

공공자전거시스템의 사회적 가치와 자전거 특성의 관계성 연구

김정화¹ · 최기주² · 김숙희^{3*}

¹아주대학교 TOD기반 지속가능 도시·교통연구센터, ²아주대학교 교통시스템공학과, ³수원시정연구원

Perceived Features of Cycling and Value of Public Bike System

KIM, Junghwa¹ · CHOI, Keechoo² · KIM, Suk Hee^{3*}

¹TOD-based Engineering Research Center, Ajou University, Gyeonggi 443-749, Korea

²Department of Transportation System Engineering, Ajou University, Gyeonggi 443-749, Korea

³Department of Urban and Environment, Suwon Research Institute, Gyeonggi 443-270, Korea

Abstract

In this study our main focus is to verify the relationship between social value of transportation system and its perceived features. To achieve this objective, we investigated the value of public bike system (PBS) through willingness to pay (WTP) analysis using contingent valuation method (CVM) and the survey was conducted for 1726 respondents who live in Suwon, Korea. Moreover the determinants related to features related to bicycle use were also gathered. The estimated binary logistic regression and censored regression reveal that the value of PBS is influenced by perceived features towards bicycle use incorporating non-congestion, transportation mode like auto and bus, and high mobility system as well as other variables such as income, bicycle ownership etc. Furthermore the results show that the perceiving of positive features to bicycle use leads to higher social value of PBS. Based on the findings, we discuss the importance of pre-review for transport policy implementation, and also explore the possibilities for application to PBS.

본 연구에서는 시민들이 인식하고 있는 자전거의 특성과 공공자전거시스템의 사회적 가치에 대한 상관관계를 분석하였다. 이를 위해 최근 10년간 전 세계적으로 활발히 진행되고 있는 공공자전거 서비스를 대상으로 해당 교통 시스템에 대한 사회적 가치를 시민들의 지불의사액으로 설정해 연구를 진행하였다. 지불의사액 추정을 위해서 CVM 방법 중 가장 활발히 활용되고 있는 이중양분선택형(double-bounded dichotomous choice)과 개방형 질문을 통합 활용하여 수원시 시민 1,722명을 대상으로 설문조사를 하였다. 공공자전거에 대한 특성 요소도 함께 질의하여 그 결과를 이항 로지스틱 회귀모형(binary logistic regression)과 중도절단회귀모형(censored regression)을 통해 공공자전거시스템에 대한 사회적 가치인식과의 관계를 검증하였다. 분석결과 월지출 교통비, 소득 그리고 자전거 소유 등의 변수와 함께 교통체증의 해소가 가능한, 버스과 승용차와 같은 교통수단, 높은 이동성을 가지는 수단으로서의 자전거의 특성이 공공자전거의 사회적 가치를 향상시키는 것으로 분석되었다. 이는 공공자전거에 대한 긍정적인 특성들이 인식되면 해당 시스템의 가치를 높게 평가하는 행태로 이어지며, 궁극적으로는 시스템의 이용 가능성을 향상시킨다고 해석될 수 있다. 공공자전거시스템에 대한 특성인식의 중요성을 검증한 본 연구결과를 토대로 공공자전거시스템의 효율성 제고를 위한 정책 추진 전의 검토사항에 대해 고찰해 본다.

Keywords

CVM, censored regression, cycling, logistic regression, public bike, tobit model, WTP
조건부가치추정법, 중도절단회귀, 자전거, 로지스틱회귀, 공공자전거, 토빗모형, 지불의사액

* : Corresponding Author
sukheek@suwon.re.kr, Phone: +82-31-220-8037, Fax: +82-31-220-8000

Received 31 July 2014, Accepted 23 February 2015

서론

1. 연구의 배경 및 목적

시민들의 의식이 점차 높아지면서 높은 초기구축비를 요하는 사회 인프라에 대한 관심이 증대되었다. 특히 과거에 비해 교통시설에 대한 투자 및 운영 효율성에 관심을 가지고 직접적으로 의견을 제시하기도 한다. 용인경전철과 김해경전철의 경우가 대표적인 예로, 추정된 수요 예측치와 실제 이용객수의 괴리에 대해 직접 의견을 내고 또 소송까지 제기하고 있는 상황이다. 이렇게 교통정책에 대한 시민의 관심이 증가되면서, 시민참여를 기본전제로 운영되는 형태의 교통시스템도 도입되고 있으며 이의 대표적 사례로 공공자전거를 언급할 수 있다. 자전거 공유(bike sharing) 시스템으로 알려져 있는 공공자전거는 일정의 이용요금을 지불하면 해당 지역 및 도시에 설치되어 있는 스테이션을 통해 자전거를 대여하고 반환 할 수 있는 서비스를 제공하는 교통시스템이다. 1960년대 유럽에서 처음 제안되었으며, 현재 프랑스 파리, 캐나다 몬트리올, 중국 상하이 등 세계 여러 도시에서 도입 운영되고 있다. 파리의 Vélib의 경우, 가장 성공적인 운영사례로 손꼽히며 대표적인 공공자전거 시스템으로 벤치마킹되고 있다. 중국의 공공자전거 시스템 도입은 2005년 이후 빠르게 확산되었으며, 2012년 2월 말 기준으로 12개 도시에 5,331 스테이션 및 180,500대의 공공자전거 도입이 이루어졌다.

최근 수년간 교통체증으로 인한 막대한 경제적 손실과 환경문제를 해결하고 저탄소 녹색성장의 목표를 달성하기 위한 대체 교통수단으로서 공공자전거의 도입이 국내외의 몇몇 지자체에 의해 추진되고 있다. 2008년 창원시를 시작으로 대전광역시, 고양시, 안산시 등에서 공공자전거 도입 운영 중에 있다. 국내의 연구 자료에 따르면 공공자전거의 도입으로 인해 승용차 이용 저감과 대기오염의 정도가 완화되는 등의 긍정적인 효과가 발생되고 있는 것으로 밝혀졌다 (Lee J. et al., 2010; Shin H. et al., 2012).

