

시내버스 운행여건과 서비스 수준에 관한 연구

- 울산광역시 사례를 중심으로 -

김범룡* · 최양원**

Kim, Beom-Ryong*, Choi, Yang-Won**

A Study on the Relationship between Bus Operation Environment and Level of Service of Intra-City Bus - In the place of Ulsan Metropolitan Area -

ABSTRACT

This study made an attempt to analyse the relationship between operation environment and fleet size per route which represents the level of service for inner-city bus service. Regression analysis method has been adopted as main analysis tool and 98 routes of bus operation status in Ulsan city as of 2013 has also been selected for analysis target. Correlation analysis was performed to identify the relationship between dependent and independent variables. There are three types of model for whole sample, type operation, and bus route operation system. These are the results of the current study. 1. The model developed for whole sample of 98 routes is as follows. $Y(\text{Fleet Size}) = -4.532 + 0.00002877 * X_1(\text{Revenue})$. This model shows that it is necessary to have more than 140 passengers per day to increase fleet size of each bus route in Ulsan. 2. Models developed by type of operation (which are standard, express, and middle sized) are shown below. Stand Bus : $Y(\text{Fleet Size}) = -10.954 + 0.00004283 * X_1(\text{Revenue})$. It is identified that more than 153 passengers need to use standard bus to increase fleet size per each standard bus, Middle Sized Bus : $Y(\text{Fleet Size}) = -0.859 + 0.00001438 * X_1(\text{Revenue})$. For middle sized bus, at least 52 daily passengers are needed to increase number of bus in each route. 3. Models developed for each route operation systems are as follows. Joint Operation Group : $Y(\text{Fleet Size}) = -4.786 + 0.00003028 * X_1(\text{Revenue})$. Individual Operation Group : $Y(\text{Fleet Size}) = -2.339 + 0.00002030 * X_1(\text{Revenue})$. These model provide similar result which 140 people is the minimum number of passenger to raise the number of vehicles in each route. This result shows that the route operation systems does not affect the raise number of cars significantly.

Key words : Regression analysis method, Variance analysis, Joint operation group, Individual operation group, Standard bus, Middle sized bus

초록

본 연구는 시내버스 서비스 수준을 의미하는 노선별 차량 운행대수의 영향을 미치는 운행여건과 상관성 분석에 관한 연구이다. 분석방법은 회귀 분석방법을 적용하였으며, 분석대상은 울산시 2013년 기준 98개 노선으로 한정하였다. 상관성분석을 위한 모형 도출을 위해 먼저 상관분석을 실시하여 종속변수인 운행대수와 독립변수인 운행거리, 운송수입급, 운송원가간의 관계를 분석한 결과, 아주 높은 유의수분에서 상관성이 있는 것으로 확인되었다. 회귀분석은 모형을 3가지 유형으로 구분하여 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다. 첫 번째 울산시 98개 버스노선 전체를

* 울산지방경찰청 경비교통과 교통안전계 주임 (Ulsan Metropolitan Policy Agency · kiby0202@hanmail.net)

** 종신회원 · 교신저자 · 영산대학교 교통공학과 교수 (Corresponding Author · Youngsan University · ywchoi@ysu.ac.kr)

Received September 1, 2015/ revised September 14, 2015/ accepted September 30, 2015

대상으로 도출한 모형은 $Y(\text{운행대수}) = -4.532 + 0.00002877 * X_1(\text{운송수입금})$ 인데, 이 의미는 운행대수 1대 증차를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 140명 정도 증가하여야 시행할 수 있다는 점을 알려준다. 두 번째는 일반형, 좌석형, 중형으로 구분되는 버스 운행형태별 모형은 일반형의 경우 $Y(\text{운행대수}) = -10.954 + 0.00004283 * X_1(\text{운송수입금})$, 일반형 시내버스를 1대 증차하기 위해서는 1일 승객 수가 약 153명 정도 증가되어야 시행할 수 있음을 보여주며, 중형의 모형은 $Y(\text{운행대수}) = -0.859 + 0.00001438 * X_1(\text{운송수입금})$ 인데, 이 의미는 1일 승객 수가 약 52명 정도 증가되어야 시행 가능함을 보여준다. 세 번째는 버스노선 운행체계별 모형 분석의 경우, 공동배차제의 경우 $Y(\text{운송대수}) = -4.786 + 0.00003028 * X_1(\text{운송수입금})$ 인데, 이 의미는 운행대수 1대 증차를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 140명 정도 증가해야만 시행할 수 있으며, 개별노선제의 경우 $Y(\text{운행대수}) = -2.339 + 0.00002030 * X_1(\text{운송수입금})$ 인데, 이 의미는 운행대수 1대 증차를 위한 필요조건은 1일 승객수가 약 140명 정도 증가되어야 시행할 수 있음을 보여준다. 따라서 버스노선 운행체계별로 모형을 도출하여 운행체계가 시내버스 노선별 차량 운행대수에 미치는 영향을 분석한 결과, 두 가지 운행체계 모두 차량 증차를 위한 추진할 경우, 1일 승객 수가 140명 정도는 확보되어야 한다는 공통적인 결론에 도달되었으며, 노선운영체계 특성에 따른 노선별 차량 운행대수 차이는 거의 없는 것으로 분석되었다.

검색어 : 회귀분석방법, 분산분석, 공동배차제, 개별노선제, 일반형버스, 중형버스

1. 서론

1.1 연구의 목적

도시 및 비도시지역을 망라하고 가장 일반적인 대중교통수단이라고 할 수 있는 버스는 도시철도망이 구축되어 있지 않은 도시지역에서 핵심적인 대중교통수단으로서의 역할을 수행해온 반면, 서울과 같이 도시철도망이 갖추어져 있는 도시에서는 비중이 낮은 것으로 인식되어온 경향이 있었다. 그러나 도시철도에 비해 우위에 있는 탄력운영이 가능한 수단특성과 목적지에 대한 높은 접근성 등으로 인해 투입 대비 효과가 비교적 단기간에 나타난다는 장점 때문에 대중교통 활성화의 중심에는 항상 시내버스 서비스 개선이 자리를 잡고 있었다.

시내버스의 서비스 개선은 크게 차량공급확대를 통한 배차간격 단축 및 정시성 향상, 정류소 및 안내체계관련 시설의 개선, 승무사원의 친절 서비스 향상 등으로 구분할 수 있으나, 시내버스 이용객 입장에서 가장 요구가 많은 부분은 배차간격의 단축과 버스노선 체계 조정에 관한 내용이 대부분이라고 할 수 있다. 특히 배차간격의 단축은 서비스 개선의 가장 중요한 부분이라는 하지만 가장 마지막 방법으로 활용되는데 이는 다른 개선항목에 비해 가장 많은 비용이 소요되기 때문이다.

그러나 지난 사회적 여건 변화에 기인한 버스운송업체의 수익성 악화는 시내버스 이용객을 대상으로 대규모 차량 증차를 통한 서비스 개선의 한계로 나타나고 이로 인한 서비스 질 저하는 대중교통수단으로서 시내버스의 안정적인 서비스 제공을 위협하게 되었고 문제점 해소 대안으로 제시된 버스준공영제는 2004년 7월 서울시가 최초로 도입한 이래 울산을 제외한 5대 광역시에서 시행하고 있는 대표적인 버스정책의 하나가 되었다.

서울시와 대도시에서 버스준공영제를 도입한 이후 중소도시에서도 지역주민의 교통편의를 안정적으로 제공하기 위해 버스업체에 대한 재정지원을 시행하고 있는 것으로 파악되는데 버스업체에

대한 재정지원은 수요와 공급의 원칙이 아닌 버스의 공공재적 성격을 인정한 것으로 지역주민의 요구 또는 지자체의 재정지원 능력에 좌우되는 성향을 보일 여지가 있다. 다시 말하면 지역주민의 노선 증설 또는 배차간격 단축 요구 반영을 위해서는 재정지원이 추가로 소요되겠지만 지자체의 예산지원이 어려울 경우에는 지속 가능성에 대한 의문이 생길 수도 있기 때문이다.

