

## 신교통수단 수혜자의 시장분할을 고려한 수단선택 모형 개발

김덕녕\* · 최아름\*\* · 황재민\*\*\* · 김동규\*\*\*\*

Kim, Duck Nyung\*, Choi, A Reum\*\*, Hwang, Jae-Min\*\*\*, Kim, Dong-Kyu\*\*\*\*

### A Mode Choice Model with Market Segmentation of Beneficiary Group of New Transit Facility

#### ABSTRACT

The introduction of a new transit facility affects mode share of travel alternatives. The multinomial logit model, which has been the most commonly used for estimating mode share, has difficulty in reflecting heterogeneity of travelers' choices, and it has a limitation on grasping their characteristics of mode choice. The limitation may lead to over- or under-estimation of the new transit facility and bring about significant social costs. This paper aims to find a methodology to overcome the problem of preference homogeneity. It also applies market segmentation structure of separating the whole population into direct and indirect beneficiary to consider their preference heterogeneity. A mode choice model is estimated on data from Jeju Province and statistically tested. The results show that mode transfer rate of direct beneficiaries that inhabit in downtown areas increases as the new transit facility provides more advanced services with higher costs. The results and the model suggested in this study can contribute to improving the accuracy of demand forecasting of new transit facilities by reflecting heterogeneity of mode-transfer patterns.

**Keywords :** Mode choice model, Market segmentation, New transit facility, Direct & indirect beneficiary, Preference heterogeneity

#### 초 록

신교통수단의 도입은 통행 대안 간의 수단분담률에 영향을 미친다. 그러나 수단분담률을 추정하는 데에 일반적으로 사용되는 다항로짓 모형은 통행자 선택의 다양성을 반영하기 어렵기 때문에 수단선택 특성을 정확하게 파악하는 데에 한계가 있다. 이러한 문제는 교통수단의 도입 효과를 파악 또는 과소추정하는 결과를 야기하며, 이는 심각한 사회적 손실을 초래할 수 있다. 본 연구는 선호의 동질성 문제를 극복할 수 있는 방법론을 모색하는 것을 목적으로 한다. 전체모집단을 직접수혜자와 간접수혜자로 구분하는 시장분할 구조를 적용하여 선호의 이질성을 반영할 수 있도록 한다. 제주도의 조사 자료를 활용하여 수단 선택 모형이 추정되며, 통계적 검정이 수행된다. 분석 결과, 신교통수단의 통행특성이 고급화됨에 따라 도심부에 거주하는 직접수혜자의 수단 전환율이 증가하는 것으로 확인되었다. 본 연구는 수단전환 패턴의 다양성을 반영함으로써 신교통수단 도입시 수요예측의 정확성을 제고하는 데에 기여할 것으로 사료된다.

**검색어 :** 수단선택모형, 시장분할, 신교통수단, 직·간접수혜자, 선호 다양성

\* 정회원 · 서울대학교 건설환경공학부 박사과정 (terry0803@hanmail.net)

\*\* 삼성SDS (sumul@snu.ac.kr)

\*\*\* 서울대학교 건설환경공학부 박사과정 (skiman86@snu.ac.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 교신저자 · 서울대학교 건설환경종합연구소 연구부교수 (Corresponding Author · Integrated Research Institute of Construction and Environmental Engineering, Seoul National University, Research Associate Professor · kimdk95@snu.ac.kr)

Received March 10 2012, Revised May 1 2012, Accepted December 17 2012

## 1. 서론

우리나라 대중교통 체계는 이동성 중심의 철도와 접근성 중심의 버스노선이 주를 이루고 있었으나 최근 운송측면의 효율성과 환경 측면의 지속가능성을 고려하여 소위 신교통수단이라고 불리는 노면전차, 모노레일 등의 사업이 전국 각지에서 추진 및 검토 중에 있다.

새로운 형태의 통행수단이 도입될 때 통행수요에 가장 큰 영향을 미치는 것은 수단분담률이다. 그러나 이를 효과적으로 도출할 수 있는 방법론에 대한 연구가 부족한 실정이고, 일반적으로 분석에 이용되는 수단분담모형에는 구조적 측면의 한계점이 존재하고 있다. 그 중 가장 큰 문제점은 통행자들의 선호가 하나의 추정된 계수 값으로 대변되기 때문에 통행자의 다변성을 반영할 수 없다는 것이다. 따라서 새로운 선택 대안이 추가되거나, 교통 정책으로 인해 통행 속성 정보가 변화될 때, 통행자의 행태변화 및 수단선택 특성을 파악하는 분석은 제한적일 수밖에 없다.

본 연구에서는 기존 다항로짓모형이 가지고 있는 선호의 동질성(homogeneity)을 극복할 수 있는 방법론을 모색하였으며, 선호의 이질성(heterogeneity)을 모형에 반영하고, 통계적인 검정절차를 통해 이질적인 집단을 분리하는 시장분할(market segmentation) 구조를 제안하였다. 즉, 통행자의 주거위치 및 통행행태에 따라 이용행태가 상호 이질적이라는 가정 하에 신교통수단을 이용하는 잠재수요자들의 차별화된 분담률을 도출하는 것을 본 연구의 주된 목표로 설정하였다.

또한 분석모형의 구조를 단순화함으로써 실제 수요분석에 적용 가능성을 검토하였으며, 최종적으로 제주도 지역에서 검토 중인 신교통수단의 사례를 이용하여 실증적 분석을 진행하였다. 제주도는 섬이라는 지리적 특성으로 인해 외부 진·출입 및 통과 교통량이 제한되어 있고, 해당 사업의 직간접 수혜자를 구분하는 데 있어 공간적 제약조건을 반영하기에 최적이라고 사료되어 사례분석 지역으로 선정하였다. 제주도 지역주민을 대상으로 신교통 수단의 선호 자료를 구축하기 위한 별도의 SP조사를 진행하였으며 구축된 사회경제속성 자료를 기반으로 시장분할을 실시하고 각 분할된 시장에 대해 수단선택 모형을 도출하였다. 산출된 모형의 통계치를 이용하여 시장분할의 적정성을 평가하고 최종 모형을 통해 통행수단별 분담률을 도출하였다.

본 논문의 II장에서는 연구의 목적에 부합되는 방법론을 결정하기 위해 기존문헌 고찰을 수행하였다. III장에서는 모형구축을 위한 자료 수집을 실시하며, 시장분할 구조 및 분석방법론을 제시하였다. IV장에서는 모형구축 결과 및 통계적 검정결과를 통해 최종 분담률을 산출하며, V장에서는 결론 및 향후과제를 기술하였다.

## 2. 기존문헌고찰

일반적으로 교통수요분석에서는 이산선택모형을 사용하여 수단 분담률을 도출하는데, 이산선택모형은 오차항의 가정에 따라 로짓모형과 프로빗모형으로 구분된다. 로짓모형의 경우 오차항이 IID Gumbel(Weibull) 분포를 따르고 있기 때문에 계산이 용이하여 가장 많이 사용되고 있으나, 모든 통행자가 동일한 모수 값을 갖는다는 가정에 의해 선호의 동질성이라는 제한적인 가정이 수반된다. 이에 따라 Chung and Chang(2007)의 연구에서는 모형으로부터 산출된 계수가 단일 값으로 적용되기 때문에 교통측별 통행특성을 파악하거나 지역 간 수요분석의 차별성을 반영할 수 없다고 서술하였다.

