, 삼교역의 벤치마킹을 통해 목표를 설정하고 전략을 수립하여 단계적으로 노력해야 한다. 따라서 본 연구결과는 우리나라 컨테이너화물 취급 철도역의 효율성 향상을 위한 목표설정 및 전략수립의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

또한 효율성이 0.5이하로 나오는 역 중 발전가능성이 없는 역의 경우 컨테이너 취급 중단 또는 인근 역과의 통합 등을 고려해야 할 것이다.

본 연구는 DEA의 특성상 2002년부터 2007년까지 한국철도공사 26개 컨테이너취급화물역에 대한 상대적인 효율성을 분석한 것이므로 효율성이 1로 나타났다 할지라도 반드시 절대적 효율성을 갖는 다고 보기 어렵다는 것이 방법론적 한계이다.

그리고 투입요소가 노동, CY면적, 선로길이 3가지로 너무 적고 투입 요소 중에서도 선로길이의 경우에는 AR 조건을 위한 정확한 가격정보 산출이 어렵다. 노동인원의 경우에도 컨테이너 전용역도 일부 있지만 대부분 타 화물도 같이 취급하기 때문에 노동인원의 정확한 산출이 어렵다는 자료의 한계가 있다.

컨테이너 취급 철도화물역의 효율성을 보다 정확하게 추정하기 위해서는 위 3가지 투입요소 이외에도 화주들의 만족도, 인프라에 대한 정확한 데이터의 반영이 필요하다.

알림: 본 논문은 대한교통학회 제59회 학술발표회(2008. 10. 24)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

참고문헌

1. 김형기·이장원·최창열(2005), “DEA 기법을활용한 국내 주요공항의 효율성 평가”, 유통정보학회지, 제10권 제2호, 유통정보학회.
2. 나준호(2006), “자료포락분석(DEA-AR)을 활용한 중국 철도산업의 효율성 분석”, 인하대학교 석사학위

- 논문.
3. 박경삼 · 김운태 · 정홍식(2005), “DEA 및 DEA원도우분석을 이용한 대규모 종합병원의 시대별 경영효율성 변화분석” 경영학연구 제34권 제1호.
 4. 안치원(2008), “DEA-AR을 활용한 한국철도화물역 효율성 분석”, 인하대학교 석사학위논문.
 5. 이형석 · 김기석(2006), “DEA 모형을 이용한 우리나라 해운업체의 정태적·동태적 효율성 분석” 대한경영학회지, 제19권 제4호, 대한경영학회.
 6. 박춘광 · 김병철(2007), “DEA window 및 Malmquist productivity index를 통한 국내 관광역행사의 동태적 분석” 산업경제연구, 제20권 제6호.
 7. Bookbinder, J.H. and W.W. Qu(1993), “Comparing the performance of Major American Railroads,” Transport Research Forum, vol.33, No. 1, pp.70~85.
 8. Cantos, P. and Maudos, J.(2001), “Regulation and efficiency: the case of European railways”, Transport Research A, Vol. 35, pp.459~421.
 9. Cantos, P. Pastor, J. M. and Serrano, L.(2002), “Productivity, efficiency and technical change in European railways: a non-parametric approach”, Transportation, Vol. 29, pp.279~308.
 10. Charnes, A., W.W. Cooper and E. Rhodes (1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” European Journal of Operational Research, Vol. 2, pp.429~441.
 11. Coelli, T. and Perelman, S.(1999), “A comparison of parametric and non-parametric distance functions: with application to European railways”, European journal of operational research, Vol. 117, pp.326~339.

✉ 주 작성자 : 안치원

✉ 교신저자 : 하현구

✉ 논문투고일 : 2008. 11. 11

✉ 논문심사일 : 2009. 1. 19 (1차)

2009. 4. 10 (2차)

2009. 4. 15 (3차)

✉ 심사판정일 : 2009. 4. 15

✉ 반론접수기한 : 2009. 10. 31

✉ 3인 익명 심사필

✉ 1인 abstract 교정필