

■ 論 文 ■

서울시 지하철 이용객의 환승 관련 변수의 가치 추정 (선호의식(SP) 및 현시선호(RP) 분석을 이용)

Estimation of Transfer Related Values of Seoul Subway Users
Using Stated Preference and Revealed Preference Analyses

양 창 화

(서울시정개발연구원 위촉연구원)

손 의 영

(서울시립대학교 교통공학과 부교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구배경 및 목적
 - 2. 연구방법론
 - II. 선호의식(SP) 분석
 - 1. 선호의식자료의 특성
 - 2. 조사설계 및 자료분석
 - 3. 모형의 추정결과 및 검증
 - 4. 모형의 평가
 - III. 현시선호(RP) 분석
 - 1. 현시선호 자료의 특성
 - IV. SP 및 RP 모형의 비교·평가
 - V. 결론 및 제언
 - 1. 결론
 - 2. 정책적 제언
- 참고문헌

요 약

환승은 대중교통 이용시 불가피하게 발생하여 승객에게 불편을 초래하는 통행저항(travel impedance)으로 작용하지만, 대부분의 기존 연구에서는 이를 제대로 고려하지 못하였다.

따라서 본 연구는 환승이 경로선택에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보기 위해서 서울시 지하철 이용자를 대상으로 선호의식(Stated Preference: SP) 및 현시선호(Revealed Preference: RP) 자료를 구축하여 분석하였으며, 차내시간, 환승횟수, 환승시간 그리고 에스컬레이터 유무의 가치를 추정하기 위한 모형식을 구축하였다.

연구 결과, SP분석과 RP분석의 결과가 조금씩 차이가 나지만 대체적으로 서울시 지하철 이용객들은 차내시간을 기준으로 할 때 환승시간은 1~2배, 환승 1회는 10~15분, 에스컬레이터 유무는 2~4분의 가치를 부여하는 것으로 나타났다. 시장분할을 통해 통행특성별로 살펴본 결과 여자가 남자에 비해서 그리고 나이가 들수록 환승에 더 많은 가치를 부여함으로써 환승을 더 불편하게 느끼고 있는 것으로 나타났다. 또한 분석자료별로 차이가 있지만 귀가·하교 통행이 환승에 대한 저항이 크고, 출근·등교·업무 통행이 비교적 낮았다. 또한 통행시간 및 환승시간이 길수록 환승에 대한 저항이 크게 나타났다.

1. 서론

1. 연구배경 및 목적

지하철은 서울시 전체 통행량의 약 30%를 담당하고 있는 주요 대중교통수단으로, 지하철을 이용한 통행의 65.3%가 1회 이상의 환승을 하고 있다. 이러한 환승은 대중교통 이용시 불가피하게 발생하지만 승객에게 불편을 초래하는 통행저항(travel impedance)으로 작용한다. 특히 지하철 이용객들은 환승에 대한 저항 때문에 통행시간이 늘어나도 환승을 최소화하는 경로를 선택하는 경우가 많다.

그러나 국내의 기존연구에서는 통행수단선택모형을 구축할 때 통행시간을 '차내 통행시간'과 '차외 통행시간'¹⁾으로만 구분하여 환승의 영향을 제대로 반영하지 못하였다.

그 결과 환승으로 인한 통행저항이 이용자들로 하여금 다른 교통수단을 선택하거나 통행을 회피하게 하는 등 수요에 변화를 미치고 있음에도 불구하고 이를 제대로 분석하지 못하였다. 또한 환승 편의시설의 제공이 가져오는 수요증진효과를 판단하지 못하여 에스컬레이터나 움직이는 보도(moving sidewalk)와 같은 편의시설의 설치에 소극적이었다. 뿐만 아니라 환승비용이 전반적인 통행비용을 증가시킴에도 불구하고 지하철사업에 대한 타당성 분석시 이를 고려하지 않아 편익에 비해 비용이 실제보다 과소 추정되어 실제 경제성이 부족한 노선이 타당성이 있는 것으로 분석될 수 있는 개연성을 내포하고 있다.

이러한 현실에도 불구하고 환승의 영향에 대한 직접적인 연구가 이루어진 사례가 거의 없었으며, 수단선택(mode choice)에 대한 연구에서 대중교통(지하철, 버스)의 효율을 나타내는 변수로서 환승을 고려한 사례는 있으나 그 영향이 미비하다는 이유로 거의 무시되었다.

