

서울 지하철서비스의 공급비용과 적정 요금수준 추정

金成洙* · 朴晉瓊**

〈目 次〉	
I. 서론	용 추정에 사용되는 자료
II. 모형의 설정	3. 추정방법
1. 가변비용함수모형	IV. 추정결과
2. 전동차-km당 평균가변비용 및 단 기한계비용	1. 가변비용함수
3. 시간대별·거리별 승객 1인당 비 용	2. 전동차-km당 평균가변비용 및 단 기한계비용
III. 자료 및 추정방법	3. 시간대별·거리별 승객 1인당 적 정 요금수준
1. 비용함수 추정에 사용되는 자료	V. 결론
2. 시간대별·거리별 승객 1인당 비	

I. 서 론

현재 서울 지하철서비스의 요금수준은 시간대, 운행거리 등에 따라 각기 다른 비용을 반영하
기보다는 물가관리정책과 연계하여 결정되므로¹⁾ 요금체계가 불합리하다는 지적을 받고 있다.
예를 들면, 2002년 1월 말 현재 평일을 기준으로 서울지하철공사의 운행시격은 침두시²⁾ 2.5~3
분, 비침두시에는 4~6분으로 침두시의 배차간격이 훨씬 짧기 때문에 시간당 평균운행회수는
침두시가 비침두시보다 43% 정도 더 많다. 이런 이유로 침두시의 지하철서비스 공급비용은 비
침두시에 비해 상당히 높으나, 요금은 시간대에 관계없이 같다. 또한 구역제 요금제도의 시행
으로 단거리를 통행하는 승객과 장거리를 통행하는 승객이 지불하는 요금이 큰 차이가 없기 때
문에 단거리 승객이 장거리 승객을 교차보조하는 결과를 초래하고 있다.³⁾

* 서울대학교 環境大學院 副教授

** 서울대학교 環境大學院 博士過程 在學

1) 황상규(2002), p. 10.

2) 오전침두는 7시~9시이고, 오후침두는 평일의 경우 18시~20시(단 동절기는 17시~19시)이며, 토요일
의 경우에는 13시~15시를 말한다.

3) Cervero(1981)는 샌프란시스코의 대중교통운영기관을 대상으로 요금구조의 효율성과 형평성을 평가하

이에 서울시는 지하철서비스에 대한 다양한 교통수요에 탄력적으로 대응하여 수송효율성을 높임으로써 지하철 운영기관의 재정난을 타개하는 동시에 승객의 편익을 높이기 위해 요금체계를 개편하고자 하고 있다. 이 경우 새로운 요금체계는 시간대, 운행거리별 등으로 각기 다른 지하철서비스의 공급비용을 실질적으로 반영할 필요가 있다.

본 연구는 지하철 운영기관을 노동, 동력, 유지·보수의 세 가지 생산요소를 투입하여 전동차-km를 산출하는 기업 형태로 상정하고 가변비용함수모형을 설정한 다음, 서울지하철공사와 부산교통공단의 불균형통합자료(unbalanced panel data)를 이용해 가변비용함수를 추정하고 그 결과로부터 서울지하철공사의 한계비용을 도출한다. 이를 통해 서울지하철공사의 시간대별·거리별 한계비용에 준거한 승객 1인당 적정 요금수준을 제시한다. 또한 서울도시철도공사의 한계비용을 대략적으로 추정한 다음, 서울 지하철 전체의 승객 1인당 적정 요금수준을 제시하고자 한다.

외국의 경우 거리별 또는 시간대별로 각기 다른 공급비용에 준거하여 대중교통수단의 적정 요금수준을 분석한 선행연구로는 Merewitz(1975), Glaister and Lewis(1978), Oram(1979), Bianchi et al.(1998), van Vuuren(2002), Jorgensen and Preston(2003) 등이 있다. 그러나 우리나라의 경우 대중교통수단의 이러한 점을 고려하여 요금수준을 분석한 선행연구는 전무한 상태이다.

본 연구는 먼저 2장에서 가변비용함수모형을 설정하고, 그로부터 도출되는 전동차-km당 한계비용에 준거해 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준을 도출하는 방법을 설명한다. 3장에서는 가변비용함수 추정에 사용되는 자료 및 자본비용 자료, 침두와 비침두시의 평균재차인원과 승차거리구간별 평균탑승거리자료, 그리고 추정방법을 설명한다. 4장에서는 가변비용함수의 추정결과를 제시하고, 서울지하철공사의 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준을 추정한다. 더불어 서울도시철도공사의 적정 요금수준을 추정하고, 서울 지하철 전체의 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준을 제시한다. 마지막으로 5장에서는 분석결과를 요약하고, 서울 지하철서비스의 요금체계를 개편하는 방안에 대한 정책적 시사점에 관해 논한다.

II. 모형의 설정

1. 가변비용함수모형

본 연구에서는 지하철 운영기관을 노동, 동력, 유지보수의 세 가지 생산요소를 투입하여 전

었는데, 공급비용은 침두시간과 장거리통행일 때 증가하므로 균일요금제의 경우 비침두시와 단거리 통행자들이 침두시와 장거리 통행자들을 교차보조하고 있음을 보였다. 또한 일반적으로 비침두시와 단거리 통행자는 저소득층이 많으므로 균일요금제는 형평성에도 어긋난다고 하였다. 반면 승차거리나 시간에 따라 요금수준이 달라지는 차등요금제는 한계비용을 보다 잘 반영할 수 있으므로 효율성이 개선될 뿐만 아니라 요금수입을 증가시켜 재정난을 개선시킬 수 있음을 밝혔다. 따라서 차등요금제는 형평성을 개선시킬과 동시에 승객수를 유지하면서 운영적자를 줄일 수 있는 방안이라고 하였다.

동차-km를 산출하는 기업 형태로 보고 가변비용함수모형을 설정하며, 함수형태는 유연한 초월대수(translog)함수형태이다.

총비용함수모형⁴⁾ 대신에 가변비용함수모형을 선택하는 이유는 지하철 운영기관이 단기적으로 선로설비, 건물, 토지와 같은 자본의 투입량을 조절하는 것이 어렵다고 보았기 때문이다. 즉 서울지하철공사와 부산교통공단은 장기적으로 모든 생산요소의 투입량을 조절하여 비용극소화를 추구할 수 있으나, 단기적으로는 자본의 투입량은 고정된 것으로 가정하고 가변비용함수모형을 설정하였다. 또한 유연한 초월대수함수형태를 사용하는 이유는 지하철 운송업에 대한 적절한 함수형태가 어떤 형태인지 알 수 없으므로 일단 유연한 형태를 가정하고 분석하는 것이 적절하다고 판단되기 때문이다.

가변비용은 어떤 주어진 기간 동안에 주어진 산출량을 생산하는데 소요되는 최소한의 운행비용을 나타내며, 이를 식으로 나타내면 식 (1)과 같다. 자본요소는 전부 케도연장이라는 대리변수를 통해 고정된 것으로 간주된다.⁵⁾ 여기서 *dum*은 더미변수로, 서울지하철공사와 부산교통공단의 특성을 반영하기 위해 포함시켰다.

$$VC = f(P_i, Y, T, dum) \tag{1}$$

여기서 VC: 가변비용

P_i : 생산요소의 가격벡터 ($i = 1, 2, 3$)

Y : 산출량(전동차-km)

T : 케도연장

dum: 더미변수(서울지하철공사 = 0, 부산교통공단 = 1)

식 (1)의 비용함수모형을 테일러 시리즈로 전개하고 근사치화하여 초월대수함수형태⁶⁾로 나타내면 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} \ln VC = & \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \ln P_i \cdot \ln P_j + \beta_1 \ln Y + \frac{1}{2} \beta_{11} (\ln Y)^2 \\ & + \gamma_1 \ln T + \gamma_{11} (\ln T)^2 + \sum_i \lambda_i \ln P_i \cdot \ln Y + \sum_i \delta_i \ln P_i \cdot \ln T \\ & + \phi \ln Y \ln T + dum + \varepsilon_i \end{aligned} \tag{2}$$

4) 총비용함수모형은 기업이 자본을 포함하는 모든 생산요소의 투입량을 조절해 비용을 극소화할 수 있을 때 설정된다. 생산요소 중에서 고정요소가 존재하는 경우에는 총비용함수모형을 설정하는 것이 타당하지 않다.

5) 이러한 예로는 Viton(1980)을 들 수 있다.

6) 초월대수함수는 모든 변수에 자연로그의 값을 취한, 즉 $\ln Y = f(\ln X_1, \ln X_2, \dots, \ln X_n)$ 형태를 가정하고 이를 원점에서 2차까지 전개한 Taylor Series이다. 자연로그값을 취하는 이유는 대부분의 변수가 지수적으로 증가하기 때문이다.

식 (2)에서 각 독립변수는 그 평균값에 의해 정규화되는데, 이는 평균 생산수준 근처에서 비용 구조의 근사값이 되기 때문이다. 또한 이는 이차항의 테일러 시리즈 전개이므로 함수 $\ln VC$ 에 대한 헤시안 행렬이 대칭(symmetry)⁷⁾이어야 하기 때문에 계수가 식 (3)의 조건을 만족해야 한다.

$$\alpha_{ij} = \alpha_{ji} \quad (3)$$

또한 식 (2)가 잘 설정된 비용함수가 되려면 식 (4)와 같은 생산요소가격에 대한 1차 동차성 조건(homogeneous of degree one)⁸⁾과 오목성(concavity) 조건을 만족해야 한다.

$$\begin{aligned} \sum_i \alpha_i &= 1, & \text{for all } i = 1, 2, 3 \\ \sum_i \alpha_{ij} &= 0, & \text{for all } j = 1, 2, 3 \\ \sum_i \lambda_i &= 0, \\ \sum_i \delta_i &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

식 (2)를 추정할 때 계수 추정치의 효율성⁹⁾을 높이기 위해 결합일반화최소자승법(iterative seemingly unrelated regression)을 이용한다. 즉 Shephard의 정리¹⁰⁾에 의해 도출된 생산요소비용비중식을 비용함수와 함께 연립방정식체계를 구성하여 동시에 추정한다. 생산요소비용비중식은 식 (5)와 같이 가변비용에 자연로그를 취한, 즉 $\ln VC$ 를 생산요소가격(P_i)에 대해 로그미분(log differentiation)함으로써 도출된다.

$$S_i = \frac{\partial \ln(VC)}{\partial \ln(P_i)} = \alpha_i + \sum_j \alpha_{ij} \ln P_j + \sum_i \lambda_i \ln Y + \sum_i \delta_i \ln T + \varepsilon_i \quad (5)$$

7) 대칭성(symmetry)이란 $\frac{\partial^2 C}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 C}{\partial y \partial x}$ 을 의미한다.

8) 생산요소가격에 대한 1차 동차성 조건과 대칭성 조건이 부과되면 추정해야 하는 계수의 수가 제약식의 수만큼 감소하는 효과가 발생한다.

