

# 준공영제 시행 이후 인천시내버스 노선 효율성 분석

## Analysis of the Efficiency of Incheon Urban Bus Routes Due to Public-Private-Partnership Bus Service



한중학

### I. 서론

서울을 비롯한 국내 대도시는 2004년 이후 시내버스의 안정적 서비스공급을 위해 준공영제를 도입하였다. 인천시의 경우, 2009년 1월에 인천형 준공영제(운송원가 중 인건비비율을 적용한 재정지원)를 시행하였고, 이 시기 시내버스 노선체계개편이 단행되었다. 이후 2009년 8월에 수입금 공동관리형 준공영제(총운송수입금대비 운송원가에 대한 차액에 대한 재정지원)로 전환<sup>1)</sup>되었다. 2009년 10월에는 수도권통합요금제가 시행되었다. 준공영제 시행 전후 인천시내버스노선 이용승객의 많은 변화가 있었으며, 이러한 승객수요에 대해 시내버스노선체계가 공급자 측면에서 얼마나

효율적인 서비스를 제공하고 있는지에 대한 분석<sup>2)</sup>은 준공영제 정책에 대한 모니터링 측면에서 중요한 의미를 가진다.

2009년 1월 시내버스 노선개편을 통해 총 노선수는 186개(2009년 6월)로 개편 전 164개(2008년 12월)보다 다소 증가하였으며, 노선개편을 통해 중복 및 과밀 노선, 그리고 민원이 많이 발생하는 지역을 위주로 노선체계를 조정하는 한편, 이용승객이 극히 적은 노선이나 중복노선에 대해 대체노선이 있는 경우 해당 노선의 폐선과 노선조정 등을 추진하였다. 그러나 준공영제 시행이후 한정된 시내버스 재정지원금 규모로 인하여 노선신설, 증차, 운행횟수 조정 등 시민편의의 버스서비스 공급에 어려움이 발생하고 있다.

한중학 : 인천발전연구원 도시기반연구부, jhhan71@idi.re.kr, 전화번호:032-260-2655, 팩스번호:032-260-2659

- 1) 한정면허 노선은 인천형준공영제방식을 유지하였음.
- 2) 서비스산업의 효율성 측정은 투입·산출 간의 생산성으로 측정 가능한 내부적 효율성과 고객이 인지하는 서비스의 품질 즉 고객만족도로 측정 가능한 외부적 효율성의 두 가지를 고려해야하나, 실제로 외부적 효율성은 고객의 감성과 감정에 관련된 문제이므로 그 측정상 한계가 있으며, 이를 측정하기 위한 대리변수 선정도 곤란하여 이를 결합한 모형의 구축은 현실적으로 쉽지 않다. [자료:허화·김병철(2005)]

〈표 1〉 인천광역시 시내버스 준공영제 방식

구분	수입금개별관리형	수입금공동관리형
시행일	2009년 1월 1일	2009년 8월 1일
수입금 관리방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 개별업체별로 운송수입금 관리</li> <li>· 수입금은 개별 업체의 소유임</li> <li>· 市는 수입금 통계만 관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 모든 수입금을 공동계좌 관리 (운송수입 + 운송 외 수입)</li> <li>· 운행실적에 따라 수입금 배분</li> </ul>
노선관리 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 노선권의 사업자 소유</li> <li>· 필요시 협의에 의해 조정(어려움)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업자의 노선권을 공공에 반납</li> <li>· 필요시 직권 조정(조정용이)</li> </ul>
원가결정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 운송기준원가</li> <li>· 근로자 인건비 대폭 인상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 표준운송원가</li> <li>· 인건비, 재료비, 기타비용 등 협상</li> </ul>
이윤	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 운송기준원가에 이윤 미포함</li> <li>· 업체별 원가 이상 수입 모두 인정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 표준운송원가에 이윤포함</li> <li>· 표준원가 상회 수입금 불인정</li> </ul>
재정지원 방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 적자액 중 운전직 근로자 인건비 부분만 재정지원</li> <li>· 使측 적자 보장 안됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 원가대비 적자액 전액 재정지원</li> <li>· 勞使 모두의 원가가 보장됨</li> </ul>
경영방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업자 자율경영 보장</li> <li>· 경영자로서의 대표권 인정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업자 자율적 경영 보장 안됨</li> <li>· 월급제 사업자로서의 대표권 인정</li> </ul>
참여업체 현황	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 간선, 좌석, 지선 중 한정면허</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 간선, 좌석, 지선</li> </ul>

주: 준공영제 제외 : 광역버스, 마을버스

이 연구는 자료포락분석기법(Data Envelopment Analysis:DEA)을 이용하여 준공영제 시행을 전후한 시기별 인천시내버스 노선체계의 효율성 분석을 수행하고, 준공영제 시행이후 노선효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하는데 목적이 있다. 제한된 준공영제 재정지원금의 효율적 집행을 위해서는 시내버스 노선체계의 서비스가 효율적으로 제공되고 있는가에 대한 평가 및 모니터링은 매우 중요하다. 준공영제 시행이후 노선운영체계의 비효율성을 조정할 수 있는 정책방안을 찾는 것은 성공적인 준공영제 정책추진을 위해서는 필수적이라 할 수 있다.

