

## 철도산업의 수직분리와 운영효율성의 관련성에 관한 연구

### A Study on the Relationship between Vertical Separation and Operational Efficiency of Railway Industry

김성호<sup>†</sup> · 최태성\*  
Seongho Kim · Tae-Sung Choi

**Abstract** Since 1990s, the European railway sector has undergone both a vertical separation and a vertical integration. Recently Simar and Wilson (2008) provides a bootstrap test procedure for testing whether two groups' mean efficiencies are equivalent. The purpose of this paper is to ascertain the relationship between vertical separation and operational efficiency of railway industry using the Simar and Wilson's bootstrap test procedure not used in previous studies with a data set of 20 European countries from 1998 to 2005. From the value of test statistic it seems that the mean operational efficiencies of vertically separated railway industry were higher than those of vertically integrated railway industry. However the p-value indicates that the differences of mean operational efficiencies are not significant at any meaningful level.

**Keywords** : Vertical Separation, Operational Efficiency, Bootstrap Test Procedure

**요 지** 본 논문에서는 수직분리 및 수직통합의 경험이 함께 존재하는 유럽철도의 자료를 기존연구에서 사용된 바 없는 Simar and Wilson(2008)의 붓스트랩을 활용한 효율성에 관한 가설검정방법으로 분석하여 수직분리가 철도산업의 운영효율성과 어떤 관련성을 가지고 있는지를 밝혀보고자 하였다. 1998년부터 2005년까지의 20개 유럽국가의 자료를 분석한 결과 검정통계량의 관측값은 수직분리구조를 가진 국가의 철도산업이 수직통합구조를 가졌거나 또는 지주회사의 형태로 수직통합을 유지하고 있는 국가의 철도산업보다 상대적으로 운영효율성이 높게 타나났으나 그러한 차이가 통계적으로 뒷받침되지는 못하였다.

**주 요 어** : 수직분리, 운영효율성, 붓스트랩검정

## 1. 서 론

철도기반시설의 관리와 철도서비스의 운영을 분리하는 수직분리(vertical separation)는 철도의 기반시설관리자와 철도운영자의 역할을 명확히 구분하여 철도운영자의 재정 부담을 덜어주고, 시설과 운영 각 부문의 전문화를 통하여 각 부문의 효율성을 높이며, 또한 운영부문의 경쟁체제 조성으로 운영효율성을 높이는 긍정적인 효과를 기대할 수 있다[1,19].

한편 수직분리는 네트워크변경, 열차시각표 작성 및 조

정, 지연, 안전사고 등과 관련하여 시설부문과 운영부문의 분쟁을 유발하는 부정적인 효과도 수반될 수 있다. 이러한 분쟁을 조정하는 비용이 수직분리로부터 얻는 긍정적인 효과를 상쇄할 수도 있으며 분쟁조정이 수직재통합(vertical reintegration)으로 변질되어 운영부문의 경쟁조성을 막을 수도 있다[3].

우리나라는 철도산업의 경쟁력을 확보하기 위한 방법으로 지난 2004년 수직분리를 시행하여 2004년과 2005년에 각각 철도기반시설의 관리를 담당하는 한국철도시설공단과 철도서비스의 운영을 담당하는 한국철도공사가 설립되었다.

철도산업의 경쟁력을 확보하기 위한 구조개혁수단으로 1989년 스웨덴이 처음으로 수직분리정책을 선택한 이후 1990년대에 들어서서 영국, 프랑스, 덴마크, 네델란드, 노

<sup>†</sup> 책임저자 : 정회원, 인하대학교 경영학부 부교수  
E-mail : shk7768@inha.ac.kr  
TEL : (032)860-7768 FAX : (032)866-6877  
<sup>\*</sup> 인하대학교 경영학부 교수

르웨이, 핀란드, 포르투갈 등의 국가들도 같은 정책을 선택하였다. 한편 오스트리아, 벨기에, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 스위스, 폴란드 등을 포함한 다수의 유럽국가들은 수직통합을 유지하고 있다.

수직분리 및 수직통합이 함께 존재하는 유럽의 철도산업 구조는 자연스럽게 어떤 산업구조정책이 효율성 관점에서 유리한가하는 문제로 이어지며 최근 이러한 문제의 답을 찾으려는 연구[2,9,11]가 수행되었다. 그러나 아직 합의된 결론에 이르지 못하고 있어 기존 연구와 목적은 같지만 다른 방법으로 접근하는 다양한 연구가 필요한 실정이다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 수직분리 및 수직통합의 경험이 함께 존재하는 유럽철도의 자료를 기존연구에서 사용된 바 없는 방법으로 분석하여 수직분리가 철도산업의 운영효율성과 어떤 관련성을 가지고 있는지를 밝혀보고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2절에서 철도산업의 수직분리와 운영효율성에 관한 기존연구를 검토하고 기존 연구와 본 연구가 구별되는 특징을 제시한다. 제3절에서 효율성을 추정하고 효율성에 관한 가설을 검정하기 위한 방법을 설명한다. 제4절에서는 분석에 사용한 표본자료의 특성을 설명하고 분석결과를 제시한다. 마지막으로 제5절에서 결론을 제시한다.

## 2. 철도산업의 수직분리와 운영효율성에 관한 기존연구

스웨덴이 처음으로 수직분리정책을 선택한 이후 영국, 프랑스, 덴마크, 네델란드, 노르웨이, 핀란드, 포르투갈 등이 같은 정책을 선택한 것은 1990년대 중반부터이다. 수직분리의 경험이 반영된 자료를 사용하기 어렵던 이 시기에 Oum and Yu[4], Gathon and Prestieau[10], Cantos et al.[15] 등은 1990년대 중반 이전의 자료로부터 철도운영기관의 경영자율성(managerial autonomy)과 효율성의 관련성에 관하여 분석한 결과를 제시하였다. 이들은 경영자율성이 철도운영기관의 효율성에 긍정적인 영향을 준다는 공통된 결과를 제시하였다.

