

# 인천시내버스업체 적정규모 추정

## Optimal Firm Size in Incheon's Urban Bus Transit



한중학



양시훈

### 1. 서론

인천시내버스 수입공동관리형 준공영제 시행 이후 증가하는 운영비용 때문에 시민세금에 의한 시재정지원 확대, 요금인상에 의한 버스이용시민의 수익자부담, 시내버스운송업체 경영합리화노력 등 각 다양한 부문에서 시내버스운송산업이 합리화 방안이 요구된다.

한편으로, 대중교통서비스의 비용효율성이 대중교통시스템의 규모와 관련성이 있다라는 측면에서 업체 대형화를 통한 운영비용 절감방안의 타당성에 대한 연구가 국내외적으로 많이 진행된 바 있다. 이러한 정책이 타당성을 갖기 위해서는 시내버스 운영비용 구조와 특성에 근거한 업체의 적정규모 추정이 필수적이다. 2009년과 2010년 준공영제 시행 인천시내버스업체 규모를 살펴보면, 업체

〈표 1〉 준공영제 시행 인천시내버스 현황

구분	업체수		보유대수(대)			업체당 보유대수(대)		
	2009년 11월	2010년 11월	2009년 11월	2010년 11월	증감	2009년 11월	2010년 11월	증감
좌석	3	3	93	121	28	31.0	40.3	9.33
간선	10	12	722	812	90	72.2	67.7	-4.53
지선	5	5	262	262	0	52.4	52.4	0.00
좌석/간선 겸업	5	5	285	303	18	57.0	60.6	3.60
간선/지선 겸업	9	9	610	595	-15	67.8	66.1	-1.67
합계	32	34	1,972	2,093	121	61.6	61.6	-0.07

주) 준공영제 미시행 업체(삼화고속,인강여객,신백승여행사,삼환여객) 및 세부결산서 미제출 업체(부평버스, 인천교통공사) 제외. 천지교통, 혜성운수는 2010년에 포함

한중학 : 인천발전연구원 도시기반연구부, jhhan71@idi.re.kr, 직장전화:032-260-2655, 직장팩스:032-260-2659  
 양시훈 : 인천발전연구원 도시기반연구부, did3620@idi.re.kr, 직장전화:032-260-2745, 직장팩스:032-260-2659

당 평균 62대 수준을 보이고 있다. 국내의 버스운송산업의 적정규모에 대한 연구에 있어 규모의 경제에 대한 다양한 연구가 진행된 바 있지만, 전문가들 사이에 다양한 의견이 개진되고 있는 것이 현실이다. 이 연구는 국내외에서 수행된 대중교통 서비스의 규모의 경제 존재여부에 대한 연구방법론을 인천시내버스에 적용해보고자 한다. 그 동안 국내 버스운송산업의 규모의 경제에 대한 연구는 주로 서울시를 대상으로 연구된 바 있으며, 인천시의 경우 아직 비용함수에 대한 연구가 없었다. 이러한 배경 하에서 이 연구는 시내버스산업의 규모의 경제성에 기반한 시내버스 업체의 대형화방안이 경제적으로 타당한지에 대한 검증 등 준공영제 시행 인천시내버스 운영비용 구조 및 특성 분석을 연구 목적으로 한다.

## II. 대중교통 서비스의 규모의 경제<sup>1)</sup>

대중교통서비스에 있어서 규모의 경제 존재여부는 정책적 중요성 때문에 수 년 동안 교통전문가들 사이에서 논쟁이 되어왔던 주제이다. 규모의 경제는 소규모 대중교통 운영업체들을 하나의 큰 회사로 합병하는 것이 타당할 수 있다는 이론적 근거가 되고, 반면 규모의 불경제는 한 지역에 다수의 소규모 운영업체가 있는 것이 보다 효율적이라는 것을 의미한다.

대중교통서비스에 있어 규모의 경제와 관련된 초기연구는 다음과 같다. Williams(1979)는 미국 버스운송서비스의 단기 및 장기비용구조에 있어 콤팩트함수를 이용한 비용함수를 통해 규모의 경제가 있음을 주장하였다.

Berechman(1983)과 Berechman(1987)은 트랜스로그 비용함수를 이용하여 이스라엘 버스운송산업이 승객통행량에 대해 규모의 경제가 있음을 주장하였다. Berechman and Giuliano(1984)는 초월대수비용함수에서 규모의 측정수단으로

대-km에 대해서는 규모의 불경제가 존재하고 승객수에 대해서는 규모의 경제가 존재한다는 결과를 얻었다.

반면, 과도한 간접비용 때문에 대규모 대중교통 운영기관은 규모의 불경제에 직면하고 있다고 주장하는 연구들도 있다. 대중교통운영기관의 규모는 버스서비스를 제공하는 평균비용(대당, 시간당, 수입당 비용)과 관련해서 비례한다는 것이다. 비용효율성에 대한 다중회귀모형에서 첨두시 차량소요대수는 비용효율성에 음의 영향을 미치는 것으로 즉 규모의 불경제가 나타났다. Pucher et al. (1983)는 대-시간당 비용과 차량소요대수간 비선형형태의 양의 관계가 있음을 주장하였다. 여기서 다중회귀분석에 차량소요대수의 변수를 로그형태로 사용하였다. 그리고 여기서 규모의 불경제를 나타내는 차량소요대수는 대-시간당 비용에 비례한다는 사실을 발견하였다.

