

철도산업의 비용 특성 분석에 의한 효율적 운영체제 연구:

7개 고속철도 보유국의 자료를 이용하여

김재경* · 김성수**

<目次>

- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| I. 서론 | IV. 자료 |
| II. 선행연구의 고찰 | V. 추정결과 |
| III. 모형의 설정 | 1. 초월대수 총비용함수 |
| 1. 초월대수 총비용함수모형 | 2. 규모 및 범위의 경제 |
| 2. 규모의 경제 | 3. 한국 철도산업의 미래(2015년) 비용 특성 |
| 3. 범위의 경제 | VI. 결론 및 향후 과제 |

I. 서론

철도는 국가 기간망으로서 장거리 대량수송을 가능하게 하였고, 최근 고속화와 시간의 정시성 및 환경 친화적 특성으로 인해 각광받고 있다. 그러나 상대적으로 비효율적인 국유 및 공사형태로 운영됨에 따라 점차 적자가 늘어나면서 재정위기에 직면하게 되었다. 이에 대한 해결책으로 일본에서는 1987년 철도산업의 구조를 개편하였고, 유럽에서는 1988년 스웨덴을 시작으로 여러 국가에서 철도산업의 구조를 개편하였다. 이에 따라 철도산업의 효율적 운영을 위한 구조개혁에 관심이 높아졌으며, 우리나라에서는 최근 고속철도 경쟁체제 도입에 대한 찬반 논란이 지속되고 있다. 그러나 철도의 경쟁체제 도입을 논하기에 앞서 고속철도를 운영 중인 국가들과의 비교를 통해 현재 한국 철도산업의 현황을 파악하고, 향후 변화하는 여건 하에서 철도산업의 비용 특성을 분석할 필요가 있다.

이 연구는 고속철도를 운영 중인 국가들을 대상으로 철도산업의 비용 특성을 분석함으로써

* 서울대학교 환경대학원 석사 졸업

** 서울대학교 환경대학원 교수

써 다음과 같은 사항들에 관해 시사점을 얻는 데 그 목적이 있다. 첫째, 비용 측면에서 수직 통합과 수직분리 중 어떤 구조의 비용이 더 낮은지 비교함으로써 수직분리가 한국 철도산업에서 효율적인 운영체제인지 여부를 파악할 수 있다. 둘째, 철도산업 전반에 대해 규모의 경제가 존재하는지 여부를 분석함으로써 철도공사의 분할이 타당한지 여부를 논할 수 있다. 또한 고속철도부문에 한정된 분석을 통해 고속철도부문의 경쟁체제 도입이 타당한지 여부에 대해서도 논할 수 있다. 마지막으로 일반여객과 고속철도, 화물부문의 세 가지 산출물 사이에 범위의 경제가 존재하는지 여부를 분석함으로써 이들 사업부문을 분리하는 것이 타당한지 여부에 대해서도 논하고자 한다.

II. 선행연구의 고찰

이 연구의 목적에 따라 국내외 철도산업의 구조에 대한 연구와 OECD국가 및 한국을 대상으로 하는 연구, 그리고 철도산업의 규모의 경제와 범위의 경제를 분석한 연구들을 중심으로 고찰하였다.

먼저 철도산업의 수직분리 구조에 관한 연구는 다음과 같다. 김성호(2009)는 수직분리가 철도산업의 운영효율성과 어떤 관련성을 가지고 있는지 분석한 결과 수직분리구조를 가진 국가의 철도산업이 상대적으로 운영효율성이 높게 나타났다. 이윤미(2009)는 철도 운영의 효율성을 측정하고, tobit모형을 이용해 효율성 결정요인을 분석하였다. 한국의 경우 모든 연도에 걸쳐 상대적으로 효율적이며, tobit 분석 결과 시설과 운영을 분리하는 수직분리와 화물과 여객을 분리하는 수평분리가 효율성에 긍정적인 영향을 미친다는 결과를 도출하였다. Mizutani and Uranishi(2013)는 자료포락분석기법(DEA)을 이용한 위의 두 연구와 달리 총비용함수모형을 추정하여 수직 및 수평분리에 대해 분석하였으며, 수직 및 수평분리가 비용을 절감할 수 있는지 여부를 평가하였다. 이를 위해 수평분리더미변수, 수직분리더미변수, 열차밀도를 반영한 수직분리더미변수를 설정하였다. 그 결과 수평분리는 비용이 감소하고, 수직분리는 열차밀도에 따라 그 효과가 다른 것으로 나타났는데 밀도가 낮은 경우 비용이 감소하는 반면, 밀도가 높은 경우 비용이 증가하는 것으로 나타났다.

다음으로 철도산업의 비용 특성 분석을 통해 규모 및 범위의 경제 여부를 분석한 연구로는 배양선(1998), Cantos(2001), 하헌구(2002), 박진경(2004)이 있다. 배양선(1998)은 국내 철도산업의 비용함수를 추정한 결과 90년대 초반까지는 전반적으로 규모의 경제가 존재하나 중반에는 규모의 경제가 존재하지 않고, 여객운송과 화물운송부문 간에는 범위의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 한편 Cantos(2001)는 OECD 국가의 12개 기관을 대상으로 1973년부터 1990년까지의 자료를 이용하여 초월대수 비용함수를 추정한 결과 규모의 불경제가 존재하는 것으로 나타났다. 반면 하헌구(2002)에서는 국내 철도산업의 노선 평균 산출량 수준에서 전반적

으로 규모의 경제가 존재하며, 여객수송과 화물수송부문 간에 범위의 경제도 존재하는 것으로 나타났다. 다른 연구들과 달리 박진경(2004)은 Box-Cox변환을 이용한 일반초월대수함수를 사용하여 한국 철도산업의 규모 및 범위의 경제성을 분석하였으며, 규모의 경제와 함께 여객과 화물운송부문 간에 상당히 큰 범위의 경제가 존재하는 것으로 나타났다.

