

서울 지하철의 밀도 및 규모의 경제성 분석

金成洙* · 金珉廷**

〈目 次〉	
I. 서론	IV. 자료와 추정방법 및 결과
II. 선행연구의 검토	1. 자료
III. 비용함수모형	2. 가변비용함수의 추정방법과 결과
1. 가변비용함수모형	3. 단기총비용함수의 도출결과
2. 단기총비용함수의 도출	4. 밀도 및 규모의 경제성
3. 밀도 및 규모의 경제성	5. 평균 및 한계비용
4. 평균 및 한계비용	V. 결론

I. 서론

현재 서울은 인구 과밀로 인해 많은 도시 문제를 안고 있다. 그 중에서도 특히 자동차의 급증에 따른 심각한 교통혼잡 및 대기오염문제에 직면하고 있다. 서울시는 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 수단으로 지하철노선망을 급격하게 확장해 왔으며, 그 결과 지하철 분담율의 연평균 증가율은 1988년부터 1996까지 8년동안 19.6%에 달할 정도로 높았다. 1996년 현재 서울시의 지하철 분담율은 버스와 비슷하게 34.1%에 달하고 있다.

이와 같이 다른 교통수단에 비해 수송 분담율이 지속적으로 증가하고 있는 상황에서도 서울의 1기 지하철(1, 2, 3, 4호선)을 운영하는 지하철공사는 자본이 잠식될 정도의 심각한 재정난에 처해 있다. 이는 주로 지하철 건설에 투자된 총사업비 중 대부분을 자체자금이 아닌 차입자금으로 충당한 데 따른 과도한 원리금 상환부담 때문이다.¹⁾ 또한 지하철공사의 영업수입 중 거의 대부분을 차지하는 운수수입의 규모를 좌우하는 요금수준이 건설비 등을 포함하는 운송원가(또는 단기평균총비용)보다 상당히 낮은 수준, 즉 평균가변비용보다 약간 높은 수준에 그치고 있기 때문이다.²⁾

* 서울대학교 環境大學院 副教授

** 서울대학교 環境大學院 碩士過程 在學

1) 홍갑선·강상욱(1995, p.11)과 이종규·송우경·정지연(1996, pp.24-26)에 따르면 1기 지하철 건설(1971~1985)에 투자된 총사업비 2조 3,926억원(1986년 불변가격) 중 자체자금은 26.4%에 불과한 반면 차입자금이 나머지 73.6%를 점유하고 있다. 이로 인해 최근 지하철공사의 총지출액 중 원리금 상환에 사용되고 있는 금액이 약 50%를 차지하고 있는 실정이다.

지하철공사의 사측인 서울시는 이러한 재정난을 타개하기 위해 주로 다음의 두 방안을 시행하고자 하고 있다.³⁾ 첫째, 인적·물적 자원의 효율적 관리를 통해 인건비 및 경비 등을 포함하는 가변비용을 최소화하는 방안이다. 둘째, 지하철요금을 현재 건설비의 극히 일부분을 반영하는 수준에서 건설비의 많은 부분(즉 감가상각비 전부와 건설부채에 따르는 원리금 상환액의 일부)을 반영하는 수준으로 인상하는 방안이다.

반면 지하철공사 노조는 다음의 두 방안을 우선적으로 시행해야 한다고 주장하고 있다.⁴⁾ 첫째, 지하철공사와 5, 6, 7, 8호선의 일부 완공구간을 운영하고 있는 도시철도공사를 통합해 총비용을 줄이는 방안이다. 둘째, 지하철공사의 재무구조는 자체적인 구조조정, 즉 가변비용을 최소화하는 방안을 시행한다고 하더라도 크게 개선되기가 불가능하므로 현재의 자본잠식 상태에서 벗어날 수 있도록 건설부채를 중앙정부가 인수하는 방안이다.

지하철공사의 노사 양측이 제시하고 있는 위의 네 가지 방안 중 요금인상방안은 지하철운송업에 밀도의 불경제(diseconomies of density)가 존재한다면 경제적으로 타당한 방안이라고 할 수 있다. 현재 지하철공사가 밀도의 불경제가 존재하는, 즉 평균가변비용곡선이 우상향하는 영역에서 운송서비스를 생산하고 있다면 요금을 현재 수준보다 높은 단기한계비용 수준으로 인상하는 방안이 효율적이라고 할 수 있다. 그러나 밀도의 경제(economies of density)가 존재하는, 즉 평균가변비용곡선이 우하향하는 영역에서 운송서비스를 생산하고 있다면 요금을 현재 수준에서 오히려 단기한계비용수준으로 인하함과 동시에 지하철공사의 건설부채를 중앙정부(또는 서울시)가 인수하고 운영적자도 정부 보조금으로 보전하는 방안이 효율적이라고 할 수 있다.

한편 두 공사의 통합방안은 지하철운송업에 규모의 경제(economies of scale)가 있다면 경제적으로 타당한 방안이라고 할 수 있다. 현재 지하철공사가 규모의 경제가 존재하는, 즉 평균총비용곡선이 우하향하는 영역에서 운송서비스를 생산하고 있다면 도시철도공사와 통합해 규모를 대형화함으로써 총생산비용을 줄일 수 있으므로 효율적이라고 할 수 있다. 그러나 규모의 불경제(diseconomies of scale)가 존재하는 영역에서 운송서비스를 생산하고 있다면 오히려 지하철공사를 최소효율규모(minimum efficient scale)로 분할하는 것이 보다 효율적이라고 할 수 있다. 반면 지하철운송업에 규모의 불변수익이 나타난다면 두 공사의 개별 운영, 통합 또는 분할방안 중 어느 방안이 더 효율적인 지에 대해 답할 수 없다.

Berechman(1993, pp.111-143)이 밝히고 있는 것처럼 지하철을 포함하는 도시철도운송업에 있어서 밀도 및 규모의 경제성이 존재하는 지 여부는 주로 비용함수의 추정을 통해 검증되어 왔다. 외국의 경우 도시철도운송업의 밀도 및 규모의 경제성 여부는 실증연구 대상으로 많

2) 홍갑선·강상욱(1995), p.24.

3) 서울특별시(1997), pp.567~571.

4) 조선일보, 1999년 4월 20일.

은 관심을 끌어왔기 때문에 어느 정도 연구성과들이 축적되어 있으나, 그 연구결과는 서로 일치하지 않는다. 반면 한국의 지하철 또는 도시철도운송업을 대상으로 비용함수의 추정을 통해 밀도 및 규모의 경제성 여부를 검증한 연구는 거의 전무한 상태이다.