이렇게 공공자전거의 긍정적인 효과와 함께 시스템 도입의 확산이 전 세계적으로 이루어지고 있으나, 정작 공공자전거의 이용활성화에 대한 정책 연구는 이루어지고 있지 않은 실정이다. 사실상 대다수의 지자체에서는 공공자전거 사업에 큰 적자를 내고 있으므로, 지속적으로 시스템 운영이 가능한가에 대한 의문이 제기되고 있다. 사회적 가치가 높은 교통시스템을 구축하기 위해서

는 반드시 해당 시설에 대한 시민들의 공감을 이끌어 낼 수 있어야 하며, 공공자전거의 경우에도 시스템이 가지는 사회적 가치를 증대하여 이용활성화가 이루어져야만 지속적인 운영을 기대할 수 있다. 이를 위해 시민들이 자전거의 특성을 인식하고 있는지 조사하고, 공공자전거가 사회적으로 가치 있는 교통시스템으로서 수용되고 있는지 확인해보고자 한다. 친환경적 측면에서 향후 공공자전거의 필요성은 더욱 증가될 것으로 기대되며 앞으로 더 많은 지자체가 공공자전거를 도입할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 도입 이후에도 지속적으로 시스템이 유지될 수 있도록 공공자전거의 사회적 가치향상을 위한 정책방향을 제안하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 내용

본 연구에서는 먼저 공공자전거시스템이 가지는 사회적 가치를 추정하고 이에 영향을 미치는 요소를 파악하고자 하였다. 이를 위해 먼저 공공자전거 도입을 검토 중인 경기도 수원시를 대상으로 조건부가치추정법(Contingent Valuation Method)을 통해 해당 시스템에 대한 지불의사금액(Willingness to pay)의 추정을 통해 사회적 가치를 추정하고자 설문조사를 시행하였다. 질문형식은 이중양분선택형(double-bounded dichotomous choice)과 개방형 질문을 함께 활용하였으며, 추가적으로 지불의사금액에 영향을 미치는 다양한 요인들도 분석하고자 지불의사 여부와 지불의사금액을 목적변수로 둔 모형을 추정하였다. 추정된 모형은 크게 두 가지로 구분된다. 첫째, 공공자전거 도입에 대한 지불의사가 있는지를 평가하는 사회적 가치인식 모형이다. 지불의사를 '1'로, 지불의사를 '0'의 형태의 종속변수로 설정하여 이항 로지스틱 회귀분석을 적용하여 추정하였다. 둘째, 공공자전거 도입에 대해 지불의사금액을 종속변수로 설정하여, 시민들이 공공자전거에 대해 인식하는 사회적 가치 수준을 추정하는 모형으로 중도절단회귀분석을 적용되었다. 모형 추정에는 연령, 성별 등의 개별속성과 함께 자전거가 가지는 특성 요인들도 추가적으로 고려되었다.

선행연구 고찰

1. 공공자전거 관련 연구

지금까지 대부분의 공공자전거 관련 연구는 도입방안

에 대한 정책검토나 공공자전거를 이미 도입한 지자체를 대상으로 이용자 만족도에 대한 평가 및 서비스 개선방안에 주로 주안점을 두고 있다. Kim H.(2010)은 창원시 공공자전거 누리자의 이용자를 대상으로 진행된 설문조사를 통해 서비스의 중요도와 만족도에 영향을 주는 요소를 밝혀냈다. 공공자전거에 대해 이용자가 생각하는 중요도 부분의 경우 '자전거의 유지보수', 만족도 부분에서는 '자전거 이용의 즐거움'이 가장 중요한 요소로 나타났다. 이 외에도 안산시, 대전시를 포함한 여러 지자체에서 공공자전거 도입 후의 이용자 만족도 조사를 진행하고 있다. 또한, Lee K. J.(2011)은 창원시와 고양시를 대상으로 공공자전거 무인대여소의 입지적 특성과 이용률의 관계를 분석하였으며, 이용률이 낮은 무인대여소의 위치변경을 제안하여 전보다 이용률을 높여, 궁극적으로는 공공자전거 이용을 활성화시키기 위한 방안을 제시하였다. Shin H. et al.(2012)도 공공자전거의 보급 및 이용이 비교적 활성화되어 있는 창원시와 고양시의 이용자들을 대상으로 이용행태와 운영방식에 대한 선호를 조사하였으며, 더불어 공공자전거의 경제적 편익도 추정하였다. Lee K.(2012)의 연구에서도 창원시의 공공자전거를 대상으로 설문조사를 통해 누리자 서비스의 이용가치를 추정하고 이의 사회적 편익을 평가하였다.

2. 조건부가치추정법 (CVM)

공공자전거의 도입으로 발생하는 직접적인 효과로는 환경오염 및 교통혼잡 문제 해결 등이 될 수 있으며 더불어 도시 브랜드화 및 친환경적 이미지 제고 등의 사회적 편익이 발생한다. 이렇게 공공자전거 도입으로 발생하는 사회적 편익은 다양한 형태로 나타날 수 있으나 이를 계량화 할 수 있는 정형화된 방법은 정해져 있지 않은 실정이다. 하지만 이런 편익들은 시민에게 돌아가는 사회적 서비스로 간주되어 질 수 있으므로 현재가치화로 산정될 수 있고 이를 위해 비시장재화가치추정법 중에서 진술선호법(이하 SP)의 적용이 가장 적절하다고 판단된다. SP는 설문에서의 가상적인 선택 자료에 근거하여 평가 대상 재화의 가치를 추정하는 방법이며, 여기에 조건부가치추정법(Contingent Valuation Method, 이하 CVM)이 포함된다. CVM의 경우 기본적으로 대상 재화의 속성 및 수준을 분할하여 측정하기 보다는 총체적으로 가치를 평가하도록 하는 형식을 취하며 묘사된 가상적인 재화에 대해 일정 금액의 지불의사 또는 최대지불

의사금액(WTP)을 질문하는 방식의 계량법이다 (Shin Y., 2007; Mitchell and Carson, 1989; Hanemann, 1991; Kopp et al., 1997; Carson, 2000). 교통 분야에서 WTP를 적용한 몇 가지 연구가 진행되었다. Lierop etc(2012)은 보안성이 높은 자전거 주차장에 대해 일정한 금액을 지불 할 수 있는지를 조사하여 주차시스템에 대한 가치를 추정하였으며 Anastasiadou etc(2009)는 차량의 주차요금 결정을 위해 WTP를 적용하여 분석하였다. 이 밖에도 통행료 산정문제에, 또 수소버스 도입 검토에 WTP가 적용된 사례가 있다(Anastasiadou et al., 2009; Dell'Olio et al., 2011; Jou et al., 2012). WTP는 공공자전거에도 적용되어질 수 있으며 실제로 Shin H. et al.(2012), Lee K.(2012)은 CVM 기법을 적용하여 설문조사시 WTP를 질문하는 방식으로 공공자전거 시스템의 사회적 가치를 산정하였다. 하지만 앞서 검토된 연구들은 모두 공공자전거를 이미 도입 운영 중에 있는 지자체를 대상으로 분석을 진행하였으므로 본 연구에서는 공공자전거 도입을 검토 중인 정책가의 입장에서 공공자전거가 가지는 잠재적 사회적 가치를 판단하고 도입 후에도 지속적인 시스템 유지가 가능 할 수 있도록 하는 정책방안을 제시하는 데에 그 목적을 두고자 한다.