이는 로짓모형이 가지고 있는 구조적인 문제이며, 이를 해결하기 위해 확률계수모형(random coefficient model) 또는 혼합로짓모형(mixed logit model)이 제시되었다. 위의 두 모형은 통행자의 선호를 나타내는 계수 값을 고정된 값이 아닌 확률적인 값으로 정의하고 있는데, 이를 현재 수요분석에 적용하기에는 계수 값의 대표성을 확립할 수 없기 때문에 별도의 시뮬레이션 과정이 수반되어야 한다(Train, 2003). 즉, 개별행태 측면에서 선호의 다양성은 다양한 확률적 분석측면에는 효과가 있지만 거시적 관점의 수요분석에 적용하기에는 분석의 복잡성이 가중되어 적절하지 못하다고 사료된다.

따라서 Ben-Akiva and Lerman(1985)은 모형의 단순화 및 분석의 용이성을 고려하여 시장분할을 통한 모형구축 방법을 제시하고 있다. 시장분할은 이질적인 모집단을 몇 개의 동질 그룹으로 분할하여 분석하는 방법으로 분할방법에 따라 내생적(endogenous), 외생적(exogenous) 시장분할로 구분된다. Bhat(1997)는 내생적 시장분할을 통한 수단분담 모형을 도출하였으며, Hybrid EM-DEP 알고리즘을 이용하여 Nested 구조의 시장분할을 제시하였다. Ben-Akiva and Lerman(1985)은 외생적 시장분할을 통해 수단분담모형을 제시하였으며, 이때 사용된 사회경제 속성변수는 가구소득, 승용차 보유대수, 성별이다. Outwater et al.(2003)의 연구에서는 행태적 시장분할을 이용하여 수단분담률을 예측하였으며, 일반적으로 사용하는 이산선택모형이 아닌 구조방정식을 적용하였다. 국내 연구에서 시장분할을 교통수요분석에 적용한 사례는 많지 않으며, Choi and Nam(2006)은 화물운송시장을 화주의 동질성 측면에서 몇 개의 군집으로 묶어 집단의 성향을 파악하는 연구를 진행하였고, 그 결과 연간 입·출하량이 화물운송시장을 분할하는데 효과적인 외생변수라고 제시하였다.

외생적 시장분할을 통한 수단분담 모형구축에서 가장 중요한 것은 이질적인 전체 모집단을 동질적인 군집으로 클러스터링 하는 기준을 설정하는 것이다. 따라서 본 연구의 목적인 직·간접 수혜자

를 분할할 수 있는 효과적인 변수를 탐색하는 과정이 요구되며, 직관적 판단에 의해 분석하고자 하는 신교통수단 노선간의 물리적인 거리와 지리적인 위치가 중요할 것으로 판단된다.

Eom et. al.(2009)은 효용의 척도를 결정하는 통행시간, 통행비용이 유사하면 출발지의 지역적 특색과 관계없이 유사한 수단분담률을 제시하게 되는 한계점을 지적하였다. 또한 출발지의 GIS 기능을 활용하여 공간적인 선호도의 유무를 판단하였으며 공간로지스틱 회귀모형을 통해 공간적 영향을 고려한 수단분담률을 추정하는 방법론을 제시하였다. Kwon et. al.(2007)은 지역특성이 통행수단에 미치는 영향을 분석하였으며, 지역변수(인구밀도, 고용밀도), 지역대미(도착지 도심여부, 도착지 강남여부, 지하철역 관련 정보)를 적용할 경우 모형의 적합도가 향상된다고 서술하였다. Kim and Hwang(2010)의 연구에서는 본 연구의 공간적 범위와 동일한 제주도를 대상으로 교통수단 선택모형을 구축하였으며 행정구역 구분방법을 적용하여, 도심부와 비도심부를 정의하고 시내 통행 및 시내·외 통행을 분리하였으나 모형추정결과 통계적 유의성이 결여되는 한계점을 보였다.

기존문헌 고찰결과 공간적 또는 지리적인 변수가 수단분담에 미치는 영향이 클 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 직관적인 판단에 의해 신교통수단이 건설되고자 하는 지역으로부터의 이격 정도를 통행거리와 통행시간으로 분리함에 따라 이용자들의 통행행태를 차별화하고, 그에 따라 신교통수단의 직·간접 수혜자가 분할된다는 가정을 본 연구에서는 통계적 기법을 이용하여 검증하고자 한다. 제주도는 도심지역과 비도심 지역이 공존하는 특성을 가지고 있고, 섬이라는 지형적 특색으로 외부 진출·입 교통량 및 통과교통량이 다른 지역에 비해 제한되어 있다. 따라서 공간적 특성으로 해당 신교통 수단의 직접수혜자 및 간접수혜자를 나누는 근거는 보다 명백하다고 판단된다.

### 3. 자료수집 및 분석방법론 구축

#### 3.1 선호조사를 통한 자료수집

수단분담모형의 구축을 위해서는 일반적으로 선호자료가 사용되며, 선호자료는 현시선호자료(RP data)와 잠재선호자료(SP data)로 구분할 수 있다. 신교통수단의 수단분담 모형을 예측하기 위해서 가상의 시나리오를 바탕으로 잠재선호조사(이하 SP조사)를 별도로 수행하였다. 본 연구에서 1)현재 구축되어 있지 않은 교통시스템이지만 교통수단에 대한 선호를 현재 이용 가능한 교통수단과 비교분석 하기위해 2)한편의 설문 응답자에게 복수의 선호자료를 구득할 수 있어 시간과 비용 측면의 효율성을 달성하기 위해 SP 조사를 실시하였다(Bateman et al., 2002; Hensher et al., 2005). 그러나 SP 조사는 분석가의 의도가 설문지에 반영되어

편의된 결과가 초래될 수 있는 단점이 있다. 또한 신뢰성 있는 결과를 산출하기 위해서는 가상의 시나리오에 수록되는 통행정보들이 응답자의 경험적 지식과 부합되어야 한다(Hensher, 1994; Fowkes and Wardman, 1988). Rose et al.(2008)은 설문응답자의 실제 통행경험을 바탕으로 참조대안(Reference Alternative)의 속성 변수 수준을 피보팅(Pivoting)하는 설계기법을 제시하였으며, Hess(2008)는 설문응답자에게 현재의 통행을 하나의 선택사항으로 포함하는 SP조사를 설계하였다. 이처럼 Reference Theory를 통한 SP조사는 선호자료의 신뢰성을 향상시킬 수 있지만 대부분 컴퓨터 기반의 Web-Survey 형식으로 수행되기 때문에 시간, 비용 소모가 크며 가상 시스템에 대한 참조대안을 설정하기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 각 기종점 시나리오별, 수단별 통행시간 및 통행비용은 포털 사이트에서 제공하는 교통정보 값을 기준으로 구성하였으며, 대중교통(버스 및 택시)의 접근시간을 위해 적정범위 내의 난수 값을 발생하여 통행시간에 가산하였다. 즉, 선호조사에서 주된 문제로 야기되는 측정오차를 최소화함으로써 설문조사로부터 구득되는 통행 자료의 신뢰성을 확보하였다. 본 설문조사에서 이용 가능한 수단은 승용차, 버스, 택시 그리고 신교통수단이며, 각 수단 별 통행시간 및 통행비용이 제시된다.

신교통수단의 속성자료는 대체 및 경쟁 수단으로 예상되는 버스의 통행정보를 기준으로 2가지 변수(통행시간, 통행비용)에 2가지 변화수준을 적용하였으며, 하나의 기종점 통행에 대해 4가지 ( $2^2 = 4$ )의 시나리오가 구성된다. 기종점 시나리오의 경우 신교통수단이 계획되고 있는 도심지의 주요지점을 선정하였고, 이 주요지점을 연결하는 다양한 기종점 쌍을 기반으로 총 21개의 통행 시나리오를 구축하였다. 이렇게 구축된 하나의 기종점 시나리오 별로 앞서 기술한 신교통수단의 통행비용 및 통행시간의 시나리오가 각각 4개씩 부여된다.