비록 공공재적 성격이 인정되어 지자체의 재정지원이 시행되지만 지속적이고 안정적인 버스 서비스 제공은 수요와 공급의 원칙에 기초를 두는 것이 바람직하기 때문에 본 연구에서는 버스운행여건에 영향을 미치는 요인을 분석하고 이러한 요인과 버스운행대수간의 상관성을 분석하여 안정적인 대중교통 서비스 제공을 위한 기초자료를 제시 하는데 목적을 두고 연구를 수행하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 시내버스 운행여건을 여객자동차운수사업법에서 운행계통으로 정의하고 있는 운행거리, 운행횟수, 배차간격 및 운송수입금으로 구분하였는데 이는 운행거리, 운행횟수, 배차간격은 시내버스의 공급특성으로 구분할 수 있고 운송수입금은 수요특성을 분류할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 시내버스의 수요특성과 공급특성이 서비스 수준에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

또한 분석을 위한 대상도시로는 울산광역시로 선정하였는데 울산광역시는 2003년부터 시내버스 업체에 대한 적자노선 재정지원을 실시하고 있으며, 2010년부터는 경영 및 서비스 평가 결과에 따른 인센티브 재정지원을 실시하고 있다. 본 연구에서는 2013년 기준 울산광역시의 버스노선 98개를 대상으로 운행여건과 서비스 수준에 관한 분석을 수행하고자 한다.

운행여건과 서비스 수준의 상관성분석을 통한 적정 차량대수 추정을 위해서는 독립변수의 변화에 따른 종속변수의 변화를 설명하거나 예측할 경우에 주로 활용하는 통계적기법인 회귀분석 방법을 이용하고자 한다. 상관성 분석 및 적정차량대수 추정을 위한

회귀모형 도출을 위해서는 SPSS 18.0과 EXCEL을 활용하였다.

연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 제1장에서는 연구의 개요를 제시한다. 제2장에서는 이론적 고찰에 관해 서술하되 버스관련 선행연구 및 분석방법인 회귀분석에 대해 기술하고자 한다. 제3장에서는 분석대상도시의 울산광역시의 버스체계 현황과 자료의 특성을 설명하고, 제4장에서는 관련성 분석을 위한 모형 도출결과를 설명하되 전체 버스노선에 대한 분석결과와 전체 샘플을 버스운행 형태와 운영체계별로 구분하여 분석결과를 제시한다. 마지막 제5장은 결론으로 본 연구의 분석결과를 정리하고 향후 연구과제의 방향을 제시하였다.

2. 분석방법 고찰

본 연구는 시내버스 서비스수준을 결정하는 운행대수와 시내버스 운행여건의 상관성 분석에 관한 연구로서 노선별 운행대수 현황에 영향을 미치는 요인을 분석하여 버스정책 기초자료를 제시하는데 있다.

본 장에서는 시내버스 운행대수와 운행여건 등에 관련된 분석방법인 회귀분석 방법에 대해 검토하였다.

2.1 회귀분석 개요

회귀분석은 모형에 포함된 독립변수와 종속변수의 관계를 규명하고, 회귀식을 통해서 독립변수의 변화에 따른 종속변수의 변화를 설명하거나 예측하는 통계적기법이라고 할 수 있다. 회귀식이 추정되면 여러 변수간의 관계에 대한 적합성과 합성 여부를 규명하는 일련의 절차와 과정을 거치게 된다.

회귀분석의 기능과 용도는 크게 두 가지로 구분될 수 있다. 회귀분석은 독립변수와 종속변수의 선형관계(Linear Relationship)를 요약하여 제시하는 기술의 도구로서 사용될 수 있다.

기술도구로서 회귀분석의 가장 중요한 기능은 회귀모형에 포함된 변수들로 구성되는 가장 적합한 회귀식을 찾아내고 추정된 회귀식의 정확도를 평가하는 것이다. 둘째로 회귀분석에서는 다른 독립변수들이 고정된 상태에서 특정 독립변수가 종속변수에 독립적으로 미치는 영향력의 측정이 가능하다. ‘다른 모든 변수들이 동일하다면(ceteris paribus)’이라는 단서를 붙여, 복합적으로 얽혀 있는 인과관계의 메커니즘 속에서 관련된 다른 변수들의 영향력을 배제하고 특정 변수의 중요성을 파악하게 해 준다. 셋째로 회귀분석은 변수들 간의 복잡한 메커니즘을 파악하는 도구가 된다.

또한 회귀분석은 기술의 도구로서 뿐만 아니라 통계적 추리의 목적으로도 쓰인다. 표본의 자료에서 얻은 분석결과를 모집단의 수준으로 일반화시키는 통계적 추리는 크게 모수추정과 가설검증의 두 가지로 구분된다. 회귀분석에서는 모수를 추정하고 신뢰구간

을 구하여 이를 모집단의 수준으로 승격시켜 일반화할 수 있으며 또한 모집단에 관한 다양한 가설들을 검증할 수 도 있다.

2.2 회귀분석 방법

2.2.1 회귀분석의 기초

회귀분석에 일반적으로 이용되는 기초적인 용어를 소개하면 다음과 같다.

- ① 단순회귀분석은 1개의 독립변수와 1개의 종속변수 사이의 관계를 분석하는데 활용된다.
- ② 중회귀분석은 다수의 독립변수와 1개의 종속변수 사이의 관계를 분석하는 데 활용된다.
- ③ 산포도는 변수의 특성치를 좌표 상에 표시한 그림으로 회귀분석의 가시적인 적합성을 보여준다.
- ④ 상관관계분석은 변수와 변수들 간의 관계의 강도, 즉 얼마나 밀접하게 관련되어 있는가를 분석하는데 활용된다.
- ⑤ 적합도 측정은 표본으로부터 회귀식을 구한 다음 회귀식이 어느 정도 적합한가를 판단하는 데 활용된다. 회귀식을 구한 후에는 표본으로부터 산출된 회귀식이 적합한 것인가를 살펴 보아야 할 뿐만 아니라 모집단의 회귀식에 대한 추정 및 가설 검정과 같은 통계적 추론을 필요로 한다.

다음 Eq. (1)과 같은 회귀분석을 수행함에 다음의 몇 가지 가정이 필요하다.

$$Y = \alpha + \beta x + \epsilon \quad (1)$$

- ① 오차 ϵ 은 정규분포를 갖는다.
- ② 오차 ϵ 은 그 평균값이 0이다.
- ③ 두 개의 오차는 서로 독립적이다.
- ④ 오차 ϵ 는 어떠한 x 값에서도 동일한 분산을 갖는다.
- ⑤ 독립변수 x 는 확률변수가 아니다.

2.2.2 회귀식의 적합도 추정

회귀분석의 적합도 분석은 결정계수(R^2)를 이용하는 방법과 F 비율값을 이용방법 그리고 t값을 이용하는 방법이 있다.

적합도 분석은 관찰치와 산출된 회귀식의 예측치와의 관계를 규명하는 것이다. 따라서 관찰치로 구축된 회귀식이 관찰치를 정확하게 설명하면 적합성이 높은 것임을 알 수 있다.

