

■ 論 文 ■

일반초월대수 비용함수모형을 이용한 한국 철도산업의 규모 및 범위의 경제성 분석

Economies of Scale and Scope in the Korean Railway Industry :
A Generalized Translog Cost Function Approach

박진경

(서울대학교 환경대학원 박사과정)

김성수

(서울대학교 환경대학원 교수)

목 차

- | | |
|---|--|
| <p>I. 서론</p> <p>II. 모형의 설정</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 일반초월대수 총비용함수모형</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 규모의 경제성</p> <p style="padding-left: 20px;">3. 범위의 경제성</p> <p>III. 자료와 추정방법</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 자료</p> | <p style="padding-left: 20px;">2. 추정방법</p> <p>IV. 모형의 추정결과</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 일반초월대수 총비용함수</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 규모의 경제성</p> <p style="padding-left: 20px;">3. 범위의 경제성</p> <p>V. 결론</p> <p>참고문헌</p> |
|---|--|

Key Words : 한국 철도산업, 규모의 경제성, 범위의 경제성, 비용함수, 일반초월대수 함수형태

요 약

본 논문은 일반초월대수 함수형태의 다산출물 총비용함수모형을 이용해 시설부문과 운영부문이 수직적으로 통합된 우리나라 철도산업의 규모 및 범위의 경제성을 분석하였다. 이때 철도청은 노동, 동력 및 유지보수, 차량 및 자본의 세 가지 생산요소를 투입하여 인키로, 톤키로, 승객평균탑승거리, 화물평균운송거리의 네 가지 산출물을 생산하는 기업형태로 상정되었다. 비용함수와 요소비용비중식으로 구성된 연립방정식 체계는 철도청의 26개 연도(1977~2002)별 시계열 자료와 반복결합일반화최소자승법을 사용해 추정되었다.

추정결과 우리나라 철도산업의 생산기술은 코브-더글라스 특성을 갖지 않으며, 동조적이며 동차적인 특성도 갖지 않는 것으로 나타났다. 한편 우리나라의 철도산업은 여객과 화물운송부문별로 각각 규모의 경제가 존재하고, 두 운송부문간에 상당히 큰 범위의 경제가 존재하며, 전반적으로 대단히 큰 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 또한 여객과 화물운송부문간에 존재하는 범위의 경제는 연구기간동안 전체 산출량에서 인키로가 차지하는 비율은 점차 증가하였던 반면 승객평균탑승거리는 점차 감소하였으므로 최근으로 올수록 보다 더 커졌으며, 승객평균탑승거리보다 인키로 비율에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

I. 서론

우리나라의 철도산업은 안전성, 정시성, 환경친화적, 에너지 절약적, 장거리 대량수송 등 철도수단이 가지고 있는 많은 장점에도 불구하고 수요 감소, 철도시설에 대한 투자 미흡¹⁾, 그리고 시설부문과 운영부문을 함께 맡아왔던 철도청의 경영 비효율성 등 때문에 많은 어려움에 처해 왔다. 최근 정부는 철도산업이 직면한 이러한 어려움을 타개하기 위해 철도산업 발전 및 구조개혁에 관한 법률²⁾을 제정하였으며, 이 법에 따라 철도산업의 구조를 개편하고 있는 중이다. 즉 철도산업의 시설부문과 운영부문을 수직적으로 분리하여 시설부문의 신설 건설은 한국철도시설공단이 맡고, 운영부문과 시설부문의 유지보수는 한국철도공사가 맡도록 할 계획이다³⁾. 또한 운영부문은 업종 전문화와 철도화물 활성화를 위하여 2006년을 목표로 여객운송부문(수도권 전철부문 포함)과 화물운송부문을 분할하여 독립 법인화할 계획이다. 이때 수직분리방안이란 역사와 차량정비시설을 제외한 선로 등의 철도시설 신설만을 한국철도시설공단이 담당하는 것이며, 철도운영을 비롯하여 철도차량의 구입과 유지보수, 역사 및 차량정비시설의 신설과 유지보수 그리고 그외 모든 철도시설의 유지보수는 한국철도공사가 담당하게 되는 것이다. 따라서 우리나라 철도산업은 구조가 개편된다고 하더라도 실질적으로는 현재 철도청과 같은 수직통합구조와 크게 다르지 않다.

철도산업과 같은 다산출물 산업의 경우 우리나라를 포함한 여러 나라에서 시행 중이거나 시행할 계획인 구조개편방안들⁴⁾이 경제적으로 타당한지 여부를 검증하기 위해서는 규모의 경제성 뿐만 아니라 범위의 경제성도 함께 분석할 필요가 있다. 예를 들면 우리나라에서 시행할 계획인 방안은 시설부문과 운영부문간 및 두 운영부문(여객운송부문과 화물운송부문)간에 범위의 경제

가 존재하지 않고, 시설부문과 두 운영부문의 산출량이 각각 규모의 경제가 존재하는 영역 이내일 경우에만 경제적으로 타당하다고 할 수 있다. 한편 일본에서 시행된 방안, 즉 시설부문과 여객운송부문이 수직적으로 통합된 6개의 지역여객철도업체와 화물운송부문을 영위하는 1개의 전국화물철도업체로 분할한 방안은 시설부문과 여객운송부문간에 범위의 경제가 존재하나 두 운영부문간에는 범위의 경제가 존재하지 않고, 여객운송부문의 산출량은 최소효율규모(minimum efficient scale)보다 상당히 크나 화물운송부문의 산출량은 최소효율규모 이하일 경우 경제적으로 타당하다고 할 수 있다.

본 연구는 우리나라의 철도산업을 시설부문과 운영부문이 수직적으로 통합된 다산출물 산업으로 상정하여 일반초월대수(generalized translog) 함수형태의 총비용함수모형을 설정하고, 철도청의 26개 연도(1977~2002)별 시계열 자료를 사용해 이를 추정한 후 규모 및 범위의 경제성을 분석한 다음 철도산업의 구조개편과 관련된 정책적 시사점을 제시하는 데 그 목적이 있다. 본 연구에서 우리나라의 철도산업을 수직적으로 통합된 산업으로 상정하고 규모 및 범위의 경제성을 분석하는 주된 이유는 총비용함수모형을 추정하는 데 사용되는 자료가 연구기간 동안 시설부문과 운영부문을 수직적으로 통합해 운영하였던 철도청의 자료⁵⁾이고, 위에서 언급한 바와 같이 우리나라 철도산업은 구조가 개편된다고 하더라도 실질적으로는 수직통합구조와 크게 다르지 않기 때문이다. 또한 철도산업의 비용구조를 분석했던 선행 연구에서 많이 사용되었던 초월대수(translog) 함수형태 대신 일반초월대수 함수형태를 이용하는 주된 이유는 어떤 산출물의 산출량 항에 0의 값을 직접 대입해 규모 및 범위의 경제성 지수를 보다 정확하게 계산할 수 있기 때문이다.

- 1) 교통부문의 사회간접자본관련 투자배분문제가 대두됨에 따라 건교부는 2004년 5월 교통시설특별회계법 시행규칙 개정안을 공포한 바 있다. 즉 도로계정의 배분비율을 교통세의 65.5%에서 51~59%로 축소하고, 도시철도 및 철도계정 배분비율을 18.2%에서 20~30%로 확대하겠다고 밝혔다.
- 2) 우리나라 철도구조개혁의 三法은 2003년 7월에 공포된 철도산업발전기본법, 한국철도시설공단법과 2003년 12월에 공포된 한국철도공사법이며, 하위법령으로 시행령과 시행규칙을 포함하고 있다.
- 3) 여기서 시설부문에 해당되는 시설자산은 선로를 비롯한 터널, 건물, 교량, 전차선, 전기설비, 그리고 철도교통관제시설 등으로 역사(역광장 포함)가 제외된다. 이 자산은 정부가 소유하고, 한국철도시설공단이 철도시설 신설과 함께 위탁관리한다. 역사를 비롯한 차량과 차량정비시설 등의 철도자산은 운영자산으로 분류되어 한국철도공사에 현물출자되고, 한국철도공사가 승객과 화물수송을 비롯한 철도운영 관련사업을 수행하고 운영자산과 관련된 유지보수를 담당한다. 여기서 시설자산과 관련된 유지보수는 현재 철도청이 담당하고 있으며, 2005년 1월부터는 한국철도공사에 위탁될 계획이다.
- 4) 여러 나라에서 시행 중인 철도산업 구조개편방안들에 관한 개괄적인 설명 및 비교·평가에 관해서는 Campos and Cantos(1999) 등을 참조.
- 5) 최근까지 우리나라와 외국에서 철도산업은 수직적으로 통합된 기업들로 구성되었기 때문에 철도산업을 수직적으로 분리된 산업으로 상정하고 시설부문과 운영부문 각각에 대한 규모의 경제성 및 이 두 부문간의 범위의 경제성을 직접적으로 분석한 연구는 우리나라와 외국 모두에서 전무한 상태이다.

본 연구와 같이 철도산업을 수직적 통합산업으로 상정하고 다산출물 비용함수 추정을 통해 규모 및 범위의 경제성을 함께 분석한 연구로는 우리나라의 경우 배양선(1998)과 하현구·이경미(2002)가 있으며⁶⁾, 외국의 경우 Kim(1987)과 Ida and Suda(2004)가 있을 뿐이다⁷⁾. 게다가 이들의 연구결과는 분석방법, 즉 비용함수의 형태, 산출물의 종류 및 생산요소의 수 등과 분석에 사용된 자료가 기업 단위인지 또는 노선 단위인지, 그리고 분석대상에 포함된 철도기업들의 규모 및 산출물 구성비율에 따라 상이하게 나타난다.

먼저 배양선(1998)은 우리나라의 철도산업에는 1990년대 초반까지는 전반적인 규모의 경제가 존재했으나 1990년대 중반에는 전반적인 규모의 경제가 상실되었으며, 지역간 여객운송부문과 화물운송부문간에는 범위의 경제가 존재했으나 지역간 여객운송부문과 수도권 전철부문간에는 범위의 불경제가 존재했다는 분석결과를 제시하고 있다⁸⁾. 또한 하현구·이경미(2002)는 노선별로 전반적인 규모의 경제가 존재했으며, 여객운송부문과 화물운송부문간에 범위의 경제도 존재했다는 분석결과를 제시하고 있다⁹⁾.