데이터 수집

1. 조사대상 및 방법

본 연구에서는 공공자전거 시스템 도입의 사회적 가치 추정을 위해 수원시를 대상으로 설문 조사를 시행하였다. 수원시 전 지역 총 40개동을 조사범위로 설정하여 동별 약 45부를 기준으로 설문을 수행하였으며, 총 1,722명의 수원시민이 조사에 응답하였다. 2014년 1월 2일부터 8일까지 총 7일간 조사가 진행되었으며, 조사 내용은 공공자전거가 도입된다면 발생할 수 있는 사회적 편익에 대해 인지하고 있는지, 그리고 이에 대해 최대로 지불할 수 있는 금액을 질의하는 파트와 시민들이 자전거의 특성에 대해 인식하고 있는지 조사하는 파트, 그리고 연령, 성별 등의 개별 속성을 질의하는 파트로 구성되었다. 응답자의 37.4%는 남성, 여성은 62.3%이며 전체의 64.7%가 기혼자인 것으로 조사되었다. 나이는 18세 이하가 11.8%, 19-29세와 30-39세가 각각 20.3%, 40대는 이보다 높은 30.8%, 그리고 50세 이상의 비율은 16.4%로, 어느 하나의 연령대에 치우치지 않는 구

성 비율을 보이고 있다. 월지출 교통비 항목을 살펴보면 월 5만원-10만원 수준의 비율이 25.5%로 가장 높았으며, 1-5만원의 지출규모를 가지는 응답자도 전체의 21.7%를 차지하는 것으로 나타났다. 54.3%의 응답자가 월 200-500만원의 소득을 가지며 대학교 재학 및 졸업자의 비율이 약 30%로 조사되었다. 응답자의 66.7%가 자전거를 보유하고 89.5%는 승용차를 소유하고 있는 것으로 나타났다.

Table 1. Characteristics of responders

Variables	Categories	No. of data	Proportion. (%)
Gender/ Marriage	Male/ married	381	22.1
	Male/single	264	15.3
	Female/ married	734	42.6
	Female/ single	340	19.7
Age	10-18 year old	203	11.8
	19-29 year old	350	20.3
	30-39 year old	349	20.3
	40-49 year old	531	30.8
	50-59 year old	246	14.3
	Over 60 year old	37	2.1
Monthly Transportation Expenses	Under 10,000 won	246	14.3
	10,000-50,000 won	374	21.7
	50,000-100,000 won	439	25.5
	100,000-200,000won	340	19.7
	Over 200,000 won	288	16.7
Monthly Income	Under 1 million won	196	11.4
	1-2 million won	90	5.2
	2-3 million won	317	18.4
	3-4 million won	346	20.1
	4-5 million won	272	15.8
	5-6 million won	137	8.0
	6-7 million won	59	3.4
	7-8 million won	19	1.1
	8-9 million won	18	1.0
9-10 million won	7	0.4	
Over 10 million won	26	1.5	
Education	Elementary school	88	5.1
	Junior high school	99	5.7
	High school	608	35.3
	College (2-3 years)	330	19.2
	University (4 years)	511	29.7
	Graduate school	59	3.4
Ownership of Bicycle	owned: 1, non-owned: 0	1149	66.7
Ownership of Car	owned: 1, non-owned: 0	1542	89.5

2. WTP 응답 현황

WTP 관련 질의항은 공공자전거 도입 시 유발되는 편익을 고려하여 1년에 한번 지방세를 지불할 수 있는지 (예="1", 아니오="0"), 지불할 수 있다면 지불가능 최대금액(단위: 원)은 얼마나 되는지를 측정하는 방식으로, 공공자전거에 대해 시민들이 가지는 사회적 가치를 closed-ended 형식으로 산정하였다. 이에 총 1,722명이 응답하였으며, 이 중에서 지불의사가 없는 응답자는 852명(49.5%)으로 집계되었다. 반면 지불의사가 있는 870명(50.5%)의 응답자 중 27.8%인 242명이 공공자전거 도입 및 구축 활성화를 위해 주민세 등의 지방세 명목으로 연 1,000원을 지불할 의사가 있다고 응답하였다. 그 외 높은 빈도의 지불가능금액은 2,000원(150명, 17.2%), 5,000원(107명, 12.3%), 그리고 3,000원(106명, 12.3%)순으로 나타났다. 다시 말해 공공자전거 도입 전에 해당 시스템이 가진 사회적 가치를 인식하고 있는 응답자가 전체의 약 50.5%를 차지하고 있으며, 평균 약 1,479원의 연간 지방세를 공공자전거 도입을 위해 지불할 의사가 있는 것으로 나타났다. 이 금액은 시민 개개인이 공공자전거에 대해 인지하고 있는 사회적 가치로 볼 수 있다. (수원시 인구 1,178,509인(2013년 기준)을 고려한 공공자전거 시스템의 사회적 가치는 약 17억/년으로 산정됨)

Table 2. WTP proportion of respondents who perceived value of public bike system (unit: won)

WTP	Proportion	WTP	Proportion
100	0.2%	4,500	2.1%
200	0.1%	4,600	0.1%
300	0.1%	5,000	12.3%
500	7.2%	5,500	0.1%
800	0.1%	6,000	0.2%
900	0.1%	7,000	0.1%
1,000	27.8%	7,500	0.1%
1,500	6.0%	10,000	4.1%
2,000	17.2%	12,000	0.1%
2,500	3.2%	15,000	0.1%
3,000	12.2%	20,000	0.9%
3,500	1.6%	28,000	0.1%
4,000	3.1%	30,000	0.5%

Mean: 1478,80, Std:2828.04
Total: 870 (100%)

3. 자전거 이용 및 공공자전거 특성 인식조사

본 연구에서는 응답자의 자전거 이용에 대한 현황(자전거 이용정도, 취미 여부)을 확인하였다. 이를 위해 “중종 자전거를 이용한다.”, “평소 자전거 타기에 취미를 가지고 있다.”의 질의 항을 응답자에게 주고 7 Likert Scale (매우 그렇다: 7- 전혀 아니다: 1)을 적용하여 측정하였다. 조사결과 각각 평균 3.14 (표준편차: 1.99), 평균 3.46(표준편차: 1.99)의 응답 값이 나타났다.