최근 수직분리의 경험이 반영된 자료로부터 철도산업의 수직분리와 효율성의 관련성을 분석한 연구들[2,9,11]이 보고되었으나 아직 공통된 결과를 찾을 수 있는 상태는 아닌 것으로 보인다. Friebl et al.[9]는 수직분리, 독립적인 규제, 운영부문 경쟁도입 등의 구조개혁이 철도산업의 효율성에 어떤 영향을 주었는가를 검토하였다. 1980년부터 2003년까지의 유럽 12개 국가의 자료로부터 확률프론티어생산함수를 추정하여 검토한 결과를 근거로 3가지 구조개혁을 개

별적으로 또는 순차적으로 진행한 경우에는 효율성을 개선하는 효과를 나타내지만 동시에 진행한 경우에는 효율성의 개선에 영향을 주지 못한다는 결론을 제시하였다.

Asmild et al.[2]는 운영부문과 시설부문의 회계분리, 기관분리, 독립경영, 그리고 여객 및 화물 운영부문의 경쟁도입 등의 구조개혁이 철도산업의 운영효율성에 영향을 주었는가를 검토하였다. 1995년부터 2001년까지의 유럽 23개 국가의 자료에 자료포락분석을 변형한 다방향효율성분석(multi-directional efficiency analysis)을 적용하여 추정된 투입요소별 효율성이 구조개혁특성에 따라 다르게 나타나는가를 다변량분산분석으로 검토하였다. 분석결과를 근거로 회계분리는 운영효율성에 유의적으로 긍정적인 영향을 주고 있지만 기관분리, 독립경영, 경쟁도입 등은 유의적인 관계를 나타내지 않는다는 결론을 제시하였다. 한편 이들이 사용한 다변량분산분석은 종속변수가 다변량정규분포임을 가정하고 있는데 종속변수로 사용되는 투입요소별 효율성은 0과 1사이의 값으로 절단되어 있고 1의 값을 갖는 관측값이 복수로 나타나기 때문에 다변량정규분포를 이루기 어렵다는 한계점을 가지고 있다.

Growitsch and Wetzel[11]은 유럽철도산업에서 수직분리정책이 효과를 나타내었는가를 살펴보기위해 수직통합기업군과 수직분리기업군의 효율성이 다른가를 검토하였다. 이들은 각 철도기업의 효율성을 추정하기 위해 자료포락분석을 변형한 교차프론티어분석(cross-frontier analysis)을 사용하였는데 이 방법은 두 기업군이 서로 다른 생산기술을 가지고 있음을 전제로 한다. 2000년부터 2004년까지의 유럽 27개 국가의 자료로부터 교차프론티어분석으로 효율성을 추정하고 붓스트랩으로 효율성 추정치의 편의(bias)를 수정하였다. 그리고 편의를 수정한 효율성 추정치의 비율을 구하여 그 값을 근거로 수직통합기업이 수직분리기업보다 9%의 투입(40%의 비용)을 적게 사용하고 있다는 결론을 제시하였다. Growitsch and Wetzel[11]이 사용한 붓스트랩에 의한 편의추정은 타당성을 다시 검토해볼 필요가 있다. 이들은 교차프론티어분석으로 추정한 두 가지 효율성 추정치(수직분리기업 생산기술의 프론티어를 기준으로 추정한 효율성 추정치와 수직통합기업 생산기술의 프론티어를 기준으로 추정한 효율성추정치)의 편의를 각각 수정하고 이렇게 수정된 값의 비율을 구하여 결론을 제시하였는데 이 값(편의를 수정한 효율성추정치)의 비율은 효율성추정치비율의 편의를 수정한 값과 다를 수 있으며 후자를 사용하여 결론을 제시하는 것이 타당하다. 그러나 이를 위해서는 효율성추정치비율의 편의를 추정하기 위한 붓스트랩 알고리즘이 별도로 고안되어야 한다.

본 논문에서는 최근 Simar and Wilson[18]이 소개한 두

기업군의 효율성에 관한 가설검정방법을 사용하여 유럽철도산업에서 수직분리정책이 효과를 나타내었는가를 살펴보고자 한다. 이 방법은 두 기업군의 생산기술이 동일함을 가정하고 있다는 점에서 Growitsch and Wetzel[11]이 사용한 교차프론티어분석과 구별된다.<sup>1)</sup> 또한 이 방법은 효율성의 확률분포형태를 가정하지 않아도 된다는 점에서 Asmild et al.[2]이 사용한 방법과 구별된다.

### 3. 효율성의 추정과 가설검정

#### 3.1 자료포락분석에 의한 효율성 추정과 붓스트랩

투입벡터  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m) \in \mathbb{R}_+^m$ 를 사용하여 산출벡터  $\mathbf{y} = (y_1, y_2, \dots, y_s) \in \mathbb{R}_+^s$ 를 생산하는 것이 기술적으로 실행 가능한 모든 생산계획  $(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ 의 집합  $T = \{(\mathbf{x}, \mathbf{y}) | \mathbf{x} \text{로 } \mathbf{y} \text{를 생산 가능함}\}$ 을 생산가능집합(production possibility set)이라고 한다. 이 집합은 일반적으로 단조성(monotonicity), 볼록성(convexity)을 만족하는 유계폐집합(bounded and closed set)으로 가정된다[7,20]. 투입요구집합(input requirement set)  $L(\mathbf{y})$ 은 적어도 산출  $\mathbf{y}$  이상을 생산하기 위해 필요한 모든 실행가능한 투입  $\mathbf{x}$ 의 집합을 의미한다. Fig. 1은 생산가능집합과 투입요구집합의 관계를  $m$ (투입요소의 수) =  $s$ (산출물의 수) = 1의 상황에서 나타낸 것이다. Fig. 1에서 생산가능집합  $T$ 는  $x$ 축과 곡선사이에 형성된 영역이다.  $y^o$ 를 생산하기 위한 투입요구집합  $L(y^o)$ 는  $x$ 축 상의 반유계폐구간  $[x^o, \infty)$ 이 된다.