한편 Kim(1987)은 미국의 철도산업에는 여객과 화물운송부문별로는 대단히 큰 규모의 경제가 존재했으나, 두 운송부문간에 상당히 큰 범위의 불경제가 존재했기 때문에 전반적으로는 작은 규모의 경제가 존재했다는 분석결과를 제시하고 있다. 또한 Ida and Suda(2004)는 일본의 철도산업에는 평균적으로 일반여객과

고속여객운송부문별로는 상당히 큰 규모(또는 밀도)의 경제가 존재했으나, 두 여객운송부문간에는 작은 범위의 경제(비용보완성)가 존재했다는 분석결과를 제시하고 있다.

본 연구는 먼저 2장에서 일반초월대수 함수형태의 총비용함수모형을 설정하고, 이로부터 도출되는 전반적인 규모 및 산출물별 규모의 경제성 지수와 범위의 경제성 지수에 대하여 설명한다. 3장에서는 총비용함수모형을 추정하는 데 사용되는 자료와 추정방법을 설명하고, 4장에서 추정결과와 함께 전체 산출량에서 인키로가 차지하는 비율과 승객평균탑승거리가 범위의 경제성에 미치는 영향을 추정한다. 마지막으로 5장에서 분석결과를 요약하고, 우리나라의 철도산업구조를 개편하는 방안에 대한 정책적 시사점에 관해 논한다.

II. 모형의 설정

1. 일반초월대수 총비용함수모형

본 연구는 철도청을 노동, 동력 및 유지보수, 차량 및 자본의 세 가지 생산요소를 투입하여 인키로, 톤키로, 승객평균탑승거리, 화물평균운송거리의 네 가지 산출물¹⁰⁾을 생산하는 기업형태로 가정하여 총비용함수모형을 설정하였다¹¹⁾. 산출물의 경우 이질성을 반영하기 위해 Caves et al.(1981)과 Caves et al.(1985)에서와 같이 산출물을 여객 인키로와 화물 톤키로로 분

6) 이외에도 우리나라의 철도산업을 대상으로 한 연구로는 서선덕·이재훈(1994)과 김태승(1999)이 있다. 서선덕·이재훈(1994)은 여객과 화물운송부문 각각에 대해 단일산출물 비용함수모형을 설정하고, 노선별 자료를 사용해 이를 추정한 다음 부문별 규모의 경제성을 분석하였다. 반면 김태승(1999)은 대량화물과 제조업화물운송부문에 대한 다산출물 비용함수모형을 설정하고, 노선별 자료를 이용해 이를 추정한 다음 규모의 경제성과 두 화물운송부문간 범위의 경제성을 분석하였다.

7) 반면 외국의 철도산업을 대상으로 다산출물 비용함수 추정을 통해 규모(또는 밀도)의 경제성만을 분석한 연구는 상당히 많은 편이다. 예를 들면 Brown et al.(1979), Caves et al.(1980), Caves et al.(1981), Caves et al.(1985), Mancuso and Reverberi(2003) 등을 들 수 있다. 이 연구들의 공통점으로는 비용함수를 추정할 때 노선별 자료가 아니라 기업 단위의 자료를 사용하고 있다는 점을 들 수 있다.

8) 이 연구에서 비용함수를 추정하는 데 사용된 자료는 철도청의 20개 연도(1977~1996)별 시계열 자료이기 때문에 자유도가 부족한 문제점을 갖고 있다.

9) 이 연구는 비용함수를 추정하는 데 19개 노선에 대한 10개 연도(1990~1999)의 결합자료(pooling data)를 사용하기 때문에 자유도가 부족한 문제점을 갖고 있지는 않다. 그러나 기업 단위의 자료가 아니라 노선 단위의 자료를 사용하기 때문에 다음과 같은 문제점들을 갖고 있는 것으로 판단된다. 먼저 철도통계연보와 경영성적보고서 및 결산보고서 등에 제시되어 있는 철도청 전체의 자료로부터 노선별 요소비용과 요소가격 자료 등을 구축하는 과정에서 적용된 여러 가정들이 규모 및 범위의 경제성에 관한 연구결과에 사전적으로 큰 영향을 미칠 수 있다. 또한 이 연구에서 제시된 전반적인 규모의 경제성에 관한 연구결과는 규모 또는 네트워크규모(network size)의 경제성이 아니라 단일 노선에 대한 영업연장(route length)의 경제성에 관한 것으로 해석된다.

10) Oum and Waters II(1996, 1997)는 다산출물의 특성을 반영할 수 있는 2가지 접근법을 제시하였다. 첫째, 비용함수에서 고려하는 산출물의 수를 증가시키는 방법으로, 철도산업의 경우 승객과 화물로 분리하는 것이 일반적이다. 둘째, 여러 산출물들의 산출량을 각 산출물의 수입비중(revenue share) 등을 반영해 하나의 산출물지수(output index)로 집계하여 나타내고, 산출물들의 속성(attributes)인 평균탑승(또는 운송)거리, 평균적재량, 또는 벌크화물의 비율 등을 함께 고려하는 방법이다.

11) 본 연구에서는 다음과 같은 두 가지 이유 때문에 총비용함수모형을 설정할 때 네트워크 변수를 제외하였다. 첫째, 모형을 추정할 때 사용되는 표본의 규모가 작기 때문이다. 둘째, 네트워크 변수로 고려할 수 있는 철도청의 영업연장 또는 궤도연장이 연구기간 동안 크게 달라지지 않았기 때문이다. 본 연구에서와 같이 총비용함수모형을 설정할 때 네트워크 변수를 제외한 연구의 예로는 Caves et al.(1980), Kim(1987), 그리고 Ida and Suda(2004) 등을 들 수 있다.

류12)하고, 이들의 속성인 승객의 평균탑승거리와 화물의 평균운송거리를 함께 포함시켰다.

비용함수의 형태는 1계·2계 미분에 대한 사전적 제약이 없는 유연한 형태의 일반초월대수 함수형태이다13). 이 함수형태는 요소가격은 자연대수를 취하는 반면 산출물은 Box-Cox 변환을 취하기 때문에 산출물 벡터에 0이 있는 기업을 분석대상에 포함시킬 수 있으며, 규모 및 범위의 경제성을 분석할 때 매우 적합하다. 본 연구에서 사용되는 시계열 자료에서 자주 나타나는 오차항의 자기상관(autocorrelation) 문제를 해결하기 위해 1계 자기회귀구조(first-order autoregressive structure)를 도입하면 총비용함수모형은 식(1)과 같이 설정된다.

$$\ln TC_t = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i Y_{it}^* + \sum_m \beta_m \ln P_{mt} + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \gamma_{ij} Y_{it}^* Y_{jt}^* + \frac{1}{2} \sum_m \sum_n \delta_{mn} \ln P_{mt} \ln P_{nt} + \sum_i \sum_m \theta_{im} Y_{it}^* \ln P_{mt} + u_{ct} \quad (1)$$

$$u_{ct} = \rho_c u_{ct-1} + \varepsilon_{ct}$$

여기서 TC_t : 총비용

Y_{it}^* : 산출물 i 의 산출량 Y_{it} 의 Box-Cox 변환치

P_{mt} : 생산요소 m 의 가격

i, j : 인키로(p), 톤키로(f), 승객평균탑승거리(d), 화물평균운송거리(s)

m, n : 노동(l), 동력 및 유지보수(e), 차량 및 자본(k)

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \theta$: 추정해야 할 모수(parameter)

u_{ct} : 오차항(error term)

ρ_c : 자기상관계수(autocorrelation coefficient)

ε_{ct} : 백색잡음(white noise)

식(1)에서 Box-Cox 변환된 변수 Y_{it}^* 는 식(2)와 같이 정의된다.

$$Y_{it}^* = \begin{cases} (\frac{Y_{it}^{\lambda_i} - 1}{\lambda_i}), & \text{if } \lambda_i \neq 0 \\ \ln Y_{it} & \text{if } \lambda_i = 0 \end{cases} \quad (2)$$

식(1)은 2차까지 전개한 테일러시리즈이므로 함수 $\ln TC$ 에 대한 헤시안 행렬(Hessian matrix)이 대칭(symmetry)이어야 한다. 따라서 식(1)의 계수가 식(3)의 조건을 만족해야 한다.

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}, \quad \delta_{mn} = \delta_{nm} \quad (3)$$

또한 비용함수는 정규성 조건, 즉 요소가격에 대한 연속성, 1차 동차성, 비감소성, 오목성 조건을 만족해야 한다. 여기서 1차 동차성 조건14)은 식(1)의 모수에 대한 식(4)의 제약조건으로 미리 부과된다15).

$$\begin{aligned} \sum_m \beta_m &= 1 \\ \sum_m \delta_{mn} &= 0, \quad \text{for all } m = l, e, k \\ \sum_i \theta_{im} &= 0, \quad \text{for all } i = p, f, d, s \end{aligned} \quad (4)$$

한편 식(1)에 Shephard의 정리를 적용하면 요소비용비중식(input share equation)을 구할 수 있다. 즉 생산요소 m 의 비용이 총비용에서 차지하는 비중 또는 점유율(S_{mt})은 식(1)을 생산요소 m 의 가격(P_{mt})에 대해 로그미분(log differentiation)함으로써 식(5)와 같이 구할 수 있다.

