

■ 論 文 ■

완전배정방법을 이용한 도시철도 운행비용 모형의 정립과 적용 (서울, 인천, 부산, 대구지하철을 중심으로)

Development and Application of Subway's Operating Cost Functions with Full Allocation Method
(For Seoul, Incheon, Busan and Daegu)

송 선 아

(교통개발연구원 위촉연구원)

서 선 덕

(한양대학교 교통시스템공학과 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위
 - 3. 연구의 방법 및 절차
 - II. 이론적 배경 및 관련연구 현황
 - 1. 운행비용함수
 - 2. 관련연구 현황
 - III. 운행비용함수의 정립
 - 1. 자료의 수집 및 처리
 - 2. 실적변수 및 배당률 선정
 - 3. 모형의 정립
 - IV. 운행비용모형의 적용
 - V. 결론 및 향후 연구과제
- 참고문헌

Key Words : 완전배정방법, 운행비용함수, 도시철도, 실적변수, 배당률

요 약

교통 혼잡 증가와 사고 발생, 환경오염 등의 문제 해결 방안으로 대중교통으로의 수요 유도를 고려할 수 있다. 하지만 도시철도는 대중교통의 또 다른 수단인 버스와 비교하여 볼 때 정시성 및 대량수송 등의 장점을 갖고있음에도 불구하고 막대한 초기투자비용과 부채의 상환 등으로 인한 적자 상태는 도시철도 서비스의 질을 향상시키기 위하여 해결해야 할 과제로 남아있다.

비용함수의 작성은 효율성 있는 사업의 운영을 위한 한 방법으로, 사업의 운영상태를 파악하고 해결점을 모색할 수 있는 수단이 된다. 열차운행비용함수는 수송인원, 수송수입 등과 같이 열차운행으로 인해 산출된 결과(실적변수)와 열차 운행에 투입된 총비용간의 관계를 함수로 표현한 것으로, 함수 작성을 통해 도시철도 산업의 비용구조뿐만 아니라, 도시철도 서비스로 인한 실적과 소요된 총비용간의 관계를 파악할 수 있게 된다.

본 연구에서는 그 동안 체계적인 접근이 이루어지지 않았던 서울, 인천, 부산, 대구의 도시철도 운행비용함수를 정립하여 각 기관의 운행비용의 단위비용을 파악하고 규모의 경제 존재 여부를 확인하였다. 총비용발생에 영향을 미치는 실적변수로는 수송인원과 노선-km, 열차-km, 그리고 전체수입을 고려하였다.

각 기관의 운행비용함수를 정립하여 단위비용을 산출한 결과 수송인원 및 전체수입의 단위비용은 서울지하철공사가, 노선-km 및 열차-천km는 서울도시철도공사가 가장 낮은 것으로 나타났으며, 각 기관 모두에서 열차-천km에 대한 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

날로 혼잡해져가는 교통체증 및 자동차 사고로 인한 인명·대물피해, 자동차에서 배출되는 오염물질이 환경에 미치는 악영향 등의 해결방안 중 하나로 승용차에서 도시철도¹⁾로의 수요전환을 들 수 있다.

도시철도는 같은 대중교통 수단인 버스와 비교했을 때 운행의 정시성 및 대량수송 등의 장점을 갖고 있는 반면에 초기투자비용이 다른 교통수단에 비해 크며, 막대한 부채의 상환, 운행비 지출 등으로 인한 적자를 면하지 못하고 있는 문제점을 안고 있다²⁾. 이러한 적자 상태인 비용상의 문제를 해결하기 위하여서는 운행비용함수의 작성을 통하여 사업의 운행상태를 평가하고, 좀 더 나은 정책적 방향을 제시하는 과정이 필요하다.

도시철도 운행비용함수의 작성은 도시철도 서비스에 소요되는 총비용과 서비스로 파생된 결과(수송인원, 총수입 등)들 간의 관계를 파악하고 이에 따른 적절한 운행비용에 대한 해결책을 제시함으로써 도시철도 운행의 효율성을 증가시키는데 기여한다. 그러나 현재 우리나라 각 도시에서 운행되고 있는 도시철도는 지역간 철도에 비하여 관련 연구가 적은 편이라고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 서울을 비롯한 인천, 부산, 대구의 도시철도를 대상으로 운행비용함수를 작성하여 운행상태를 파악하고 효율적인 도시철도 운행에 도움이 되는 정책적인 제시를 해보고자 한다.