## II. 효율성 측정과 평가

### 1. 자료포락분석

자료포락분석(Data Envelopment Analysis : DEA)은 비모수적 효율성 측정방법으로 선형계획법에 근거하여 평가대상의 경험적인 투입요소와 산출물 간의 자료를 비교하여 효율적인 프론티어(Efficient Frontier)를 만들어 낸 이후 가장 효

율적인 가상의 대상과 비교함으로써 상대적 기술 효율성을 측정하는 방법이다.

효율성(Efficiency)이란 자원의 사용에 대한 그 사용결과 즉 산출량/투입량의 비율을 가지고 투입 수준 고정 시 가장 많은 산출물이 생산되는 능력 또는 동일한 산출량을 생산하기 위해 투입물을 최소화하는 능력으로 정의된다.

대부분의 생산조직에서 효율성은 다수의 투입요소에 가중치를 적용하여 총괄한 총괄투입과 다수의 산출물에 가중치를 적용하여 총괄한 총괄산출을 계산하는 과정이 필요하다. 〈표 2〉와 같은 식으로 정의 된다.

〈표 2〉 효율성의 정의

$$\text{효율성} = \frac{\text{총괄산출}}{\text{총괄투입}} = \frac{y_1u_1 + y_2u_2 + \dots + y_su_s}{x_1v_1 + x_2v_2 + \dots + x_3v_3}$$

$s$  : 산출물의 수  
 $m$  : 투입요소의 수  
 $y_r$  :  $r$ 번째 산출물의 수량  
 $u_r$  :  $r$ 번째 산출물에 대한 가중치  
 $x_i$  :  $i$ 번째 투입요소의 사용량  
 $v_i$  :  $i$ 번째 투입요소에 대한 가중치

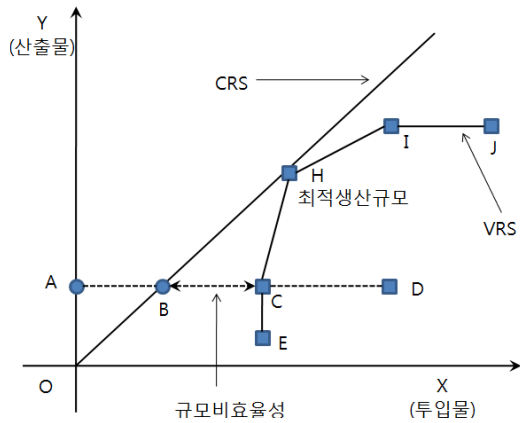
DEA에서 파악 가능한 대표적인 효율성으로 기술효율성, 순수기술효율성, 규모효율성이 있다. 기술효율성은 순수 기술효율성(Pure Technical Efficiency)과 규모효율성(Scale Efficiency)의 곱으로 표현된다. 규모효율성은 의사결정단위(Decision Making Unit: DMU, 여기서 노선)의 생산규모가 최적 규모 상태인가를 측정하는 것이다.

만일 생산규모가 최적규모에 미치지 못하여 규모에 대한 수익체증(Increasing Return to Scale)상태에 있다면, DMU는 추가 생산의 이득을 향유하고 있지 못하고 있음을 나타낸다. 한편 생산 규모가 최적규모를 초과하고 있다면, 즉 규모에 대한 수익 체감(Decreasing Return to Scale)을 보이고 있다면 DMU는 초과생산으로 인한 불이익을 감수하는 결과를 초래하게 된다. 따라서 최적생산규모는 증가나 감소가 나타나지 않는 점에서 결정되며, 즉 규모에 대한 수익불변(Constant Return to Scale)상태이며, 이 경우 규모의 효율성은 1의 값을 갖게 된다. 순수 기술효율성은 기술효율성에서 규모의 효율성의 효과를 제거한 것으로 규모의 효율성이 1일 때 기술효율성과 순수 기술효율성은 같은 값을 가지게 된다.