따라서 본 연구에서는 지하철의 경로선택에 영향을 미치는 환승 관련변수의 가치를 계량적으로 추정하고자 하였으며, 그 결과를 향후 통행경로 및 통행수단의 선택과 지하철 노선계획에 반영하여 환승으로 인한 영향을 최소화하도록 유도하고자 하였다.

2. 연구방법론

본 연구는 서울시 지하철 이용자를 대상으로 이들의 환승 관련 변수의 가치를 추정하는 것으로, 통행 경로 선택에 대한 개별 통행자들의 선호행태를 파악함으로써 이를 도출할 수 있다.

통행자들의 교통수단선택 혹은 통행경로 선택에 관한 메커니즘을 설명하기 위해서 일반적인 경제이론, 특히 소비자 수요이론에 근거한 개별행태모형(disaggregate behavioral model)을 주로 적용하여왔다. 개별행태모형은 개개인의 선택행위를 밝히기 위한 것으로, 통행자가 시스템(통행수단, 통행경로)적 특성, 이용자특성을 고려하여 어떤 수단 혹은 경로를 선택하는지에 대한 확률을 구하는 것이다. 여기서 시스템적 특성에는 시간, 비용 같은 변수가 포함되며, 이용자특성에는 이용자와 그 가족의 사회·경제적인 특성이 반영된다(Peter L. Watson, 1974).

개별행태모형의 분석방법 중 로짓모형은 효용함수에 포함되는 독립변수가 단위에 제약받지 않고 사용될 수 있으며, 또한 통행자의 속성, 교통수단이 제공하는 서비스의 속성 및 통행목적 등 통행 자체의 속성 등을 자유롭게 효용함수에 포함시킴으로써 통행자의 현실적 선택행태를 설명할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 아래의 식과 같이 통행경로선택 모형으로써 로짓모형을 이용하였다.

$$P_{in} = \frac{\exp[V_i]}{\sum_{j=1}^n \exp[V_j]}$$

$$V_i = \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \dots + \beta_k Z_{ki}$$

P_{in} : 개인 n 이 경로 i 를 선택하는 확률

V_i : 경로 i 의 효용함수

Z_{ik} : 경로 i 에 대한 k 항목의 설명변수

β_k : k 항목의 변수의 계수

또한 효용함수내 독립변수의 계수추정은 최우추정법(maximum likelihood estimation method)을 사용하였다.

1) 차외시간(out of vehicle time)에는 출발지 접근시간(access time), 대기시간(waiting time), 환승시간(transfer time), 목적지 접근시간(egress time)이 포함된다. 지하철 경로 선택시, 출발지·목적지 접근시간, 대기시간은 지하철 시스템적 측면에서 정해져 있는 시간이며 노선선택의 여지가 없는 반면 환승시간, 환승횟수 및 에스컬레이터 유무는 선택하는 경로에 따라서 달라질 수 있다.

지하철에서 통행경로선택에 영향을 미치는 요인은 차내시간, 환승횟수, 환승시간, 에스컬레이터 유무, 편의도, 안락감 등으로 매우 다양하다. 이 중에서 차내시간, 환승횟수, 환승시간, 에스컬레이터 유무는 정량적인 자료로 이용객들이 직접적으로 인식하고 있는 자료인 반면, 편의도와 안락감 같은 정성적인 자료는 상대적으로 인지도가 낮아 경로선택에 미치는 영향이 미비한 것으로 판단하여 제외시켰다.

따라서 본 연구에서는 통행경로선택에 영향을 미치는 요인으로 차내시간(INTIME)과 환승관련 변수로서 환승시간(TTIME)²⁾, 환승횟수(TNUMBER) 그리고 에스컬레이터 유무(ESCAL)를 설정하였다.

본 연구에서는 자료분석을 위해서 선호의식(Stated Preference:SP) 및 현시선호(Revealed Preference:RP) 자료를 각각 이용하였다. SP 자료는 '99년 9월 회기역, 왕십리역, 용산역, 청량리역에서 지하철 이용객들을 대상으로 직접면접조사를 통하여 구축하였고, RP 자료는 '97년 서울시 교통센서스 자료를 토대로 지하철 통행을 추출하여 선택경로를 구축하고, 지하철 네트워크 내에서 최단경로(shortest path)와 차선경로(second-best path)를 탐색하여 대안경로를 구축하였다.