최종적으로 기종점 시나리오 21개, 신교통수단의 속성 시나리오 4개가 고려되고 완전배치요인설계(full factorial design)를 적용할 경우 설문응답자 1인당 84개의 문항에 응답해야하는 부담이

Table 1. Scenarios of new transit facility (NTF)

Full factorial design		
	[Variable 1] Travel time of NTF	[Variable 2] Travel cost of NTF
Changing level 1	85% of bus travel time	130% of bus travel cost
Changing level 2	75% of bus travel time	150% of bus travel cost
Scenario 1	● 85% of bus travel time + 130% of bus travel cost	
Scenario 2	● 85% of bus travel time + 150% of bus travel cost	
Scenario 3	● 75% of bus travel time + 130% of bus travel cost	
Scenario 4	● 75% of bus travel time+ 150% of bus travel cost	

발생한다. 이는 현실적 제약측면에서 시행하기 힘들고, 시나리오 간의 교호작용을 판단하여 수록하는 부분배치설계(fractional

factorial design)법 역시 대안의 수가 크게 감소되지 않는다. 따라서 본 연구에서는 기 구축된 시나리오의 속성 값들이 각각 독립적이라는 가정 하에 개인당 8개의 가상 시나리오가 임의적으로 할당되는 방식을 적용하여 SP조사를 실시하였다(Jang et al., 2012; Waerden et al., 2011).

Table 2. Descriptive statistics for input data

Individual information	Gender			
	Male	901 (55.0%)		
	Female	737 (45.0%)		
	Age			
	Under 30	646 (39.4%)		
	30 ~ 50	691 (42.2%)		
	Over 50	301 (18.4%)		
	Number of car ownership			
	0	122 (7.4%)		
	1	754 (46.0%)		
	2	612 (37.4%)		
	3 and over	150 (9.2%)		
	Job		Income level (ten thousand won)	
	Student	420 (25.6%)	100 under	436 (26.6%)
Employee	399 (24.4%)	100-200	451 (27.5%)	
Official	46 (2.8%)	200-300	382 (23.3%)	
Self-employed	396 (24.2%)	300-500	177 (10.8%)	
Housewife	116 (7.1%)	500 over	68 (4.2%)	
etc.	257 (15.7%)	Not specified	124 (7.6%)	
Preference information of travel mode	Travel time (min)			
	Mode	Mean	Standard deviation	
	Car	14	6	
	Taxi	17	6	
	Bus	26	11	
	New transit	21	9	
	Travel cost (won)			
	Mode	Mean	Standard deviation	
	Car	2,535	738	
	Taxi	5,230	1,888	
	Bus	1,428	305	
	New transit	1,873	346	
	Choice probability			
	Car	58.91%		
Taxi	4.95%			
Bus	22.16%			
New transit	13.98%			
Residence information	Urban residence		811 (50.2%)	
	Sub-urban residence	Under the 30 min to urban area	616 (37.6%)	
		Over the 30 min to urban area	211 (12.9%)	

설문조사는 2011년 3월부터 한 달간 제주도에 거주하고 있는 주민 1,000명을 대상으로 실시되었다. 또한 제주도 도심지역(제주도청 부근, 제주시청 부근)내 주요 10개 지점에서 노숙면접방식으로 실시되었다. 설문지는 신교통수단에 대한 선호자료 조사와 더불어 개인속성자료조사(성별, 연령, 가구차량보유대수, 직업, 소득수준 등), 현재통행정보조사(현재 수행중인 통행에 대한 RP data 조사) 그리고 직접수혜자와 간접수혜자를 구분할 수 있도록 거주지 정보(거주지 및 도심으로의 통행횟수, 통행시간, 통행수단 등)가 조사되었다. 구축된 데이터는 설문결과의 신뢰성을 고려하여 1차적인 필터링 과정을 수행하였다. 또한 설문응답자가 특정 집단에 편중되는 문제를 최소화하기 위해 제주도민의 사회경제 통계지표를 이용하여 전체 모집단을 실제 비율과 유사하게 재구성하는 2차 필터링 작업을 수행하였다. 그 결과 총 6,552개의 수단별 선호 자료가 본 연구의 모형구축에 이용되었다. 데이터의 통계적 특성은 Table 2와 같다.

3.2 연구의 방법론

본 연구에서는 일반적으로 수단선택모형에 사용되는 다항로짓 모형을 이용하며, 수단간 효용은 결정적 효용과 확률적 효용의 합으로 표현된다.

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \tag{1}$$

- $U_{in}$  : 개인 n을 위한 대안 i의 총 효용
- $V_{in}$  : 개인 n을 위한 대안 i의 결정적 효용
- $\varepsilon_{in}$  : 개인 n을 위한 대안 i의 확률적 효용

결정적 효용은 어떤 대안의 특성벡터와 어떤 대안을 선택하는 개인의 사회경제적 특성벡터로 구성되며, 본 연구에서는 대안 특성을 나타내는 통행시간과 통행비용 그리고 대안특정상수를 반영하여 효용함수를 구축하였다. 따라서 대안의 총 효용은 수식 (2)번과 같이 구체화된다.

$$U_i = \alpha_i + \beta^1 \cdot TT_i + \beta^2 \cdot TC_i + \varepsilon_i \tag{2}$$

- $\alpha_i$  : 대안 i의 대안특별상수
- $\beta^k$  : 속성벡터 k의 모수(Parameter)

$TT_i$  : 대안  $i$ 의 총 통행시간  
 $TC_i$  : 대안  $i$ 의 총 통행비용

대안특별상수는 대안의 개수가  $J$ 개일 때  $J-1$ 개로 설정해야하며 (Ben-Akiva and Lerman, 1985) 속성변수  $k$ 의 모수( $\beta^k$ )는 대안 간 동일한 영향력을 갖는 일반변수(generic variable)와 차등적인 영향력을 갖는 대안특성변수(mode specific variable)로 나눌 수 있다. 본 연구는 시장 분할된 두 모집단의 영향력을 비교하는 것이 주된 목적이므로 대안의 속성벡터 간의 차이는 동일한 형태로 분석하였다. 따라서 이용 가능한 수단 4개에 대해 통행시간 영향력은  $\beta^1$ , 통행비용 영향력은  $\beta^2$ 로 산출된다. 한편 확률적 효용의 경우 대안간의 차이( $\varepsilon_j - \varepsilon_i$ )가 IID Gumbel (Weibull) 분포를 따른다고 가정하였을 때 개인  $n$ 이 대안  $i$ 를 선택하게 되는 확률은 다음과 같다.

$$P_n(i) = \text{Prob}(U_{in} \geq U_{jn}, \forall J \in C_n) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j=1}^J e^{V_{jn}}} \quad (3)$$

$P_n(i)$  : 개인  $n$ 이 대안  $i$ 를 선택할 확률  
 $C_n$  : 개인  $n$ 이 선택할 수 있는 대안들의 집합

모형의 각 계수 값 추정은 일반적으로 이산선택모형에 사용되는 최우추정법(maximum likelihood method)을 사용하였으며, 통계 패키지 Limdep 8.0 NLOGIT 3 프로그램을 이용하였다. 추정된 모형식의 적합도를 판별하는 과정은 다음과 같다. 우선, 추정된 계수 값의 부호가 경험적인 지식과 부합하는지를 판별한 뒤 계수 값의  $t$ 계량(또는  $p$ -value)으로 개별 변수의 적합도를 판별하였다.