DEA의 기술적 효율성, 순수기술적 효율성, 규모효율성의 개념은 <그림 1>을 통하여 설명 가능하다. CRS선은 규모수익 불변 하에서의 생산변경을 나타내며, 이 변경은 주어진 투입수준에서의 최적 산출수준을 의미한다. CRS선 아래에 있는 DMU D의 기술적 비효율성은 규모수익 불변 하에서의 최적생산규모(Most Productive Scale Size)인 점 B와 DMU D를 비교함으로써 측정할

수 있는데 기술 비효율성은 선분  $\overline{BD}$ 가 되며, 따라서 CRS 가정하의 기술적 효율성은  $\frac{\overline{AB}}{\overline{AD}}$ 이다. 즉, 산출 A수준에서 규모수익 불변 하에서의 최적 투입량을 초과한 선분  $\overline{BD}$ 만큼 비효율적인 초과 투입량이며 이를 기술 효율성 비율로 나타낸 것이  $\frac{\overline{AB}}{\overline{AD}}$ 이다.

VRS선 아래의 DMU D의 기술적 비효율성은 선분  $\overline{CD}$ 이다. 따라서 CRS 가정하의 기술적 효율성은  $\frac{\overline{AB}}{\overline{AD}}$ 이고 VRS 가정하의 기술적 효율성은  $\frac{\overline{AC}}{\overline{AD}}$ 이며, 규모효율성은  $\frac{\overline{AB}}{\overline{AC}}$ 이다. 따라서 CCR모형으로부터 얻어진 효율성은 규모효과를 고려하지 않았기 때문에 기술적 효율성이라 하고 BCC 모형으로부터 얻어진 효율성은 규모수익가변상황을 고려하고 있으므로 순수 기술적 효율성이라고 한다.

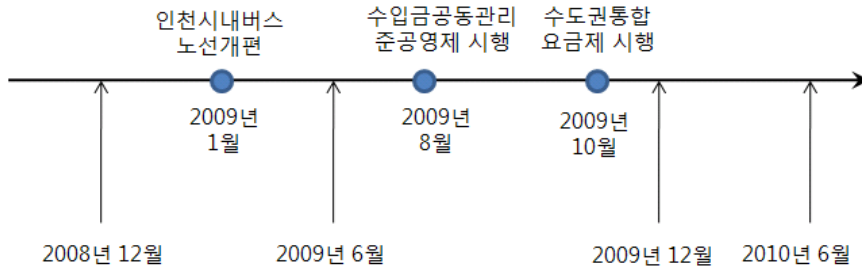


<그림 1> 자표포락분석의 개념도

<표 3> 기술적 효율성, 순수 기술적 효율성, 규모효율성 산출식

CRS가정	VRS가정		비효율 원인	
기술적 효율성 (TE)	순수 기술적 효율성 (PTE)	규모효율성 (SE)	순수기술	규모
$\theta_{CCR}^*$	$\theta_{BCC}^*$	$\frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*}$	PTE < SE	PTE > SE

자료 : 박만희(2008), 효율성과 생산성 분석



〈그림 2〉 인천광역시 시내버스관련 주요정책 추진시기 및 효율성 분석시기

## 2. 본 연구의 DEA모형 전제조건

이 연구에서는 분석을 수행하기 위해 BCC모형을 사용하고자 하며, 그에 따른 전제조건으로는 투입지향, 가변규모수익, 강처분성, 방사성을 가정한다.

준공영제를 실시하고 있는 인천광역시의 경우 버스운영에 대한 보조금 지급으로 인한 재정부담이 있으므로 이를 완화하기 위해서는 버스노선에 대한 개선이 필요하며, 버스와 같은 대중교통의 경우 산출물의 조정보다는 투입물의 조정이 더 용이하다고 할 수 있으므로 투입지향을 전제조건으로 한다.

시내버스의 경우 업체가 노선효율성의 투입요소를 자율적으로 조정할 수 없으며 운행대수, 노선연장, 운행속도 및 배차간격 등 노선효율성 투입요소에 대한 운행실적 산출물이 규모수익불변에서 최적생산규모로 결정되지 않고, 해당 노선의 운영특성에 따라 규모 수익체증 및 감소 등에서 결정될 수 있다. 이처럼 모든 노선들의 투자효율성이 규모 효율성을 갖지 못하는 상황에서는 불변규모수익을 가정한 모형의 경우 기술적 효율성과 규모 효율성에 혼동을 가져올 수 있다.

반면 가변규모수익(Variable Return to Scale)을 가정한 모형을 이용하면 규모 효율성 효과를 제외한 기술적 효율성의 계산이 가능하다. 이 연구의 DEA의 DMU인 노선효율성은 노선여건 및 운영특성에 따라 규모수익불변에서 결정되지 않고 규모의 크기(규모수익증가나 규모수익감소)에 따라 결정이 이루어 질 수 있음을 고려하였다.