Alogit 프로그램을 이용하여 모형의 계수값이 추정하고, 한계대체율(marginal rate of substitution)³⁾을 이용하여 차내시간에 대한 환승관련 변수의 상쇄관계(trade-off)를 밝힘으로서 환승관련 변수의 가치를 추정하였다. 또한 지하철 이용객의 환승행태에 대한 SP 및 RP 자료의 분석결과를 토대로 두 가지 자료형태가 가지는 특성을 비교·평가하였다.

II. 선호의식 분석

1. 선호의식 자료의 특성

선호의식(Stated Preference:SP) 기법은 현재로서는 사례가 없거나 객관적인 자료를 입수하기 어려운

경우에 적용이 된다. 특히 독립변수의 변동영역이 작거나 상호상관이 높아 다중공선성에 의해 모델의 추정이 곤란하여 변수마다의 효과를 식별하기 어려운 경우처럼 객관적인 자료가 부적절한 경우 등에 유효하게 사용된다(太田勝敏, 1988)

SP 자료는 선택대안을 구성하는 속성(attributes)을 실험자가 마음대로 설정할 수 있기 때문에 속성의 범위를 확대하거나, 속성간의 상관을 낮춤으로서 속성간의 상쇄효과(trade-off)를 보다 명확히 할 수 있고, 효용함수에서 추정된 계수의 분산을 작게 하는 것도 가능하다. 속성의 값을 실험자가 변화시킬 수 있기 때문에 속성의 측정오차가 별로 없는 것도 장점이다.

이러한 SP 자료의 장점에도 불구하고 개별행태모형의 추정에 통상 RP 자료를 이용하는 것은 SP 자료의 신뢰성에 문제가 있기 때문이다. 즉 가상의 상황이 현실화되었다고 할 때, 정말로 SP 조사에 답한 것처럼 행동할 것인가 하는 문제가 그것이다. 이것은 SP 자료에서는 편의(bias)가 포함될 가능성이 있다는 것을 의미한다. 그 원인으로는 SP 조사시 전적으로 '별로 고민하지 않고 대답하는' 경우와 실제의 행동과는 다른 의사결정 과정으로 응답하는 경우가 있다. 따라서 조사양식을 정확히 작성하는 것이 무엇보다도 중요하다(交通工學研究會, 1993).

2. 조사설계 및 자료분석

1) 조사설계

통행 행태 조사시의 응답방법으로는 선호실험과 선택실험의 방법이 있는데, 선호실험은 서비스나 상품에 대해 정의한 속성들 중에서 개인이 선호하는 것을 지적하게 하는 방법으로 순위(rank ordering), 비율척도(rating scale)가 이에 해당한다. 반면에 선택실험은 응답자가 여러 가지 대안 중에서 하나를 선택하게 하는 방법으로 제1선호선택(first preference choice)

2) 환승시간은 환승을 위해 다른 노선으로 이동하는 시간과 차량대기시간을 합한 시간을 의미한다.

3) 한계대체율(marginal rate of substitution:MRS)은 경제학에서 동일한 만족수준을 유지하면서 X재 1단위를 더 소비하기 위해서 포기할 수 있는 Y재의 양으로 정의한다.

$MRS_{xy} = -\frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{MU_x}{MU_y}$ 로 나타나며, 이는 소비자가 X재 한 단위로부터 얻는 한계효용(MU_x)과 Y재 한 단위로부터 얻는 한계효용(MU_y)의 비율로 표현된다(신봉호, 1997, 미시경제학, 비봉출판사, 서울, pp.69~70).

본 연구에서는 X재가 환승시간, 환승횟수, 에스컬레이터 유무에 해당하며, Y재가 차내시간에 대비된다. 따라서 한계대체율은 동일한 만족수준을 유지하면서 환승시간 1분, 환승횟수 1회를 줄이기 위하여 또는 에스컬레이터를 이용하기 위하여 증가해도 좋은 차내시간의 양으로 정의할 수 있다.

〈표 1〉 변수 및 수준 설정

변 수	수 준
환승횟수	1회, 2회
총통행시간	30분, 35분, 40분, 50분, 60분
환승시간	5분, 8분, 10분, 15분, 20분
에스컬레이터	YES, NO

이 이에 해당한다(David A. Hensher, 1996).