이와 함께 자전거가 가지는 특성 요소들도 조사하였다. 조사된 항목은 총 6개이며 Table 3과 같다. 앞서 조사된 자전거 이용현황과 동일하게 7 Likert Scale을 적용하였으며, 평균값을 비교했을 때 상대적으로 친건강, 친환경 교통수단으로서의 자전거가 높은 인식을 가지는 것으로 나타났다. 반면에 안전성 항목에서는 비교적 낮은 수치의 평균값을 보이므로 이는 평소 “자전거 이용이 안전하다”라는 요소가 시민들에게 충분히 인식되지 못하는 것으로 판단된다. 그 외에도 비혼잡 교통수단 항목에 대한 질문인 “자전거 이용은 교통 체증 및 혼잡 문제를 해결하는데 효과적이다.”에 대해서는 평균 4.95 (표준편차, 1.61)의 응답 값이 도출되었다. 또한 “자전거도 승용차, 버스와 같은 교통수단”이라는 요소에 대해서는 4.40, “높은 이동성을 가지는 수단”에 대해서는 4.48의 평균값이 도출되었으며, 이는 7 Likert Scale의 중립값인 4 보다 높은 수치로 비교적 자전거가 교통수단으로서의 특성을 가지는 시스템으로 시민들에게 인식되고 있는 것으로 해석된다.

앞서 조사된 WTP의 응답결과를 반영하여, 공공자전거 도입을 위해 일정 수준의 지방세를 낼 의사가 있는 집

Table 3. Features determinants related to bicycle use

Variable	Question	Mean (StD)
Environmental System	Bicycle use influences on environment positively.	5.21 (1.57)
Non-congestion System	Bicycle use is effective to solve a congestion problem.	4.95 (1.61)
Healthy System	Bicycle use is related to health promotion.	5.63 (1.39)
Safe System	Bicycle use is safe.	3.58 (1.59)
Transport System	Bicycle is one of transportation mode like auto and bus.	4.40 (1.62)
High Mobility System	Bicycle use has the high mobility.	4.48 (1.58)

단과, 지불의사가 없는 집단의 자전거 특성 인식 정도를 상호 비교하였다. t-test 결과 모든 항목에서 두 집단의 응답치가 1% 수준에서 유의하게 차이가 나는 것으로 나타났다. 지불의사가 없는 집단에 비해 지불의사가 있는 집단의 경우 모든 항목에서 높은 응답 값을 보이는 것으로 나타났다. 이를 통해 지불의사로 표현되는 공공자전거의 사회적 가치인지가 자전거가 가지는 특성을 인식하는 행태와 관계가 있다고 판단되며 보다 명확한 규명을 위해 추가적인 통계분석과 모형추정을 수행한다.

모형 추정 및 분석

1. 상관관계 분석

공공자전거의 사회적 가치인식 여부를 나타내는 WTP 응답 결과가 사회경제적 변수와 자전거 특성 변수와 상관성을 가지는지를 Pearson correlation analysis를 통해 확인하였다. 지불의사를 '1'로, 비지불의사를 '0'으로 나타낸 binary 형식의 WTP 변수(가치인식 여부)와 연속변수인 최대지불가능액(단위: 원, 가치인식 정도)에 대해 분석을 진행하였으며 결과는 Table 5와 같다. 먼저 공공자전거에 대한 사회적 가치 인지여부에서는 성별과 결혼유무, 소득, 자전거 보유, 자전거 이용 빈도 및 취미가 상관성이 있는 변수로 도출되었으며, 사회적 가치인지도는 연령, 월지출 교통비, 소득, 자전거 보유, 자전거 이용 빈도 및 취미와 상관관계에 있는 것으로 나타났다. 자전거 특성 변수의 경우, 모든 항목이 공공자전거

Table 4. Mean value and standard deviation of features determinants by WTP or not

Features Determinants	Mean (St.D)		t-test
	Willing to pay	Would not to pay	
Environmental System	5.49 (1.43)	4.93 (1.66)	7.52*
Non-congestion System	5.26 (1.48)	4.64 (1.67)	8.11*
Healthy System	5.82 (1.27)	5.43 (1.48)	5.91*
Safe System	3.79 (1.50)	3.37 (1.65)	5.61*
Transport System	4.76 (1.53)	4.03 (1.63)	9.66*
High Mobility System	4.82 (1.46)	4.13 (1.63)	9.21*

*p < 0.001

Table 5. Results of correlation analysis between WTP and variables

Features Determinants	Willing to pay	
	binary variable (1 or 0)	continuous variable (unit :won)
Gender/Marriage	0.065***	-0.013
Age	-0.016	0.043*
Monthly Transportation Expenses	0.025	0.100***
Education	-0.002	0.011
Monthly Income	0.072***	0.097***
Ownership of Bicycle	-0.111***	-0.061**
Ownership of Car	-0.015	0.000
Bicycle Use	0.115***	0.064***
Cycling Hobby	0.107***	0.092***
Environmental System	0.179***	0.161***
Non-congestion System	0.192***	0.169***
Healthy System	0.141***	0.146***
Safe System	0.134***	0.117***
Transport System	0.227***	0.181***
High Mobility System	0.217***	0.171***

***: p < 0.01, **: p < 0.05, *: p < 0.1

의 사회적 가치인지와 매우 유의한 상관관계를 가지는 것으로 분석되었다. 이는 Table 4와 동일한 결과로, 자전거 특성의 인식은 공공자전거가 가진 사회적 가치를 인지하는 데에 그치지 않고, 그 가치를 높게 판단하는 행태와도 상관성이 있다고 해석할 수 있다.