시내버스업체의 관점에서 투입요소와 산출요소

의 경우, 공익을 추구하는 대중교통서비스의 특성상 정부의 규제 또는 노조의 요구 등으로 인한 과다 사용 또는 부족산출이 용인될 수 있다고 가정하여, 과다 사용 등에 대해 비용없이 처분 가능한 강처분성을 가정하였다.

이 연구에서는 강처분성과 약처분성의 구분이 가능한 방사적 측정기법을 적용하여 버스노선의 상대적 효율성을 추정하고자 한다.

## III. 노선효율성 분석자료

### 1. 투입·산출 분석자료 검토

인천광역시는 2009년 1월 시내버스 준공영제와 함께 노선개편을 시행하였으며, 2009년 8월 수입금공동관리형 준공영제가 도입되었고, 10월 수도권통합요금제에 편입되었다. 이 연구에서는 준공영제 및 수도권통합요금제 시행전후 인천시내버스 효율성의 변화를 파악하기 위해 2008년 12월, 2009년 6월, 2009년 12월, 2010년 6월 자료를 사용하였다.

이 연구에서 인천시내버스 노선효율성 분석을 위한 투입물과 산출물은 〈표 4〉와 같이 노선체계특성, 노선운영특성, 사회경제적인 지표를 나타내는 투입물과 노선이용건수, 운송수입금, 사고비용, 시민서비스만족도 등을 산출물로 고려할 수 있다. 제한된 연구기간과 예산계약조건하에서 분석자료의 취득여부를 검토한 결과, 4개 시점에서 공통적으로 획득할 수 있는 자료를 활용하는 방안으로 결정하였다.

〈표 4〉 노선 효율성 분석 투입·산출물 자료 검토

구분	지표	분석대상 시점(년월)			
		2008 12.	2009 6.	2009 12.	2010 6.
투입물	운행거리	○	○	○	○
	운행회수	○	○	○	○
	운행대수	○	○	○	○
	대당운행거리	○	○	○	○
	노선연장	○	○	○	○
	노선 중복도	×	×	×	○
	노선 굴곡도	×	×	×	○
	BIS정류장수	×	×	×	○
	버스운행속도	×	×	×	○
	연계지하철역수	×	×	×	○
	버스전용차로 경유구간거리	×	×	×	○
	인구밀도	×	×	×	×
	자동차등록대수	×	×	×	×
토지이용밀도	×	×	×	×	
산출물	전체이용건수	○	○	○	○
	전체수입금	○	○	○	○
	사고비용	×	×	×	×
	서비스만족도	×	×	×	×

2. 획득 가능한 투입·산출물 기초통계량

이 연구에서는 현재 준공영제에 참여하지 않는 광역버스를 제외한 시내버스를 분석대상으로 설정하였으며, 그 중 강화군, 영흥도, 인천공항 운행 노선을 비롯한 시외 지역 위주로 운행되는 노선은 분석대상에서 제외하였다. 분석 대상 노선은 〈표 5〉와 같이 간선형, 급행간선형, 좌석형은 간선형 그룹으로, 지선형과 순환형(마을버스)는 지선형 그룹으로 설정하여 분석 자료를 구축하였다.

투입·산출물 자료 기초통계량은 투입물 자료 기술통계량의 경우 운행거리, 운행횟수, 운행대수, 대당운행거리 등을 전체 노선별로 조사하였고, 산출물 자료 기술통계량은 전체 노선별로 이용건수와 수입금을 조사하였다. 〈표 6〉은 투입·산출물 자료의 평균값 기술통계량을 제시하였다.

〈표 5〉 시기별 효율성 분석 대상 시내버스 노선수

구분		2008 12.	2009 6.	2009 12.	2010 6.
간선형	간선형	56	66	71	73
	급행간선형	-	11	10	10
	좌석형	3	4	4	4
	소계	59	81	85	87
지선형	지선형	64	63	64	72
	순환형 (마을버스)	-	5	6	2
	소계	64	68	70	74
계		123	149	155	161

자료 : 인천광역시 버스정책과 내부자료(재구성)  
 주1 : 운행거리, 운행횟수, 운행대수, 평균속도, 전체 이용건수, 전체 수입금 자료가 존재하지 않는 노선제외. 제외된 노선은 2008년 12월(간선 : 17, 25, 좌석 : 111, 지선 : 514-1, 740), 2009년 06월(지선 : 514, 514-1), 2009년 12월(간선 : 60-2, 70, 70-1, 순환 : 순환43)  
 주2 : 2010년 06월 지선형 579번 노선의 경우 579와 579(순환)노선으로 분리되어 운행되는 것을 분석에 반영하여 72개 노선으로 집계되었음  
 주3 : 강화군, 영흥도, 영종도 및 시외 위주 운행 노선은 분석대상에서 제외하였음