본 연구에서는 운행시격이 짧은 지하철의 이용객들을 대상으로 하므로 선택집합에 대한 이해가 쉽고, 비교적 선호를 쉽게 나타낼 수 있는 선택실험 방법 중 이항선택집합(binary choice set)에 대한 제1선호선택방법을 채택하였다.

각 대안은 총통행시간, 환승시간, 환승횟수, 에스컬레이터 유무로 구성되며, 각 변수의 수준은 가능한 실제 상황을 반영하기 위해서 〈표 1〉과 같이 고려하였다. 여기서 차내시간 대신 차내시간과 환승시간의 합인 총통행시간을 변수로 설정한 것은 설문 응답자가 자신의 선호를 보다 명확하게 제시할 수 있도록 하기 위함이다. 경로선택에 가장 크게 영향을 미치는 요인은 총통행시간으로 실제 설문시 차내시간과 환승시간을 제시할 경우 응답자는 2가지 대안의 총통행시간을 직접 계산해야 하므로 두 대안의 차이를 명확하게 인식하는데 어려움이 예상되었기 때문이다. 반면에 설문 응답자가 차내시간과 다른 변수와의 상쇄관계를 명확하게 고려하는 데는 한계가 있을 것으로 판단된다. 자료 분석시에는 총통행시간을 차내시간과 환승시간으로 구분하여 분석하였다.

〈표 1〉에서 나타나는 바와 같이 4가지 변수가 각각 2수준계와 5수준계를 형성하고 있는 자료 형태이므로 총 실험가능 조합수는 $2^2 \times 5^2 \times 5^2 \times 2^2 = 10,000$ 개이다.

이와 같은 다인자요인 실험법에서는 주효과 이외에 인자간의 교호작용의 상세한 정보를 얻을 수 있지만, 모든 인자의 수준조합에 대해 1회 이상의 실험을 행하기 때문에 인자의 수에 비례해서 실험횟수가 증가하게 된다. 실험횟수의 증가는 계산에 필요한 시간과 비용 문제와 함께 실험대안 선정시 각 인자와 수준의 조합이 균일하여 대안간 효용차가 분명하게 나타나지 않는 문제를 내포하고 있다(박성현, 1997).

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 2수준계 및 5수준계를 응용한 $L_{50}(2_4 \times 5_4)$ 형 직교배열

〈표 2〉 설문유형 작성 사례

구 분	총통행시간 (환승시간)	환 승 횟 수	에스컬레 이터 유무	선택
시나리오-I	① 35(5)	1	YES	
	② 60(10)	2	NO	
시나리오-II	① 50(8)	1	NO	
	② 40(5)	1	NO	
시나리오-III	① 40(8)	2	NO	
	② 40(15)	2	YES	
시나리오-IV	① 30(15)	2	NO	
	② 60(10)	1	YES	

표를 이용하여 50개의 시나리오를 작성하였다. 이 중에서 대안간 효용차가 존재하지 않는 시나리오 및 논리적 결함이 있는 시나리오를 제거하고 최종적으로 20개의 시나리오를 선택하였다. 그리고 대안간 변수의 변화 정도를 고려하여 난이도에 따라 5개의 설문 유형으로 분류하였다.

2) 자료분석

경로선택에 관해 설정한 효용함수 형태는 다음과 같다.

$$U_i = \text{EXP}(V)$$

$$V = \beta_1 \times \text{INTIME} + \beta_2 \times \text{TTIME} + \beta_3 \times \text{TNUMBER} + \beta_4 \times \text{ESCAL}$$

여기서, INTIME : 차내시간
 TTIME : 환승시간
 TNUMBER : 환승횟수
 ESCAL : 에스컬레이터 유무

SP자료를 구축하기 위해서 초기설문으로 255명을 대상으로 조사를 하였으며, 하나의 설문유형별로 각각 4개의 유효한 자료를 생성하므로 5가지 설문유형에 대해서 모두 1,020개의 자료를 구축하였다. 이 중에서 자료가 누락된 3개의 데이터를 제외한 1,017개를 대상으로 Alogit 프로그램을 사용하여 분석하였다.