선행연구를 고찰한 결과 고속철도 보유국만을 대상으로 한 연구사례는 없으며, 산출물의 경우 고속여객과 일반여객을 세분하지 않고 단순히 여객운송과 화물운송 산출물로만 구분하여 분석한 것으로 나타났다. 또한 DEA를 사용한 선행연구가 존재하나 이는 주요 목적이 효율성을 측정하는 데 있으며, 추가로 철도산업의 구조가 효율성에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 분석한 것으로 나타났다. 마지막으로 철도산업의 구조와 비용 특성에 관한 분석에는 주로 초월대수함수모형이 이용되고 있으며, 추정결과를 이용하여 규모의 경제와 범위의 경제가 존재하는지 여부를 분석한 것으로 나타났다.

III. 모형의 설정

1. 초월대수 총비용함수모형

이 연구에서 추정하고자 하는 초월대수 총비용함수모형은 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 \ln TC = & \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln Q_i + \sum_m \beta_m \ln P_m + \gamma_R \ln R \\
 & + \frac{1}{2} \sum_j \sum_i \alpha_{ij} (\ln Q_i) (\ln Q_j) + \sum_m \sum_i \alpha_{im} (\ln Q_i) (\ln P_m) \\
 & + \sum_i \alpha_{iR} (\ln Q_i) (\ln R) + \frac{1}{2} \sum_n \sum_m \beta_{mn} (\ln P_m) (\ln P_n) \\
 & + \sum_m \beta_{mR} (\ln P_m) (\ln R) + \frac{1}{2} \gamma_{RR} (\ln R)^2 \\
 & + (\delta_{VS1} + \delta_{VS2} (\ln V)) D_{VS}
 \end{aligned} \tag{1}$$

여기서, TC : 총비용 Q : 산출물 P : 투입요소의 단위가격
 R : 노선연장 V : 열차밀도 D_{VS} : 수직분리더미
 i, j : 산출물종류(N : 일반여객, H : 고속여객, F : 화물)
 m, n : 투입요소종류(L : 노동, E : 연료 및 재료, K : 자본)

고속철도 보유국을 대상으로 하는 비용함수를 추정하기 위해 총비용(TC)을 종속변수로 하며, 산출물로는 일반여객 인-km(Q_N), 고속여객 인-km(Q_H), 화물 톤-km(Q_F)를 설정한다. 생산요소의 가격으로는 노동의 단위가격(P_L), 연료 및 재료의 단위가격(P_E), 자본의 단위가격(P_K)을, 그리고 추가로 노선연장(R)을 독립변수로 설정한다. 그리고 수직분리구조가 비용에 미치

는 영향을 파악하기 위해 수직분리더미변수(D_{VS})를, 그리고 열차밀도에 따라 수직분리의 효과에 차이가 있다는 선행연구의 결과를 참조하여 열차밀도와 수직분리더미변수의 교차항(VD_{VS}) 또한 모형에 포함하였다.

식 (1)의 모형이 잘 설정된 비용함수라면 생산요소가격에 대한 1차 동차성 조건을 충족하기 때문에 계수들 사이에 식 (2)의 조건을 만족시켜야 한다. 또한 초월대수함수모형은 이차항 테일러시리즈 전개를 통하여 도출되므로 함수 $\ln TC$ 에 대한 헤시안 행렬(Hessian Matrix)이 대칭이어야 한다. 따라서 식 (3)의 대칭성 조건도 만족시켜야 한다.

$$\sum_m \beta_m = 1, \sum_m \alpha_{im} = 0, \sum_m \beta_{mn} = 0 \quad (2)$$

$$\alpha_{ij} = \alpha_{ji}, \beta_{mn} = \beta_{nm} \quad (3)$$

이 연구에서 초월대수함수 추정의 효율성을 높이기 위해 사용하는 생산요소의 비용비중식은 식 (4)와 같다. 모형 추정 시 선형 종속관계가 발생하는 것을 방지하기 위해 비용비중식 중 하나를 제외하여야 하는데, 이 연구에서는 자본요소의 비용비중식인 S_K 를 제외하고 분석하였다. 이 때 어떤 생산요소의 비용비중식을 제외하더라도 추정결과는 동일하다.

$$S_m = \frac{P_m \cdot X_m}{TC} = \frac{P_m}{TC} \cdot \frac{\partial TC}{\partial P_m} = \frac{\partial \ln TC}{\partial \ln P_m} \quad (4)$$

$$= \beta_m + \sum_i \alpha_{im} (\ln Q_i) + \sum_n \beta_{mn} (\ln P_n)$$

2. 규모의 경제

다산출물 산업의 경우 규모의 경제는 전반적인 규모의 경제와 산출물별 규모의 경제로 분류할 수 있다. 다산출물 산업의 경우에는 단일산출물 산업에서 사용하는 한계비용이나 평균비용의 개념을 사용할 수 없다. 그러므로 모든 산출물을 하나의 지표로 결합하지 않으면 다산출물 산업의 평균비용을 구할 수 없다. 이 때 산출물의 구성 비율을 그대로 유지한 채 모든 산출물의 양을 동일한 비율로 증가시키는 방법으로 모든 산출물을 하나의 지표로 결합할 수 있다. Baumol et al.(1982)에 따르면 이는 전반적인 규모의 경제로 단일산출물 산업에서의 규모의 경제와 관련이 있다. 전반적인 규모의 경제는 식 (5)를 통해 산정할 수 있으며, 산출물별 비용탄력성 합의 역수와 같다. 여기서 산출물별 비용탄력성은 식 (6)과 같이 표현된다.

