

우리나라 철도산업의 비용함수추정 연구(I)

A Study on Cost Function of Korea Railroad Industry(I)

유재권*·김정태**

Jae-Kyun Yoo · Kyoung-Tae Kim

ABSTRACT

The number of parameters and the number of samples are the key point of trans-log cost function which studied recently. Most of models show that the number of parameters is more than the number of samples. Therefore, these studies gave unreliability of the estimation results.

First, we surveyed theoretical cases and researches for the formulation of cost function of railroad industry. Second, we will suggest trans-log cost function by analyzing cost data of KNR. And, the cumulative data will be needed for the confidence of estimation results.

I. 머리말

우리나라 철도산업은 고속철도의 개통으로 급속히 발전하고 있다. 또한 2005년부터는 철도청이 정부조직에서 탈퇴하여 공사로 전환하게 된다. 이처럼 철도의 환경이 변화함에 따라 경영전략의 수립이 매우 중요한 과제로 등장하게 되었다.

경영전략을 수립함에 있어 가장 기초가 되는 것은 산업의 비용구조이다. 특히 마케팅 전략에 있어서의 비용의 중요성이 세삼 강조되는 시점이다. 그러나 아직까지 우리나라 철도산업에서의 비용함수에 대한 연구는 미약하다. 몇몇 철도산업 비용함수 추정연구가 진행되었지만 이들 연구에서는 한계점을 지니고 있으며, 초기 연구형태라 할 수 있다.

철도산업의 비용함수에 대한 연구는 2회에 걸쳐 진행된 것이다. 본 연구에서는 그 첫 번째로서 비용함수의 이론적 검토와 기존 연구결과 등을 분석한다. 다음에 진행된 연구에서는 실제 우리나라 철도산업의 비용자료를 이용하여 우리나라 철도산업의 비용함수를 추정할 예정이다.

II. 비용함수의 종류

비용함수는 크게 다음의 네 가지가 있는데 먼저 이에 대해서 하나씩 살펴본다.

1. Cobb-Douglas型 費用函數

생산요소의 가격이 p_1 인 노동(L)과 p_2 인 자본(K)을 사용하여 산출물 y 를 생산하는 기업의 총비용(TC)과 총산출량 y 는 각각 식(1), 식(2)와 같다.

$$TC = p_1L + p_2K \quad (1)$$

$$y = AL^{\alpha_1}K^{\alpha_2}u \quad (2)$$

식(2)에서 A는 기술변화가 생산에 미치는 영향을 포함한 고정생산요소를 나타내며, α_1 , α_2 는 각 투입물에 대한 산출의 탄력도를 나타내는 파라미터이며, u 는 企業間의 效率性에 대한 綜合的 變動을 나타내는 전차이다.

식(1)과 (2)를 이용하여 유도한 비용극소화조건은 $\frac{p_1L}{\alpha_1} = \frac{p_2K}{\alpha_2}$ 이므로 Cobb-Douglas비용함수는 식(3)과 같다.

* 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원

**한국철도기술연구원 주임연구원, 정회원

$$TC = \gamma y^{1/r} p_1^{\alpha_1/r} p_2^{\alpha_2/r} v \quad (3)$$

식(3)에서 $\gamma = r(A \alpha_1^{\alpha_1} \alpha_2^{\alpha_2})^{1/r}$, $r = \alpha_1 + \alpha_2$, $v = u^{1/r}$ 이며 r 은 규모에 대한 보수 정도를 나타내는 지표로서 자본과 노동에 대한 산출탄력도의 합과 같다.

식(3)을 로그변환시키면 식(4)와 같이 되며 가격에 관한 파라메터의 합은 $(\frac{\alpha_1}{r}) + (\frac{\alpha_2}{r}) = 1$ 이다.

$$\begin{aligned} \ln TC &= \ln \gamma + \left(\frac{1}{r}\right) \ln y + \left(\frac{\alpha_1}{r}\right) \ln p_1 + \left(\frac{\alpha_2}{r}\right) \ln p_2 + \ln v \\ \Rightarrow (\ln TC - \ln p_2) &= \ln \gamma + \left(\frac{1}{r}\right) \ln y + \left(\frac{\alpha_1}{r}\right) (\ln p_1 - \ln p_2) + \ln v \end{aligned} \quad (4)$$

그런데 식(4)에서는 彈力性이 同一하므로 U자형의 비용함수를 보장하지 못하며, 또한 사절적으로 미리 요소간 대체가 "1"이라고 가정함으로써 기업의 생산과정상 대체탄력도가 1이 아닌 경우 비용추정의 편의가 발생하는 단점을 가지고 있다.