다음으로, 이후 모형 전체의 적합도(goodness of fit)를 판단하기 위해  $\rho^2$ (rho-squared: likelihood ratio index)를 이용하되, 설명변수가 증가할수록 적합도가 증가하는 경향을 방지하기 위해 수정된 적합도  $\bar{\rho}^2$ (rho bar-squared: adjusted likelihood ratio index)를 동시에 검토하였다. 경험적인 연구사례를 검토한 결과  $\rho^2$  값이 0.2 ~ 0.4사이일 경우 통계적으로 합리적인 모형으로 판단할 수 있다.

마지막으로, 추정된 계수 값을 이용하여 통행자의 시간가치를 산출함으로써 추정된 모형이 현실 상황을 반영하는지에 대하여 검토하였다. 통행자의 시간가치는 추정된 효용함수를 통행시간과 통행비용으로 각각 편미분한 값(즉, 추정된 통행시간 및 통행비용의 계수 값)의 비율로 도출된다. 추정된 통행자의 시간가치 한국개발연구원에서 제시하고 있는 통행자의 시간가치 값과 비교하여 합리적인 수준의 여부를 판단하게 된다.

$$VOT = \frac{\partial U / \partial TT}{\partial U / \partial TC} = \frac{\beta^1}{\beta^2} \cdot C \quad (4)$$

$VOT$  : 통행자의 시간가치(value of time)  
 $\beta^1$  : 통행시간의 모수(parameter)  
 $\beta^2$  : 통행비용의 모수  
 $C$  : 환산계수

본 연구의 가장 중요한 목적은 신교통수단의 잠재적 통행자를 동질적인 그룹이 아닌 이질적인 그룹으로 가정하고, 각 특성에 맞게 전체 통행자를 시장분할을 하는 것이다. 따라서 앞서 수행된 문헌고찰 결과를 중심으로 통행자를 구분하였으며, 그 구조는 Fig. 1과 같다.

1차적으로 설문자료의 거주자 위치 정보를 이용하여 도심 거주자와 비도심 거주자로 분류하였다. 본 설문조사에서는 제주도 지역 중 구시가지(제주시청 부근) 및 신시가지(제주도청 부근)를 잇는 노선을 소개하였고 그에 따른 선호를 조사하였다. 따라서 이 두 지역을 포함한 지역을 도심지역, 그 외 지역을 부도심지역으로 지정하였다. 부도심지역의 통행자의 경우 도심과의 이격거리에 따른 선호의 다양성이 있을 것으로 판단하여, 2차 세분화를 실시하였다. 이 때 이격거리를 산정할 수 있는 변수로는 도심으로의 통행시간, 도심으로의 통행횟수(회/1주)등이 고려되었다. 대부분의 설문 응답자가 가구와 도심 간의 거리를 정확히 인지하고 있지 않았고, 가구의 정확한 주소 정보를 구득하는 것이 쉽지 않았기 때문에 도심으로의 이격거리를 직접적인 구분 변수로 사용하지 않았다. 따라서 이격거리의 대리변수로 도심으로의 통행시간 및 통행횟수를 고려하였다.

최종적으로 수요분석에서의 이용 가능성을 고려하여 통행시간을 2차 세분화 기준변수로 채택하였다. 요컨대, 본 연구에서 제시하는 시장분할 구조는 거주지의 정보를 토대로 설정된다. 즉, 직관적인

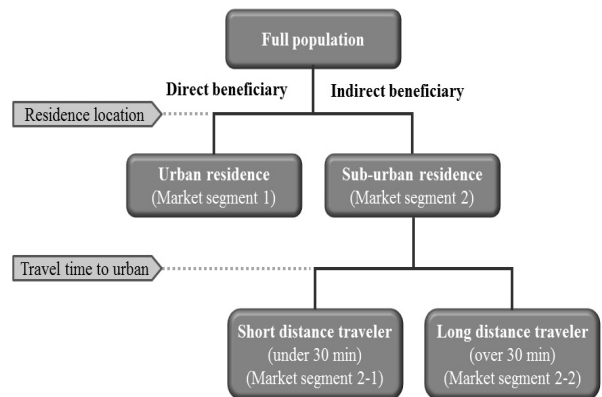


Fig. 1. Design of market segmentation

판단에 의한 지리적인 구분과, 정량적인 기준에 의한 통행시간을 근거로 분할된 모집단의 통행행태가 차별화될 것이라는 가정이 내포된다. 또한 통행행태의 차별성을 최종적으로 신교통수단의 수혜정도를 판단하는 기준이 된다. (통행지역 특성에 따른) 통행행태의 차별성에 대한 가설은 통계적 검증절차를 통해 논리적 타당성을 판단하게 되며, 신교통 수단의 수혜 정도는 본 연구 후반부에 제시되는 분담률의 차이를 통해 구체화된다.

본 연구에서 제안된 시장분할의 구조가 합리적인지 판단하기 위해 다음과 같은 통계적 검증 절차가 진행된다. I) 첫째로 전체 모집단(sample size : N)이 G개의 시장으로 분할된다고 가정하였을 때( $\sum_{g=1}^G N_g = N$ ) 각각의 분할된 시장에 선호다양성이 존재하지 않는다( $H_0: \beta^1 = \beta^2 = \dots = \beta^G$ )는 귀무가설의 우도비 검정을 실시하였다. 아래 식의 통계치는  $\chi^2$ 분포를 따른다.

$$-2[L_N(\hat{\beta}) - \sum_{g=1}^G L_{N_g}(\hat{\beta}^g)] \quad (5)$$

$L_N(\hat{\beta})$  : 전체 모집단 모형의 Log Likelihood Function 값  
 $L_{N_g}(\hat{\beta}^g)$  : 분할된 그룹(g) 모형의 Log Likelihood Function 값

ii) 둘째로 분할된 시장구조는 동일한 형태의 효용함수를 갖게 되며, 각 분할된 시장에서 추정된 계수 값들의 차이가 통계적으로 유의한지 판별하기 위해 점근적 t-test(asymptotic t-test)를 수행하였다.

$$\frac{\hat{\beta}_k^1 - \hat{\beta}_k^2}{(var(\hat{\beta}_k^1) + var(\hat{\beta}_k^2))^{1/2}} \quad (6)$$

$\hat{\beta}_k^1$  : 분할된 시장 1번 그룹의 k번째 속성벡터의 모수추정치  
 $\hat{\beta}_k^2$  : 분할된 시장 2번 그룹의 k번째 속성벡터의 모수추정치

iii) 마지막으로 분할된 시장의 시간가치 산출을 통해 도심 거주자와 비도심 거주자간의 차이를 비교하고, 분할 구조의 적합도를 최종 검토한다.

## 4. 모형구축 및 결과분석

### 4.1 수단분담모형 구축

우선적으로 전체 모집단의 수단분담모형을 구축하며, 그 결과는

\* : 신뢰수준 90%에서 통계적으로 유의한 변수임.  
 \*\* : 신뢰수준 95%에서 통계적으로 유의한 변수임.