9) 생산요소의 비용비중식과 함께 추정하므로 다중공선성의 문제를 해결할 수 있고, 관찰점 수가 요소비용비중식 수의 배만큼 증가하므로 효율성이 높아진다.

10) Shephard의 정리는 어떤 임의의 생산요소가격에 대하여 비용함수를 편미분한 값은 임의의 생산요소 투입량과 동일하다는 정리이다. 즉 생산요소비용비중식은 다음과 같다.

$$S_i = \frac{W_i X_i}{C} = \frac{W_i}{C} \cdot \frac{\partial C}{\partial W_i} = \frac{\partial \ln(C)}{\partial \ln(W_i)}$$

2. 전동차-km당 평균가변비용 및 단기한계비용

가변비용함수의 추정결과로부터 산출량과 비용간의 관계에 관한 개념인 밀도의 경제성 (economies of density) 지수를 구할 수 있다. 밀도의 경제성이란 네트워크(궤도연장)의 규모가 불변일 때 산출량과 비용간의 관계를 나타낸다. 밀도의 경제가 존재하면 운행빈도(frequency)를 증가시킬 때 평균가변비용이 감소하고, 밀도의 불경제가 존재하면 운행빈도의 증가시 평균가변비용이 증가한다.

완전경쟁시장에서 후생을 극대화하기 위해서는 가격(P)을 단기한계비용($SRMC$)과 같도록 설정해야 한다¹¹⁾ 이러한 한계비용가격설정방법은 사회적으로 효율적이기는 하나, 밀도의 경제가 존재한다면 단기한계비용이 평균가변비용보다 작으므로 운임수입으로 평균가변비용도 회수할 수 없게 된다. 따라서 정부가 요금수준을 단기한계비용 수준으로 결정하고자 한다면, 평균가변비용과 단기한계비용의 차액에 평균총비용과 평균가변비용의 차액을 더한 만큼을 보조금으로 지급해야 한다.¹²⁾ 반면 밀도의 불경제가 존재한다면 운임수입만으로 평균가변비용을 회수할 수 있게 되므로 평균총비용과 단기한계비용의 차액만큼만 보조금으로 지급하면 된다. 밀도의 경제성 지수는 식 (6)과 같이 도출된다.

$$EOD = 1 - \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y} \quad (6)$$

식 (6)에서 도출된 밀도의 경제성 지수가 0보다 크면 밀도의 경제가 존재하고, 0보다 작으면 밀도의 불경제가 존재하는 것을 의미한다. 단기한계비용($SRMC$)은 산출량을 한 단위 증가시킬 때 추가로 증가하는 비용을 의미하는 데, 이는 평균가변비용(AVC)을 먼저 구한 뒤 도출할 수 있다. 전동차-km당 평균가변비용과 단기한계비용은 식 (7)을 이용해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} AVC &= \exp(\ln \hat{C} - \ln Y) \\ SRMC &= \frac{\partial C}{\partial Y} = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y} \cdot \frac{C}{Y} \end{aligned} \quad (7)$$

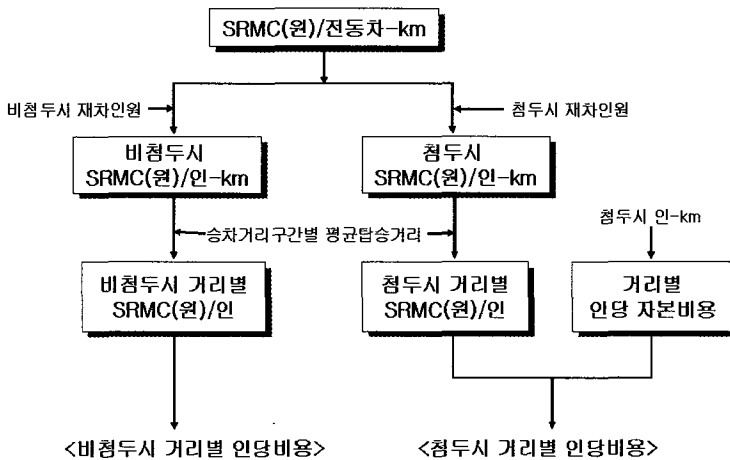
11) 독점시장에서도 $P = SRMC$ 가 되는 산출량을 생산하도록 유도한다면 자원배분의 효율성을 달성할 수 있게 된다.

12) 차선(second best)의 방법으로 평균비용가격설정방법과 램지(Ramsey)가격설정방법이 있다. 평균비용가격설정방법은 수요곡선과 평균비용곡선이 교차하는 점에서 가격과 산출량이 결정되므로 기업은 이익도 손해도 보지 않는다. 램지가격설정방법은 규모의 경제가 존재하여 한계비용가격설정방법으로는 평균총비용과 단기한계비용의 차액만큼 손해를 보게 되는 경우(정부의 보조금 없이), 총수입으로 총비용을 충당하여야 하는 제약조건 하에서 사회적 후생을 극대화하는 가격설정방법이다.

3. 시간대별 · 거리별 승객 1인당 비용

식 (7)에서 구한 전동차-km당 단기한계비용을 이용하여 시간대별 · 거리별 승객 1인당 비용을 추정하는 방법은 다음과 같다. 먼저 2001년 서울지하철공사의 총 전동차-km를 침두시와 비침두시의 총통과차량대수를 이용하여 전동차-km는 총통과차량대수에 비례하는 것으로 가정하고 시간대별 전동차-km를 산정하였다. 또한 2001년의 지하철 정기 교통량조사 자료를 이용하여 시간대별 전동차당 재차인원을 구하고, 이를 시간대별 전동차-km에 곱하여 시간대별 인-km를 산정하였다. 비침두시의 인-km당 단기한계비용은 가변비용함수의 추정결과로부터 도출된 전동차-km당 단기한계비용을 비침두시 재차인원으로 나누어 구하고 이에 승차거리구간별 평균 탑승거리를 곱하여 비침두시의 거리별 인당 단기한계비용을 산정한다. 침두시 인당 단기한계비용은 비침두시의 인당 단기한계비용을 구하는 방법으로 침두시 거리별 인당 단기한계비용을 구하고, 여기에 거리별 인당 한계자본비용을 더하여 산정한다. 이와 같은 일련의 과정을 그림으로 나타내면 <그림 1>과 같다.

침두시간대에 모든 자본비용을 배정¹³⁾하는 이유는 투하되는 자본의 규모, 즉 시설물을 건설



<그림 1> 시간대별 · 거리별 승객 1인당 비용의 추정과정

13) Merewitz(1975)는 the San Francisco Bay Area Rapid Transit(BART)의 한계비용을 구하고자 하였다. 이 연구는 BART의 자본비용을 선로용지, 선로와 구조물, 전동차의 3종류로 나누고, 불변가격으로 환산된 모든 자본비용을 도심방향의 침두시간대에 배정하였다. 이는 시설용량은 침두시간대의 수요에 따라 결정되므로 반대방향의 이용자나 비침두 시간대의 이용자는 용량 증대에 책임이 없기 때문이다. 따라서 비침두 이용자는 가변비용만을 부담하며, 최종적으로 이자율 6%와 12%에 대한 한계비용을 도출하였다. Bonbright et al.(1988)는 한계비용은 자본의 사용시간과 산출물의 유형에 따라 다르다고 밝히고 있는데, 최상의 자본설비가 기본적으로 이용되고 노후 차량과 같은 자본설비는 침두시간대에만 이용되어 가변 비용이 상승한다는 것이다. 또한 비침두 시간대에 고정비용은 0이고, 가변비용은 침두시간대에 비해

하는데 소요되는 비용은 침투수요에 따라 결정되므로 비침투시의 승객들은 용량 증대에 대한 책임이 없기 때문이다. 또한 비침투시에 지하철이 운행되지 않더라도 자본설비의 내구연한에는 큰 변화가 없을 것으로 판단되기 때문이다.

III. 자료 및 추정방법

1. 비용함수 추정에 사용되는 자료

(1) 자료

비용함수 추정에 사용되는 자료는 서울지하철공사에 대한 1976~2001년의 시계열자료와 부산교통공단에 대한 1989~2001년의 시계열 자료를 결합한 불균형 통합자료로 <부록 A>에 제시되어 있다. 현재 수도권에서 전철을 운행 중인 서울도시철도공사와 철도청의 수도권 전철부문은 연구대상에서 제외하였다. 서울도시철도공사의 경우 1995년 11월 운행을 시작하여 2000년에 전 구간을 개통하였으므로 시계열 자료의 관찰점 수가 부족할 뿐만 아니라 단기간에 많은 노선이 연속적으로 개통되어 자료가 불완전하고, 철도청의 경우 도시간 철도부문과 수도권 전철부문의 자료가 혼합되어 이를 부문별로 분리하는 것이 어렵다. 반면 부산교통공단의 자료를 함께 이용하는 이유는 관찰점 수를 증가시켜 추정결과의 신뢰도를 높이기 위함이다. 또한 부산교통공단과 서울도시철도공사의 전동차-km당 평균가변비용이 서로 비슷한 수준이므로¹⁴⁾ 추후에 부산교통공단의 추정결과를 이용해 서울도시철도공사의 비용을 예측할 수 있는 장점이 있다.

가변비용은 노동, 동력 및 유지보수의 세 가지 생산요소비용의 합으로 각 연도의 결산서에 있는 손익계산서 자료를 이용하여 산정하였다. 인건비에는 급여, 연금, 잡금, 제수당, 퇴직급여, 그리고 복리후생비가 포함되며, 이를 소비자 물가지수를 이용하여 2001년 불변가격 기준으로 환산하였다. 동력비는 각 연도의 결산서에 있는 전력수도료에 생산자 물가지수를 이용하여 2001년 불변가격으로 환산하였으며, 유지보수비 역시 생산자 물가지수를 이용하여 환산하였다. 요소비용 비중은 각 요소비용을 가변비용으로 나누어 구하였다.

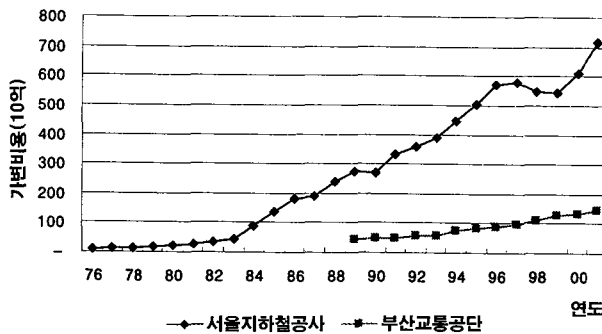
생산요소의 단위가격은 2001년 불변가격 기준으로 환산된 인건비, 동력비, 유지보수비를 각각 현원수, 동력사용량, 차량대수로 나누어 구하였으며, 평균값으로 나누어 정규화시킨 단위가격지수를 비용함수 추정에 사용하였다. 산출량 자료인 전동차-km와 궤도연장 역시 생산요소 단위가격지수와 마찬가지로 평균값으로 나누어 정규화시킨 지수를 이용하였다. 비용함수 추정에 사용되는 변수의 평균값은 <표 1>과 같다.