〈표 6〉 투입·산출물 자료 기술통계량 : 평균값

투입물		운행 거리 (km)	운행 횟수 (회)	운행 대수 (대)	대당 운행 거리 (km)
간선형	2008. 12.	178,957	4,308	617	290.57
	2009. 6.	145,994	3,903	525	278.36
	2009. 12.	146,727	3,778	521	280.22
	2010. 6.	136,640	3,515	494	273.84
지선형	2008. 6.	54,522	4,453	217	234.16
	2009. 6.	53,644	4,377	211	240.02
	2009. 12.	53,533	4,275	213	235.89
2010. 6.	49,770	3,843	200	233.51	
산출물		전체이용 건수(건)	전체수입금 (원)		
간선형	2008. 12.	327,532	225,795,538		
	2009. 6.	303,734	206,674,629		
	2009. 12.	296,539	190,877,499		
	2010. 6.	288,171	187,731,332		
지선형	2008. 6.	162,937	76,646,517		
	2009. 6.	168,794	79,810,227		
	2009. 12.	180,356	72,262,355		
	2010. 6.	161,333	66,189,049		

### 3. DEA 투입·산출 변수 선정

자료포락분석(DEA)은 효율적인 DMU의 개별적 관찰에 초점을 두고 개선가능성에 대한 유용한 정보를 제공하는데 활용하지만, 이 연구에서는 준공영제 시행이후 시기별 노선효율성 지수의 상대적 변화를 분석에 중점을 두고, 투입산출물간 선형관계로 설명이 가능한 변수를 회귀분석을 통해 선정하였다.

#### 1) 투입·산출 변수의 정규성 검정

투입물과 산출물의 회귀분석을 수행하기 전 투입물과 산출물이 정규분포를 따르는지에 대한 검정을 먼저 실시하였다. 이 연구에서는 자료의 정규성 검정을 위해 SPSS 10.0 프로그램을 이용하여 Kolmogorov-Smirnov Test를 실시하였으며, 각 시기별, 버스 유형별 정규성 검정 결과는 <표 7>와 같다.

5%의 유의수준에서 모든 자료에 대해 유의확률

<표 7> 정규성 검정 결과

구분		지선형				간선형			
		2008년 12월	2009년 06월	2009년 12월	2010년 06월	2008년 12월	2009년 06월	2009년 12월	2010년 06월
표본수		63	68	70	74	59	81	85	87
운행거리	Z값	0.961	0.977	0.796	0.878	1.028	1.267	1.074	1.047
	유의확률	0.315	0.295	0.551	0.424	0.241	0.080	0.199	0.223
운행횟수	Z값	0.768	0.730	0.523	0.478	0.694	1.168	0.846	0.574
	유의확률	0.597	0.661	0.948	0.976	0.721	0.130	0.471	0.897
운행대수	Z값	0.796	0.838	0.806	0.915	0.847	1.131	1.215	1.293
	유의확률	0.550	0.483	0.534	0.373	0.471	0.154	0.104	0.071
대당 운행거리	Z값	0.525	0.511	0.510	0.555	0.987	1.107	0.887	0.810
	유의확률	0.946	0.956	0.957	0.918	0.284	0.172	0.411	0.528
전체 이용건수	Z값	0.865	0.834	0.862	0.841	0.767	1.327	1.211	1.312
	유의확률	0.443	0.490	0.447	0.478	0.599	0.059	0.106	0.064
전체 수입금	Z값	0.860	0.872	0.894	0.891	0.856	1.354	1.197	1.240
	유의확률	0.450	0.432	0.401	0.405	0.456	0.051	0.114	0.092

<표 8> 인천시내버스 간선형 회귀분석결과(종속변수 : 전체수입금)

구분	2008년12월			2009년06월				
	계수	t	유의확률	계수	t	유의확률		
상수	52,266,842.0	1.600	0.115	31,208,881.0	0.994	0.323		
운행대수	402,260.4	21.389	0.000	449,431.6	27.622	0.000		
대당운행거리	-252,736.9	-2.529	0.014	-242,317.3	-2.381	0.020		
표본수	59			81				
R <sup>2</sup>	0.893			0.910				
수정된 R <sup>2</sup>	0.889			0.907				
구분	2009년12월				2010년06월			
	계수	t	유의확률	VIF	계수	t	유의확률	VIF
상수	56,552,019.0	1.579	0.118		42,645,648.0	1.799	0.076	
운행대수	397,437.0	21.880	0.000	1.001	437,349.3	36.261	0.000	1.002
대당운행거리	-289,467.0	-2.455	0.016	1.001	-267,675.8	-3.375	0.001	1.002
표본수	85				87			
R <sup>2</sup>	0.856				0.941			
수정된 R <sup>2</sup>	0.853				0.940			

