

자료포락분석 기법을 이용한 우리나라 철도수송의 효율성 측정 Measuring the Efficiency in Korean Railway Transport using Data Envelopment Analysis

김현웅[†] · 국광호* · 문대섭** · 이진선***

Hyun-Woong Kim · Kwang-Ho Kook · Dae-Seop Moon · Jin-Sun Lee

Abstract The objective of this paper is to measure the relative technical efficiency of Korean railway transport service. Previous studies on the efficiency in Korean railway service have carried out before the structural reform of Korean railway industry in 2004, whereas this study used the latest data which reflected the impact of reform. We analyzed the efficiency in Korean railway transport by means of measuring the technical efficiencies of other countries, these were estimated with data envelopment analysis. Using data from 22 railway operators over the period 2000~2006, the results indicate that the Korean railway transport has been operated efficiently as compared with others.

Keywords : Efficiency, Data Envelopment Analysis, Malmquist Productivity Index, Technical Change Index

요 지 본 연구의 목적은 우리나라 철도수송의 효율성을 측정하는 것이다. 우리나라 철도수송의 효율성에 관한 기존 연구들은 2004년의 철도산업 구조개혁 이전에 수행되었지만, 본 연구는 이의 영향을 반영하는 최신의 자료까지 포함하여 효율성을 측정하였다. 측정기법은 다른 국가 운영회사들과 비교하여 상대적인 효율성 수치를 산출해주는 자료포락분석(DEA) 기법을 이용하였다. 분석대상은 2000년~2006년 동안 22개 국가 철도운영회사가 제공한 철도수송 서비스이다. 분석 결과 우리나라 철도수송은 타 국가와 비교하여 그동안 효율적으로 운영되고 있고, 2004년 이후 생산성이 증가하고 있는 것으로 나타났다.

주요어 : 효율성, 자료포락분석, 맴퀴스트 생산성지수, 기술변화지수

1. 서론

우리나라 철도수송에 대한 성과는, 비용 대비 수입의 개념인 영업계수, 총 고용자수 대비 열차수송실적의 개념인 노동생산성 등 비교적 단순한 지수로 측정이 가능하다. 이 기법을 비율분석법이라 하는데, 특정 부분의 성과를 제시할 수 있지만, 전체적인 측면의 효율성을 나타내기에는 한계가 있다[1-4]. 전체적 가치의 반영을 위해 유재균 등(2000)은 함수분석법을, 김성호 등(2000)과 이재훈 등(2004)은 자료포락분석(data envelopment analysis; DEA),

김민정(2004)은 확률적 비용 변경접근법(stochastic cost frontier approach; SFA)을 이용하는 지수분석법을 이용하여 철도수송의 효율성을 측정한 바 있다[3-6].

철도수송의 경우 산출물을 얻기 위한 과정이 매우 복잡하여, 투입되는 요소들과 비용을 명확하게 파악하는 것에 한계가 있고, 투입물과 산출물이 단일의 형태를 보이는 것이 아니라 다양하게 존재한다. 비율분석법과 함수분석법은 철도산업의 다중 투입 및 다중 산출의 특성을 충분히 반영할 수 없기 때문에, 이러한 이유로 최근에는 지수분석법, 특히 DEA기법이 효율성 측정시 많이 사용되고 있다[1,3].

이에 본 연구는 자료포락분석기법을 이용하여 우리나라 철도수송의 효율성과 그 변화를 측정하고, 효율성 향상을 위한 개선점을 도출하는 데에 연구의 목적이 있다.

[†] 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 선임연구원
E-mail : hwkim@krrri.re.kr

TEL : (031)460-5477 FAX : (031)460-5021

* 정회원, 서울산업대학교 산업정보시스템공학과, 교수

** 정회원, 한국철도기술연구원, 책임연구원

*** 정회원, 우송대학교 철도경영학과, 교수

2. 방법론

2.1 효율성의 개념

효율성은 주어진 산출량을 최소의 투입량으로 생산할 수 있는 정도, 또는 주어진 투입량으로 최대의 산출량을 생산하는 정도를 의미하는데[4,7], 효율성 측정은 두 개 이상의 생산시스템간 비교를 통해 성과를 평가하고, 구조개선을 위한 분석수단으로 의의가 있다[1,3,7].