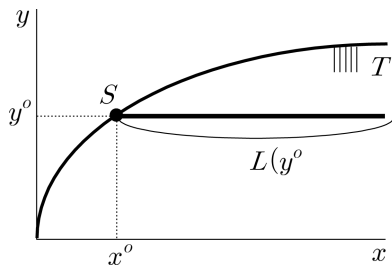
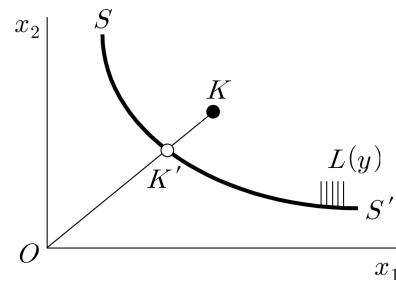


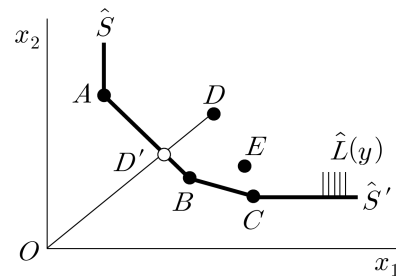
Fig. 1. Production possibility set and input requirement set

Farrell[8]의 투입방향 효율성은 산출벡터가 주어진 상태에서 투입벡터의 최대가능축소수준으로 정의되며  $\theta = \min \{ \theta | \theta \mathbf{x} \in L(\mathbf{y}) \}$ 으로 나타낼 수 있다.<sup>2)</sup> Fig. 2(a)는 2투입

· 1산출 상황에서 산출  $y$ 를 생산할 수 있는 투입  $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$ 들의 집합  $L(y)$ 을 나타낸 것이다. 곡선  $SS'$ 는  $L(y)$ 의 프론티어이며 Fig. 1의 점  $S$ 에 대응되는 등량선이 다. 철도기업  $K$ 의 효율성은  $\theta = \overline{OK'}/\overline{OK}$ 가 된다. 철도기업  $K$ 의 투입벡터가  $L(y)$ 에 속해 있으면  $K$ 의 효율성은 항상 1보다 작거나 같다.  $K$ 의 투입벡터가 프론티어  $SS'$ 에 속해 있으면  $K$ 의 효율성은 1이 되어 효율적으로 운영되고 있음을 나타내고  $K$ 의 투입벡터가 프론티어  $SS'$ 의 안쪽에 위치해 있으면  $K$ 의 투입방향 효율성 값은 1보다 작은 값이 되어 비효율적으로 운영되고 있음을 나타낸다.



(a) Farrell Input-oriented efficiency



(b) efficiency estimated by DEA Model

Fig. 2. Production possibility set and input requirement set

현실에서 생산가능집합의 프론티어  $SS'$ 는 알 수 없으며 따라서 철도기업  $K$ 의 효율성 값도 알 수 없다. 자료포락분석(data envelopment analysis: DEA)모형은 표본자료로부터 효율성 값을 추정하는 선형계획법모형이다.  $n$ 개의 기업으로 구성된 표본에서  $k$ 번째 기업의 효율성 추정값  $\hat{\theta}_k$ 은 DEA모형

$$\hat{\theta}_k = \min \left\{ \theta \mid \mathbf{y}_k \leq \sum_{i=1}^n \lambda_i \mathbf{y}_i, \theta \mathbf{x}_k \geq \sum_{i=1}^n \lambda_i \mathbf{x}_i, \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0, i = 1, \dots, n \right\} \quad (1)$$

1) 두 기업군의 생산기술이 다를 경우 교차프론티어분석에서 붓스트랩으로 두 기업군의 효율성에 관한 가설을 검정하려면 각각의 생산기술을 기준으로 평가된 효율성추정치비율의 편의를 추정하기 위한 붓스트랩알고리즘이 별도로 고안되어야 하지만 두 기업군의 생산기술이 같음을 가정하면 Simar and Wilson[18]의 방법을 사용할 수 있다. 두 기업군의 생산기술이 같음을 가정하는 것과 다를 경우 가정하는 것 중 어떤 가정이 더 합리적인가에 대한 답을 구하기 위해서는 별도의 연구가 필요하다고 판단된다.

2) Farrell의 효율성은 산출방향으로 정의할 수도 있으며 산출방향 효율성을 사용한 논의내용은 투입방향 효율성을 사용한 논의내용과 같은 방식으로 전개할 수 있으며 여기서는 중복을 피하기 위해 산출방향 효율성을 사용한 논의는 생략한다. 이후 투입방향 효율성은 투입방향을 생략하고 효율성이라 부른다.