낮다고 하였다.

14) 서울도시철도공사의 전 노선은 2000년 말에 완전 개통되었으므로 부산교통공단과 2000년, 2001년의 전동차-km당 평균가변비용을 비교하였다. 2000년에는 서울도시철도공사가 2,362원, 부산교통공단이 2,432원이고, 2001년에는 각각 2,398원과 2,539원으로 거의 비슷한 수준이나 부산교통공단이 약간 높은 편이다.

〈표 1〉 비용합수 추정에 사용되는 변수의 평균값

변수		전체	서울지하철공사	부산교통공단
가변비용(백만원)		212,292	275,298	86,280
요소비용 비중	노동	0.706	0.682	0.754
	동력	0.138	0.157	0.101
	유지보수	0.156	0.161	0.145
요소가격	노동(천원/인·년)	26,335	23,342	32,321
	동력(원/Kwh)	74	78	68
	유지보수(천원/대·년)	37,946	37,923	37,992
전동차-km		86,193,260	112,718,944	33,141,892
궤도연장(m)		200,560	250,585	100,511



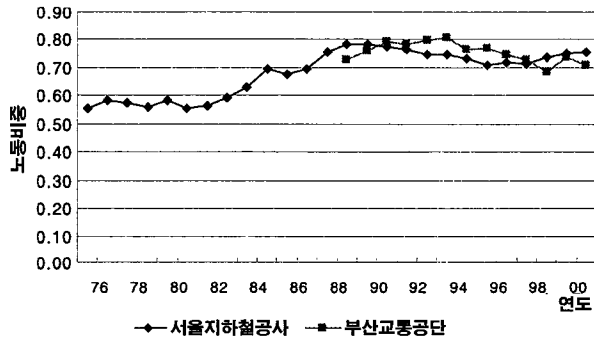
〈그림 2〉 가변비용의 연도별 추이

부산교통공단의 현원수, 차량대수, 그리고 궤도연장 자료는 모두 변동된 날짜를 기준으로 가중평균하여 1년 평균자료로 보정하였다. 특히 차량대수의 경우 구입된 전동차가 최초로 시운전된 날짜를 기준으로 가중평균하여 1년 평균자료로 보정하였다.

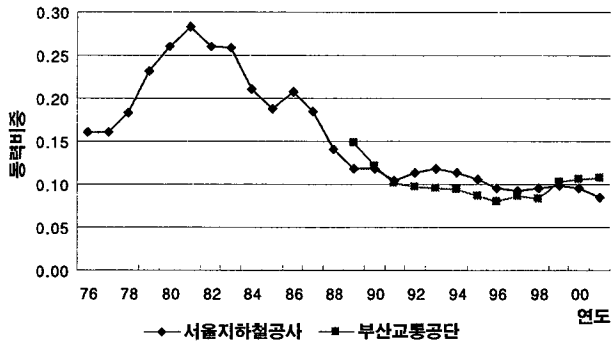
(2) 자료의 기술적 분석

먼저 비용합수의 추정에 사용되는 가변비용의 연도별 추이를 살펴보면 〈그림 2〉와 같은데, 가변비용은 서울지하철공사와 부산교통공단 모두 연구기간 동안 증가해 왔음을 알 수 있다. 2001년 현재 서울지하철공사의 가변비용은 7,156억원으로 부산교통공단의 약 5배에 해당한다. 서울지하철공사의 경우 1998년과 1999년에는 가변비용이 단기적으로 감소했음을 알 수 있는데, 이는 이 기간동안 당산철교의 운행이 중단되었기 때문으로 판단된다.

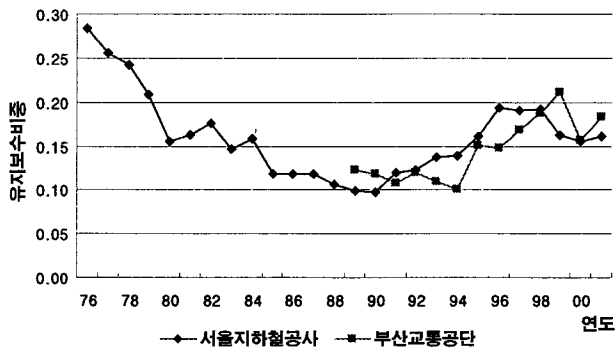
가변비용에서 각각의 생산요소비용이 차지하는 비중의 연도별 추이는 〈그림 3〉, 〈그림 4〉, 그리고 〈그림 5〉와 같다. 2001년 현재 서울지하철공사와 부산교통공단 모두 노동비용비중이 약 70%로 가장 높고, 두 운영기관의 세 요소비용비중 추이는 전반적으로 비슷함을 알 수 있다.



<그림 3> 노동비용비중의 연도별 추이

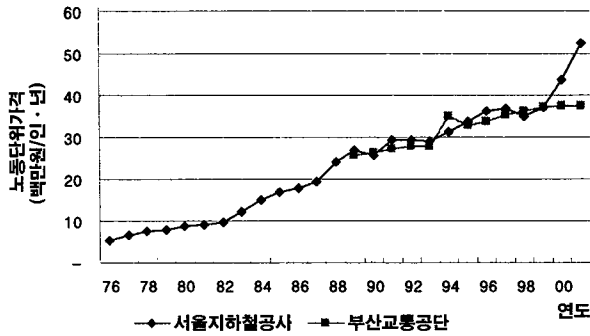


<그림 4> 동력비용비중의 연도별 추이

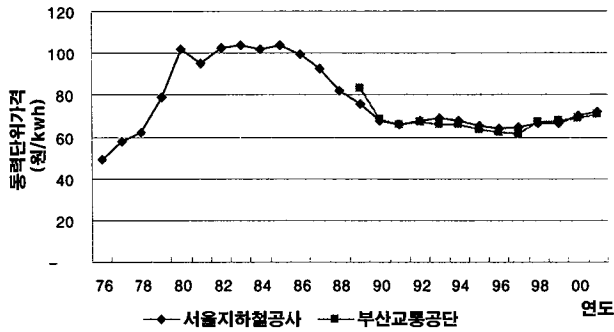


<그림 5> 유지보수비용비중의 연도별 추이

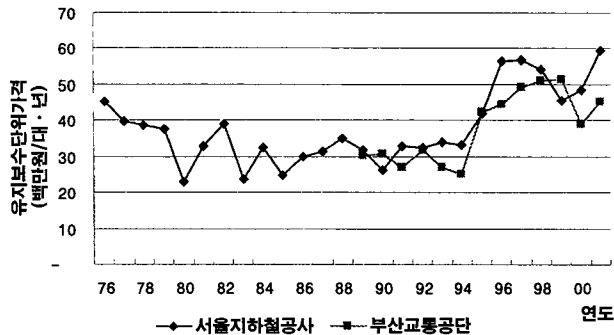
<그림 3>에서 보는 바와 같이 노동비용비중은 두 운영기관 모두 계속해서 상승하다가 다소 감소하는 추세를 보이고 있으나, 변화율은 그다지 크지 않음을 알 수 있다. <그림 4>에서 동력 비용비중은 서울지하철공사의 경우 초기년도를 제외하면 80년대 이후 계속해서 감소추세에 있



〈그림 6〉 노동단위가격의 연도별 추이

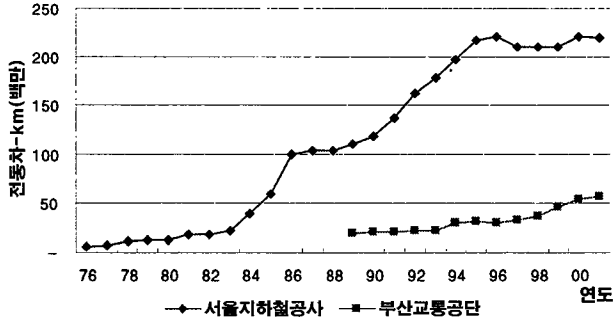


〈그림 7〉 동력단위가격의 연도별 추이

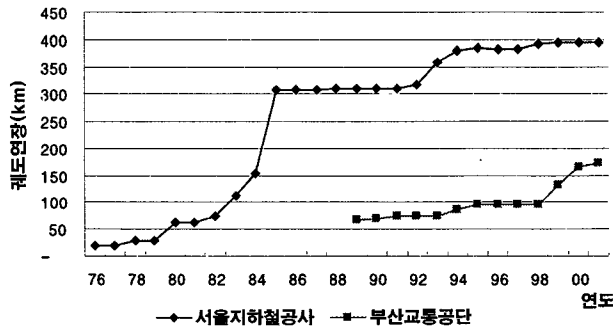


〈그림 8〉 유지보수단위가격의 연도별 추이

음을 알 수 있다. 반면 부산교통공단의 경우 계속해서 감소하다가 1999년 이후 다소 상승하고 있음을 확인할 수 있는데, 이는 1999년 6월 2호선의 1단계 구간이 개통됨에 따른 것으로 판단된다. 〈그림 5〉에서 유지보수비용비중은 노동비용이나 동력비용의 비중에 비해 변화가 심하기는 하나, 전반적으로 90년대 이후부터 증가추세에 있음을 알 수 있다.



〈그림 9〉 전동차-km의 연도별 추이



〈그림 10〉 궤도연장의 연도별 추이

각 생산요소의 연도별 단위가격 추이를 살펴보면 〈그림 6〉, 〈그림 7〉, 그리고 〈그림 8〉과 같다. 먼저 노동단위가격은 〈그림 6〉에서 보는 바와 같이 연도별 추이는 비슷하나, 서울지하철공사의 노동단위가격이 1998년 이후에 급증해 2001년 현재 53백만원/인·년으로 부산교통공단의 38백만원/인·년보다 훨씬 높음을 알 수 있다. 동력단위가격은 〈그림 7〉에서 보는 바와 같이 감소하다가 최근으로 올수록 약간 증가하기는 하나 그 정도는 미미하며, 2001년 현재 두 운영기관의 동력단위가격은 각각 72원/kwh와 71원/kwh로 거의 같음을 알 수 있다. 유지보수단위가격은 〈그림 8〉에서 보는 바와 같이 2001년 현재 서울지하철공사가 60백만원/대·년으로 부산교통공단의 45백만원/대·년보다 상당히 높음을 알 수 있다.