2.2 DEA 모형

자료포락분석(DEA)모형은 Charnes, Cooper and Rhodes (1978)[8]가 Farrell(1957)[7]의 상대적 효율성 개념을 기초로 하여 최초로 개발하였다. 이 개념은, 주어진 산출량을 생산하기 위해 소요되는 최소한의 투입량 조합인 생산변경면²⁾(production frontier), 등비용 곡선, 그리고 실제 관찰점간의 거리를 산출함으로써 효율성을 측정한다.

DEA 모형은 분석대상(decision making unit; DMU)들로부터 관측된 투입량과 산출량을 상호 비교하여 최상의 결과치를 나타내는 DMU를 기준으로 각 DMU의 상대적 효율성을 측정하는 모형이다. 이 모형은 다수의 투입물과 다수의 산출물을 지닌 DMU들의 상대적인 효율성을 측정할 수 있는 장점을 지니고 있어, 효율성 측정 뿐만 아니라 효율적 DMU 내지 가상의 효율적 대상과의 상대적 비교를 통해 비효율성의 크기 측정이 가능하다[1,4,7]. 이러한 측정 결과는 비효율 발생 원인 분석 및 효율성 개선의 목표 설정에 유용하게 활용되어, 공공서비스 조직의 효율성 평가에 널리 사용되고 있다[1].

DEA의 기본모형인 CCR 모형은 다음과 같은 과정을 통해 도출된다. n 개($k=1,2,\dots,n$)의 분석대상이 m 개의 투입물 $x_{ik}(i=1,2,\dots,m)$ 을 사용하여 s 개의 산출물 $y_{rk}(r=1,2,\dots,s)$ 를 생산하는 경우, 특정 분석대상 $k^0(k^0 \in \{1,2,\dots,n\})$ 의 효율성 측정 모형은 다음 식 (1)과 같이 설정된다. 여기에서 v_i 는 투입물의 가중치, u_r 는 산출물의 가중치로, DEA 모형에 의해 값이 결정된다.

DMU가 많을 경우 해의 계산이 어려워지므로, 선형계획(Linear programming, LP)문제로 해결하기 위해 매개변수를 이용하여 다음 식 (2)와 같이 변환이 가능하다.

$$\text{Max } \theta_{k^0} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk^0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik^0}} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1, \quad k=1,\dots,n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad r=1,\dots,s, \quad i=1,\dots,m$$

$$\text{Max } \theta_{k^0} = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk^0} \quad (2)$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1, \quad k=1,\dots,n$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \leq 0, \quad k=1,\dots,n$$

$$\mu \geq \varepsilon > 0, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad r=1,\dots,s, i=1,\dots,m$$

BCC 모형은 CCR 모형을 기반으로 하여 규모수익³⁾(return to scale) 개념을 적용하고 쌍대문제로 변형하면 식(3)과 같이 설정되는데, CCR 모형에 의해 측정된 효율성은 기술적 효율성(technical efficiency), BCC 모형의 효율성은 순수 기술적 효율성(pure technical efficiency)으로 구분한다.

$$\text{Min } \theta_p \quad (3)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - \theta_p x_{i0} \geq 0, \quad \forall_i$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{r0} \geq 0, \quad \forall_r$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad \forall_j$$

최적해를 통해 도출된 효율성 지수($\theta_{k^0}^*$ 또는 θ_p^*)는 1 이하로 산출되는데, 그 값이 1로 산출되면 해당 DMU는 효율적으로, 1 미만이면 비효율적으로 평가된다.

2.3 Malmquist Productivity Index

생산변경은 기술이나 한계비용 등의 변화시 함께 변화하게 되고, 이에 따라 효율성도 변화하게 된다. Caves, Christensen, and Diewert(1982)[9]는 특정 시점 t 의 기술 수준에서 t 시점과 $(t+1)$ 시점의 생산성 변화를 측정하는 맘퀴스트 생산성지수(MPI)를 개발하였다.