몇몇 연구에서는 규모수익불변의 특성을 갖는다는 연구도 있다. 스페인의 28개 버스회사에 대한 초월대수(Translog)비용함수에서 de Rus and Nombela (1997)는 버스-km에 대한 비용탄력성이 1에 가까운 값(1.042)으로 나타났다. 유사하게 Dalen and Gomez-Lobo(2003)의 연구에서는 142개 노르웨이 버스회사들의 11년간의 패널 자료를 이용한 트랜스로그함수에서 비용탄력성이 1에 가까운 값(1.038)로 나타났다.

한편, 소규모회사에 대해서 규모의 경제가 나타나고, 중간규모 크기의 회사에 대해서는 규모수익 체감 또는 불변규모수익의 특성을 보이고, 250에서 400대 사이 대규모 크기의 회사에서 규모수익 체감(규모의 불경제)효과가 나타내는 U자형 비용함수가 존재한다는 연구도 있다. Button and O'Donnell (1985)는 영국의 어느 도시의 데이터로부터 규모의 측정수단으로 승객수와 운행거리를 갖는 대중교통비용함수모델을 적용하여 U자형 함수를 얻었다.

1) Hiroyuki Iseki(2008), Economies of scale in bus transit service in the USA: How does cost efficiency vary by agency size and level of contracting?, Transportation Research Part A: Policy and Practice Volume 42, Issue 8, Pages 1086-1097 (재구성)

Giuliano(1980)는 530~576대 규모까지 차량-시간당 비용이 증가하다가 이후에 감소한다는 것을 연구결과를 발표하였다. Karlaftis and McCarthy(2002)는 미국 NTD로부터 얻은 9년간 256개 회사의 패널자료를 이용하여 초월대수(Translog)비용함수모형 연구에서 6개 서로 다른 그룹의 각각에 대해서 규모의 경제에 대한 서로 다른 결과를 얻었다. 평균 557대를 가진 두 번째로 큰 회사들은 규모수익체감의 특성을 보였고, 반면 가장 큰 규모의 회사와 작은 규모의 회사들은 규모수익증대의 특성을 보였다. 동일한 분석에서 단기 평균비용은 회사규모에 따라 증가하는 것으로 분석되었다. 표본 회사들 간의 유의한 이질성이 있는 것으로 나타났다. Roy and Croissant(2007)는 특히 비용함수모형이 공급과 관련 산출변수를 사용할 경우 대중교통체계의 규모가 증가함에 따라 규모수익은 체감한다고 주장하였다.

이상에서와 같이 대중교통 서비스에 대한 규모의 경제 존재여부에 대한 논쟁의 원인은 다음과 같다.

첫째, 규모의 경제와 관련된 지난 연구들은 동일한 비용구조를 가진 유사한 업체집합을 대상으로 분석하였다. 동질그룹회사들에 대한 가정은 회사규모가 광범위한 경우, 회사와 관련된 데이터를 사용할 때 유효성을 가지기 어렵다. 생산기술과 그에 따른 비용구조는 지역의 대중교통정책과 운영 여건에 따라 각기 다르다. 운영기관 간 이질성을 고려하기 위하여 Karlaftis et al. (1999)는 회사규모별 산출물로 대-km를 이용하여 3개의 서로 다른 그룹에 대해 각각 계수를 추정하였다. 대중교통 네트워크 구조가 일정하고 26대와 109대 규모의 평균차량대수를 갖는 중형 및 대형업체는 단기적으로 규모의 경제를 보이며, 반면 7대 수준의 차량을 갖는 소형업체는 규모의 불경제를 갖는다는 것을 분석하였다.

둘째, 규모의 경제존재여부에 대한 분석은 규모의 측정수단과 총비용, 평균비용 등 관련 변수 등과 관련된 함수형태에 의존적이다. 서로 다른 함수형태는 규모의 경제 존재여부에 대한 분석에 대한

서로 다른 결론을 가져올 수 있다. 평균비용에 영향을 미치는 다양한 요인들에 대한 회귀분석에서 사용되는 함수들 중에서 2차 함수만이 U자형태의 함수를 나타낸다. 반면, 선형 및 로그함수는 회사 규모의 크기에 따라 평균비용에 대해 일정한 증가 또는 감소형태의 함수를 가진다. 선형과 로그함수 사이의 차이는 대규모 회사일수록 좀 더 명확해진다. 선형함수는 차량시간당 비용이 회사규모가 증가함에 따라 선형적으로 증가하거나 감소한다. 반면, 로그함수는 대규모 회사규모에 따라 함수가 수평형태를 유지한다. 초월대수 비용함수를 이용한 연구 중에 몇몇 연구자들은 광범위한 회사규모에 대해 단일추정변수에 의해 추정되는 콤팩트클래스함수를 사용한 것에 대해 논박을 한다. 따라서, 분석할 함수형태의 선택이 규모의 경제성에 대한 결론을 실질적으로 결정짓는다.

### III. 모형의 설정

#### 1. 비용함수모형의 설정

이 연구에서는 계량경제모형을 활용하여 운영비용과 운영비용을 발생시키는 요인과의 관계를 비용함수형태로 분석하는 방법으로 비용구조에 대한 제약과 가정을 최소화할 수 있는 초월대수(translog) 비용함수를 활용하였다. 초월대수 비용함수는 생산과 비용함수의 분석을 가능하게 하는 쌍대이론에 기초를 두고 있다. 이 모형은 임의의 함수를 2차까지 전개한 테일러급수로 서비스 생산의 다양한 경제적 특성을 검토하는데 유연한 장점이 있는 가장 일반적인 함수형태라 할 수 있다. 그러나 모형 내 투입 및 산출관련 변수가 증가할 경우, 추정변수의 수가 급격히 증가하는 단점이 있다. 함수 적용 시 함수형태, 설명변수, 산출물의 선정에 주의할 해야 한다. 이 연구에서는 초월대수 비용함수를 적용함에 있어 2가지 사항을 가정하였다. 첫째, 업체는 주어진 생산량과 요소가격 하에서 대중교통서비스를 제공하기 위한 비용을 최소화하는 입