본 연구는 서울시지하철공사를 선로 및 전로 설비, 건물 및 토지와 같은 자본요소의 비용을 제외한 노동, 동력, 유지보수 및 전동차비용의 합으로 구성되는 가변비용을 최소화하는 기업형태로 상정하여 코브-더글라스(Cobb-Douglas)형태의 가변비용함수모형을 설정하고, 서울시지하철공사의 1976년부터 1995년까지 20개년도의 시계열 자료를 사용해 이를 추정한 후 단기총비용함수를 도출한 다음 그 결과에 따라 밀도 및 규모의 경제성 존재 여부를 검증하기 위한 것이다. 또한 이 연구결과로부터 평균 및 한계비용을 도출하여 지하철요금의 적정수준을 모색해 본 후 요금인상방안과 공사통합방안의 경제적 타당성 여부에 대한 정책적 시사점을 얻고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 지하철(또는 도시철도)운송업의 비용함수를 추정된 국내 선행연구가 거의 전무한 관계로 외국의 선행연구를 중심으로 살펴 보고, 3장에서는 설정된 가변비용함수모형과 이로부터 도출되는 총비용함수, 밀도 및 규모의 경제성 지수 그리고 평균 및 한계비용에 대하여 설명한다. 4장에서는 비용함수모형의 추정에 사용되는 자료에 대한 설명과 함께 추정방법 및 결과와 그에 따른 정책적 시사점을 제시한다. 마지막으로 5장에서는 연구의 결과와 문제점 및 향후 연구방향을 제시한다.

II. 선행연구의 고찰

지하철(또는 도시철도)운송업의 경제적 특성을 구명하기 위하여 비용함수를 추정된 국내 선행연구는 김종길(1997)이 유일하며, 외국의 선행연구로는 Pozdena와 Merewitz(1978), Viton(1980), Viton(1993), Mizutani(1994) 및 Savage(1997)를 들 수 있다. 이들 여섯 연구는 지하철운송업의 경제적 특성을 구명하기 위한 목적에서는 비슷하지만 자본시설의 고정성 여부에 대한 가정, 비용함수모형으로 설정한 함수형태 및 분석대상에 포함된 운영주체의 규모면에서는 상당히 다른 편이다.

먼저 김종길(1997)은 서울시지하철공사의 20년 동안의 시계열자료를 이용하여 초월대수함수형태의 가변비용함수와 총비용(또는 장기비용)함수를 추정하였다. 그 결과 서울의 지하철운송업에는 밀도의 경제성은 있는 것으로 나타난 반면 규모의 경제성은 미미한 정도로 존재하는 것으로 나타났다. 이 연구의 문제점으로는 유지관리비용(또는 자재 및 관리비용)을 산출량 지표인 전동차-km로 나누어 유지관리요소(또는 장비 및 자재요소)의 단위가격을 산정함으로써 내생적으로 결정되는 전동차의 전력효율성이 부분적으로 반영되어 외생적으로 결정된다는 가정에 어긋난다는 점과 관찰점 수에 비해 구해야 하는 모수의 수가 많아 자유도가 부족한 점 등을 들 수 있다.

Pozdena와 Merewitz(1978)는 북아메리카에서 도시철도가 운행되는 11개 도시에 대한 11년 동안의 통합자료(pooling data)를 이용하여 단기적 관점에서 생산요소간의 대체탄력성이 1인 코브-더글라스 비용함수를 추정하였다. 이들은 궤도연장을 고정요소로 하여 이 고정요소와 생산함수의 제약하에 비용을 최소화하는 라그랑지(lagrange)함수로부터 도출된 가변비용함수를 추정하였다. 또한 이들은 단기총비용함수를 자본투입량인 궤도연장에 관해 편미분하여 최적의 궤도연장을 도출하고 이를 실제 궤도연장 대신 단기총비용함수에 대입하여 장기비용함수를 도출하였다. 연구결과는 단기적으로 밀도의 경제성이 전 업체에 대해 상당한 정도로 존재하며, 장기적으로 규모의 경제성도 존재하는 것으로 나타났다.

Viton(1980)은 북아메리카의 8개 도시에서 도시철도를 운영하는 업체의 통합자료를 이용하여 코브-더글라스함수보다 제약이 적은 초월대수함수를 추정하였다. 그는 단기적인 관점에서 New York, Chicago, Philadelphia 등의 오래된 대도시에서 도시철도를 운영하는 업체의 경우 밀도의 불경제가 나타나는 반면, Cleveland, PATCO, Shaker, Heights 등의 중소도시에서 도시철도를 운영하는 업체의 경우 밀도의 경제가 나타남을 보였다.

또한 Viton(1993)은 Viton(1980)에서 이용된 자료를 사용해 생산과정에서 나타날 수 있는 비효율성을 고려하는 확률적 비용변경모형(stochastic cost frontier model)을 추정하였다. 이 연구는 산출량과 가장 효율적인 비용과의 관계를 추정한다는 점에서 산출량과 비용의 평균적 관계를 추정하는 Viton(1980)의 연구와 다르다. 이 연구의 결과는 전 연구와는 달리 모든 도시철도업체에 밀도의 불경제가 존재하는 것으로 나타났다.

Mizutani(1994)는 일본에서 도시철도를 운영하는 56개의 민간 또는 공기업에 대한 2 또는 3년 동안의 통합자료를 이용하여 단·장기적 관점에서 코브-더글라스 및 초월대수비용함수를 모두 추정하였다. 연구 결과 도시철도를 운영하는 모든 업체는 소유구조와 규모에 관계없이 밀도의 경제가 존재하는 것으로 나타난 반면 규모의 경제는 존재하지 않는 것으로 나타났다. 또한 이러한 결과는 추정된 비용함수의 형태에 관계없이 같은 것으로 나타났다.

마지막으로 Savage(1997)는 미국에서 중전철(heavy rail transit)을 운영하는 13개 업체와 경전철(light rail transit)을 운영하는 9개 업체에 대한 7년동안의 통합자료를 사용하여 단·장기적 관점에서 초월대수비용함수를 추정하였다. 연구결과 도시철도를 운영하는 모든 업체는 규모에 관계없이 밀도의 경제가 나타난 반면 규모의 경제 또는 불경제는 나타나지 않았다.

이상의 선행연구들을 종합해 보면 도시철도운송업의 밀도의 경제성 존재 여부에 대해서는 경제성이 존재하는 것으로 대체로 결론지을 수 있으나, 그 결과가 완전히 일치한다고 볼 수는 없다. 또한 규모의 경제성 존재 여부에 대해서는 다양한 연구결과들이 도출된 것을 볼 수 있다. 이와 같이 연구결과가 다른 이유는 각 연구에서 설정한 가정 및 비용함수형태의 차이 뿐만 아니라 분석대상에 포함된 도시철도업체들의 규모 차이 등 때문으로 판단된다.