2.2.2.1 결정계수

결정계수(R^2)는 표본회귀식에 의하여 설명된 변동이 총변동에

서 차지하는 상대적인 크기를 나타낸 것이다. 따라서 이를 식을 나타내면 Eq. (2)와 같다.

$$\text{결정 계수}(R^2) = \frac{RSS}{TSS} = 1 - \frac{ESS}{TSS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

결정계수(R^2)는 0과 1 사이의 값을 갖게 된다. 결정계수가 1에 가까운 값을 가지면 회귀식으로 설명할 수 없는 잔차의 합의 비율이 적은 것으로 회귀식으로 설명력이 높음을 알 수 있다. 반면 회귀식이 0에 가까울수록 회귀식으로 설명할 수 없는 오차의 범위가 작아져 일정한 현상을 충분히 설명할 수 없음을 알 수 있다.

회귀식에 자유도를 고려하여 조정된 결정계수는 Eq. (3)과 같다.

$$Adj. R^2 = R^2 - \frac{k \cdot (1 - R^2)}{n - k - 1} \quad (3)$$

2.2.2.2 F-비율값(F-ratio)

F-비율값은 자유도를 고려하여 회귀식의 적합성을 판정하는 방법이다. 자유도는 자유로이 선택할 수 있는 변수의 수를 의미한다. 만일 세 개의 독립변수가 선형으로 종속변수에 영향을 주는 경우 2개의 변수 값이 결정되면 종속변수값에 의해 1개의 변수 값은 추산될 수 있다. 따라서 이와 같은 경우에 자유도는 2라고 할 수 있다.

F-비율값은 R^2 와 마찬가지로 회귀계수의 적합도를 판단하는 또 하나의 결정방법이라고 할 수 있다. F-비율은 자유도를 고려하여 적합성을 판정하며 독립변수의 기울기와 관련된 매개변수가 b일 경우 다음 Eq. (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$F = \frac{b^2 \Sigma (X_i - \bar{X})}{\Sigma e_i^2 / (n - 2)} \quad (4)$$

여기서, \bar{X} : X의 평균

e_i : Y_i 변수의 오차항

n : 독립변수의 총수

F-비율값을 이용하여 다중회귀식의 통계적인 유의성을 검증할 수 있다. 즉 설정된 회귀식이 관찰된 현상을 충분히 설명할 수 없다는 사실을 귀무가설로 설정할 수 있다. 이 때 앞서 제시된 식을 통하여 구하여진 F-비율값이 F 유의수준 값보다 적은 경우 귀무가설은 채택되고 따라서 설정된 회귀식은 관찰된 현상을 충분

Table 1. Table of Variance Analysis

Div.	Degrees of Freedom	Sum of squares	Mean Square	F
Regression	k (variable no.)	RSS	RMS=RSS/k	RSM/EMS
Residual	n-k-1	ESS	EMS=ESS/(n-k-1)	
Total	n-1 (observation ratio-1)	TSS		

하게 설명할 수 없다는 것을 알 수 있다. 반대로 F 비율값이 F 유의수준 값보다 큰 경우에는 귀무가설은 기각되며 제시된 유의수준에서 회귀식은 관찰된 현상을 충분히 설명할 수 있다는 것을 알 수 있다.

F 비율값은 일반적으로 Table 1과 같은 분산분석(ANOVA: Analysis of Variance)표를 활용하여 산출한다.

2.2.2.3 t-비율값(t-ratio)

Y의 변동량을 Xi를 통하여 설명하려면 β_i 의 가설을 검증할 필요가 있다. 단순회귀식의 경우는 F검증과 t검증이 유사하므로 특별히 t검정이 의미가 없다. 그러나 독립변수가 여러개 있는 경우는 각각의 Xi에 따라 Y값의 변동이 다를 수 있다. 따라서 t검정은 Xi의 회귀식 내에서 통계적 적합성을 검증하는 의미를 갖는다.

각각의 독립변수 Xi에 대한 회귀계수 β_i 에 대한 t검정은 전형적으로 다음과 같은 가설설정 후에 한다.

$$H_0(\text{귀무가설}) : \beta_i = \beta$$

$$H_1(\text{대립가설}) : \beta_i \neq \beta$$

(여기서, $i = 1, 2, 3, \dots, k$ (독립변수의 수))

이 때 t통계량은 다음의 Eq. (5)와 같다.

$$t = \frac{\beta_i - \beta}{S_{\beta_i}} \quad (5)$$

여기서, β_i : X_i 에 대한 회귀계수

S_{β_i} : β_i 의 표준오차

β 가 0인 경우에 회귀식의 t값은 β_i / S_{β_i} 이다. 유의수준을 α 로 놓고 계산된 t값이 아래 식의 범위에 있으면 귀무가설은 채택된다. 귀무가설이 채택되는 경우 β_i 는 통계적인 유의성이 없는 것을 알 수 있다. 반대로 계산된 t값이 아래 Eq. (6)의 범위 밖에 있으면 귀무가설이 기각되고, β_i 가 회귀식에서 통계적으로 유의하다는

것을 알 수 있다.

$$-t_{\alpha/2} < \frac{b}{S_{\beta i}} < t_{\alpha/2} \quad (6)$$

회귀식은 영향을 주는 한 개 혹은 다수의 독립변수와 이에 따라 영향을 받게 되는 하나의 종속변수간의 관계를 수식적으로 나타낸 것이다. 따라서 회귀식이 성립되기 위해서는 독립변수와 종속변수간의 영향관계가 정립되어야 한다.

회귀분석은 독립변수의 종속변수에 대한 영향을 나타내기 때문에 변수들간의 영향관계가 아닌 단순 상관관계만 있는 경우 회귀분석을 통한 회귀식의 설정이 의미가 없다. 따라서 회귀식을 설정하기 전에 변수들 간의 영향관계를 파악하는 것이 선결되어야 한다.

회귀분석은 관찰치로 부터 변수들 간의 상관관계를 파악하여 회귀식을 설정하고 이에 따라 독립변수의 변화에 따른 종속변수의 변화 특성을 보여 주는 데 활용한다. 특히 독립변수가 시간인 경우 회귀분석을 통해서 미래를 예측하는 시계열분석이 가능하다.

3. 분석자료 구축 및 자료특성 분석

3.1 울산시 버스체계 현황

3.1.1 인구 통계학적 특성

울산광역시는 1995년 기초자치단체였던 울산시와 울주군이 통합되고 1997년 7월 15일 울산광역시로 승격되면서 현재와 같은 5개 구군, 면적 1,058.2km²의 행정구역 체계를 갖추게 되었다.

2011년 12월말 현재 총 인구는 1,153,915명으로 1999년부터 연평균 0.97% 정도의 증가율을 보이고 있고, 세대수는 2011년 현재 412,561세대로 1999년 315,410세대에 비해 대비 연평균 2.19% 증가율을 나타내고 있으나, 세대당 인구수는 2009년 3.3명에서 2011년 현재 2.8명으로 연평균 1.23% 정도 감소하고 있는 추세이다.

3.1.2 버스업체 및 노선 현황

2013년 4월말 현재 울산시 시내버스는 총 8개 업체가 98개의 노선을 679대의 차량으로 운행 중이며, 운행형태는 일반버스, 좌석버스 및 중형버스로 구분된다. 이외에도 지선버스 7개 업체가 23개 노선을 51대의 차량으로 운행 중이며, 마을버스 8개 업체가 15개 노선을 37대의 차량으로 운행 중이다. 그러나 지선과 마을버스는 시내버스가 운행하는 간선도로까지 연결기능 담당을 주 목적으로 도시 세가로나 농어촌 지역을 운행하고 있으며 업체 경영상태가 영세하여 본 연구의 분석 대상에서는 제외하였다.