2. 연구의 범위

본 연구에서는 서울 및 인천, 부산, 대구 지역의 도시철도를 대상으로 하여 지하철도 운행비용함수를 작성하였다. 연구에 적용한 자료는 대구지하철공사를 제외하고는 모두 2003년의 자료이다. 대구의 경우는 운행비용추이는 큰 변화가 없으나 2003년 지하철도공사로 인해 수송승객량, 수송수입 등의 실적이 다른 연도에 비해 크게 감소하여 일반적인 상황으로 보기 어려우므로 2003년이 아닌 2002년 자료를 적용하였다.

3. 연구의 방법 및 절차

일반적으로 운행비용함수의 정립에는 초월대수함수(Translog Function)를 많이 적용한다. 하지만 트랜스로그 모형은 모형 정립에 필요로 하는 자료의 양이 많기 때문에 data point(도시철도의 경우 노선수)의 수가 적고, 그에 따른 자료가 많지 않은 국내 도시철도의 경우에는 Translog Model을 적용하기에 적합하지 않다. 실제로 외국의 사례를 통하여 보더라도 통근 철도 및 버스의 경우는 완전배정방법을 적용하여 운행비용함수를 정립한 경우가 많다. 본 연구에서도 완전배정방법을 적용하여 운행비용함수를 정립하였다.

연구의 절차는 먼저 각 도시철도 공사의 지출 비용항목을 분석한 후, 각 비용 발생과 관련된 실적변수를 선정하여 발생에 기여한 만큼 가중치를 부여하여 배분율을 할당한다. 또한 할당된 배분율을 적용하여 각 실적에 대한 단위비용을 계산하여 모형을 정립한다. 모형정립이 끝난 후에는 개발된 모형이 얼마나 타당성이 있는가에 대하여 검증하고 적용·평가하는 과정을 거친다.

II. 이론적 배경 및 관련연구 현황

1. 운행비용함수⁵⁾

운행비용함수는 일반적인 비용함수의 범주에 속한다. 기업의 생산 활동에 따라 비용이 발생하게 되며, 금전적으로 명확하게 표현할 수 있는 요소와 그렇지 못한 요소 모두 존재하지만, 비용함수 작성 시에는 금전적으로 명확하게 표현할 수 있는 요소만을 고려한다. 함수의 형태는 선형과 비선형으로 나누어지는데, 배정방법을 적용한 운행비용함수는 입·출력(input-output) 함수관계로 도출할 수 있다.

운행비용 곡선을 작성하는 개발전략은 다음의 3가지로 분류할 수 있다.

- 기존의 운행시설을 유지할 경우 생산성의 향상 등을 파악하고자 하여 운행비용을 개발할 경우의 완전 배정방법(Full Allocation Method)
- 단기적인 서비스 확장에 대한 비용의 변화를 알고자

1) 명칭은 전철, 지하철, 도시철도로 각 기관마다 상이하지만, 본 연구에서는 도시철도로 통일하여 지칭하도록 한다.

2) 건설교통부에 따르면 2003년말 기준 지방자치단체 지하철 부채는 총 약 2조6,738억원으로, 대구 1조3,781억원, 인천 4,825억원, 광주 4,295억원, 대전 3,837억원 규모에 이른다.

할 경우의 단계적 비용방법(Incremental Cost Method)

- 새로운 시스템의 도입이나 기존의 수단을 확장할 경우의 항목별 취합 방법(Cost Build-Up Method) 이들 비용함수를 개발하는 구체적 방법으로는 크게 1) 통계적 방법(Regression Method), 2) 회계적 방법(Allocation Method), 3) 공학적 방법(Cost Build-Up Method)으로 구분할 수 있으며, 이들 각 방법이 나름대로의 장단점을 갖고 있기 때문에 각 방법을 혼합하여 복합적으로 사용하거나 서로의 결과를 검증하는 절차로 사용하기도 한다.

1) 통계적 방법¹⁾

통계적 방법(Regression Method)은 운행주체가 발생시킨 시계열 운행비용 자료나 각 노선에 대한 cross section 자료 또는 이들의 결합자료를 활용하여 계량경제학적인 접근으로 분석하는 방법이다. 사용되는 함수형태는 모형형태를 크게 선형과 비선형으로 구분할 경우 모형의 적용유연성 등이 양호한 비선형 함수식이 선호되고 있다. 특히 형태의 단순성으로 콥-다글라스(Cobb-Douglas)의 모형과 모형형태(model specification)의 유연성(flexibility)과 일반성을 고려한 Translog 모형이 많이 사용되고 있다.