〈표 9〉 인천시내버스 지선형 회귀분석결과(종속변수 : 전체수입금)

구분	2008년12월			2009년06월		
	계수	t	유의확률	계수	t	유의확률
상수	-10,467,253.453	-2.277	0.026	-11,811,936.000	-1.909	0.061
운행대수	391,508.450	21.679	0.000	416,678.317	16.378	0.000
표본수	63			68		
R <sup>2</sup>	0.885			0.803		
수정된 R <sup>2</sup>	0.883			0.800		
구분	2009년12월			2010년06월		
	계수	t	유의확률	계수	t	유의확률
상수	-10451662.000	-2.249	0.028	-14054217.000	-3.517	0.001
운행대수	378777.893	20.266	0.000	404613.521	23.763	0.000
표본수	70			74		
R <sup>2</sup>	0.858			0.887		
수정된 R <sup>2</sup>	0.856			0.885		

이 0.05보다 크게 도출되어 정규분포를 따른다는 귀무가설을 채택하는 것으로 나타나 모든 자료가 정규성을 가지는 것을 알 수 있다. 정규성 검정 결과에 따라 이 연구에 사용되는 운행거리, 운행횟수, 운행대수, 대당운행거리, 전체이용건수, 전체수입금 자료는 모두 정규성을 갖는 것으로 파악되었다.

2) 회귀분석을 통한 투입·산출 변수 선정

인천시내버스 효율성 분석을 위해 산출물에 대한 투입물의 영향 및 설명력을 파악하고자 회귀분석을 실시하였다.

간선형에 대한 회귀분석에서 종속변수를 전체수입금, 운행대수와 대당거리를 독립변수로 사용한 경우가 가장 적합하게 도출되었고, 지선형의 경우, 전체수입금을 종속변수로 하고, 운행대수를 독립변수로 사용한 모형이 가장 적합한 모형으로 도출되었다.

Ⅳ. 노선 효율성 분석결과

각 시기별 자료포락분석에서 도출된 효율성지수를 상대 비교하여 준공영제 및 수도권통합요금제 등 시내버스관련정책 전후 노선효율성지수의 추이를 분석하는 것은 불합리하다.

이 연구에서는 효율성 지수의 변화추이를 상대적 비교분석을 위해서 2008년 12월, 2009년 6월, 2009년 12월, 2010년 6월의 전 기간에 걸쳐 간선버스 총 312개 노선과 지선버스 275개 노선에 대해서 상대적 효율성을 분석하고, 시기별로 집합화하여 준공영제 시행전후 시기별 노선 효율성 값의 추이를 분석하였다.

준공영제 시행전후 4개 시점의 전체에 대한 개별 노선의 효율성지수 분석결과를 시기별로 집합화하여 각 시기의 전체 노선의 효율성지수 평균값 추이를 분석한 결과, 간선형 시내버스는 CCR모형의 기술적 효율성, BCC모형의 순수 기술적 효율성 및 규모효율성에서 준공영제 시행 이후 뚜렷한 증가추세가 보이지 않고 있다. 준공영제 시행 전후 각 시기별로 간선형 버스의 비효율성의 원인은 투입요소(운행대수, 대당운행거리)의 과다투입에 따른 순수 기술적 비효율성에 근거하는 것으로 분석된다.

지선형 시내버스는 CCR모형의 기술적 효율성, BCC모형의 순수 기술적 효율성에서 준공영제 시행 이후 뚜렷한 증가추세가 보이지 않고 있다. 규모 효율성은 준공영제 및 수도권통합요금제 직후 2009년 12월에 증가하였다가 이후 감소하였다. 2009년 12월의 경우 준공영제 시행이전 2009년 6월의 규모효율성(79.6%)보다 높은 81.3%로