Ⅲ. 비용함수모형

본 연구는 서울시지하철공사에 적합한 비용함수모형으로서 자본을 단기적으로는 조정이 불가능한 준고정적 생산요소(quasi-fixed input)로 보고 가변적인 생산요소에 대해서만 비용을 극소화한다는 가정을 전제로 하는 가변비용함수를 설정하고자 한다. 지하철 운송서비스를 생산하기 위해 필요한 선로설비 등과 같은 자본설비는 단기적으로 큰 수요가 발생할 경우에도 자본설비량을 즉각적으로 늘릴 수 없으므로 모든 생산요소를 가변적인 생산요소로 가정하는 총비용함수보다 가변비용함수를 이용하는 것이 보다 타당하다고 할 수 있다.⁵⁾

1. 가변비용함수모형

서울시지하철공사가 다음 형태의 코브-더글라스 생산함수에 따라 지하철운송서비스를 생산한다고 가정하자.

$$Q = AL^{\beta_1} E^{\beta_2} R^{\beta_3} T^{\beta_4} \quad (1)$$

여기서 Q 는 전동차-km로 측정되는 연산출량, L 은 연노동투입량(인-시간), E 는 연전력투입량(kwh), R 은 연전동차투입량(대), T 는 궤도연장(m)이며, $A, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ 는 모수이다.

단기적으로 지하철공사는 외생적으로 주어진 산출량⁶⁾을 최소의 비용으로 생산하기 위해 자본요소인 궤도연장을 준고정요소로 보고 노동, 전력 및 전동차의 투입량을 조정한다. 따라서 지하철공사의 총비용(TC) 극소화문제를 다음과 같이 설정할 수 있다.

$$\underset{L, E, R}{\text{Min}} TC = P_L L + P_e E + P_r R + P_t T \quad (2)$$

$$\begin{aligned} s. t. \quad & T = \tilde{T} \\ & Q = AL^{\beta_1} E^{\beta_2} R^{\beta_3} T^{\beta_4} \end{aligned}$$

여기서 P_L, P_e, P_r 및 P_t 는 각각 노동, 전력, 전동차 및 궤도의 단위가격을 나타낸다.

주어진 산출량과 궤도연장(\tilde{T}) 제약하의 비용극소화문제를 풀기 위해 라그랑지안(Lagrangian) 함수를 구성하면 다음과 같다.

5) 여러 생산요소 중 준고정적인 생산요소가 존재할 때 비용함수 추정에 총비용함수모형을 이용하면 종속변수인 비용항목에서 편의(bias)가 발생하게 된다. 이에 관한 좀 더 상세한 설명에 대해서는 Oum, Trethewey와 Zhang(1991)을 참조.

6) 지하철운송업은 대표적인 피규제산업으로서 요금 등의 결정시 규제를 받으며 공익산업으로서 발생한 수요를 모두 충족시켜야 하므로 지하철공사가 자율적으로 산출량을 결정할 수 없다는 뜻이다.

$$I = P_L L + P_e E + P_r R + P_t T + \lambda(T - \tilde{T}) + \mu(Q - AL^{\beta_1} E^{\beta_2} R^{\beta_3} T^{\beta_4})$$

이를 선택변수 L, E, R 에 관해 편미분하고 그 결과를 0으로 놓으면 다음 세 식이 도출된다.

$$I_L = P_L - \mu\beta_1 \frac{Q}{L} = 0, \quad I_E = P_e - \mu\beta_2 \frac{Q}{E} = 0,$$

$$I_R = P_r - \mu\beta_3 \frac{Q}{R} = 0$$

위의 비용극소화문제의 일계조건(first-order conditions)으로부터 노동, 전력, 전동차에 대한 조건부 요소수요함수⁷⁾가 각각 다음과 같이 도출된다.

$$L = C_1 Q^{\frac{1}{\rho}} \left(\frac{P_e}{P_L}\right)^{\frac{\beta_2}{\rho}} \left(\frac{P_r}{P_L}\right)^{\frac{\beta_3}{\rho}} T^{-\frac{\beta_4}{\rho}}$$

$$E = C_2 Q^{\frac{1}{\rho}} \left(\frac{P_L}{P_e}\right)^{\frac{\beta_1}{\rho}} \left(\frac{P_r}{P_e}\right)^{\frac{\beta_3}{\rho}} T^{-\frac{\beta_4}{\rho}}$$

$$R = C_3 Q^{\frac{1}{\rho}} \left(\frac{P_L}{P_r}\right)^{\frac{\beta_1}{\rho}} \left(\frac{P_e}{P_r}\right)^{\frac{\beta_2}{\rho}} T^{-\frac{\beta_4}{\rho}}$$

여기서 $C_1 = \left[A \left(\frac{\beta_2}{\beta_1}\right)^{\beta_2} \left(\frac{\beta_3}{\beta_1}\right)^{\beta_3} \right]^{\frac{1}{\rho}}$, $C_2 = \left[A \left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right)^{\beta_1} \left(\frac{\beta_3}{\beta_2}\right)^{\beta_3} \right]^{\frac{1}{\rho}}$

$$C_3 = \left[A \left(\frac{\beta_1}{\beta_3}\right)^{\beta_1} \left(\frac{\beta_2}{\beta_3}\right)^{\beta_2} \right]^{\frac{1}{\rho}}, \quad \rho = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 \quad \text{이다.}$$

위의 조건부 요소수요함수를 식 (2)의 비용함수에 대입하면 다음과 같은 가변비용함수가 도출된다.

$$VC = [C_1 + C_2 + C_3] Q^{\frac{1}{\rho}} P_L^{\frac{\beta_1}{\rho}} P_e^{\frac{\beta_2}{\rho}} P_r^{\frac{\beta_3}{\rho}} T^{-\frac{\beta_4}{\rho}} \quad (3)$$

이 식을 간단히 표시하면 다음과 같다.

$$VC = CQ^{b_1} P_L^{b_2} P_e^{b_3} P_r^{b_4} T^{b_5} \quad (4)$$

7) 모든 조건부 요소수요함수는 요소가격에 대해 0차동차(homogeneous of degree zero)함수이다. 그리고 산출량과 준고정요소의 투입량, 즉 레도연장의 함수이다. 조건부 요소수요함수의 특성에 대해서는 Varian(1984, pp.49~52) 참조.

식 (4)의 비용함수가 잘 정의된 비용함수라면 생산요소가격에 대한 일차동차성의 조건⁸⁾을 충족해야 하므로 모수간에 다음과 같은 조건이 성립되어야 한다.

$$b_2 + b_3 + b_4 = 1 \quad (5)$$

식 (4)와 같은 코브-더글라스형태의 비용함수는 추정해야 할 모수의 수가 가장 적은 함수형태이다. 따라서 본 연구와 같이 추정에 사용되는 관측치의 수가 많지 않은 경우 자유도의 부족으로 나타나는 한계를 어느 정도 극복할 수 있다. 그러나 이 함수형태는 생산요소간의 대체탄력성이 1이며, 산출량에 대한 비용탄력성이 상수라는 제약을 사전적으로 갖는 점으로 들 수 있다.