산정된 규모의 경제 지수가 1보다 클 경우 규모의 경제가 존재하며, 1보다 작을 경우 규모의 불경제가 존재한다.

$$EOS(Q, P) = \frac{TC(Q, P)}{\sum_i Q_i MC_i} = \frac{1}{\sum_i \epsilon_{q_i}} \quad (5)$$

$$\epsilon_{q_i} = \frac{\partial \ln TC}{\partial \ln Q_i} = \alpha_0 + \sum_j \alpha_{ij} \ln Q_j + \sum_m \alpha_{im} \ln P_m \quad (6)$$

산출물별 규모의 경제는 식 (7)을 통해 계산할 수 있다. 전반적인 규모의 경제와 마찬가지로 $EOS_i > 1$ 일 때 규모의 경제가 존재한다.

$$\begin{aligned} IC_i(Q,P) &= TC(Q_i, Q_j, Q_k) - TC(0, Q_j, Q_k) \\ AIC_i(Q,P) &= \frac{TC(Q_i, Q_j, Q_k) - TC(0, Q_j, Q_k)}{Q_i} = \frac{IC_i(Q,P)}{Q_i} \\ EOS_i(Q,P) &= \frac{IC_i(Q,P)}{Q_i MC_i(Q,P)} = \frac{AIC_i(Q,P)}{MC_i(Q,P)} = \frac{IC_i(Q,P)/TC(Q,P)}{\epsilon_{q_i}} \end{aligned} \quad (7)$$

여기서, $TC(Q_i, Q_j, Q_k)$: Q_i, Q_j, Q_k 를 생산하는데 드는 총비용
 $TC(0, Q_j, Q_k)$: i 번째 산출물의 생산량이 0 일 때의 총비용
 IC_i : i 번째 산출물의 증분비용
 AIC_i : i 번째 산출물의 평균증분비용
 EOS_i : 산출물별 규모의 경제

3. 범위의 경제

특화된 기관이 하나의 산출물을 생산할 때보다 한 생산기관이 더 적은 비용으로 여러 산출물을 동시에 생산할 때 범위의 경제가 존재한다고 본다. 범위의 경제는 생산요소가 공동으로 활용되는 결합생산으로 인해 발생하므로 다산출물 산업의 비용 특성을 살펴보는 데 적합하다.

다산출물 산업에 대한 범위의 경제도 전반적인 범위의 경제와 산출물별 범위의 경제로 나뉜다. 세 개의 산출물이 존재하는 경우 전반적인 범위의 경제는 식 (8)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$SC_A = \frac{\sum_{i=1}^3 TC(Q_i, 0, 0) - TC(Q_1, Q_2, Q_3)}{TC(Q_1, Q_2, Q_3)} \quad (8)$$

여기서, $TC(Q_1, Q_2, Q_3)$: 전체 산출물을 공동으로 생산하는 데 드는 총비용
 $TC(Q_i, 0, 0)$: i 번째 산출물만을 생산하는 데 드는 총비용

산출물별 범위의 경제는 해당 산출물만을 특화된 기관에서 생산하고 나머지 산출물들을 공동으로 생산하는 경우의 범위의 경제를 의미하며, 식 (9)를 이용하여 계산할 수 있다.

$$SC_i = \frac{TC(Q_i, 0, 0) + TC(0, Q_j, Q_k) - TC(Q_i, Q_j, Q_k)}{TC(Q_i, Q_j, Q_k)} \quad (9)$$

여기서, $TC(Q_i, Q_j, Q_k)$: 전체 산출물을 공동으로 생산하는 데 드는 총비용

$TC(Q_i, 0, 0)$: i 번째 산출물만을 생산하는 데 드는 총비용

$TC(0, Q_j, Q_k)$: j, k 산출물을 공동으로 생산하는 데 드는 총비용

식 (8)과 식 (9)를 이용해 계산된 값이 0보다 클 경우 범위의 경제가 존재하는 것으로, 하나의 기관에서 전체 산출물을 생산하는 것이 바람직함을 나타낸다. 반면 0보다 작을 경우 범위의 불경제가 존재하는 것으로, 한 기관에서 전체 산출물을 생산하는 결합생산비용이 여러 기관에서 각각의 산출물을 생산하는 개별생산비용의 합보다 크다는 것을 의미한다.

IV. 자료

초월대수 총비용함수모형의 추정을 위해 7개 고속철도 보유국의 9개 기관에 대해 2001년부터 2009년까지 총 9개 연도의 자료를 구축하였다. 세계철도연맹(UIC)에서 제공하는 세계철도통계가 주된 자료이며, 일본의 경우 일본철도통계연보를 참고하여 JR-East, JR-Central, JR-West의 자료를 구축하였다. 또한 그 외 운영기관별 연간 보고서를 참고하였다. 여기서 해당 기간 동안 고속철도를 운영한 국가 및 기관들은 <표 1>과 같다.

<표 1>에 제시된 운영형태는 세계철도연맹(UIC)의 구분에 따른 것인데, 한국의 경우 운영

<표 1> 고속철도 보유국별 철도산업구조

국가	고속철도 운영기관	운영 형태	수직분리년도	사업부문 분리년도	비고
한국	KORAIL	RU ¹⁾			
일본	JR-East	PO ²⁾		1987	
	JR-Central	PO		1987	
	JR-West	PO		1987	
벨기에	SNCB	IC ³⁾			
프랑스	SNCF	RU	1997		
독일	DBAG	IC	1999	1999	지주회사
이탈리아	FSSpA	IC	2000		지주회사
스페인	RENFE	RU	2005		

주: 1) RU: Railway Undertaking, 철도 인프라관리기관과 철도 운영기관이 분리되어 있는 형태.

2) PO: Passenger Operator, 여객철도만 운영하는 기관.

3) IC: Integrated Company, 철도 인프라관리와 철도 운영을 하나의 기관이 수행하는 형태.

형태가 RU로 철도 인프라관리기관과 철도 운영기관이 분리되어 있는 수직분리 형태로 분류된다. 그러나 현재 형식적으로만 수직분리 형태에 해당하므로 이 연구에서는 한국의 철도 운영형태를 철도 인프라관리와 철도 운영을 하나의 기관에서 수행하는 수직통합 형태로 상정하여 분석하였다. 일본의 경우 가장 큰 섬인 혼슈(本州) 지역에서 여객운송서비스를 제공하고 있는 세 개의 기관(JR-East, JR-Central, JR-West)을 분석대상에 포함하였으며, 여객운송과 화물운송이 분리되어 있으므로 사업부문 분리 국가로 분류하였다. 독일의 경우 수직통합 형태로 구분되어 있으나, DBAG가 1999년부터 지주회사 형태로 운영되며 철도 시설관리기관과 운영기관이 서로 다른 자회사로 분리되어 있으므로 수직분리 국가로 분류하였다. 또한 철도 운영기관은 여객운송기관과 화물운송기관이 서로 분리되어 있기 때문에 사업부문 분리 국가로 분류하였다. 이탈리아 역시 지주회사 형태이며, 2000년부터 수직분리구조를 채택하였으므로 수직분리 국가로 분류하였다.