력 값의 조합을 선택하는 가정이며, 둘째, 초월대수 비용함수 모형은 모든 회사의 대중교통서비스 생산과 투입비용의 조건이 동일하다는 것이다. 인천 시내버스 운송산업에 적용할 모형을 초월대수 비용함수 형태로 표현하여 다음식과 같이 설정하였다. 초월대수 비용함수를 사용하면, 운영비용의 구조 및 특성을 다양한 측면에서 파악할 수 있다 즉, 규모의 경제, 범위의 경제, 평균비용, 한계비용, 생산요소간 대체탄력성, 생산요소 수요탄력성, 평균수송거리효과, 최소효율규모 등을 파악할 수 있다.

$$\begin{aligned} \ln TC_t = & A_0 + \alpha_n N + \alpha_{m1} M_1 + \alpha_{m2} M_2 \quad (1) \\ & + \sum_i^n \alpha_i \ln P_{it} + \sum_i^m \beta_i \ln Y_{it} \\ & + \frac{1}{2} \sum_i^n \sum_j^n \gamma_{ij} \ln P_{it} \cdot \ln P_{jt} \\ & + \frac{1}{2} \sum_q^m \sum_r^m \delta_{qr} \ln Y_{qt} \cdot \ln Y_{rt} \\ & + \sum_i^n \sum_q^m \phi_{iq} \ln P_{it} \cdot \ln Y_{qt} \end{aligned}$$

여기서,

- $n$  : 생산요소( $i, j$ )의 개수
- $m$  : 산출물( $q, r$ )의 개수
- $i, j$  : 생산요소( $l =$  노동,  $f =$  동력,  $k =$  자본)
- $q, r$  : 산출물( $d =$  버스-km)
- $P_{it}$  : 버스업체  $t$ 의 생산요소  $i$ 의 가격
- $P_{jt}$  : 버스업체  $t$ 의 생산요소  $j$ 의 가격
- $Y_{qt}$  : 버스업체  $t$ 의 산출물( $q$ )의 산출량
- $Y_{rt}$  : 버스업체  $t$ 의 산출물( $r$ )의 산출량
- $N$  : 평균수송거리,  $M_1, M_2 =$  더미변수
- $TC_t$  : 버스업체  $t$ 의 총비용

식(1)은 일반적인 2차 항까지 전개한 테일러급 수로, 함수  $\ln TC$ 에 대한 헤시안 행렬의 대칭성(symmetry)과 1차 동차성 조건을 통해 설정된 초월함수 비용함수에서 추정모수의 수가 제약식의 수만큼 감소하게 된다.

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}, \quad \delta_{qr} = \delta_{rq} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sum_i \alpha_i &= 1, \\ \sum_i \gamma_{ij} &= 0, \text{ for all } j=l, f, k, \\ \sum_i \phi_{iq} &= 0, \text{ for all } q=d \end{aligned} \quad (3)$$

비용함수 식(1)을 어떤 임의의 생산요소가격에 대하여 편미분한 값은 임의의 생산요소투입량과 동일하다는 식(4)와 같은 Shephard의 정리를 적용하여 요소점유율 방정식(input share equation)의 형태로 조건부 요소수요함수(cost-minimizing input demand)를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} S_{it} &= \frac{\partial \ln(TC_t)}{\partial \ln(P_{it})} \quad (4) \\ &= \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_{it} + \sum_q \phi_{iq} \ln Y_{qt} \\ & \quad i, j = l, f, k \end{aligned}$$

## 2. 생산투입요소 대체탄력성 및 요소수요 가격탄력성

대체탄력성과 가격탄력성의 분석은 버스산업의 생산구조를 비용함수모형이 잘 나타내고 있는지를 판단하고, 생산요소의 가격변화에 따른 생산요소 사용량의 변화정도를 판단하는 지표를 도출할 수 있다.

자기편 대체 탄력성은 생산요소가격에 대한 비용함수의 2계 도함수 값을 의미하는데, 비음(非陰)값( $\leq 0$ )을 나타내는 것이 일반적이다. 한편 교차편 대체 탄력성은 두요소간에 존재하는 대체 및 보완관계를 나타내는 데, 양수 값이면 요소 간 대체성이 있으며, 음수 값이면 요소 간에 보완성이 있는 것으로 해석할 수 있다.

자기편 대체 탄력성 :

$$\sigma_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i^2}, \quad i = l, f, k \quad (5)$$

교차편 대체 탄력성 :

$$\sigma_{ij} = \frac{\gamma_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j}, \quad i, j = l, f, k, \quad i \neq j \quad (6)$$

자기가격 탄력성은 생산요소가격 1% 변할 때 생산요소에 대한 수요의 변화율을 의미하고, 교차가격 탄력성은 생산요소 j의 가격 1%변할 때 생산요소 i의 수요 변화율을 나타낸다.