2. 단기총비용함수의 도출

단기총비용함수는 식 (4)의 가변비용함수에 실제 관측되는 궤도연장의 함수로 정의되는 연간 자본비용함수, ACC를 더하여 도출된다. 따라서 단기총비용함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.⁹⁾

$$SRTC = VC + ACC \quad (6)$$

식 (6)으로부터 도출되는 단기총비용은 장기총비용과 준고정적인 생산요소의 투입량을 최적 수준으로 조절할 수 없기 때문에 발생하는 불균형비용의 합이므로 장기총비용과 같지 않다.

3. 밀도 및 규모의 경제성

식 (4)의 가변비용함수와 식 (6)의 단기총비용함수로부터 밀도 및 규모의 경제성을 각각 도출할 수 있다. 먼저 밀도의 경제성(economies of density, EOD)은 궤도연장이 불변인 상태에서 산출량 증가에 따른 생산비용(가변비용 또는 단기총비용)의 증가정도를 측정하는 개념으로, 위의 두 식으로부터 각각 다음과 같이 도출된다.

$$EOD_v = 1 - \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Q} = 1 - b_1 \quad (7)$$

그리고

8) 비용함수가 생산요소가격에 대한 일차동차성의 조건(homogeneous of degree one)을 만족시키려면 $C(tW, y) = tC(W, y)$ 의 관계가 성립되어야 한다. 비용함수의 충분조건에 대해서는 Varian(1984, pp. 64~69) 참조.

9) 반면 장기총비용함수는 다음과 같은 방법으로 도출할 수 있다. 먼저 식 (6)의 단기총비용함수를 궤도연장에 대해 편미분한 결과를 0으로 놓으면 얻게 되는 장기균형조건식을 풀어서 최적 궤도연장(T^*)을 구한 다음, 식 (6)에 실제 관측되는 궤도연장(T) 대신 T^* 를 대입하면 장기총비용함수가 도출된다.

$$EOD_T = 1 - \frac{\partial \ln SRTC}{\partial \ln Q} = 1 - b_1 \frac{VC}{SRTC} \quad (8)$$

이렇게 도출된 밀도의 경제성 지수가 양이라면 밀도의 경제가, 음이라면 밀도의 불경제가 존재하는 것을 의미하고, 0이라면 밀도의 경제 또는 불경제도 존재하지 않는 것을 의미한다.

다음으로 규모의 경제성 (economies of scale, EOS)은 산출량과 궤도연장의 동시적·동률적인 증가로 인한 생산비용의 증가정도를 측정하는 개념으로, 식 (4)와 (6)으로부터 각각 다음과 같이 도출된다.

$$EOS_V = 1 - \left(\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Q} + \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln T} \right) = 1 - (b_1 + b_5) \quad (9)$$

그리고

$$\begin{aligned} EOS_T &= 1 - \left(\frac{\partial \ln SRTC}{\partial \ln Q} + \frac{\partial \ln SRTC}{\partial \ln T} \right) \\ &= [1 - (b_1 + b_5)] \cdot \frac{VC}{SRTC} \end{aligned} \quad (10)$$

이때에도 계산된 규모의 경제성 지수¹⁰⁾가 양이라면 규모의 경제가, 음이라면 규모의 불경제가 존재하는 것을 의미하고, 0이라면 규모의 경제 또는 불경제도 존재하지 않는 것을 의미한다.

4. 평균 및 한계비용

식 (4)의 가변비용함수로부터 단기평균가변비용(short-run average variable cost, SRAVC)과 단기한계비용(short-run marginal cost, SRMC), 그리고 식 (6)의 단기총비용함수로부터 단기평균총비용(short-run average total cost, SRATC)은 각각 다음과 같이 도출된다.

$$SRAVC = \frac{VC}{Q} \quad (11)$$

$$SRMC = \frac{\partial VC}{\partial Q} = (1 - EOD_V) \cdot SRAVC = b_1 \cdot SRAVC \quad (12)$$

10) 단기총비용함수로부터 구해지는 EOS_T 는 실제 관측된 궤도연장에서 측정된 규모의 경제성을 나타내므로 단기평균총비용곡선이 우하향인 지의 여부를 파악할 수 있게 한다. 반면 장기총비용함수로부터 구해지는 규모의 경제성 지수는 장기균형확장경로(expansion path) 상의 규모의 경제성을 나타내므로 산업구조 개편과 같은 장기적인 정책 수립의 기초자료로 사용하기에는 보다 적합하다고 할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 양의 최적 궤도연장(T^*)을 구할 수 없어 EOS_T 만을 구하였다.

$$SRATC = \frac{SRTC}{Q} \quad (13)$$

Ⅳ. 자료와 추정방법 및 결과

이 장에서는 비용함수의 추정에 사용된 자료와 추정방법을 설명하고, 서울의 지하철운송업에 대한 비용함수의 추정결과와 그에 따른 정책적 시사점을 제시한다. 지하철운송업은 자본을 준고정적 생산요소로 보고 세 가지의 가변적인 생산요소, 즉 노동, 전력 및 전동차를 투입하여 전동차-km를 산출하는 기업형태로 상정하여 분석한다.

1. 자료

비용함수를 추정할 때 사용되는 자료는 김종길(1997)에서 이용된 서울지하철공사의 1976년부터 1995년까지 20개년도의 시계열자료로, 부록에 제시되어 있다. 어떤 산업에 규모의 경제성 등이 존재하는지를 파악하기 위해 비용함수를 추정할 때는 일반적으로 횡단면 또는 통합자료를 이용해 왔지만 서울의 지하철운송업과 같이 실제적으로 단일 기업으로 구성된 산업¹¹⁾에 관해 연구할 때에는 이러한 자료가 없기 때문에 시계열자료에 기초하는 모형만이 가능하다. 시계열자료를 이용하는 경우에는 횡단면 또는 통합자료에 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.

가변비용함수를 추정할 때 산출량 자료인 전동차-km, 인·시간당 노동요소가격, kwh당 전력요소가격 및 궤도연장은 김종길(1997)에 나오는 값을 그대로 사용하였다. 반면 전동차요소가격은 전동차의 감가상각비와 유지관리비용의 합을 전동차대수로 나누어 구한 값을 사용하였다. 종속변수인 가변비용은 세 가변요소를 구입하기 위해 지출한 비용, 즉 노동비용, 전력비용 및 전동차의 감가상각비와 유지관리비용을 합산해 구한 값을 사용하였다.