2) 회계적 방법²⁾

회계적 방법은 전체운행비용을 채택된 실적변수에 배분하는 방법으로 전체 운행비용을 운행비용 항목으로 구분하고, 각 운행비용을 운행비용 항목에 대한 각 실적변수(또는 정책변수)에 적당한 비율로 할당하는 과정을 거친다. 따라서 각 비용항목에서 발생한 운행비용을 어느 실적변수에 얼마만큼 배분하는가 하는 배분기준이 매우 중요한 역할을 한다. 자료는 정책실적보고서나 예산서를 통해 산출하는데, 자료를 취득하기도 쉬우며 절차도 쉽고 적용하는데 무리가 없는 모형으로 본 연구에서 채택한 방법이다.

완전배정모형은 비용배정방법(Cost Allocation Method)에 속하는 방법으로, 총 운행비용을 각 요소에 매정하는 방법이다. 비용을 발생시키는 주요변수(예를 들어, 침두차량대수, 인-km, 톤-km 등)를 운행비용 발생에 기여한 만큼 가중치를 주어서 비용을 배정하는 방법이다.

생산 투입요소와 운행비용의 수학적 관계는 다음 식(1)과 같이 표현되어질 수 있다.

$$C_t = f(R_1, R_2, R_3, \dots, R_n) \quad (1)$$

여기서, C_t : 시스템 총 운행비용 (input)

R : 실적변수 또는 정책변수 (output)

n : 사용된 실적변수의 개수

또한 각 재원 j 에 대한 단위비용은 $U_j = \frac{C_j}{R_j}$ 로 표현되고, 전체 운행비용 C_t 는 식(2)와 같이 표현된다.

$$C_t = U_1 R_1 + U_2 R_2 + \dots + U_n R_n \quad (2)$$

여기서, U_j : 재원 j 의 단위비용

3) 공학적 방법³⁾

공학적 방법은 앞서의 항목별 취합 방법과 같은 개념인데, 운행에 필요한 세부항목을 정의하고 그 항목에 대한 비용을 합계하여 전체운행비용을 구하는 절차이다. 이 방법은 주로 새로운 시스템이나 완전히 새로운 서비스의 도입 등의 경우에 활용되는 경우가 많다.

2. 관련연구 현황

서선덕·김자영(1997)²⁾은 1994년 서울시 도시철도의 운행비용을 토대로 완전배정방법을 적용한 모형식을 개발하였다. 실적변수로는 열차-km, 노선-km, 침두시 소요 차량대수, 전체수입을 사용하였다. 개발된 모형을 사용하여 적용한 결과 서울시 지하철 산업에서 규모의 경제성이 존재하는 것으로 나타났다. 서선덕·김자영²⁾의 연구 외에도 권경숙(2001)⁵⁾이 침두차량대수 대신 전체 차량대수를 선정하여 부분배정방법을 이용한 운행비용 함수식을 개발하고, 전체차량대수가 침두차량대수의 대리변수로 사용이 가능한가에 대하여 연구하였다. 서선덕·이재훈(1994)¹⁾은 1989년~1993년까지의 지역간 열차 20개선 5개년 자료를 토대로 지역간 열차의 여객·화물의 운행비용함수를 Translog Function을 적용하여 정립한 바가 있다. 그 외에도 김종길(1997)³⁾ 및 김민정(2000)⁴⁾은 서울시 지하철을 대상으로 운행비용함수를 정립하였으며, 정용우(2002)⁶⁾는 1993년~

2000년의 지역간 철도 자료를 토대로 운행비용합수를 정립하고 경영 개선 5개년 계획을 평가한 바 있다.

국의 연구로는 Comparative Costs⁸⁾에서 commuter railroad, bus 등 시카고 각 교통수단의 운행비용 합수를 Cost Allocation model을 적용하여 추정한 바가 있고 미국 대중교통청(Federal Transit Administration)에서는 5개 지역 애틀랜타(MARTA), 시카고(CTA), 워싱턴(WMATA) 등의 지역에 대하여 서비스에 대한 비용항목의 단위비용을 산정⁹⁾하고, 대중교통협회(American Public Transit Association)에서도 각 대중교통 운행비용과 재무제표를 제시¹⁰⁾하고 있다. Cherwony & McCollom(1976)은 차량-마일, 차량-시간, 침두소요차량대수를 통해 변수 개수와 비용항목 분류에 따른 모형의 중요성을 논의하였고, Abbas & Abd-Allah(1999)는 차량-km, 운행시간, 차량대수를 실적변수로 사용하여 완전분배방법을 통한 모형을 도출하였다.