초기자료를 토대로 분석한 결과는 각 계수의 우도비(ρ^2)가 0.0382로서 이는 ALOGIT Users' Guide (Hague Consulting Group, 1992)에서 제시하는 낮은 우도비(0.05~0.1)에 미치지 못하는 값이며, 적중률은 또한 이항선택의 경우 80% 이상으로 설정

하고 있으나, 이에 미치지 못하고 있다.

이에 대한 원인으로 2~5개의 변화치를 포함하는 4가지 변수의 조합을 한 대안으로 하는 이항선택의 문제에서, 2가지 대안에서 4변수 모두 다른 값이 주어질 경우 이에 대한 이해도가 떨어져서 명확한 선호를 제시하지 못한다고 가정하였다.

이런 가정을 토대로 20개의 시나리오 중에서 두가지 대안에 대한 선호가 명확하지 않아 분산이 크게 나타나는 시나리오를 설문유형별로 각각 2개씩 소거하였으며, 나머지 10개의 시나리오를 대상으로 분석한 결과, <표 3>에 나타나는 바와 같이 초기조사 자료를 대상으로 한 ①에 비해 ②의 우도비(ρ^2) 및 적중률이 크게 향상되었다.

그리고 시장분할을 통해 유형별로 추정한 계수값 중

<표 3> SP자료 분석결과 비교

구분	계수값(t-통계량)				적중률	ρ^2	N
	intime	ttime	tnumber	escal			
①	-0.094 (-5.2)	-0.161 (-5.3)	-1.045 (-5.3)	0.226 (2.0)	0.60	0.038	1,017
②	-0.158 (-4.9)	-0.270 (-5.1)	-1.631 (-6.0)	0.406 (2.7)	0.69	0.108	510
③	-0.184 (-7.4)	-0.313 (-7.3)	-1.881 (-8.8)	0.368 (2.7)	0.72	0.143	666

주 : ①초기결과 ②보정후 결과 ③보완후 결과

<표 4> SP 자료 구성

구분		빈도수	구성비(%)	
성별	남자	418	62.7	100
	여자	248	37.3	
연령별	10대	35	5.3	100
	20대	205	30.8	
	30대	203	30.5	
	40대	93	14.0	
	50대	91	13.7	
	60대	39	5.9	
통행목적별	출근	126	18.9	100
	등교	54	8.1	
	쇼핑	10	1.5	
	업무	48	7.2	
	퇴근	213	32.0	
	하교	109	16.4	
기타		106	15.9	
TOTAL		666	100	

에서 일부 변수의 부호조건이 맞지 않는 30대와 5·60대를 중심으로 설문을 추가적으로 실시하여, 100명의 설문응답자로부터 400개의 유효데이터를 추출하였다. 이 데이터를 기존의 보정후 자료와 합해서 재조정과정을 거쳐 최종적으로 666개의 유효데이터를 생성하였다. 이 자료를 토대로 분석한 최종결과 ③은 기존에 비해 우도비 및 적중률이 향상되었다.

최종적으로 분석된 자료의 구성은 <표 4>와 같이 나타났는데, 이는 표준적인 샘플링 이론(Pearmain, D and Kores, E, 1990)에서 제시하고 있는 각 시장별 최소 응답자수(30명)를 대부분 만족하고 있음을 알 수 있다.

3. 모형의 추정결과 및 검증

1) 모형의 추정결과

이상의 방법을 통해서 모형의 적합도를 향상시킨 결과 <표 3>에 제시된 바와 같이 보완후의 최종분석 결과가 가장 바람직한 것으로 나타나, 본 연구에서는 이 모형을 채택하였다.

$$U_i = \text{EXP}(V)$$

$$V = (-0.184) \times \text{INTIME} + (-0.313) \times \text{TTIME} + (-1.881) \times \text{TNUMBER} + (0.368) \times \text{ESCAL}$$

이를 <표 5>와 같이 성별, 연령별, 통행목적별로 각각 시장분할을 하여, 각 통행특성별로 나타나는 환승의 영향을 파악하였다.

2) 모형의 검증

추정된 모형을 논리성, 설명력 및 적용가능성의 세가지 측면에서 검증을 하였다.