자기가격 탄력성 :

$$\epsilon_{ii} = S_i \times \sigma_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i}, \quad i = l, f, k \quad (7)$$

교차가격 탄력성 :

$$\epsilon_{ij} = S_j \times \sigma_{ij} = \frac{\gamma_{ij} + S_i S_j}{S_i}, \quad i, j = l, f, k, \quad i \neq j \quad (8)$$

### 3. 규모의 경제

규모의 경제는 산출물에 대한 비용 탄력성( $\epsilon_q$ )을 측정하여 평가할 수 있는데, 비용탄력성이 1보다 적으면 경제, 크면 불경제, 1이면 불변으로 평가된다. 일반적으로 어떤 기업이 서로 다른 다수 산출물을 생산하는 경우 q번째 산출물에 국한된 규모의 경제성은 식(9)와 같이 정의한다. 이 연구에서 시내버스 차량운행거리( $q$ =버스-km)와 같은 단일 산출물에 대해서 적용하였다.

$$SCE_q = 1 - \epsilon_q, \quad \epsilon_q = \frac{\partial TC/TC}{\partial Y_q/Y_q} \quad (9)$$

### 4. 평균 및 한계비용

한계비용(Marginal cost : MC)이란 생산물 한 단위 증가시킬 때 추가적으로 늘어나는 비용을 말하며, 평균비용(Average cost : AC)는 생산물 한 단위당 생산비로 총비용을 생산량으로 나눈 값을 의미한다. 평균비용과 한계비용이 교차하는 점에서 생산비용이 가장 낮은 값을 나타낸다. 비용함수식(1)에서 추정된 총비용을 단위산출물 묶음의 배율, 즉 총 산출량으로 나눔으로써 구해지는 방사평균비용(ray average cost, RAC) 개념을 이용해 시내버스 평균운영비용의 형태를 그래프로 도

식화하여 분석한다.

$$\text{방사평균비용} : RAC = \frac{TC(rY^b)}{r} \quad (10)$$

$$\text{한계비용} : MC(Y) = \frac{\partial TC(rY^b)}{\partial Y^b}$$

여기서,

$Y^b$  : 단위산출물 묶음(a composite output)

$r$  : 총 산출량( $Y$ )을 단위산출량으로 표시할 때 사용하는 배율( $\therefore Y = rY^b$ ).

## IV. 자료구축 및 비용함수 추정

### 1. 자료구축

#### 1) 생산요소 비용

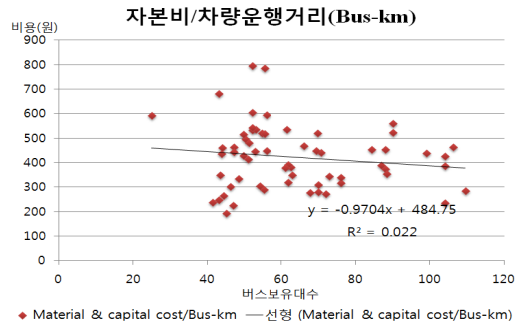
운영비용함수추정을 위한 자료는 인천의 2009년과 2010년 준공영제 시행 시내버스 63개 업체의 세무조정 결산서(손익계산서, 운송원가명세서)를 이용하였다. 이 연구에서는 시내버스업체가 모든 생산요소의 투입량을 최적으로 조합할 수 있다는 가정 하에서 3가지 요소비용의 합을 총비용으로 정의하였다. 노동비는 운전, 정비, 관리직원의 노동비와 복리후생비를 합산하여 구하였다. 동력비는 유류비, 가스비, 잡유비를 합산하였다. 자본비는 차량감가상각비, 차량정비비, 보험료 등 노동비와 동력비에 해당하지 않는 비용을 모두 자본비에 포함시켰으며, 각 업체별 특이성을 갖는 비용항목은 제외하고, 가능한 한 업체간 동질적인 비용내역을 포함시켰다. 특정회사노선의 경우 비용항목에 통행료, 등기소송비, 여비교통비 등 회사간 공통된 비용항목으로 기록되지 않은 내역이 수록되어 있다. 따라서 업체간 이질적인 비용항목의 영향을 제거하기 위한 데이터 처리를 시행하였다.

#### 2) 산출물 : 차량운행거리(bus-km)

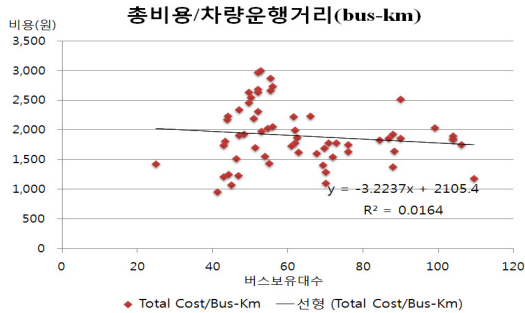
초월대수 비용함수를 이용한 운영비용 분석에서

〈표 2〉 생산요소 비용 항목

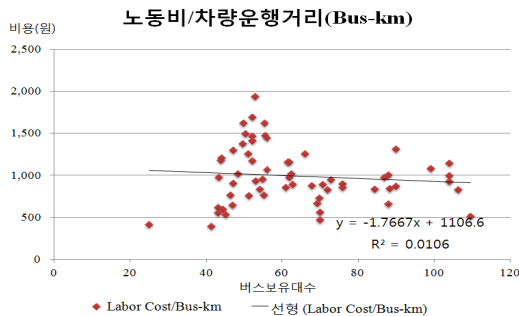
구분	항목
노동비	인건비(임원 및 관리직, 정비직, 운전직), 퇴직급여, 상여금, 복리후생비 등
동력비	유류비, 가스비, 잡유비 등
자본비	감가상각비, 부품비, 타이어비, 차량관리비, 소모품비, 임차료, 보험료 등
총비용	노동비 + 동력비 + 자본비



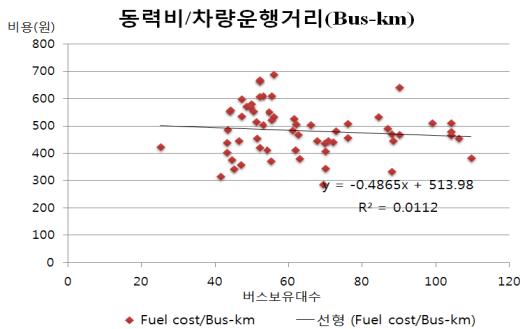
〈그림 4〉 업체규모에 따른 자본비



〈그림 1〉 업체규모에 따른 총비용



〈그림 2〉 업체규모에 따른 노동비



〈그림 3〉 업체규모에 따른 동력비

승객수는 수요측면을 고려한 산출항목이고, 차량 운행거리는 운영업체의 공급측면을 고려한 산출항목이다.