III. 운행비용합수의 정립

1. 자료의 수집 및 처리

본 연구에서 활용한 자료 크게 비용관련 자료와 실적관련 자료로 구분할 수 있는데 비용관련 자료는 각 도시철도공사에서 제공한 손익계산서³⁾와 운영사업원가명세서⁴⁾를 참고하였다. 실적관련 자료 역시 각 도시철도공사에서 제공한 실적자료와 내부에서 제공받은 자료를 사용하였다.

1) 실적변수의 선정

본 연구에서 선정한 실적변수는 수송인원, 노선-km, 열차-km, 전체수입 등 네 가지이다. 노선-km는 열차운행거리와 열차운행밀도에 관계가 있고, 열차-km는 기관사나 승무원의 임금 및 차량의 유지비, 연료비(전기료)를 분류하며, 열차운행밀도는 운전비용, 현장사무실 유지비 그리고 역 관련비용 등을 설명한다. 전체수입은 승객수요와 관련된 비용에 영향을 미치고, 승차권 인쇄비나 승객관련 보험료 등을 설명할 수 있다고 인식되고 있다³⁾. 각 도시철도공사에서 제공받은 2000년~2003년의 현황 및 실적변수는 <표 1>과 같다.

<표 1> 각 도시철도공사의 현황 및 실적

(단위 : 백만명, 백만원)

구분		2000	2001	2002	2003
서울 지하철 공사	수송인원	1,370	1,416	1,440	1,429
	노선-km	134.9	134.9	134.9	134.9
	열차-천km	21,973	22,418	22,450	22,706
	전체수입	515,951	578,219	579,635	638,234
서울 도시철도 공사	수송인원	366	523	561	583
	노선-km	148.0	152.0	152.0	152.0
	열차-천km	15,632	21,392	21,441	21,635
	전체수입	187,203	281,936	298,589	252,243
인천 지하철 공사	수송인원	63	72	76	74
	노선-km	21.9	21.9	21.9	21.9
	열차-천km	2,471	2,458	2,461	2,451
	전체수입	26,618	33,732	34,611	36,584
부산 교통공단	수송인원	240	250	273	264
	노선-km	54.2	61.9	70.5	70.5
	열차-천km	7,526	7,979	9,069	9,753
	전체수입	106,569	124,963	136,428	145,752
대구 지하철 공사	수송인원	49	50	53	26
	노선-km	24.9	24.9	25.9	25.9
	열차-천km	2,976	2,973	3,070	2,522
	전체수입	24,199	25,475	26,398	11,804

실적을 살펴보면 서울도시철도공사를 제외한 기관들의 수송인원이 2002년까지 증가하다가 2003년에는 감소한 것을 볼 수 있다. 특히 대구의 경우 2002년에 비해 절반 수준인 수송인원을 기록하였는데, 이는 2003년 대구에서 발생한 지하철참사가 큰 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

2) 비용 자료 분석 및 비용 배분

운행비용합수는 각 관련기관에서 구득한 손익계산서를 근거로 정립하였다. 손익계산서는 크게 매출액, 매출원가(운영사업원가), 매출총이익, 판매비와 관리비, 영업이익, 영업외수익 등 13개 항목으로 구성되어있는데 본 연구에서는 이 중 비용발생에 직접적인 영향을 주는 항목만을 고려하여 대상으로 삼고, 감가상각비, 리스료 등 운행비용 발생과는 무관한 비용은 고려하지 않았다. 각 도시철도공사의 비용에 관한 내용은 <표 2>와 같다.

<표 2> 각 기관의 연도별 운행비용

(단위 : 백만원)

구분	2000년	2001년	2002년	2003년
서울지하철공사	647,668	663,203	669,545	695,261
서울도시철도공사	246,749	363,103	362,602	391,121
인천지하철공사	-	64,363	66,566	70,703
부산교통공단	125,270	142,808	168,118	196,157
대구도시철도공사	-	-	79,621	75,692

3) 도시철도를 서비스하면서 발생한 비용과 수익을 기록한 장부로서 운영사업원가명세서의 금액이 포함되어있다.

4) 도시철도 사업을 운영하는데 발생한 비용을 기록한 명세서로, 손익계산서에는 매출원가로 표기되어 있다.

2. 실적변수 및 배당률 설정

비용의 배분은 Ferreri(1992)⁸⁾와 서선덕·김자영(1997)²⁾, 권경숙(2001)⁵⁾의 연구를 참고하여 배분하였다. 기존 문헌에서는 비용을 궤도·차량유지비, 역 운영비, 행정비, 광고 선전비, 세금 및 보험, 리스료 등으로 구분하였으나 본 연구에서는 비용항목을 운행비용에 직접적인 영향을 주지 않는 세금 및 보험료 등은 제외한다. 비용항목별 실적변수 배당률은 도시철도공사마다 동일하게 적용하였으며, 자세한 내용은 <표 3>과 같다.