으로 구할 수 있다. Fig. 2(b)에서  $\hat{SS}'$ 는 기업 A, B, C, D, E로 구성된 표본에서 식 (1)의 DEA모형으로 추정된 투입요구집합  $\hat{L}(y)$ 의 프론티어이고, 기업 D의 효율성 추정치  $\hat{\theta}_D$ 는  $\overline{OD'}/\overline{OD}$ 이 된다. Fig. 2(b)에 나타난 추정투입요구집합  $\hat{L}(y)$ 는 표본자료로부터 추정되므로 (a)에 나타난 투입요구집합  $L(y)$ 의 부분집합이 된다. 즉  $\hat{L}(y) \subseteq L(y)$ 이다. 따라서 추정된 프론티어  $\hat{SS}'$ 는 미지의 프론티어  $SS'$ 에 대한 편추정량(biased estimator)이 된다. 한편 Korostelev et al.[14]는 표본크기가 커질 수록 DEA모형으로 추정된 프론티어  $\hat{SS}'$ 이 미지의 프론티어  $SS'$ 에 접근함을 증명해 바 있다.

효율성추정량의 편(bias)추정, 효율성에 관한 신뢰구간 추정, 또는 효율성에 관한 가설검정 등을 수행하기 위해서는 식 (1)의 효율성 추정량  $\hat{\theta}_k$ 의 확률분포가 필요하다. 식 (1)의 효율성 추정량  $\hat{\theta}_k$ 는 선형계획법모형이며 분석적으로 확률분포를 구하기 어려운 복잡한 추정량이다. Simar and Wilson[18]은 식 (1)과 같은 DEA효율성추정량의 확률분포를 구하는데 사용할 수 있는 붓스트랩알고리즘(bootstrap algorithm)을 제시하였다. 붓스트랩은 재표본추출을 통해서 자료생성과정을 반복적으로 재현하고 이렇게 재현된 다수의 붓스트랩표본(bootstrap samples)에 DEA추정량을 적용하는 방법이며 그 결과로 얻는 붓스트랩 효율성추정치들은 미지의 효율성분포로 간주된다.

### 3.2 두 기업군의 효율성에 관한 가설검정과 붓스트랩

통계적 가설검정에서 p값은 귀무가설하의 검정통계량분포에서 검정통계량의 관측값보다 더 극단적인 값을 얻게 될 확률을 의미한다. 우측검정일 때 p값은  $\Pr\{\tau(S_n) \geq \tau_o | H_0\}$ 으로 나타낼 수 있다. 여기서  $S_n$ 은 크기  $n$ 의 표본,  $\tau(S_n)$ 는 검정통계량,  $\tau_o$ 는 표본으로부터 구한 검정통계량의 관측값을 나타낸다. 검정통계량  $\tau(S_n)$ 의 표본분포는 경험적인 몬테카를로분포  $\tau(S_{nb}^*)$ ,  $b=1,2,\dots,B$ 으로 근접하게 나타낼 수 있고 p값은  $\Pr\{\tau(S_n^*) \geq \tau_o | S_n, H_0\}$ 으로 추정할 수 있다. 여기서  $S_{nb}^*$ 은 원본자료  $S_n, S_n$ 에 붓스트랩알고리즘을 적용해서 구한  $b$ 번째 의사표본을 나타낸다. 구체적으로 p값의 추정치는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$p\text{값 추정치} = \{ \# \tau(S_{nb}^*) \geq \tau_o | b=1,2,\dots,B \} / B \quad (2)$$

여기서  $\# \tau(S_{nb}^*) \geq \tau_o$ 은 #의 오른쪽에 제시된 조건  $\tau(S_{nb}^*) \geq \tau_o$ 을 만족하는 관측값의 수를 나타낸다. 두 기업군(기업군 1과 기업군2)이 같은 생산기술을 가지고 있어 동일한 생산가

능집합에서 운영되고 있을 때 기업군1과 기업군2의 모집단 효율성 평균에 관한 가설  $H_0 : E(\theta_1) = E(\theta_2)$ ,  $H_1 : E(\theta_1) > E(\theta_2)$ 은 검정통계량

$$\tau(S_n) = \frac{n_1^{-1} \sum_{\{i | (\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i) \in S_{n_1}\}} \hat{\theta}(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i)}{n_2^{-1} \sum_{\{i | (\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i) \in S_{n_2}\}} \hat{\theta}(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i)} \quad (3)$$

을 사용하여 검정할 수 있다[18]. 여기서  $S_{n_1}$ 은 기업군1로부터 추출한 크기  $n_1$ 의 표본이고  $S_{n_2}$ 은 기업군2로부터 추출한 크기  $n_2$ 의 표본이다.  $S_n = S_{n_1} \cup S_{n_2}$ 은 크기  $n(n=n_1+n_2)$ 의 전체표본이다. 두 기업군의 효율성 평균이 동일하다는 귀무가설이 사실이면 검정통계량  $\tau(S_n)$ 의 값은 1에 근접할 것이다. 기업군1의 효율성이 기업군2의 효율성보다 크다는 대립가설이 사실이면 검정통계량  $\tau(S_n)$ 의 값은 1보다 큰 값을 가질 것이다. 이러한 검정의 p값은 다음과 같은 붓스트랩알고리즘으로 구할 수 있다[18].