2. CES 費用函數

CD형 비용함수의 단점인 요소간 대체가 "1"이라는 가정을 완화한 좀 더 일반적인 비용함수가 CES 비용함수인데, 먼저 CES 생산함수를 식으로 표시하면 식(5)와 같다.

$$y = A[\beta L^{-\gamma} + (1-\beta) K^{-\gamma}]^{-1/\gamma} \quad (5)$$

식(5)에서 z 는 規模의 經濟를 나타내는 지표로서 同次程度를 나타낸다. 따라서 투입물간의 代替彈力度는 $\sigma = 1/(1+\gamma)$ 가 되며, $\gamma=0$ 이면 CD형 생산함수와 같아진다. 이 경우의 비용함수는 식(6)과 같다.

$$TC = y^{1/z} A^{-1/z} [\beta^{1/(1+\gamma)} p_1^{z/(1+\gamma)} + (1-\beta)^{1/(1+\gamma)} p_2^{z/(1+\gamma)}]^{(1+\gamma)/z} \quad (6)$$

이러한 함수형태는 산출물이 하나이고 투입물이 2개인 경우에는 적합하지만 투입물이 2개 이상일 경우에는 바람직하지 못하다는 단점을 갖고 있다.¹⁾

3. Translog 費用函數

트랜스로그 비용함수는 널리 사용되는 선속적인 비용함수이다.²⁾ 일반적으로 다품목생산기업의 생산함수는 식(7)과 같은 트랜스로그 생산함수로 표현된다.

$$\ln y = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \ln x_i \ln x_j \quad (7)$$

여기서 $\alpha_{ij} = \alpha_{ji}$, x_i : 투입량

이러한 생산함수는 雙對性(duality)原理를 이용하여 식(8)의 트랜스로그 비용함수로 전환할 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln TC &= \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln y_i + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln p_i + \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \delta_{ij} \ln y_i \ln y_j \right. \\ &\quad \left. + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j \right] + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \rho_{ij} \ln p_i \ln y_j \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 TC: 총비용, y_i : 산출물수준, p_i : 투입요소가격

식(8)이 비용함수이기 위해서는 식(9)의 投入要素價格에 대한 一次同次性과 투입물간 그리고 산출

1) 이러한 제약에 대해서는 Uzawa(1962) 참조.

2) Diewert(1982, p. 354)에 의하면 일반적으로 트랜스로그 비용함수는 정규성 조건(regularity condition)을 충족시키지 못한다. 다품목비용함수 $C(y, p)$ 에서 정규성 조건이란 다음의 다섯 가지 성질을 말하는데 ① C의 지역은 非陰이다. ② C는 섭침함수이다. ③ C는 비감소함수이다. ④ 생산이 존재하는 한 비용함수는 正(strictly positive)이다. ⑤ C에 대한 p는 선형동차이고 오목하다. 그러나 Lau(1974)에 의하면 트랜스로그 비용함수는 2차 미분이 가능하고 요소가격의 선형동차성이 충족되기 때문에 선속적이다.

불간의 對稱性を 만족해야 한다.³⁾

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = 0, \quad 1 \leq j \leq n \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n \rho_{ij} = 0, \quad 1 \leq j \leq m$$

그러므로 이 식에서 추정해야 할 파라메타는 α 가 $(m+1)$ 개, β 는 n 개, δ 는 $\delta_{ij} = \delta_{ji}$ 이므로 $(m(m+1)/2)$ 개, γ 역시 $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ 이므로 $(n(n+1)/2)$ 개, ρ_{ij} 는 mn 개이다.