- 12) 우리나라 철도산업의 산출물로는 지역간 여객부문의 여객 인키로, 화물 톤키로, 그리고 수도권 전철부문의 여객 인키로로 분류하는 것이 보다 적절할 수도 있다. 그러나 본 연구에서 사용된 시계열 자료는 관찰점 수가 26개로 많지 않기 때문에 산출물을 세 가지로 분류하기에는 추정해야 할 모수의 수가 너무 많다. 또한 우리나라는 2006년을 목표로 여객운송부문(수도권 전철부문 포함)과 화물운송부문에 분할하여 독립법인화할 계획이므로 산출물을 여객 인키로와 화물 톤키로의 두 가지로 분류하였다. 우리나라 철도산업의 비용구조를 보다 정확하게 분석하기 위해서는 추후 더 많은 관찰점 수를 확보한 후 산출물을 세 가지로 구분하여 연구를 진행할 필요가 있을 것으로 사료된다.
- 13) Caves et al.(1980)는 다산출물 산업의 비용구조를 분석하는 데 이용 가능한 함수형태로 Diewert의 혼합 비용함수(hybrid Diewert cost function), 초월대수 비용함수, 그리고 이차(quadratic) 비용함수를 제시하였다. 그리고 비용함수형태가 가격이 할 바람직한 조건으로 요소가격에 대해 1차 동차이고, 모수의 수가 적으며, 산출량 수준에 0을 넣을 수 있어야 한다고 하였다. 이러한 관점에서 Diewert의 혼합 비용함수는 추정해야 할 모수의 수가 너무 많고, 이차 비용함수는 요소가격에 대한 1차 동차성 조건을 만족하지 못하며, 초월대수 비용함수는 산출량 수준에 0을 넣을 수 없기 때문에 부적합하다고 하였다. 또한 세 함수형태의 이러한 단점을 모두 극복할 수 있는 함수형태로 일반초월대수 비용함수를 제시하였다. 일반초월대수 비용함수는 때때로 수정(modified)초월대수 비용함수 또는 혼합(hybrid) 비용함수로 불리기도 한다.
- 14) 요소가격에 대한 1차 동차성 조건과 대칭성 조건을 부과하면 추정해야 하는 모수의 수가 제약식의 수만큼 감소한다.
- 15) 연속성 조건은 모형의 설정단계에서 이미 부과되었고, 비감소성과 오목성 조건은 일반초월대수 함수형태의 총비용함수모형을 추정할 다음 사후적으로 검증된다.

$$S_{mt} = \frac{P_{mt} X_{mt}}{TC_t} = \frac{\partial TC_t}{\partial P_{mt}} \cdot \frac{P_{mt}}{TC_t} = \frac{\partial \ln TC_t}{\partial \ln P_{mt}}$$

$$= \beta_m + \sum_m \delta_{mm} \ln P_{mt} + \sum_i \theta_{im} Y_{it}^* + u_{mt} \quad (5)$$

$$u_{mt} = \rho_m u_{mt-1} + \epsilon_{mt}$$

2. 규모의 경제성

다산출물 산업의 경우 규모의 경제성은 전반적인 규모의 경제성(overall economies of scale)과 산출물별 규모의 경제성(product-specific economies of scale)으로 나뉘어 정의된다. 일반적으로 전반적인 규모의 경제성, 즉 여기서는 여객과 화물운송부문을 모두 고려한 규모의 경제성은 산출물별 비용탄력성 합 의 역수로 계산되며 식(6)과 같다¹⁶⁾.

$$EOS(Y^*, P) = \frac{TC(Y^*, P)}{\sum_i Y_i^* MC_i} = \frac{1}{\sum_i \epsilon_{CY_i}} \quad (6)$$

식(6)에서 $EOS > 1$ 이면 전반적인 규모의 경제가 존재하고, $EOS < 1$ 이면 전반적인 규모의 불경제가 존재함을 의미한다. 여기서 산출물별 비용탄력성은 식(7)과 같이 계산된다.

$$\epsilon_{CY_i} = \frac{\partial \ln TC}{\partial \ln Y_i^*} = [\alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} Y_j^* + \sum_m \theta_{im} \ln P_m] \cdot Y_i^* \quad (7)$$

본 연구는 승객평균탑승거리와 화물평균운송거리를 산출물 벡터에 포함하고 있으므로 전반적인 규모의 경제성 지수를 Caves et al.(1981)과 Caves et al.(1985)과 같이 식(8)의 $EOS 1$ 과 $EOS 2$ 로 나누어 고려한다.

$$EOS 1(Y^*, P) = \frac{1}{\epsilon_{CY_1} + \epsilon_{CY_2} + \epsilon_{CY_3} + \epsilon_{CY_4}} \quad (8)$$

$$EOS 2(Y^*, P) = \frac{1}{\epsilon_{CY_1} + \epsilon_{CY_2}}$$

식(8)에서 $EOS 1$ 은 네 가지의 모든 산출물의 산출량이 동시에 동일한 비율로 증가할 때 총비용이 어느

정도 증가하는 지를 측정하는 것이다. 엄밀히 말해 승객수와 화물의 수송톤수가 고정되어 있을 때 인키로와 톤키로가 증가하는 것은 승객평균탑승거리와 화물평균운송거리의 증가로 인해 발생하는 것이고, 이로 인한 총비용의 증가율을 의미한다. $EOS 2$ 는 인키로와 톤키로의 비용탄력성만을 이용하여 규모의 경제성을 계산하므로, 승객평균탑승거리와 화물평균운송거리가 불변일 때 승객수와 화물의 수송톤수 증가에 따른 총비용의 증가율을 나타낸다.

산출물별 규모의 경제성, 즉 i 번째 산출물에 국한된 규모의 경제성 지수는 식(9)와 같이 계산된다.

$$EOS_i(Y^*, P) = \frac{IC_i(Y^*, P)}{Y_i^* MC_i(Y^*, P)} = \frac{AIC_i(Y^*, P)}{MC_i(Y^*, P)} = \frac{IC_i/TC}{\epsilon_{CY_i}}$$

$$IC_i(Y^*, P) = TC(Y^*, P) - TC(Y_{N-i}^*, P)$$

$$TC(Y_{N-i}^*, P) = TC(Y_1^*, \dots, Y_{i-1}^*, 0, Y_{i+1}^*, \dots, Y_N^*)$$

$$AIC_i(Y^*, P) = \frac{IC_i(Y^*, P)}{Y_i^*} \quad (9)$$

여기서 $IC_i(Y^*, P)$ 는 i 번째 산출물의 증분비용(incremental cost)으로, 다른 산출물의 양을 일정하게 하고 i 번째 산출물만 생산을 중단함으로써 절감할 수 있는 비용을 말한다. 식(9)에서 $EOS_i > 1$ 이면 i 번째 산출물에 국한된 규모의 경제가 존재하는 것이고, $EOS_i < 1$ 이면 규모의 불경제가 존재함을 의미한다.

3. 범위의 경제성

규모의 경제성과 함께 다산출물을 생산하는 기업의 비용특성으로 범위의 경제성(economies of scope)을 들 수 있다. 식(10)으로 정의되는 범위의 경제성 지수는 개별기업이 하나의 산출물을 각각 생산할 때보다 하나의 기업이 두 개 또는 그 이상의 산출물을 함께 생산할 때의 비용 감소율 또는 증가율을 나타낸다.

$$SOE = \frac{\sum_i TC(Y_i^*, P) - TC(Y^*, P)}{TC(Y^*, P)} \quad (10)$$

식(10)에서 $SOE > 0$ 이면 범위의 경제가 존재하고,

16) 식(6)부터 식(11)까지에서는 식의 표현을 간단하게 하기 위해 연도를 나타내는 하첨자 t 를 생략하였다.

$SOE < 0$ 이면 범위의 불경계가 존재함을 의미한다. 범위의 (불)경계가 존재한다면 하나의 기업이 두 개 또는 그 이상의 산출물을 함께 생산할 때 드는 결합생산비용이 개별생산비용의 합보다 적(크)다. 한편 생산요소가 완전히 차별화되어 산출물 간의 비용보완성이 전혀 없다면 범위의 경제 및 불경계도 존재하지 않아 $SOE = 0$ 이 된다.

다산출물 기업의 전반적인 규모의 경제는 산출물별 규모의 경제와 범위의 경제로 구성된다. 따라서 Kim(1987)에서처럼 산출물별 규모 및 범위의 경제성 지수로부터 전반적인 규모의 경제성 지수를 식(11)과 같이 도출할 수 있다.

$$EOS = \frac{\sum_i a_i EOS_i}{\sum_i IC_i / TC} = \frac{\sum_i a_i EOS_i}{1 - SOE} \quad (11)$$

여기서 $a_i = \frac{Y_i MC_i}{\sum_i Y_i MC_i}$ 이고, $\sum_i a_i = 1$

범위의 경제가 상당히 크게 존재한다면 Baumol et al.(1982)이 밝혔던 것처럼 규모의 불변수익 또는 산출물별 규모의 불경계가 있다고 하더라도 산출물간의 비용보완성 때문에 전반적인 규모의 경제가 있을 수 있다. 반면 산출물별 규모의 경제는 존재하나 범위의 경제가 존재하지 않는다면 규모의 경제 하에서 서로 다른 산출물을 각각 생산하는 별도의 산업으로 구분되므로 이 산업은 다산출물 산업으로서의 특성을 갖지 못하며, 하나의 기업이 모든 산출물을 생산하는 것은 비용 측면에서 타당하지 않다.

III. 자료와 추정방법

1. 자료

총비용함수모형의 추정에 사용되는 자료는 철도청에

대한 1977~2002년의 시계열 자료¹⁷⁾로, 각 연도의 철도통계연보와 경영성적보고서를 이용해 구축되었다. 1977년 이전의 자료를 제외시킨 이유는 회계계정의 변화 때문으로 1977년 이전에는 영업비용이 시설유지비, 전기유지비, 기관차 및 차량지비, 수송비로 구성되어 있었으나 1977년 이후부터 인건비, 경비, 자산관련 경비로 통합되어 일관된 자료를 구축할 수 없었기 때문이다.

본 연구는 철도청이 모든 생산요소의 투입량을 최적으로 조절할 수 있다는 가정 하에 총비용은 노동, 동력 및 유지보수, 차량 및 자본의 세 가지 생산요소비용의 합으로 산정하였다. 먼저 노동비용은 손익계산서에 나와 있는 인건비와 경비 중 복리후생비를 더해 산정되며, 이를 소비자 물가지수를 이용하여 2002년 불변가격으로 환산하였다. 경비의 세부 항목은 경영성적보고서에 수록되어 있으며¹⁸⁾ 1993년도에 피복비, 운영수당 등의 일부 항목이 인건비에서 경비의 복리후생비 항목으로 변경되어 인건비 항목의 변화가 두드러진다. 동력비용은 손익계산서의 자산관련 경비 중 동력비 항목에 에너지 물가지수¹⁹⁾를 이용하여 2002년 불변가격으로 환산하였으며, 유지보수비용은 경비와 자산관련 경비를 더한 후 복리후생비, 동력비, 지급이자, 감가상각비를 빼서 구한 다음 생산자 물가지수를 이용하여 불변가격으로 환산하였다.