〈표 10〉 인천시내버스 간선형 효율성 분석 결과

구분		2008년 12월	2009년 6월	2009년 12월	2010년 6월	전체 기간	
CCR모형	기술적 효율성	최대값	0.8841	1	1	0.7672	1
		최소값	0.0389	0.0879	0.0413	0.0435	0.0389
		평균값	0.4803	0.4450	0.4079	0.4299	0.4373
		표준편차	0.1819	0.2156	0.1960	0.1844	0.1963
		효율적노선수	0	1	1	0	2
		분석노선수	59	81	85	87	312
		효율적노선비율	0%	1%	1%	0%	1%
BCC모형	순수 기술적 효율성	최대값	1	1	1	1	1
		최소값	0.2621	0.3584	0.3697	0.3315	0.2621
		평균값	0.6123	0.6193	0.5852	0.5930	0.6014
		표준편차	0.1789	0.1870	0.1691	0.1607	0.1733
		효율적노선수	3	7	2	5	17
		분석노선수	59	81	85	87	312
		효율적노선비율	5%	9%	2%	6%	5%
	규모 효율성	최대값	0.9954	1	1	0.9976	1
		최소값	0.0874	0.1054	0.0427	0.0435	0.0427
		평균값	0.7971	0.7170	0.7145	0.7405	0.7380
		표준편차	0.2266	0.2588	0.2772	0.2612	0.2596
		효율적노선수	0	1	1	0	2
		분석노선수	59	81	85	87	312
		효율적노선비율	0%	1%	1%	0%	1%

〈표 11〉 인천시내버스 지선형 효율성 분석 결과

구분		2008년 12월	2009년 6월	2009년 12월	2010년 6월	전체 기간	
CCR모형	기술적 효율성	최대값	0.8969	1	0.8014	0.8364	1
		최소값	0.0515	0.0379	0.0400	0.0378	0.0378
		평균값	0.4832	0.4961	0.4559	0.4500	0.4705
		표준편차	0.1742	0.2214	0.1723	0.1819	0.1884
		효율적노선수	0	1	0	0	1
		분석노선수	63	68	70	74	275
		효율적노선비율	0%	1%	0%	0%	0%
BCC모형	순수 기술적 효율성	최대값	0.9677	1	0.9677	1	1
		최소값	0.3287	0.1145	0.2358	0.2602	0.1145
		평균값	0.6023	0.6452	0.5838	0.5952	0.6063
		표준편차	0.1657	0.2094	0.1647	0.1767	0.1806
		효율적노선수	0	9	0	6	15
		분석노선수	63	68	70	74	275
		효율적노선비율	0%	13%	0%	8%	5%
	규모 효율성	최대값	0.9944	1	0.9978	0.9992	1
		최소값	0.0532	0.0379	0.0413	0.0378	0.0378
		평균값	0.8270	0.7965	0.8134	0.7904	0.8061
		표준편차	0.2295	0.2638	0.2467	0.2601	0.2500
		효율적노선수	0	1	0	0	1
		분석노선수	63	68	70	74	275
		효율적노선비율	0%	1%	0%	0%	0%



나타났으나, 순수기술 효율성은 오히려 낮게 나타났다. 이는 순수기술측면의 비효율성이 2009년 12월에 더 크게 작용한 것으로 분석된다. 이러한 원인은 12월에 방학기간 중 승객감소 등의 영향이 큰 것으로 판단되나, 2010년 6월과 비교 시 준공영제 시행이후 뚜렷한 효율성 지수의 뚜렷한 증가 추세를 보이지 않은 것으로 분석되었다.

### V. 노선 효율성 정책변수 분석

자료포락분석을 통해 도출된 노선별 효율성 값을 종속변수로 하고, 독립변수로는 실제 이용건수에 영향을 주는 정책변수에서 사용한 변수와 동일한 변수인 노선특성변수(노선중복도, 노선굴곡도, 노선연장, 운행거리, 운행횟수, 운행대수, 평균속도, 대당거리)와 운영특성변수(BIS설치 정류장수, 연계지하철역수, 노선 내 버스전용차로 구간 길이)를 사용하였다. 효율성 값이 0과 1사이 값이므로 토빗모형에 의한 예측치도 0과 1사이의 값을 갖도록 제한한다. 이 방법은 토빗모형에서 추정되는 독립변수의 계수추정치 부호가 효율성에 긍정적 또는 부정적 영향을 미치는지를 통계적으로 추정한다. Tobit모형 또는 Censored 모형은 종속변수의 범위가 특정영역에서 제한된 값을 갖는 형태 중 종속변수가 일정한 범위로 제한될 때 사용하

는 모형이다.

분석결과, 간선형 시내버스의 노선효율성에 영향을 미치는 변수는 BIS 설치 정류장수, 노선 중복도, 노선연장, 운행대수, 대당운행거리로 분석되었다. 인천시내버스 지선형 시내버스는 노선 효율성에 영향을 미치는 변수로 노선연장과 운행대수로 분석되었다.

### VI. 결론 및 향후연구과제

시내버스 운영체계가 준공영제방식을 채택한 이후 우리나라 각 지자체는 정책이후 시행효과에 대한 다양한 연구를 수행한 바 있다. 이 연구는 자료포락분석(DEA)을 이용하여 준공영제 시행을 전후한 시기별 인천시내버스 노선체계의 효율성 분석을 수행하고, 노선효율성에 영향을 미치는 요인을 찾는데 주력하였다.