시내버스 업체는 공동배차제로 운영하는 5개 업체와 개별노선제

로 운영하는 3개 업체로 구분된다. 공동배차 5개 업체는 동일한 노선을 공동으로 운행하고 있으며, 울산여객이 보유대수 136대로 가장 많은 차량을 보유하고 있고 신도여객이 55대로 차량대수가 가장 적게 보유하고 있다. 개별노선제로 운영하는 3개 업체는 총 160대의 차량을 보유하고 있으며 유진버스가 84대의 차량을 보유하고 있으며, 세원은 가장 적은 26대를 보유하고 있다.

2013년 4월 현재 울산시 시내버스 노선 수는 총 98개로서 일반형 시내버스 49개, 좌석형 13개, 중형 시내버스 36개 노선이다. 이중 공동운수 5개사가 공동으로 운행하는 노선은 49개 노선이고, 그 외 개별업체가 단독으로 운행하는 노선이 38개, 2개 업체가 공동으로 운행하는 노선은 11개 이다.

3.1.3 버스업체 재정보전 및 지원현황

울산시에서 2013년 기준으로 Table 2와 같이 버스업체에 대한 연간 지원액은 224.69억원이다. 재정보전은 무료환승 보전과 벽지 노선 보상으로 구분되며 연간 150억원 정도이다. 이중 무료환승 손실보전은 첫 번째 탑승한 시내버스 차량의 하차시간 기준으로 1시간이내 무제한 환승으로 발생하는 손실에 대한 보전으로 승객이 지불하여야 할 요금을 대신 지불하는 형태이다. 버스업체에 대한 전체 지원액의 65% 정도를 차지하며 보전규모는 지속적으로 증가하고 있다.

재정지원 항목에는 적자노선, 성과차등지원, 대폐차, 저상버스 도입, 공영버스 구입, 유류세 보조 등에 대해 연간 76억원 정도를 버스업체에 지원하고 있다. 성과차등지원은 적자노선과는 별도의

Table 2. City Bus Year Financial Conservation and Support Status of Ulsan (unit : million won)

Div.		2011	2012	2013
Total		18,802	20,822	22,469
Financial conservation	Sum	11,501	13,748	14,868
	Free transit	11,220	13,462	14,550
	Remote area line	281	286	318
Financial support	Sum	7,301	7,074	7,601
	Deficit-ridden line	4,495	4,500	4,872
	Result differential support	500	500	500
	Change:junk car	90	355	475
	Purchase low-floor bus	1,184	987	992
	Purchase public bus	149	-	-
Auxiliary fuel taxes		883	732	762

Note) Ref. : transportation costs final report of bus standard accounting system diagnostics & research services, 2013.7

재정지원금을 확보하여 경영 및 서비스 평가 결과에 따라 버스업체에 배분하는 인센티브 성격의 재정지원을 의미한다.

3.2 자료 특성분석

본 연구에서는 시내버스 운행대수와 운행여건의 상관관계 및 특성을 분석하면서 98개 전체 노선을 대상으로 한 모형과 일반, 좌석, 중형의 운행형태별 모형 그리고 공동배차제와 개별노선제의 노선운영체계별 모형을 도출하고자 한다. 모형도출을 위한 영향요인은 중속변수인 차량 운행대수와 운행거리, 운송수입금, 그리고 운송원가로 선정하였다. 시내버스 노선의 운행여건을 표현하는 용어인 운행계통은 여객자동차운수사업법에서 노선의 가중점, 운행경로, 운행거리, 운행횟수 및 운행대수로 규정하고 있는데, 운행횟수와 운행대수는 유사한 개념이어서 운행횟수는 요인에서 제외하였다. 또한 버스노선의 운행여부를 결정하는 가장 중요한 요소인 운송수입금, 그리고 운송원가를 포함하였다.

본 절에서는 모형 도출을 위한 영향요인에 대한 특성을 분석하여 운행형태 그리고 노선운영체계별 운행환경의 특성에 대해 기술하고자 한다.

3.2.1 시내버스 노선의 운행형태별 특성

2013년 기준 울산시 시내버스 노선당 평균 차량 운행대수는 5.9대이며, 버스 1대당 1일 평균운행거리는 288.7km이다. 1일 1대당 평균운송원가는 525,498원인 반면 1일 1대당 평균운송수입금은 369,828원으로 원가의 70.4%정도로 1일 평균 1대당 155,670

원 운송수지적자가 발생하고 있는 실정이다. 운행대수가 가장 적은 노선의 차량은 1대인 반면 운행대수가 가장 많은 노선은 127번으로 30대가 운행 중이다.

일반형 시내버스는 노선당 평균 7.7대가 운행 중이며 최소 운행대수는 1대, 최대 운행대수 노선의 차량은 30대 이다. 1일 1대당 평균 운행거리는 301.1km로서 전체 노선의 평균보다 12.4km 정도 길게 운행하고 있으며 가장 운행거리가 긴 노선은 1일 1대당 391.8km를 운행하고 있다. 가장 운행거리가 짧은 노선은 1일 211.2km를 운행하고 있다.

좌석형 시내버스는 노선당 평균 8.3대가 운행중으로 일반형 시내버스에 비해 0.6대 정도가 많으며, 운행거리 평균은 357.5km로 일반형 시내버스보다 18.7%정도 길고, 최소값과 최대값은 각각 269.2km와 463.4km로 일반형 시내버스에 비해 긴 거리를 운행하고 있음을 알 수 있다. 한편 운송수입금은 427,984원이고, 운송원가는 583,719원인데, 1일 1대당 운송수지적자는 155,735원이며 원가대비 수입금의 비율은 73.2%로서 일반형 시내버스의 76.9%보다 낮아 운송수지 적자 규모가 더 큰 것을 알 수 있다. 이는 좌석버스가 일반형 시내버스에 비해 장거리를 운행하고 있으며 적정 배차간격 유지를 위해 차량대수가 더 필요하기 때문에 노선당 평균 운행대수 역시 일반형에 비해 많다고 할 수 있다.

중형 시내버스는 차량규모가 일반형에 비해 다소 작은 형태로서 운송원가 절감을 도입하여 운송수지 적자 감소에 기여하고 있다. 중형 시내버스는 일반형에 비해 상대적으로 짧은 운행거리를 운행하면서 도심 외곽지 등 비수익노선 중심으로 운행하고 있다. 1일

Table 3. Type Operation Characteristic of Inner-City Route

	Div.	Fleet size (unit)	Mileage (km)	Revenues (won)	Cost (won)
Total route	Average	5.9	288.7	369,828	525,498
	Minimum	1.0	169.2	78,124	347,262
	Maximum	30.0	463.4	688,655	684,887
	Standard deviation	5.5	59.3	126,391	83,830
Standard	Average	7.7	301.1	444,789	578,757
	Minimum	1.0	211.2	296,248	478,215
	Maximum	30.0	391.8	688,655	634,368
	Standard deviation	6.1	45.2	84,613	37,722
Express	Average	8.3	357.5	427,984	583,719
	Minimum	1.0	269.2	331,528	465,090
	Maximum	20.0	463.4	511,640	684,887
	Standard deviation	6.2	70.8	60,036	73,854
Middle size	Average	2.6	249.4	239,084	427,582
	Minimum	1.0	169.2	78,124	347,262
	Maximum	9.0	365.0	413,343	503,218
	Standard deviation	1.8	47.6	80,143	33,396

운송원가는 일반형과 좌석형에 적은 427,582원이나 수요가 적인 노선을 운행하는 특성 상 원가대비 수입금 비율은 55.9%로 타 운행형태 시내버스에 비해 다소 낮은 것을 알 수 있다. 한편 1일 평균 운행거리는 249.4km인데 최소값은 169.2km, 최대값은 365.0km로 타 형태에 비해 짧은 운행거리를 확인할 수 있고, 최소 운송수입금은 78,124원으로 시내버스 노선 중 가장 열악한 환경에서 운행하는 노선임을 Table 3에서 알 수 있다.