Table 3. Logit estimates of travelers' mode choice (whole traveler)

Model : Total Population				
Number of observations		1,638		
Adjusted $\rho^2$ ( $\bar{\rho}^2$ )		0.2374		
Log Likelihood Fn ( $L(\hat{\beta})$ )		-1729.828		
Variables	Coefficient	Std. err.	t-value	p-value <sup>1)</sup>
$\alpha_{CAR}$	1.1784	0.1022	11.525	.0000 **
$\alpha_{TAXI}$	-0.4071	0.0111	-2.166	.0303 **
$\alpha_{BUS}$	0.6520	0.0963	6.771	.0000 **
$\beta_{COST}$	-0.00028	0.00005	-5.418	.0000 **
$\beta_{TIME}$	-0.06380	0.01118	-5.707	.0000 **
§ Value of time (VOT) = 13,558 won / hour				

Table 3과 같다. 추정된 모형의 결과를 보면 주요 속성벡터(통행시간, 통행비용)의 모수 추정값이 음수로 산정되어 합리적이라고 판단되

며, 대안특별상수를 포함한 모든 추정치가 신뢰수준 95%에서 유의한 결과임을 보이고 있다. 모형 전체의 설명력을 의미하는  $\bar{\rho}^2$ 의 값(0.2374) 역시 경험적 연구사례와 비교해볼 때 합리적인 것으로 판단되며, 모든 통행자의 시간가치는 13,588원으로 산출되었다. 본 수단분담 모형은 통행목적별로 세분화하고 있진 않지만 산출된 시간가치의 범위는 선행연구의 값들과 비교했을 때 합리적인 수준이라고 사료된다. 이는 SP 설문조사에 사용된 설문 시나리오의 값이 현실을 제대로 모사하고 있음을 나타내며, 추후 분석되는 도심 통행자와 비도심 통행자의 시간가치의 중간 값을 의미한다.

전체 통행자의 거주지 정보를 이용하여, 도심 거주 통행자와 비도심 거주 통행자로 구분한다. 이때 도시에 거주하는 통행자를 본 신교통수단의 직접 수혜자로 설정하였으며, 비도심 거주 통행자는 간접 수혜자로 설정하였다. 추정된 모형의 계수 추정치의 부호는 합리적으로 도출되었으나, 도심 통행자의 모형추정결과에서 택시의 대안특별상수가 통계적 유의성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다. 본 설문조사 시 택시를 선택한 표본의 수가 너무 적어 이와 같은 편익된 결과가 산출됐을 가능성이 높다고 판단된다. 서로 다른 모집단으로부터 추정된 모형의 계수를 직접적으로 비교하는 것은 의미가 없지만(Train, 2003) 도심부 통행자의 시간가치가 비도심부 통행자의 시간가치가 상이한 점을 참고했을 때 두 모집단의 차별성이 있음을 알 수 있다. 4장 3절의 통합모형의 결과를 참고했을 때, 도심부 통행자는 전체 모집단에 비해 통행시간 및 통행비용에 민감한 것을 유추할 수 있다.

도심 통행자가 시간과 비용에 더 민감하다고 해서, 신교통수단을 덜 이용하거나 더 이용하게 된다는 직접적 근거로 사용될 수 없다. 본 모형은 모든 대안에 대한 변수의 영향력이 동일한 일반변수의

형태로 구성되었기 때문에 실질적인 분담률은 대안특별상수와 함께 고려되어야 한다. 각 수단별 대안특별상수 값을 참고했을 때 도심부 통행자와 비도심 통행자의 대안간 선호의 순서(승용차 > 버스 > 신교통수단 > 택시)는 동일하다. 앞서 제시한바와 같이 두 모집단의 대안특정상수의 크기를 비교하는 것은 무의미하다. 다만 이용가능한 네 가지 통행수단의 속성값(통행시간 및 통행비용)이 동일할 때, 도심부 지역의 승용차 이용확률은 44.3%가 되며, 비도심부 지역은 50.7%가 된다. 즉 도심부에 거주하는 통행자의 이용 가능한 수단이 비 도심지 거주자에 비해 다양하기 때문에 승용차 통행에 대한 의존도가 낮게되며, 이용가능한 수단의 속성값에 보다 민감하게 반응하게 된다. 이는 위에서 제시한 결과와 동일한 의미를 갖는다. 신교통수단의 직접적인 수혜자로서의 분담률에 대한 차이는 RP 자료를 통한 분담률 계산결과를 제시함으로써 4장 3절(통합모형의 설계 및 수단 분담률 도출)에서 직접적으로 다루게 된다.

**Table 4.** Logit estimates of travelers' mode choice (urban traveler)

Model : Urban (Segment : 1)				
Number of observations		811		
Adjusted $\rho^2$ ( $\bar{\rho}^2$ )		0.2636		
Log Likelihood Fn ( $L(\hat{\beta})$ )		-826.170		
Variables	Coefficient	Std. err.	t-value	p-value
$\alpha_{CAR}$	1.1507	0.1471	7.823	.0000 **
$\alpha_{TAXI}$	-0.2141	0.2807	-0.763	.4454
$\alpha_{BUS}$	0.7757	0.1402	5.5531	.0000 **
$\beta_{COST}$	-0.00042	0.00008	-5.158	.0000 **
$\beta_{TIME}$	-0.09881	0.0167	-5.894	.0000 **

§ Value of time (VOT) = 14,036 won / hour

**Table 5.** Logit estimates of travelers' mode choice (sub-urban traveler)

Model : Sub-urban (Segment : 2)				
Number of observations		827		
Adjusted $\rho^2$ ( $\bar{\rho}^2$ )		0.2156		
Log Likelihood Fn ( $L(\hat{\beta})$ )		-897.438		
Variables	Coefficient	Std. err.	t-value	p-value
$\alpha_{CAR}$	1.2378	0.1443	8.577	.0000 **
$\alpha_{TAXI}$	-0.4919	0.2564	-1.918	.0551 *
$\alpha_{BUS}$	0.5557	0.1334	4.164	.0000 **
$\beta_{COST}$	-0.00019	0.00006	-2.812	.0049 **
$\beta_{TIME}$	-0.03648	0.0153	-2.384	.0171 **

§ Value of time (VOT) = 11,257 won / hour

도심부의 통행시간 정보를 이용하여 비도심부의 통행자를 단거리 통행자(30분 이하)와 장거리 통행자(30분 초과)로 구분한 모형의 추정결과는 Table 6, Table 7에서 제시된다. 두 모형의 통행시간 및 통행비용의 모수 값은 모두 음수로 도출되어 합리적인 결과로 사료되며  $\rho^2$  값 역시 각각 0.2552, 0.2568로 도출되어 비교적 우수한 설명력을 나타낸다. 그러나 단거리 비도심 통행자의 대안특별상수(버스)의 통계적 유의성이 확보되지 못했으며, 장거리 통행자 역시 대안특별상수(택시) 및 통행시간, 통행비용의 유의성이 결여되는 것으로 나타났다. 단거리 통행자의 시간가치는 12,893원으로 도출되었으나 장거리 통행자의 경우 시간가치가 3,457원으로 도출되어 현실적으로 과소 추정된 것으로 사료된다.

시장분할의 유의성을 판단하기에 앞서 추정된 모형의 결과가 합리적이지 않으면 실제 수요분석에 적용하기에는 다소 무리가 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구의 최종 시장분할은 1차 분류(거주지 정보에 따른 직접 수혜자/간접수혜자의 구분)까지의

**Table 6.** Logit estimates of travelers' mode choice (suburban traveler - short distance)

Model : Sub-urban_Short (Segment : 2-1)				
Number of observations		616		
Adjusted $\rho^2$ ( $\bar{\rho}^2$ )		0.2552		
Log Likelihood Fn ( $L(\hat{\beta})$ )		-636.827		
Variables	Coefficient	Std. err.	t-value	p-value
$\alpha_{CAR}$	1.0665	0.1704	6.259	.0000 **
$\alpha_{TAXI}$	-0.5531	0.2978	-1.857	.0633 *
$\alpha_{BUS}$	-0.0114	0.1641	-0.069	.9446
$\beta_{COST}$	-0.00023	0.00008	-2.903	.0037 **
$\beta_{TIME}$	-0.05048	0.0192	-2.622	.0087 **

§ Value of time (VOT) = 12,893 won / hour

**Table 7.** Logit estimates of travelers' mode choice (suburban traveler - long distance)

Model : Sub-urban_Long (Segment : 2-2)				
Number of observations		211		
Adjusted $\rho^2$ ( $\bar{\rho}^2$ )		0.2568		
Log Likelihood Fn ( $L(\hat{\beta})$ )		-215.654		
Variables	Coefficient	Std. err.	t-value	p-value
$\alpha_{CAR}$	2.0280	0.3550	5.711	.0000 **
$\alpha_{TAXI}$	0.3232	0.5441	0.594	.5526
$\alpha_{BUS}$	2.0564	0.3256	6.316	.0000 **
$\beta_{COST}$	-0.00019	0.00014	-1.316	.1881
$\beta_{TIME}$	-0.01104	0.0284	-0.387	.6989

§ Value of time (VOT) = 3,457 won / hour

범위로 제한하며, 추후 도심지역과의 이격거리를 정확히 산출할 수 있는 대리변수의 정밀화를 통해 분석의 정확성을 높일 수 있다.