이 연구는 공급측면인 차량운행거리(버스-km)에 초점을 두었다. 대중교통서비스의 공급자인 버스운영업체의 차량운행거리를 생산함에 있어 각 업체가 생산비용인 노동, 동력, 자본 등을 얼마나 효율적으로 운용하느냐에 초점을 두고 있기 때문이다. 또한 차량운행거리 산출물을 생산함에 있어 최소효율규모로 운영할 수 있는가에 초점을 두고 업체 대형화의 타당성을 분석하기 때문이다. 버스업체 규모에 따른 차량운행거리와 운영비용간 관계를 보면, 통계적으로 유의한 수준이라 할 수 없으나, 버스보유대수가 증가할수록 단위차량운행거리당 운영비용이 우하향하는 선형관계를 보이고 있다.

### 3) 요소가격화

비용함수추정을 위해서는 생산요소 비용을 정규화한 지수자료를 이용한다. 이를 위해서 각 업체별 생산요소비용을 요소투입량으로 나누어 산정하였다. 노동의 요소 투입량으로는 각 연도별(2009년, 2010년)로 12개월 동안의 종사자수의 평균, 즉 연평균 종사자수를 적용하였다. 이에 따라 요소노동비는 종사자 1인당 노동비로 환산하였다.

동력의 요소 투입량으로는 차량운행거리를 적용하였다. 버스유형(일반형, 중형, 대형) 및 연료별(경유, CNG) 차이를 반영하기 위해 각 버스유형의 일반형 CNG 버스 1리터 당 운행거리를 기준

〈표 3〉 요소가격 산출식

구분	산출 적용식
요소 노동비	$\frac{\text{노동비}}{\text{중사자수}}$
요소 동력비	$\frac{\text{동력비}}{(\text{운행거리} \times \text{일반형 CNG 환산계수})}$
요소 자본비	$\frac{\text{자본비}}{(\text{운행대수} \times \text{운행거리} \times \text{일반형 CNG 환산계수})}$

으로 도출한 일반형 CNG 환산계수를 적용하여 환산된 운행거리를 사용하였다. 이에 따라 요소동력비는 업체별 동력비를 일반형 CNG 환산 차량운행거리로 나누어 버스-km당 동력비로 환산하였다.

자본의 요소 투입량으로는 차량운행대수와 일반형 CNG 환산계수를 적용한 차량운행거리를 사용하였다. 이에 따라 요소 자본비는 자본비를 차량운행대수와 일반형 CNG 환산 차량운행거리로 나누어 운행대수와 운행거리당 자본비로 환산하였다.

#### 4) 차량운행거리 단위산출물

인천시내버스운송업은 간선, 지선, 좌석, 좌석·간선, 간선·지선버스 등 여러 유형의 버스서비스를 생산하는 다수산출물산업의 특징을 갖는다. 이는 인천의 시내버스운송업을 산출규모의 증가(규모의 경제) 뿐만 아니라 다수 산출물의 결합생산(범위의 경제)에 대한 타당성여부를 판단할 수 있다. 그러나, 초월대수 비용함수의 특성상 다수산출물 버스운송업에 대한 비용구조 분석을 위

〈표 4〉 산출물 환산기준

구분		표준연비	환산계수
일반형	경유	2.4127	1.1362
	CNG	2.1235	1.0000
중형	경유	3.2125	1.5128
	CNG	2.9282	1.3789
대형(좌석)	경유	2.4400	1.1490
	CNG	2.1198	0.9983
저상버스	CNG	1.8981	0.8939

주) 버스표준연비는 대전광역시 기준 적용

2) 요소비용비중식으로 구성되는 연립방정식체계를 각 식의 오차항들이 상관관계를 갖는, 즉 결합정규분포를 하고 있다는 가정하에 모수에 대한 효율적인 추정치를 구하는 방법

〈표 5〉 특성변수 구축기준

구분	내용
평균수송거리	운행거리 ÷ 운행횟수
더미변수 1	좌석버스 보유업체 = 1, 기타 = 0
더미변수 2	지선버스 보유업체 = 1, 기타 = 0

해서는 모형내 많은 변수를 포함하여 추정하는데 한계가 있으며, 이 연구의 경우 2009년/2010년 2년의 63개 관측자료로 다수산출물 비용함수를 추정하는 것이 불가능하였다. 따라서, 여러 유형의 버스서비스를 표준연비에 따라 일반형 CNG 버스 서비스로 환산한 차량운행거리를 생산하는 단일산출물로 환산하여 추정하였다.

#### 5) 특성변수 및 더미변수 설정

초월대수 비용함수모형에서는 비용, 산출량 그리고 요소가격 이외 버스운송업의 산출물 특성을 반영할 수 있는 특성변수와 더미변수를 추가하여 비용에 미치는 영향을 확인할 수 있다.

이 연구에서는 업체별 생산한 총 운행거리를 운행횟수로 나누어 1회당 평균 수송거리효과를 분석하였다. 평균수송거리가 클수록 비용의 증감여부를 판단할 수 있다. 운영비용모형에 평균수송거리의 추정계수 PR을 이용하여 추정하였다.