두 운영기관의 산출량 지표인 전동차-km의 연도별 추이는 〈그림 9〉와 같은데, 이는 지하철의 개통시기와 밀접하게 관련된다. 서울지하철공사의 경우 1984년 2호선의 완전 개통, 1985년 3·4호선의 개통 및 연장구간의 개통이 계속해서 이루어져 급격하게 증가하다가 1996년 이후에는 모든 호선의 연장구간과 지선이 완전히 개통되어 별다른 변화를 보이고 있지 않음을 알 수 있다.¹⁵⁾ 부산교통공단 역시 점진적인 증가를 보이다가 1999년 2호선의 일부구간 개통으로 좀

〈표 2〉 서울지하철공사의 선로운영밀도와 부분생산성

연도	선로운영밀도 (전동차-km/궤도-m)	부분생산성		
		노동생산성 (전동차-km/인·년)	동력생산성 (전동차-km/kwh)	차량생산성 (전동차-km/대·년)
1976	369	7,190	228	118,961
1977	433	7,792	249	107,586
1978	385	9,896	254	119,477
1979	427	10,103	250	132,288
1980	218	10,034	258	97,956
1981	294	10,775	219	132,155
1982	249	9,777	222	123,943
1983	203	10,514	206	82,754
1984	263	10,945	226	94,590
1985	192	10,339	238	90,254
1986	323	14,613	263	138,231
1987	338	15,269	272	144,332
1988	336	13,994	255	144,577
1989	354	13,673	256	127,344
1990	381	14,292	251	118,015
1991	439	15,484	259	112,891
1992	511	17,486	270	120,220
1993	496	17,825	267	113,724
1994	517	18,353	264	105,146
1995	563	19,696	265	111,206
1996	575	19,685	259	113,500
1997	548	18,627	254	108,131
1998	537	18,961	268	108,325
1999	534	19,542	261	108,375
2000	558	21,150	264	113,268
2001	556	21,405	260	112,950
평균	408	14,516	251	115,392

더 큰 폭으로 증가함을 알 수 있다. 한편 〈그림 10〉에서 볼 수 있는 것처럼 궤도연장의 연도별 추이는 전동차-km의 연도별 추이와 비슷함을 알 수 있다.

서울지하철공사의 연도별 선로운영밀도와 부분생산성, 즉 노동생산성과 동력생산성 및 차량생산성은 〈표 2〉와 같다.¹⁵⁾ 이 표에서 볼 수 있는 것처럼 서울지하철공사의 선로운영밀도는 80년대 중반부터 꾸준히 상승하여 약 50% 증가하였다. 부분생산성의 경우 노동생산성은 전반

15) 당산철교의 운행 중지로 1998년과 1999년에는 다소 감소 추세를 보이기도 한다.

16) 부산교통공단의 연도별 선로운영밀도와 부분생산성은 〈부록B〉에 제시하였다.

적으로 꾸준히 증가하였고, 동력 및 차량생산성은 초반에는 증가와 감소를 반복하였으나 최근으로 올수록 변화가 거의 없었음을 알 수 있다.

2. 시간대별·거리별 승객 1인당 비용 추정에 사용되는 자료

(1) 자본비용 자료

자본비용을 산정하기 위해 고려한 비용은 전로설비, 토지, 건물, 기계 및 기타 설비, 선로설비, 그리고 차량비용이다. 차량비용에 관한 자료는 서울지하철공사의 기획경영처 내부 자료를 이용하였고, 초기 투자비용에 관한 자료는 국토개발연구원(1987)에 나와 있는 1986년 가격 기준의 호선별 설비에 대한 투자비 자료를 이용하였다.

먼저 차량의 감가상각비는 차량 구입 계약 당시의 구입금액을 생산자 물가지수를 이용하여 2001년 불변가격으로 환산하였다. 그리고 할인율 7%¹⁷⁾와 차량의 법정 내용연한 20년을 적용해 구한 자본회수계수(capital recovery factor)¹⁸⁾를 이용하여 한 해의 차량 감가상각비를 계산하고 20년동안 배분하였다. 새로이 전동차를 구입하게 되면 위와 같은 방법으로 한 해의 차량 감가상각비를 산정하고, 이를 다시 20년동안 배분하여 더하는 방식을 택하였다. 1996년 이후에는 차량대수가 1,944대로 일정하므로 차량의 감가상각비는 일정하다.

차량을 제외한 전로설비, 토지, 건물, 기계 및 기타 설비, 그리고 선로설비의 감가상각비는 국토개발연구원(1987)에서 1986년 가격 기준의 각 투자비용을 발취하고, 이를 2001년 불변가격으로 환산한 다음 할인율 7%와 각각의 법정 내용연한¹⁹⁾을 적용해 구한 자본회수계수를 곱해서 1985년 한해의 각 설비물의 감가상각비를 계산하였다. 1985년 한 해의 각 설비의 감가상각비는 건물을 제외한 설비, 즉 전로설비, 토지, 기타 및 기계설비, 선로설비는 궤도연장에 비례해서 투자되었다는 가정하에서 궤도연장의 증가시기에 따라 배분하여 1976~1985년의 연도별 감가상각비 총액을 산정하였다. 1986년 이후의 감가상각비는 건물을 제외하고 궤도연장당 평균적인 감가상각비를 이용하여 산정하였다. 한편 건물의 경우 1985년 한 해의 감가상각비를 역 수를 기준으로 배분하여 1985년까지의 연도별 감가상각비를 구하였으며, 1986년 이후의 감가상각비는 1개 역당 평균 감가상각비를 이용하여 구했다. 1995년 이후의 역 수는 115개로 일정하므로 1995년 이후의 건물의 감가상각비는 일정하다.

17) 김종길(1997)은 한국개발연구원(1987)에서 한국의 적정 할인율을 7~13.5%로 보고 있는데, 지하철의 경우 서울지하철공사 건설비의 일부분이 이자율 6%의 지하철공채 발행을 통해 충당되었기 때문에 7%를 이용하였다고 밝히고 있다. 본 연구는 이를 받아들여 7%를 사용하였다.

18) 자본회수계수는 다음의 식을 이용해 계산되었다.

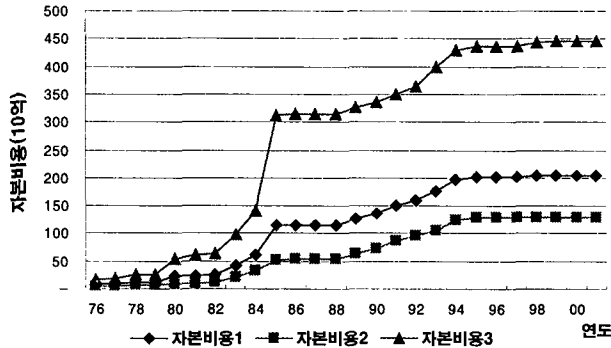
$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

여기서 i 는 할인율이며, n 은 법정 내용연한을 의미한다.

19) 각 설비의 법정 내용연한은 전로설비는 20년, 기계 및 기타 설비는 10년, 건물은 40년, 선로설비는 60년, 그리고 토지는 무한대이다.

〈표 3〉 자본비용 항목

자본비용 항목	포함 내역
자본비용 1	차량비용, 전로설비, 기계 및 기타 설비, 건물, 토지
자본비용 2	차량비용
자본비용 3	차량비용, 전로설비, 기계 및 기타 설비, 건물, 토지, 선로비용



〈그림 11〉 서울지하철공사의 연도별 자본비용 추이

일반적으로 자본은 이동가능(mobile) 자본과 이동불가능(immobile) 자본으로 나누어 생각할 수 있는데, 차량비용을 제외한 나머지 자본은 모두 이동불가능 자본에 해당한다. 이동불가능 자본 중에서도 매몰비용(sunk cost)²⁰⁾은 적정 가격을 추정하기 위해 필요한 경제적 비용을 산정할 때 제외하는 항목이기 때문에 자본요소를 모두 자본비용으로 산정하기에 앞서 매몰비용의 성격을 갖는 항목을 어디까지로 볼 것인지를 결정하여야 한다. 본 연구에서는 자본비용을 3가지로 나누어 고려하였는데, 상세한 항목은 〈표 3〉과 같다.

자본비용 1의 경우 선로비용만을 매몰비용으로 가정한 경우이고, 자본비용 3의 경우 매몰비용이 없다고 가정한 경우이다. 또한 자본비용 2는 이동가능 자본인 차량을 제외한 모든 항목의 비용을 매몰비용으로 가정한 경우이다. 이들 세 가지 자본비용의 연도별 추이는 〈그림 11〉과 같다. 선로비용이 포함된 자본비용 3이 선로를 제외한 모든 설비들의 비용이 포함된 자본비용 1과 현저한 차이를 보이고 있으며 선로비용이 자본비용의 50% 이상을 차지하고 있음을 알 수 있다. 서울지하철공사의 세 가지 연도별 자본비용은 〈부록 C〉에 제시하였다.

(2) 시간대별 평균재차인원, 전동차-km 및 인-km 자료

시간대별 평균재차인원, 전동차-km 및 인-km 자료는 한국경영개발연구원(2001)에 실린 서울

20) 명백하게 지출된 비용이라고 하더라도 일단 지출된 다음에는 다시 회수할 수 없는 비용이 매몰비용이다. 지하철의 운행이 중단될 때 타 용도로 사용할 수 없는 설비에 대한 투자비는 매몰비용으로 볼 수 있다. Boyer(1998)는 선로(way and structure)비용은 매몰비용에 해당된다고 하였다.

〈표 4〉 서울지하철공사의 시간대별 총통과차량수와 총재차인원: 2001년

(단위: 대, 명, %)

구 분		총통과차량수	총재차인원	
			인원수	구성비
평일	첨두	700	84,986	35.79
	비첨두	1,813	152,480	64.21
	소계	2,513	237,466	100.00
토요일	첨두	649	77,148	n.a.
	비첨두	n.a.	n.a.	n.a.
일요일	비첨두	n.a.	n.a.	n.a.

자료: 한국경영개발연구원(2001).

〈표 5〉 서울지하철공사의 요일 및 시간대별 환승인원: 2001년

(단위: 명, %)

구분		평일		토요일		일요일	
		환승인원	구성비	환승인원	구성비	환승인원	구성비
* 첨두	오전	688,746	18.87	526,428	14.08	0	0
	오후	592,594	16.24	585,407	15.66	0	0
	소계	1,281,340	35.11	1,111,835	29.74	0	0
	비첨두	2,368,014	64.89	2,626,342	70.26	2,391,683	100.00
	합계	3,649,354	100.00	3,738,177	100.00	2,391,683	100.00

자료: 서울지하철공사(2002).