한편 단기총비용함수를 도출하기 위해 필요한 연간 자본비용함수, ACC의 종속변수인 연간 자본비용은 김종길(1997)과는 달리 건물, 토지 및 선로설비의 감가상각비 뿐만 아니라 전로, 기계 및 기타 설비의 감가상각비도 합산해 구한 값을 사용하였다.

2. 가변비용함수의 추정방법과 결과

본 연구에서 서울지하철운송업의 비용함수를 추정하기 위해 채택한 기본모형은 식 (4)의 가

11) 서울시에서 지하철을 운행하고 있는 지방공기업으로는 도시철도공사도 있으므로 서울의 지하철운송업은 현재 단일 기업이 아니라 2개의 기업으로 구성된 산업이라고 할 수 있다. 그러나 도시철도공사는 1994년부터 지하철을 운행해왔기 때문에 거의 대부분의 연구기간동안 서울의 지하철운송업은 실제적으로 단일 기업으로 구성된 산업으로 볼 수 있다.

변비용함수모형이다. 추정되는 이 모형의 구체적인 형태는 식 (5)의 요소가격에 대한 일차동차성조건을 사전 제약으로 부과하게 되므로 다음과 같다.

$$\ln\left(\frac{VC}{P_e}\right) = C' + b_1 \ln Q + b_2 \ln\left(\frac{P_l}{P_e}\right) + b_4 \ln\left(\frac{P_r}{P_e}\right) + b_5 \ln T \quad (14)$$

여기서 $C = \ln C'$ 이다.

식 (14)는 LIMDEP (Version 6.0)의 통상최소자승법을 사용해 추정되었다. 이때 장기간에 걸친 연도별 시계열자료를 이용하기 때문에 자기상관(autocorrelation)이 나타날 가능성이 있으므로, 다음과 같이 오차항의 일차자기상관을 가정하고 위의 식을 추정한 뒤 우도비검정(likelihood ratio test)을 통해 자기상관의 유무를 검정하였다.

$$\text{오차항: } u_t = \rho u_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0,1)$$

우도비검정은 다음의 검정통계량을 이용해서 시행하였다.

$$\text{검정통계량: } -2(\log L_0 - \log L_1) \sim \chi^2(n)$$

여기서 $\log L_0$ 는 제약하의 우도값, $\log L_1$ 은 제약이 없을 때의 우도값, 그리고 n 은 제약식의 수를 각각 나타낸다. 검정결과 일차자기상관의 가설이 기각되었으므로 일차자기상관이 존재하지 않는 모형이 더 적합한 것으로 판명되었다.

코브-더글라스형태의 가변비용함수를 추정한 결과는 <표 1>에 나타나 있다. 이 표에서 볼 수 있는 것처럼 대부분의 계수추정치들은 10%수준에서 유의하며 부호에 있어서도 이론과 부합하고 있을 뿐만 아니라 함수 전체의 적합도도 높게 나타난다. 다만 전력요소가격에 대한 계수추정치의 방향이 음으로 부적절하게 나타나고 있으나, 통계적으로 유의하지는 않으므로 큰

<표 1> 가변비용함수의 추정결과

변수	계수	추정치	표준오차	t-통계량
	C'	2.452	2.555	0.960
$\ln Q$	b_1	0.389	0.097	4.013***
$\ln P_l$	b_2	0.855	0.118	7.268***
$\ln P_e$	b_3	-0.180	0.282	-0.641
$\ln P_r$	b_4	0.325	0.164	1.984*
$\ln T$	b_5	0.294	0.103	2.868**
결정계수, R^2		0.998		
D-W통계량		1.341		

주: ***는 1% 수준, **는 5% 수준, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 나타냄.

문제는 아닌 것으로 보인다. 따라서 코브-더글라스형태의 비용함수모형은 서울지하철운송업의 비용구조를 분석하는데 큰 문제는 없는 것으로 판단된다.

3. 단기총비용함수의 도출결과

단기총비용함수는 앞의 가변비용함수 추정결과에 대한 연간 자본비용함수(annual capital charges, ACC)를 더하여 도출된다. 본 연구에서 ACC는 궤도연장, T 의 함수로 다음과 같이 설정되며, 추정결과는 <표 2>와 같다.

$$\ln ACC = \alpha_0 + \alpha_1 \ln T \quad (15)$$

4. 밀도 및 규모의 경제성

가변비용함수와 단기총비용함수의 추정결과로부터 각각 도출된 밀도 및 규모의 경제성 지수는 <표 3>과 같으며, 이를 그리면 <그림 1>과 같다.

먼저 <표 3>과 <그림 1>에서 볼 수 있는 것처럼 서울의 지하철운송업에는 가변비용과 단기총비용 모두에 대해 전동차-km로 표시되는 산출량 규모에 관계없이 상당히 큰 밀도의 경제성이 존재하는 것으로 나타난다. 이러한 결과는 앞에서 살펴본 대부분의 선행연구 결과와 일치하며, 서울시지하철공사가 산출량 규모에 비해 과도한 시설용량을 보유해 왔기 때문에 나타나는 것으로 추정된다. 따라서 서울시지하철공사는 보다 많은 산출량을 생산하기 위해 가변 생산요소의 투입량을 증가시켜 기존 시설용량의 가동률을 높인다면 평균가변비용 및 단기평균총비용을 낮출 수 있을 것으로 판단된다.

또한 서울시지하철공사는 평균가변비용곡선과 단기평균총비용곡선이 모두 우하향하는 영역에서 운송서비스를 생산하고 있으므로 운임을 현재 수준에서 단기한계비용 수준으로 인하는 것이 효율적이라고 할 수 있다. 이 경우 운임수입으로는 가변비용조차 충당할 수 없으므로 서울시지하철공사의 건설부채를 정부가 인수하고, 가변비용과 운임수입의 차액에 해당하는 운영적자도 정부의 보조금으로 보전하는 것이 타당하다고 할 수 있다.

다음으로 서울의 지하철운송업에는 단기총비용과 가변비용 모두에 대해 산출량과 궤도연장

<표 2> 연간 자본비용함수의 추정결과

변수	계수	추정치	표준오차	t-통계량
	α_0	12.199	0.128	95.172***
$\ln T$	α_1	1.096	0.011	101.715***
결정계수, R^2		0.998		
D-W통계량		1.647		

주: ***는 1% 수준에서 유의함을 나타냄.