3.2.2 시내버스 노선운영체계별 운행특성

울산의 시내버스 노선운영체계는 크게 공동배차제와 개별노선제로 구분할 수 있는데, 공동배차제 노선은 시내버스 5개 업체가 차량 보유대수 비율로 노선당 운행대수를 결정하여 운행하고 있다.

개별노선제 운영업체는 3개 인데 먼저 공동배차제 운영업체들이 출자한 A업체는 공동배차 노선 중 적자노선을 인계받아 운영 중이고, B업체는 울산시 기초 지자체인 울주군 지역과 울산의 시가지 지역인 중구와 남구를 연계하는 노선을 운영하고 있으며, 인근 양산시에 본사를 둔 C업체는 고속도로를 경유하여 울주군의 언양지역과 울산의 시가지지역을 연계하는 3개 노선을 운영 중이다.

이와 같이 개별운영 노선들은 주로 도심외곽지역을 연계하므로 공동배차노선에 비해 운행거리가 상대적으로 길고 운송원가는 높게 산정되는 반면 공동배차 노선들에 비해 적은 운행횟수와 긴 배차간격을 유지하는 일종의 수요대응형 서비스를 제공하고 있으며 B업체가 가장 대표적인 예라고 할 수 있다.

Table 4와 같이 공동배차 운영노선의 노선당 평균 운행대수는

Table 4. Travel Characteristic of Operation System on Inner-City Route

Div.		Fleet size (unit)	Mileage (km)	Revenues (won)	Cost (won)
Total route	Average	5.9	288.7	369,828	525,498
	Minimum	1.0	169.2	78,124	347,262
	Maximum	30.0	463.4	688,655	684,887
	Standard deviation	5.5	59.3	126,391	83,830
Joint route	Average	7.5	283.0	394,633	537,651
	Minimum	1.0	169.2	155,823	389,935
	Maximum	30.0	463.4	688,655	684,887
	Standard deviation	6.4	56.3	121,681	87,173
Individual route	Average	4.0	289.6	331,170	504,390
	Minimum	1.0	170.0	78,124	347,262
	Maximum	12.0	391.8	591,304	630,932
	Standard deviation	3.3	55.8	125,701	75,077

7.5대인 반면 개별노선 운영노선은 4.0대로 전체노선 평균인 5.9대에 비해 공동노선은 1.6대가 많고 개별노선은 1.9대가 적은 것으로 나타났다. 운행대수의 최소값은 각각 1대로서 동일한 반면 최대값은 30대와 12대로 운행대수는 운행여건에 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

1일 1대당 평균운행거리를 살펴보면 공동노선은 283km인데 비해 개별노선은 289.6km로 개별노선이 6.6km 정도 더 길게 운행하고 있으며 전체노선의 평균인 288.7km에 비해 1일 1대당 0.9km 정도 운행거리가 긴 것을 알 수 있다. 또한 운행거리의 최소값은 169.2km와 170.0km로 비슷한 반면 최대값은 공동노선이 463.4km 그리고 개별노선은 391.8km로 나타났다. 이러한 현상은 공동배차제 노선의 차량대수가 업체별로 배분되기 때문에 운행횟수 증가는 일시에 다수 업체의 다회 증가로 이루어지는 반면 개별노선은 1개 업체가 단독으로 결정하기 때문인 것으로 판단된다.

공동노선의 1일 1대당 평균 운송수입금 394,633원으로 개별노선의 331,170원이 비해 19.2% 정도 더 많고, 운송원가는 각각 537,651원과 504,390원으로 개별노선의 원가가 공동노선에 비해 1일 1대당 33,261원 정도 적게 소요되며 공동노선의 93.8% 정도라는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 공동노선은 5개 버스업체가 공동으로 운행하기 때문에 특정 업체의 원가절감노력이 의미가 없는 반면 개별노선제 운영업체는 운영담당노선에 대한 책임성이 부여되기 때문에 절감노력이 필수적이기 때문에 발생하는 것으로 볼 수 있다.

이러한 개별노선 운영업체의 원가절감노력에도 불구하고 1일 1대당 운송수지적지는 개별노선이 173,220원으로 공동노선의 143,018원에 비해 30,202원 더 발생하는 것으로 나타났는데 앞서 언급한 바와 같이 개별노선들은 외곽지 중심의 비수익노선을 운행하기 때문인 것으로 판단된다.

3.3 분석자료의 상관관계 분석

분석을 위한 모형도출을 위해서는 종속변수인 차량운행대수에 영향을 미치는 요소를 도출하는 것이 필요한데, 본 연구에서 전장에서 언급한 바와 같이 회귀분석의 전단계인 상관분석을 실시하여 영향력 있는 변수를 추정하고자 한다.

시내버스 운행대수와 운행여건 변수 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다.

분석결과 전절에서 언급한 4개 변수 모두 운행대수와 유의한

Table 5. Correlation Analysis Result on Analyzes Date

Div.		Fleet size	Mileage	Revenues	Cost
Fleet size	Person correlation	1.000	.260	.648	.502
	Sig. (2-tailed)	-	.008	.000	.000

상관관계를 가지고 있는 것을 알 수 있다. 운행거리의 유의도 0.008, 운송수입금과 운송원가는 각각 0.000 수준에서 유의한 것으로 나타났다.

본 연구에서는 상관분석을 통해 확인된 운행여건 관련 4개 변수들을 활용하여 시내버스 운행대수에 영향력을 파악할 수 있는 모형을 회귀분석방법을 적용하여 분석코자 한다.

4. 분석모형 도출

본 연구는 시내버스 서비스수준을 나타내는 버스 운행대수와 노선운행여건간의 상관성 분석에 관한 연구로써 시내버스 이용객의 요구와 실제 노선운행상황간의 관계를 분석하여 지속적이고 안정적인 대중교통 서비스 제공을 위한 기초자료 제시에 목적이 있다.

본 장에서는 전절에서 제시한 울산시 시내버스 노선의 운행여건 특성 분석과 모형 도출을 위한 설명변수의 상관관계 분석결과를 활용하여 회귀분석 방법에 기초한 시내버스 운행대수와 운행여건간의 상관성 분석 결과를 제시하고자 한다. 운행대수 증가는 운송원가 수준 정도의 운송수입금이 확보되면 가능하다고 할 수 있으나 운행특성별 차량대수의 경향이나 수입금 수준에 따른 적정차량대수 판단 등 세부적인 분석을 위해서는 회귀모형 도출이 좀 더 효과적이라고 할 수 있다.

본 장에서는 먼저 울산시 98개 버스노선을 대상으로 상관성 분석을 위한 모형도출결과를 설명하고 이어서 버스운행형태 및 노선운영체계별 모형도출결과를 제시하고자 한다.

4.1 전체 버스노선 분석

울산시 시내버스 98개 노선 전체를 대상으로 종속변수인 운행대수와 독립변수인 운행거리, 운송수입금, 운송원가와 같은 운행여건 관련 요인들의 상관성 분석을 위해 회귀분석을 실시하였다. 모형의 도출은 이론적 고찰에서 설명하였던 t-비율값을 활용하여 5% 유의수준에서 유의한 t값을 가진 변수를 남기고 나머지는 제외하는 방식으로 모형을 도출하였다.

Table 6은 전체 버스노선을 대상으로 도출한 모형의 분산분석 결과로서 도출된 회귀모형이 통계적으로 유의한지를 검정하는 것이 목적이다. F-비율값에 대한 유의확률이 0.000으로 $\alpha=0.05$ 보다 작다. 즉, 유의확률 = 0.000 < 0.05이므로 이 회귀식은 매우 유의하다고 볼 수 있다.