지하철공사의 정기 교통량 조사자료(2001. 8)와 요일별 시간대별 환승인원에 관한 내부 자료를 이용하여 추정하였다. 먼저 시간대별 평균재차인원을 구하기 위해 한국경영개발연구원(2001)으로부터 평일 오전첨두와 오후첨두, 그리고 토요일 오전첨두의 총통과차량수와 총재차인원 자료를 발췌하여 평균하였다. 시간대별 총통과차량수와 총재차인원은 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉에서 볼 수 있는 것처럼 토요일 비첨두와 일요일의 자료는 구할 수 없었으므로 이를 추정하기 위해 〈표 5〉의 요일별·시간대별 환승인원 자료를 이용하였다. 〈표 4〉와 〈표 5〉에서 확인할 수 있는 것처럼 평일 첨두 및 비첨두 시간대의 총재차인원 구성비와 환승인원 구성비가 거의 비슷하므로, 토요일 첨두·비첨두의 총재차인원 구성비를 환승인원 구성비와 같다고 가정하고 토요일 비첨두의 총통과차량수와 총재차인원을 추정하였다. 일요일의 총재차인원은 일요일과 평일의 환승인원 비율을 이용하여 추정하였다.

첨두시간대는 일주일동안 24시간이며, 비첨두시간대는 105.5시간이므로²¹⁾ 이를 이용하여 가

〈표 6〉 시간대별 평균재차인원, 전동차-km 및 인-km: 2001년

시간대	평균재차인원	전동차-km	인-km
첨두	125	59,250,574	7,406,321,707
비첨두	87	160,325,074	13,948,281,468
전일	97	219,575,648	21,298,837,856

〈표 7〉 승차거리구간별 승객수 분포와 평균탑승거리: 2001년

(단위: 천인, %, km)

승차거리구간	1구간승객수	2구간승객수	승객수합계	평균탑승거리
5km 미만	23,082(23.03)	0(0.00)	23,082(20.94)	2.99
5km-10km	29,902(29.84)	0(0.00)	29,902(27.13)	7.45
10km-15km	26,250(26.19)	759(7.58)	27,009(24.50)	12.33
15km-20km	15,350(15.32)	2,813(28.11)	18,163(16.48)	17.19
20km-25km	4,865(4.85)	3,533(35.30)	8,398(7.62)	22.08
25km-30km	734(0.73)	2,075(20.73)	2,809(2.55)	26.84
30km-35km	39(0.04)	631(6.31)	671(0.61)	31.88
35km-40km	0(0.00)	164(1.64)	164(0.15)	36.85
40km 이상	0(0.00)	32(0.32)	32(0.03)	41.89
합계(또는 평균)	100,223(100.00)	10,007(100.00)	110,230(100.00)	11.13

주: ()안의 값은 구성비임.

중평균하였다. 마지막으로 2001년의 정기 교통량조사는 7월에 실시되었으므로, 서울지하철공사의 월별 수송인원 비율을 참조하여 연평균으로 보정하고 평균재차인원을 추정하였다.

시간대별 전동차-km는 2001년 서울지하철공사의 전동차-km에 〈표 4〉의 총통과차량수를 이용하여 분할하였다. 시간대별 인-km의 경우 첨두시간대의 인-km는 첨두시간대의 전동차-km에 첨두재차인원을 곱하여 산정하였고, 마찬가지로 비첨두시간대의 인-km는 비첨두시간대의 전동차-km에 비첨두재차인원을 곱하여 산정하였다. 산정된 시간대별 평균재차인원, 전동차-km 및 인-km는 〈표 6〉과 같다.

(3) 승차거리구간별 평균탑승거리 자료

서울 지하철의 구역제 운임지역 내에서 1구간과 2구간 승객들의 승차거리구간별 분포 자료를 이용해 추정한 지하철 승객의 평균탑승거리는 〈표 7〉과 같다.²¹⁾ 이 자료는 2001년 11월에 조사된 서울지하철공사와 도시철도공사 및 철도청의 발·착역 자료를 이용해서 구축되었으며,

21) 지하철은 오전 5시 30분부터 오후 12시까지 운행되므로 일일 총 18.5시간동안 운행된다. 평일과 토요일의 경우에는 첨두시간대가 4시간이고 비첨두시간대가 14.5시간으로 같으며, 일요일의 경우에는 비첨두시간대만 18.5시간이다.

22) 〈표 7〉은 구역제 운임지역을 기준으로 추정된 자료로, 시계의 순수이동구간제 구역 및 연락운송구간을 이용한 승객은 제외되었다.

이용경로를 반영한 총탑승거리 기준이다. 2001년 현재 지하철 승객의 평균탑승거리는 11.13km로 추정된다.

3. 추정방법

초월대수함수형태로 설정된 비용함수를 추정하기 위해 Zeller의 방법이라고 알려진 결합일반화최소자승법을 이용하였다. 즉 생산요소비용비중식을 비용함수와 함께 연립방정식체계를 구성하여 동시에 추정하였다. 이때 세 가지 생산요소비용비중의 합은 1이 되므로 유지보수비용비중식을 제외하고 추정하였다.

IV. 추정결과

1. 가변비용함수

가변비용함수의 추정결과는 <표 8>과 같다. 가변비용함수의 수정결정계수(R^2)는 0.996이고, 생산요소비용비중식은 노동의 경우 0.858, 동력의 경우 0.903으로 아주 높게 추정되었다. 총 22개의 계수추정치 중 5개를 제외하면 90% 수준 이상에서 유의한 것으로 나타났으므로 전반적으로 모형의 설명력이 높다고 할 수 있다. 한편 각 생산요소와 산출량의 1차항 계수추정치의 부호가 모두 (+)이므로 비용함수의 전제조건을 만족하고 있다. 2차항의 계수추정치는 4개를 제외하고 모두 상당히 유의한 것으로 추정되었으므로 가변비용함수의 적합한 함수형태는 콥-더글라스나 동조적·동차적 형태가 아님을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 함수형태로 완전모형(full model)을 채택하였다.

<표 8>에서 볼 수 있는 것처럼 궤도연장변수의 1차항 계수추정치 부호는 (+)인데, Karlaftis and McCarthy(2002)는 고정요소의 1차항 계수추정치가 양으로 나타나는 것은 일반적이라고 하였다.²³⁾ 마지막으로 서울지하철공사와 부산교통공단의 비용구조를 구분하기 위한 더미변수의 계수추정치는 99% 수준에서 유의하며, (-)부호를 갖는 것으로 나타났다. 이는 산출량과 요소가격이 같더라도 부산교통공단이 서울지하철공사보다 가변비용이 적게 든다는 것을 의미한다.

2. 전동차-km당 평균가변비용 및 단기한계비용

서울지하철공사의 시간대별·거리별 적정 요금수준을 추정하기 위해 필요한 정보는 밀도의 경제성 지수와 단기한계비용이다. 가변비용함수의 추정결과를 이용해 밀도의 경제성 지수를

23) 서울지하철공사의 연도별 자료를 이용해 초월대수함수형태의 가변비용함수를 추정한 선행연구로는 김종길(1997)과 김민정(2000)이 있다. 김종길(1997)은 자본요소 항목에 따라 가변비용함수를 2가지로 설정한 다음 추정하였는데, 가변비용함수 I의 경우 궤도연장변수의 1차항 계수추정치의 부호는 (+)이고, 가변비용함수 II의 경우 (-)라는 상반된 결과가 나타났다. 김민정(2000)에서는 가변비용함수의 경우 (+)로 추정되었다.

〈표 8〉 가변비용함수의 추정결과

모수	계수추정치	표준오차	t-통계량
α_0	26.053	0.019	1366.002***
α_1	0.715	0.005	155.233***
α_2	0.132	0.003	42.667***
α_3	0.153	0.008	19.831***
β_1	0.759	0.051	14.697***
γ_1	0.057	0.075	0.766
α_{11}	0.129	0.009	15.006***
α_{22}	0.116	0.007	17.416***
α_{33}	0.013	0.026	0.468
β_{11}	0.322	0.140	2.304**
γ_{11}	0.427	0.172	2.478**
α_{12}	-0.074	0.006	-13.539***
α_{23}	0.042	0.012	3.410***
α_{31}	-0.055	0.014	-3.879***
λ_1	-0.029	0.016	-1.820**
λ_2	0.010	0.012	0.815
λ_3	0.019	0.028	1.839**
δ_1	0.026	0.018	1.410**
δ_2	-0.002	0.014	-0.176
δ_3	-0.024	0.032	-0.721
ϕ	-0.390	0.159	-2.450**
<i>dum</i>	-0.251	0.022	-11.540***
		\bar{R}^2	
가변비용함수		0.996	
노동비용비중식		0.858	
동력비용비중식		0.903	

주: t-통계량의 ***는 99% 수준, **는 95% 수준, *는 90% 수준에서 유의함을 의미함.

구하는 식은 식 (8)과 같다.

$$\begin{aligned}
 EOD &= 1 - \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Y} \right) \\
 &= 1 - (\beta_1 + \beta_{11} \ln Y + \lambda_1 \ln P_1 + \lambda_2 \ln P_2 + \lambda_3 \ln P_3 + \phi \ln T) \\
 &= 1 - (0.759 + 0.322 \ln Y - 0.029 \ln P_1 + 0.010 \ln P_2 + 0.019 \ln P_3 - 0.390 \ln T)
 \end{aligned} \tag{8}$$

식 (8)을 이용해 연도별 밀도의 경제성 지수를 구하고, 식 (7)을 이용해 전동차-km당 평균 가변비용과 단기한계비용을 각각 구한 결과는 〈표 9〉와 같다. 〈표 9〉에서 운임수입은 연도별 운임수입을 2001년도 불변가격으로 환산하고, 이를 전동차-km로 나눈 값으로 가변비용함수의 추정결과를 이용해 도출되는 두 비용과 실제 운임수준을 비교하기 위해 함께 제시하였다.

〈표 9〉 서울지하철공사의 밀도의 경제성 지수, 평균가변비용, 단기한계비용 및 운임수입

(단위: 원/전동차-km)

연도	밀도의 경제성 지수	평균가변비용	단기한계비용	운임수입
1976	0.087	1,224	1,118	2,223
1977	0.041	1,345	1,289	2,416
1978	0.112	1,416	1,257	2,386
1979	0.078	1,482	1,366	2,633
1980	0.355	1,656	1,068	2,764
1981	0.254	1,609	1,201	2,492
1982	0.318	1,805	1,230	2,695
1983	0.428	1,969	1,127	2,565
1984	0.364	2,031	1,291	2,418
1985	0.520	2,224	1,067	2,521
1986	0.352	1,883	1,220	2,314
1987	0.340	1,943	1,281	2,635
1988	0.348	2,237	1,459	2,799
1989	0.336	2,311	1,535	2,836
1990	0.317	2,110	1,442	2,821
1991	0.271	2,285	1,667	2,890
1992	0.224	2,197	1,706	2,499
1993	0.240	2,156	1,639	2,580
1994	0.233	2,206	1,691	2,549
1995	0.205	2,361	1,878	2,348
1996	0.194	2,604	2,099	2,426
1997	0.210	2,677	2,115	2,314
1998	0.217	2,555	2,000	2,236
1999	0.225	2,601	2,017	2,389
2000	0.213	2,954	2,323	2,458
2001	0.216	3,513	2,756	2,633

주: 2001년 불변가격 기준임.