생산성이란 생산과정에서 사용된 투입물과 산출물의 비율로[4], MPI는 효율성의 변화에 더하여 기술 변화에 의한 비용변경의 변화와 규모수익의 변화가 모두 반영하여 산출된다.

투입요소 x 를 사용하여 산출요소 y 를 생산할 경우, t 시점과 $(t+1)$ 시점의 생산성 변화를 나타내는 MPI는 다음과

1) 개발된 모형은 개발자 이름의 영문 이니셜을 명칭으로 하여 CCR 모형이라고 함.

2) 생산경계, 생산프론티어라고도 불리며, 가장 효율적 집합들의 생산무차별곡선(production indifference curve)임.

3) 규모수익은 모든 투입요소의 단위증가에 따른 산출물의 증가정도를 의미함.

같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
 M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) &= \frac{V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{V^t(x^t, y^t)} \times \left[\frac{V^t(x^t, y^t) \cdot D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t) \cdot V^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right] \\
 &\times \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= PEI \times SECI \times TCI \tag{4}
 \end{aligned}$$

여기에서 $V^t(x^t, y^t)$ 는 t 시점의 규모수익 가변 하에서, $D^t(x^t, y^t)$ 는 t 시점의 규모수익 불변 하에서의 투입거리함수를 각각 의미하는데, 거리함수 추정을 위한 DEA 모형은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 V^t(x^t, y^t) &= \text{Min} \theta \\
 \text{s.t. } \theta x^t - \lambda X^t &\geq 0 \\
 -y^t + \lambda Y^t &\geq 0 \\
 \sum \lambda &= 1 \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
 D^t(x^t, y^t) &= \text{Min} \theta \\
 \text{s.t. } \theta x^t - \lambda X^t &\geq 0 \\
 -y^t + \lambda Y^t &\geq 0 \\
 \lambda &\geq 0
 \end{aligned} \tag{6}$$

이로부터 산출된 MPI가 1보다 크면, t 시점에 비해서 (t+1) 시점에 생산성이 증가하였다는 것을, 1보다 작으면 생산성이 감소하였다는 것을, 1과 같다면 생산성의 변화가 없음을 각각 의미한다.

한편 PECI는 순수 효율성 변화지수(Pure Efficiency Change Index)로서 t 시점에 대한 (t+1) 시점의 순수 효율성 변화를 평가하는 척도이며, SECI는 규모효율성 변화지수(Scale Efficiency Change Index)로서 투입물과 산출물의 비례관계 변화에 대한 투입거리함수 비율이다. TCI는 기술변화 지수(Technical Change Index)로서 두 시점의 생산변경 변화 정도를 평가하는 척도이다.

3. 효율성 분석

3.1 분석대상

DEA 기법을 활용하여 우리나라 철도수송의 효율성을 측정하기 위해, OECD 30개 국가 가운데 철도수송 통계자료가 온전히 제공된 22개 국가의 간선철도 운영회사(를 대

4) 운영회사 및 국가명은 Table 2 참조. DSB(Denmark), NS NV (Netherlands), NSB AS(Norway), ATOC(UK), Total Companies Mexico(Mexico), AMTRAK(US), Tranz Rail(New Zealand)은 결측치 문제로, Iceland는 철도가 부재하여 분석에서 제외하였음.

상으로 2000-2006년 동안의 년도별 효율성을 측정하였다.

3.2 투입변수 및 산출변수 선정

철도수송의 효율성 분석과 관련된 주요 선행 연구에서 사용된 변수로는, 투입물은 노동, 차량, 연료, 노선연장, 유지보수비, 산출물은 열차수송거리, 열차수송실적, 수송수입 등이다[2-4,6,10,11]. 본 연구에서는 선행 연구에서 사용된 투입변수와 산출변수를 검토한 후, 사용빈도가 높은 노동자수, 차량수, 노선연장, 여객-km, 톤-km, 열차-km를 투입변수와 산출변수로 설정하였다.