차량 및 자본비용의 경우 기회비용과 감가상각비를 별도로 계산하였으며, 대차대조표에 수록되어 있는 고정자산 항목 중에서 유형고정자산과 기타 유형고정자산 항목을 발취하여 사용하였다. 유형고정자산 및 기타 유형고정자산 항목은 토지, 건물, 궤도노반 및 구축물, 통신신호전력, 기계 및 장비, 기관차 및 차량, 사무용 기구로 분류된다. 먼저 기회비용은 유형고정자산과 기타 유형고정자산의 항목을 합한 전년도의 기말자산가액에서 감가상각누계액을 빼서 구한 당해년도의 자산가액에 7.5%의 할인율²⁰⁾을 곱하여 산정하였다. 토지를 제

17) 어떤 산업에 규모 및 범위의 경제성이 존재하는지를 파악하기 위해 비용함수를 추정할 때는 일반적으로 횡단면 또는 통합 자료를 이용해 왔지만, 우리나라의 철도산업과 같이 단일 기업으로 구성된 산업에 관해 연구할 때에는 이러한 자료가 없기 때문에 시계열 자료에 기초하는 모형만이 가능하다. Braeutigam et al.(1984)에서 지적된 것처럼 시계열 자료를 이용하는 경우에는 횡단면 또는 통합 자료를 이용하는 경우에 비하여 기술적인 진보로 인한 오류의 가능성은 있지만 기업특성 차이로 인한 오류를 방지할 수 있는 장점도 있기 때문에 어떤 종류의 자료가 더 낫다고 할 수는 없다.

18) 영업비용 중 경비와 자산관련 경비의 세부 항목은 경영성적보고서에만 수록되어 있었으나, 2000년부터 철도통계연보에도 수록되어 있다. 여기서 경비는 복리후생비, 사업운영비, 보상금, 지급이자, 수송비기타를 포함한다. 또한 자산관련 경비는 보수비, 감가상각비, 동력비, 공공요금, 유지비기타를 포함한다.

19) 한국은행(2003)의 특수분류별 생산자 물가지수 중 에너지 물가지수 부분을 발취하여 이용하였다.

20) 김민정(2004)은 철도청의 경우 경영성적보고서에서 적정투자보수비를 산정할 때 이용되는 자산의 구성요소인 자본과 부채에 대해 적용되는 이자율을 가중평균한 값인 가중투자보수율이 할인율과 의미가 같다고 보고, 가중투자보수율의 최근 5년간 평균인 7.5%를 할인율로 사용하였다.

〈표 1〉 변수의 최대값, 최소값 및 평균값

변수		최대값	최소값	평균값
총비용(백만원) ¹⁾		3,576,139	1,771,609	2,491,534
산출량	인키로	32,218,192,868	16,437,092,476	25,957,542,933
	톤키로	14,658,060,259	10,071,972,071	12,207,728,518
	승객평균탑승거리(km)	54.501	29.232	43.081
	화물평균운송거리(km)	243.623	217.789	231.258
요소가격 ¹⁾	노동(천원/인·년)	35,831	9,927	22,077
	동력 및 유지보수(천원/대·년)	47,391	14,134	27,035
	차량 및 자본(천원/체도m·년)	239	173	194
요소비용비중	노동	0.404	0.186	0.290
	동력 및 유지보수	0.256	0.150	0.197
	차량 및 자본	0.664	0.400	0.513

주: 1) 2002년 불변가격 기준임.

외한 모든 차량 및 자본의 기회비용은 건설업 디플레이터²¹⁾와 품목별 생산자 물가지수²²⁾를 이용하여 2002년 불변가격으로 환산하였다²³⁾. 한편 감가상각비는 손익계산서의 당기감가상각비²⁴⁾를 이용하였고, 토지의 경우 감가상각되지 않는 것으로 간주하였다. 요소비용 비중은 각 요소비용을 총비용으로 나누어 구하였다.

2002년 불변가격으로 환산된 노동비용, 동력 및 유지보수비용, 차량 및 자본비용을 각각 현원수, 총차량대수, 체도연장으로 나누어 생산요소별로 단위가격을 구하고, 각 생산요소의 연도별 단위가격을 평균값으로 나누어 정규화시킨 단위가격지수를 총비용합수 추정에 사용하였다. 산출량으로 설정된 인키로는 수도권 전철부분의 인키로와 지역간 여객부분의 인키로를 더해 구하였으며, 승객평균탑승거리와 화물평균운송거리는 인키로와 톤키로를 각각 승객수와 수송톤수로 나누어 구하였다. 마찬가지로 산출량도 각각의 평균값으로 나누어 정규화시킨 지수를 총비용합수 추정에 사용하였다. 이러한 과정을 거쳐 산정된 변수의 최대값, 최소값, 그리고 평균값은 〈표 1〉과 같다²⁵⁾.

연구기간동안 전체 산출량, 즉 인키로와 톤키로를

합한 인·톤키로 중에서 인키로가 차지하는 비율은 〈그림 1〉에서 보는 바와 같이 1977년 이래 점차적으로 증가하여 2002년 현재 72.72%에 달한다. 이는 철도청의 경우 여객운송부분의 비중이 점차적으로 커졌음을 의미한다.

한편 승객평균탑승거리와 화물평균운송거리의 연도별 추이는 〈그림 2〉와 같다. 화물의 경우 1977년과 2002년 사이에 톤키로와 수송톤수가 거의 변하지 않았기 때문에 평균운송거리 또한 평균 231.26km로 거의 일정했음을 알 수 있다. 반면 승객의 경우 평균탑승거리는 1977년 54.50km이었던 것이 2002년 29.23km로 감소했음을 알 수 있다. 이를 수도권 전철부분과 지역간 여객부분으로 나누어 살펴보면 다음과 같다. 먼저 수도권 전철부분의 경우 2002년 인키로와 승객수는 10,855백만인키로와 873백만인으로 승객평균탑승거리는 12.43km이고, 연구기간동안 승객수의 증가율이 인키로의 증가율보다 더 커서 승객평균탑승거리는 점차 감소하였다. 반면 지역간 여객부분의 경우 17,888백만인키로와 110백만인으로 승객평균탑승거리는 162.72km에 달하며, 인키로는 거의 변함이 없었으나 지역간 여객수가 큰 폭으로

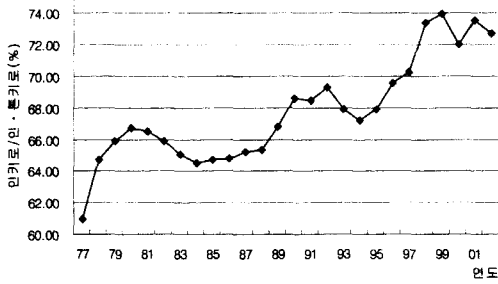
21) 건물과 체도노란 및 구축물의 기회비용은 건설업 디플레이터를 이용하여 2002년 불변가격으로 환산하였다.

22) 기관차 및 차량의 기회비용은 기타운송장비지수, 통신신호전력은 통신장비지수, 기계 및 장비는 일반기계 및 장비지수, 그리고 사무용기구는 가구지수를 각각 이용하였다.

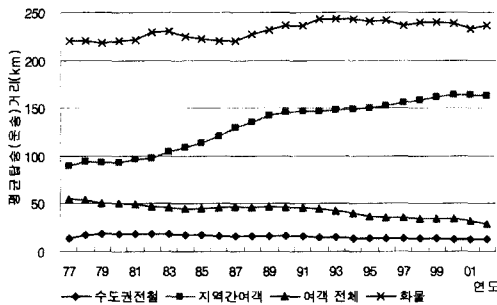
23) 토지의 기회비용을 산정한 방법은 이와는 약간 다르다. 유형고정자산 평가의 기준은 역사적 원가인 취득원가이나 고정자산을 장기간 원가로 두면 원가와 시가 차이가 현저히 커지므로 자산재평가에 의한 평가가액을 작성하고 이를 시가 기준으로 보정하여 추기도 하는데, 철도청의 고정자산 항목의 경우가 이에 해당한다. 고정자산의 재평가잉여금은 1988년 이전에는 매년 계상하였으나 그 이후에는 1990년, 1995년, 2000년에만 계상하였고, 토지자산의 규모가 이들 연도에 불연속적으로 현격히 차이가 나는 것으로 보아 토지자산의 재평가잉여금으로 사료된다. 계상된 재평가잉여금을 토지자산에 모두 더하여 주변 최종적으로 2000년 시가기준의 토지자산이 되므로 2001년과 2002년의 전국 지가변동률을 곱하여 2002년 불변가격으로 환산하였다. 불변가격으로 환산된 토지비용에 마찬가지로 7.5%의 할인율을 곱하여 토지의 기회비용을 산정하였다.

24) 김태승(1999)과 하현구·이경미(2002)의 경우 감가상각비를 장부상의 기말자산가액을 각 자산의 내구연한으로 나누는 정액법을 사용하여 산정하였다. 이와 같이 구한 감가상각비는 본 연구에서 이용한 당기감가상각비와 큰 차이가 없었다.

25) 〈표 1〉에서 제시된 산출량과 요소가격은 정규화하기 전의 값이다.



〈그림 1〉 전체 산출량 중 인키로가 차지하는 비율의 연도별 추이



〈그림 2〉 승객평균탑승거리 및 화물평균운송거리의 연도별 추이

감소하여 승객평균탑승거리는 증가하였다. 그러나 수도권 전철부문의 승객수가 지역간 여객부문의 승객수보다 최근으로 올수록 보다 많기 때문에 여객부문 전체의 평균탑승거리는 계속 감소하였다.