이 연구에서 사용되는 산출량 자료는 여객부문을 일반여객 인-km와 고속여객 인-km로 세분하여 구축한 자료이며, 화물부문의 경우 톤-km 자료를 사용하였다. 생산요소의 단위가격은 노동, 연료 및 재료, 자본으로 분리하여 자료를 구축하였다. 노동의 단위가격은 각 운영기관의 연간 노동비용을 직원 수로 나누어 산정하였다. 연료비 및 재료비는 연도별 기관별 차량수로 나누어 단위가격을 산정하였으며, 이 때 차량수는 객차수와 화차수의 합으로 계산하였다. 자본의 단위가격은 기회비용 관점에서 산정하였으며, 고속철도 보유국 중 수직통합구조인 기관과 수직분리구조 하에서의 기관이 모두 존재하기 때문에 자본비를 산정할 때 이를 반영하였다. 즉 수직통합구조인 경우에는 감가상각비와 영업외비용의 합으로 자본비를 산정하였다. 반면 수직분리구조인 경우에는 운영기관의 감가상각비와 영업외비용의 합에 시설관리기관의 총비용을 더한 후, 운영기관이 시설관리기관에게 지불한 시설이용료를 차감하는 방식으로 자본비를 계산하였다. 운영기관별 및 연도별로 산정된 자본비는 선행연구를 참고하여 기관별 및 연도별 노선연장으로 나누어 단위가격을 산정하였다.

그러나 구축된 자료를 바로 분석에 이용하는 것은 타당하지 않다. 이 연구의 분석대상 기관들은 한국, 일본 및 유럽 국가들로 국가별 환율 및 물가가 상이하다는 문제가 있기 때문이다. 따라서 국가별 GDP 디플레이터를 이용하여 각 국가의 2009년 기준 불변가격으로 환산한 후, 2009년 12월 31일 환율을 적용하여 유로화 및 엔화를 원화로 변환하였다. 또한 생산요소 가격 및 산출량 자료를 각 생산요소가격 및 산출량의 평균값으로 나누어 지표화하여 사용하였다. 초월대수 비용함수의 경우 로그를 이용하므로 산출물에 0의 값을 사용할 수 없는데, 한국의 경우 고속철도가 2004년부터 운영을 시작하였기 때문에 2001년부터 2003년까지의 고속 여객 인-km 산출량이 0이며, 일본의 경우 여객운송과 화물운송이 분리되어 있기 때문에 화물 톤-km 산출량이 모두 0의 값을 가진다. 따라서 이 연구에서는 0의 값 대신 산출물별 최소값의 0.1%를 대입하여 분석 자료를 구축하였다.

〈표 2〉 자료의 기초통계

변수	단위	평균	표준편차	최소값	최대값	
총비용	십억원	17,005	13,992	1,862	59,457	
요소가격	노동	백만원	91	34	29	158
	연료 및 재료	백만원	809	725	97	2,781
	자본	백만원	311	491	27	1976
산출량	일반여객 인-km	백만	36,421	29,248	7,149	110,633
	고속여객 인-km	백만	17,779	15,320	0	52,224
	화물톤-km	백만	19,111	25,709	0	92,077
요소비용비중	노동	-	0.370	0.108	0.150	0.556
	연료 및 재료	-	0.391	0.083	0.229	0.609
	자본	-	0.240	0.116	0.097	0.563
노선연장	km	12,733	11,389	1,971	36,044	
열차밀도 (=열차km/노선연장/365)	-	79.557	30.302	36.517	146.765	
수직분리더미	-	0.444	0.500	0.000	1.000	

이 연구에서는 철도 운영기관이 모든 생산요소의 투입량을 최적으로 조절할 수 있다는 가정 하에서 노동비, 연료비 및 재료비, 자본비의 합을 총비용으로 산정하였다. 또한 수직분리 국가의 경우 인프라관리기관과 운영기관의 비용의 합을 총비용으로 산정하였다. 따라서 이 연구에서는 수직분리 국가의 특성을 반영하기 위해 수직분리더미변수를 포함하였다. 지표화하기 이전의 구축된 자료의 기초통계는 〈표 2〉와 같다.

V. 추정결과

1. 초월대수 총비용함수

이 연구에서는 2001년부터 2009년까지의 기간 동안 9개 철도운영기관에 대한 균형패널자료를 사용하며, 모형 추정의 방법으로 SUR(Seemingly Unrelated Regression)을 이용한다. SUR은 횡단면 단위 간에 존재하는 오차항 간의 상관관계를 고려하는 GLS(Generalized Least Squares Method: 일반화 최소자승법)이며, 일반적으로 오차항들이 시간적으로 독립적이지만 횡단면 간에는 상관관계가 존재하는 경우를 상정한다.

앞서 수직분리더미변수와 열차밀도를 반영한 수직분리더미변수를 포함하여 설정한 기본 형태를 토대로 두 가지 모형을 추정하였다. 모형 1은 수직분리더미변수와 열차밀도를 반영한 수직분리더미변수를 포함한 모형이며, 모형 2는 이들을 포함하지 않은 모형이다. 모형 1과 모형 2의 추정결과는 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 초월대수 총비용함수의 추정결과

