

■ 論 文 ■

通行目的別 手段別 通行時間價值導出 및 有意性 檢定

VOT Derivation for Different Trip Purposes,
Travel Modes and Testing of Their Significance

김 현

오 세 창

최 기 주

(경호기술단 교통계획부) (아주대학교 교통공학전공 조교수) (아주대학교 교통공학전공 부교수)

목 차

- I. 서론
 - II. 통행시간가치의 개념
 - 1. 통행시간가치의 개념 및 연구방법
 - 2. 연구방법
 - III. 자료수집과 특성분석
 - 1. 분석자료의 개요
 - 2. 통행특성분석
 - 3. 교통수단의 구분
 - IV. 수단선택모형의 정산 및 통행시간가치산정
 - 1. 모형의 구성 및 자료의 구조
 - 2. 모형의 정산 및 해석
 - 3. 통행시간가치의 산정 및 유의성 검정
 - V. 결론
- 참고문헌

요 약

통행시간가치가 교통수단의 선택 및 교통계획의 평가에 있어서 중요한 역할을 함에도 불구하고 이를 정확히 판단하는 것은 쉬운 일이 아닌 것으로 되어왔다. 통상, 통행시간가치에 있어서 업무와 비업무통행으로만 구분하여 연구되어진 반면, 본 연구는 다항로짓모형을 적용하는데 있어 통행목적에 따른 모형 구성변수에 있어 통계적 신뢰성 및 모형의 적합도, 수정우도비, 교통수단선택의 행태특성을 반영하여 적중율의 동일성이 검정하였고, 또한 통행목적별 수단별 시간가치값의 유의적인 차이가 있음을 검정하였다. 한편, 구체적으로 제시된 결과로는, 첫째, 교통수단선택의 효용함수를 정산결과 모형 I(통근+통학)의 경우 선정된 11개 변수는 유의수준 5%이내에서 높은 설명력이 나타나, 신뢰구간 95%에서 모형을 구성하는 변수의 통계적 신뢰성이 있음을 검정하였고, 둘째, 모형별 통행시간가치 도출결과 모형 I(통근+통학)의 경우 승용차 8,198원/시, 버스 639원/시, 지하철 1,083원/시이며, 모형 II(업무)는 승용차 14,074원/시, 버스 1,219원/시, 지하철 1,062원/시로 산정되었으며, 모형 III(통근)의 경우 승용차 10,947원/시, 버스 972원/시, 지하철 987원/시로 산정되었다. 모형의 적합도에 있어서는 모형 II가 가장 큰 값을 나타냈으며, 다음은 모형 III, 모형 I의 순으로 나타났다. 셋째, 통행목적별 각 모형 상호간 적중율차이에 대한 동일성은 유의수준 5%이내에서 인정되어 예측력에 따른 통행시간가치의 변화는 없을 것으로 판단되며, 또한 통행시간 가치값의 도출에 영향을 미치는 통행시간, 승용차비용, 버스요금, 지하철요금 등의 매개변수가 유의수준 5%에서 검정결과 유의적인 차이가 인정된 만큼 통행목적별 수단별 통행시간 가치값은 상호간에 유의적인 차이가 있음을 확인하였다. 본 연구 결과 향후 경제성 평가는 통행목적에 따른 수단별 통행시간가치가 적용될 수 있을 것으로 기대되며, 또한 수단선택모형의 매개변수 정산시에는 통행목적별 시간가치를 비교하여 모형의 타당성을 입증하는 요인으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

I. 서론

통행시간가치는 주로 교통부문의 투자사업, 교통정책의 의사결정을 위한 기초자료로 사용되며, 수단선택모형인 로짓모형의 적용에 있어 각 매개변수 값의 차이를 검정하여 모형의 타당성을 규명하는데도 사용된다. 교통투자부문의 경제성분석에 있어 통행시간절감편익은 전체 편익의 25-80%를 차지하고 있어 통행시간가치의 적용에 따라 경제성분석의 평가지표에 큰 영향을 미친다.

그러나 이러한 통행시간가치의 중요성은 인식되어 있으나, 교통서비스가 소비와 생산의 이원적인 역할을 담당하고 있고, 통행시간이 중간생산물의 성질을 갖고 있기 때문에 이를 산정하는 데에는 많은 어려움이 있다. 통행시간가치의 이론적 연구는 1960년대 Becker, De Donnea, Mc Denald 등에 의해서 이루어져 왔으며, 실증적인 연구는 1970년대 영국의 Beesley를 효시로 1980년대 수단 및 경로선택을 이용한 행태분석이 Stopher, Hensher 등에 의해 이루어짐으로써 소비자선택이론과 행태모형분석에 의한 통행자의 시간에 부여되는 가치를 산정하였다.

본 연구는 통행목적에 따른 수단별 통행시간가치를 산정하기 위해 시장조사분야의 현시선택기법(RP)과 잠재선택기법(SP)¹⁾에 근거한 개인별 통행특성을 반영할 수 있는 개별통행형태자료를 이용하여 개인의 수단선택결과를 피설명변수로 각 개인에 대한 사회경제적변수와 교통수단의 특성 변수(통행소요시간, 통행비용 등)를 설명변수로 하는 다항로짓모형을 적용하여 수단선택모형을 정산한 후, 이 정산된 모형의 통행시간과 비용의 매개변수로부터 통행시간가치를 산정하고, "통행목적에 따른 수단별 통행시간가치가 동일하지 않다"는 대립가설을 통계적으로 검정하여 본 연구의 유효성을 확인하는 데 있다.

II. 통행시간가치의 개념 및 연구방법

1. 통행시간가치의 개념

통행시간가치는 교통투자사업의 경제적 타당성을 검토하거나, 통행목적간 또는 교통수단간의 상대적인 영향력의 차이를 이론적으로 규명하는데 있어 유용한 기준으로 사용된다. 일반적으로 널리 사용되어지는 통행시간가치 산정방법은 임금률법과 한계대체율법으로 나누어진다.

임금률법은 여객의 시간가치를 통행자의 임금수준과 관련한 것으로 보고 평균임금을 월평균소득으로 산출하여 월평균 근무일수, 일평균 근무시간을 기준으로 시간가치를 산출하는 방법이다²⁾. 따라서 임금률법은 시간을 사회적 자본으로 간주하여 통행과 관련되지 않은 지표를 이용하여 산정하여 교통투자사업의 타당성평가에 주로 이용되는 방법이다.

한계대체율법은 이론적인 연구에서 주로 수행되는 통행자 개개인에 대한 통행특성의 분석을 통하여 시간가치를 추정하는 방법이다. 따라서 본 연구에서는 한계대체율의 원리를 이용하여 로짓모형으로부터 통행시간가치를 산출하였다.

효용함수에서 식(1)과 같은 효용함수로 가정했을 때 시간가치는 효용함수 식에서 교통요금 1단위 추가적인 소비로 인한 총효용의 증가분과 시간이 1단위 추가적인 소비로 인한 총효용의 증가분으로 표현된다. 즉, 시간재화에 대한 한계효용과 비용재화에 대한 한계효용³⁾의 비로 표현될 수 있다. 따라서 본 연구에서 수단별 통행시간가치의 단위가 원/분임으로 식(2)를 1시간단위로 환산하기 위해 60를 곱하여 수단별 통행시간가치가 산정된다. 또한 교통수단별 시간가치를 추정할 수 있는 효용함수의 구성에서 수단별통행시간을 대안의 고유변수로 수단별 소요비용을 공통변수로 설정하는 방법도 있다.

1) 현시선택(Revealed Preference)란 시장에서 소비자가 실제로 선택하는 행동결과를 조사분석하는 기법이고, 잠재선택(Stated Preference)란 실험계획법을 이용하여 일련의 대안상황을 가정하고 이에 대한 개인의 반응을 조사분석하는 기법이다.

2) 투자심사편람(수송부분), 경제기획원, 1982.