2. 공공자전거 가치 인식에 대한 모형추정

1) 이항 로지스틱 회귀분석

한 개의 종속변수와 여러 개의 독립변수간의 상호 관련성을 분석할 때 유용하게 사용되는 분석기법이 회귀분석이다. 일반적인 회귀분석법은 독립변수들에 의해 종속변수의 변화가 연속적인 선형으로 변한다는 가정을 바탕으로 두고 진행되기 때문에 공공자전거의 사회적 가치 인식 유무 (지방세 지불 여부)같은 이항적인 변수를 다루는데 적합하지 않다. 반면 이항 로지스틱 회귀분석은 종속변수가 범주형 관측된 데이터를 다룰 때 유용하게 쓰이는 통계적 방법으로, 공공자전거가 가진 사회적 가치 인식(지불의사)을 '1'로, 불인식(비지불의사)을 '0'으로 설정하여 가치인식 여부를 분석대상으로 하는 본 연구에 적용가능하다. 이항 로지스틱 회귀분석의 기본 형태는 식(1)과 같다.

$$P = \frac{\exp[f(x_i, \beta_i)]}{1 + \exp[f(x_i, \beta_i)]} = \frac{\exp[\beta_0 + \sum \beta_i x_i]}{1 + \exp[\beta_0 + \sum \beta_i x_i]} \quad (1)$$

여기서 $P(y = 1|x_1, \dots, x_i)$ 는 공공자전거의 사회적 가치 인식여부의 확률이며, x_i 는 이에 영향을 주는 변수로 사회경제적 변수 및 자전거 특성 변수가 여기에 해당되고, β_i 는 모형에서 추정된 계수 값이다. 로지스틱 회귀분석에서는 우도 함수(likelihood function: \mathcal{L}) 즉 사건의 발생가능성을 크게 하는 최대 우도 추정법(Method of Maximum Likelihood: MLM)을 이용하여 계수 β_i 를 추정한다. 식(1)의 관계는 비선형이기 때문에 이를 log화 시켜 식(2)와 같이 변환하면, 선형 회귀모형이 갖는 형태를 가지게 된다. 이와 같은 변환을 로지스틱 변환(logistic transformation)이라 하며 여기서 추정된 β_i 의 부호가 양인 경우 해당변수는 가치인식 여부의 확률적 증가에 영향을 미친다고 해석할 수 있으며, 부호가 음인 경우 가치인식의 확률이 감소됨을 의미한다.

$$\ln P = \ln \frac{\exp[\beta_0 + \sum \beta_i x_i]}{1 + \exp[\beta_0 + \sum \beta_i x_i]} = \ln \left[\frac{P}{1-P} \right] = \beta_0 + \sum \beta_i x_i \quad (2)$$

또한, 로지스틱 회귀분석의 결과물 중 하나인 독립변수의 승산비(Odds-ratio)는 다른 변수가 고정되었을 때의 해당 독립변수의 위험도를 설명할 수 있다(식(3) 참조).

$$oddratio = \frac{\frac{P_{H1}}{1 - P_{H1}}}{\frac{P_{H0}}{1 - P_{H0}}} \quad (3)$$

여기서, P_{H1} 는 설명변수가 고려된 가치인식 확률이며, P_{H0} 는 설명변수가 고려되지 않은 모형에서의 가치인식 확률을 의미한다. 따라서 각각의 설명변수가 가치인식 여부에 미치는 영향의 정도를 odds-ratio를 통해 수치적으로 분석할 수 있다. 또한, 입력변수에 대한 회귀계수의 유의성은 Wald 통계량으로 확인할 수 있으며 이 값이 클수록 독립변수가 종속변수에 미치는 영향이 크다고 해석된다.

2) 이항 로지스틱 회귀모형 추정결과

이항 로지스틱 모형을 적용하여, 공공자전거를 대상

Table 6. Estimated binary logistic regression model

Variables	Coef.	S.E	Wald	odds ratio
(Constant)	-1.67***	0.31	29.81	0.19
Gender/Marriage	1.14***	0.05	7.19	1.15
Monthly Income	0.08***	0.03	9.23	1.08
Ownership of Bicycle	-0.51***	0.11	20.59	0.60
Non-congestion System	0.10**	0.04	5.67	1.10
Transport System	0.15***	0.05	9.67	1.16
High Mobility System	0.13***	0.05	7.06	1.14
-2 Log			1979.10	
Cox & Snell R ²			0.09	
Nagelkerke R ²			0.11	
Hosmer & Lemeshow test		$\chi^2 = 14.44$, df=8,		p-value=0.07

***: p < 0.01, **: p < 0.05, *: p < 0.1

으로 교통시스템의 사회적 가치인식 모형을 구축하였다. 통계패키지 SPSS를 이용하였으며, Wald 후진 검증을 통해 선택된 사회경제적 변수는, 성별/결혼, 월소득, 자전거 보유이며, 자전거 특성 변수에서는 미혼자 수단, 교통시설, 높은 이동성 변수가 최종 선택되었다. 연령, 월 지출 교통비, 교육수준, 차량소유 그리고 친환경, 친환경적, 안전한 수단으로서의 특성은 공공자전거 가치 인식 추정모형에 유의미한 영향을 주지 못하는 것으로 나타났다. 해당 모형의 추정 결과와 상세한 통계적 검증은 Table 6에 제시되었다.

추정된 모형의 설명력을 보여주는 Cox & Snell R² 값은 0.09로, Nagelkerke R² 값은 0.11로 추정되어 회귀분석에서의 R² 값에 비해 상대적으로 낮은 수준이지만, 로지스틱 회귀분석에서는 오차의 등분산성 가정이 만족되지 않고 예측된 확률에 따라 R² 값이 달라지며 로지스틱 회귀분석에서 구한 R² 값은 대개 낮게 나오는 편이기 때문에 R² 값을 통해 모형의 설명력을 해석하기에 한계가 있다 (Hosmer & Lemeshow, 2000; Lee K. J. et al., 2010; Cohen et al., 2003). 따라서 본 연구에서는 Hosmer & Lemeshow의 적합도 검정을 사용하여 모형의 설명력을 확인하였다. 카이제곱 검정 통계량은 14.44로 추정되었으며, 유의수준은 0.07로 0.05보다 높은 P값이 도출되었으므로 모형에 포함된 설명변수들과 공공자전거의 사회적 가치인식의 관계를 나타내는 본 모형은 통계적으로 적합한 것으로 판단된다.