〈표 9〉에서 보는 바와 같이 서울지하철공사의 밀도의 경제성 지수는 모든 분석년도에 걸쳐 0보다 크기 때문에 전체 연구기간동안 밀도의 경제가 존재했음을 알 수 있다.²⁴⁾ 이러한 결과는 서울지하철공사에 여분의 시설용량이 존재하므로 산출량, 즉 가동율을 증가시키면 평균가변비용과 단기한계비용을 줄일 수 있음을 의미한다.

밀도의 경제가 존재할 때 평균가변비용곡선은 단기한계비용곡선보다 위에 존재한다. 이 경우 정부가 사회적 후생을 극대화하는 한계비용가격설정방법을 채택하면 지하철 운송업은 운영

24) 이 결과는 서울지하철공사의 자료를 이용한 김종길(1997)과 김성수·김민정(1999) 및 김민정(2000)의 연구결과와 일치하며, Mizutani(1996)와 Viton(1980)의 연구결과와도 부분적으로 일치한다고 할 수 있다.

적자를 피할 수 없다. 따라서 운영적자를 보전하기 위해서는 평균가변비용과 단기한계비용의 차액만큼 정부가 보조금으로 지급하거나 그렇게 할 수 없다면 평균가변비용에 준거해 요금을 설정해야 한다. 본 연구는 평균가변비용과 단기한계비용의 차액만큼 정부가 보조한다는 가정하에 단기한계비용에 준거해 시간대별·거리별 적정 요금수준을 추정하고자 한다.

3. 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준

가변비용함수의 추정결과로부터 도출된 전동차-km당 단기한계비용과 자본비용, 시간대별 차인원과 인-km 및 승차거리구간별 평균탑승거리를 이용하여 시간대별·거리별 차등요금제를 실시할 경우의 적정 요금수준을 제시하면 다음과 같다.

비첨두시 거리별 비용은 앞에서 구한 전동차-km당 단기한계비용을 Ⅱ장의 3절에서 설명한 바와 같이 인당 거리별 비용으로 환산한 값이며, 첨두시 거리별 비용은 비첨두시와 같은 방법으로 환산한 첨두시 인당 거리별 환산비용에 자본비용을 더한 비용이다. 추가된 자본비용 항목은 <표 3>과 같은데, 자본비용 3은 선로비용을 포함한 모든 자본비용이 포함된다. 이에 비해 자본비용 2는 이동가능(mobile) 자본인 차량비용만이 포함되며, 자본비용 1은 선로비용을 제외한 모든 자본비용이 포함되는 경우이다.

Boyer(1998)²⁵⁾는 선로는 일단 건설되면 타 용도로 이용될 수 없기 때문에 선로비용은 기회비용이 0인 비용을 매몰비용으로 보고 있다. 본 연구에서도 첨두시간대의 거리별 1인당 자본비용을 추정할 때 매몰비용 성격을 갖는 선로비용을 포함하지 않는 자본비용 1을 이용하는 것을 최선의 대안으로 상정하였다. 서울지하철공사의 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준을 제시하면 <표 10>과 같다.

먼저 2001년 현재 수도권 도시철도의 요금체계를 살펴보면, 7개의 시계내·외 경계역²⁶⁾을 경계로 하여 경계역 내의 도심 구간은 구역제 운임제도를 적용하고, 7개 경계역 외부 구간은 이동구간제 운임제도를 적용하고 있다. 구역운임제는 7개의 존으로 구분되며 출발지와 목적지가 인접한 2개 존에 위치하는 경우를 1구간, 2개 존을 초과하는 경우를 2구간으로 구분하여 1구간은 600원, 2구간은 700원의 요금을 징수하고 있다. 한편 이동구간제는 10km까지 여행할 경우는 기본 운임인 600원을 징수하고, 이를 초과하는 경우에는 0.1~5.0km마다 80원을 가산하여 요금을 징수한다. 승객이 구역운임제와 이동구간제 구간을 동시에 통행하는 경우 구역운임제를 먼저 적용하고, 7개의 경계역 외부 구간은 이동구간제 운임을 적용하는 연락운임 방식을 취하고 있다. <표 7>의 구간별 승객수를 이용하여 현 요금수준을 구하면 <표 10>에서와 같다. 요금폭이 크지는 않으나, 2001년 현재에도 대체적으로 거리가 증가할수록 요금수준이 높아지는 것을 알 수 있다.

25) 자세한 내용은 p.99와 pp.136~137을 참조.

26) 구체적으로 신도림, 지축, 북정, 창동, 남태령, 수락산, 남구로역이다.

〈표 10〉 서울지하철공사의 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준

(단위: km, 원/인)

승차거리구간	평균 탑승거리	현재 요금수준 ¹⁾	적정 침두요금수준			적정 비침두 요금수준 ²⁾
			자본비용 1	자본비용 2	자본비용 3	
5km 미만	2.99	600	148	118	246	95
5km~10km	7.45	600	370	295	612	236
10km~15km	12.33	603	612	488	1,013	391
15km~20km	17.19	615	853	680	1,412	545
20km~25km	22.08	642	1,095	873	1,814	699
25km~30km	26.84	674	1,331	1,061	2,205	850
30km~35km	31.88	694	1,582	1,261	2,620	1,010
35km~40km	36.85	700	1,828	1,457	3,028	1,167
40km 이상	41.89	700	2,078	1,656	3,442	1,327
평균	11.13	648	552	440	915	353

주: 1) 〈표 7〉의 자료를 이용해 추정한 결과임.

2) 자본비용을 배정하지 않음.

〈표 10〉에서 전체 평균탑승거리, 즉 11.13km일 때 비침두시 승객 1인당 단기한계비용은 353원이다. 침두시 승객 1인당 단기한계비용의 경우 자본비용 3과 같이 선로비용을 포함한 모든 자본요소를 비용에 포함시키면 915원, 자본비용 2의 경우 440원, 그리고 자본비용 1의 경우 552원에 해당한다. 자본비용 1에 준거한 요금을 부과할 경우 침두시에는 평균 552원, 비침두시에는 평균 353원으로 2001년의 요금수준인 648원과 비교하면 침두와 비침두시 모두 적정 요금수준이 낮다는 것을 알 수 있다. 또한 침두시 비용은 비침두시 비용의 1.6배 정도가 되나 승객들은 현재 시간대에 관계없이 똑같은 요금을 지불하고 있으므로 비침두시 승객이 침두시 승객을 교차보조하고 있음을 알 수 있다.

한편 거리별 요금수준을 살펴보면 2001년 현재 장거리 승객일수록 요금을 더 많이 지불하고는 있으나, 요금수준은 600원~700원 사이로 큰 차이가 없다. 자본비용 1에 준거해 침두요금을 설정하는 경우 10km 미만의 침두시 단거리 승객들은 현재의 요금수준에 비해 많게는 450원을 덜 내고, 비침두시에도 많게는 500원을 덜 내게 된다. 반면 10km 이상을 통행하는 침두시 승객들과 20km 이상을 통행하는 비침두시 승객들은 현재 비용보다 적은 요금을 내면서 지하철을 이용하고 있다. 특히 40km 이상을 통행하는 장거리 승객의 경우 침두시 2,078원, 비침두시 1,327원의 비용이 드는 반면 요금은 700원만을 지불하고 있는 실정이다.

이와 같은 서울지하철공사의 적정 요금수준을 서울 지하철 전체의 적정 요금수준으로 받아들이기에는 무리가 있다. 서울도시철도공사의 경우 2001년의 수송인원수가 522,654천명으로, 서울지하철공사의 1,415,738천명과 비교하면 약 1/3 수준에 불과하기 때문에 서울지하철공사의 적정 요금수준보다 현저하게 높을 것으로 예상된다. 비교적 간단한 방법으로 서울도시철도공

〈표 11〉 서울도시철도공사의 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준

(단위: km, 원/인)

승차거리구간	평균 탑승거리	현재 요금수준 ¹⁾	적정 침투요금수준			적정 비침투 요금수준 ²⁾
			자본비용 1	자본비용 2	자본비용 3	
5km 미만	2.99	600	488	281	1,372	179
5km~10km	7.45	600	1,215	699	3,418	446
10km~15km	12.33	603	2,011	1,157	5,657	737
15km~20km	17.19	615	2,803	1,613	7,887	1,028
20km~25km	22.08	642	3,601	2,072	10,131	1,321
25km~30km	26.84	674	4,377	2,519	12,314	1,605
30km~35km	31.88	694	5,199	2,992	14,627	1,907
35km~40km	36.85	700	6,009	3,458	16,907	2,04
40km 이상	41.89	00	6,831	3,931	19,220	2,505
평균	11.13	648	1,815	1,044	5,107	666

주: 1) 〈표 7〉의 자료를 이용해 추정한 결과임.

2) 자본비용을 배정하지 않음.

사의 적정 요금수준을 추정한 결과는 〈표 11〉과 같다.

서울도시철도공사의 경우 자료의 부족으로 서울지하철공사와 같은 방식으로 시간대별 자본비용, 재차인원, 그리고 전동차-km 및 인-km를 추정할 수 없었다. 먼저 자본비용은 김태승(1999)의 방식을 적용해 산정하였는데, 자본비용은 감가상각비와 이차비용을 합한 비용이다. 감가상각비는 서울도시철도공사의 손익계산서에 나와 있는 2001년도 감가상각누계액에서 2000년 감가상각누계액을 빼서 산정하고, 기회비용은 장부에 나와 있는 기말자산가액에 2001년 시장이자율²⁷⁾을 곱해서 산정했다.²⁸⁾

시간대별 재차인원은 서울지하철공사와 서울도시철도공사의 수송인원/궤도연장 비율²⁹⁾을 구하고, 그 비율을 서울지하철공사의 시간대별 재차인원에 곱하여 서울도시철도공사의 재차인원으로 가정하였다. 서울도시철도공사의 시간대별 차량운행대수는 서울지하철공사와 동일하다고 가정하고, 이를 이용하여 2001년 서울도시철도공사의 전동차-km를 시간대별로 나누고 서울지

27) 서울지하철공사와 같이 7%를 적용하였다.

28) 산정된 서울도시철도공사의 2001년 자본비용 내역은 다음과 같다.

항목	자본비용(원)
자본비용 1	138,747,747,757
자본비용 2	85,254,207,009
자본비용 3	304,645,022,860

29) 2001년의 수송인원은 서울지하철공사의 경우 1,415,738천명, 서울도시철도공사의 경우 552,654천명이다. 궤도연장은 서울지하철공사가 394,725(m), 서울도시철도공사가 406,148(m)로 서울도시철도공사의 수송인원/궤도연장 비율은 0.36이다.