3) 한계효용(Marginal Utility)은 효용함수를 구성하는 여러 재화의 구성요소 등에서 재화의 소비량이 늘어나면 소비자가 얻는 총효용은 증가한다. 이때 다른 재화의 소비는 불변인 상태에서 한 재화의 1단위 추가적인 소비로 인한 총효용의 증가분을 말하고, 이를 수식으로 표현하면 $MV_x = \Delta V / \Delta X$ 로서, 만약 ΔX 가 0에 수렴한다면 (소비량의 증가분을 무한히 작게 한다면) 한계효용은 바로 총효용함수 V 의 편미분과 같게 된다. ($\lim_{\Delta X \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{\Delta X} = \frac{\partial V}{\partial X}$)

$$V_{in} = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 Ccar + \theta_4 Cbus + \theta_5 Csubway + \theta_6 Tacc_i + \theta_7 Twait_i + \theta_8 Ttime_i \quad (1)$$

- 여기서, V_{in} : 수단선택 효용함수
 $Ccar$: 승용차의 교통비용(원)
 $Cbus$: 버스의 교통요금(원)
 $Csubway$: 지하철의 교통요금(원)
 $Tacc$: 도보시간(분)
 $Twait$: 대기시간(분)
 $Ttime$: 총통행시간(분)
 $\theta_1 \dots \theta_8$: 정산될 미지의 매개변수

$$VOT_{in} = \frac{\partial V_{in} / \partial TT}{\partial V_{in} / \partial C_i} = \frac{\theta_8}{\theta_i} \quad (2)$$

- 여기서, θ_8 : 통행시간의 매개변수
 θ_i : 교통요금의 매개변수(승용차 ($i=3$)
 버스 ($i=4$), 지하철 ($i=5$))

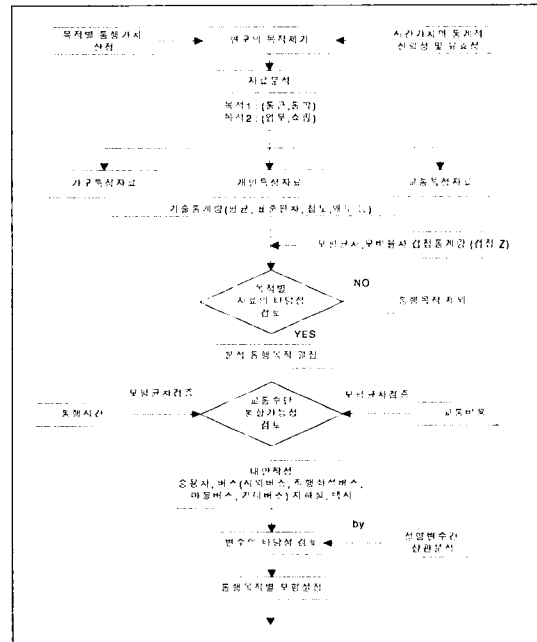
식(2)에서 도출되는 시간가치는 차내시간가치와 차외 시간가치로 구분되는 것이 아니라 차내시간과 차외시간(도보 및 대기)이 포함된 총통행시간가치로 해석된다.

2. 연구방법

서론에서 제기한 본 연구수행을 위한 과정의 정렬은 <그림 1>과 같다. 개별행태자료는 통행목적별 자료로 통근·통학의 경우를 목적 1, 업무·쇼핑의 경우를 목적 2로 구분하여 가구특성, 개인특성, 교통서비스특성에 대해 기술통계량을 이용하여 가구특성, 개인통행특성에 관한 유의성을 검정한다. 이를 근거로 개별행태자료의 수단선택모형의 적용(제IV장)에 있어 통행목적에 대한 통계적 유의성을 확인하기 위해 모평균차와 모비율차의 검정통계량으로 모형의 변수 및 자료의 타당성을 검토한다. 수단선택의 모형 정산에 앞서 이 용교통수단에 대해 통행시간과 교통비용의 모평균차의 검정통계량으로 수단통합의 가능성을 검토한 후 유의적인 차이가 인정되지 않은 수단간의 통합을 고려한다.

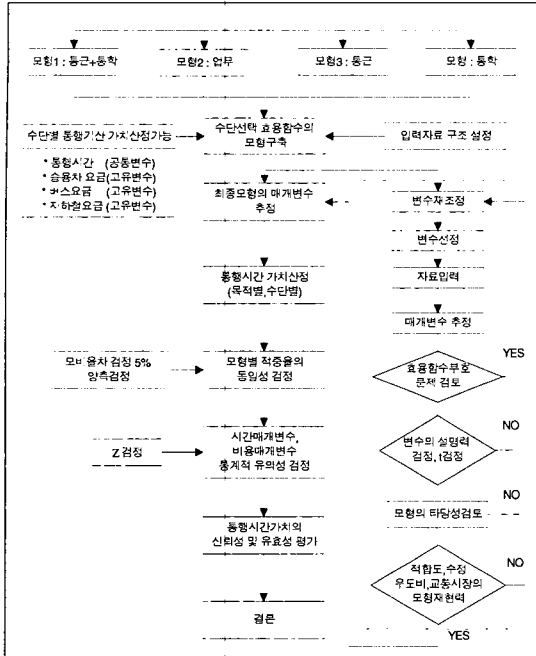
다음은 통행목적별로 모형 I 은 통근+통학, 모형 II 는 업무, 모형 III 은 통근, 모형 IV 는 통학으로 구분하여 4개 모형을 설정하고, 각 모형별로 수단선택효용함수의 변수를 특성화함에 있어서 통행시간변수인 공통변수로, 승용차비용, 버스요금, 지하철요금 등은 선택대안 고유변수로 구성하여 모형을 설정한다. 다항로짓모형의 매개변수 정산에는 제약적 통계분석 프로그램인 LIMDEP⁴⁾에서 제공하는 「Discrete Choice Model」을 이용하여 정산한다. 최종적으로 모형의 정산결과를 경제효용의 원칙에 대해 매개변수들의 부호문제와 변수들의 t검정을 통하여 변수의 신뢰구간, 적합도, 수정우도비 등을 검토하여 계량화된 자료로 모형을 평가한다.

이상에서 정산된 각 모형으로부터 수단별 통행시간 가치값을 산정하여 “모형별 적중율차이는 없다”라는 대립가설을 기각하여 모형간의 적중율 차이에 따른 통행시간가치값의 유의적인 차이가 없음을 인정할 수 있다. 따라서 이 정산된 모형의 통행시간과 비용의 매개변수로부터 통행시간가치를 산정하고, “통행목적에 따른 수단별 통행시간가치가 같지않다”는 대립가설을 채택하여 본 연구의 유효성을 확인한다.



<그림 1> 연구의 수행 흐름도

4) 본 분석에서 상용된 LIMDEP은 Version 6.0으로 William H. Greene이 개발한 계량통계프로그램으로 정상적인 변수 및 제한된 독립변수와 같은 비선형모형의 매개변수를 추정하는 프로그램으로 널리 알려져 있고, LIMDEP의 이름은 Limited DEpendent variable로 부터 명명되었다.



〈그림 2〉 연구의 수행 흐름도

III. 자료수집과 특성분석

1. 분석자료의 개요

본 연구에 사용한 자료는 교통개발연구원에서

1996년 11월 수도권 통행실태조사를 실시한 자료로 조사지역은 서울, 인천, 경기도 지역에서 통행하는 통행자를 대상으로 면접조사방법으로 개인별 통행실태를 조사한 자료이다. 이 자료중 로짓모형의 적용에 있어서 지역적인 통행서비스의 차이에 따른 영향을 최소화하고 설명력을 높이기 위해 공간적 범위는 서울통행을 중심으로 통행목적에 대해 모집단을 구성하였다.

본 연구의 조사표는 가구특성조사표(조사표1), 개인통행태조사표(조사표 2), 교통수단선호도조사(조사표 3)의 3종류로 구성되어있다. 이상 3종류의 조사표중 조사표1과 조사표2는 실제로 선택하는 행동결과에서 자료정보를 획득하였고, 조사표3의 경우는 평소 통행에서 대체수단을 이용할 수 있는 경우 교통수단 정보 및 수단별 선호도를 조사하였다(조사표는 본 논문에서는 생략하였으나 필요한 독자는 저자에게 연락하시면 받을 수 있습니다.).

개인통행태조사표의 구성에서 목적1을 통근·통학, 목적2를 업무·쇼핑으로 구분하여 각 통행목적에 대해서 가구특성 조사표 및 교통수단선호도조사표와 조합하여 분석하였다. 그 결과 조사자료의 내용은 〈표 1〉에 정리한 바와 같이 유효표본율이 14~17%로 낮게 나타났다. 이는 조사표3에서 조사양식미기재, 코드기입오류와 3종류의 조사표간의 불일치 때문이다.

〈표 1〉 조사자료내용

(단위 : 가구, (%))

구 분	목 적 1			목 적 2			
	통근	통학	계	업무	쇼핑	계	
조사 가구 수	3,737						
표 본 수	1,521(52)	1,406(48)	2,927	75 (29)	1,863(71)	2,619	
유효표본수(비율)	254(54)	217(46)	471	109(29)	264(71)	373	
유효표본율(%)	16.7	15.4	16.1	14.4	14.2	14.2	
부실자료 세부내역 (비율)	조사양식미기재	340(26.8)	263(22.1)	703(28.6)	250(38.6)	626(39.1)	876(39.0)
	코드기입 오류	81(6.4)	46(3.9)	127(5.2)	144(22.3)	362(22.6)	506(22.5)
	조사양식간불일치	846(66.8)	880(74.0)	1726(70.2)	253(39.1)	611(38.3)	864(38.5)
	계	1,267	1,189	2,456	647	1,599	2,246

자료 : 교통개발연구원, 수도권 여객통행실태의 조사자료, 1997. 2.

2. 통행특성분석

본 절에서는 조사된 표본에 대해서 목적1의 통근과 통학 목적2의 업무와 쇼핑통행의 개인특성 및 통행특성을 모평균차 또는 모비율차의 검정통계량을 비교하여 통행목적간 통계적인 차이를 검정하여 통행목

적에 따른 수단별 통행시간가치산정에 대한 자료의 타당성을 확인하고자 한다.