<표 3> 각 비용항목별 실적변수 배당률

구분	주행-km	수송인원	노선-km	수송수입
선로장비 유지비				
인건비	0.25	0.5		0.25
수선유지	0.3	0.2	0.5	
전력수도			1	
역 운영비				
인건비	0.25	0.5		0.25
통신비	1			
연료유지	1			
전력수도	1			
운행비				
인건비		0.5	0.5	
전력수도	0.8		0.2	
연료유지	0.8		0.2	
임차료	1			
차량비	0.8	0.2		
피해보상	0.5	0.5		
차량비	0.8	0.2		
피해보상	0.5	0.5		
행정비				
인건비		0.5	0.5	
소모품비			1	
복리후생				1
여비교통				1
업무추진		0.5		0.5
잡비	0.6		0.4	
광고선전				
교육훈련			0.5	0.5
광고선전				1
도서인쇄				1

3. 모형의 정립

본 연구를 통하여 정립된 각 기관의 운행비용모형은 다음과 같다.

1) 서울지하철공사

서울지하철공사의 경우 배당금액이 가장 큰 항목은 열차-천km로 배당된 금액이 약 304,730백만원 수준으로 이는 전체 금액의 43.83%를 차지하는 금액이었다. 또한 배당금액이 가장 적은 항목은 노선-km로 배당된 금액은 약 19,111백만원으로 전체 금액의 2.75% 수준이었다.

단위 비용의 경우는 실적량이 가장 적은 노선-km가 141,667천원으로 가장 컸고, 수송인원의 경우는 49천원으로 단위비용이 가장 낮게 나타났다.

$$\text{총비용(천원)} = 49 \times \text{수송인원(천인)} + 141,667 \times \text{노선-km} + 13,421 \times \text{열차-천km} + 472 \times \text{전체수입(백만원)}$$

<표 4> 서울지하철공사의 단위비용

실적변수	배당금액(천원)	배당률	실적치	단위비용(천원)
수송인원(천인)	70,166,196	10.09%	1,429,296	49
노선-km	19,110,863	2.75%	134.9	141,667
열차-천km	304,729,326	43.83%	22,706	13,421
전체수입(백만원)	301,254,802	43.33%	638,234	472
합계	695,261,187			

2) 서울도시철도공사

서울도시철도공사의 경우도 서울지하철공사와 마찬가지로 배당금액이 가장 큰 항목은 열차-천km로 176,101백만원(전체 금액의 약 45.02%)가 배당되었고, 배당금액이 가장 적은 항목은 노선-km로 11,514백만원(전체 금액의 약 2.94%)이 배당되었다.

단위비용의 경우는 노선-km가 75,750천원으로 가장 높았고, 수송인원(천인)이 63천원으로 가장 낮게 나타났다.

$$\text{총비용(천원)} = 63 \times \text{수송인원(천인)} + 75,750 \times \text{노선-km} + 8,140 \times \text{열차-천km} + 482 \times \text{전체수입(백만원)}$$

<표 5> 서울도시철도공사의 단위비용

실적변수	배당금액(천원)	배당률	실적치	단위비용(천원)
수송인원(천인)	36,682,918	9.38%	582,603	63
노선-km	11,513,990	2.94%	152.0	75,750
열차-천km	176,101,443	45.02%	21,635	8,140
전체수입(백만원)	166,823,079	42.65%	346,400	482
합계	391,121,431			

3) 인천지하철공사

인천지하철공사의 경우도 서울의 경우와 마찬가지로 열차-천km가 가장 높은 배당률을, 노선-km가 가장 낮은 배당률을 나타냈다.

$$\text{총비용(천원)} = 96 \times \text{수송인원(천인)} + 95,111 \times \text{노선-km} + 12,808 \times \text{열차-천km} + 822 \times \text{전체수입(백만원)}$$

〈표 6〉 인천지하철공사의 단위비용

실적변수	배당금액 (천원)	배당률	실적치	단위비용 (천원)
수송인원 (천인)	7,160,462	10.13%	74,306	96
노선-km	2,082,922	2.95%	21.9	95,111
열차-천km	31,392,661	44.40%	2,451	12,808
전체수입 (백만원)	30,067,126	42.53%	36,584	822
합계	70,703,170			