<표 3> 연도별 밀도 및 규모의 경제성 지수

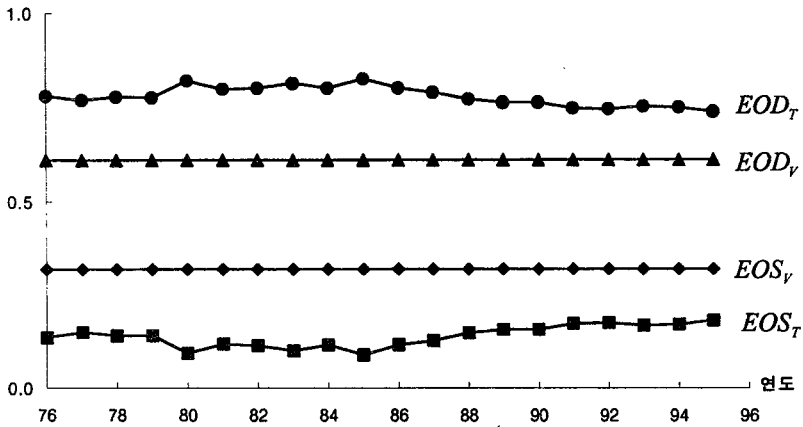
연도	가변비용합수		단기총비용합수	
	밀도의 경제성 (EOD_V)	규모의 경제성 (EOS_V)	밀도의 경제성 (EOD_T)	규모의 경제성 (EOS_T)
1976	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.781(14.353)***	0.136(1.764)**
1977	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.770(13.431)***	0.148(1.758)**
1978	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.779(14.109)***	0.139(1.763)**
1979	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.778(14.070)***	0.140(1.763)**
1980	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.823(18.672)***	0.092(1.693)*
1981	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.800(16.098)***	0.116(1.753)**
1982	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.803(16.341)***	0.113(1.750)**
1983	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.816(17.836)***	0.099(1.718)*
1984	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.801(16.176)***	0.115(1.752)**
1985	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.827(19.201)***	0.088(1.675)*
1986	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.801(16.155)***	0.115(1.752)**
1987	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.791(15.205)***	0.126(1.762)**
1988	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.772(13.550)***	0.147(1.760)**
1989	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.763(12.886)***	0.156(1.752)**
1990	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.764(12.977)***	0.155(1.753)**
1991	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.749(11.964)***	0.171(1.734)**
1992	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.746(11.772)***	0.174(1.729)**
1993	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.753(12.248)***	0.166(1.740)**
1994	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.750(12.020)***	0.170(1.735)**
1995	0.611(6.308)***	0.317(1.590)*	0.739(11.368)***	0.181(1.718)*
평균	0.611	0.317	0.780	0.137

주: 1) ()안의 값은 t-통계량임.

2) ***는 1% 수준, **는 5% 수준, *는 10% 수준에서 유의함을 각각 나타냄.

규모에 관계없이 규모의 경제성도 어느 정도 안정적으로 존재하는 것으로 나타난다. 이 결과는 본 연구와 같이 사전적으로 많은 제약이 부과되는 코브-더글라스형태의 비용함수를 사용한 연구의 결과와는 일치하나, 유연한 형태의 비용함수를 사용한 Mizutani(1994)와 Savage(1997)의 연구결과와는 다르다. 따라서 본 연구의 결과는 유연한 형태의 비용함수를 사용했다면 달라졌을 수도 있으므로 다소 제한적으로 해석해야 할 필요가 있는 것으로 판단된다.

단기총비용에 대해 규모의 경제성이 존재한다는 결과는 서울시에서 지하철을 운행하는 두 공사, 즉 지하철공사와 도시철도공사를 하나의 공기업으로 통합하는 것이 총비용 측면에서 효율적인 방안임을 추론할 수 있게 한다. <그림 2>는 밀도, 즉 궤도 1km당 연간 전동차-km와 노동, 전력 및 전동차의 생산요소가격이 1995년 수준으로 고정되어 있을 때 공사의 규모를 나



〈그림 1〉 연도별 밀도 및 규모의 경제성 지수 추이

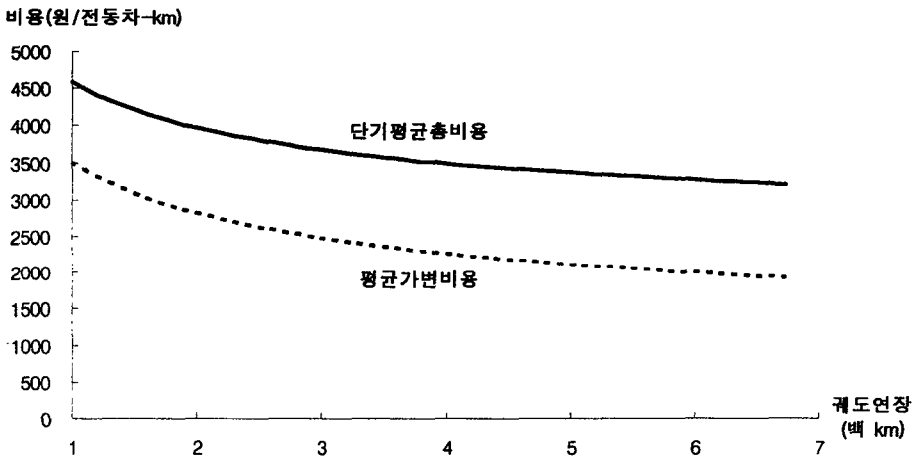
타내는 궤도연장의 변화에 따른 단기평균총비용의 변화 정도를 보여주고 있다. 이 그림에서 하나로 통합된 공기업이 보유하게 될 궤도연장인 674km¹²⁾에서도 단기평균총비용곡선은 우하향하고 있으므로 두 공사를 통합해 대형화하는 것은 경제적으로 타당하다고 할 수 있다.

또한 가변비용에 대해서도 규모의 경제성이 존재한다는 결과는 지하철공사와 도시철도공사가 하부기반시설(선로 및 전로설비 등)의 건설 및 유지관리부문을 별도의 공기업에 이전하고 승객수송부문을 맡는 방식으로 변경될 경우에도 이들 두 공사를 하나로 통합하는 것이 가변비용을 최소화할 수 있으므로 효율적임을 의미한다. 〈그림 2〉에서 볼 수 있는 것처럼 통합 공기업의 예상 연산출량 수준인 약 3억 8천만 전동차-km¹³⁾에서도 평균가변비용곡선은 우하향하고 있으므로 이러한 경우에도 두 공사를 통합하는 것은 경제적 타당성을 갖는다고 할 수 있다.

그러나 두 공사의 통합방안이 경제적으로 타당하다는 이러한 결론은 통합에 따르는 추가적 비용이 크게 발생한다면 달라질 수 있다. 통합이 이루어질 경우 단일 대형노조의 교섭력은 현재보다 강화될 것으로 예상되기 때문에 생산성이 하향 평준화되어 추가적 비용이 크게 발생할 가능성도 있다. 반면 두 공사가 통합된 뒤 현업업무를 대상으로 외주(outsourcing)를 보다 확대함으로써 비용을 절감할 수도 있으므로 통합에 따르는 비용증가분이 규모의 경제효과에 기인하는 비용절감분보다 클 가능성은 높지 않을 것으로 예상된다.