1) 개인특성 분석

성별과 연령 등과 같은 개인특성 자료는 개별형태의 수단선택모형에서 설명변수로서 이용되거나 가구

특성변수 등과 결합하여 이용된다. 이러한 개인특성 분포는 <표 2>와 <표 3>에서 보는 바와 같이 목적1과 목적2의 통행에 따라 차이가 있다. 목적1(통근·통학)과 목적2(업무·쇼핑)는 성별구성비의 경우 모비율차의 검정통계량이 각각 4.380, -6.647로 나타나, “두 집단간 성별구성비에 차이가 없다.”는 대립가설이 5%의 유의수준에서 기각되었다. 또한, 연

령, 개인승용차보유부, 월평균소득, 월평균지출비용 등의 개인특성변수는 <표 2>와 <표 3>의 결과와 같이 개인특성에 따른 유의적인 차이가 인정된다. 이상의 개인특성변수는 통근과 통학, 업무와 쇼핑의 각 통행간의 유의적인 차이는 개별형태분석에서 이러한 차이가 모형에 뚜렷이 반영될 수 있을 것이다.

<표 2> 목적1(통근·통학)의 개인특성

구 분		업 무		쇼 핑		계		모비율차의 검정통계량
		인	%	인	%	인	%	
표본자료수		109		264		373		
성별	남	85	78.0	106	40.1	191	51.2	-6.647*
	여	24	22.0	158	59.9	182	48.8	-6.647*
연령	평균(편차)	35.4	(11.5)	25.1	(9.45)	28.1	(11.1)	(8.269)*
개인승용차	보 유	44	40.4	35	13.3	79	19.6	5.828*
	미보유	65	59.6	229	86.7	294	80.4	-5.828*
월평균 소득	50만원 미만	14	12.8	143	54.2	157	42.1	-7.352*
	50-100만원	28	25.7	67	25.4	95	25.5	0.062
	100-200만원	46	42.4	40	15.2	86	23.0	5.641*
	200만원이상	21	19.3	14	5.3	35	9.4	4.206*
월평균 지출 비용	20만원 미만	36	33.0	151	57.2	187	50.1	-4.246*
	20-50만원	50	45.9	93	35.2	143	38.4	1.923*
	50-100만원	19	17.4	14	5.3	33	8.8	3.751*
	100만원이상	4	3.7	6	2.3	10	2.7	0.760

주 : *는 모평균차 검정통계분석시 귀무가설 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ 를 양측검정결과 5% 유의수준(검정통계량 $Z_{0.975} = 1.96$)에서 기각된 항목이며, *는 귀무가설 모비율차 검정통계 분석시 귀무가설 $H_0 : P_1 = P_2$ 를 편측검정결과 5% 유의수준(검정통계량 $Z_{0.95} = 1.645$)에서 기각된 항목임.

<표 3> 목적2(업무·쇼핑)의 개인특성

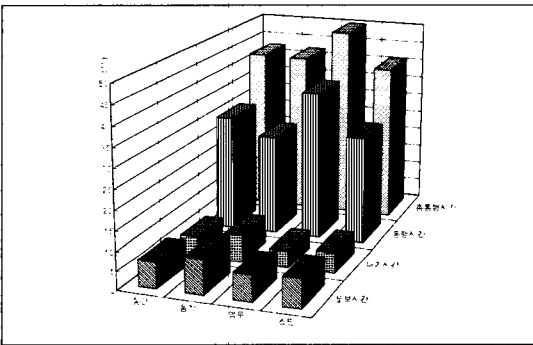
구 분		통 근		통 학		계		모비율차의 검정통계량
		인	%	인	%	인	%	
표본자료수		254		207		471		
성별	남	139	54.7	75	34.6	214	45.4	4.380*
	여	115	45.3	142	65.4	257	54.6	-4.380*
연령	평균(편차)	32.5	(10.6)	19.0	(3.25)	26.3	(10.5)	(19.219)*
개인승용차	보 유	87	34.3	4	1.8	91	19.3	8.880*
	미보유	167	65.7	213	98.2	380	80.7	-8.880*
월평균 소득	50만원 미만	13	5.1	206	94.9	219	46.5	-19.479*
	50-100만원	106	41.7	8	3.7	114	24.2	9.609*
	100-200만원	98	38.6	2	0.9	100	21.2	9.962*
	200만원이상	37	14.6	1	0.5	38	8.1	5.603*
월평균 지출 비용	20만원 미만	66	26.0	217	82.0	283	60.1	-16.350*
	20-50만원	143	56.3	37	17.1	180	38.1	8.738*
	50-100만원	36	14.2	2	0.9	38	8.1	5.264*
	100만원이상	9	3.5	0	0	9	1.9	2.800*

주 : *는 모평균차 검정통계분석시 귀무가설 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ 를 양측검정결과 5% 유의수준(검정통계량 $Z_{0.975} = 1.96$)에서 기각된 항목이며, *는 귀무가설 모비율차 검정통계 분석시 귀무가설 $H_0 : P_1 = P_2$ 를 편측검정결과 5% 유의수준(검정통계량 $Z_{0.95} = 1.645$)에서 기각된 항목임.

2) 통행특성 분석

통행특성자료는 통행시간가치산정시 필수적인 자료로서 교통수단선택에 직접적으로 영향을 미치는 교통서비스 및 비용 등의 변수가 포함되어 있다. 통행목적별 평균 도보시간과 평균 대기시간은 통학이 각각 9.29분, 7.01분으로 가장 길고, 업무통행이 각각 6.84분, 4.54분으로 가장 짧게 나타났다. 차내시간인 통행시간의 경우는 통학이 25.7분으로 가장 짧고, 업무가 38.5분으로 가장 길게 나난 이유는 통학의 경우 학교까지의 도보거리가 길고 버스를 이용하는 사례가 많기 때문이다. 또한 업무통행의 경우는 업무목적으로 통행시 장거리통행이 이루어지기 때문에 본 조사자료는 높은 신뢰성이 있는 것으로 사료된다.

통행특성 지표는 교통수단, 도보시간, 대기시간, 통행시간, 환승, 환승횟수, 교통요금 등으로 각 항목별



〈그림 2〉 통행 목적별 평균통행 시간의 비교

로 모비율차검정통계량을 <표 4>와<표 5>에 정리하였다. 그 결과 목적1(통근·통학)의 경우 이용교통수단 중 시내·외버스의 경우 통근이 -7.345, 승용차의 경우 모비율차 검정통계량이 7.565, 전철이 1.970으로 5%의 유의수준에서 각각 귀무가설이 기각되어 유의적인 차가 명확하게 인정되나, 직행·좌석버스와 기타버스에 대해서는 유의적인 차가 인정되지 않는다. 목적2(업무·쇼핑)의 경우 이용교통수단중 시내외버스는 -4.682, 승용차는 5.649로 두 수단에 대해서만 유의적인 차이가 인정된다.

이러한 차이는 개인특성의 차이중 목적1의 경우 직업에 따라 목적이 결정되어 통학의 경우 연령이 낮고 개인의 실소득이 없기 때문에 승용차를 이용할 수 없다는 개인특성이 반영되어 나타났음을 알 수 있다. 반면 목적2의 경우에는 조사표 설계에서 개인통행 형태조사에서 업무와 쇼핑통행을 선택하도록 설계되어 개인특성에 따라 선택이 되므로 본 조사자료에서는 개인의 직업이 직장인 경우 업무통행을 기재하는 경향이 많으며 학생, 주부 및 기타는 쇼핑통행을 기재하였기 때문에 판단된다. 따라서 업무인 경우는 통행특성이 인정되나 쇼핑통행의 경우 그 통행특성을 인정하기 어려워 쇼핑통행은 제외하여 분석하는 것이 바람직하다고 판단된다. 따라서, 통행형태 특성자료의 목적에 따른 비교에서 유의적인 차이가 인정되어 모형의 종속변수인 이용교통수단의 분포차이가 명확하게 나타나 통행목적을 구분하여 교통수요예측모형을 구축함으로써 모형의 설명력 및 집계의 오차를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

〈표 4〉 목적1(통근·통학)의 통행행태특성

구 분	통 근		통 학		계		모비율차 검정통계량	
	인	%	인	%	인	%		
도보시간평균(편차)	7.01	5.79	9.29	5.07	8.21	5.52	(2.438)**	
대기시간평균(편차)	5.10	4.49	7.0	4.37	6.08	4.53	(-4.644)**	
통행시간평균(편차)	30.0	14.8	25.7	25.7	27.86	14.4	(2.176)**	
총통행시간평균(편차)	42.3	17.8	42.0	16.5	42.15	17.17	(0.152)	
교통수단	시내외버스	87	34.3	148	68.2	235	49.9	-7.345*
	좌석직행버스	5	2.0	3	1.4	8	1.7	0.491
	기타버스	6	2.4	10	4.6	16	3.4	-1.341
	택시	9	3.5	1	0.5	10	2.1	2.313*
	승용차	64	25.2	2	0.9	66	14.0	7.565*
	전철	83	32.7	53	24.4	136	28.9	1.970*
환승	무	192	75.6	165	76.0	357	75.8	-0.113
	유	62	24.4	52	24.0	114	24.2	0.113
승용차요금평균(편차)	4,014	5,146	3,250	2,474	3,991	5,078	(0.488)	
대중교통요금평균(편차)	726	590	516	307	614.7	473.4	(4.319)**	
교통요금평균(표준편차)	1554	2983	542	437	1088	2266	(5.340)**	

주 : 1) ()은 모평균차 검정으로 **는 모평균차 검정통계분석시 귀무가설 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ 를 양측검정결과 5% 유의수준(검정 통계량 $Z_{0.975} = 1.96$)에서 기각된 항목임.