- 1) 원본자료  $S_n$ 로부터 식 (1)의 DEA추정량으로  $\hat{\theta}_i, i=1,2,\dots,n$ 를 계산한다.
- 2)  $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_n$ 로부터 평활모수  $h$ 의 값을 구한다(여기서는 Sheather and Jones[16]의 방법을 사용하여 구함).
- 3) 다음의 절차로 원본점수  $\{\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_n\}$ 로부터 붓스트랩점수  $\{\theta_1^*, \theta_2^*, \dots, \theta_n^*\}$ 를 만든다.
  - (3.1)  $\{\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2, \dots, \hat{\theta}_n, (2-\hat{\theta}_1), (2-\hat{\theta}_2), \dots, (2-\hat{\theta}_n)\}$ 에서  $n$ 개를 복원추출하여  $\{\beta_1^*, \beta_2^*, \dots, \beta_n^*\}$ 를 만든다.
  - (3.2) 표준정규분포에서 생성한 확률오차  $\epsilon_i^*$ 와 평활모수  $h$ 로  $\beta_i^*$ 의 값을 조정하여 평활화시킨  $\beta_i^{**} = \beta_i^* + h\epsilon_i^*, i=1,2,\dots,n$ 을 구한다.
  - (3.3) 다음 식으로  $\beta_i^{***}$ 를 계산한다.
 
$$\beta_i^{***} = \bar{\beta}^* + (\beta_i^{**} - \bar{\beta}^*) / (1 + h\sigma_{\beta}^{-2})^{1/2}$$
 여기서  $\bar{\beta}^*$ 와  $\sigma_{\beta}^2$ 는 각각  $\{\beta_1^*, \beta_2^*, \dots, \beta_n^*\}$ 의 평균과 분산을 의미한다.
  - (3.4) 다음 식으로  $\theta_i^*$ 를 계산한다.  $\theta_i^* = 2 - \beta_i^{***}$  if  $\beta_i^{***} < 1$ ,  $\theta_i^* = \beta_i^{***}$  if  $\beta_i^{***} \geq 1$ .
- 4) 붓스트랩표본  $S_n^* = \{(\mathbf{x}_i^*, \mathbf{y}_i^*) | i=1,2,\dots,n\}$ 을 정의한다. 여기서  $\mathbf{x}_i^* = \theta_i^* \hat{\theta}_i^{-1} \mathbf{x}_i$ 이다.
- 5) 붓스트랩표본  $S_n^*$ 를 준거집합으로 사용하고 식 (1)의 DEA추정량을 적용하여 붓스트랩추정치  $\hat{\theta}_i^* = \hat{\theta}_i^*(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i)$ ,  $i=1,2,\dots,n$ 를 계산한다.
- 6) 5)에서 계산한 붓스트랩추정치  $\{\hat{\theta}_1^*, \hat{\theta}_2^*, \dots, \hat{\theta}_n^*\}$ 로부터 검정통계량의 붓스트랩 관측값  $\hat{\tau}_b^*$ 를 계산한다.  $\hat{\tau}_b^* = (n_1^{-1} \sum_{\{i | (\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i) \in S_{n_1}\}} \hat{\theta}_i^*) / (n_2^{-1} \sum_{\{i | (\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i) \in S_{n_2}\}} \hat{\theta}_i^*)$
- 7) 3)~6)을  $B$ 회 반복하여  $\{\hat{\tau}_b^* | b=1,2,\dots,B\}$ 을 구한다.

### 4. 자료 및 분석결과

#### 4.1 자료

자료는 세계철도협회(UIC: Union Internationale des Chemins de Fer)에서 제작한 통계데이터베이스에서 수집하였다. 철도기업의 산출은 여객과 화물로 정의하였고 투입은 노동, 자본, 장비로 정의하였다.<sup>3)</sup> 여객은 각 여객이 여행한 거리를 합계한 여객킬로미터(passenger-km)로 측정하였고 화물은 화물 1톤을 단위로 할 때 단위화물의 수송 거리를 모두 합계한 톤킬로미터(ton-km)로 측정하였다. 노동(labor)은 직원수로 측정하였고 장비(equipment)는 기관차, 동차, 객차 및 화차 등 차량의 수로 측정하였다. 자본(capital)은 궤도의 총길이를 대용치로 삼아 측정하였다. Table 1은 1998년부터 2005년까지 8년간 표본에 포함된 20개 유럽국가의 투입·산출변수의 평균을 나타낸 것이다.

Table 1. Sample descriptive statistics (1998~2005)

국가	철도 회사	여객 Km (백만)	톤 Km (백만)	직원수 (천명)	장비 (천대)	자본 (km)	산업 구조
Austria	ÖBB	8,199	16,322	48.9	21.7	5,635	O
Belgium	SNCB	8,072	7,520	40.6	18.0	3,498	O
Estonia	EVR	219	8,441	4.6	4.3	964	I
Finland	VR/RHK	3,371	9,891	12.2	13.5	5,823	S
France	SNCF/RFF	70,806	49,305	174.3	63.5	28,864	S
Germany	DBAG	71,670	76,805	210.4	140.8	35,926	O
Greece	OSE	1,678	436	9.3	4.1	2,403	I
Hungary	MAV	7,006	6,871	54.2	24.3	7,716	O
Ireland	CIE	1,542	447	5.5	2.3	1,917	I
Italy	FS	45,198	21,903	107.5	71.1	16,038	O
Latvia	LDZ	834	15,015	15.1	7.3	2,319	O
Lithuania	LG	561	9,761	14.1	10.5	1,826	O
Luxemburg	CFL	292	548	3.1	3.1	274	O
Netherlands	NS/ProRail	14,262	3,766	26.5	5.6	2,808	S
Norway	NSB/JBV	2,662	2,435	9.8	3.5	4,179	S
Portland	PKP	19,038	50,405	163.4	102.6	21,000	O
Portugal	CP/REFER	3,763	2,190	11.9	5.2	2,828	S
Slovenia	SZ	719	2,830	8.8	5.9	1,218	I
Sweden	SJ/BV	6,113	13,411	14.9	10.8	9,917	S
Switzerland	CFF	12,534	10,150	27.9	17.7	2,978	O

표본은 1998년부터 2005년까지 8년간 20개 유럽국가의 자료로 구성하였다. 이 기간동안 유럽의 철도산업은 수직 분리구조, 수직통합구조, 그리고 지주회사의 형태로 수직