준공영제와 수도권통합요금제 하에서 시민편의의 시내버스노선체계 공급을 위한 노선신설, 운행횟수 증회, 버스운행대수 증차 등과 같은 버스정책은 시 재정지원규모에 많은 영향을 주고 있다. 시내버스 노선체계의 서비스가 효율적으로 제공되고 있는가에 대한 평가 및 모니터링은 버스 재정지원금의 효율적 집행이라는 측면에서 매우 중요하다. 준공영제 시행이후 노선공급체계의 비효율성을 조정하고, 효율성을 제고할 수 있는 정책방안을 찾는 것은 지속가능한 준공영제 정책을 위해서는 필수적이라 할 수 있다.

노선별 서비스 공급수준에 대한 전반적인 검토를 통해 효율적인 노선공급수준을 결정하기 위한 대책수립이 시급하다. 노선체계서비스의 과다공급에 따른 비효율성, 과소공급에 따른 시민불편이 그대로 상존하는 상황에서 준공영제 시행이후 인천광역시의 버스재정지원규모는 크게 증가하였다. 이에 대한 대책으로 노선별 운행대수, 운행횟수, 배차간격, 노선연장 등에 대한 비효율성을 제거하기 위한 세부적인 연구가 필요하다. 노선에 따라 과다한 운행대수와 운행횟수는 과다한 운송원가를

<표 12> 토빗(Tobit)모형 계수추정 결과

구분	계수	t	유의확률	
간선형	상수	1.45919	10.89260	0.00
	BIS	0.00440	2.66506	0.01
	중복도	-0.04977	-2.77925	0.01
	노선연장	-0.00603	-3.81984	0.00
	운행대수	0.00016	2.17039	0.03
	대당거리	-0.00164	-4.15852	0.00
	표본수	85		
적합도	0.5015			
지선형	상수	0.72750	13.32780	0.00
	노선연장	-0.00867	-1.85663	0.06
	운행대수	0.00031	1.27050	0.20
	표본수	74		
	적합도	0.4794		

높이는 결과를 가져와 재정지원규모를 늘리는 원인이 되고 있어 합리적인 적정수준의 시내버스 서비스에 맞는 준공영제 재정지원규모가 어느 정도인지에 대한 대책이 필요하다.

한편, 이 연구에서 자료수집의 한계로 사고비용 및 서비스만족도수준 등에 대한 산출물을 포함한 노선효율성분석을 시행하지 못하였다. 재정여건을 고려할 경우, 수입금이나 승객수가 중요한 산출물이지만, 대시민 서비스만족도나 사고비용감소라는 측면에서 보면 노선효율성은 또다른 의미를 갖는 결과를 가져올수 있다. 이 부분은 이 연구의 한계이며, 향후 연구과제로 남겨두고자 한다.

알림 : 이 연구가 진행된 이후 연구자를 포함한 관계 전문가 및 시 담당주무관으로 구성된 TF팀을 운용하여 인천시내버스 노선별 운행대수 및 운행횟수의 적정성을 판단하여 노선조정방안을 마련하였다.

## 참고문헌

1. 강창용·박현태(2005), 친환경 쌀생산의 효율성 분석, 농촌경제 제28권 제4호 pp.19~31.
2. 김성호·최태성·이동원(2007), 효율성분석(이론과 활용), 서울경제경영.
3. 박만희(2008), 효율성과 생산성분석, 한국학술정보
4. 오미영(2008), 서울의 대중교통체계 개편에 따른 시내버스업체의 생산성에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 박사학위논문.
5. 유금록(2004), 공공부문의 효율성 측정과 평가(프론티어분석의 이론과 적용)
6. 이재설·고현우(2008), DEA를 사용한 우편집중국 운영의 효율성 분석
7. 지홍민·권수연(2006), DEA방법을 이용한 수익증권의 효율성 분석, 보험개발연구 제17권 제2호, pp.99~129.
8. 최인영(2004), 서울시내버스 운송업체의 효율성과 생산성 변화(1996-2002)에 관한 연구, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
9. 한중학·김재경(2010), 준공영제 시행이후 인천시내버스 노선효율성 분석에 관한 연구, 인천발전연구원.
10. 한진석(2010), 유해산출물을 고려한 Network DEA모형 개발(서울시 간선버스노선의 효율성분석), 서울대학교 대학원 박사학위논문.
11. 허 화·김병철(2005), 비모수적 방법을 통한 우리나라 손해보험회사의 효율성 및 생산성분석에 관한 연구, 한국금융공학회 2005년 춘계학술발표논문집.