### 2. 초월대수 비용함수 추정

#### 1) 모수추정

비용함수추정은 LIMDEP 8.0의 SURE 모형을 이용한 반복결합일반화최소자승법<sup>2)</sup>을 이용하였다. 비용함수 추정결과는 〈표 6〉과 같다. 모형의 계수 추정치에서 1차항에 해당하는 파라미터는 모두 99%수준에서 유의한 것으로 나타났다. 계수부호를 보면 요소노동비, 요소동력비, 요소자본비, 그리고 산출물 모두 증가할수록 총비용이 증가하는 것으로 나타나 일반적인 비용함수의 형태를 지

니고 있다. 또한, 평균수송거리와 두 터미변수 모두 유의한 것으로 분석되었다. 평균수송거리가 증가할수록 총비용은 증가하는 것으로 나타났다. 좌석버스를 1대 이상 운영하는 업체는 그렇지 않은 업체보다 총비용이 큰 것으로 나타났고, 지선버스를 1대 이상 운영하는 업체는 그렇지 않은 업체보다 총비용이 작은 것으로 나타났다.

추정함수가 비용함수로서 갖추어야 할 정규성의 조건은 연속성, 단조성, 오목성이다. 이러한 비용함수의 경제성 조건은 요소가격에 대한 1차 동차성, 연속성, 단조성, 오목성과 산출량에 대한 단조성을 검증하는 것이다.

요소가격에 대한 1차 동차성, 연속성은 함수설정시 미리 제약을 주었기 때문에 자동적으로 성립한다. 요소가격의 단조성은 추정된 계수값을 적용

하여,  $\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} > 0$ 으로 단조증가 조건을 만족하고 있다. 또한 산출량에 대한 단조성은 비용탄력성이  $\frac{\partial \ln C}{\partial \ln D} > 0$ 으로 양의 값을 가지므로 단조증가 조건을 만족하고 있다.

한편, 오목성조건은 자기 가격탄력성과 자기편 대체탄력성은 음(-)의 부호를 가져야 경제이론과 부합되며, 초월대수 비용함수의 오목성 필요조건을 만족한다. <표 7>과 <표 8>에서 처럼 오목성 조건이 성립하지 않은 것으로 나타났는데<sup>3)</sup>, 이는 준공영제 하에서 생산요소비용의 최소화를 위해 합리적 조합을 고려하지 않는 인천시내버스 운송업의 특성이 반영된 것으로 해석이 가능하다.

함수 전체의 적합성은 결정계수와 F-검정을 통해 추정된 비용함수가 수집된 자료를 잘 반영하는지 검증할 수 있다. 결정계수를 보면 모형은 74.3%의 설명력을 가졌고, F-검정 결과 99% 수준에서 유의하였다.

<표 6> 비용함수 추정결과

변수명	계수	표준오차	T-Value
$A_0$	0.024	0.023	1.044
$\alpha_l$	0.551	0.099	5.561***
$\alpha_f$	0.258	0.100	2.584***
$\alpha_k$	0.191	0.034	5.568***
$\beta_d$	0.681	0.060	11.353***
$\gamma_{ll}$	0.514	0.210	2.450**
$\gamma_{ff}$	0.439	0.190	2.317**
$\gamma_{kk}$	0.088	0.027	3.272***
$\delta_{dd}$	0.199	0.088	2.258**
$\gamma_{lf}$	-0.433	0.177	-2.452**
$\gamma_{lk}$	-0.081	0.099	-0.822
$\gamma_{fk}$	-0.007	0.101	-0.065
$\phi_{ld}$	-0.328	0.143	-2.290**
$\phi_{fd}$	0.319	0.143	2.238**
$\phi_{kd}$	0.009	0.041	0.213
PR	0.039	0.010	4.034***
Dummy-1	0.042	0.014	3.006***
Dummy-2	-0.034	0.019	-1.767*
Adjusted $R^2$	0.743		
$F_{0.01}$	$F_{0.01}[17,45] = 11.52^{***}$		

2) 요소수요의 가격탄력성

요소수요의 가격탄력성은 요소가격의 변화에 따른 요소수요의 변화율로 정의되며, <표 7>과 같다. 요소수요의 자기 가격탄력성의 경우, 자본비는 음(-)의 값으로 요소가격이 증가할 때 수요가 감소하지만, 노동비와 동력비는 양(+)의 값으로 나타나 노동비, 동력비의 요소가격이 증가함에 따라 수요가 증가한 것으로 나타났다. 요소수요의 교차 가격탄력성의 경우, 노동비는 가격이 증가할 때 동력수요는 감소하고 자본수요는 증가했다. 동력비는 가격이 증가할 때는 노동수요는 감소하고 자본수요는 증가했다. 자본비는 가격이 증가하면 노동과 동력의 수요가 함께 증가했다. 요소수요의 자기 가격탄력성을 보면 모두 1을 넘지 않는 비탄력적인 것으로 나타났는데, 버스의 인건비가 상승하여도 준공영제 하에서 버스의 서비스제고 및 운전기사

3) 비용함수의 오목성 조건이 성립하지 않는 경우 오목성의 제약조건을 설정할 수 있는데, 김윤수(1995)는 오목성의 필요조건에 해당하는 요소수요의 자기가격탄력성에 적절한 제약조건을 부여하는 방법을 제시하였다. 이에 따르면 Translog 모형의 요소수요의 자기 가격탄력성( $\epsilon_{ii}$ )을 정의하고, 이 값이 음의 부호를 갖도록  $\gamma_{ii} = 0$ 의 제약조건을 부여한다. 이에 대한 분석결과는 참고문헌자료 한종학·양시훈(2011)을 참조하기 바람.