계수	모형 1 (수직분리더미변수 포함)		모형 2 (수직분리더미변수 미포함)	
	추정치	(t-통계량)	추정치	(t-통계량)
α_0	17.691	(54.633)***	17.383	(390.186)***
α_N	0.118	(0.841)	0.390	(3.002)***
α_H	0.158	(4.062)***	0.148	(3.762)***
α_F	0.005	(0.099)	0.204	(4.700)***
β_L	0.266	(12.828)***	0.270	(12.874)***
β_E	0.359	(28.770)***	0.364	(28.986)***
β_K	0.375	(12.626)***	0.366	(12.185)***
γ_R	0.868	(7.227)***	0.562	(7.293)***
α_{NN}	-0.264	(-2.118)**	-0.143	(-1.204)
α_{HH}	0.000	(0.011)	-0.015	(-1.042)
α_{FF}	-0.030	(-1.341)	0.048	(2.482)**
α_{NH}	-0.071	(-0.742)	-0.215	(-2.010)**
α_{NF}	-0.096	(-1.374)	0.005	(0.073)
α_{HF}	-0.028	(-0.663)	0.036	(0.969)
α_{NL}	0.043	(2.828)***	0.044	(2.840)***
α_{NE}	-0.033	(-2.952)***	-0.028	(-2.511)**
α_{NK}	-0.010	(-0.412)	-0.016	(-0.642)
α_{HL}	0.008	(1.554)	0.008	(1.497)
α_{HE}	-0.001	(-0.233)	0.000	(-0.120)
α_{HK}	-0.007	(-0.887)	-0.007	(-0.907)
α_{FL}	0.004	(0.959)	0.004	(1.013)
α_{FE}	-0.018	(-5.806)***	-0.017	(-5.429)***
α_{FK}	0.014	(2.048)*	0.012	(1.827)*
α_{NR}	0.532	(3.831)***	0.800	(5.486)***
α_{HR}	0.129	(3.643)***	0.178	(4.736)***
α_{FR}	0.079	(1.342)	-0.050	(-0.881)
β_{LL}	0.169	(10.766)***	0.163	(10.305)***
β_{EE}	0.127	(7.241)***	0.123	(6.945)***
β_{KK}	0.168	(8.982)***	0.161	(8.520)***
β_{LE}	-0.064	(-5.339)***	-0.063	(-5.190)***
β_{LK}	-0.105	(-7.748)***	-0.101	(-7.345)***
β_{EK}	-0.063	(-7.975)***	-0.060	(-7.598)***
β_{LR}	-0.091	(-4.773)***	-0.090	(-4.675)***
β_{ER}	0.087	(6.120)***	0.083	(5.817)***
β_{KR}	0.004	(0.116)	0.007	(0.224)
γ_{RR}	-0.936	(-4.266)***	-0.951	(-8.933)***
$\delta_{V\Omega}$	-0.096	(-0.239)		
$\delta_{V\Omega}$	0.738	(3.723)***		

주 : t통계량의 ***는 1%, **는 5%, *는 10%의 유의수준을 의미함.

모형 1의 추정결과를 살펴보면 수직분리더미변수의 계수 추정치(δ_{V31})는 -0.096으로, 수직분리구조로 운영하는 경우 비용이 감소하는 것으로 나타났다. 반면 열차밀도가 반영된 수직분리더미변수의 계수추정치(δ_{V32})는 0.738로, 열차밀도가 높은 경우 수직분리구조는 오히려 비용을 더 증가시키는 것으로 나타났다. 여기서 열차밀도인 열차-km/노선연장/365는 일일 운행되는 열차 수를 의미하므로 운행횟수가 증가할수록 수직분리의 효과가 감소함을 의미한다. 모형 1의 수직분리 효과는 Mizutani and Uranishi(2013)와 동일하게 도출되었으나, 주요 변수인 일반여객 인-km 산출물 및 화물 톤-km 산출물 변수의 계수 추정치의 통계적 유의성이 떨어진다라는 문제점이 있다.

따라서 모형 2를 최종모형으로 제시하고자 한다. 모형 2에서 36개의 모수를 추정된 결과, 주요 변수인 일반여객 인-km, 고속여객 인-km, 화물 톤-km 산출물을 비롯하여 노동, 연료 및 재료, 자본 요소가격의 계수 추정치 부호가 모두 양으로 기대에 부합하고, 계수 추정치가 모두 통계적으로 유의하다.

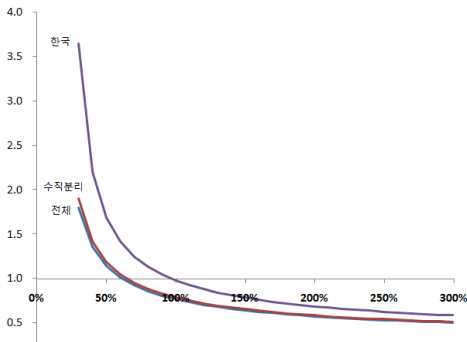
2. 규모 및 범위의 경제

표본평균에서 비용탄력성과 규모의 경제 지수를 산정한 결과를 <표 4>에 제시하였다. 산출물별 비용탄력성을 살펴보면 일반여객 인-km 산출물의 경우 비용탄력성이 0.390으로 가장 크게 도출되었다. 이는 일반여객 인-km 산출량이 1% 증가할 때 총비용이 0.390% 증가함을 의미한다. 반면 고속여객 인-km의 산출량에 대한 비용탄력성은 0.148로, 산출량 증가에 따른 총비용의 증가가 세 산출물 중 가장 낮은 것으로 나타났다. 노선연장에 대한 비용탄력성은 세 산출물별 비용탄력성에 비해 크게 도출되었는데, 이는 철도산업에서 신선건설이 총비용에 미치는 영향이 매우 크다는 것을 반증하고 있다. 세 산출물과 노선연장의 비용탄력성 합역수로 산정된 전반적인 규모의 경제 지수는 전체기관, 수직분리기관, 한국에 대해 모두 1보다 작게 도출되어 규모의 불경제 상태인 것으로 나타났다. 산출물별 규모의 경제에서 고속여객 및 화물 산출물에 대해서는 각각 0.854, 0.021로 1보다 작게 도출되어 규모의 불경제가 존재하는 반면, 일반여객 산출물에 대해서는 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다.