통합을 유지하고 있는 구조로 구분할 수 있다[6,12,13]. 표본기간동안 시설업체와 운영업체가 분리되어 있는 수직분리구조를 가진 유럽국가 중에서 표본에 포함된 국가는 핀란드, 프랑스, 네델란드, 노르웨이, 포르투갈, 스웨덴 등4)이다. Table 1의 두 번째 열에 나타난 철도회사에서 수직분리구조의 국가에는 시설업체와 운영업체를 모두 나타내었다. 예를 들어 핀란드의 경우 시설은 RHK(Ratahallintokeskus, Finnish Rail Administration)가 맡고 있으며 운영서비스는 VR(Valtionrautatiet, Finnish State Railways)이 제공하고 있다. 수직통합구조를 가진 국가와의 비교를 위해 수직분리구조를 가진 국가의 경우 시설업체와 운영업체의 자료를 결합하여 나타내었다.

표본기간동안 수직통합구조를 가진 유럽국가 중에서 표본에 포함된 국가는 에스토니아, 그리스, 아일랜드, 슬로베니아 등이고 지주회사의 형태로 수직통합을 유지한 국가 중에서 표본에 포함된 국가는 오스트리아, 벨기에, 독일, 헝가리, 이탈리아, 라트비아, 리투아니아, 룩셈부르크, 폴란드, 스위스 등이다. Table 1의 마지막 열에 나타난 산업구조에서 S는 수직분리구조, I는 수직통합구조, O는 지주회사의 형태로 수직통합을 유지하고 있는 구조를 의미한다.

#### 4.2 분석결과

Table 2는 1998년부터 2005년까지의 20개 유럽국가 철도산업의 투입·산출자료로부터 식 (1)의 DEA모형을 사용하여 구한 운영효율성의 추정치  $\hat{\theta}$ 와 그 평균을 나타낸 것이다. 운영효율성의 추정치  $\hat{\theta}$ 는 0과 1이이의 값을 가지며 1은 상대적으로 효율적인 상태에 있음을 의미하고 1보다 작은 값은 비효율적인 상태에 있음을 의미한다. 두 번째 열은 각 국가 철도산업의 구조를 나타낸 것이다. 네 번째 열부터 마지막 열까지는 1998년부터 2005년까지 각 년도의 운영효율성 추정치를 나타낸 것이다. 여기서 비어있는 셀은 투입·산출자료가 결측인 경우이다. 세 번째 열은 1998년부터 2005년까지의 운영효율성의 평균을 나타낸 것이다. 1998년부터 2005년까지 20개 유럽국가 철도산업의 운영효율성 평균은 0.766으로 나타났다. 룩셈스르크 0.999, 네델란드 0.994, 프랑스 0.985, 스위스 0.976, 아일랜드 0.969, 스웨덴 0.965, 이탈리아 0.959, 독일 0.950 등으로 나타나 표본을 구성하고 있는 20개 국가 중 40%인 8개 국가가

3) 분석대상기간에서 동력(에너지) 요소에 관한 자료를 확보할 수 없었음. Coelli and Perelman[5]에서는 기관차, 동차 등의 장비가 동력요소와 밀접한 상관관계를 가지며 따라서 동력요소를 생략함으로써 인한 편이가 크지 않을 것으로 판단하여 동력요소를 투입 요소에서 생략한 바 있음. 본 논문에서도 Coelli and Perelman[5]과 같은 판단하에서 동력요소를 생략하였음.

4) 핀란드는 1995년, 프랑스는 1997년, 네델란드는 1995년, 노르웨이는 1996년, 포르투갈은 1997년, 스웨덴은 1989년에 수직분리정책을 선택하였다. 한편 각각 2002년, 2003년, 2005년에 수직분리정책을 선택한 슬로바키아, 체코공화국, 스페인 등은 표본에서 제외하였다. 그리고 영국과 덴마크는 각각 1994년과 1997년에 수직분리를 선택하였으나 결측값 때문에 표본에서 제외되었다.

0.95이상의 평균 운영효율성을 나타내고 있다. 폴란드는 시간이 지남에 따라 운영효율성이 감소하는 추세를 보여주고 있으며 폴란드를 제외한 다른 국가들은 시간에 따라 운영효율성이 증가하는 추세를 보여주고 있다.

Table 2. Operational efficiency estimates

국가	산업구조	평균	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Austria	O	0.603	0.52	0.53	0.60	0.60	0.63	0.63	0.66	0.64
Belgium	O	0.573	0.54	0.54	0.57	0.57	0.57	0.57	0.60	0.63
Estonia	I	0.859	0.66	0.75	0.81		0.92	0.92	0.95	1.00
Finland	S	0.703	0.60	0.63	0.66	0.67	0.71	0.75	0.78	0.82
France	S	0.985	0.91	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
Germany	O	0.950	0.88		1.00	1.00	0.90	0.87	1.00	1.00
Greece	I	0.614	0.63	0.56			0.61	0.58	0.62	0.69
Hungary	O	0.263	0.24	0.25	0.26	0.27		0.28	0.29	
Ireland	I	0.969	0.99	0.97	0.95	0.94	0.93	1.00		1.00
Italy	O	0.959	0.85	0.90	1.00	0.99	0.98	0.97	0.98	0.99
Latvia	O	0.783	0.63	0.57	0.65	0.71	0.80	0.98	0.93	1.00
Lithuania	O	0.561	0.45	0.45	0.48	0.48	0.54	0.66	0.67	0.75
Luxemburg	O	0.999	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Netherlands	S	0.994	0.98			1.00	1.00			
Norway	S	0.760		0.75	0.76	0.77				
Portland	O	0.866	1.00	0.89	0.89	0.84	0.81	0.85	0.87	0.78
Portugal	S	0.767	0.78	0.52	0.68	0.73	0.80	0.79	0.88	0.95
Slovenia	I	0.484	0.40	0.40	0.42	0.43	0.46	0.56	0.59	0.61
Sweden	S	0.965		0.95			1.00	0.94	0.97	
Switzerland	O	0.976			1.00		0.95			
전체		0.766	0.71	0.67	0.75	0.75	0.81	0.78	0.80	0.86
수직통합구조	I	0.727	0.67	0.67	0.72	0.68	0.73	0.76	0.72	0.82
수직통합유지	O	0.742	0.68	0.59	0.74	0.72	0.80	0.76	0.78	0.85
수직분리구조	S	0.846	0.82	0.77	0.78	0.83	0.90	0.87	0.91	0.93