Table 1. Inputs and outputs of the preceded studies

Author	Subject	Inputs and Outputs
Oum(1994) [2]	OECD철도, 12년(78-89)	•투입: 노동자수, 동력량, 객차수, 자본비용, 화차수, 기관차수 •산출: 여객km, 톤km, 열차km
Costa(1997) [10]	런던도시철도, 25년(70-94)	•투입: 노동자수, 차량수 •산출: 차량km
Cantos(1999) [11]	유럽철도, 26년(70-95)	•투입: 노동자수, 차량수, 동력량, 장비량, 승객수, 노선연장 •산출: 여객km, 톤km
김성호(2000) [6]	23국철도, 1년(97)	•투입: 노동자수, 차량수, 노선연장 •산출: 여객km, 톤km
이재훈(2004) [3]	21국철도, 12년(91-02)	•투입: 노동자수, 기관차수, 객차수, 화차수, 국민총생산, 복선화율 •산출: 여객km, 톤km, 수송수입, 영업계수
김민정(2004) [4]	한국도시철도 25년(76-00)	•투입: 인건비, 전력비, 전동차비, 유지보수비, 자본비 •산출: 전동차-km

철도수송의 효율성은, 공급측면에서 주어진 자원을 효율적으로 제공하였는지, 수요측면에서 주어진 자원이 실제로 어느 정도 이용되었는지를 판단할 수 있게 한다.

따라서 공급측면 효율성과 수요측면 효율성으로 구분하여 분석을 시행하였는데, 투입변수는 동일하지만 산출변수는 공급측면에서 여객열차 수송거리와 화물열차 수송거리를, 수요측면에서는 여객수송실적과 화물수송실적을 각각 사용하였다.

3.3 효율성 측정 결과

각 국가의 철도수송의 공급측면 효율성과 수요측면 효율성을 년도별로 분석한 결과, Table 2에서 보는 바와 같이 공급측면 효율성 지수는 ÖBB, DB AG, CIE, SJ AB, Total Canada, JR 등이, 수요측면 효율성 지수는 CIE, CFL, SJ AB, Total Canada, JR, KORAIL 등이 지난 6년간 매년 1.00으로 측정되어 타 운영회사가 제공하는 철도수송에 비해

효율성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 철도선진국인 프랑스의 SNCF, 이탈리아의 FS SpA가 제공하는 철도수송의 경우 효율성 지수가 1 미만으로 측정되어 비효율성을 지니고 있는 반면, 우리나라 KORAIL이 제공하는 철도수송의 경우 매년 1.00으로 측정되어 효율성을 지니고 있음을 알 수 있다.

공급 측면에서 효율성의 크기는 CD, MÁV Rt., PKP, TCDD 등을 제외하고 0.70~0.96로서 4~30%의 비효율이 발생하고 있지만, 수요측면에서는 여러 운영회사에서 DMU에서 23~75%의 비효율이 발생하고 있어, 전반적으로 공급측면 효율성 지수가 수요측면 효율성지수 보다 높은 경향을 보이고 있다. 이는 철도가 공공재의 기능을 수행하면서 열차수송 제공거리의 비슷한 효율성으로 제공되는 반면, 수송실적에 대해서는 산출물에 비해 과다 투입이 발생하는 경향이 크다는 것을 시사한다. 즉, 14개 철도운영회사는 공급과 수요측면 효율성을 지닌 운영회사들에 비해, 투입물

대비 열차수송거리의 비슷한 수준으로 제공하지만, 수송실적은 이에 비해 낮은 수준으로 발생하고 있음을 뜻한다.

3.4 생산성 변화 측정 결과

효율성 변화와 기술변화를 살펴보기 위해 2000~2006년 동안 각 철도운영회사가 제공한 철도수송의 생산성 변화를 분석한 결과, Table 3에서 보는 바와 같이 공급측면의 년평균 MPI는 0.97~1.16로 측정되었다. ÖBB, MÁV Rt., CIE, FS SpA, CP, ZSR, SJ AB, SBB CFF FFS, Total Canada, JR은 MPI가 1.01 이상으로 측정되어 6년간 년평균 1%의 철도수송 생산성 증가율을 보이고 있는 반면, SNCF, OSE, CFL, PKP, QR, KORAIL은 년평균 1~3%의 감소율을 보이는 것으로 나타났다.