4) 부산교통공단

부산의 경우도 역시 열차-천km가 86,855백만원으로 전체 금액의 44.28%를 구성하였으며, 노선-km가 5,795백만원으로 전체 금액의 2.95%로 가장 적은 금액이 배당된 것으로 나타났다. 단위비용은 노선-km가 82백만원으로 가장 높았고, 수송인원이 75천원으로 가장 낮았다.

$$\text{총비용(천원)} = 75 \times \text{수송인원(천인)} + 82,203 \times \text{노선-km} + 8,906 \times \text{열차-천km} + 575 \times \text{전체수입(백만원)}$$

〈표 7〉 부산교통공단의 단위비용

실적변수	배당금액 (천원)	배당률	실적치	단위비용 (천원)
수송인원 (천인)	19,744,909	10.07%	263,557	75
노선-km	5,795,343	2.95%	70.5	82,203
열차-천km	86,855,403	44.28%	9,753	8,906
전체수입 (백만원)	83,761,696	42.70%	145,752	575
합계	196,157,351			

5) 대구지하철공사

대구의 경우는 기타 도시와 달리 전체수입에 배당된 금액이 50.05%로 가장 많았고, 노선-km는 4.35%로 가장 적었다. 단위비용은 노선-km가 약 134백만원으로 가장 높았고, 수송인원이 113천원으로 가장 낮았다. 그러나 전체적으로 단위비용의 수준이 다른 기관에 비

하여 높은 것으로 나타났다.

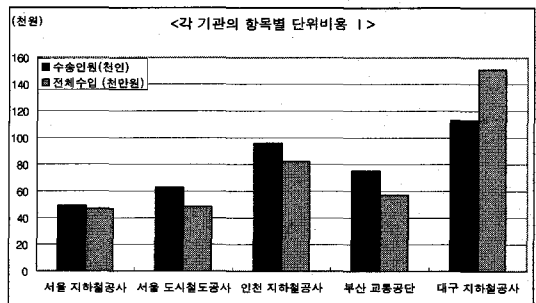
실적변수에 대한 각 지역의 단위비용은 〈표 9〉와 같다.

각 기관의 단위비용을 비교하여 볼 때, 수송인원의 단위비용은 서울지하철공사가 49천원으로 가장 낮고, 대구지하철공사가 113천원으로 가장 높았다. 반면 열차-천km의 경우는 서울지하철공사가 13,421천원으로 가장 높고, 서울도시철도공사가 8,140천원으로 가장 낮은 것으로 나타났다. 전체적으로는 대구지하철공사의 단위비용이 높은 것으로 나타났는데, 이는 운행에 소요 되는 비용에 비해 수송인원, 전체수입 등의 실적치가 낮은 것이기 때문으로 생각할 수 있다.

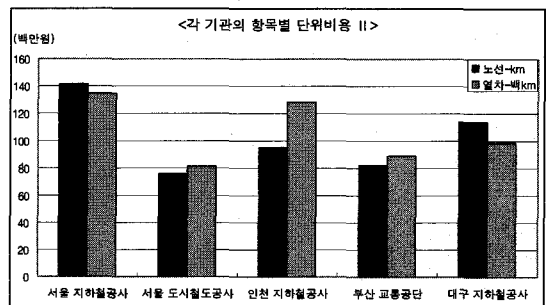
$$\text{총비용(천원)} = 113 \times \text{수송인원(천인)} + 133,811 \times \text{노선-km} + 9,868 \times \text{열차-천km} + 1,510 \times \text{전체수입(백만원)}$$

〈표 8〉 대구지하철공사의 단위비용

실적변수	배당금액 (천원)	배당률	실적치	단위비용 (천원)
수송인원 (천인)	6,010,591	7.55%	53,087	113
노선-km	3,465,693	4.35%	25.9	133,811
열차-천km	30,294,185	38.05%	3,070	9,868
전체수입 (백만원)	39,850,646	50.05%	26,398	1,510
합계	79,621,115			



〈그림 1〉 각 기관의 항목별 단위비용



〈그림 2〉 각 기관의 항목별 단위비용 II

〈표 9〉 실적변수에 대한 각 지역의 단위비용 비교

(단위 : 천원)

실적변수	서울 지하철공사	서울 도시철도공사	인천 지하철공사	부산 교통공단	대구 지하철공사
수송인원 (천인)	49	63	96	75	113
노선-km	141,667	75,750	95,111	82,203	113,811
열차-천km	13,421	8,140	12,808	8,906	9,868
전체수입 (백만원)	472	482	822	575	1,510

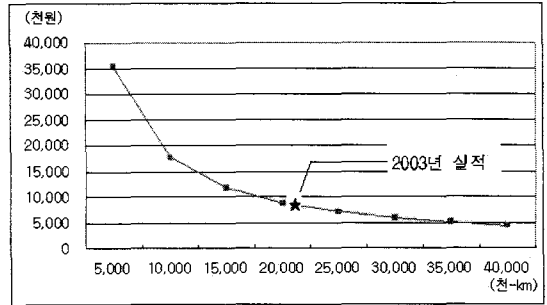
IV. 운행비용모형의 적용

정립된 모형을 토대로 도시철도 사업에 있어서 열차-km의 평균운행비용을 알아보았다.