Table 7에서는 전체 버스노선을 대상으로 회귀모형을 도출한 결과를 표로 나타내었다. 먼저 결정계수(R^2)는 총 변동 중에서 회귀선에 의하여 설명되는 비율을 의미하는 것으로 노선별 차량대수의 변동 중에서 55.2%가 버스노선별 1일 1대당 운송수입금

Table 6. Variance Analysis Result - Total Bus Routes

Model	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	1938.780	1	1438.780	120.574	.000
Residual	1169.410	96	11.933		
Total	2608.190	97			

Table 7. Regression Analysis Result - Total Bus Route

Category	Coefficient	t-statistics
Constant	-4.532	-4.412
Revenue	2.877E-5	10.981
R^2	0.552	
Adjusted R^2	0.547	
No. of observation	98	

(Revenue)에 의하여 설명된다는 것을 의미한다. R^2 의 범위는 $0 \leq R^2 \leq 1$ 의 값을 가진다. 모든 관찰치와 회귀식이 일치한다면 $R^2 = 1$ 이 되어 독립변수와 종속변수 간에 100%의 상관관계가 있다고 할 수 있다. R^2 의 값이 1에 가까울수록 회귀선은 표본을 설명하는데 유용하다.

수정된 결정계수(R^2)는 회귀분석이 단계적으로 전개될 때 자유도를 고려하여 조정된 R^2 로서 일반적으로 모집단의 결정계수를 추정할 때 많이 사용된다. 표본의 수가 충분히 큰 경우에는 R^2 값과 동일하다.

도출된 회귀모형의 상수(Constant)값은 -4.532이며 t 값 = 4.412 > 1.96이므로 통계적으로 유의하다고 할 수 있다. 상수의 부호(음(-))을 나타내는 것은 운행대수 증가를 전반적으로 꺼리는 경향이 있음을 보여주는 것으로 해석할 수 있다. 이는 울산시의 시내버스 차량 증차는 두 가지 관점에서 실시되는 것에 기인한다고 할 수 있다. 첫 번째는 울산시의 입장에서 시민의 이용편의 제고를 추진하기 위한 것이고 두 번째는 업체 입장에서 수익노선 중심의 차량 증차를 희망하는 추세 때문이며 정기적으로 발생하는 상황이 아니라 하는 상황에 기인한다.

운송수입금의 회귀계수는 2.877E-5이며, 이 회귀계수의 통계적 유의성을 검정하는 t값 10.981은 통계적으로 매우 유의하다고 볼 수 있다. 이러한 결과를 기초로 작성된 회귀모형은 Eq. (7)과 같다.

이 모형의 의미는 1일 1대당 운송수입금이 16만원정도 증가하고 이러한 상황이 1년 정도 지속되어야 차량 1대 증차가 가능하다는 의미이다. Y 절편은 -4.532이므로 운송수입금이 0 일 때 운행대수는 -4.532 감해야 함을 의미한다. 운송수입금 16만원을 승객 수로 환산하면 약 140명 정도로서 운행대수 1대 증차를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 140명 정도 증가되어야 시행할 수 있다는 뜻으로 해석할 수 있다.

4.2 버스 운행형태별 분석

본 절에서는 일반형, 좌석형 그리고 중형으로 구분되는 버스운행 형태별로 운행대수와 운송수입금의 관계를 분석하고자 한다.

먼저 Table 8은 버스운행형태별로 도출한 모형의 분산분석 결과로서 도출된 회귀모형이 통계적으로 유의한지를 검증하는 것이 목적이다. F-비율값에 대한 유의확률은 일반형과 중형의 경우 0.000으로 $\alpha=0.05$ 보다 작다. 즉, 유의확률 = 0.000 < 0.05이므로 이 회귀식은 매우 유의하다고 볼 수 있다. 그러나 좌석형 시내버스는 노선 수가 상대적으로 적어 유의미한 결과 도출이 곤란한 것으로 나타났다.

Table 9에서는 버스운행형태별로 회귀모형을 도출한 결과를 나타내었다.

먼저 일반형 시내버스를 대상으로 한 모형도출결과를 살펴보면 다음과 같다. 결정계수(R^2)는 총 변동 중에서 회귀선에 의하여 설명되는 비율을 의미하는 것으로 노선별 차량대수의 변동 중에서 55.6%가 버스노선별 1일 1대당 운송수입금(Revenue)에 의하여 설명된다는 것을 의미한다. 회귀모형의 상수(Constant)값은 -10.954이며 t 값 = 4.365 > 1.96 이므로 통계적으로 유의하다고 할 수 있다. 상수의 부호가 음(-)을 나타내는 것은 운행대수 증가를 전반적으로 꺼리는 경향이 있음을 보여주는 것으로 해석할 수 있다.

운송수입금의 회귀계수는 4.283E-5이며, 이 회귀계수의 통계적

유의성을 검증하는 t값 7.748은 통계적으로 매우 유의하다고 볼 수 있다. 이러한 결과를 기초로 작성된 회귀모형은 Eq. (8)과 같다.

$$\hat{Y}(\text{운행대수}) = -10.954 + 0.00004283 \times X_1(\text{운송수입금}) \quad (8)$$

이 모형의 의미는 1일 1대당 운송수입금이 26만원 정도 증가하고 이러한 상황이 1년 정도 지속되어야 차량 1대 증차가 가능하다는 의미이다. Y 절편은 -10.954이므로 운송수입금이 0일 때 운행대수는 -10.954 감해야 함을 의미한다. 운송수입금 26만원을 승객 수로 환산하면 약 153명 정도로서 운행대수 1대 증차를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 153명 정도 증가되어야 시행할 수 있다는 뜻으로 해석할 수 있다.

좌석형 시내버스에 대한 모형 도출은 표본 수의 부족으로 적합한 모형 도출이 곤란한 것으로 판명되어 분석결과 해석에는 무리가 있어 본 절의 설명에서는 제외하였다.

중형 시내버스를 대상으로 한 모형도출결과를 살펴보면 다음과 같다. 결정계수(R^2)를 살펴보면 노선별 차량대수의 변동 중에서 41.7%가 버스노선별 1일 1대당 운송수입금(Revenue)에 의하여 설명된다는 것을 의미한다. 회귀모형의 상수(Constant)값은 -0.859이며 t 값 = 1.202 > 1.96 이므로 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다. 한편 상수의 부호가 음(-)을 나타내는 것은 운행대수 증가를 전반적으로 꺼리는 경향이 있음을 보여주는 것으로 해석할 수 있다.

운송수입금의 회귀계수는 1.438E-5이며, 이 회귀계수의 통계적 유의성을 검증하는 t값 5.002는 통계적으로 매우 유의하다고 볼 수 있다. 이러한 결과를 기초로 작성된 회귀모형은 Eq. (9)와 같다.

$$\hat{Y}(\text{운행대수}) = -0.859 + 0.00001438 \times X_1(\text{운송수입금}) \quad (9)$$

이 모형의 의미는 1일 1대당 운송수입금이 6만원 정도 증가하고 이러한 상황이 1년 정도 지속되어야 차량 1대 증차가 가능하다는 의미이다. Y 절편은 -0.859이므로 운송수입금이 0일 때 운행대수는 -0.859 감해야 함을 의미한다. 운송수입금 6만원을 승객 수로 환산하면 약 52명 정도로서 운행대수 1대 증차를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 52명 정도 증가되어야 시행할 수 있다는 뜻으로 해석할 수 있다. 그러나 중형 시내버스가 외곽지 비수익노선 중심으로 운행한다는 상황을 고려한다면 앞서 전체 시내버스 노선 대상이나 일반형 시내버스 대상 모형의 적정 승객 수 증가분에 비해 필요 승객 수는 적지만 여전히 큰 숫자라고 볼 수 있다.