2) *는 귀무가설 모비율차 검정통계 분석시 귀무가설 $H_0 : P_1 = P_2$ 를 편측검정결과 5% 유의수준(검정 통계량 $Z_{0.95} = 1.645$)에서 기각된 항목임.

〈표 5〉 목적2(업무·쇼핑)의 통행행태특성

구 분	업 무		쇼 핑		계		모비율차 검정통계량	
	인	%	인	%	인	%		
도보시간평균(편차)	6.84	6.34	7.39	5.0	7.23	5.52	(-0.808)	
대기시간평균(편차)	4.54	4.67	5.53	3.73	5.24	4.04	(-1.969)**	
통행시간평균(편차)	38.5	51.2	27.8	14.1	30.9	30.4	(2.148)**	
총통행시간평균(편차)	49.9	51.2	40.7	16.4	43.4	31.2	(1.831)	
교통수단	시내외버스	21	19.3	119	45.1	140	37.5	-4.682*
	좌석직행버스	5	4.6	9	3.4	14	3.8	0.544
	기타버스	4	3.7	13	4.9	17	4.6	-0.528
	택시	3	2.8	5	1.9	8	2.1	0.520
	승용차	37	33.9	26	9.8	63	16.9	5.649*
환승	전철	39	35.8	92	34.8	131	35.1	0.171
	무	95	87.2	232	87.9	327	87.7	-0.193
	유	14	12.8	32	12.1	46	12.3	0.193
승용차요금평균(편차)	4326	4974	2696	2218	3620	4072	(1.759)	
대중교통요금평균(편차)	706	723	583	404	612.7	501.2	(1.379)	
교통요금평균(표준편차)	1835	3280	791	1006	1096	2016	(3.260)**	

주 : 1) ()은 모평균차 검정으로 **는 모평균차 검정통계분석시 귀무가설 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ 를 양측검정결과 5% 유의수준(검정 통계량 $Z_{0.05} = 1.96$ 에서 기각된 항목임.
 2) *는 귀무가설 모비율차 검정통계 분석시 귀무가설 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ 를 편측검정결과 5% 유의수준(검정 통계량 $Z_{0.05} = 1.645$)에서 기각된 항목임.

3. 교통수단의 구분

교통수요예측의 과정은 개별행태자료에 의한 수요 모형의 정산이 필수적이다. 개별행태모형에서 선택대상이 되는 교통수단은 명목척도의 자료형태를 갖는다. 본 연구에서는 평소 통행실태에 이용되는 교통수단을 9개 종류로 구분하여 조사하였다. 그러나 교통수단의 수가 많아지면 선택대안이 세분되어 교통수요모형의 신뢰성이 떨어지게 된다. 따라서 교통수요모형의 분석을 위하여 조사된 9개 교통수단 중 도보와 기타수단을 제외한 버스수단의 4개의 형태와 승용차, 택시의 대표적인 서비스 속성인 통행시간과 교통비용을 비교하여 유의적 차이가 없는 교통수단으로 통합하고자 한다. 통합대상이 되는 교통수단은 시내외버스, 좌석직행버스, 마을버스, 택시, 승용차이다.

이러한 5개 교통수단 상호간의 통행시간의 모평균차에 대한 검정결과 〈표 6〉과 같이 시내외버스는 좌석·직행버스 및 마을버스, 승용차와 유의적 차이가 없으나, 택시와는 유의적 차이를 나타내고 있다. 좌석직행버스는 마을버스 및 택시와는 유의적 차이가 없으며, 택시와 승용차는 유의적인 차가 없는 것으로 나타났다. 교통수단간 교통비용의 모평균차에 대한 검정결과 〈표 7〉에서와 같이 시내외버스와 마을버스간에만 유의적인 차가 없고, 타 수단간에는 유의적인 차가 인정된다. 이러한 모평균차에 대한 검정의 결과 교통수단의 서비스속성을 유지하면서 통합 가능한 교통수단의 구분은 버스, 택시, 승용차의 3개 수단이며, 버스에는 시내외버스, 직행좌석버스, 마을버스, 기타버스의 4개 수단이 포함된다. 그리고 택시는 다른 교통수단에 비해 독특한 서비스 속성을 가졌으나, 사

〈표 6〉 교통수단간 통행시간의 비교

교통수단	건수	통행시간 (분)		타수단과의 모평균차 검정				
		평균	표준편차	시내외 버스	시내좌석 버스	마을버스	택 시	승용차
시내외버스	256	40.0	14.2	-	-2.502	1.097	5.041*	-0.927
좌석직행버스	13	51.9	17.0	2.502	-	2.616*	4.986*	0.985
마을버스	20	32.5	20.9	-1.097	-2.616*	-	2.032	-1.439
택 시	13	24.9	11.2	-5.040*	-4.986*	-2.032	-	-3.424*
승 용 차	103	44.8	53.7	0.927	-0.985	1.301	3.583*	-

주 : *는 신뢰수준 99%(Z=2.575)에서 수단간 유의차가 있음을 나타냄.

레전수가 극히 적어 이를 통행 목적별 수단선택모형의 대상에서 제외하였다. 따라서 본 절에서는 수요분

석의 대상으로 버스, 승용차, 전철의 3개 수단의 다항선택으로 구분하고자 한다.

〈표 7〉 교통수단간 교통비용의 비교

교통수단	건수	통행요금 (원)		타수단과의 모평균차 검정				
		평균	표준편차	시내외 버스	시내좌석 버스	마을버스	택시	승용차
시내외버스	256	524	414	-	-4.114*	1.673	-6.077*	-7.142*
좌석직행버스	13	985	393	4.113*	-	4.494*	-4.248*	-6.062*
마을버스	20	393	331	-1.673	-4.494*	-	-6.348*	-7.337*
택시	13	2315	1059	6.076*	4.248*	6.348*	-	-2.996*
승용차	103	4026	4970	7.142*	6.063*	7.293*	3.145*	-

주 : *는 신뢰수준 99%(Z=2.575)에서 유의차가 있음을 나타냄.

IV. 교통수단선택모형의 정산 및 통행시간 가치산정

1. 모형구성 및 자료구조

1) 모형의 구성

본 모형으로부터 수단별 통행시간가치를 산정하기 때문에 교통비용을 나누어 선택대안의 고유변수로 설정하였다. 〈표 8〉과 〈표 9〉에서도 수단별 통행시간에 대한 교통수단선택의 유의적 차이는 없는 것으로 검정되었으나, 수단별로 유의적인 차이가 인정되었기 때문에 본 모형설정에서는 교통비용을 선택대안의 고유변수로 설정하는 것은 타당성이 입증된다. 본 연구의 목적에서 수단별 통행시간가치를 산정하기 때문에 수단별 교통요금을 구분하여 모형에 반영할 수 있어야 한다. 따라서, 개인 n 이 교통수단 i 를 선택할 효용함수의 모형식은 식(3)과 같이 구성하였다.

$$\begin{aligned}
 V_{in} = & \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 Ccar + \theta_4 Cbus \\
 & + \theta_5 Csubway + \theta_6 Tacc_i + \theta_7 Twait_i \\
 & + \theta_8 Ttime_i + \theta_9 Traf_n + \theta_{10} Sex_n + \theta_{11} Age1_n \quad (3) \\
 & + \theta_{12} Age2_n + \theta_{13} Job_n + \theta_{14} Loc_n \\
 & + \theta_{15} Inc_n + \theta_{16} Jou_n + \theta_{17} Icar_n + \theta_{18} Hinc_n
 \end{aligned}$$

여기서, V_{in} : 수단선택 효용함수

- $Ccar$: 승용차의 교통비용(원)
- $Cbus$: 버스의 교통요금(원)
- $Csubway$: 지하철의 교통요금(원)
- $Tacc$: 도보시간(분)
- $Twait$: 대기시간(분)
- $Ttime$: 총통행시간(분)
- $Traf$: 환승횟수(회)
- Sex_n : 개인 n 의 성별(남자 : 1, 여자 : 0)
- Age_n : 개인 n 의 연령(35세이하 : 0, 36세이상 : 1)
- Job_n : 개인 n 의 직업(학생·기타 : 0, 직장인 : 1)
- Loc_n : 개인 n 의 목적지(강남, 강북, 강동 : 0, 서울4대문 : 1)
- Inc_n : 개인 n 의 소득(150만원 미만 : 0, 150만원 이상 : 1)
- Jou_n : 개인 n 의 지출(50만원 미만 : 0, 50만원 이상 : 1)
- $\theta_1 \dots \theta_{18}$: 정산될 미지의 매개변수