4.2 시장분할의 통계적 검증

앞서 제시된 직접수혜자(도심 거주 통행자)와 간접수혜자(비도심 거주 통행자)의 선호의 이질성을 분석하기 위해 통계적 검증 결과가 제시된다. 첫째로 전체 모집단과 분할된 집단의 log 우도함수 값을 통해 시장분할 검증(선호 이질성 검증)을 진행하며, 둘째로 통행시간 및 통행비용에 대한 계수 값의 통계적 차이를 검증하였다.

전체모형, 도심지 통행자 그리고 비도심지 통행자 모형의 추정결과 및 통계검정 자료를 요약하면 Table 8과 같다. 검정 결과를 통해

Table 8. Test of market segmentation (Test for taste variations)

Test for Taste Variations	
Null hypothesis	
$H_0 : \beta^{direct\ beneficiary} = \beta^{indirect\ beneficiary} = \beta^{total}$	
Log Likelihood Function	
Total Population)	-1729.828
Segment 1 : direct beneficiary	-826.170
Segment 2 : indirect beneficiary	-897.438
$-2[L_N(\hat{\beta}) - \sum_{g=1}^G L_{N_g}(\hat{\beta}^g)]$	
Test Result	
Test Statistic	12.440 (Reject)
Degree of Freedom	5
$\chi_{0.05}^2$	11.071

Table 9. Asymptotic t-test (urban v.s. sub-urban)

Asymptotic t-test				
Null hypothesis				
$H_0 : \beta_{TC}^{direct\ beneficiary} = \beta_{TC}^{indirect\ beneficiary}$				
$H_0 : \beta_{TT}^{direct\ beneficiary} = \beta_{TT}^{indirect\ beneficiary}$				
	Travel cost		Travel time	
	Coefficient	Std. err.	Coefficient	Std. err.
Segment 1 : direct	-0.00042	0.00008	-0.09881	0.0167
Segment 2 : indirect	-0.00019	0.00006	-0.03648	0.0153
$\frac{\hat{\beta}_k^1 - \hat{\beta}_k^2}{(var(\hat{\beta}_k^1) + var(\hat{\beta}_k^2))^{1/2}}$				
Test Result				
Test Statistic (travel cost)		-2.1203 > 1.96 (Reject)		
Test Statistic (travel time)		-2.7458 > 1.96 (Reject)		

직접수혜자와 간접수혜자의 선호의 이질성은 유의수준 95%에서 통계적으로 유의미하다는 결론이 도출된다. 따라서 거주지 정보를 이용하여 직·간접 수혜자를 분할 방법은 타당하다고 판단된다.

보다 세부적으로 두 집단의 통행비용과 통행시간의 차이를 통계적으로 검증하기 위해 접근적 t-test를 수행하였으며, 그 결과는 Table 9와 같다. 접근적 t-test를 통해 직접수혜자와 간접수혜자의 통행시간 및 통행비용은 유의수준 95%에서 통계적으로 다르다는 결과가 도출되었다. 모형 구축부분에서 제시된 바와 같이 도심부 통행자가 통행시간 및 통행비용에 보다 민감하다는 결과는 본 절의 검정을 통해 유의한 결과임을 알 수 있다.

요컨대 직접수혜자군에 포함되는 도심부 거주 통행자와 간접수혜자군에 포함되는 비도심부 거주 통행자의 선호의 차이는 우도비 검정을 통해 입증되었으며, 특히 도심부 통행자가 통행시간 및 통행비용에 민감하다는 것이 접근적 t-test를 통해 밝혀졌다. 마지막으로 도심부 통행자의 시간가치는 14,036원/시간으로 도출되었고 비도심부 통행자는 11,257원/시간으로 도출되었다. 결국 두 모집단 간의 차이는 시간가치 차원에서도 이질적임을 나타내고 있으므로, 신교통수단으로 인한 통행패턴의 차이는 분명 존재하며, 이를 거주지를 기준으로 직접수혜자 및 간접수혜자로 분류하는 것은 타당하다고 판단된다.

그러나 비도심부를 통행시간에 따라 단거리와 장거리로 구분하는 2차 세분화 방안은 모형식 결과의 통계적 유의성이 결여되는 한계를 나타냈고, 접근적 t-test 역시 Table 10에서와 같이 귀무가설을 기각하지 못하기 때문에 2차로 세분화 하는 구조는 기각되었으며, 세부 분할을 위한 대리변수의 모색이 추가로 요구된다.

Table 10. Asymptotic t-test (sub-urban short distance vs. sub-urban long distance)

Asymptotic t-test				
Null hypothesis				
$H_0 : \beta_{TC}^{Short\ distance} = \beta_{TC}^{Long\ distance}$				
$H_0 : \beta_{TT}^{Short\ distance} = \beta_{TT}^{Long\ distance}$				
	Travel cost		Travel time	
	Coefficient	Std. err.	Coefficient	Std. err.
Segment 1 : direct	-0.00023	0.00008	-0.05048	0.0192
Segment 2 : indirect	-0.00019	0.00014	-0.01104	0.0284
$\frac{\hat{\beta}_k^1 - \hat{\beta}_k^2}{(var(\hat{\beta}_k^1) + var(\hat{\beta}_k^2))^{1/2}}$				
Test Result				
Test Statistic (travel cost)		0.2645 < 1.96 (Accept)		
Test Statistic (travel time)		1.1490 < 1.96 (Accept)		



### 4.3 통합 모형의 설계 및 수단 분담률 도출

앞서 최종적으로 검증된 세분화 방안에 대한 독립적인 모형에는 두 가지 한계점이 존재한다. 첫째로 직접수혜자(도심 거주자) 모형의 대인특별상수(택시)의 통계적 유의성이 결여되어 있으며, 둘째로 각 모형에 사용된 모집단이 동일하지 않기 때문에 모형간의 쌍대비교가 쉽지 않다는 것이다. 따라서 본 절에서는 수요분석 과정에서 용이하게 적용할 수 있도록 두 모형을 결합한 통합모형을 제시하고자 하며, 직·간접 수혜자 측면에서 통행시간 및 통행비용의 차별성을 제시할 수 있도록 유도하고자 한다. 통합모형의 기본 모집단은 전체 통행자로 설정하되, 전체통행자중 도심부에 거주하는 통행자들을 분리하여 모형에 적용할 수 있도록 상호작용항(interaction term)으로 불리는 변수를 도입하여 통행시간 및 통행비용의 교호작용을 판단할 수 있게 하였다.