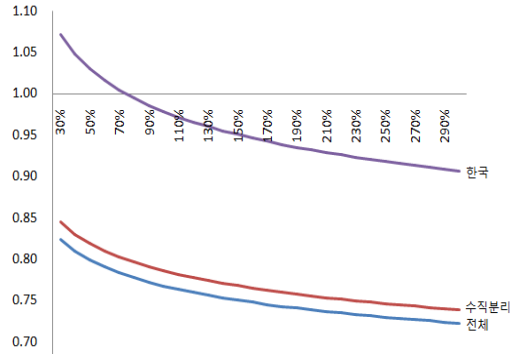
산출량의 수준에 따른 철도산업의 규모의 경제 추이를 분석하기 위하여 세 산출물의 구성

<표 4> 표본 평균에서의 비용탄력성과 규모의 경제

구분	일반여객 인-km	고속여객 인-km	화물 톤-km	노선연장
비용탄력성	0.390	0.148	0.204	0.562
산출물별 규모의 경제	1.261	0.854	0.021	-
전반적인 규모의 경제	전체 기관		0.768	
	수직분리		0.786	
	한국		0.978	



〈그림 1〉 철도산업의 규모의 경제 추이



〈그림 2〉 고속여객 산출물의 규모의 경제 추이

비율은 일정하고 모든 산출물의 양이 동일한 비율로 증가하는 경우를 상정하였다. 이 때 산출량의 표본평균(100%)을 기준으로 산출량 수준을 조정하였으며, 산출량을 제외한 독립변수는 표본평균값을 적용하였다. 한국을 비롯한 전체기관과 수직분리기관의 규모의 경제 추이는 〈그림 1〉에 제시된 바와 같다. 전체 운영기관과 수직분리구조의 운영기관에 대해서는 평균 산출량의 60% 이하 수준일 때 규모의 경제가 존재하는 반면, 한국의 철도산업은 현재 약한 규모의 불경제 상태로 평균 산출량의 90% 이하 수준에서 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 그러나 전반적으로 산출량 수준이 증가할수록 규모의 불경제가 커지는 것으로 나타났다.

다음으로 고속여객 산출물의 규모의 경제 추이를 분석하기 위해 고속여객 산출물을 제외한 나머지 산출물 및 독립변수는 표본평균값을 적용하고, 고속여객 산출물만 표본평균을 기준으로 산출량 수준을 조정하여 추정하였다. 그 결과 〈그림 2〉와 같이 고속여객 산출물의 규모의 경제는 전체기관 및 수직분리기관의 경우 평균 산출량 수준을 낮춰도 규모의 불경제가 존재하고, 한국의 경우에도 평균 산출량의 70% 수준 이상에서 규모의 불경제가 존재하는 것으로 나타났다. 또한 철도산업과 마찬가지로 각 산출물의 산출량이 늘어날수록 규모의 불경제가 커지는 것으로 나타났다.

범위의 경제 역시 전반적인 범위의 경제와 산출물별 범위의 경제로 구분된다. 여기서 산출물별 범위의 경제는 해당 산출물만을 특화된 기관에서 생산하고, 나머지 산출물들을 공동으로 생산하는 경우의 범위의 경제를 의미한다. 예를 들어 고속여객 산출물에 대한 범위의 경제는 세 산출물을 모두 생산(Q_H, Q_N, Q_F)하는 경우와 고속여객 산출물을 생산($Q_H, 0, 0$)하는 기관과 일반여객 및 화물을 생산($0, Q_N, Q_F$)하는 두 기관이 존재하는 경우를 비교한다.

먼저 고속여객, 일반여객, 화물 산출물을 각각의 운영기관에서 생산하는 경우와 세 산출물을 한 기관에서 생산하는 경우를 비교하기 위해 철도산업의 전반적인 범위의 경제를 추정하

〈표 5〉 표본 평균에서의 범위의 경제

구분	전체 기관	수직분리	한국
철도산업	0.326	0.367	1.437
고속여객 산출물	0.388	0.237	0.938
일반여객 산출물	0.463	0.239	1.009
화물 산출물	-0.146	0.126	0.418

였다. 〈표 5〉에서 볼 수 있는 것처럼 전체기관, 수직분리기관, 한국 모두 범위의 경제가 존재하며, 특히 한국의 경우 상대적으로 큰 범위의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 또한 전체적으로 산출량이 증가할수록 범위의 경제도 커지는 것으로 나타났다. 이 연구에서는 한국을 비롯한 전체 기관 및 수직분리구조를 가지는 국가들에 대한 세 산출물의 표본평균에서의 구성 비율을 기반으로 철도산업에 대한 전반적인 범위의 경제를 살펴보았다. 만약 산출물의 구성 비율이 달라지면 범위의 경제 결과는 달라질 수 있다.

한편 고속여객 산출물의 범위의 경제와 일반여객 산출물의 범위의 경제는 철도산업에 대한 전반적인 범위의 경제와 유사한 것으로 나타났다. 반면 화물 산출물의 범위의 경제는 전체기관에 대해서 음으로 도출되었으므로 범위의 경제가 존재하지 않는 것으로 나타났다. 이는 세 산출물을 한 기관에서 생산하는 것 보다 두 기관, 즉 화물산출물을 생산하는 기관과 일반여객 및 고속여객 산출물을 생산하는 기관으로 분리하는 것이 더 효율적임을 의미한다.

3. 한국 철도산업의 미래(2015년) 비용 특성

한국은 2015년부터 수서발 경부선 및 호남선(오송역~광주 송정역 구간) 고속철도 서비스를 공급할 계획이다. 수서발 고속철도는 현재와 같이 한국철도공사가 운영하는 것이 아니라 정부에서 신규사업자를 모집하여 운영하는 방안을 추진 중이다. 이 방안이 한국의 여건 하에서 타당한 지 여부를 판단하기 위해 2015년 한국 철도산업의 상황을 상정하고 규모 및 범위의 경제를 추정하였다.