2. 추정방법

일반초월대수 총비용함수모형은 식(1)의 비용함수와 식(5)의 요소비용비중식으로 구성되는 연립방정식체계이므로 각 식의 오차항들이 상관관계를 갖는, 즉 결합정규분포를 하고 있다는 가정 하에 Zellner의 반복결합일반화최소자승법(iterative seemingly unrelated regression)을 이용해 추정된다. 이때 세 요소비용비중의 합은 1이 되므로 오차항의 공분산행렬이 비특이성(nonsingularity) 조건을 만족하지 못하기 때문에 자본의 비용비중식을 제외하고 추정하였다²⁶⁾. 또한 일반초월대수 총비용함수모형을 이용하였던 Caves et al.

(1980), Caves et al.(1981), Caves et al.(1985), 그리고 Kim(1987)과 같이 $\lambda_i = \lambda$ 로 가정하고 모형을 추정하였다²⁷⁾.

일반초월대수 총비용함수의 추정결과에 대해 D-W검정(Durbin-Watson test)을 통해 자기상관이 존재하는 것으로 나타나면 자기상관을 보정하였다. 다음으로 자기상관이 보정된 비용함수의 추정결과에 대해 우도비 검정을 통해 동조성(homotheticity), 동차성(homogeneity), 그리고 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 형태의 생산기술에 대한 가설을 검정하였다. 먼저 동조성은 요소가격과 산출량 변수가 서로 독립적이어서 산출량이 증가하더라도 요소가격에는 영향을 미치지 않는다는 것을 의미한다. 동조성 조건이 부과되면 요소가격과 산출량의 2차항모수 $\theta_{im} = 0$ 이 된다. 한편 동차성은 산출량에 대한 비용탄력성이 상수가 되어 산출량이 증가하더라도 규모의 경제가 변화하지 않음을 의미한다. 동차성 조건이 부과될 경우 동조성 조건에 더해 산출량의 2차항모수도 0이 되므로 $\theta_{im} = \gamma_{ij} = 0$ 이 된다. 마지막으로 콥-더글라스 조건은 요소가격과 산출량의 비용탄력성이 모두 일정하다는 가장 강한 가정으로 $\theta_{im} = \gamma_{ij} = \delta_{mn} = 0$ 이 된다. 즉 D-W검정과 우도비 검정을 통해 가장 적합한 총비용함수 모형을 채택한 다음, 이 모형이 비용함수로서 갖추어야 할 기본적인 조건인 정규성 조건을 충족하고 있는지 여부를 검증하였다.

N. 모형의 추정결과

1. 일반초월대수 총비용함수

일반초월대수 총비용함수의 추정결과는 〈표 2〉 및 〈표 3〉과 같다. 일반모형(unrestricted model)의 경우 총비용함수와 요소비용비중식의 수정결정계수는 높게 추정되었으나, 산출량 변수 중에서 화물평균운송거리(s) 변수와 관련된 모수들 중 동력요소가격과의 교차항 θ_{ss} 를 제외하고는 전부 유의하지 않다. 또한 화물평균운송거리 변수로 인하여 승객평균탑승거리 변수의 1차항모수 α_2 도 유의하지 않다. 이러한 이유로 일반

26) 어떤 요소비용비중식을 제외하더라도 추정결과는 변하지 않으며, 반복적으로 추정된 추정량은 최대우도추정량에 접근한다.
 27) 비용함수를 요소비용비중식과 함께 추정하면 관찰점의 수가 요소비용비중식 수의 배만큼 증가하므로 효율성이 높아진다. 대칭성과 1차 동차성 조건을 부과하고 $\lambda_i = \lambda$ 로 가정해 일반초월대수 총비용함수모형을 추정하는 경우 구해야 할 모수의 총수는 $\frac{(i+m)(i+m+1)}{2} + 1$ 개이다.

〈표 2〉 일반초월대수 총비용함수의 추정결과

모수	일반모형 (unrestricted model)			계약모형 (restricted model)		
	추정치	표준오차	t-통계량	추정치	표준오차	t-통계량
λ	3.387	0.767	4.415***	2.540	0.627	4.051***
α_0	14.735	0.004	4169.814***	14.733	0.003	4613.513***
α_β	0.174	0.042	4.122***	0.192	0.045	4.258***
α_γ	0.068	0.024	2.861***	0.070	0.020	3.416***
α_d	-0.076	0.053	-1.421	-0.108	0.047	-2.289**
α_s	-0.040	0.057	-0.694	-	-	-
β_j	0.272	0.024	11.310***	0.273	0.024	11.231***
β_e	0.187	0.017	11.062***	0.165	0.014	11.483***
β_k	0.541	0.041	13.195***	0.562	0.038	14.789***
γ_{ps}	-1.296	0.391	-3.316***	-1.217	0.273	-4.452***
γ_{pl}	1.001	0.275	3.634***	0.952	0.292	3.261***
γ_{pd}	-0.491	0.191	-2.575**	-0.513	0.236	-2.172**
γ_{ps}	-0.537	1.016	-0.528	-	-	-
γ_{ff}	-1.475	0.249	-5.935***	-1.242	0.293	-4.242***
γ_{fd}	0.561	0.224	2.505**	0.602	0.261	2.302**
γ_{fs}	0.862	0.778	1.108	-	-	-
γ_{da}	-0.594	0.271	-2.190**	-1.060	0.268	-3.953***
γ_{ds}	0.945	0.902	1.048	-	-	-
γ_{ss}	3.382	4.699	0.720	-	-	-
δ_{ll}	0.231	0.014	16.229***	0.210	0.013	16.310***
δ_{le}	-0.078	0.009	-8.724***	-0.076	0.008	-9.316***
δ_{lk}	-0.153	0.023	-6.652***	-0.134	0.021	-6.381***
δ_{ee}	0.156	0.010	14.343***	0.145	0.008	17.572***
δ_{ek}	-0.078	0.019	-4.105***	-0.069	0.016	-4.312***
δ_{kk}	0.231	0.042	5.500***	0.203	0.037	5.486***
θ_{pl}	-0.007	0.020	-0.361	0.005	0.021	0.254
θ_{pe}	0.025	0.015	1.707*	0.046	0.015	3.014***
θ_{pk}	-0.018	0.035	-0.514	-0.051	0.036	-1.417
θ_{fl}	0.076	0.019	4.076***	0.081	0.020	4.089***
θ_{fe}	-0.035	0.014	-2.578**	-0.019	0.013	-1.530
θ_{fk}	-0.041	0.033	-1.242	-0.062	0.033	-1.879*
θ_{dl}	0.020	0.032	0.627	-0.015	0.028	-0.542
θ_{de}	-0.010	0.022	-0.452	-0.035	0.018	-1.918*
θ_{dk}	-0.010	0.054	-0.185	0.050	0.046	1.087
θ_{sl}	-0.010	0.056	-0.175	-	-	-
θ_{se}	0.081	0.041	1.955*	-	-	-
θ_{sk}	-0.071	0.097	-0.732	-	-	-
ρ_m	0.953	0.031	30.284***	0.967	0.016	58.646***

주: t-통계량의 ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 나타냄.

〈표 3〉 일반초월대수 총비용함수와 요소비용비중식의 수정결정계수와 D-W 통계량

구분	일반모형		계약모형	
	수정결정계수(\bar{R}^2)	D-W 통계량	수정결정계수(\bar{R}^2)	D-W 통계량
총비용함수	0.994	1.869	0.995	1.739
노동의 비용비중식	0.984	1.380	0.985	1.270
동력 및 유지보수의 비용비중식	0.956	2.044	0.979	1.923

모형과 함께 화물평균운송거리 변수를 제외한 제약모형(restricted model)을 추정하였다²⁸⁾.

〈표 3〉에서 볼 수 있는 바와 같이 제약모형의 경우 총비용함수의 수정결정계수는 0.995, 노동의 비용비중식은 0.985, 동력 및 유지보수의 비용비중식은 0.979로 일반모형보다 더 높게 추정되었다. D-W 검정결과 총비용함수의 자기상관문제는 크지 않은 것으로 판단되었기 때문에 노동과 동력 및 유지보수의 비용비중식에 만 같은 자기상관계수(ρ_m)를 부과하여 이 문제를 보정하였다. 산출량의 Box-Cox 변환시 추가로 추정하여야 하는 모수 λ 의 추정치는 2.540으로, 1% 수준에서 유의한 것으로 나타났다²⁹⁾.

또한 총 28개의 모수 추정치 중에서 5개를 제외하면 10% 수준에서 유의한 것으로 나타나, 모형의 설명력이 전반적으로 높다고 할 수 있다. 한편 요소가격, 인키로 및 톤키로의 1차항 모수 추정치 부호는 (+)로 추정되어 비용함수의 전제조건을 만족하고 있으며, 승객평균탑승거리의 1차항 모수 α_d 의 추정치 부호는 (-)로 추정되어 선행연구와 일치한다³⁰⁾. 이러한 이유로 본 연구에서는 우리나라의 철도산업에 적합한 모형으로 제약모형을 채택하였다.

채택된 제약모형에 대해 우도비 검정을 통해 동조성, 동차성, 그리고 콥-더글라스 형태의 생산기술에 관한 가설을 검정한 결과 〈표 4〉에서 볼 수 있는 바와 같이 세 가지 가설은 1% 유의수준에서 모두 기각되었다. 따라서 우리나라 철도산업의 생산기술은 요소간 단위대체탄력성을 가지지 않고, 산출량에 대한 비용탄력성이 상수가 아닌 동시에 요소가격과 산출량을 분리할 수 없는 특성을 가지는 것을 의미한다.

28) 화물평균운송거리 (그림 2)에서 살펴본 바와 같이 연구기간동안 거의 변하지 않았기 때문에 이 변수를 제외하더라도 추정결과에는 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.
 29) Caves et al.(1980)은 λ 를 0.115로 추정하였고, Caves et al.(1981)과 Caves et al.(1985)은 이 값을 그대로 받아들여 이용하였다. Pulley and Braunstein(1992)은 λ 값이 거의 0과 같을 때 일반초월대수 함수형태는 초월대수 함수형태에 접근하므로 초월대수 함수형태를 적용하여 비용구조를 분석할 때 나타나는 문제가 똑같이 나타날 수 있다고 지적하였다.
 30) Caves et al.(1981)과 Caves et al.(1985)에서도 승객평균탑승거리의 1차항 모수 추정치의 부호는 (-)로 추정되었다.