Kim et. al.(2006)의 연구에서는 신교통수단 사업에서 환승을 반영하기 위해 OD를 i) 노선구간 내 통행 ii) 노선구간 내·외부 통행 iii) 노선구간 통과통행으로 분류하여 수요를 산정하는 방법론을 제시하고 있다. 본 연구에서는 신교통수단의 직간접 수혜자의 차별적인 효과를 산정하기 위해 분석지역의 OD(가정기반통행으로 가정 시)중 도심부 출발을 분리하여 통합모형에 적용할 것을 제안하였다.

$$U_i = \alpha_i + (\beta_{TC}^{Tot} + \beta_{TC}^{Urb} \cdot D^{Urb}) \cdot TC + (\beta_{TT}^{Tot} + \beta_{TT}^{Urb} \cdot D^{Urb}) \cdot TT \quad (7)$$

$\beta_{TC}^{Tot}$  : 전체 통행자의 통행비용에 대한 모수

$\beta_{TT}^{Tot}$  : 전체 통행자의 통행시간에 대한 모수

Table 11. Logit estimates of integrated model

Final Combined Model				
Number of observations		1,638		
Adjusted $\rho^2$ ( $\bar{\rho}^2$ )		0.2394		
Log Likelihood Fn ( $L(\hat{\beta})$ )		-1742.680		
Variables	Coefficient	Std. err.	T-Value	P-Value
$\alpha_{CAR}$	1.1884	0.1025	11.586	.0000 **
$\alpha_{TAXI}$	-0.3617	0.1887	-1.917	.0553 *
$\alpha_{BUS}$	0.659	.0965	6.832	.0000 **
$\beta_{COST}^{Tot}$	-0.00022	0.00005	-3.858	.0001 **
$\beta_{TIME}^{Tot}$	-0.0487	0.0119	-4.066	.0000 **
$\beta_{COST}^{Urb}$	-0.00016	0.00007	-2.260	0.0238 **
$\beta_{TIME}^{Urb}$	-0.0366	0.0116	-3.145	.0017 **

$\beta_{TC}^{Urb}$  : 도심부 거주 통행자의 통행비용에 대한 상호작용항

$\beta_{TT}^{Urb}$  : 도심부 거주 통행자의 통행시간에 대한 상호작용항

$D^{Urb}$  : 도심부 거주이면 1, 아니면 0

통합모형의 추정결과는 Table 11과 같다. 결과를 살펴보면 추정된 계수 값이 이상적인 부호를 가지며 대인특별상수는 택시의 경우 90%, 나머지 변수는 95%의 신뢰수준에서 통계적 유의성이 확보되었다. 모형의 설명력을 나타내는  $\bar{\rho}^2$  역시 0.2394로 유의미한 결과임을 나타낸다. 앞서 제시된 직간접 수혜자의 통행비용 및 통행시간의 차별성은 상호작용항을 통해 구체화되며, 전체 통행자에 비해 직접수혜자의 통행비용 및 통행시간의 민감성은 각각 -0.00016, -0.0366만큼 증대되는 것을 알 수 있다. 즉, 전체 통행자의 수단분담률은  $\beta_{COST}^{Tot}$ ,  $\beta_{TIME}^{Tot}$  계수 값을 이용하여 추정하며, 도심부에 거주하는 직접수혜자의 수단분담률은  $\beta_{COST}^{Urb}$ ,  $\beta_{TIME}^{Urb}$ 을 가산하여 수단별 효용을 재계산 할 수 있다. 본 연구의 선호자료 구축 시 신교통수단의 가상의 시나리오 외에 현재 수행하고 있는 통행의 이용 가능한 수단에 대한 통행정보를 별도로 구득하였으며, 추정된 통합모형을 바탕으로 통행자의 RP 데이터를 입력하여 수단 분담률의 차이를 비교하면 다음과 같다.

도심부에 거주하는 통행자는 통행시간 및 통행비용에 보다 민감하기 때문에 신교통수단이 고급화 될수록(통행비용의 상승되면서 통행시간이 감소되는 전략) 분담률이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 변화수준 1에서 일반 통행자에 비해 낮았던 신교통수단 분담률은 신교통수단이 점차 고급화 되면서 급증하는 패턴을 보이게 된다. 변화 수준 2, 3을 거쳐 분담률 증가의 역전현상이 발생하는데, 이는 신교통수단이 고급화 될수록 통행비용 대비 통행시간의

Table 12. Descriptive statistics for RP data

Mode		Travel cost (won)	Travel time (min)
Auto	Mean	4,338.9	19.5
	Std. dev.	3,159.5	13.8
Taxi	Mean	8,313.7	22.7
	Std. dev.	8,088.7	14.6
Bus	Mean	1,337.6	48.5
	Std. dev.	955.0	26.1
New transit facility	Changing level 1	130% of bus travel cost	
		85% of bus travel time	
	Changing level 2	150% of bus travel cost	
		75% of bus travel time	
	Changing level 3	140% of bus travel cost	
		75% of bus travel time	
	Changing level 4	160% of bus travel cost	
		60% of bus travel time	

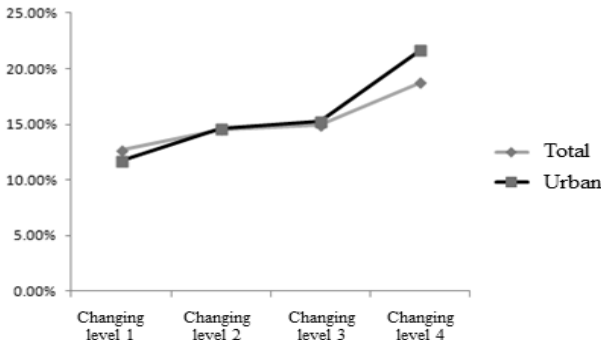


Fig. 2. Choice probability for new transit facility depending on analysis scenario

Table 13. Choice probability comparison on analysis scenario

		Changing level 1 → 4		Difference
Total population	P (Auto)	61.08%	57.03%	-4.05%
	P (Bus)	19.37%	17.76%	-1.61%
	P (New transit)	12.67%	18.73%	+6.71%
Direct beneficiary	P (Auto)	67.26%	60.55%	-6.06%
	P (Bus)	15.24%	12.59%	-2.65%
	P (New transit)	11.73%	21.61%	+9.88%

효율성이 발생하고, 이에 민감한 직접수혜자들에게 신교통수단이 경쟁력 있는 수단으로써 선택됨을 시사한다. 이러한 패턴은 최종 모형으로 산출된 두 그룹의 시간가치의 차이(전체 통행자 : 12,925 원/시간 / 직접 수혜자 : 13,177원)에서도 나타난다. 따라서 고급화 전략에 따른 수단비율의 전후를 살펴보면 일반통행자들에 비해 직접수혜자의 경우 신교통수단으로 전환되는 비율의 폭이 큰 것을 알 수 있다.

### 5. 결론 및 향후연구과제

본 연구는 신교통수단을 이용하는 잠재수요자의 선호의 다양성을 반영하기 위해 시장분할 구조를 제안하였다. 이러한 구조는 통행지역에 따른 통행태의 차별성에 근거를 두며, 신교통수단의 직·간접 수혜자를 분리하는 기준을 마련하는데 기존 연구와 차별성을 갖는다. 또한 설정근거를 통계적으로 검증하면서 분석결과 및 논리의 신뢰성을 제고하는데 주된 초점을 맞추었다.

섬이라는 지형적 특성을 나타내며, 진출입 및 통과 교통량이 제한되는 제주도의 사례분석을 통해 일차적으로 거주지 위치를 이용하여 도심 및 비도심 거주 통행자를 분리하였다. 2차적으로 도심까지의 통행시간을 이용하여 비도심 통행자를 장거리 통행자 및 단거리 통행자로 구분하는 세분화 구조를 제안하였다. 각 분할된 시장에 대해 수단분담모형을 도출하고, 분할된 집단에 대한 선호

이질성 여부를 판단하기 위해 시장분할 검정을 실시하였다.