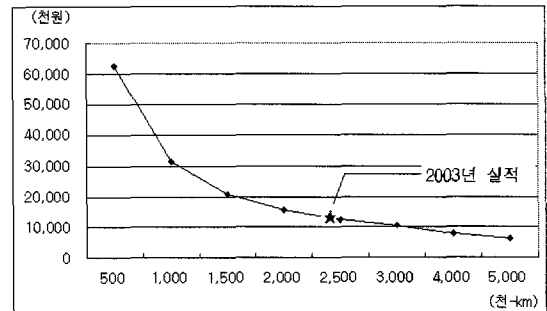
서선덕·김자영(1997)²⁾의 논문 및 DOT (1992)⁹⁾에 제시된 바에 따르면, 정립된 모형식을 사용하면 서비스의 변화나 운영조직상의 각종 변화에 대한 운행비용의 변화를 알 수 있게 된다. DOT (1990)¹¹⁾에서는 일반적으로 대상시스템의 가장 효율적인 운행비용모형이 완성되면 각 집합화 된 비용항목의 총 비용에 대한 평가, 운영비용식내에서 서비스의 증가나 감소, 특정서비스 요소에 대한 모니터링, 해당지역 서비스 공급정도, 대중교통 수요, 차량소요대수 산정, 안전도 같은 사항을 평가할 수 있다고 설명하고 있다.

본 연구에서 개발된 모형을 토대로 열차-km의 평균 운행비용을 구하여보고, 규모의 경제성(Economies of Scale)을 검토하여 본 결과 열차-km에 대한 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 출퇴근 시간대의 배차시간 단축, 운행횟수 증가 등으로 열차-km를 증가 시킴으로써 좀 더 효율적인 도시철도 운영을 추구해야 한다는 것으로 판단된다. 또한 역 정차시간의 단축도 이로 인한 열차 배차를 증가시켜 열차-km가 증가한다면 좀 더 좋은 효과를 기대할 수 있을 것이다.

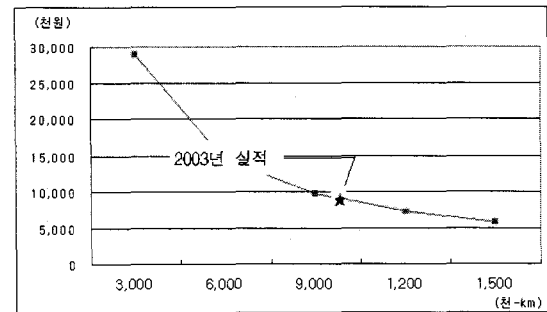
각 기관의 열차-km와 평균운행비용과의 관계는 〈그림 3〉~〈그림 7〉과 같다.



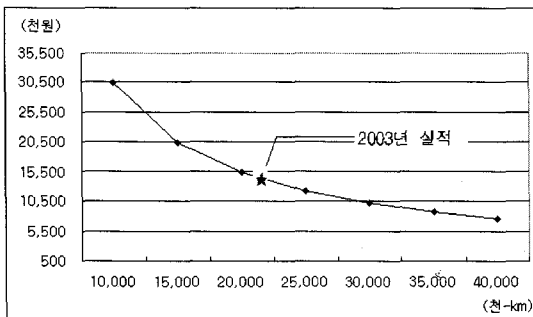
〈그림 4〉 서울도시철도공사의 평균운행비용



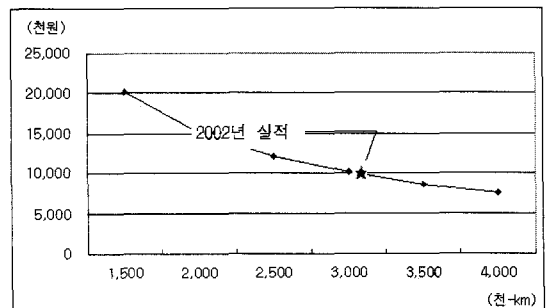
〈그림 5〉 인천지하철공사의 평균운행비용



〈그림 6〉 부산교통공단의 평균운행비용



〈그림 3〉 서울지하철공사의 평균운행비용



〈그림 7〉 대구지하철공사의 평균운행비용

V. 결론 및 향후 연구과제

운행비용함수는 대상 산업의 비용구조를 파악하고, 실적변수와와의 관계 파악을 통하여 효율적인 운행에 지침을 제공하는 역할을 한다. 또한 작성된 운행비용함수를 토대로 각 실적변수의 단위비용과 평균비용 변화, 그리고 규모의 경제가 존재 여부를 검토할 수 있다.