〈표 7〉 요소수요의 가격탄력성

	노동	동력	자본
노동	0.48	-0.53	0.04
동력	-1.13	0.96	0.17
자본	0.24	0.22	-0.35

확충의 필요로 인해 인건비인상(임금현실화)이 이루어지면서 고용의 안정성 또한 보장되었기 때문인 것으로 보인다. 또한 자본의 자기가격탄력성의 경우도 차량구입 등 가격의 변화가 수요가 비탄력적인 것으로 나타났는데, 이는 버스차량의 증차로 인한 영향으로 분석된다.

3) 생산투입요소의 대체탄력성

자기편 대체탄력성은 생산요소가격에 대한 비용함수의 곡률을 의미하는데 노동비와 동력비의 경우 노동과 동력의 투입요소의 비용최소화에 따라 요소수요간의 조합이 나타나지 않는 것으로 나타났다. 교차편 대체탄력성의 경우, 노동비와 동력비는 음(-)의 값을 지녀 두 요소간에 보완성이 있음을 나타내고 노동비와 자본비, 동력비와 자본비는 양(+)의 값을 지닌 것으로 보아 두 요소간 대체성이 존재하는 것으로 보인다.

4) 규모의 경제성

규모의 경제성은 총비용의 산출물에 대한 탄력성의 합을 1에서 차감한 값으로 판단할 수 있으며 식에서 구한 값이 정(+)이면, 규모의 경제가 존재하는 것으로 수요(산출물)가 증가하는 경우 평균비용이 체감하고, 반면에 부이면 규모의 경제가 존재하지 않아 수요가 증가하여도 평균비용은 체증하는 것을 나타낸다.

〈표 8〉 생산투입요소의 대체탄력성

	노동	동력	자본
노동	0.88	-2.04	0.23
동력	-2.04	3.72	0.87
자본	0.23	0.87	-1.83

$$SCE_o = 1 - \frac{\partial \ln TC}{\partial \ln Y} = 1 - 0.681 = 0.319$$

5) 최소효율규모

최소효율규모(minimum efficient scale)란 규모의 경제 효과를 누리는 업체의 평균비용 최소점에서의 생산량을 말한다. 산출량이 늘어도 평균비용이 상승하지 않는, 즉 평균비용곡선의 기울기가 0인 곳에서 평균비용과 한계비용이 교차하고 이 때 최소효율규모가 나타난다.

평균비용곡선과 한계비용곡선이 만나는 지점인

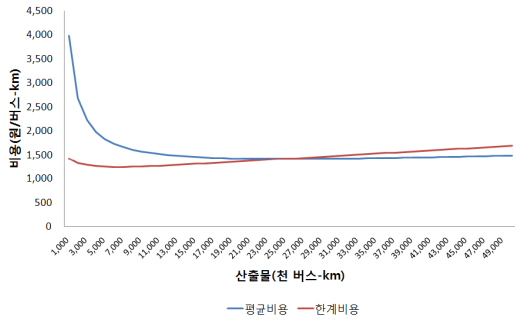
〈표 9〉 최소효율규모

평균 비용(원)	한계 비용(원)	최소효율규모	
		총산출량(천km)	보유 대수(대)
1,574	1,253	9,000	115
1,418	1,418	25,000	320

주) 보유대당 평균산출량 78,168km

〈표 10〉 평균비용 및 한계비용

산출량(천km)	추정 총비용(백만원)	평균 비용(원)	평균 비용 체감(원)	한계 비용(원)
1,000	3,980	3,980.4		1,428.6
3,000	6,658	2,219.4	1,761.0	1,282.0
5,000	9,179	1,835.8	383.6	1,247.1
7,000	11,667	1,666.7	169.1	1,243.9
9,000	14,163	1,573.6	93.1	1,253.2
11,000	16,683	1,516.7	56.9	1,268.4
13,000	19,238	1,479.9	36.8	1,286.9
15,000	21,832	1,455.5	24.4	1,307.1
17,000	24,468	1,439.3	16.2	1,328.4
19,000	27,146	1,428.8	10.5	1,350.4
21,000	29,869	1,422.4	6.4	1,372.7
23,000	32,637	1,419.0	3.3	1,395.1
25,000	35,450	1,418.0	1.0	1,417.7
27,000	38,308	1,418.8	-0.8	1,440.2
29,000	41,211	1,421.1	-2.3	1,462.8
31,000	44,159	1,424.5	-3.4	1,485.2
33,000	47,152	1,428.8	-4.4	1,507.5
35,000	50,189	1,434.0	-5.1	1,529.7
37,000	53,270	1,439.7	-5.8	1,551.8
39,000	56,396	1,446.1	-6.3	1,573.8



〈그림 5〉 평균비용 및 한계비용 곡선

25,000천km에서 최소효율규모효과가 나타나고, 이를 위한 보유대수는 320대인 것으로 나타났다. 그러나 평균비용 곡선이 L 형태에 가깝기 때문에 평균비용의 체감이 매우 적어 체감폭이 100원 이하부터는 규모효과가 크지 않을 것으로 판단하여 최소효율규모를 범위로 산정하였다.

따라서 인천시내버스 업체의 규모의 경제 효과를 극대화 시킬 수 있는 최소효율규모 범위는 보유대수가 115~320대 인 것으로 분석되었다.

#### IV. 결론

준공영제 시내버스 운영에 대해서 시 재정지원, 버스이용시민의 수익자부담, 시내버스운송업체 경영합리화노력 등 다양한 부분에서 시내버스운송산업의 합리화 방안을 위한 정책수단이 연구되고 있으며, 특히 업체 대형화를 통한 운영비용 절감방안의 타당성에 대한 연구가 국내외적으로 많은 연구가 진행된 바 있다. 이 연구는 시내버스 운송산업의 비용구조와 특성 분석을 통해 인천시내버스업체 적정규모 추정을 연구목적으로 수행하였다.