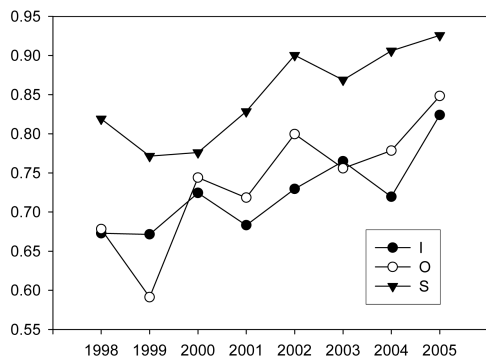


Fig. 3. Changes in mean operational efficiencies

Table 2의 마지막 세 개의 행은 수직통합구조(I)를 갖고 있는 국가들, 지주회사의 형태로 수직통합을 유지(O)하고

있는 국가들, 수직분리구조(S)를 갖고 있는 국가들의 운영 효율성 추정치의 평균을 나타낸 것이다. 그리고 Fig. 3은 1998년부터 2005년까지의 운영효율성 추정치의 평균을 산업구조별로 꺾은선그래프로 나타낸 것이다. Fig. 3을 살펴보면 수직분리구조(S), 수직통합유지(O), 수직통합구조(I) 모두 시간에 따라 운영효율성이 증가하는 추세를 공통적으로 보여주고 있으나 수직분리구조(S)의 꺾은선의 위치가 수직통합유지(O) 및 수직통합구조(I)의 꺾은선의 위치 보다 상대적으로 높은 위치에 있다. 이는 수직분리구조를 가진 국가의 철도산업이 수직통합구조를 가졌거나 또는 지주회사의 형태로 수직통합을 유지하고 있는 국가의 철도산업 보다 상대적으로 운영효율성이 우월할 가능성이 높다는 것을 보여준다. 이러한 가능성이 어느정도인가는 3.2절에서 설명한 Simar and Wilson[18]의 효율성에 관한 가설검정방법을 사용하여 확인해 볼 수 있다.

Table 3은 3.2절에서 설명한 Simar and Wilson[18]의 효율성에 관한 가설검정방법을 사용하여 철도산업구조별 운영 효율성에 관한 다음과 같은 3가지 가설을 검정한 결과이다.

가설1 :  $H_0 : E(\theta_o) = E(\theta_I), H_1 : E(\theta_o) > E(\theta_I)$

가설2 :  $H_0 : E(\theta_s) = E(\theta_o), H_1 : E(\theta_s) > E(\theta_o)$

가설3 :  $H_0 : E(\theta_s) = E(\theta_I), H_1 : E(\theta_s) > E(\theta_I)$

여기서  $E(\theta_I)$ 는 수직통합구조(I)기업군의 운영효율성 평균,  $E(\theta_o)$ 는 수직통합유지(O)기업군의 운영효율성 평균,  $E(\theta_s)$ 는 수직분리구조(S)기업군의 운영효율성 평균을 의미한다. Table 3의 두 번째 열은 식 (3)의 검정통계량을 표본자료에 적용하여 구한 관측값  $\tau_o$ 이다. 세 번째 열의 유의확률(p값) 추정치는 반복회수 B의 값을 2,000으로 설정하고 Simar and Wilson[18]의 붓스트랩알고리즘으로 구한 검정통계량의 경험적 몬테카를로분포  $\{\hat{\tau}_b^* | b=1,2,\dots,B\}$ 에 식 (2)를 적용하여 추정한 값이다.

Table 3. Hypothesis test

	가설	검정통계량의 관측값 ( $\tau_o$ )	유의확률 (p값) 추정치
가설1	$H_0 : E(\theta_o) = E(\theta_I)$ $H_1 : E(\theta_o) > E(\theta_I)$	1.0210	0.7300
가설2	$H_0 : E(\theta_s) = E(\theta_o)$ $H_1 : E(\theta_s) > E(\theta_o)$	1.1399	0.4485
가설3	$H_0 : E(\theta_s) = E(\theta_I)$ $H_1 : E(\theta_s) > E(\theta_I)$	1.1638	0.6685

유의확률(p값)은 귀무가설이 사실임에도 불구하고 귀무가설을 기각하는 오류 즉 1종오류를 범할 확률의 관측값이다

다. 따라서 유의확률(p값)이 큰 경우 귀무가설을 기각할 수 없다. 유의수준을 0.1로 설정하더라도 Table 3의 각 가설의 유의확률(p값)은 모두 유의수준보다 크다. 따라서 가설1, 가설2, 가설3의 귀무가설을 기각할 수 없다. Table 3에서 가설2와 가설3의 경우 검정통계량의 관측값이 1보다 충분히 큰 값을 가지고 있어 수직분리구조를 가진 국가의 철도 산업이 수직통합구조를 가졌거나 또는 지주회사의 형태로 수직통합을 유지하고 있는 국가의 철도산업보다 상대적으로 운영효율성이 우월할 가능성이 높아보지만 통계적으로 유의한 차이를 가지지는 못하였다.