국내 노선연장의 경우 2011년 12월 31일 기준으로 3,558.9km이며, 수서발 고속철도 운영을 위해 2014년까지 추가로 건설되는 노선 283.9km를 포함하여 2015년 노선연장은 3,842.8km일 것으로 가정하였다. 또한 2015년의 산출량 수준은 산출량의 연평균 증가율을 이용하여 추정하였다. KTX가 2004년 4월 개통하였기 때문에 2005년부터 2011년까지의 산출량 자료를 이용하여 산출물별 연평균 증가율을 산정한 결과 각각 일반여객 1%, 고속여객 7%, 화물 0%로 나타났다. 이 때 화물 산출물의 경우 연평균 증가율이 0%이기 때문에 2005년부터 2011년까지의 평균값을 사용하였다. 또한 수서발 고속철도 개통 및 광역철도 확장에 따른 수단전환 및 신규수요 발생의 가능성을 고려하여 여객산출물에 한하여 연평균 증가율을 고려해 산출량

〈표 6〉 한국 철도산업의 2015년 수직분리 여부에 따른 총비용

구분	수직통합	수직분리
총비용(백만원)	5,353,797	5,602,852

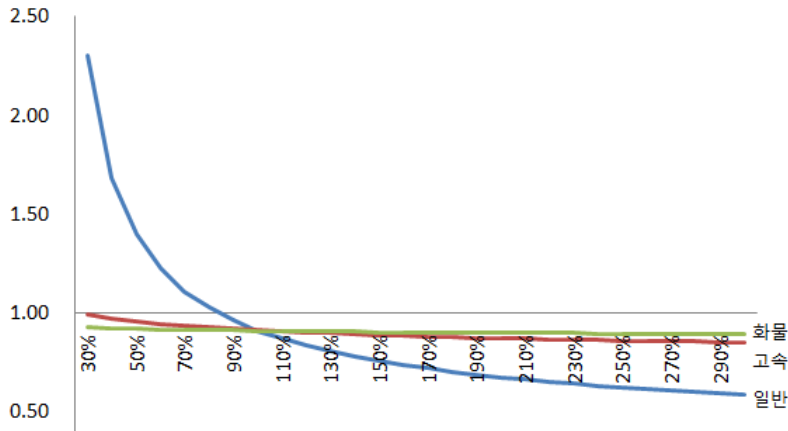
증가율을 1%~5%까지 수준별로 각각 적용하여 살펴보고자 한다.

2015년 한국철도의 노선연장과 산출량이 앞서 가정한 바와 같을 경우 모형 1을 통해 비교한 수직분리와 수직통합 구조 하에서의 총비용은 〈표 6〉과 같다. 이 때 노선연장과 산출량은 모형 추정 시 사용한 자료와 동일한 방법으로 지표화하여 반영하였으며, 산출량과 노선연장을 제외한 변수는 가장 최근인 2009년의 자료를 사용하였다. 추정결과 2015년 한국 철도산업의 경우 수직통합구조일 경우의 총비용이 더 낮은 것으로 나타났다. 앞의 〈표 3〉에서 확인할 수 있는 것처럼 모형 1에서 수직분리더미변수의 계수추정치($\delta_{V_{S1}}$)는 -0.096으로 수직분리일 경우 총비용이 감소하나, 열차밀도가 반영된 수직분리더미변수의 계수추정치($\delta_{V_{S2}}$)는 0.738로 열차밀도가 높을수록 수직분리는 오히려 비용을 증가시킴을 알 수 있었다. 따라서 이 결과는 한국의 열차밀도가 분석대상인 9개 기관들 중 3번째로 높기 때문으로 판단된다.

한편 한국 철도산업의 2015년에 대한 전반적인 규모의 경제와 범위의 경제를 산정한 결과는 〈표 7〉과 같다. 연평균증가율만 반영하여 산정한 2015년의 산출량 수준에서 규모의 경제 지수는 0.911로 규모의 불경제가 존재하는 반면, 범위의 경제는 모두 0보다 크게 나타나 범위의 경제가 존재할 것으로 나타났다. 또한 수서발 고속철도 개통 및 광역철도 확장에 따른 수단전환 및 신규수요 발생의 가능성을 고려해 연평균증가율만 반영한 2015년 여객산출량에 1%~5%까지 산출량 증가율을 추가로 적용하면 규모의 불경제는 더욱 커지는 것으로 나타났다. 한편 각 산출물의 규모의 경제 추이를 나타낸 〈그림 3〉에서 볼 수 있는 것처럼 일반여객 산출물의 규모의 경제가 산출량 수준에 가장 민감하고, 화물 산출물의 규모의 경제가 산출량 수준에 가장 둔감한 것으로 나타났다. 또한 세 산출물 모두 전반적으로 규모의 불경제가 존재하며, 산출량 수준이 증가함에 따라 규모의 불경제는 커지는 것으로 나타났다.

〈표 7〉 한국 철도산업의 2015년 규모의 경제 및 범위의 경제

구분	규모의 경제	범위의 경제			
		전반적	일반여객	고속여객	화물
2015년	0.911	1.352	0.993	0.915	0.349
1% 증가	0.906	1.353	0.995	0.917	0.349
2% 증가	0.901	1.355	0.996	0.918	0.349
3% 증가	0.896	1.356	0.998	0.920	0.349
4% 증가	0.891	1.358	0.999	0.921	0.349
5% 증가	0.886	1.360	1.001	0.922	0.349



〈그림 3〉 한국 철도산업의 2015년 산출물별 규모의 경제

종합적으로 살펴보면 2015년의 한국 철도산업에는 규모의 불경제가 존재하는 것으로 나타났다기 때문에 규모를 축소하는 것이 타당하다. 범위의 경제의 경우 화물 산출물(Q_F) 생산기관과 고속여객 및 일반여객 산출물(Q_H, Q_N) 생산기관이 존재하는 경우와 세 산출물(Q_H, Q_N, Q_F)을 한 기관에서 생산하는 경우를 비교한 화물 산출물에 대한 범위의 경제가 상대적으로 작은 것으로 나타났다. 따라서 범위의 경제를 고려하여 철도공사는 기존의 고속여객, 일반여객, 화물부문을 운영하되 규모의 경제를 고려하여 철도경쟁체제를 도입하는 것이 효율적일 것으로 보인다. 고속철도부문의 경쟁체제 도입으로 제2의 운영기관이 출범할 경우 규모의 경제가 일반여객 산출량에 가장 민감하게 변하고 화물에 대한 범위의 경제가 상대적으로 작은 점을 반영한다면 제2의 운영기관이 고속여객뿐 아니라 일반여객도 함께 운영하는 방안이 타당한 것으로 판단된다.