그 결과 1차 분리 대상인 도심지역 통행자와 비도심 지역 통행자의 이질성이 통계적으로 검증되었으며, 효용함수에 가장 큰 영향을 미치는 속성벡터(통행시간 및 통행비용)의 차별성이 점근적 t 검정을 통해 검증되었다. 마지막으로, 분리된 시장의 시간가치를 산정하여, 도심 및 비도심의 통행자 간의 시간가치의 차별성을 도출하였다. 2차적으로 비도심 통행자를 세분화하는 단계에서는 모형의 통계적 유의성이 결여되고 통행시간 및 통행비용에 대한 이질성이 통계적으로 타당하지 않은 결과가 나타났다. 따라서 최종적으로 전체 모집단을 거주지 위치로 구분하고 도시에 거주하고 있는 통행자를 신교통수단의 직접수혜자로, 비도심지역에 거주하는 통행자를 간접 수혜자로 설정하는 구조가 선택되었다. 또한 이렇게 시장 분할된 두 개의 모형을 하나로 결합하는 통합모형을 추정하였으며, 전체 통행자와 도심지역 거주 통행자를 분리하여 통행비용 및 통행시간의 차별성을 제시하는 상호작용항이 포함된 모형이 제시되었다. 최종 통합모형의 설명력을 나타내는  $\bar{\rho}^2$  값이 0.2394로 도출되어 모형의 우수한 설명력을 나타내고 있으며 대부분의 속성벡터의 통계적 유의성이 신뢰수준 95%에서 합리적임을 보이고 있다.

최종적으로 추정된 통합모형을 기반으로 통행자의 RP 데이터를 이용하여 수단별 분담비율을 도출하였으며, 신교통수단의 통행특성이 고급화(통행비용↑, 통행시간↓)될수록 신교통수단의 분담률은 증가하게 되며, 통행시간 및 통행비용에 보다 민감한 도심부 통행자(신교통수단의 직접수혜자) 그룹의 신교통수단 분담률이 전체 통행자들에 비해 급증하는 패턴을 보였다. 이는 직접수혜자로 구분되는 도심통행자에게 신교통수단의 정책을 고급화함으로써 보다 직접적으로 수단의 전환을 유도할 수 있음을 의미하며, 도심 지역에 집중되는 교통정체 문제를 완화하는데 직접적인 해결책이 될 것으로 판단된다.

전체 통행자를 하나의 모집단으로 분석하는 방법 대신 본 연구에서 제시하는 시장분할 구조의 모형을 이용할 경우 수요예측의 정확성을 높일 수 있으며, 신교통수단을 통해 통행수단이 전환되는 대체 패턴을 효율적으로 나타낼 수 있다. 전체 모집단의 선호도를 이질적으로 분리함으로써 통행시간 및 통행비용에 대한 민감성을 차등적으로 적용할 수 있으며 최종적으로 신교통 수단의 속성에 따른 전환률을 세분화하여 예측함으로써 대중교통정책의 수립 및 신교통 수단의 시스템 설계에 대한 기반자료로 활용 가능할 것이다.

본 연구에서 초기에 제안하였던 2차 분할구조에 대해서는 추가적인 검토사항이 존재하며, GIS 기법을 이용하여 도심까지의 이격 거리를 정량화하거나, 승용차 이용여부를 파악하여 captive rider/choice rider를 구분하는 것을 향후에 추가적으로 분석할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 분석지역의 OD자료를 시장구조에 맞게 분할하고, 분할된 시장을 실제 수요분석에 적용할 수 있는 방안을 검토하여 현실 적용의 가능성을 제고할 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- Bateman, I. J., Carson, R. T., Day, B., Hanemann, M., Hanleys, N., Hett, T., Jones-Lee, M., Loomes, S., Mourato, E., Ozdemiroglu, E., Pearce, D. W., Sugden, R. and Swanson, J. (2002). *Economic valuation with stated preference technique: a manual*, Cheltenham, UK; Northampton, MA : Edward Elger.
- Ben-Akiva, M. and Lerman, S. R. (1985). *Discrete choice analysis : theory and application to travel demand*, The MIS Press Cambridge, Massachusetts London, England.
- Bhat, C. R. (1997). "An endogenous segmentation mode choice model with application to intercity travel," *Transportation Science*, Vol. 31, No. 1, pp. 34-48.
- Choi, C. H. and Nam, D. H. (2006). "Freight market segmentation using company size and shipment characteristics data," *Journal of Korean Society of Transportation, Korean Society of Transportation*, Vol. 24, No. 4, pp. 103-113 (in Korean).
- Chung, S. B. and Chang, S. E. (2007). "Demand forecasting errors in road projects: causes and effects," Vol. 2007-17, The Korea Transport Institute (in Korean).
- Eom, J. K., Heo, T. Y., Moon, D. S. and Park, M.S. (2009). "Estimating departure-based mode choice by spatial logistic models," *Presented at Conference of The Korean Society for Railway in 2009*, The Korean Society for Railway, pp. 813-821 (in Korean).
- Fowkes, T. and Wardman, M. (1988). "The design of stated preference travel choice experiments: with special reference to interpersonal taste variations," *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 22, No. 1, pp. 27-44.
- Hensher, D. A. (1994). "Stated preference analysis of travel choice : the state of practice," *Transportation*, Vol. 21, No. 2, pp. 107-133.
- Hensher, D. A., Greene, W. H. and Rose, J. M. (2005). *Applied choice analysis a primer*, Cambridge University Press.
- Hess, S. (2008). "Treatment of reference alternatives in stated choice surveys for air travel choice behaviour," *Journal of Air Transport Management*, Vol. 14, pp. 275-279.
- Jang, K. T., Chung, S. B. and Kim, D. N. (2012). "Heterogeneous perception of travelers on greenhouse gas pricing in Seoul, Korea," *International Journal of Sustainable Transportation*, (Accepted but not published).
- Kim, I. K., Bang, H. J. and Han, K. S. (2006). "Suggesting a demand forecasting technique explicitly considering transfers in light rail transit project analysis," *Journal of Korean Society of Transportation, Korean Society of Transportation*, Vol. 24, No. 3, pp. 197-205 (in Korean).
- Kim, K. B. and Hwang, K. S. (2010). "A study on the choice behavior of transportation mode in Jeju," *Journal of The Korea Academia-Industrial Cooperation Society, The Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol. 11, No. 12, pp. 4795-4802 (in Korean).
- Kwon, S. N., Kim, H. J. and Son, B. S. (2007). "A study on the factors influencing traveler's mode choice," *Presented at of 55th Conference of Korean Society of Transportation, Korean Society of Transportation*, pp. 181-190 (in Korean).
- Outwater, M. L., Ben-Akiva, M., Castleberry, S., Kuppam, A., Shiftan, Y. and Zhou, Y. S. (2003). "Attitudinal market segmentation approach to mode choice and ridership forecasting: structural equation modeling," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Transportation Research Board*, Vol. 1854, pp. 32-42.
- Rose, J. M., Bliemer, M. C. J., Collins, A. T. and Hensher, D. A. (2008). "Designing efficient stated choice experiments in the presence of reference alternatives," *Transportation Research Part B*, Vol. 42, pp. 395-406.
- Train, K. (2003). *Discrete choice method with simulation*, Cambridge University Press.
- Waerden, P. V. D., Bruin, M. D., Loon, P. V. and Timmermans, H. (2011). "Travelers' willingness to use park and ride facilities and additional transport in the context of commuting and shipping trip to city centers," *Presented at 90th Annual Meeting of Transportation Research Board, Transportation Research Board, Washington D.C.*