2) 모형의 자료구조

본 모형의 자료구조는 식(3)의 효용함수를 특정화할 때 수단선택에 영향을 미치는 변수를 "어떤 변수를 선택하는가?"에 따라 변화한다. 이것은 분석대상에 따라 다르지만 일반적으로 선택대안의 특성과 개인특성으로 구분하는 것이 가능하여 선택대안의 특

성은 선택대안의 고유더미변수(Alternative Specific Dummy Variables), 선택대안의 고유변수(Alternative Specific Variables) 및 선택대안의 공통변수(Common Variables), 선택대안의 일부공통변수등의 4가지가 있다.⁵⁾ 개인 n 에 대해 선택된 대안은 1, 선택되지 않은 대안은 0(Zero)인 값을 취하므로 선택대안 고유더미변수라 하며, 더미변수의 개수는 선택대안의 모집단에 포함된 선택대안의 수를 J 로 한다면 $(J-1)$ 개가 된다. 따라서 본 모형에서는 두 개(D_{car} , D_{bus})가 된다. 선택대안고유변수는 특정의 선택대안에 직접적인 영향을 미치는 변수로 0(Zero)과 다른 값을 갖는다. 예를 들어 선택대안이 승용차의 경우는 운영비가 다른 선택대안에 영향을 미치지 않기 때문에 고유변수가 된다. 따라서 본 모형

에서는 각 수단의 요금에 대한 고유변수를 특정화하여 매개변수 추정이 필요하므로 이를 선택대안 고유변수로 설정하였다. 완전공통변수는 총여행시간과 같이 선택대안 전체에 공통적으로 사용되는 변수이며, 일부공통변수는 접근시간, 대기시간과 같이 대중교통수단을 이용함으로써 일부 선택대안에 공통적으로 사용되는 변수들이다. 개인특성도 상기 기준에 준하여 작성하였다. 이러한 특성들의 정의 및 특성변수를 선택하는데 있어서 선택대안에 미치는 효용의 차에 따라 특정화하는 방법이 중요하기 때문이다.

본 모형의 자료구조는 <표 8>과 같이 개인정보, 선택대안고유더미변수, 선택대안고유변수, 선택대안 공통변수, 일부공통변수, 사회경제적 특성변수순의 구조를 갖는다.

<표 8> 모형의 자료구조 (목적별)

개인정보		선택 정보	선택대안 고유더미		선택대안고유변수			공통변수	일부공통변수		
ID	선택수단	δ_{in}	D_{car}	D_{bus}	C_{car}	C_{bus}	C_{sub}	T_{time}	T_{acc}	T_{wait}	T_{raf}
n	승용차	0	1	0	운영비	0	0	통행시간	0	0	0
	버스	1	0	1	0	요금	0	통행시간	접근시간	대기시간	0 1
	전철	0	0	0	0	0	요금	통행시간	접근시간	대기시간	0 1
미지의 매개변수		δ_{in}	θ_1	θ_2	θ_3	θ_4	θ_5	θ_6	θ_7	θ_8	θ_9

개인정보		개인특성(사회·경제적특성)								
ID	선택수단	Sex_n	$Age1_n$	$Age2_n$	Job_n	Loc_n	$Iinc_n$	Iou_n	$Icar_n$	$Hinc_n$
n	승용차	0(여자) 1(남자)	연령	0	0 (학생, 기타) 1(직장인)	0(기타) 1 (서울4대문)	0(150만원 이하) 1(150만원 이상)	0(50만원 이하) 1(50만원 이상)	0(무) 1(유)	0(150만원 이하) 1(150만원 이상)
	버스	0	0	연령	0	0	0	0	0	0
	전철	0	0	연령	0	0	0	0	0	0
미지의 매개변수		θ_{10}	θ_{11}	θ_{12}	θ_{13}	θ_{14}	θ_{15}	θ_{16}	θ_{17}	θ_{18}

2. 모형의 정산 및 해석

1) 모형의 변수선정

본 모형의 변수선정은 통행목적별로 식(3)에서와

같이 18개 변수에 대하여 <그림 1>의 과정을 통하여 효용함수를 추정할 결과 <표 9>에 제시한 바와 같다. 1차모형의 구성은 시간변수를 차내시간과 차외시간으로 구분하였고, 요금변수는 버스 요금과 지하철 요금

5) 日本交通工學學會 編, "やさしい非集計分析", pp.19~22, 1993.

을 선택대안의 일부공통변수로 구성하여 추정한 결과로 승용차비용의 설명력이 낮고 모형의 재현력이 낮게 분석되었다. 2차모형의 경우 시간변수는 1차모형과 동일하나 선택대안의 변수를 고유변수로 추정한 결과로 지하철요금에 대한 부호문제와 사회·경제변수 중에서 설명력이 낮게 분석되었다. 3차 모형의 경우 요금변수는 1차모형과 동일하나 시간변수 구성에서 총통행시간, 도보시간, 대기시간으로 구분하여 시간에 대한 설명력을 향상하였으나 모형의 재현력이

낮게 추정되었다. 4차모형은 3차모형을 수정하여 교통요금변수를 선택대안의 고유변수로 구성하여 추정한 결과 사회·경제변수 중 일부만 제외하고 변수의 설명력 및 모형의 재현력을 향상시킬 수 있었다. 따라서 최종모형에서는 설명력이 낮은 변수를 제외한 10개의 변수로 최종모형의 변수를 설정하여 추정하였다. 각 모형에 대한 변수의 설정과정도 동일하게 설정하였다.

〈표 9〉 모형의 변수선정 결과

변수	변수명	1차 모형	2차 모형	3차 모형	4차 모형	최종 모형
Ccar	승용차비용	t	t	○	○	○
Cbus	버스요금	제외	s	제외	t	○
Csub	지하철요금	제외	s,t	제외	○	○
Ctra	대중교통요금	○	제외	○	제외	제외
Ttime	총통행시간	제외	제외	○	○	○
Tint	차내시간	○	○	제외	제외	제외
Tout	차외시간	○	○	제외	제외	제외
Tacc	도보시간	제외	제외	○	○	○
Twait	대기시간	제외	제외	○	○	○
Traf	환승여부	t	t	t	t	제외
Sex	성별	t	t	t	○	○
Age	연령	○	○	t	○	○
Sch	학교종류	제외	제외	제외	제외	제외
Loc	목적지 위치	○	○	○	t	제외
Iinc	개인소득	s,t	s,t	s,t	s,t	제외
Iou	개인지출	○	○	○	○	○
Iicar	개인승용차	○	○	○	○	○
Hinc	가구소득	t	t	t	s,t	제외
모형 평가		재현력 낮음	부호문제	재현력 낮음	재현력 양호	재현력 양호

주 : t는 모형의 변수 설명력이 낮음, s는 모형의 부호문제, s,t는 모형의 부호문제와 설명력이 낮음.

2) 모형의 정산과 해석

다항선택모형을 이용한 교통수단선택의 효용함수의 모형 추정결과는 〈표 9〉에서 최종적으로 선정된 모형으로부터 통행목적별로 매개변수값과 통계량을 정리한 내용은 〈표 10〉, 〈표 11〉과 같다.

모형 I에서는 통근·통학을 대상으로 모형을 정산한 결과로 적중율 93.7%, 수정우도비 ($\bar{\rho}^2$) 0.82641로 모형의 높은 재현력을 보이고 있다. 또한 선정된 11개의 변수는 버스교통비용을 제외하고는 유의수준 1% 이내의 높은 설명력을 나타내고 있으며, 모버스교통

비용은 유의수준 5%이내에서 설명력을 나타내고 있다. 모형 II는 업무통행에 대한 모형을 정산한 결과로 95.4%의 적중율과 0.77745의 수정우도비 ($\bar{\rho}^2$)로 모형의 적중율에서 모형 I보다 약간 우수하지만 수정우도비⁶⁾는 낮게 나타났다. 이는 모형의 최우추정값이 더미변수의 매개변수값을 설명하는 과정상의 문제로 모형의 재현력에는 의미가 없을 것으로 판단된다. 왜냐하면 우도비가 0.2-0.4수준이면 양호한 모형의 재현력을 나타내기 때문이다. 본 모형을 구성하는 11개 변수 중 1%이내의 설명력을 가지는 변수는 승용차비용, 통

6) 수정우도비는 우도비에서 변수의 개수 K개를 제외한 비율로 표현되며, 이는 회귀분석에서 설명력을 나타내는 R²값과 동일하다.

행시간, 개인 승용차보유 유무변수 등으로 2.88이상으로 높은 t값을 보이고 있다. 유의수준 5%이내의 설명력을 갖는 변수는 지하철요금, 버스요금, 환승여부, 연령, 목적지 위치, 개인소득변수로 2.28~2.556의 t값을 보이고 있다.