또한 추가적으로 ROC 곡선(Receiver Operating Characteristic Curve)를 사용하여 모형의 적합도를 판단하였다. ROC 곡선 아래의 면적인 AUROC(The Area

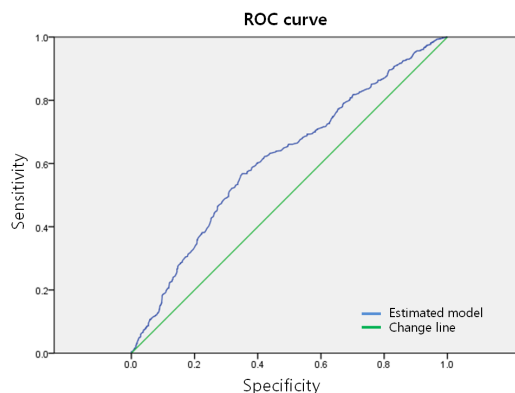


Figure 1. Resulted ROC curve

Table 7. Results of ROC curve analysis

Results of ROC curve	Space	p-value	95% CL	
			Min	Max
	0.614	0.000	0.587	0.640

Under an ROC Curve)의 수치를 통해 모형의 설명력을 평가할 수 있으며, ROC 곡선이 좌상의 꼭지점에 가까울수록 평가모형이 우수하다는 것을 의미한다. Figure 1은 본 연구에서 추정된 모형의 ROC 곡선을 나타내며, AUROC의 분석결과 0.614로 나타나 본 모형이 61.4%의 설명력을 가지는 것으로 증명되었다.

3) 구축된 이항 로지스틱 회귀모형 해석

구축된 모형의 추정계수 및 Wald 통계량, odd-ratio를 통해 각 설명변수가 공공자전거의 사회적 가치인식에 얼마나 영향을 주는지 추정할 수 있다. 성별 및 결혼 유무에 대한 변수는 추정된 계수의 부호가 양의 값을 가지며 Wald 통계량이 7.19로 1% 수준에서 통계적으로 유의하다. 또한 odd-ratio의 값이 1.15로 도출되어, 남성보다 여성 그리고 기혼보다 미혼일 경우에 공공자전거의 사회적 가치를 인식할 확률이 1.15배 증가한다는 것을 의미한다. 소득과 자전거 보유 변수도 통계적으로 유의하게 산출되었으며 자전거 보유는 음수의 계수 값을 가지는 것으로 확인되었다. 이들의 odds-ratio는 각각 1.08, 0.60으로 나타났으며, 이는 소득수준이 증가할수록 공공자전거의 사회적 가치를 인식할 확률이 1.08배 증가하나, 자전거를 보유하고 있으면 미보유시에 비해 공공자전거의 가치를 인식할 확률이 약 40% 낮아진다는 것을 의미한다. 모형 내 자전거 특성 변수를 살펴보면 세 개의 변수 모두 통계적으로 유의한 결과를 보이며, 각

각 1.10-1.16의 odds-ratio값을 나타낸다. 이는 다시 말해 “혼잡문제를 해결하며 이동성이 높은 교통시설로서의 자전거 특성”을 인식하는 시민의 경우 공공자전거의 사회적 가치를 인지할 확률이 높다는 의미이며, 자전거 이용으로의 긍정적인 인식이 사회적 가치인지에 영향을 준다는 본 모형의 기본 가설을 충족시키는 결과이다.

3. 공공자전거 가치 추정에 대한 모형추정

1) 중도절단회귀모형

종속변수가 일정 범위 안에서는 관측 될 수 없는 제한된 값, 즉 중도 절단되는 특성을 갖는 데이터에 적용시킬 수 있는 중도절단회귀모형(censored regression model) 있다. 이는 토빈(Tobin, 1958)에 의해 제안되었으며, Tobit 모형이라 알려져 있기도 하다. 중도절단회귀모형은 상당수의 종속변수가 0인 경우에 유용하게 이용되는 것으로, 일반적으로 식(4), 식(5)와 같이 표현될 수 있다.

$$y_i^* = \beta x_i + \epsilon_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$y_i = \begin{cases} 0 & \text{if } y_i^* \leq 0 \\ y_i^* & \text{if } y_i^* > 0 \end{cases}$$

$$y_i^* = \beta x_i + \epsilon_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

$$y_i = \begin{cases} a & \text{if } y_i^* \leq a \\ y_i^* & \text{if } a < y_i^* < b \\ b & \text{if } y_i^* > b \end{cases}$$

여기서, a 는 관측변수의 하한 값 b 는 상한 값을 의미한다. 또한, n 은 표본의 크기, y_i^* 는 가상적인 종속변수, y_i 는 관찰된 종속변수, x_i 는 설명변수, 그리고 ϵ_i 는 오차항을 의미한다. 일반적인 회귀모형과 유사하지만, 중도절단회귀모형에서는 관찰된 모든 종속변수가 y_i^* 값이 아니라는 점에서 차이가 있다. $y_i^* > 0$ 이면 $y_i = y_i^*$ 가 관찰되고, $y_i^* \leq 0$ 이면, $y_i = 0$ 으로 관찰된다. 절단된 자료에 대해서는 최대우도법(maximum likelihood)을 적용하여 추정계수를 산출할 수 있다. 이는 우도함수에 로그를 취해 얻어지는 값을 극대화하여 모형의 계수를 추정할 수 있으며 다음과 같이 표현된다 (Kim and Park, 2013).

$$\ln L = \sum_0 \ln(1 - \Phi(\frac{x_i \beta}{\sigma_u})) + \sum_0 [\ln(\ln \sigma - \Phi(\frac{y_i - x_i}{\sigma_u}))] \quad (6)$$

2) 중도절단회귀모형 추정결과

중도절단회귀분석을 적용하여, 공공자전거를 대상으로 교통시스템의 사회적 가치추정 모형을 구축하였다. 먼저 후진법 검증을 통해 선택된 사회경제적 변수는, 월지출 교통비, 월소득, 자전거 보유로 나타났다. 그리고 통계 software R을 이용하여 중도절단회귀모형을 추정하였으며, 해당 모형의 추정 결과와 상세한 통계적 검증 값을 Table 8에 제시하였다. 자전거 특성 변수 중에서는 앞서 구축된 사회적 가치인식 모형에서와 동일하게 비혼잡 수단, 교통시설의 특성 요소들은 1%, 높은 이동성의 경우 5% 통계적 유의수준을 만족하는 변수로 선정되었다. 본 연구에서 추정된 모형의 Pseudo R^2 값이 0.11로 도출되었으나¹⁾, 산출된 p-value를 통해 본 모형이 매우 높은 적합도를 가지는 것으로 판단할 수 있다. 이와 더불어 Figure 2와 같이 회귀표준화 잔차의 정규 P-P 도표도 선형에 가까운 형태로 도출되었기 때문에 추정된