수요측면 년평균 MPI는 0.85~1.06로 측정되었는데, 공급측면 MPI의 변화율보다 다소 낮은 수준이다. 이는 직원, 차량, 노선연장 등 투입물의 효율화 성과로 나타난 열차수

Table 2. Efficiency Index by year

Railways	Countries	Supply aspect				Demand aspect			
		2000	2002	2004	2006	2000	2002	2004	2006
ÖBB	Austria	1.000	1.000	1.000	1.000	0.468	0.701	0.670	0.638
SNCB/NMBS	Belgium	0.722	0.746	0.835	0.745	0.408	0.591	0.586	0.641
CD	Czech	0.568	0.548	0.654	0.634	0.289	0.399	0.340	0.332
VR	Finland	0.767	0.751	0.739	0.757	0.481	0.513	0.525	0.555
SNCF	France	1.000	0.869	0.879	0.703	0.461	0.490	0.484	0.483
DB AG	Germany	1.000	1.000	1.000	1.000	0.526	0.533	0.537	0.555
OSE	Greece	1.000	0.795	1.000	0.899	0.715	0.631	0.782	0.766
MÁV Rt.	Hungary	0.577	0.652	0.744	0.798	0.248	0.272	0.282	0.357
CIE	Ireland	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
FS SpA	Italy	0.636	0.725	0.818	0.798	0.403	0.434	0.453	0.424
CFL	Luxembourg	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
PKP	Poland	0.753	0.654	0.609	0.614	0.408	0.499	0.470	0.405
CP	Portugal	1.000	1.000	1.000	1.000	0.856	0.945	1.000	1.000
ZSR	Slovak	0.281	0.740	0.677	0.720	1.000	0.636	0.523	0.511
RENFE	Spain	0.924	0.942	1.000	0.960	0.518	0.548	0.540	0.503
SJ AB	Sweden	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
SBB CFF FFS	Switzerland	1.000	1.000	1.000	1.000	0.654	0.823	0.750	0.727
TCDD	Turkey	0.566	0.457	0.519	0.508	0.380	0.371	0.497	0.452
Total Canada	Canada	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
QR	Australia	1.000	1.000	0.889	0.782	1.000	1.000	1.000	1.000
JR	Japan	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
KORAIL	Korea	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

주 : 1) ZSR과 SJ AB는 화물철도 운영회사인 ZSSK CARGO와 GREEN CARGO를 각각 포함하여 분석
 2) 운영회사 이름은 2007년도 기준

송거리에 대한 생산성 정도에 비해, 수송실적에 대한 생산성 정도는 이보다 다소 낮은 경향이 있음을 시사한다. 이는 앞 절에서 공급과 수요 측면의 효율성 지수 비교시 도출된 경향과 같게 나타나고 있다. 연도별 효율성이 모두 1.00으로 측정된 CIE, CFL, SJ AB, Total Canada, JR, KORAIL의 철도수송 생산성 변화정도를 살펴보면, CFL과 KORAIL의 경우 생산성이 2000년에 비해 감소하였고, 나머지 운영회사는 생산성이 다소 증가하고 있다. 그러나 22개 운영회사의 철도수송 생산성의 변화 범위는 ZSR과 CFL을 제외하고는 0.97~1.07 즉 -3~+7%이어서, 평균적으로 6년 동안 큰 변화를 보이고 있지는 않다.