모형Ⅱ의 변수는 유의수준 5%이내의 설명력을 나타내는 변수를 채택하는 가설검정과정에서 도보시간, 대기시간, 개인지출변수 등이 제외된 반면 목적지위치, 개인소득변수가 추가되어 모형의 설명력을 재현하였다. 따라서 모형Ⅱ가 업무통행인 점을 주목하면 모형Ⅰ의 통근·통학에서는 대기시간과 도보시간이 수단선택에 미치는 영향이 있으나 업무통행인 경우는 교통여건이 양호한 점을 감안하면 설명력이 없는 것으로 통행행태를 모형에서 재현하고 있다. 개인지출비용이 모형Ⅰ에서는 설명력을 미치는 요인이나 업무통행에서는 개인지출비용과 무관하다. 또

한 개인승용차보유여부 변수의 t값이 모형Ⅰ의 경우는 6.863, 모형Ⅱ의 경우는 3.725로 모형Ⅰ에서 더 높은 설명력을 나타내고 있다. 이는 통근통학의 경우는 개인승용차량의 보유유무가 수단선택의 직접적인 영향을 미친다는 명제를 모형에서 재현하고 있다. 따라서 모형Ⅰ과 모형Ⅱ를 비교함으로써 통행목적간의 효용함수를 구성하는 설명변수가 다른점을 통계적으로 입증할 수 있다.

모형Ⅲ,Ⅳ에서는 모형Ⅰ의 개인의 통행목적별 기준으로 시장분할⁷⁾에 따른 모형정산결과로 통근은 254인, 통학은 207인으로 구성된 시장분할집단이다. 모형Ⅲ의 정산결과 적중율 94.7%, 수정우도비 ($\bar{\rho}^2$) 판단된다. 이는 현실의 교통시장에서 수단을 선택하는 0.76106으로 높은 재현력을 나타내고 있으며, 선정된 11개변수중 지하철요금의 변수가 유의수준 1%의 설명력을 나타내고 있으며, 유의수준 5%이내의 설명

〈표 10〉 교통수단선택 효용함수의 정산결과

변 수	통근·통학(모형Ⅰ)			업무(모형Ⅱ)		
	매개변수	표준오차	t값	매개변수	표준오차	t값
지하철더미(Dsub)	18.543	2.650	6.997*	22.490	6.798	3.308*
버스더미(Dbus)	20.911	2.708	7.721*	18.108	5.777	3.135*
지하철교통비용(Csub)	-0.012878	0.01187	-1.085	-0.014331	0.007582	-2.286**
버스교통비용(Cbus)	-0.021860	0.00941	-2.324**	-0.012492	0.029150	-2.570**
승용차비용(Ccar)	-0.0017009	0.00068	-5.444*	-0.0010815	0.000148	-2.804*
통행시간(Ttime)	-0.23241	0.02910	-7.987*	-0.25369	0.074620	-3.105*
도보시간(Tacc)	-0.13336	0.03807	-3.503*	제외	제외	제외
대기시간(Twait)	-0.14908	0.04775	-3.122*	제외	제외	제외
환승여부(Trn)	제외	제외	제외	-3.2702	1.213	-2.696**
연령(Age)	0.15452	0.04145	3.728*	0.16718	0.16718	2.023**
목적지위치(Loc)	제외	제외	제외	-4.5783	1.647	-2.779**
개인소득(Inc)	제외	제외	제외	4.7983	1.983	2.420**
개인지출비용(Iou)	4.8611	1.205	4.033*	제외	제외	제외
개인승용차보유(Icar)	12.368	1.802	6.863*	5.1907	1.293	4.014*
LL(θ)	-77.10690			-18.03301		
LL(0)	-507.5589			-119.7487		
우도비 ρ ²	0.84748			0.8494		
수정우도비 $\bar{\rho}^2$	0.826410			0.7575		
적중율(R.%)	93.7			95.4		
표본수(n)	451			109		

주 : 1) 우도비 $\rho^2 = 1 - \frac{LL(\theta)}{LL(0)}$, 수정우도비 $\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{LL(\theta) - K}{LL(0)}$, K=변수의 수

2) 적중율 $R = \sum_{m=1}^M S_m / N_i$, S_m =표본의 선택결과와 정산모형에서 선택한 결과의 일치한 수, N_i =표본의 수

3) *는 1%, **은 5%의 유의수준에서 신뢰성이 있음을 의미함.

7) 시장분할은 개별형태모형의 적중률을 향상시키기 위해 이용되기 때문에 본 연구에서는 통행목적별로 구분하여 이용교통수단간의 시장분할의 타당성을 연령, 소득, 가구소득, 성별, 주거형태 등의 다양한 시장분할변수의 적용을 검토한 결과, 성별, 연령이 적합한 것으로 분석하거나, 본 모형구성에서 통행목적별을 구분한 접근방법이 시장분할변수로 볼 수 있으므로 이를 제외하였다.

〈표 11〉 교통수단선택 효용함수의 정산결과

변 수	통근(모형Ⅲ)			통학(모형Ⅳ)		
	매개변수	표준오차	t값	매개변수	표준오차	t값
지하철더미(Dsub)	18.653	3.1391	5.943*	164.16	2.071	79.273*
버스더미(Dbus)	21.818	3.335	6.541*	176.56	0.0007414	88.396*
지하철교통비용(Csub)	-0.016905	0.01342	-1.260	0.0042759	0.0005807	5.768*
버스교통비용(Cbus)	-0.017168	0.01194	-2.276**	-0.010568	0.0001549	-18.198*
승용차비용(Ccar)	-0.001524	0.008391	-5.392*	-0.001366	0.01304	-8.821*
통행시간(Ttime)	-0.27807	0.4320	-6.437*	-1.3946	0.02686	-106.974*
도보시간(Tacc)	-0.19343	0.4933	-3.921*	-0.063807	0.2954	-2.379*
대기시간(Twait)	-0.15933	0.6893	-2.311**	-1.0703	0.8355	-36.233*
성별(Sex)	제외	제외	제외	20.549	0.8355	24.596*
연령(Age)	0.13798	0.4408	3.130**	1.9839	0.1053	18.844*
개인지출비용(Iou)	5.8850	1.410	4.173**	50.137	0.7681	65.274*
개인승용차보유(Icar)	12.875	2.077	6.198**	70.213	0.7711	91.061*
LL(θ)	-77.10690			-171.8239		
LL(0)	-507.5589			-238.3989		
우도비 ρ^2	0.848082			0.279258		
수정우도비 $\bar{\rho}^2$	0.8264104			0.228923		
적중율(R.%)	94.7			3.9		
표본수	254			207		

주 : *는 1%, **은 5%의 유의수준에서 신뢰성이 있음을 의미함.

력을 나타내는 변수는 2개로 버스요금 2.276, 대기시간 2.311의 t값을 보이며, 유의수준 1%이내의 설명력을 나타내는 변수는 승용차비용, 통행시간, 도보시간, 연령, 개인지출비용, 개인승용차보유 등으로 3.103이상의 t값으로 높은 설명력을 나타내고 있다.

모형Ⅳ의 경우 3.9%의 적중율과 0.228923의 수정우도비 ($\bar{\rho}^2$)로 모형의 재현력이 매우 낮게 나타났다. 본 모형에서는 모형의 재현력을 향상시키기 위해 변수의 조정, 변수의 변환 등의 다양한 방법을 시도하였으나 모형의 재현력을 향상시킬 수 없었다. 모형을 구성하는 변수는 유의수준 1%이내에서 설명력이 매우 높게 나타났지만 효용이론의 합리적인 가설을 설명할 수 없기 때문에 본 모형의 구현은 시장분할 변수로서 모형의 재현력을 향상시킬 수 없다. 이는 통근자의 경우 가구소득, 개인지출비용, 개인승용 차량의 미보유 등으로 교통수단이 버스와 지하철로 한정되어 있어 승용차량 이용자가 2인으로 다항로모형의 적용시 이용 교통수단간의 효용차이를 재현하는데 한계가 있기 때문이다. 또한 다항선택모

형의 재현이 어려워 이항선택모형을 검토하였으나, 버스와 지하철간의 더미변수 선정문제와 잠재변수⁸⁾의 자료작성에 있어서 두 수단간의 변수특성화에 대한 문제점 때문에 이항선택모형을 적용할 수 없었다. 모형을 구성하는 변수는 유의수준 1%이내에서 설명력이 매우 높게 나타났지만 효용이론의 합리적인 가설을 설명할 수 없기 때문에 본 모형의 구현은 시장분할 변수로서 모형의 재현력을 향상시킬 수 없었다. 따라서 모형Ⅳ는 다음 절에서 모형간 동질성 평가 및 통행시간가치 산정에서 제외한다.