이러한 분석결과를 종합해 보면 일반형 시내버스는 1일 운송수입금이 16만원 증가하여야 운행대수 증가가 가능하고 중형 시내버

Table 8. Variance Analysis Result - Bus Type Operation

Div.	Model	Sum of squares	df	Mean Square	F	sig.
Standard	Regression	787.793	1	787.793	60.033	.000
	Residual	629.887	48	13.123		
	Total	1417.680	49			
Express	Regression	9.662	1	9.662	.322	.582
	Residual	329.569	11	29.961		
	Total	339.231	12			
Middle size	Regression	45.517	1	45.517	25.021	.000
	Residual	63.672	33	1.819		
	Total	109.189	34			

Table 9. Regression Analysis Result - Bus Type Operation

Category	Standard	Express	Middle size
Constant	-10.954(-4.365)	2.230(0.199)	-0.859(-1.202)
Revenue	4.283E-5(7.748)	1.377E-5(0.568)	1.438E-5(5.002)
R ²	0.556	0.028	0.417
Adjusted R ²	0.546	-0.060	0.400
No. of observation	50	13	35

Note) values in parenthesis are t-statistics.

스는 6만원 정도의 수입금 증가 요인이 필요하다. 또한 운송수입금이 0가 될 경우에는 차량 운행대수의 감소가 예상되는 가장 큰 폭의 감소가 예상되는 운행형태는 일반형 시내버스 인 것으로 분석되었다.

4.3 버스노선 운행체계별 분석

본 절에서는 공동배차제와 개별노선제로 구분되는 버스노선운영체계별로 운행대수와 운송수입금의 관계를 분석하고자 한다. 이러한 분석은 노선운영체계별 버스업체의 운행대수 확보에 대한 노력을 분석하는데 용이하다.

먼저 Table 10은 버스노선 운영체계별로 도출한 모형의 분산분석 결과로서 도출된 회귀모형이 통계적으로 유의한지를 검증하는 것이 목적이다. F-비율값에 대한 유의확률은 공동배차가 0.000 그리고 개별노선이 0.001로 $\alpha=0.05$ 보다 작다. 즉, 유의확률 = 0.000(0.001) < 0.05이므로 이 회귀식은 매우 유의하다고 볼 수 있다.

먼저 공동배차제를 대상으로 한 모형도출결과를 살펴보면 다음과 같다. 결정계수(R^2)는 총 변동중에서 회귀선에 의하여 설명되는 비율을 의미하는 것으로 노선별 차량대수의 변동 중에서 58.2%가 버스노선별 1일 1대당 운송수입금(Revenue)에 의하여 설명된다는 것을 의미한다. 회귀모형의 상수(Constant)값은 -4.786이며 t 값 = 4.086 > 1.96이므로 통계적으로 유의하다고 할 수 있다. 상수의 부호가 음(-)을 나타내는 것은 운행대수 증가를 전반적으로 꺼리는 경향이 있음을 보여주는 것으로 해석할 수 있다.

운송수입금의 회귀계수는 3.028E-5이며, 이 회귀계수의 통계적 유의성을 검증하는 t값 10.214는 통계적으로 매우 유의하다고 볼 수 있다. 이러한 결과를 기초로 작성된 회귀모형은 Eq. (10)과 같다.

$$\widehat{Y}(\text{운행대수}) = -4.786 + 0.00003028 \times X_1(\text{운송수입금}) \quad (10)$$

이 모형의 의미는 1일 1대당 운송수입금이 16만원 정도 증가하고

이러한 상황이 1년 정도 지속되어야 차량 1대 증차가 가능하다는 의미이다. Y 절편은 -10.954이므로 운송수입금이 0일 때 운행대수는 -10.954 감해야 함을 의미한다. 운송수입금 16만원을 승객 수로 환산하면 약 140명 정도로서 운행대수 1대 증차를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 140명 정도 증가되어야 시행할 수 있다는 뜻으로 해석할 수 있다.

다음은 개별노선제를 대상으로 한 모형도출결과를 살펴보면 다음과 같다. 결정계수(R^2)는 노선별 차량대수의 변동 중에서 44.0%가 버스노선별 1일 1대당 운송수입금(Revenue)에 의하여 설명된다는 것을 의미한다. 회귀모형의 상수(Constant)값은 -2.339이며 t값 = 1.204 < 1.96이므로 통계적으로 유의하지 않다고 할 수 있다. 상수의 부호가 음(-)을 나타내는 것은 운행대수 증가를 전반적으로 꺼리는 경향이 있음을 보여주는 것으로 해석할 수 있다.

운송수입금의 회귀계수는 2.030E-5이며, 이 회귀계수의 통계적 유의성을 검증하는 t값 3.963은 통계적으로 매우 유의하다고 볼 수 있다. 이러한 결과를 기초로 작성된 회귀모형은 Eq. (11)과 같다.

$$\widehat{Y}(\text{운행대수}) = -2.339 + 0.00002030 \times X_1(\text{운송수입금}) \quad (11)$$

도출된 회귀식의 의미는 1일 1대당 운송수입금이 16만원 정도 증가하고 이러한 상황이 1년 정도 지속되어야 차량 1대 증차가 가능하다는 의미이다. Y 절편은 -2.339이므로 운송수입금이 0일 때 운행대수는 -2.339 감해야 함을 의미한다. 운송수입금 16만원을 승객 수로 환산하면 약 140명 정도로서 운행대수 1대 증차를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 140명 정도 증가되어야 시행할 수 있다는 뜻으로 해석할 수 있다.

버스노선 운영체계별로 모형을 도출하여 운영체계가 시내버스 노선별 차량 운행대수에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 11과 같으며, 두 가지 운영체계 모두 차량 증차를 추진할 경우 1일 승객 수가 140명 정도는 확보되어야 한다는 공통적인 결론이 도출

Table 10. Variance Analysis Result -Bus Route Operation System

Div.	Model	Sum of squares	df	Mean Square	F	Sig.
Joint operation group	Regression	1359.458	1	1359.458	104.334	.000
	Residual	977.243	74	13.030		
	Total	2336.701				
Individual operation group	Regression	103.346	1	103.346	15.705	.001
	Residual	131.609	20	6.580		
	Total	234.955				

Table 11. Regression Analysis Result - Bus Route Operation System

Category	Joint operation group	Individual operation group
Constant	-4.786(-4.086)	-2.339(-1.204)
Revenue	3.028E-5(10.214)	2.030E-5(3.963)
R^2	0.582	0.440
Adjusted R^2	0.576	0.412
No. of observation	77	21

Note) Values in parenthesis are t-statistics.

되었다. 따라서 노선운영체제 특성에 따른 노선별 차량 운행대수 차이는 거의 없는 것으로 분석되었다.

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1 연구결과

본 연구는 시내버스 서비스수준을 의미하는 노선별 차량 운행대수에 영향을 미치는 운행여건과의 상관성 분석에 관한 연구이다. 서울시와 대도시에서 버스준공영제를 도입한 이후 중소도시에서도 지역주민의 교통편의를 안정적으로 제공하기 위해 버스업체에 대한 재정지원을 시행하고 있는데 지역주민의 노선 증설 또는 배차간격 단축 요구 시에는 재정지원이 추가로 소요되며 지자체의 예산지원이 어려울 경우에는 지속가능성에 대한 의문이 생길 수도 있다는 것이 연구의 배경이 되었다. 비록 시내버스의 공공재적 성격이 인정되어 지자체의 재정지원이 시행되지만 지속적이고 안정적인 버스 서비스 제공은 수요와 공급의 원칙에 기초를 두는 것이 바람직하기 때문에 본 연구에서는 버스운행여건에 영향을 미치는 요인을 분석하고 이러한 요인과 버스운행대수간의 상관성을 분석하여 안정적인 대중교통 서비스 제공을 위한 기초자료를 제시코자 하였다.