Table 8. Estimated censored regression model

Variables	Coef.	S.E	t value
(Constant)	-5.10***	0.72	-7.07
Monthly Transport Expenses	0.22**	0.10	2.16
Monthly Income	0.21***	0.06	3.53
Ownership of Bicycle	-0.96***	0.27	-3.50
Non-congestion System	0.30***	0.10	3.04
Transport System	0.37***	0.11	3.25
High Mobility System	0.30**	0.12	2.57
logSigma	1.49***	0.03	55.54
Log-likelihood	-2797.236 (df = 8)		
p-value	0.00		

***: $p < 0.01$, **: $p < 0.05$, *: $p < 0.1$

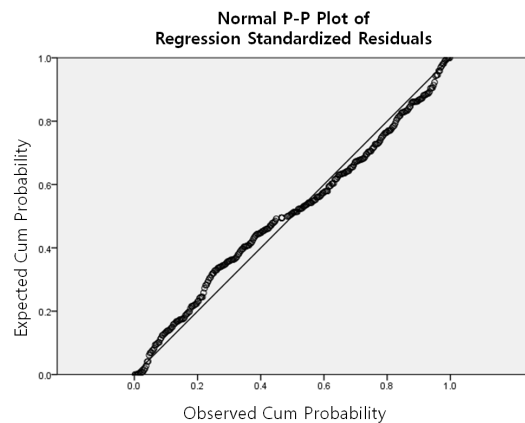


Figure 2. P-p plot of estimated model

모형의 통계적 적합도와 설명력은 매우 뛰어난 것으로 판단된다.

3) 구축된 중도절단회귀모형 해석

구축된 중도절단회귀모형의 추정된 계수를 살펴보면 월 지출 교통비 변수가 공공자전거의 사회적 가치를 증가시키는데 유의한 변수로 나타났다. 월 소득도 가치인식 수준과 양의 관계를 나타내는데 이는 다시 말해 지출되는 교통비가 많고 소득 수준이 높은 시민일수록 공공자전거가 가지는 사회적 가치를 높게 평가한다고 해석되어진다. 앞서 추정된 이항 로지스틱 모형과 동일하게 자전거 보유의 계수가 음의 부호를 가지므로 자전거를 보유하고 있지 않는 시민일수록 공공자전거의 가치를 높게 인식하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 또한 본 가치추정 모형에서도 앞서 구축된 가치인식의 자전거 특성 변수(비혼잡, 교통시설, 높은 이동성)가 유효한 변수로 선정되었고, 추정된 계수 값들이 교통비 및 월소득 변수와 비교해서 상대적으로 크게 산출되었다. 이는 공공자전거 가치인식 이후 단계라고 볼 수 있는 인식되는 가치의 크기, 즉, 가치를 얼마나 크게 느끼느냐의 문제에 이들 변수가 조금 더 유의미 하게 해석되어 질 수 있다고 판단된다. 따라서 모형 추정 결과를 통해 시민들이 “혼잡문제를 해결하며 이동성이 높은 교통시설로서의 자전거” 특성을 인식할수록 공공자전거가 가지는 사회적 가치를 높게 평가하고 있는 것으로 볼 수 있겠다.

본 연구에서 공공자전거 가치인식 모형(이항 로지스틱 모형)과 가치추정 모형(중도절단회귀모형)에 동일하게 영향을 주는 설명변수는 월소득, 자전거 보유, 그리고 세 가지의 자전거 특성 변수(비혼잡 수단, 교통시설, 높은 이동성)로 분석되었다. 공공자전거의 가치 인식 여부의 문제에서는 성별 및 결혼 유무가 영향을 주는 변수로 나타났지만 공공자전거의 가치인식 수준은 월지출 교통비용의 변수가 매우 유의미한 설명요소로 도출되었다. 반면 상관관계 분석에서 공공자전거의 가치인식과 밀접한 관계가 있을 것으로 기대되었던 친환경, 친건강적, 안전한 수단으로의 특성은 두 모형 모두에서 유의한 변수로 도출되지 않았다. 이는 WTP로 대변되는 공공자전거의 가치 인식과 이 세 변수들 간에 미약하게 상관성은 존재하지만 ‘비혼잡 수단’, ‘교통시설’, ‘높은 이동

성’ 요소들에 비해 상대적으로 적은 영향을 주는 변수임을 나타낸다.

결론 및 시사점

최근 수년간 교통체증으로 인한 사회적 문제와 환경 오염의 심각성으로 인해 공공자전거 도입이 이슈화되었으나, 도입 후에도 시스템이 성공적으로 운영 관리되고 있다고 판단하기에는 어려운 상황이다. 공공자전거를 도입한 지자체의 상당수가 낮은 이용률로 인해 적자 운영 중에 있으며, 이런 상황이 지속된다면 시설의 노후화 및 사회적 관심 부족 등으로 결국 장기적인 운영이 어렵게 될 것이다. 따라서 공공자전거 도입 전 공공자전거의 이용활성화를 위한 방안이 검토되어야 하며, 이와 더불어 지자체는 해당 시스템의 사회적 가치 향상을 도모해야 한다. 실제로 기존 연구에 따르면 공공자전거를 경험한 시민들이 느끼는 공공자전거의 사회적 가치는 한 달에 약 3,084원으로 산출되어(이경환, 2012), 본 연구에서 보여주는 공공자전거 도입 전의 사회적 가치와 큰 차이를 보이고 있다. 이는 공공자전거의 사회적 가치 향상을 위하여 도입 전 단계에서 시민들의 인식 제고를 중요하게 고려해야 한다는 본 연구의 의의를 뒷받침 해주고 있는 결과로 판단할 수 있겠다. 이는 비단 공공자전거만의 문제는 아니며 모든 교통시스템의 지속적인 운영은 반드시 해당 시스템이 발생시키는 사회적 편익, 다시 말해 그 시스템의 사회적 가치를 시민들에게 충분히 인식시켜야 가능하다.