Table 3. Yearly average change of MPI (2000~2006)

Railways	Countries	Supply aspect	Demand aspect
ÖBB	Austria	1.014	1.016
SNCB/NMBS	Belgium	1.009	1.026
CD	Czech	1.009	0.978
VR	Finland	1.007	1.018
SNCF	France	0.981	1.002
DB AG	Germany	1.001	1.029
OSE	Greece	0.978	0.969
MÁV Rt.	Hungary	1.039	1.032
CIE	Ireland	1.027	1.013
FS SpA	Italy	1.040	1.007
CFL	Luxembourg	0.968	0.942
PKP	Poland	0.988	0.991
CP	Portugal	1.036	1.058
ZSR	Slovak	1.157	0.852
RENFE	Spain	1.009	1.001
SJ AB	Sweden	1.066	1.014
SBB CFF FFS	Switzerland	1.036	0.968
TCDD	Turkey	1.000	0.997
Total Canada	Canada	1.015	1.027
QR	Australia	0.993	1.058
JR	Japan	1.024	1.028
KORAIL	Korea	0.990	0.984

3.5 우리나라 철도수송 효율성의 시사점

KORAIL이 제공하는 철도수송의 공급측면 및 수요측면의 효율성 지수는 Table 2에서 보듯이 모든 년도에서 1.00으로 측정되어, 해당 년도에서 타 운영회사가 제공하는 철도수송에 비해 비효율성이 없는 것으로 평가된다. 공급측면에서는 독일 DB AG, 스웨덴 SJ AB, 일본 JR 등과 함께 효율적으로 열차수송이 이루어지고 있고, 프랑스 SNCF, 이탈리아 FS SpA, 스페인 RENFE 보다도 효율성이 높다. 공

급측면에서 효율적이었던 ÖBB, DB AG, CP, SBB CFF FFS가 수요측면에서는 비효율적으로 평가되고, 또한 대부분 운영회사의 효율성 지수가 매우 낮게 측정된 반면, KORAIL의 수요측면 효율성 지수는 매년 1.00으로 측정되어 SJ AB, JR과 같은 수준의 효율성을 지닌 것으로 평가된다.

각종 운영시스템의 개선, 차량 고속화 및 화차 중량화 등을 반영하는 기술변화지수(TCI)를 측정된 결과, KORAIL의 철도수송의 생산성 변화는 기술변화에 기인하고 있는 것으로 분석되었다. 이는 KORAIL의 철도수송의 효율성과 규모수익에는 변화가 없으며, 기존 투입요소를 효율적으로 사용하다가 생산량이 변화하였다면 이에 정비례하게 투입량도 변화되었음을 의미한다.

주목할 점은 생산성의 변화인데, Table 4에서 보듯이 2004년을 전후하여 변동이 나타나고 있다. 타 운영회사들에 비해 상대적으로 기술변화가 컸던 기간을 제외하고 2004년 이전까지는 생산성이 감소하는 추세로, 특히 2003~2004년에는 11~14%가 감소하였다. 반면 2004~2005년에는 5~6%, 2005~2006년에는 2~3% 증가하여 2004년 이후에 생산성이 개선되고 있음을 알 수 있다.

이를 통해 우리나라 철도수송은 지난 6년 동안 주어진 자원을 효율적으로 활용하였고, 철도산업 구조개혁과 고속철도 운행이 시작된 2004년을 기점으로 하여 과거에 비해 생산성이 개선되고 있음을 확인할 수 있다.

그러나 14개 운영회사들은 6년 동안 생산성의 증가가 이루어진 반면, KORAIL은 생산성 증가 수준이 상대적으로 낮게 측정되었다. 그러므로 타 운영회사의 기술변화 요인을 벤치마킹하여 이를 우리나라 철도수송에 적용하는 것이 요구된다 하겠다.

Table 4. Productivity change of Korean railway transport

Year	Supply aspect		Demand aspect	
	TCI	MPI	TCI	MPI
2005-2006	1.023	1.023	1.030	1.030
2004-2005	1.046	1.046	1.058	1.058
2003-2004	0.889	0.889	0.865	0.865
2002-2003	1.008	1.008	0.995	0.995
2001-2002	0.982	0.982	0.958	0.958
2000-2001	0.998	0.998	1.014	1.014

4. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 우리나라 철도수송의 효율성과 그 변화를 측정하고 효율성 향상을 위한 개선점을 도출하기 위해 수행되었다. 이를 위해 DEA 기법과 Malmquist 생산성 지수를 이용하여 2000년부터 2006년까지 OECD 22개 철도운영회

사의 철도수송을 대상으로 효율성과 생산성 변화를 측정하였다.