〈표 4〉 생산기술에 대한 가설의 검정결과

가설	우도비 검정통계량	$n^{1)}$	$\chi^2(n)^{2)}$	검정결과
동조성 (homotheticity)	24.070	6	16.812	기각
동차성 (homogeneity)	56.065	12	26.217	기각
콕-더글라스 (Cobb-Douglas)	161.165	15	32.578	기각

주: 1) 0으로 제약되는 변수의 개수임.
2) 1% 유의수준임.

〈표 5〉 총비용함수 제약모형의 정규성 조건 만족도

정규성 조건		만족 건수(%)
요소가격에 대한 비감소성 조건	노동	26/26(100)
	동력 및 유지보수	26/26(100)
	차량 및 자본	26/26(100)
요소가격에 대한 오목성 조건		31/78(40)
산출량에 대한 단조성 조건	인키로	26/26(100)
	톤키로	19/26(73)
	승객평균탑승거리	24/26(92)

채택된 제약모형이 비용함수로서 갖추어야 할 기본적인 조건인 요소가격에 대한 정규성 조건과 산출량에 대한 정규성 조건을 만족하고 있는지 검증할 필요가 있다. 일반적으로 비용함수는 요소가격에 대한 연속성, 1차 동차성, 비감소성, 오목성 조건을 만족해야 하며 산출량에 대한 단조성, 즉 한계비용조건도 만족해야 한다. 먼저 요소가격에 대한 연속성 및 1차 동차성 조건은 모형설정단계에서 제약조건으로 부과되었으므로 이미 만족하고 있다. 또한 요소가격에 대한 비감소성 조건은 요소가격이 증가할 때 총비용이 감소하지 않아야 함을 의미하므로, 추정된 요소비용비중식을 이용해 각 생산요소의 연도별 비용비중 추정치를 구한 다음 이 추정치가 (+)부호를 가지면 만족된다. 한편 요소가격에 대한 오목성 조건은 생산요소간의 대체성 때문에 요소가격의 변화율보다 총비용의 변화율이 적은 것을 의미하므로, 요소가격에 대한 2계 미분을 통해 도출된 헤시안 행렬이 음반정부호(negative semidefinite) 행렬이 되면 만족된다³¹⁾. 이때 헤시안 행렬이 음반정부호 행렬이 되기 위한 필요충분조건은 주소행렬식(principle minor)이 $(-)^n |H_n| \geq 0$

일 때 성립한다. 마지막으로 산출량에 대한 단조성 조건은 식(7)의 비용탄력성 부호가 인키로와 톤키로의 경우 (+)로, 승객평균탑승거리의 경우 (-)로 도출될 때 만족된다³²⁾. 본 연구에서 채택된 총비용함수 제약모형의 정규성 조건에 대한 만족도 분석결과가 〈표 5〉에 제시되어 있다.

〈표 5〉에서 보는 바와 같이 요소가격에 대한 비감소성 조건과 인키로에 대한 단조성 조건은 모든 연도에 걸쳐 만족되었다. 반면 톤키로의 비용탄력성 부호는 26개 연도 중 7개 연도에서 (-)로 추정되어 단조성 조건에 위배되었으며, 승객평균탑승거리의 비용탄력성은 2개 연도에서 위배되었으나 그 값이 거의 0과 같아 큰 문제는 없는 것으로 판단된다. 요소가격에 대한 오목성 조건의 만족비율은 40%로 분석되었는데, 일반적으로 통계적 적합도와 정규성 조건의 만족도는 정확히 일치하지 않는 것으로 알려져 있다³³⁾. 따라서 본 연구에서 채택된 일반초월대수 함수형태의 총비용함수 제약모형은 요소가격에 대한 오목성 조건의 만족비율이 다소 낮기는 하나, 이 조건을 제외한 정규성 조건들이 대체로 만족되고 통계적 적합도도 높으므로 제약모형을 이용하여 규모 및 범위의 경제성 지수를 도출하는 것은 합리적으로 판단된다.

2. 규모의 경제성

표본평균값에서 추정된 비용탄력성 및 규모의 경제성 지수가 〈표 6〉에 제시되어 있다. 본 연구는 일반모형에서 화물평균운송거리 변수를 제외한 제약모형을 채택하였으므로 전반적인 규모의 경제성 지수를 계산하는 식(8)에서 화물평균운송거리의 비용탄력성은 제외된다.

먼저 산출물의 비용탄력성은 인키로와 톤키로의 경우 0.192와 0.070으로 추정되었는데, 이는 산출량이 1% 증가하면 총비용은 각각 0.192%와 0.070% 증가함을 의미한다. 다음으로 승객평균탑승거리의 비용탄력성은 -0.108로 추정되었는데, 이는 승객의 평균탑승거리는 1% 증가하는 반면 승객수는 1% 감소해 인키로가 변화

31) 계수의 대칭성 조건을 반영하여 구한 헤시안 행렬식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial^2 TC}{\partial P_m^2} = \frac{TC}{P_m^2} \cdot (\delta_{mm} + S_m^e - S_m) \cdot \frac{\partial^2 TC}{\partial P_m \partial P_n} = \frac{TC}{P_m P_n} \cdot (\delta_{mn} + S_m S_n)$$

32) 인키로와 톤키로의 비용탄력성이 (-)부호를 가지면 산출량, 즉 인키로와 톤키로의 한계비용이 (-)가 됨을 의미하므로 이들의 비용탄력성이 (+)부호를 가질 때 단조성 조건이 만족된다. 반면 승객평균탑승거리의 비용탄력성은 인키로는 불변이고 탑승거리만이 증가하면 총비용은 감소하므로 (-)부호를 가질 때 단조성 조건이 만족된다.

33) Pulley and Braunstein(1992, p. 228)은 함수형태가 유연할수록 적합도는 향상되나, 정규성 조건의 만족도는 낮아지는 경향이 있음을 발견하였다.

〈표 6〉 비유탄력성과 규모의 경제성 지수

구분	인키로	톤키로	승객평균 탑승거리
비용탄력성	0.192 (4.258***)	0.070 (3.416***)	-0.108 (-2.289**)
산출물별 규모의 경제성 지수	1.306 (17.956***)	1.668 (45.519***)	-
전반적인 규모의 경제성 지수	EOS 1	6.498(7.554***)	
	EOS 2	3.815(11.354***)	

주: t-통계량의 ***는 1%, **는 5%, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 나타냄.

지 않으면 총비용은 0.108% 감소함을 의미한다.

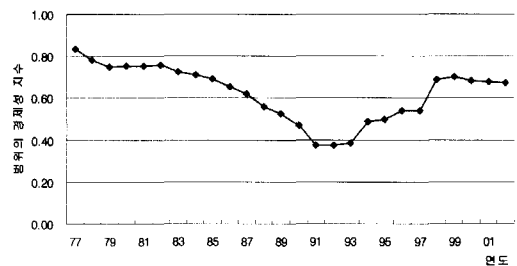
전반적인 규모의 경제성 지수인 EOS 1과 EOS 2는 각각 6.498과 3.815로, 두 지수 모두 상당히 큰 규모의 경제가 존재함을 나타낸다. 먼저 EOS 1은 승객수가 고정되어 있을 때 승객평균탑승거리의 증가로 인해 인키로가 증가하고, 톤키로가 증가할 때의 규모의 경제성을 나타낸다³⁴⁾. 반면 EOS 2는 승객수 증가로 인해 인키로가 증가하고, 톤키로가 증가할 때의 규모의 경제성을 나타낸다. 또한 EOS 1이 EOS 2보다 더 크게 도출되었으므로 인키로의 증가가 승객수가 아니라 승객평균탑승거리의 증가에 의해 수반된다면 규모의 경제가 더 크게 존재함을 알 수 있다. 그러나 우리나라 철도승객의 평균탑승거리는 1977년 55km에서 2002년 현재 29km로 지속적으로 감소하였으므로 최근의 전반적인 규모의 경제성은 표본평균값에서 추정된 EOS 1보다는 작을 것으로 판단된다. 한편 산출물별 규모의 경제성 지수는 인키로의 경우 1.306, 톤키로의 경우 1.668로 도출되어 전반적인 규모의 경제보다는 작은 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 우리나라의 철도산업은 여객과 화물운송부문의 산출량을 모두 증가시킴으로써 평균총비용을 줄일 수 있으므로 철도청을 노선별 혹은 지역별로 분할하여 규모를 줄이는 방안은 생산비용 측면에서 타당하지 않다고 할 수 있다.

이러한 결과는 미국의 철도산업에 대한 Caves et al.(1981)과 Caves et al.(1985)의 연구결과와 대체로 일치한다고 볼 수 있다. 이들은 산출량, 즉 인키로와 톤키로의 증가가 승객평균탑승거리와 화물평균운송거리의 증가에 기인한다면 규모의 경제가 상당히 크게 존재하고, 승객수와 수송톤수의 증가에 기인한다면 규모의 경제가 아주 작게 또는 거의 존재하지 않는다고 결론짓고 있다.

3. 범위의 경제성

규모의 경제성 지수와 마찬가지로 범위의 경제성 지수는 표본평균값에서 0.632³⁵⁾로 추정되어 여객운송부문과 화물운송부문 사이에 상당히 큰 범위의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 또한 연도별 범위의 경제성 지수 추이를 나타내는 〈그림 3〉에서 볼 수 있는 바와 같이 우리나라의 철도산업은 연구기간동안 상당히 큰 범위의 경제가 지속적으로 존재해 왔음을 알 수 있다³⁶⁾.