본 연구에서는 로지스틱 회귀모형을 통해 어떤 요소들이 시민들에게 공공자전거의 사회적 가치를 인지하게끔 하는지, 더 나아가 공공자전거의 가치 향상을 위해서는 어떠한 요소들이 고려되어야 하는지를 중도절단회귀모형을 통해 검증하였다. 모형 분석결과 성별/결혼, 월지출교통비, 월수입 그리고 자전거 소유 등의 사회경제적 변수와 함께 ‘교통 혼잡문제를 해결할 수 있는’, ‘버스와 승용차와 같은 교통시설’, ‘높은 이동성 가진 수단’의 자전거 특성이 공공자전거의 사회적 가치인지와 관련성이 있는 것으로 나타났다. 따라서 공공자전거 도입 전에 혼잡문제 해결가능, 이동성 향상 등의 자전거 특성을 충분히 홍보한다면, 공공자전거에 대한 사회적 가치 향상

1) 로지스틱회귀모형의 경우와 마찬가지로 최대우도법으로 추정되는 중도절단회귀모형에서도 R^2 를 대신하여 Pseudo R^2 를 산출 할 수 있으나, 이를 가지고 모형적합도를 판단하는 것에는 무리가 있다 (UCLA, 2011).

을 통해 보다 높은 이용률을 기대할 수 있겠다.

자전거 특성 관련 요소가 공공자전거의 사회적 가치 향상과 관련성이 있다는 본 연구결과는 매우 중요한 시사점을 나타내는 것으로 이는 자전거의 긍정적인 특성을 인식시키는 것이 공공자전거의 사회적 가치를 높이며, 결국 이용률을 향상시켜 시스템의 지속적인 운영이 가능토록 하게 한다. 시민들의 의식이 점차 높아지고 있으므로 이제는 정부 및 지자체가 무작정 공공자전거를 도입한다고 해서 높은 이용률을 기대한다는 것은 매우 어렵다. 최근 환경오염 및 혼잡문제의 심화로 공공자전거가 새로운 교통수단으로서 많은 관심을 받고 있다. 이와 더불어 공공자전거의 지속적인 운영문제도 사회적으로 중요한 이슈가 되고 있으며 이를 위한 지자체의 관심도 증대되고 있다. 특히 몇몇 지자체에서는 공공자전거시스템의 구축 후 운영적자를 배우려고 키오스크 광고 및 회원제의 가맹점 할인 등의 마케팅을 추진하고 있다. 하지만 어떠한 요소에 중점을 두어 마케팅을 추진해야 할지에 대한 기본적인 연구가 부재하므로 이는 근본적인 해결책이 될 수 없다. 따라서 공공자전거 도입 전, 효율적이고 지속적인 운영이 가능하도록 사전에 시민들이 인식하는 자전거 특성요소를 정확히 파악하고, 이를 홍보하여 공공자전거의 사회적 가치 증대 및 이용활성화 방안이 반드시 검토되어야 할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korea government(MSIP) (NRF-2010-0028693) (NRF-2014R1A1A3052320) and an analysis was conducted using the data gathered by Suwon Research Institute (SRI).

REFERENCES

Anastasiadou M., Dimitriou D., Fredianakis A. (2009), Determining the Parking fee Using the Contingent Valuation Methodology, *Journal of Urban Planning and Development*, 135(3), 116-124.

Carson R. T. (2000), *Contingent Valuation: A User's Guide*, *Environmental Science and Technology*, 24(8), 1413-1418.

Cohen J., Cohen P., West S., Aiken L. (2003), *Applied Multiple Regression Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*, Mahwah, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.

dell'Olio L., Ibeas A., Cecin P., dell'Olio F. (2011), Willingness to Pay for Improving Service Quality in a Multimodal area, *Transportation Research Part C*, 19, 1060 - 1070.

Hananmann W. M. (1991), Willingness to Pay and Willingness to Accept: How Much Can They Differ?, *American Economic Review*, 81(3), 635-647.

Hosmer D., Lemeshow S. (2000), *Applied logistic regression*, New York, John Wiley & Sons.

Jou R., Chiou Y., Chen K. (2012), Freeway Drivers' Willingness-to-pay for a Distance Based toll Rate, *Transportation Research Part A*, 46(3), 549-559.

Kim K., Park B. (2013), Analysis of Accident Factors at Arterial Roads Using Tobit Model, *Int. J. Highw. Eng.*, 15(2), 131-138.

Kim, H. (2010), Study on the Problems and Improvements of the Public Bicycle Facilities in Changwon, Pusan National University, MS dissertation.

Kopp R. J., Pommerenhe W. W., Schwarz N. (1997), *Determining the Value of Non-Marketed Goods*, Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.

Lee G. (2011), A Study on the Location of Bicycle Stations for Encouraging Public Bicycle System: A case study of Goyang and Changwon City, Kyungwon University, MS dissertation.

Lee J., Lim H. (2010), The Analysis of Characteristics of Public Bike System and Its Implication on Daejeon City, Daejeon Development Institute.

Lee K. J., Choi K. C. (2010), A Bike Mode Share Estimation Model and Analysis of the Bike Demand Factor Effects, *J. Korean Soc. Transp.*, 28(3), Korean Society of Transportation, 21-31.

Lee, K. (2012), Assessment of the use value of public bicycle service: Focus on changwon-si in Korea, *Journal of the Kora Planners Association*, 47(7), 119-128.

Lierop D. V., Lee H. Y., El-Geneidy A. M. (2012), Secure Investment for Active Transport: Willingness to Pay

- for secured bicycle parking in Montreal, Canada,
Paper Prepared for Presentation and Publication at the
Transportation Research Board 93th Annual Meeting.
- Mitchell R. C., Carson R. T. (1989), Using Surveys to
Value Public Goods: The Contingent Valuation
Method, Resources for the Future, Washington, D.C.
- Shin H., Kim D., Joung S. (2012), Impact Analysis on
Bije-Sharing and Its Improvement Plan, The Korea
Transport Institute.
- Shin Y. (2007), The Theory of Non-market Valuation and
the Actual Goods, Congressional Budget Office
report.
- Tobin J. (1958), Estimation of Relationships for limited
Dependent Variables, *Econometrica*, 26(1) 24 - 36.
- UCLA (2011), FAQ: What are pseudo R-squareds?. <web
available> [http://www.ats.ucla.edu/stat/mult_pkg/faq/
general/Psuedo_RSquareds.htm](http://www.ats.ucla.edu/stat/mult_pkg/faq/general/Psuedo_RSquareds.htm)

- ☞ 주 작 성 자 : 김정화
☞ 교 신 저 자 : 김숙희
☞ 논문투고일 : 2014. 7. 31
☞ 논문심사일 : 2014. 9. 23 (1차)
 2015. 1. 23 (2차)
 2015. 2. 23 (3차)
☞ 심사판정일 : 2015. 2. 23
☞ 반론접수기한 : 2015. 8. 31
☞ 3인 익명 심사필
☞ 1인 abstract 교정필