VI. 결론 및 향후 과제

이 연구에서는 철도산업의 구조와 비용에 관한 분석을 통해 한국 철도산업의 현황과 향후 여건에 따른 철도경쟁체제 도입의 타당성 여부를 살펴보고자 하였다. 이를 위해 고속철도를 운영 중인 국가들의 자료를 이용하여 초월대수 총비용함수 모형을 추정한 다음, 규모의 경제 및 범위의 경제를 산정하였다.

고속철도 경쟁체제 도입 추진 계획을 고려하여 한국 철도산업의 2015년 상황을 가정하였을 때 수직통합 구조가 비용 측면에서 더 효율적인 것으로 나타났다. 또한 2015년 한국 철도산업의 규모 및 범위의 경제를 산정한 결과 규모의 불경제가 존재할 것으로 예측되었다. 따라서 철도경쟁체제 도입을 통해 제2의 운영기관이 필요한 것으로 나타났다. 산출물별로는 일반여객 산출물의 규모의 경제가 산출량 수준에 따라 특히 민감하게 변하는 것으로 나타났다.

반면 철도산업 전반적으로 범위의 경제가 존재하는 것으로 나타나, 한 가지 산출물만을 생산하기보다 여러 산출물을 동시에 생산하는 것이 효율적일 것으로 판단된다. 이 때 화물에 대한 범위의 경제는 다소 낮게 추정된 반면, 일반여객과 고속여객에 대한 범위의 경제는 상대적으로 크게 추정되었다. 따라서 한국철도공사는 현재와 같이 고속여객, 일반여객 및 화물 운송서비스를 제공하고, 제2의 운영기관은 규모의 경제가 일반여객 산출량에 민감한 점과 화물 산출물에 대한 범위의 경제가 상대적으로 작다는 점을 반영하여 고속여객 서비스와 일반여객 서비스를 함께 제공하는 방안이 타당한 것으로 판단된다.

이 연구에서는 고속철도를 운영 중임에도 불구하고 자료의 부재 등으로 인해 타이완 및 영국을 분석대상에 포함시키지 못하였다. 또한 생산요소가 공동으로 활용되는 결합생산으로 인한 비용 절감의 효과는 규모의 경제와 범위의 경제의 상호 작용의 관계에 있기 때문에 볼 수 있는데, 이 연구에서는 규모의 경제와 범위의 경제의 관계에 대해서 분석하지 못한 한계가 있다. 또한 수직분리 효과의 경우 수직분리더미변수를 모형 추정에 반영하였으나, 통계적으로 유의한 결과가 도출되지 못하였다. 마지막으로 모형 추정결과를 바탕으로 분석한 한국에 대한 규모의 경제 및 범위의 경제가 산출량 수준에 따라 상대적으로 민감도가 낮게 나타났다. 이는 다른 고속철도 운영 국가들에 비해 한국의 산출량 및 총비용, 단위가격이 상대적으로 매우 낮은 편에 속하며 그 격차가 크기 때문에 발생한 문제라고 볼 수 있다.

이 연구의 한계를 극복하기 위해서는 타이완 등을 포함하여 더 많은 관찰점을 대상으로 모형을 추정할 필요가 있다고 판단된다. 또한 한국과 산출량 수준이 비슷한 국가들을 대상으로 더미변수 등을 활용하여 수직분리 및 사업부문분리 구조가 반영된 모형을 추정할 필요가 있다고 판단된다. 마지막으로 규모의 경제와 범위의 경제의 상호관계를 고려하여 비용 특성을 살펴본다면 이 연구의 한계를 극복할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김민정(2004), 한국 도시철도 운영기관들의 효율성과 생산성 분석, 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 김성수(2001), “서울 시내버스 운송업의 규모 및 범위의 경제성 분석”, 대한교통학회지 19권, 6호, pp. 89-102.
- 김성호, 최태성(2009), “철도산업의 수직분리와 운영효율성의 관련성에 관한 연구”, 한국철도학회논문집, 12권 6호, pp. 844-851.
- 김용현(2004), 부산교통공단과 서울지하철공사의 비용함수 추정: 규모와 밀도의 경제를 중심으로, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 김은아(2003), 철도산업의 비용구조 분석 - 우리 나라와 일본의 철도업체를 대상으로, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 배양선(1998), 한국철도산업의 규모 및 범위의 경제성 분석, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.

- 박진경(2004), “일반초월대수 비용함수모형을 이용한 한국 철도산업의 규모 및 범위의 경제성 분석”, 대한교통학회지, 22권 6호, pp. 159-173.
- 박진경(2007), 한국과 일본 철도산업의 비용구조와 생산성 분석, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 오범호(2008), 사립대학의 규모의 경제와 범위의 경제 분석, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 이운미, 유재균(2009), “DEA와 Tobit 모형을 이용한 철도산업 효율성 결정요인 분석”, 한국철도학회논문집, 12권 6호, pp. 1030-1036.
- 하현구, 이경미(2002), 우리나라 철도산업의 비용 특성에 관한 연구, 교통개발연구원.
- Baumol, W. J., Panzar, J. C., and Willing, R. D.(1982). *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*, New York: Harcourt Brace Jovanovich.
- Cantos, P.(2001), “Vertical relationships for the European railway industry”, *Transport Policy*, 8: 77-83.
- Cantos, P. and Maudos, J.(2001), “Regulation and efficiency: the case of European railways”, *Transportation Research Part A*, 35: 459-472.
- Cantos, P., Pastor, J. M., and Serrano, L.(1999), “Productivity, efficiency and technical change in the European railways: A non-parametric approach”, *Transportation*, 26(4): 337-357.
- Mizutani, F. and Uranishi, S.(2013), “Does vertical separation reduce cost? An empirical analysis of the rail industry in European and East Asian OECD Countries”, *Journal of Regulatory Economics*, 43(1): 31-59.
- Oum, T. H. and Yu, C.(1994), “Economic efficiency of railways and implications for public policy – A comparative study of the OECD Countries' railways”, *Journal of Transport Economics and Policy*, 28(2): 121-138.
- Yung, H. C.(2010), “High-speed rail in Taiwan: New experience and issues for future development”, *Transport Policy*, 17: 51-63.
- 日本國土交通省, 鐵道統計年報, 平成13年度~平成21年度.