12) 지하철공사가 1995년에 보유하고 있었던 궤도연장인 384km에 도시철도공사가 5, 6, 7, 8호선이 완전 개통한 후 보유할 계획인 영업연장 145km(이종규·송우경·정지연(1996), p. 17)의 두 배를 더해 구한 값이다.

13) 통합 공기업이 전동차를 운행하게 되는 궤도연장인 674km에 지하철공사의 1995년 밀도인 궤도 1km당 56.3만 전동차-km를 곱해 구하였다.



〈그림 2〉 평균비용곡선

(궤도 1km당 연간 전동차-km와 노동, 전력 및 전동차의 요소가격이 1995년 수준으로 고정되어 있는 경우)

5. 평균 및 한계비용

가변비용함수와 단기총비용함수의 추정결과로부터 각각 계산된 전동차-km당 평균 가변비용, 단기한계비용 및 단기평균총비용은 <표 4>와 같으며, 이 표에 제시된 이들 각 비용에 대한 운임수입의 비율을 그리면 <그림 3>과 같다. <표 4>에서 볼 수 있는 것처럼 과거 20년동안 평균적으로 전동차-km당 운임수입은 단기한계비용의 175.2%에 달했던 반면, 단기평균총비용의 37.8% 그리고 평균가변비용의 68.1%에 불과했던 것으로 나타난다.

<표 4>에서 추정할 수 있는 것처럼 지하철공사의 적정 운임수준은 과거 20년동안의 운임수준보다 평균적으로 약 43% 낮았던 것으로 나타난다. 따라서 정부가 지하철공사에 대해 보조금을 지급할 수 있다면 운임을 약 43% 인하해 단기한계비용 수준에 맞추는 것이 효율적이라고 할 수 있다. 반면 보조금을 전혀 지급할 수 없다면 운임을 약 165% 인상해 단기평균총비용 수준에 맞추어야 운임수입으로 건설부채에 따르는 원리금을 상환할 수 있을 것으로 추정된다. 또한 정부가 지하철공사의 건설부채만을 인수한다면 운임을 약 47% 인상해 평균가변비용 수준에 맞추어야 운영적자가 발생하지 않을 것으로 예측된다.

V. 결 론

본 연구는 서울의 지하철운송업에 대해 코브-더글라스형태의 가변비용함수를 설정한 다음 서울시지하철공사의 1976년부터 1995년까지 20개년도의 시계열 자료를 이용하여 통상최소자승법으로 이를 추정한 후 단기총비용함수를 도출하였다. 서울의 지하철운송업은 자본을 주고

〈표 4〉 단기 평균 및 한계비용과 각 비용에 대한 운임수입의 비율

(원/전동차-km, 95년 가격, %)

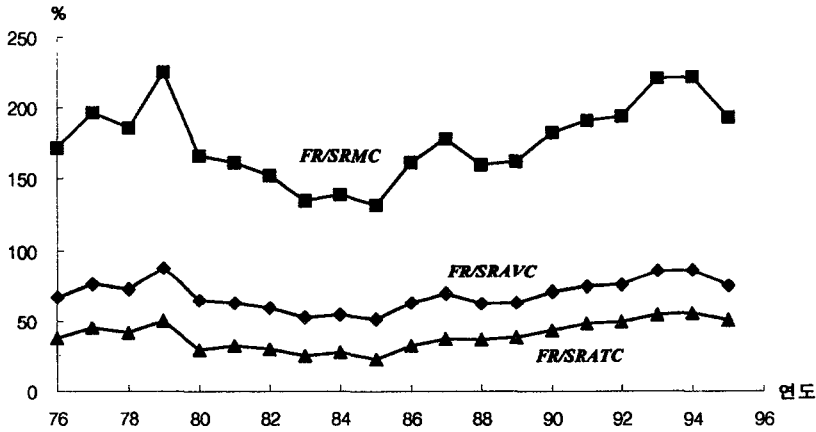
연도	평균가변 비용	한계비용	평균총 비용	운임 수입	$\frac{FR}{SRAVC}$	$\frac{FR}{SRMC}$	$\frac{FR}{SRATC}$
	(<i>SRAVC</i>)	(<i>SRMC</i>)	(<i>SRATC</i>)	(<i>FR</i>)			
1976	2204	857	3920	1469	66.7	171.5	37.5
1977	2394	931	4046	1828	76.3	196.4	45.2
1978	2510	976	4407	1813	72.2	185.8	41.1
1979	2320	902	4064	2031	87.6	225.2	50.0
1980	2921	1135	6418	1886	64.6	166.1	29.4
1981	2368	920	4612	1485	62.7	161.3	32.2
1982	2420	941	4771	1430	59.1	152.0	30.0
1983	2797	1087	5919	1460	52.2	134.3	24.7
1984	2620	1019	5124	1415	54.0	138.9	27.6
1985	2867	1114	6446	1463	51.0	131.3	22.7
1986	2172	844	4244	1362	62.7	161.3	32.1
1987	2303	895	4286	1591	69.1	177.7	37.1
1988	2843	1105	4837	1758	61.8	159.1	36.3
1989	2969	1154	4860	1869	62.9	161.9	38.5
1990	2725	1059	4485	1929	70.8	182.1	43.0
1991	2786	1083	4312	2063	74.0	190.5	47.8
1992	2486	966	3801	1872	75.3	193.7	49.2
1993	2385	927	3756	2041	85.6	220.2	54.3
1994	2391	930	3714	2059	86.1	221.5	55.5
1995	2481	964	3696	1857	74.9	192.6	50.2
평균	2548	990	4586	1734	68.1	175.2	37.8

자료: 운임수입은 김종길(1997, p. 91)을 인용하였음.

주: 평균가변비용, 한계비용 및 평균총비용은 앞의 식 (11), (12), (13)을 이용해 산정된 추정치임.

정적 생산요소로 보고 세 가지의 가변적인 생산요소, 즉 노동, 전력 및 전동차를 투입하여 전동차-km를 산출하는 기업형태로 상징하여 가변비용함수를 추정하였으며, 추정된 가변비용함수에 자본비용을 더하여 단기총비용함수를 도출하였다. 본 연구의 밀도 및 규모의 경제성 존재 여부와 단기 평균 및 한계비용에 대한 추정결과, 그리고 운임인상방안과 공사통합방안의 경제적 타당성 여부에 관한 정책적 시사점은 다음과 같다.