### 5. 결론

철도산업의 수직분리와 운영효율성의 관련성에 관하여 충분히 검토된 양질의 정보가 축적되기 위해서는 다양한 각도에서 다양한 방법으로 검토할 필요가 있다. 본 논문에서는 수직분리 및 수직통합의 경험이 함께 존재하는 유럽 철도의 자료를 기존연구에서 사용된 바 없는 Simar and Wilson[18]의 붓스트랩을 활용한 효율성에 관한 가설검정 방법으로 분석하여 수직분리가 철도산업의 운영효율성과 어떤 관련성을 가지고 있는지를 밝혀보고자 하였다. 1998년부터 2005년까지 8년간 20개 유럽국가의 자료를 분석한 결과 검정통계량의 관측값은 수직분리구조를 가진 국가의 철도산업이 수직통합구조를 가졌거나 또는 지주회사의 형태로 수직통합을 유지하고 있는 국가의 철도산업보다 상대적으로 운영효율성이 높게 타나났으나 그러한 차이가 통계적으로 뒷받침되지는 못하였다.

본 연구에서 사용된 표본자료에 포함되어야 할 관측값은 160개(=20개국×8년)인데 이 중 18%에 해당되는 28개가 결측으로 포함되지 못했다. 또한 영국과 덴마크는 결측으로 표본에서 제외되었고, 슬로바키아, 체코공화국, 스페인 등은 2002년 이후에 수직분리정책을 선택하여 표본에 포함되지 못하였다. 이러한 한계점은 향후 다양한 원천으로부터의 결측값 관측 및 시간의 흐름에 의한 자연스러운 자료의 누적으로 극복될 수 있을 것으로 생각된다.

### 감사의 글

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

### 참고 문헌

1. 양근울(2001), “외국 철도구조 개혁의 최근동향 분석 및 한국 철

도구조 개혁에의 시사점 - 철도경쟁력과 관련하여 -, 한국철도학회 2001년 추계학술대회.

2. M. Asmild, T. Holvad, J. L. Hougaard, and D. Kronborg (2008), “Railway reforms: Do they influence operating efficiency?” University of Copenhagen, Department of Economics, Discussion Papers No. 08-05.

3. D. Bouf, Y. Crozet, and J. Leveque(2005), “Vertical separation, disputes resolution and competition in railway industry,” 9th Conference on Competition and Ownership in Land Transport, Lisbon.

4. P. Cantos, J. M. Pastor, and L. Serrano(1999), “Productivity, efficiency and technical change in the european railways: A non-parametric approach,” *Transportation*, Vol. 26, No. 4, pp. 337-357.

5. T. Coelli and S. Perelman(1999), “A comparison of parametric and non-parametric distance functions: With application to european railways,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 117, No. 2, pp. 326-339.

6. ECMT(2005), *Railway Reform and Charges for the Use of Infrastructure*, Paris: OECD.

7. R. Färe and D. Primont(1995), *Multi-output Production and Duality: Theory and Applications*, Boston: Kluwer Academic Publishers.

8. M. J. Farrell(1957), “The measurement of productive efficiency,” *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General* Vol. 120, No. 3, pp.253-281.

9. G. Friebel, M. Ivaldi, and C. Vibes(2008), “Railway (De) Regulation: A european efficiency comparison,” *Economica* (forthcoming).

10. H. J. Gathon and P. Pestieau(1995), “Decomposing efficiency into its managerial and its regulatory components: The case of european railways,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 80, No. 3, pp.500-507.

11. Growitsch, C. and H. Wetzel(2007), “Testing for economies of scope in european railways: An efficiency analysis,” University of Lüneburg, Working Paper Series in Economics No. 72.

12. NEA(2005), *European Railways Administrations Institutions and Legislation (ERAIL)*, Final Report for European Commission, DG Transport and Energy, The Netherlands: NEA Transport Research and Training.

13. NERA(2004), “Study of the financing of public budget contributions to railways,” A Final Report for European Commission, DG TREN, London: NERA(National Economic Research Associates).

14. A. Korostelev, L. Simar, and A. Tsybakov(1995), “Efficient estimation of monotone boundaries,” *Annals of Statistics* Vol. 23, pp.476-489.

15. T. H. Oum and C. Yu(1994), “Economic efficiency of railways and implications for public policy: A comparative study of the OECD countries' railways,” *Journal of Transport Economics & Policy*, Vol. 28, No. 2, pp.121-138.

16. S. J. Sheather and M. C. Jones(1991), “A reliable data-based bandwidth selection method for kernel density estimation,” *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, Vol. 53, No. 3, pp.683-690.

17. L. Simar and P. W. Wilson(1998), "Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric Frontier Models," *Management Science* Vol. 44, No. 1, pp.49-61.
  18. L. Simar and P. W. Wilson(2008), "Statistical inference in nonparametric frontier models: Recent developments and perspectives," in H. O. Fried, C. A. K. Lovell, and S. S. Schmidt (Eds.), *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, New York: Oxford University Press, pp. 421-521.
  19. L. S. Thompson(1997), "The benefits of separating rail infrastructure from operations," World Bank: Public Policy for the Private Sector Note No. 135.
  20. H. R. Varian(1992), *Microeconomic Analysis*, Third Edition, New York: W. W. Norton & Company.
- 접수일(2009년 2월 2일), 수정일(2009년 6월 17일),  
게재확정일(2009년 12월 2일)