본 연구를 위한 분석방법은 회귀분석 방법을 적용하였으며 분석 대상은 울산시 2012년 기준 98개 노선으로 하였다. 상관성 분석을 위한 모형 도출을 위해 먼저 상관분석을 실시하여 종속변수인 운행대수와 독립변수인 운행거리, 운송수입금, 운송원가간의 관계를 분석한 결과 아주 높은 유의수준에서 상관성이 있는 것으로 확인되었다. 회귀분석은 모형을 3가지 유형을 구분하여 실시하였는데, 첫 번째는 전체 노선을 대상으로, 두 번째는 버스운행형태별로, 세 번째는 버스노선 운영체제별로 구분하였다.

회귀분석 모형도출결과 종속변수인 운행대수는 운송수입금 변수가 유의한 관계가 있는 것으로 분석되었으며 결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저 울산시 98개 버스노선 전체를 대상으로 도출한 모형은 아래와 같다.

$$\widehat{Y}(\text{운행대수}) = -4.532 + 0.00002877 \times X_1(\text{운송수입금}) \quad (12)$$

이 모형의 의미는 1일 1대당 운송수입금이 16만원 정도 증가하고 이러한 상황이 1년 정도 지속되어야 차량 1대 증차가 가능하다는 의미이다. Y 절편은 -4.532이므로 운송수입금이 0 일 때 운행대수는 -4.532 감해야 함을 의미한다. 운송수입금 16만원을 승객 수로 환산하면 약 140명 정도로서 운행대수 1대 증치를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 140명 정도 증가되어야 시행할 수 있다는 뜻으로

해석할 수 있다.

두 번째 일반형, 좌석형, 중형으로 구분되는 버스운행형태별 모형 도출결과는 다음과 같다.

$$\text{Standard Bus : } \widehat{Y}(\text{운행대수}) = -10.954 + 0.00004283 \times X_1(\text{운송수입금}) \quad (13)$$

일반형 시내버스를 1대 증차하기 위해서는 1일 1대당 운송수입금이 26만원 정도 추가로 증가되어야 하고 이러한 상황이 1년 정도 지속되어야 차량 1대 증차가 가능하다는 의미이다. Y 절편은 -10.954이므로 운송수입금이 0 일 때 운행대수는 -10.954 감해야 함을 의미한다. 운송수입금 26만원을 승객 수로 환산하면 약 153명 정도로서 운행대수 1대 증차를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 153명 정도 증가되어야 시행할 수 있다는 뜻으로 해석할 수 있다.

$$\text{Middle Sized Bus: } \widehat{Y}(\text{운행대수}) = -0.859 + 0.00001438 \times X_1(\text{운송수입금}) \quad (14)$$

이 모형의 의미는 1일 1대당 운송수입금이 6만원 정도 증가하고 이러한 상황이 1년 정도 지속되어야 차량 1대 증차가 가능하다는 의미이다. Y 절편은 -0.859이므로 운송수입금이 0 일 때 운행대수는 -0.859 감해야 함을 의미한다. 운송수입금 6만원을 승객 수로 환산하면 약 52명 정도로서 운행대수 1대 증차를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 52명 정도 증가되어야 시행할 수 있다는 뜻으로 해석할 수 있다.

한편 버스노선 운영체제별 모형 도출결과는 다음과 같다.

$$\text{Joint Operation Group : } \widehat{Y}(\text{운행대수}) = -4.786 + 0.00003028 \times X_1(\text{운송수입금}) \quad (15)$$

이 모형의 의미는 1일 1대당 운송수입금이 16만원 정도 증가하고 이러한 상황이 1년 정도 지속되어야 차량 1대 증차가 가능하다는 의미이다. Y 절편은 -10.954이므로 운송수입금이 0 일 때 운행대수는 -10.954 감해야 함을 의미한다. 운송수입금 16만원을 승객 수로 환산하면 약 140명 정도로서 운행대수 1대 증치를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 140명 정도 증가되어야 시행할 수 있다는 뜻으로 해석할 수 있다.

Individual Operation Group:

$$\hat{Y}(\text{운행대수}) = -2.339 + 0.00002030 \times X_1(\text{운송수입금}) \quad (16)$$

도출된 회귀식의 의미는 1일 1대당 운송수입금이 16만원 정도 증가하고 이러한 상황이 1년 정도 지속되어야 차량 1대 증가가 가능하다는 의미이다. Y 절편은 -2.339이므로 운송수입금이 0 일 때 운행대수는 -2.339 감해야 함을 의미한다. 운송수입금 16만원을 승객 수로 환산하면 약 140명 정도로서 운행대수 1대 증가를 위한 필요조건은 1일 승객 수가 약 140명 정도 증가되어야 시행할 수 있다는 뜻으로 해석할 수 있다.

버스노선 운영체계별로 모형을 도출하여 운영체계가 시내버스 노선별 차량 운행대수에 미치는 영향을 분석한 결과, 두 가지 운영체계 모두 차량 증가를 추진할 경우 1일 승객 수가 140명 정도는 확보되어야 한다는 공통적인 결론이 도출되었다. 따라서 노선운영 체계 특성에 따른 노선별 차량 운행대수 차이는 거의 없는 것으로 분석되었다.

5.2 향후 연구과제

본 연구는 울산시의 2013년 기준 98개 노선을 대상으로 노선별 운행대수와 운송수입금 간의 상관성에 대해 분석하고 그 결과를 제시하였다. 분석결과로서 차량운행형태별로 적합한 형태의 버스 운영이 이루어지고 있음을 확인하였다. 그러나, 이러한 결과는 민영제를 근간으로 하는 버스체계 하에서 도출된 결과이므로 버스 준공영제를 도입하는 대도시 및 재정지원체계가 다소 상이한 지방 중소도시에 적용하기에는 다소 무리가 있을 수 있다. 따라서, 분석대상도시 유형을 좀 더 다양화하여 버스 운행대수와 운행여건의

상관성을 분석할 필요가 있다.

두 번째 본 연구에서 2013년 기준의 울산시 버스체계현황에 대해 회귀분석을 주된 분석방법으로 활용하였는데, 운송수입금의 변화에 따른 운행대수의 변화를 시계열분석관점에서 검토하는 것이 필요하다. 이는 버스이용수요의 감소가 장기적으로 예측되기 때문에 과거 추세에 대한 분석이 무엇보다 중요하기 때문이다.

References

Attah, K. Boame. (2004). "The technical efficiency of Canadian urban transit systems." *Transportation Research part E*, Vol. 40, No. 6, pp. 401-416.

Cowie, J. (2002). "Acquisition, efficiency and scale economies : an analysis of the British bus industry." *Transport Reviews*, Vol. 22, No. 2, pp. 147-157.

Jo, G. S. (2009). An Analysis of the Effect of Government Subsidy Scheme to Bus Industry, Korea Research Institute of Transportation Industries (in Korean).

Jung, B. D., Kim, K. S. and Kim, K. H. (2013). "An investigation of the effect of government subsidy scheme to bus industry on the efficiency of inner-city bus route system." *Journal of the Korea Society of Civil Engineers*, Vol. 33, No. 6, pp. 2455-2464.

Kim, J. S., Jo, H. J. and Park, J. S. (2007). "An effect analysis on the management and service evaluation system for bus company." *Journal of Korean Society of Transportation Engineers*, Vol. 25, No. 5, pp. 43-55.

Oh, M. Y., Kim, S. S. and Kim, M. J. (2002). "Analyzing efficiency in the seoul's urban bus industry data envelopment analysis." *Journal of Korean Society of Transportation Engineers*, Vol. 20, No. 2, pp. 59-68.