하철공사와 같은 방식으로 시간대별 인-km를 구하였다.³⁰⁾

마지막으로 서울도시철도공사의 시계열자료는 가변비용함수 추정시 제외했으나 <표 11>과 같은 분석을 하기 위해서는 단기한계비용이 필요하다. 서울도시철도공사의 전 노선이 개통된 2000년과 2001년의 평균가변비용을 부산교통공단과 비교한 결과³¹⁾ 평균가변비용이 거의 비슷하였으므로 서울도시철도공사의 단기한계비용은 부산교통공단과 같다고 가정하고 분석하였다.

<표 11>에서 제시된 서울도시철도공사의 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준은 <표 10>에서 제시된 서울지하철공사의 적정 요금수준보다 현격하게 높음을 알 수 있다. 평균탑승거리에 해당하는 거리를 통행하는 승객을 살펴보면 자본비용 1의 경우 첨두요금수준은 1,815원, 비첨두요금수준은 666원으로 추정되었다. 이는 서울지하철공사의 552원과 353원과 비교했을 경우 첨두시에는 3.3배 수준이며, 비첨두시에는 2배 수준이다.

<표 12>는 서울지하철공사와 서울도시철도공사의 적정 요금수준에 대한 가중평균을 나타내는 표로, 가중평균을 구한 기준은 수송인원/궤도연장이다. 가중평균된 적정 요금수준은 첨두시에는 1,005원, 그리고 비첨두시에는 465원으로 추정되었다. <표 12>에서 볼 수 있는 것처럼 첨두시에 통행하는 5km 미만의 단거리 승객과 비첨두시에 통행하는 15km 미만의 단거리 승객에 대해서는 현재 요금수준보다 낮은 요금을 부과하며, 그 외 장거리 승객 및 첨두시 승객에 대해서는 높은 요금을 부과하는 것이 타당하다고 할 수 있다.

비용을 반영하는 거리별 차등요금제는 현재의 요금제보다 형평성 측면에서 우월하다고 할 수 있다. 그러나 거리별 차등요금제의 경우 저소득계층의 탑승거리가 중 및 고소득 계층의 탑승거리보다 길 때에는 장거리 승객들의 요금부담이 현저하게 증가하므로 저소득계층에 대한 정책적인 배려가 필요하다. 시간대별 차등요금제의 경우 첨두시간대에는 주로 시간가치가 높은 계층이 많이 이용하므로 첨두시간대의 요금을 비첨두시간대의 요금보다 더 많이 부과할 경우 형평성 측면에서는 합당하다고 볼 수 있다.

30) 2001년 서울도시철도공사의 산출량은 166,488,188 전동차-km이다. 또한 시간대별 평균재차인원, 전동차-km, 인-km의 내역은 각각 다음과 같다.

시간대	평균재차인원	전동차-km	인-km
첨두	45	44,925,385	2,021,642,345
비첨두	31	121,562,802	3,768,446,867
전일	35	166,488,188	5,827,086,566

31) 서울도시철도공사와 부산교통공단의 평균가변비용(원/전동차-km)을 비교하면 다음과 같다.

연도	부산교통공단	서울도시철도공사
2000	2,432	2,362
2001	2,539	2,398

〈표 12〉 서울 지하철의 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준: 두 공사의 가중평균

(단위: km, 원/인)

승차거리구간	평균 탑승거리	현재 요금수준 ¹⁾	적정 침두요금수준			적정 비침두 요금수준 ²⁾
			자본비용 1	자본비용 2	자본비용 3	
5km 미만	2.99	600	270	177	650	125
5km~10km	7.45	600	673	440	1,620	311
10km~15km	12.33	603	1,114	728	2,680	515
15km~20km	17.19	615	1,553	1,015	3,737	718
20km~25km	22.08	642	1,995	1,303	4,800	922
25km~30km	26.84	674	2,425	1,584	5,835	1,121
30km~35km	31.88	694	2,880	1,882	6,930	1,332
35km~40km	36.85	700	3,329	2,175	8,011	1,539
40km 이상	41.89	700	3,784	2,473	9,106	1,750
평균	11.13	648	1,005	657	2,419	465

주: 1) 〈표 7〉의 자료를 이용해 추정한 결과임.

2) 자본비용을 배정하지 않음.

V. 결 론

본 연구는 지하철운송업에 대해 초월대수함수형태의 가변비용함수를 설정한 후, 서울지하철 공사에 대한 1976~2001년의 시계열 자료와 부산교통공단에 대한 1989~2001년의 시계열 자료를 결합한 불균형 통합자료를 이용하여 이를 결합일반화최소자승법으로 추정하였다. 이때 지하철운송업을 세 가지의 가변요소인 노동, 동력, 유지·보수를 투입하여 전동차-km를 산출하는 기업 형태로 상정하였다. 가변비용함수의 추정결과로부터 밀도의 경제성 지수와 단기한계비용을 구한 다음, 자본비용 자료, 침두·비침두 재차인원과 승차거리구간별 평균탑승거리 자료를 이용하여 서울지하철공사의 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준을 추정하였다.

시간대 또는 거리에 따른 차등요금제는 불공평성을 감소시킴과 동시에 운임수입을 증가시킬 수 있으므로 지하철 운영기관의 재무구조를 개선시킬 수 있다고 판단된다. 이러한 시간대별·거리별 차등요금제는 비용을 요금에 반영할 수 있게 하므로 효율적이라고 할 수 있다. 이때 한계비용가격설정방법을 채택하여 적정 요금수준을 추정하였다. 자본비용의 경우 세 대안을 설정하여 각각 침두시에 모두 배정하였다. 투하된 자본의 규모는 침두수요에 따라 결정되므로 비침두시간대의 승객들은 용량 증대에 대한 책임이 없기 때문이다. 또한 여기서 제시한 서울지하철공사의 적정 요금수준은 서울시 전체의 적정 요금수준이라고 보기는 어려우므로, 서울도시철도공사의 적정 요금수준을 추정한 다음 서울시 전체 관점에서의 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준을 제시하였다.

먼저 서울지하철공사의 가변비용은 밀도의 경제가 존재하는 것으로 나타나 단기한계비용은 평균가변비용보다 낮은 수준이다. 사회후생을 극대화하는 한계비용가격설정방법을 적용해 요금을 책정한다면 서울지하철공사의 운영적자는 정부의 보조금으로 보전하는 것이 타당하다. 그렇지 않다면 차선의 방법으로 평균비용가격설정방법을 채택할 수도 있다.

선로는 일단 건설되면 지하철 운영을 제외하고는 타 용도로 이용할 수가 없기 때문에 선로비용을 매몰비용으로 가정한 자본비용 1을 채택하는 것이 타당하다면 서울지하철공사의 거리별 적정 요금수준은 침두시의 경우 5km 미만의 단거리 승객은 148원, 40km 이상의 장거리 승객은 2,078원, 비침두시의 경우 95원, 1,327원으로 2001년 현재 각각 600원과 700원으로 부과되는 요금제도가 형평성 측면에서 공평하지 않음을 알 수 있다. 시간대별 적정 요금수준은 전체 평균탑승거리인 11.13km에 대해 침두시 552원, 비침두시 353원으로 추정되었다. 이는 현재 요금수준인 648원³²⁾에 비해 침두 및 비침두시 모두 낮는데, 서울지하철공사의 경우 수송인원이 많아 수송원가가 다소 낮기 때문인 것으로 판단된다.

서울시 전체의 적정 요금수준을 추정하기 위해 서울도시철도공사의 적정 요금수준을 추정하였는 바, 평균탑승거리 11.13km일 때 침두시 1,815원, 비침두시 666원으로 추정되었다. 서울지하철공사와 서울도시철도공사의 적정 요금수준을 가중평균하여 추정된 서울시 전체의 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준은 평균탑승거리 11.13km에서 침두시의 경우 1,005원, 비침두시의 경우 465원으로 나타났다. 이러한 시간대별·거리별 승객 1인당 적정 요금수준으로부터 서울시의 요금체계 개편에 대한 정책적 시사점을 제시하면 다음과 같다.

현 지하철 요금제도는 첫째, 침두시에는 운행시격이 짧아져 열차운행회수가 비침두시에 비해 현격히 많음에도 불구하고 똑같은 요금을 지불하고 있어 원가보상원칙에 어긋난다. 이러한 획일적인 지하철 요금제도의 불합리성을 해소하고 효율성과 이용자간 형평성을 제고하기 위하여 시간대별 차등요금제의 도입이 필요하다. 둘째, 단거리와 장거리 승객의 요금이 거의 차이가 없어 단거리 승객은 상대적으로 장거리 통행을 하는 승객보다 더 많은 요금을 지불하고 있다. 이는 장거리 서비스의 비용이 더 높으므로 단거리 승객이 장거리 승객을 교차보조하는 결과를 초래한다. 따라서 현재의 지하철 비용구조와 탑승거리별 승객분포 비율을 고려할 때 거리비례제를 도입하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

거리별 차등요금제의 경우, 장거리 승객일수록 많은 요금을 부과하는 과정을 통해 비용을 지하철 요금에 반영할 수 있다. 그러나 거리별 차등요금제의 도입을 위해서는 소득수준별 탑승거리와 같은 자료를 함께 검토하여 상대적으로 장거리를 통행하는 계층이 저소득층인지 또는 고소득층인지에 대한 분석이 필요하다. 이에 대해서는 공식적으로 집계되거나 분석된 자료가 부족하므로 구별 소득자료를 기준으로 평균 탑승거리와 비교해 볼 필요가 있다. 그 결과 저소득

32) 이용인원과 구역제 요금을 이용해 추정한 가중평균값이다.

층이 상대적으로 장거리 통행자들이라면 정기권의 도입과 같은 제도적 보조방안이 필요하다고 할 수 있다.

참고문헌

1. 김민정(2000), “확률적 비용변경접근법을 이용한 서울 지하철의 비용구조 분석”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
2. 김성수·김민정(1999), “서울시 지하철의 밀도 및 규모의 경제성 분석”, 환경논총, 제37권, pp. 52-69.
3. 김종길(1997), “서울시 지하철의 비용함수 추정: 밀도 및 규모의 경제성 분석을 중심으로”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
4. 김천곤(1999), “효율성을 고려한 서울시 지하철 요금의 추정”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
5. 김태승(1999), “陸上貨物運送業 費用特性和 脫規制의 經濟的 效果”, 서울대학교 경제학부 박사학위논문.
6. 교통개발연구원(1995), “수도권 전철과 지하철의 운임제도 개선 및 연락운임 정산방안 연구”.
7. 교통개발연구원(1997), “부산광역시 대중교통 요금구조 연구”.
8. 교통개발연구원(1998), “수도권전철 3개 운영기관간 연락운송에 따른 운임정산을 위한 정산 금액 산출”.
9. 국토개발연구원(1987), “수도권 전철·지하철 연락운임 정산을 위한 조사연구”.
10. 부산교통공단(1989~2001), “결산서”.
11. 서울도시철도공사(2002), “2002년 도시철도 수송계획”.
12. 서울시정개발연구원(2003), “대중교통 요금체계 개선방안”.
13. 서울지하철공사(2002), “2002년 지하철 수송계획”.
14. 이성원(1993), “운송산업의 규모경제성 분석방법론”, 교통정보 5월호, pp. 3-12.
15. 한국개발연구원(1987), “공공투자의 적정 할인을 분석에 관한 연구”.
16. 한국경영개발연구원(2001), “서울지하철공사 2001 지하철 정기 교통량조사”.
17. 황상규(2002), “도시철도 건설부채 해소대책과 추진전략”, 교통개발연구원.
18. Bianchi, R., S. R. Jara-Diaz, and J. de D. Ortuzar(1998), “Modelling New Pricing Strategies for the Santiago Metro”, Transport Policy, Vol. 5, pp. 223-232.
19. Bonbright, J. C., L. D. Albert, and R. K. David(1988), “Principles of Public Utility Rates”, Public Utilities Reports.