우리나라 도시철도의 경우는 초기 투자비용이 막대하고, 큰 액수의 부채로 매년 적자를 기록하고 있는 실정이므로, 적절한 운행비용함수를 통한 비용 구조 분석 및 정책적 제안이 필요하다고 판단되어 본 연구에서는 완전배정방법을 이용하여 각 도시철도의 운행비용함수를 작성하여 적용하여 보았다.

각 도시의 실적변수에 대한 단위비용은 수송인원의 경우 서울지하철공사가 49천원으로 가장 낮았고, 대구지하철공사가 113천원으로 가장 높았다. 또한 모형을 정립·검증하여 적용하여 본 결과 우리나라 도시철도에는 열차운행-km에 대한 규모의 경제가 존재하는 것으로 나타났다. 서울지하철공사의 경우 열차운행-km를 10% 증가시키면 평균운행비용은 1% 감소하는 것으로 나타났다. 기타 지역도 열차운행-km를 증가시키면 평균운행비용이 감소함을 알 수 있었다.

본 연구에서도 운행에 직접적인 영향을 미치는 비용만을 대상으로 하였지만, 이는 세금 등의 기타 부분을 제거하지 못한 재무비용이라 할 수 있었다. 차후에는 세금 등의 비용을 삭제한 운행에 소요되는 순수비용⁵⁾만을 갖고 운행비용함수를 정립하는 좀 더 정확한 접근이 필요하다고 생각된다.

또한 본 연구에 이어 좀 더 현실성 있고, 예측력이 좋은 모형을 정립하기 위하여 많은 자료를 확보하여 검증하는 과정 및 본 연구에서 선정한 실적변수 외에 좀 더 다양한 변수를 선정·조합하여 실적변수로 투입한 후 모형을 정립하고 검증하는 과정을 거쳐 더욱 더 예측력 있고 현실에 적합

한 모형을 개발하는 추가연구가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 서선덕·이재훈(1994), "지역간 철도운행 비용 모형의 정립", 교통개발연구원.
2. 서선덕·김자영(1997), "서울시 지하철 운행비용배정모형의 개발과 적용", 토목학회학술발표.
3. 김종길(1997), "서울시 지하철의 비용 함수 추정 : 밀도 및 규모의 경제성 분석을 중심으로", 서울대학교 석사학위 논문.
4. 김민정(2000), "확률적 비용변경접근법을 이용한 서울지하철의 비용구조분석 : 적정 운임수준 및 효율적인 운영체제의 도출", 서울대학교 석사학위 논문.
5. 권경숙(2001), "부분배정방법을 이용한 서울시 지하철 운행비용모형 정립과 적용", 한양대학교 석사학위 논문.
6. 정용우(2002), "비용함수를 이용한 철도 산업의 구조 변화 추세에 관한 연구", 한양대학교 석사학위 논문.
7. 철도청(2003), "철도투자분석 및 평가편람 개정".
8. Ferreri, M. G.(1992), "Comparative Cost", Ch.9 in Public Transportation. ed by Gray G. E. and L. A. Hoel. Prentice hall.
9. DOT.(1992), "Estimation of Operating and Maintenance Costs for Transit Systems".
10. APTA.(1995), "Transit Operating and Financial Statistics".
11. DOT.(1990), "Guidebook for Planning Small Urban and Rural Transportation Programs", vol. 1.
12. DOT.(1984), "National Urban Mass Transportation Statistics".
13. 이준구(2001), "미시경제학", 법문사.

✉ 주 작 성 자 : 송선아

✉ 논문투고일 : 2004. 10. 13

논문심사일 : 2004. 10. 29 (1차)

심사판정일 : 2004. 10. 29

✉ 반론접수기한 : 2005. 4. 30

5) 회계학적 용어는 아니지만, 비용의 내용을 설명하기 위하여 편의상 불인 용어로 정부지원금 및 지급이자, 세금 등으로 지출된 비용을 고려하지 않은 비용을 일컫는다⁷⁾.