그런데 이 모형은 산출물 중에 어느 하나라도 0이 되면 이에 대한 처리가 곤란하다는 근본적인 단점을 갖고 있다.⁴⁾

4. Hybrid Translog 費用函數

전통적인 트랜스로그 비용함수는 단일 산출물 중 어느 하나라도 "0"이 되면 範圍의 經濟(scope economies)와 個別品目的의 規模의 經濟(product-specific economies of scale)에 대해서 평가할 수 없다는 문제를 지니고 있다.⁵⁾ 이러한 문제를 해소하기 위해서 산출물의 로그값($\ln y$)을 Box-Cox 변환시킨 것이 혼성트랜스로그(Hybrid Translog) 비용함수로서 식(10)과 같다.

$$\ln TC = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \alpha_i \ln y_i^* + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln p_i + \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \delta_{ij} \ln y_i^* \ln y_j^* \right. \\ \left. + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln p_i \ln p_j \right] + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \rho_{ij} \ln p_i \ln y_j^* \quad (10)$$

$$y_i^* = \frac{(y_i^{\lambda} - 1)}{\lambda}, \quad \lambda \neq 0$$

여기서

$$= \ln y_i, \quad \lambda = 0$$

이 모형에서도 對稱性和 同次性 制約이 성립되어 $\delta_{ij} = \delta_{ji}$ 이고 $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ 이며 식(9)의 제약이 성립된다.

식(10)에서 $\lambda > 0$ 이면 방사평균비용(Ray Average Cost : RAC)⁶⁾곡선이 U자 형태를, $\lambda < 0$ 이면 방사평균비용곡선이 역의 U자 형태를 취하며 어느 하나의 산출물이 비록 "0" 이더라도 범위의 경제는 물론 개별품목의 규모와 경제도 추정할 수 있다는 장점을 갖고 있다.⁷⁾ 또한 혼성트랜스로그 비용함수를 추정할 때 결과들에서 λ 가 대개 "0"에 가까운 값으로 추정되기 때문에 이 비용함수는 전통적인 트랜스로그 비용함수와 비슷하여 진다.⁸⁾

III. 기존연구 검토

천도산업의 운행비용함수를 추정하기 위한 연구는 90년대 이후부터 활발히 진행되었다. 대표적인 천도산업의 운행비용함수연구로는 서선덕·이재훈(1994), 정용우(2002), 하연구·이경미(2002) 등의 연구가 있다.⁹⁾

3) Jorgenson(1986) 참조.

4) 실증분석시에는 권위상 선출물이 0인 경우에는 이를 포함하고 있는 자료의 모든 값에 1을 더하여 처리하고 있다.

5) 전통적인 트랜스로그 비용함수를 이용하여 전체적인 규모 및 범위의 경제와 개별품목의 규모 및 범위의 경제 그리고 비용보완률 상 각종 효율성지표의 측정식에 대한 자세한 논의는 파승희·이선애·유지환·노재열(1991), pp. 133~147 참조.

6) 방사평균비용(RAC)은 다수생산물하의 기업에 대한 평균비용으로 $RAC = C(kY^*)/kY^*$ 로 정의된다. 여기서 Y^* 는 생산물의 벡터 또는 생산물의 특별한 결합에 대한 단위 생산을 나타내며, k 는 $Y = kY^*$ 와 같은 생산에 있어서 단위수 또는 생산물 공간에서 원점으로부터 임의의 생산점까지 Y^* 를 통과하여 k 배 확장하는 스칼라이다. Baumol et al.(1982), p. 51.

7) Baumol et al.(1982), p. 451.

8) Pulley and Humphrey(1993) 참조.

이들 연구에서는 기본적으로 트랜스로그 함수를 이용하여 추정하고 있는데, 각 연구에서 공통적으로 지적되고 있는 점은 사용된 비용자료의 신뢰성이다.

예를 들어 철도의 대표적 산출물은 여객수송과 화물수송인데 이 둘은 그 성격이 확연히 다르다. 그런데 이들간에 발생하는 비용(공통비용)이 별도로 분리제리되지 않는다는 점이 철도비용의 신뢰성을 저하시키는 요인으로 작용하고 있다.