20. Boyer, K. D.(1998), "Principles of Transportation Economics", Addison Wesley Longman.
21. Cervero, R.(1981), "Flat versus Differentiated Transit Pricing: What's a Fair Fare?", *Transportation*, Vol. 10, pp. 211-232.
22. Cervero, R.(1990), "Transit Pricing Research: A Review and Synthesis", *Transportation*, Vol. 17, pp. 117-139.
23. Glaister, S. and D. Lewis(1978), "An Integrated Fares Policy for Transport in London", *Journal of Public Economics*, Vol. 9, pp. 341-355.
24. Greene, W. H.(1998), "LIMDEP Version 7.0 User's Manual", *Econometrics Software*.
25. Jorgensen, F. and J. Preston(2003), "Estimating Bus Operators' Short-Run, Medium-Term and Long-Run Marginal Costs", *International Journal of Transport Economics*, Vol. 30, pp. 3-24.
26. Kahn, A. E.(1988), "The Economics of Regulation: Principles and Institutions", *The MIT Press*.
27. Karlaftis, M. G. and P. McCarthy(2002), "Cost Structure of Public Transit Systems: A Panel Data Analysis", *Transportation Research E*, Vol. 38, pp. 1-18.
28. Merewitz, L. A.(1975), "Marginal Costs of Fixed-rail Rapid Transit Service in the San Francisco Bay area", in *The Full Cost of Urban Transport*, ed. by Keeler, T. E., L. A. Merewitz, and P. Fisher, University of California, Berkeley.
29. Mizutani, F.(1996), "Japanese Urban Railways", *Ashgate Publishing*.
30. Oram, R. L.(1979), "Peak-period Supplements: The Contemporary Economics of Urban Bus Transport in the U.K. and U.S.A.", *Progress in Planning*, Vol. 12, pp. 81-154.
31. 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.
32. Rothengatter, W.(2003), "How Good Is First Best? Marginal Cost and Other Pricing Principles for User Charging in Transport", *Transport Policy*, Vol. 10, pp. 121-130.
33. Savage, I.(1997), "Scale Economies in United States Rail Transit Systems", *Transportation Research*, Vol. 31A, pp. 459-473.
34. Sergio, R. and S. R. Jara-Diaz(2000), "Transport Production and the Analysis of Industry Structure", in *Analytical Transport Economics*, ed. by Polak, J. B. and A. Heertje, Edward Elgar Publishing.
35. van Vuuren, D.(2002), "Optimal Pricing in Railway Passenger Transport: Theory and Practice in the Netherlands", *Transport Policy*, Vol. 9, pp. 95-106.
36. Viton, P. A.(1980), "On the Economics of Rapid-Transit Operations", *Transportation Research*, Vol. 14A, pp. 247-253.
37. Viton, P. A.(1993), "Once Again, the Costs of Urban Rapid Transit", *Transportation Research B*, Vol. 27B, pp. 401-412.

〈부록 A〉 비용합수 추정에 사용되는 자료

서울지하철공사

(2001년 불변가격)

연도	가변비용 (백만원)	전동차 (천km)	요소단위가격			요소비용비중			궤도연장 (m)
			노동 (천원/인·년)	동력 (원/kwh)	유지보수 (천원/대·년)	노동	동력	유지 보수	
1976	9,541	7,138	5,334	49	45,139	0.56	0.16	0.28	19,365
1977	12,056	8,392	6,524	58	39,583	0.58	0.16	0.26	19,365
1978	15,274	11,470	7,569	62	38,535	0.57	0.18	0.24	29,754
1979	17,335	12,700	7,730	79	37,596	0.56	0.23	0.21	29,754
1980	20,720	13,714	8,840	102	23,031	0.58	0.26	0.16	62,839
1981	28,324	18,502	9,148	95	32,936	0.55	0.28	0.16	62,839
1982	33,470	18,839	9,775	103	38,831	0.56	0.26	0.18	75,686
1983	44,670	23,006	12,122	104	23,545	0.59	0.26	0.15	113,569
1984	87,276	40,485	14,889	102	32,350	0.63	0.21	0.16	153,711
1985	137,955	59,207	16,725	104	24,877	0.69	0.19	0.12	307,798
1986	181,460	99,526	17,969	99	29,829	0.67	0.21	0.12	307,798
1987	190,470	103,919	19,479	93	31,312	0.70	0.19	0.12	307,798
1988	237,718	104,095	24,069	82	34,923	0.75	0.14	0.11	309,712
1989	274,487	109,771	26,739	76	31,701	0.78	0.12	0.10	309,712
1990	270,539	118,015	25,719	68	26,247	0.78	0.12	0.10	309,880
1991	333,242	136,598	29,328	66	32,841	0.78	0.10	0.12	310,848
1992	358,390	162,777	29,400	68	32,473	0.76	0.11	0.12	318,571
1993	388,058	177,638	28,991	69	33,982	0.74	0.12	0.14	358,447
1994	446,050	196,834	31,109	68	33,035	0.75	0.11	0.14	380,758
1995	503,959	216,185	33,639	66	41,821	0.73	0.11	0.16	384,011
1996	569,914	220,644	36,145	64	56,575	0.71	0.10	0.19	383,554
1997	580,964	210,207	36,922	65	57,037	0.72	0.09	0.19	383,554
1998	546,331	210,584	35,016	66	54,175	0.71	0.10	0.19	391,941
1999	544,485	210,682	37,313	67	45,478	0.74	0.10	0.16	394,487
2000	609,462	220,192	43,847	70	48,636	0.75	0.10	0.16	394,725
2001	715,598	219,576	52,541	72	59,513	0.75	0.09	0.16	394,725

부산교통공단

(2001년 불변가격)

연도	가변비용 (백만원)	전동차 (천km)	요소단위가격			요소비용비중			궤도연장 (m)
			노동 (천원/인·년)	동력 (원/kwh)	유지보수 (천원/대·년)	노동	동력	유지 보수	
1989	45,907	20,372	25,746	83	30,367	0.73	0.15	0.12	66,189
1990	48,054	20,960	26,150	68	30,449	0.76	0.12	0.12	70,599
1991	50,765	21,609	27,078	66	27,143	0.79	0.10	0.11	75,009
1992	57,081	22,891	27,725	67	31,757	0.78	0.10	0.12	75,009
1993	57,536	22,816	27,904	66	27,005	0.80	0.10	0.11	75,009
1994	74,883	30,338	35,123	66	25,150	0.81	0.09	0.10	87,710
1995	84,449	31,896	32,795	63	42,268	0.76	0.09	0.15	96,782
1996	89,901	30,747	33,713	62	44,370	0.77	0.08	0.15	96,782
1997	98,846	33,319	35,323	61	49,098	0.75	0.09	0.17	96,782
1998	108,992	37,568	36,209	67	50,870	0.73	0.08	0.19	96,782
1999	127,774	46,752	37,214	68	51,297	0.69	0.10	0.21	131,459
2000	132,189	54,358	37,577	69	39,050	0.74	0.11	0.16	166,135
2001	145,256	57,218	37,623	71	45,071	0.71	0.11	0.18	172,402

<부록 B> 부산교통공단의 선로운영밀도와 부분생산성

연도	선로운영밀도 (전동차-km/궤도-m)	부분생산성		
		노동생산성 (전동차-km/인·년)	동력생산성 (전동차-km/kwh)	차량생산성 (전동차-km/대·년)
1989	308	15,685	249	109,529
1990	297	14,990	246	112,686
1991	288	14,576	275	107,508
1992	305	14,212	276	105,978
1993	304	13,911	273	98,344
1994	346	17,674	284	101,127
1995	330	16,220	278	106,321
1996	318	14,955	262	102,489
1997	344	15,973	241	97,998
1998	388	17,123	277	93,454
1999	356	19,878	242	88,546
2000	327	20,930	268	102,950
2001	332	20,907	259	96,652
평균	326	16,695	264	101,814

〈부록 C〉 서울지하철공사의 자본비용

(2001년 불변가격)

연도	자본비용 1 ¹⁾	자본비용 2 ²⁾	자본비용 3 ³⁾
1976	8,600,076,878	4,176,052,098	16,370,240,355
1977	9,855,821,704	5,431,796,924	17,625,985,180
1978	12,702,091,212	6,571,037,101	26,024,164,768
1979	12,702,091,212	6,571,037,101	26,024,164,768
1980	22,486,829,624	10,312,771,810	53,489,617,878
1981	23,069,922,744	10,312,771,810	60,938,183,015
1982	25,638,735,064	11,077,967,844	63,506,995,335
1983	41,561,564,330	21,119,505,294	99,674,603,650
1984	60,400,027,562	33,685,402,429	139,965,061,725
1985	114,126,908,509	52,785,566,074	312,828,597,208
1986	115,429,198,383	54,087,855,948	314,130,887,082
1987	115,429,198,383	54,087,855,948	314,130,887,082
1988	115,733,755,115	54,087,855,948	315,348,081,079
1989	125,814,660,193	64,168,761,027	325,428,986,158
1990	135,604,104,990	73,869,431,378	335,298,537,047
1991	149,280,733,515	87,392,031,174	349,436,729,246
1992	159,102,563,575	95,860,888,880	362,941,055,440
1993	176,037,787,116	105,954,683,843	398,460,892,385
1994	197,432,649,956	125,279,335,645	430,494,130,369
1995	202,306,038,262	129,573,062,611	436,918,620,569
1996	202,228,692,614	129,573,062,611	436,562,069,524
1997	202,228,692,614	129,573,062,611	436,562,069,524
1998	203,648,162,712	129,573,062,611	443,105,600,471
1999	204,079,064,208	129,573,062,611	445,091,987,707
2000	204,119,344,866	129,573,062,611	445,277,675,124
2001	204,119,344,866	129,573,062,611	445,277,675,123

주: 1) 차량, 전로설비, 기계 및 기타 설비, 건물 그리고 토지 비용을 포함함.

2) 차량 비용만을 포함함.

3) 차량, 전로설비, 기계 및 기타 설비, 건물, 토지 그리고 선로 비용을 포함함.