3. 통행시간가치 산정 및 유의성 검증

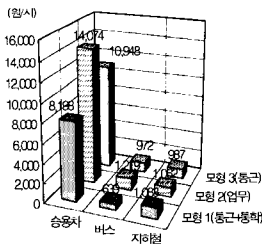
1) 통행시간가치의 산정

본 연구의 목적은 통행시간가치값이 통행목적에 따라 차이가 있을 것이라는 대립가설을 전제로 통행목적에 따라 3개의 수단선택의 모형을 정산하여 전절에서 모형의 타당성을 입증하였다. 이 모형식으로부터 교통수단별 통행시간가치를 산정한 결과 승용차의 경우

8) 효용함수를 구성하는 변수는 교통수단의 특성을 계량적으로 나타낼 수 있는 변수인 통행시간, 교통요금, 대기시간, 정시성등의 교통서비스 변수와 사회경제적인 변수인 소득, 연령, 성별, 직업, 주거형태 등으로 구성된다. 효용함수 이론에서 통행시간이나, 교통비용이 증가하면 역효용이 발생하여 통행시간이나 교통비용이 가장 낮은 수단을 선택한다. 하지만 경제활동시장에서는 이러한 가설이 성립되지 않는다. 왜냐하면, 각 이용수단이 갖는 효용인 안락감, 편리함, 정시성 등을 계량화 할 수 없는 변수가 존재하기 때문이다.

업무통행이 14,074.3원/시가 가장 크며, 통근·통학이 8,198.4원/시로 가장 낮게 나타났고, 버스의 경우 업무통행이 1,218.5원/시, 통근 971.8원/시, 통근·통학 639.2원/시로 산정되었고, 지하철의 경우도 같은 순으로 나타났다. 특히 대중교통수단인 지하철의 시간가치가 버스보다 높은 값이 나타난 이유는 지하철이용자의 경우 최종목적지까지의 통근 및 통학통행에 있어서 버스, 택시 수단간에 환승에 따른 연계수단의 요금에 포함되어 있기 때문이며, 업무통행의 경우는 지하철을 이용하여 타수단간의 환승하는 통행을 선호하지 않기 때문에 지하철의 시간가치가 버스보다 낮게 나타났다.

또한 승용차의 경우 버스나 지하철의 경우보다 크게 나타난 이유는 조사표3(부록참조)에서 평소통행에 대해 대체 수단을 이용할 수 있는 경우 교통수단정보 및 선호도를 조사하기 위해 설계하여 승용차를 보유하지 않은 이용자도 교통수단정보 및 선호도를 기재하였다. 따라서 이로 인한 승용차 관련비용을 제대로 인식하지 못한 상황에서 조사된 경우가 있어 승용차 이용자의시간가치가 높게 나타난 것으로 검토되었다. 이러한 검토는 조사표1의 개인특성에 대한 내용중 승용차보유 응답자와 승용차 미보유 응답자의 결과를 조사표3과 연계하여 비교·분석한 결과 승용차를 보유하지 않은 응답자가 승용차의 비용이 15%정도 높게 나타났다. 또한 본 연구에서는 승용차 비용에 주차요금을 포함하여 분석하여 기존 연구결과와 차이가 있는 것으로 판단된다.



〈그림 4〉 통행목적별 수단별 통행시간가치 비교

2) 기존연구사례비교분석

국내외 통행시간가치를 산정한 기존 연구사례를 보면 〈표 12〉에 나타난 바와 같이 통행시간가치 산정방법과 연구목적에 따라 매우 상이한 값을 보이고 있으며, 점차로 증가하는 추세에 있다. 이는 통행시간가치가 명목소득의 증가를 반영함과 동시에 과거에 비해 통행자의 통행패턴이 비용지향적에서 시간지향적인 성향으로 바뀌어 가고 있음을 시사하는 것으로 판단된다. 또한 국내 시간가치연구사례결과는 차내시간과 차외시간으로 구분되어 있음으로 본 연구 결과와 비교에 있어서는 차내시간과 비교함이 합리적인 것으로 사료된다. 왜냐하면 교통정책 및 교통사업의 타당성 평가시 시간가치의 적용은 일반적으로 차내시간을 적용하여 하기 때문이다.

선진 외국의 연구사례와 비교해 볼 때, 우리나라보다 시간가치가 대체적으로 높게 산정되어 있다. 예를 들어 영국의 COBA(Cost Benefit Analysis)⁹⁾에서 통행목적을 업무통행과 비업무통행으로 구분하여 통행시간가치를 산정한 결과와 미국의 미국연방도로국(The Federal Highway Administration, FHWA)에서 발간된 HERS(Highway Economic Requirements System, 1994)에서 제시된 시간가치추정결과 값이 국내에서 산출된 대부분의 통행시간가치보다 더 높은 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 하지만 본 연구 결과중 업무통행과 비교하면 승용차이용자의 시간가치는 14,074원/시간으로 미국연방도로청의 15,200원/시간과 거의 비슷한 수준에 있다. 수단별 시간가치는 통행목적의 구분, 교통수단의 구분, 차내시간과 차외시간의 구분 등의 산출방법이 서로 상이하기 때문에 기존 연구사례와 상대적인 비교는 곤란하다. 〈표 12〉에 제시된바와 같이 "네스티드모형을 이용한 쇼핑통행의 행태분석에 관한 연구결과(1989)"에서 제시된 값의 승용차 이용자의 시간가치는 10,026원/시간, 버스이용자의 시간가치는 834원/시간, 지하철 이용자의 시간가치는 1,254원/시간으로 승용차 이용자의 시간가치와 대중교통이용자의 시간가치는 9~11배 차이를 보이고 있어 본 연구 비슷한 수준의 값을 보이고 있음을 주지할 수 있다.

9) COBA 편람 및 프로그램은 지역간 및 도시간선도로 건설사업의 비용과 편익의 분석·평가를 위하여 개발되었으며, 중앙정부에서는 도로투자사업의 심사기준(Benchmark)으로서 COBA편람에 기초한 평가결과를 요구하고 있음.

<표 12> 국내외 시간가치 산정연구사례

출 처	추정방법	추 정 결 과				비고	
		구분	도보	대기	차내		
종로축 출근통행자에 대한 로짓모형의 적용에 관한 연구(원재무, 1984)	한계대체율법	고소득	차내	910		기준:35만원/월	
			차외	2,352			
		저소득	차내	582			
			차외	1,248			
자가용승용차 이용률 둔화를 위한 정책 대안연구(KOTI, 1990)	한계대체율법	승용차	차 내	6,900		-	
			차 외	9,870			
수도권여객통행실태의 조사 (KOTI, 1997)	한계대체율법	통근+ 통학	구분	도보	대기	차내	통행목적 구분
			8,633	27,624	10,111		
		통근	9,971	33,422	11,404		
		통학	6,628	18,130	7,145		
지하철노선의 대안설정과 평가분석에 관한 사례연구(임승달·이인원, 1983)	한계대체율법	승용차	787.2			통행자 월평균 소득의 1/3	
		버 스	252.6				
네스티드로짓모형을 이용한 쇼핑통행의 행태 분석에 관한 연구 (이현구·조중래, 1989)	한계대체율법	승용차	10,026			-	
		버 스	834				
		지하철	1,254				
교통혼잡비용예측연구(KOTI, 1992)	임금율법	승용차	8,817			업무통행기준	
		버 스	5,964				
Cost Benefit Analysis (영국교통성, 1992)	임금율법	업무차량	20,985			재차인원당시간 가치 산출 Pence/h를 원/시로 환산	
		비업무차량	8,131				
		차량평균	9,929				
Highway Economic Requirements (미국연방도로청, 1994)	-	구 분	자가용	트럭		업무와 비업무통행의 구분 단위:\$/h를 원/시로 환산	
			업무통행	15,200	13,480		
		비업무	가치	8,940	8,940		
			평균	9,540	10,870		
본 연구	한계대체율법	구분	승용차	버스	지하철	통행목적에 따라 교통수단구분	
			통근+ 통학	8,198	639		1,082
		업무	14,074	1,218	1,062		
		통근	10,947	974	987		

3) 통행시간가치의 유의성 검정

통행목적별로 모형을 구분하여 다항선택모형을 적용하여 3개 수단에 대해 시간가치값을 산정하였다.

그 결과 각 통행목적에 대한 수단별 시간가치값이 서로 상이함을 통계적 가설검정을 통하여 도출된 시간가치값의 유의성을 확인하고자 한다.

모형의 정산결과 각 모형의 적중율이 동일하고, 시간가치값을 산정하는 주요 매개변수인 통행시간, 승용차비용, 버스요금, 지하철요금의 매개변수값에 대하여 통계적으로 동일하지 않다면 통행목적에 대한 수단별 통행시간가치가 통계적인 유의적인 차이가 있다고 할 수 있다. 그러므로 주요매개변수에 대한 통계적 검정이 필요하다. 두 모형간 매개 변수값의 동일성에 대한 가설검정은 정산매개변수의 θ 는 N 이 충분히 클 때

$N(\theta, E[-v^2L(\hat{\theta})])$ 의 정규분포에 가깝다는 표본이론에서 귀무가설 $H_0: \theta_1 = \theta_2$ 와 대립가설 $H_1: \theta_1 \neq \theta_2$ 의 검정통계량은 $Z = (\theta_1 - \theta_2) / \sqrt{(\sigma_1^2/n_1) + (\sigma_2^2/n_2)}$, $|Z| \geq Z_{\alpha/2}$ 이며, σ 는 모형의 각 매개변수의 표준오차값이다. 유의수준 5%에서 양측검정 $Z_{0.975} = 1.96$ 이다. 따라서 $|Z| > 1.96$ 이면 귀무가설을 기각하여 두 모형의 매개변수는 통계적으로 상이하다고 할 수 있다. ($H_1: \theta_1 \neq \theta_2$) 각 모형간의 가설검정결과는 <표 13>~<표 15>에 제시하였다. 그 결과 모형 I, II, III 상호간에 적중율차이는 통계적으로 동일한 것으로 검정되었으며, 통행시간가치를 산정하는 매개변수들은 동일하지 않은 것으로 나타나 통행시간가치는 각 모형별 상호간에 유의적인 차이가 인정되어 통행목적에 따른수단별로 통행시간가치가 각각 달리 적용되어야 한다는 유효성이 입증된다.