우리나라의 철도산업에 범위의 경제가 존재하는 이유는 철도청이 승객과 화물운송서비스를 생산하는 데 세 가지 생산요소를 함께 사용할 수 있기 때문인 것으로 판단된다³⁷⁾. 현재 철도청은 첫째, 두 서비스를 생산할 때 같은 기관사, 역무원, 정비원을 이용한다. 둘째, 객차와 화차, 설비 및 시설의 유지보수와 관련된 요소도 함께 사용된다. 마지막으로 기관차 및 선로를 비롯하여 역사, 건



〈그림 3〉 연도별 범위의 경제성 지수 추이

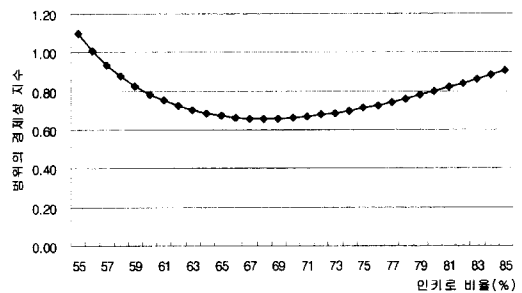
- 34) 총비용합수모형으로 제약모형을 채택할 때 화물평균운송거리 변수를 제외하였으므로 화물운송부문의 산출물인 톤키로가 증가하는 경우로 수송톤수는 불변이고 평균운송거리가 증가하는 경우와 평균운송거리는 불변이고 수송톤수가 증가하는 경우로 구분해 규모의 경제성을 분석할 수 없다.
- 35) 두 개의 기업이 승객과 화물운송서비스를 각각 생산할 때 드는 비용이 하나의 기업이 두 서비스를 결합 생산할 때 드는 비용보다 63.2%만큼 더 크다는 것을 의미한다.
- 36) 하현구·이경미(2002)에서도 우리나라의 철도산업에 규모와 범위의 경제가 동시에 존재하는 것으로 나타났다. 그러나 이 연구는 충분한 자유도를 확보하기 위해 노선별 자료를 이용하여 분석하였으므로 각 노선에 국한된 규모와 범위의 경제가 존재하는 것으로 해석해야 한다. 따라서 우리나라의 전체 철도네트워크에 대한 규모와 범위의 경제가 존재하는 것으로 결론지을 수 없는 한계가 있다.
- 37) Panzar and Willig(1981)는 철도회사는 일반적으로 어떤 투입요소를 결합하여 승객과 화물운송서비스를 생산하고 이러한 투입요소를 좀 더 효율적으로 이용함으로써 결합생산할 때 범위의 경제를 경험하게 된다고 하였다. 특히 선로가 혼잡하지 않다면 두 서비스의 결합생산은 하나의 선로만을 필요로 하나, 개별생산은 두 배의 선로를 필요로 하기 때문에 범위의 경제가 나타난다고 하였다.

물, 전기설비, 전차선, 관제시설 등 자본요소가 두 서비스를 생산할 때 함께 공유되고 있다.

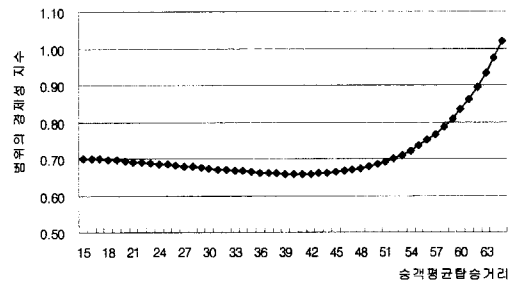
반면 승객과 화물열차를 동일한 선로에서 함께 운행할 때 심각한 스케줄 관리와 운행방해문제가 야기된다면 승객과 화물운송부문간 범위의 불경계가 발생할 수 있다. 그러나 2002년 현재 선로용량을 초과하여 운행되고 있는 노선은 경부선의 서울~영등포구간³⁸⁾, 영동선의 철암~도계구간, 함백선의 예미~함백구간, 그리고 경원선의 청량리~성북구간으로 전체 92개 구간 중 4개 구간에 불과하다³⁹⁾. 이들 구간을 제외하면 대부분의 노선이 승객과 화물운송서비스를 결합생산할 때 추가적인 선로를 필요로 하지 않는다고 볼 수 있다⁴⁰⁾. 또한 우리나라의 경우 화물열차는 주로 야간시간대에 운행되므로 승객열차와의 스케줄 문제가 심각한 편은 아니다. 따라서 우리나라의 철도산업은 승객열차와 화물열차를 동일한 선로에서 운행하더라도 서로의 운행에 방해가 되지 않고, 생산요소를 효율적으로 공유해 사용할 수 있으므로 승객과 화물운송부문간에 범위의 경계가 존재하는 것으로 판단된다.

한편 승객과 화물운송부문간 범위의 경제성 지수는 전체 산출량에서 인키로가 차지하는 비율에 상당히 큰 영향을 받는 것으로 추정된다. <그림 4>는 세 요소가격과 전체 산출량, 즉 인키로와 톤키로의 합이 2002년의 값과 같을 때 전체 산출량에서 인키로가 차지하는 비율이 변함에 따라 범위의 경제성 지수가 어떻게 변하는지를 보여주고 있다. 앞의 <그림 1>에서 볼 수 있었던 것처럼 연구기간 동안 계속 증가하여 2002년 현재 72.72%에 달한 비율이 앞으로도 계속 증가한다면 두 부문간에 존재하는 범위의 경제는 현재보다 더욱 커질 것으로 추정된다⁴¹⁾.

반면 범위의 경제성 지수는 승객평균탑승거리에는 적



<그림 4> 인키로 비율별 범위의 경제성 지수 추이



<그림 5> 승객평균탑승거리별 범위의 경제성 지수 추이

은 영향을 받는 것으로 추정된다. <그림 5>는 세 요소가격과 인키로 및 톤키로가 2002년의 값과 같을 때 승객평균탑승거리가 약 50km 이하일 때에는 범위의 경제성 지수가 거의 영향을 받지 않지만, 50km 이상일 때에는 상당히 큰 영향을 받음을 보여주고 있다. 앞의 <그림 2>에서 볼 수 있었던 것처럼 연구기간 동안 지속적으로 감소하여 2002년 현재 29.23km에 달한 승객평균탑승거리가 장래 계속 감소하더라도 두 부문간에 존재하는 범위의 경제는 현재와 비슷할 것으로 추정된다⁴²⁾.

V. 결론

본 연구는 우리나라의 철도산업을 시설부문과 운영

38) 철도청(2003, pp. 930-933)에 수록된 선구별 열차종별 운행회수 자료를 이용하여 계산한 결과 경부선의 혼잡구간은 서울~대전구간으로, 이 중 서울~영등포구간이 선로용량을 초과하여 운행되고 있다. 나머지 영등포~대전구간은 여유용량이 존재하는 데, 구체적인 이들 구간의 일평균 여유용량은 영등포~수원구간은 11회, 수원~천안구간은 3회, 천안~조치원구간은 19회, 조치원~대전구간은 1회이다.

39) 철도청(2003, pp. 930-933)에 수록된 선구별 열차종별 운행회수 자료를 이용하여 계산한 결과 이들 구간의 선로용량은 각각 일평균 124회, 30회, 18회, 231회이나, 서울~영등포구간은 일평균 4회, 철암~도계구간은 일평균 1회, 예미~함백구간은 일평균 2회, 그리고 청량리~성북구간은 일평균 4회 초과운행되었다.

40) 철도청(2003, pp. 930-933)에 수록된 선구별 열차종별 운행회수 자료를 이용하여 계산된 2002년의 철도노선별 여유용량 대비 선로용량을 나타내는 여유율(%)을 살펴보면 여유용량이 낮아 가장 혼잡하다고 할 수 있는 노선들은 함백선, 경부선, 중앙선, 태백선으로 여유율은 각각 0%, 17.5%, 20.2%, 21.0%이다. 선로용량을 초과하는 노선은 함백선으로, 이 노선에서는 일평균 19회 열차가 운행되었는데 이 중에서 여객열차는 단 한번 운행되었다.

41) 고속철도(KTX)가 2004년 4월 1일 개통된 이후 전체 산출량에서 인키로가 차지하는 비율은 개통 이전보다 다소 높아질 것으로 예상되므로 승객과 화물운송부문간 범위의 경제성 지수도 증가할 것으로 추론된다.

42) 신승호(2004)에 따르면 고속철도 개통일로부터 4월 27일까지 고속철도를 이용한 승객은 하루 평균 71천명, 일반열차를 이용한 승객은 하루 평균 107천명으로 총 178천명이었다. 2003년 같은 기간의 143천명에 비해 24.5%가 증가하여 승객평균탑승거리는 다소 증가한 것으로 추론된다. 따라서 고속철도 개통으로 인해 범위의 경제성 지수는 약간 감소할 것으로 추정된다.

부문이 수직적으로 통합된 다산출물 산업으로 상정하여 일반초월대수 함수형태의 총비용함수모형을 설정한 후, 철도청의 26개 연도(1977~2002)별 시계열 자료를 이용하여 이를 반복결합일반화최소자승법으로 추정하였다. 이때 철도청을 노동, 동력 및 유지보수, 차량 및 자본의 세 가지 생산요소를 투입하여 인키로, 톤키로, 승객평균탑승거리, 화물평균운송거리의 네 가지 산출물을 생산하는 기업형태로 상정하였다. 화물평균운송거리 변수의 경우 동력요소와의 교차항을 제외하고 관련된 모든 변수가 유의하지 않은 것으로 추정되었고, 화물의 평균운송거리가 연구기간동안 거의 변하지 않아 총비용에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 판단되었기 때문에 이를 제외한 제약모형을 우리나라의 철도산업에 적합한 모형으로 채택하였다.

일반초월대수 총비용함수 제약모형의 추정결과를 이용해 규모 및 범위의 경제성 지수를 각각 산정한 결과 우리나라의 철도산업은 표본평균점에서 여객과 화물운송부문별로 각각 규모의 경제가 존재하고, 두 운송부문에 상당히 큰 범위의 경제가 존재하며, 전반적으로 대단히 큰 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 또한 여객과 화물운송부문에 존재하는 범위의 경제는 연구기간동안 전체 산출량에서 인키로가 차지하는 비율은 점차 증가하였던 반면 승객평균탑승거리는 점차 감소하였으므로 최근으로 올수록 보다 더 커졌으며, 승객평균탑승거리보다 인키로 비율에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

이러한 추정결과는 연구기간동안의 철도청과 같이 시설부문과 운영부문이 수직적으로 통합된 산업구조인 경우에 대해 다음과 같은 정책적 시사점을 갖는다. 먼저 우리나라의 철도산업은 대단히 큰 전반적인 규모의 경제가 존재하므로 철도청을 몇 개의 노선 혹은 일부 지역을 담당하는 다수의 운영기관으로 분할하는 방안은 생산비용 측면에서 타당하다고 할 수 없다. 또한 여객과 화물운송부문에 상당히 큰 범위의 경제가 존재하므로 이 두 부문을 분할하는 방안도 생산비용 측면에서

타당하다고 할 수 없다⁴³⁾.