먼저 서울의 지하철운송업에는 가변비용과 단기총비용 모두에 대해 산출량 규모에 관계없이 상당히 큰 밀도의 경제성이 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 서울시의 운임인상방안과는 달리 지하철의 운임을 현재 수준에서 약 43% 인하해 단기한계비용 수준으로 낮추는 방안이 효율적인 것으로 나타났다. 이 경우 운임수입으로는 가변비용조차 충당할 수 없으므로 지하철공



〈그림 3〉 평균가변비용, 단기한계비용 및 단기평균총비용에 대한 운임수입의 비율 추이

사의 건설부채를 정부가 인수하고, 가변비용과 운임수입의 차액에 해당하는 운영적자도 정부가 보조금으로 보전하는 것이 경제적으로 타당하다고 할 수 있다.

다음으로 서울의 지하철운송업에는 단기총비용과 가변비용 모두에 대해 산출량과 궤도연장 규모에 관계없이 규모의 경제성도 어느 정도 안정적으로 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 서울시에서 지하철을 운행하는 두 공사, 즉 지하철공사와 도시철도공사를 하나의 공기업으로 통합하는 방안은 경제적인 타당성이 있다고 할 수 있다. 이러한 결론은 두 공사가 하부기반시설인 선로와 전로설비 등의 건설 및 유지관리부문을 별도의 공기업에 이전하고 승객수송부문을 담당하는 방식으로 변경될 경우에도 동일하게 적용된다고 할 수 있다.

본 연구의 이러한 결론은 분석시 사용된 코브-더글라스형태의 비용함수가 갖는 단점 때문에 다소 제한적으로 해석할 필요가 있다. 코브-더글라스 함수형태는 사전적으로 생산요소간의 대체 탄력성이 1이며, 산출량에 대한 비용탄력성이 항상 일정하다는 제약을 갖고 있는데 서울의 지하철운송업에 이러한 특성이 있다고 예단할 수는 없기 때문이다. 따라서 보다 확실한 결론을 얻기 위해서는 사전적으로 최소한의 제약이 부과되는 유연한 함수형태, 예를 들면 초월대수함수형태 등을 이용할 필요가 있다. 앞에서 선행연구를 고찰할 때 볼 수 있었던 것처럼 서울의 지하철운송업에 유연한 함수형태를 적용해 분석하였다면 연구 결과가 다를 수도 있었을 것이다.

참고문헌

[1] 김종길(1997), 서울시 지하철의 비용함수 추정: 밀도 및 규모의 경제성 분석을 중심으로, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
 [2] 박성현(1997), 회귀분석, 민영사.

- [3] 서울특별시(1987~1994), 서울시정.
- [4] 서울특별시 도시철도공사(1998), 서울특별시 도시철도공사 구조조정 및 경영개선방안 도출을 위한 경영진단.
- [5] 서울특별시 지하철공사(1998), 서울특별시 지하철공사 구조조정 및 경영개선방안 도출을 위한 경영진단.
- [6] 서울특별시(1997), 자치서울 2년, 더불어 사는 서울을 위하여.
- [7] 교통개발연구원(1995), 수도권 전철과 지하철의 운임제도 개선 및 연락운임정산방안 연구.
- [8] 국토개발연구원(1987), 수도권 전철·지하철 연락운임정산을 위한 조사연구.
- [9] 이종규·송우경·정지연(1996), 도시철도사업의 민자유치 타당성 분석, 서울시정개발연구원.
- [10] 조선일보, 1999년 4월 20일.
- [11] 홍갑선·강상욱(1995), 광역도시의 지하철 건설을 위한 재원조달방안, 교통개발연구원.
- [12] Berechman, J. (1993), *Public Transit Economics and Deregulation Policy*, Amsterdam: North-Holland.
- [13] Greene, W.H. (1995), *LIMDEP Version 6.0. Users Manual and Reference Guide*, Bellport: Econometrics Software, Inc.
- [14] Greene, W.H. (1997), *Econometric Analysis*, New York: Prentice-Hall.
- [15] Mizutani, F. (1994), *Japanese Urban Railways: A private-public comparison*, Aldershot: Ashgate Publishing Limited.
- [16] Pozdena, R.J. and L. Merewitz(1978), "Estimating cost functions for rail transit properties", *Transportation Research*, Vol. 12, pp.73~78.
- [17] Oum, T.H., M.W. Tretheway and Y. Zhang(1991), "A note on capacity utilization and measurement of scale economies", *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 9, pp.119-123.
- [18] Savage, I. (1997), "Scale economies in United States rail transit systems", *Transportation Research Part A*, Vol. 31A, pp.459~473.
- [19] Varian, H.R. (1984), *Microeconomic Analysis*, 2nd Ed., New York: W.W. Norton & Company.
- [20] Viton, P.A. (1980), "On the economics of rapid transit operations", *Transportation Research Part A*, Vol. 14A, pp.247~253.
- [21] Viton, P.A. (1993), "Once again, the costs of urban rapid transit", *Transportation Research Part B*, Vol. 27B, pp.401~412.

<부록> 비용합수 추정과 도출에 사용된 자료

(1995년 불변가격)

연도	가변비용 (VC, 원)	전동차-km	생산요소가격			자본비용 (원)	궤도연장 (m)	전동차 대수
			노동 (원/인·시간)	전력 (원/kwh)	전동차 (원/대)			
1976	11065069744	5790611	1843.5	40.1	93688463	9957437655	19365	60
1977	14099720431	6019154	2255.3	47.0	89182925	9957437655	19365	78
1978	17612864325	8393762	2616.5	50.6	87355257	15884887281	29754	96
1979	19271514873	9128318	2672.1	64.5	86588925	15884887281	29754	96
1980	25029782371	10329663	3055.8	83.0	78955037	35257021115	62839	140
1981	31145635349	16093512	3162.5	77.4	87042001	41339313878	62839	140
1982	35892140061	18839389	3379.0	83.8	91216838	42812097169	75868	152
1983	53040073034	22132334	4190.5	84.6	81258568	64145925739	113569	278
1984	97358601030	38458973	5147.0	83.4	90680638	86785037196	153711	428
1985	153294659368	57597534	5781.7	84.8	86017507	212343963830	307798	656
1986	189198514510	99526258	6211.6	81.1	85697088	212343963830	307798	720
1987	196295421510	103916388	6733.8	75.5	86907619	212343963830	307798	720
1988	233686178164	104336000	8320.3	66.9	89856206	213337890862	309712	720
1989	271028863807	109070000	9243.6	61.9	86669873	213337890862	309712	862
1990	275785547369	118015000	8890.7	55.3	81749206	213475794049	309880	1000
1991	336839010492	136598000	10138.3	53.8	85790518	213978469819	310848	1210
1992	363904997222	160098000	10163.4	55.1	84325041	218090294442	318571	1354
1993	395981497072	174025000	10022.1	56.5	83135167	238852498741	358447	1562
1994	457968641632	193056000	10754.2	55.6	81619172	249229979548	380758	1872
1995	507847490994	216185000	11628.6	53.5	88572221	250969902010	384011	1944

자료: 김종길 (1997), 부록.