<표 13> 통행목적별 수단별 통행시간가치 비교(모형 I / 모형 II)

구 분		모 형 I	모 형 II	검정통계량
표본수(N)		451	109	-
적중율(%)		93.7	95.4	-0.723
매개변수	통행시간	-0.23241	-0.25368	-2.92272*
	승용차	-0.0017009	-0.0010815	-17.68825*
	버스	-0.021816	-0.012492	-3.31375*
	지하철	-0.012878	-0.014331	-1.58553*
통행시간가치 (원/시)	승용차	8,198.4	14,074.3	-
	버 스	639.2	1,218.5	-
	지하철	1,082.8	1,062.1	-

주 : *은 유의수준 5%에서 $\theta_1 \neq \theta_2$ 의 독립성이 인정되는 경우임.

<표 14> 모형의 수단별 통행시간가치 비교(모형 I / 모형 III)

구 분		모 형 I	모 형 III	검정통계량
표본수(N)		451	254	-
적중율(%)		93.7	94.7	-0.595
매개변수	통행시간	-0.23241	-0.27807	-1.68234*
	승용차	-0.0017009	-0.001524	-2.87072*
	버스	-0.021816	-0.017168	-5.39057*
	지하철	-0.012878	-0.016905	-4.58965*
통행시간가치 (원/시)	승용차	8,198.4	10,947.6	-
	버 스	639.2	971.8	-
	지하철	1,082.8	986.9	-

주 : *은 유의수준 5%에서 $\theta_1 \neq \theta_2$ 의 독립성이 인정되는 경우임.

<표 15> 모형의 수단별 통행시간가치 비교(모형 II / 모형 III)

구 분		모 형 II	모 형 III	검정통계량
표본수(N)		109	254	-
적중율(%)		95.4	94.7	0.284
매개변수	통행시간	-0.25368	-0.27807	-4.08701*
	승용차	-0.0010815	-0.001524	-8.11557*
	버스	-0.012492	-0.017168	-1.61752*
	지하철	-0.014331	-0.016905	-2.71901*
통행시간가치 (원/시)	승용차	14,074.3	10,947.6	-
	버 스	1,218.5	971.8	-
	지하철	1,062.1	986.9	-

주 : *은 유의수준 5%에서 $\theta_1 \neq \theta_2$ 의 독립성이 인정되는 경우임.

V. 결론

통행시간가치의 산정방법은 일반적으로 임금을법과 한계대체율법을 사용하고 있다. 이러한 방법에 따라 산정된 시간가치는 차내시간을 기준으로 국내의 값이 선진외국에 비해 낮게 산정되어 있으며, 통행목적에

따른 수단별 통행시간가치의 연구는 업무와 비업무통행으로만 구분하여 연구되어있다. 본 연구는 다항로짓모형을 적용하는데 있어 통행목적에 따른 모형 구성변수에 있어 통계적 신뢰성 및 모형의 적합도, 수정우도비, 교통수단선택의 행태특성을 반영하여 적중율의 동일성이 검정하였고, 또한 통행목적별 수단별

시간가치값의 유의적인 차이가 있음을 검정하였다. 이러한 과정을 토대로 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 교통수단선택의 효용함수를 정산결과 모형 I (통근+통학)의 경우 선정된 11개 변수는 유의수준 5%이내에서 높은 설명력이 나타나, 신뢰구간 95%에서 모형을 구성하는 변수의 통계적 신뢰성이 있음을 검정하였다.

둘째, 모형별 통행시간가치 도출결과 모형 I (통근+통학)의 경우 승용차 8,198원/시, 버스 639원/시, 지하철 1,083원/시이며, 모형II(업무) 승용차 14,074원/시, 버스 1,219원/시, 지하철 1,062원/시로 산정되었으며, 모형III(통근)의 경우 승용차 10,947원/시, 버스 972원/시, 지하철 987원/시로 산정되었다. 모형II가 가장 큰 값을 나타냈으며, 다음은 모형III, 모형 I이 가장 낮게 나타났다. 본 연구의 업무통행시간가치는 미국사례와 비슷한 수준이며, 국내의 연구사례의 차내시간 가치보다 높게 나타났으며, 최근의 연구사례인 수도권 여객통행실태(KOTI, 1997)에서 산정된 차외시간가치보다 낮고, 차외외시간 가치보다는 높게 나타났다.

셋째, 통행목적별 각 모형 상호간 적응율차이에 대한 동일성은 유의수준 5%이내에서 인정되어 예측력에 따른 통행시간가치의 변이는 없을 것으로 판단되며, 또한 통행시간 가치값의 도출에 영향을 미치는 통행시간, 승용차비용, 버스요금, 지하철요금 등의 매개변수가 유의수준 5%에서 검정결과 유의적인 차이가 인정된 만큼 통행목적별 수단별 통행시간가치값은 상호간에 유의적인 차이가 있음을 확인하였다.

본 연구 결과 향후 경제성 평가는 통행목적에 따른 수단별 통행시간가치가 적용될 수 있을 것으로 기대되며, 또한 수단선택모형의 매개변수 정산시에는 통행목적별 시간가치를 비교하여 모형의 타당성을 입증하는 요인으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 승용차이용자의 시간가치가 버스나 지하철이용자의 시간가치보다 크게 나타난 이유는 조사표 3(부록참조)에서 평소통행에 대해 대체 수단을 이용할 수 있는 경우 교통수단정보 및 선호도를 조사하기 위해 설계하였으나, 승용차를 보유하지 않은 이용자가 승용차 관련비용을 제대로 인식하지 못한 상황에서 조사되어 승용차 이용자의 시간가치가 높게 나타

난 것으로 검토되었다. 따라서 향후 연구는 이러한 조사표설계 및 조사방법을 극복할 수 있는 세밀한 조사표설계에 대한 연구가 필요하며, 승용차를 보유하지 않은 대중교통의 이용자의 승용차관련비용의 인식에 대한 정보를 제공하여 본 연구에서 나타난 한계를 극복하여 시간가치를 도출하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김길평, 강창교, "경영통계학", 명진문화사, 1996.
2. 경제기획원, "투자심사편람(수송부문)", 1982.
3. 윤성순, 윤대식, "도시모형론", 홍문사, 1995.
4. 유 완, "Evaluating Value of Time for Travel Based on The Linear Logit Choice Model", 대한교통학회지 제2권 제1호, 대한교통학회, 1984, pp.66~88.
5. 임강원, "도시교통계획 이론과 모형", 서울대학교출판국, 1992.
6. 원제무, "도시교통론", 박영사, 1995. pp.438~445.
7. 원제무, "An Application of Multinomial Logit Model to Jongro Corridor Travellers", 대한교통학회지 제2권 제1호, 대한교통학회, 1984. pp.103~119.
8. 임승달·이인원, "지하철노선의 대안설정과 평가 분석에 관한 사례연구", 대한교통학회지 제1권 제1호, 대한교통학회, 1983.
9. 이현구·조중래, "네스티드로짓모형을 이용한 쇼핑통행의 행태 분석에 관한 연구", 대한교통학회지 제7권 제1호, 대한교통학회, 1989.
10. 日本交通政策研究會, "時間價値の理論とその計測手法", 1987. pp.35~39.
11. 日本交通工學學會 編, "やさしい非集計分析", 1993, pp.19~22.
12. 日本土木學會, "非集計行動モデルの理論と實際", 1987. p.44.
13. David A. Hensher, "The Value Of Commuter Travel Time Savings", Journal of Transport Economics And Policy, Vol X No 2, 1976. pp.167~177.
14. J. M. Golob, "Classification of Approach

- to Travel Behavior Analysis", TRB Special Report 201, TRB, 1982.
15. Ben-Akiva M. and S. R. Lerman, "Discrete choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand", The MIT Press, 1985. pp.104~106.
 16. Ben-Akiva M. and S. R. Lerman, "Travel Behavior, Theories, Models and Prediction Methods", MIT, 1985.
 17. William H. Greene, "LIMDEP User's Manual Reference Guide Ver. 6.0", Econometric Software, Inc. 1991.
 16. Ortuzar J. de D. & L. G. Willumsen, Modelling Transport, John Wiley & Sons, 1994.