KORAIL이 제공하는 우리나라 철도수송의 효율성 지수는 매년 1.00으로 측정되어 주요 선진국 철도회사와 함께 효율적 수송이 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 특히 수송실적을 산출변수로 하는 수요측면 효율성의 경우, 22개 중 15개 운영회사에서 5~75%의 비효율성이 존재함에도 불구하고 KORAIL의 철도수송은 SJ AB, JR 등과 함께 효율성을 지닌 것으로 평가되었다. 이는 산출물과 투입물의 변동 폭이 크지 않은 상태에서, 운영개선, 원가 절감, 마케팅 강화와 같이 산출물 증대에 기여하는 활동이 지속되었기 때문으로 판단된다.

그리고 KORAIL 철도수송의 생산성 지수는 2004~2006년 동안 1.07로 측정되어 2004년 이후 생산성이 상승하고 있는 것으로 나타났다. 2000년 수준으로 생산성이 회복되지는 못했지만, 2004년 이후 타 철도수송 생산성의 평균증가율인 5%를 다소 상회하고 있다. 이는 직원의 업무생산성 향상, 차량의 고속화 및 용량 증대, 복선화 및 전철화를 증가와 같이 투입물의 성능을 향상시키는 활동에 기인한 것으로 판단된다.

이러한 두 가지 분석결과는, 우리나라 철도수송의 효율성이 철도산업 구조개혁과 고속철도 개통을 통해 보다 많은 자율권 부여와 기술혁신에 의해 개선되었음을 내포하고 있다. 따라서 효율적 철도수송을 위해서, 열차의 수송능력 증대 등을 통한 인력 및 장비 운용의 효율화, 운영 경비의 절감, 수요 창출을 위한 적극적 마케팅과 같은 경영상에서의 노력이 지속적으로 이뤄져야 할 것이다.

아울러 본 연구는 자료의 범위적, 시간적 제약으로 인해 차종별 및 노선별 분석, 2008년을 포함한 분석, 효율성 향상요인의 분석 등이 수행되지 못하였는데, 향후 이의 연구를 통해 우리나라 철도수송에 대한 구체적 효율성 진단이 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

1. 김성호, 최태성, 이동원(2007), “효율성 분석 이론과 활용,” 서울경제경영.
2. Oum, T.H. and Yu, C.(1994), “Economic efficiency of railways and implication for public policy,” *Journal of Transport Economics and Policy*, pp. 121-138.
3. 이재훈, 정경훈(2004), “우리나라 철도산업의 효율성 분석,” 한국교통연구원.
4. 김민정(2004), “한국 도시철도 운영기관들의 효율성과 생산성 분석 : 자료포락분석기법과 확률적 비용변경접근법을 이용하여,” 서울대 박사학위논문.
5. 유재균, 최진석(2000), “우리나라 철도운영체의 효율성에 관한 연구,” 한국철도학회 2000년 추계학술대회 논문집, pp. 24-31.
6. 김성호, 홍순흠, 최태성(2000), “한국철도의 상대적 운영효율성 평가,” 한국철도학회 2000년 추계학술대회 논문집, pp. 17-23.
7. Farrell, M.(1957), “The Measurement of Productive Efficiency,” *Journal of The Royal Statistical Society*, Vol. 120, No. 3, pp. 253-281.
8. Charnes, A., Cooper, W. and Rhodes, E.(1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, No. 6, pp. 429-444.
9. Caves, D., Christensen, L. and Diewert, W.(1982), “The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity,” *Econometrica*, Vol. 50, pp. 1393-1414.
10. Costa, A. and Markellos, R.N.(1997), “Evaluating Public Transport Efficiency with Neural Network Models,” *Transport Research, Part C*, Vol. 5, pp. 301-312.
11. Cantos, P., Pastor, J. and Serrano, L.(1999), “Productivity, efficiency and technical change in the European railways; A non-parametric approach,” *Transportation, Academic Research Library*, pp. 337-357.

접수일(2009년 4월 16일), 수정일(2009년 5월 11일),
 게재확정일(2009년 8월 6일)