이 연구에서는 계량경제모형을 활용한 운영비용과 운영비용을 발생시키는 요인과의 관계를 비용구조에 대한 제약과 가정을 최소화할 수 있는 초월대수(translog cost)비용함수를 활용하였다. 비용함수를 통해 인천시내버스 운송산업에는 규모의 경제성이 존재하고 있는 것으로 나타났는데, 인천 시내버스 업체의 규모의 경제효과를 극대화 시킬

수 있는 최소효율규모는 115대~320대 규모로 분석되었다. 이러한 연구결과에 대한 몇 가지 정책적 시사점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 버스업체에 대한 규모의 경제와 업체 적정규모추정은 버스운영체계를 결정하는데 많은 참고가 될 것으로 판단된다. 연구자 개인 입장에서, 인천시의 경우 버스운영체계의 지속성 측면에서 보면 인천시내버스 준공영제방식은 과도기적 버스 운영방식이고 궁극적으로는 서비스 경쟁입찰 등을 위해 노선과 차량을 공공에서 보유하고, 운영을 민간에 위탁하는 방식으로 변화될 것으로 예상된다. 준공영제 시행 이후 신설될 노선은 서비스 경쟁입찰방식으로 운영하고, 기존 준공영제 참여 민간버스회사는 차고지, 버스 등의 자산을 공공에서 매입하는 공영제 과정을 거칠 것으로 예상된다. 이러한 경우 어느 정도의 업체규모가 적절한지 판단하는 것은 중요한 정책결정사항이 될 것이다. 반면, 규모의 경제가 없다면 버스업체의 진입규제를 완화 또는 폐지하여 버스운영체계를 완전민영체제로 운영하는 것이 맞을 것이다. 이 부분에 대해서 이 논문의 연구결과가 명확한 정책판단을 내리는 기준을 제시 하는데 많은 부족한 점이 있다.

둘째, 이 연구의 비용함수분석결과, 인천시내버스 운송산업의 규모의 경제효과를 극대화 시킬 수 있는 최소효율규모는 업체당 차량보유대수가 115~320대 수준으로 분석되었다. 준공영제 방식 하에서 업체 대형화를 위해서 운행권역별, 업체 규모별 차등화 된 표준운송원가 및 인센티브 기준을 적용하여 업체의 자발적인 업체 대형화를 유도할 필요가 있다. 요소가격 탄력성분석에서 노동비와 동력비가 요소가격에 비탄력적으로 분석되었는데, 업체 대형화를 통해 관리·정비부문의 비용절감, 차고지공동관리에 따른 공차거리감소, 유류대량구매, 합리적 운행차량 증·감차 조정 등으로 운영비용절감을 기대할 수 있다.

한편, 이 연구는 2009년과 2010년 2년간 63개 업체의 자료를 활용하여 단일산출물로 국한하여 분석하였는데, 좀 더 많은 시계열 자료를 포함

하여 다수 산출물의 특성을 반영하여 규모의 경제 뿐만 아니라 범위의 경제에 대한 분석을 향후 연구 과제로 남긴다.

## 참고문헌

1. 한종학 · 양시훈(2011), 준공영제 시행 인천 시내버스 운영비용 구조 및 특성분석, 인천발전연구원.
2. Berechman(1983), Costs, economies of scale and factor demand in bus transport, *Journal of Transport Economics and Policy* 17 (1983), pp.7~24.
3. Berechman(1987), Cost structure and production technology in transit, *Regional Science and Urban Economics* 17 (1987), pp.519~534.
4. Berechman and Giuliano(1984), Analysis of the cost structure of an urban bus transit property, *Transportation Research Part B* 18B (4) (1984), pp.273~287.
5. Button and O'Donnell(1985), An examination of the cost structures associated with providing urban bus services in Britain, *Scottish Journal of Political Economy* 32 (1) (1985), pp.67~81.
6. Dalen and Gomez-Lobo(2003), Yardsticks on the road: regulatory contracts and cost efficiency in the Norwegian bus industry, *Transportation* 30 (2003), pp.371~386.
7. de Rus and Nombela(1997), Privatisation of urban bus services in Spain, *Journal of Transport Economics and Policy* 31 (1) (1997), pp.115~129.
8. Giuliano(1980), Transit performance: the effect of environmental factors, Dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree Doctor of Philosophy in Social Sciences, University of California, Irvine, Irvine.
9. Hiroyuki Iseki(2008), "Economies of scale in bus transit service in the USA: How does cost efficiency vary by agency size and level of contracting?", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 42, Issue 8, TRB, pp.1,086~1,097.
10. Karlaftis and McCarthy(2002), Cost structures of public transit systems: a panel data analysis, *Transportation Research Part E* 38 (1) (2002), pp.1~18.
11. Karlaftis et al.(1999), System size and cost structure of transit industry, *Journal of Transportation Engineering* 125 (3) (1999), pp.208~215.
12. Pucher et al.(1983), Impacts of subsidies on the costs of urban public transport, *Journal of Transport Economics and Policy* 17 (2) (1983), pp.155~176.
13. Roy and Croissant(2007), Improving urban transport performances by tendering lots: an econometric estimation of natural monopoly frontiers, In the 11th World Conference on Transportation Research (WCTR), University of California, Berkeley, USA.
14. Williams(1979), Firm size and operating costs in urban bus transportation, *Journal of Industrial Economics* 28 (2) (1979), pp.209~218.