본 연구의 추정결과로는 정부의 철도산업 구조개편 방안이 경제적으로 타당하지 여부에 대한 정책적 시사점을 제시하는 데 있어 다음과 같은 두 가지 이유 때문에 한계가 있다고 할 수 있다. 먼저 일반초월대수 총비용함수모형을 추정할 때 사용된 자료가 철도청의 1977~2002년에 걸친 시계열 자료이므로, 관찰점 수가 26개밖에 되지 않아 자유도가 충분하지 못한 문제점을 갖고 있다. 따라서 최소한의 자유도를 확보하기 위해 영업연장 또는 궤도연장과 같은 네트워크 변수를 독립변수로 포함시키지 못하였으며, 이로 인해 엄밀한 의미의 밀도의 경제성과 규모의 경제성을 구분해 분석할 수 없었다⁴⁴⁾. 이러한 자유도의 부족문제는 철도청의 자료와 외국의 철도기업 자료를 통합해 분석함으로써 해결할 수 있을 것으로 사료된다.

또한 본 연구는 우리나라의 철도산업이 수직적으로 통합된 산업이라는 전제 하에서 총비용함수모형을 설정하고 철도청의 자료를 이용해 이를 추정하였기 때문에, 본 연구의 추정결과로는 엄밀한 의미의 수직분리방안⁴⁵⁾에 대한 직접적인 정책적 시사점을 제시할 수 없다. 이를 위해서는 수직적으로 분리된 철도산업의 시설부문과 운영부문간 범위의 경제성 및 두 부문 각각에 대한 규모의 경제성, 그리고 운영부문의 여객과 화물운송부문간 범위의 경제성 및 두 부문 각각에 대한 규모의 경제성에 관한 분석이 필요하다. 전자의 경우 수직적으로 통합된 철도청의 자료를 이용해서는 직접적으로 분석할 수 없으므로 Cantos(2001)에서 사용된 접근법을 이용하여 간접적으로 분석할 수 있으며, 후자의 경우 가변비용함수를 추정하여 분석할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 건설교통부(2000), "철도구조개혁(민영화) 실행방안 개발".

43) 본 연구는 우리나라 철도산업의 비용측면만을 분석하여 이와 같은 결론을 도출하였다. 그러나 시설부문과 운영부문의 수직분리, 그리고 여객운송부문과 화물운송부문의 분리는 비용 이외의 다른 측면, 즉 철도시설에 대한 투자 재원마련과 운영손실의 명확화 및 수입 증대를 위한 동기 유발 등을 함께 고려해서 타당성 여부를 최종적으로 판단할 필요가 있다고 사료된다.

44) 밀도의 경제성은 요소가격과 네트워크가 고정되어 있을 때 산출량의 증가에 따른 총비용의 증가에 따른 총비용의 증가 정도로 정의되는 반면 규모의 경제성은 요소가격이 고정되어 있을 때 산출량과 네트워크의 동시적·동률적인 증가 정도로 정의된다. 이에 관한 보다 자세한 설명에 대해서는 Caves et al.(1985) 참조.

45) 엄밀한 의미의 수직분리방안이란 시설부문과 운영부문을 수직적으로 분리하고, 선로 및 역사를 비롯하여 터널, 건물, 교량, 전차선, 전기설비, 철도교통관제시설 등 모든 철도시설의 소유와 건설 그리고 철도시설과 관련된 유지보수는 시설부문이 담당하고, 승객과 화물수송을 비롯한 철도운영 관련사업은 운영부문이 담당하는 것을 말한다.

2. 건설교통부·철도청(2000), "국유철도의 경영개선에 관한 기본계획(1997-2000)".
3. 김민정(2004), "한국 도시철도 운영기관들의 효율성과 생산성 분석-자료포락분석기법과 확률적 비용변경접근법을 이용하여", 도시계획학 박사학위논문, 서울대학교.
4. 김성수·김민정(2001), "서울 시내버스운송업의 규모 및 범위의 경제성 분석", 대한교통학회지, 제19권, 제6호, pp.89~102.
5. 김연규·양근울(1998), "철도사업의 구조개혁방안 연구", 교통개발연구원.
6. 김태승(1999), "육상화물운송업 비용특성과 탈규제의 경제적 효과", 경제학 박사학위논문, 서울대학교.
7. 배양선(1998), "한국철도산업의 규모 및 범위의 경제성 분석", 도시계획학 석사학위논문, 서울대학교.
8. 서선덕·이재훈(1994), "지역간 철도운행 비용모형의 정립", 교통개발연구원.
9. 서선덕·이재훈(1996), "우리나라 철도의 운행비용구조와 그 특성", 교통정책연구, 제3권, 제4호, pp.43~80.
10. 손양훈·정태용(1994), "전력산업의 규모의 경제성에 관한 연구", 경제학연구, 제41집, 제2호, pp.29~47.
11. 손장훈(1992), "일본 국유철도(공사)의 경험과 한국 철도공사의 운영 방향", 경제학연구, 제5차 국제학술대회, pp.981~1001.
12. 신승호(2004), "정시율 98%, 승객 200만명 돌파-KTX 개통 한달 운행상황 및 변화모습", 한국철도, 제5월호, pp.24~28.
13. 이명호·염용섭(1995), "통신산업의 비용함수 분석(II)", 통신개발연구원.
14. 하헌구·이경미(2002), "우리나라 철도산업의 비용특성에 관한 연구", 교통개발연구원.
15. 철도청, "각 연도 경영성적보고서".
16. 철도청, "각 연도 철도통계연보".
17. 한국은행(2003), "경제통계연보".
18. Baumol, W.J., J.C. Panzar and R.D. Willig (1982), "Contestable Markets and the Theory of Industry Structure", New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc.
19. Braeutigam, R.R., A.F. Daughety and M.A. Turnquist(1982), "The Estimation of a Hybrid Cost Function for a Railroad Firm", Review of Economics and Statistics, Vol.64, No.3, pp.394~404.
20. Braeutigam, R.R., A.F. Daughety and M.A. Turnquist(1984), "A Firm Specific Analysis of Economies of Density in the U.S. Railroad Industry", Journal of Industrial Economics, Vol.33, pp.3~20.
21. Brown, R.S., D.W. Caves and L.R. Christensen (1979), "Modelling the Structure of Cost and Production for Multiproduct Firms", Southern Economic Journal, Vol.46, pp.256~273.
22. Campos, J. and P. Cantos(1999), "Rail Transport Regulation", Washington, D.C.: World Bank.
23. Cantos, P.(2001), "Vertical Relationships for the European Railway Industry", Transport Policy, Vol.8, pp.77~83.
24. Caves, D.W., L.R. Christensen, and J.A. Swanson(1981), "Productivity Growth, Scale Economies, and Capacity Utilization in U.S. Railroads, 1955-1974", American Economic Review, Vol.71, Issue 5, pp.994~1002.
25. Caves, D.W., L.R. Christensen and M.W. Tretheway(1980), "Flexible Cost Functions for Multiproduct Firms", Review of Economics and Statistics, Vol.62, pp.477~481.
26. Caves, D.W., L.R. Christensen, M.W. Tretheway, and R.J. Windle(1985), "Network Effects and the Measurement of Returns to Scale and Density for U.S. Railroads", In Daughety, A.F. (Ed.), "Analytical Studies in Transport Economics", U.S.A: Cambridge University Press.
27. Ida, T. and M. Suda(2004), "The Cost Structure of the Japanese Railway Industry: The Economies of Network Density and of Scope and the Cost Gap Between Japan's Regional Railways After Privatization", International Journal of Transport Economics, Vol.31, No.1, pp.23~37.
28. Karlaftis, M.G., P. McCarthy and K. Sinha (1999), "The Structure of Public Transit

- Costs in the Presence of Multiple Serial Correlation”, *Journal of Transportation and Statistics*, Vol.2, pp.113~121.
29. Kim, H.Y.(1987), “Economies of Scale and Scope in Multiproduct Firms: Evidence from US Railroads”, *Applied Economics*, Vol.19, pp.733~741.
 30. Mancuso, P. and P. Reverberi(2003), “Operating Costs and Market Organization in Railway Services. The Case of Italy, 1980-1995”, *Transportation Research B*, Vol.37, pp.43~61.
 31. Oum, T.H. and W.G. Waters II(1999), “A Survey of Productivity and Efficiency Measurement in Rail Transport”, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.33, Part 1, pp.9~42.
 32. Oum, T.H., and W.G. Waters II(1996), “A Survey of Recent Developments in Transportation Cost Function Research”, *Logistics and Transportation Review*, Vol.32, pp.423~463.
 33. Oum, T.H. and W.G. Waters II(1997), “Recent Developments in the Cost Function Research in Transportation”, In De Rus, G. and C. Nash (Eds.), “Recent Developments in Transport Economics”, England: Ashgate.
 34. Panzar, J.C. and R.D. Willig(1977), “Economies of Scale in Multi-Output Production”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol.91, pp.481~493.
 35. Panzar, J.C. and R.D. Willig(1981), “Economies of Scope”, *American Economic Review, Papers and Proceedings*, Vol.71, pp.268~272.
 36. Pulley, L.B. and Y.M. Braunstein(1992), “A Composite Cost Structure for Multiproduct Firms with an Application to Economies of Scope in Banking”, *Review of Economics and Statistics*, Vol.74, No.2, pp.221~230.
 37. Schmalensee, R. and R.D. Willig(1986), “Handbook of Industrial Organization”, Vol.1, Amsterdam: North-Holland.
 38. Willig, R.D.(1979), “Multiproduct Technology and Market Structure”, *American Economic Review, Papers and Proceedings*, Vol.69, pp.346~351.

✉ 주 작 성 자 : 박진경
 ✉ 논문투고일 : 2004. 9. 2
 논문심사일 : 2004. 9. 25 (1차)
 2004. 10. 28 (2차)
 심사판정일 : 2004. 10. 28
 ✉ 반론접수기한 : 2005. 4. 30