철도청에서 발표하고 있는 원가는 실적원가, 적정원가, 순수원가의 세 가지이다. 적정원가는 철도청내 경영자료와 운임요금 결정수준 파악 등을 위한 원가이고 순수원가는 정부지원금을 받지 않은 상태의 순수수입과 자기자본으로 운용함으로써 저급이자가 없는 상태를 가정하였을 때의 경영성적을 산정한 원가이다. 문제는 현재의 시스템하에서는 여객과 화물부문에 대한 회계분리가 되어 있지 않기 때문에 근본적인 비용함수 추정상의 문제를 발생시킨다.

또한 기존연구의 문제점으로서 사용자자료의 의존점을 제시할 수 있다.

앞에서 살펴본 바와 같이 트랜스로그 비용함수는 상당히 많은 추정계수를 포함하고 있으며, 실제 이 모형의 추정을 위해서는 각 생산요소의 비율로 구성되는 비용절유율 방정식과 함께 시스템으로 추정되어야 한다. 이러한 과정을 거친다면 추정되어야 할 계수가 매우 많아진다. 예를 들어 산출물이 2개, 생산투입요소가 3개일 경우 추정해야 할 파라미터수는 21개이다. 따라서 최소한 추정치가 통계적으로 의미있는 값을 갖기 위한 자유도가 6이라고 가정하면 분석을 위한 최소한의 표본수는 27개이어야 한다.

그런데 지금까지 연구된 결과들은 대부분이 10년이내의 기간을 분석대상으로 하고 있으며, 추정된 파라미터 수가 표본수 보다 많은 경우도 발생하고 있다.

결론적으로 말하자면 트랜스로그 비용함수를 추정하기 위해서는 최소한 20년 이상의 기간을 분석대상으로 해야 통계적으로 의미있는 비용함수를 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결론 및 향후 연구방향

비용함수에 대한 추정은 매우 중요하다. 왜냐하면 모든 의사결정의 이면에는 비용함수가 있어 이에 근거한 경영전략이 마련되기 때문이다. 우리 철도산업은 내년부터 중대한 체제변환을 하게 되는데 바로 공사로의 전환이다. 현재의 정부체제 하에서 벗어나게 되는 것인데 이로 인한 비용의 중요성이 새삼 강조되고 있다. 앞에서도 지적한 바와 같이 철도산업의 비용함수 추정에 있어 가장 어려운 점은 여객과 화물이라는 전혀 다른 산출물에 대해서 공통비용이 적용되고 있다는 점이다. 즉 여객과 화물의 비용함수는 별개로 추정될 필요가 있다. 그래야만이 향후의 경영전략 활용성이 더욱 증가될 것이기 때문이다.

본 연구에서는 철도산업의 비용함수 추정을 위한 이론적 검토를 실시하였다. 다음 논문에서는 실제 철도청의 비용자료를 이용하여 우리나라 철도산업의 트랜스로그 비용함수를 여객과 화물부문으로 구분하여 추정할 것이다.

<참고문헌>

- 대한교통학회, 『철도투자분석 및 평가원칙 개정』, 2003. 12.
최승희·이선애·유계균·노재열, 『기업주의 은행제도와 우리나라 금융산업의 효율화를 위한 제 개선평안』, 정책연구자료 91-12, 한국개발연구원, 1991. 3.
Baumol, William J., John C. Panzar, and Robert D. Willig, *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*, Harcourt Brace Jovanovich, Inc., New York, 1982.
Pulley, L. and David B. Humphrey, "The role of fixed costs and cost complementarities in determining scope economies and the cost of narrow banking proposals", *Journal of Business*, 66(3), 1993, pp. 437~462.

- Uzawa, H., "Production functions with constant elasticities of substitution", *Review of Economic Studies*, October 1962, pp. 291-299.
- Diewert, W. E., "Duality approaches to microeconomic theory", Chapter 12 in *Handbook of Mathematical Economics*, ed. by K. J. Arrow and M. D. Intriligator, Vol. II, Amsterdam : North-Holland, 1982.
- Jorgenson, D. W., "Econometric methods for modelling producer behavior", Chapter 31 in *Handbook of Econometrics*, ed. by Z. Griliches and M. D. Intriligator, Vol. 3, Amsterdam: North-Holland, 1986, pp. 1841-1915.
- Lau, L. J., "Applications of Duality Theory : A Comment," in *Frontiers in Quantitative Economics*, ed. by M. D. Intriligator and D. A. Kendrick, Amsterdam : North-Holland, 1974.