(1) 논리성

모형의 논리성은 산출된 파라메타의 부호조건과 통계검정(t-검정)에 의한 파라메타의 안정성을 의미한다. 파라메타의 부호는 변수 값의 증가가 효용을 증가시키는가 감소시키는가를 나타내는 것이며, 부호가 일반상식과 역이 되는 경우는 제외하게 된다.

본 모형의 경우 4개의 설명변수중 차내시간, 환승시간, 환승횟수는 음수(-)의 값을 가지며, 에스컬레이터

〈표 5〉 시장분할에 의한 추정

구분	계수값(t-통계량)				적중율	ρ^2	N	
	intime	ttime	tnumber	escal				
전체	-0.184 (-7.4)	-0.313 (-7.3)	-1.881 (-8.8)	0.368 (2.7)	0.72	0.14	666	
성 별	남자	-0.210 (-6.3)	-0.348 (-6.1)	-1.861 (-6.7)	0.396 (2.2)	0.69	0.14	418
	여자	-0.150 (-3.9)	-0.271 (-4.1)	-1.990 (-5.7)	0.362 (1.6)	0.73	0.18	248
연 령 별	10대	-0.708 (-3.0)	-1.430 (-3.0)	-2.553 (-1.8)	1.110 (1.3)	0.86	0.51	35
	20대	-0.254 (-4.6)	-0.447 (-4.9)	-2.053 (-4.3)	0.558 (2.3)	0.72	0.16	205
	30대	-0.101 (-2.6)	-0.170 (-2.4)	-1.398 (-4.1)	-0.338 (-1.3)	0.71	0.15	203
	40대	-0.290 (-3.4)	-0.526 (-3.8)	-2.824 (-3.9)	1.267 (2.9)	0.73	0.31	93
	5·60 대	-0.130 (-2.6)	-0.143 (-1.6)	-1.795 (-4.2)	0.619 (1.8)	0.67	0.13	130
통 행 목 적 별	출근	-0.110 (-2.3)	-0.173 (-2.1)	-1.462 (-3.2)	-0.090 (0.3)	0.67	0.12	126
	등교	-0.280 (-2.3)	-0.443 (-2.3)	-2.413 (-2.1)	0.475 (1.0)	0.72	0.11	54
	업무	-0.427 (-2.8)	-0.773 (-2.8)	-3.425 (-3.4)	1.089 (1.5)	0.77	0.35	48
	퇴근	-0.216 (-5.0)	-0.361 (-4.8)	-2.057 (-5.6)	0.705 (2.8)	0.70	0.16	213
	하교	-0.236 (-3.0)	-0.449 (-3.4)	-1.860 (-2.7)	0.265 (0.7)	0.75	0.21	109
	기타	-0.135 (-2.1)	-0.188 (-1.7)	-1.926 (-3.5)	0.226 (0.7)	0.65	0.13	106

주 : 쇼핑통행은 자료의 부족으로 분석에서 제외

유무는 양수(+)의 값을 가지는 것이 타당하다. SP모형의 파라메타 부호를 살펴보면 일반적인 경우와 같이 나타나고 있음을 알 수 있다.

한편 추정된 파라메타가 어느 정도 안정되어 있는가를 판별하는데는 최우추정의 결과로부터 산출된 t값을 이용하여 t-검정을 행한다. 일반적으로 자유도가 ∞인 경우, t값의 절대치가 1.960(2.576)보다 크면, 대응하는 변수는 통계적으로는 95%(99%)의 신뢰도로 선택확률에 영향을 주는 요인으로 볼 수 있다. 따라서 t값이 2를 넘으면 5%의 유의수준을 갖는 것으로 해석할 수 있다. 단, 설명변수로서 채택하는데는 통상 1.5 정도를 넘으면 좋고, 전 모형의 실용면에서 채택여부를 판정하는 수가 많다(交通工學研究會, 1993).

논리성 측면에서 SP 모형은 일부 시장분할 모형의

결과가 부호조건과 맞지 않거나 t-검정 결과 유의수준에 해당하지 않는 것으로 나타났으나, 전체 모형 및 대부분의 시장분할 모형은 두 조건을 모두 만족하므로 충분히 논리성이 있는 것으로 판단할 수 있다.

(2) 설명력

적중율은 개인의 이용선택 대안을 몇 % 적중시켰는가를 보여주는 것이지만 일반적으로 참고에 그친다. 반면 모형의 적합성을 나타내는 지표로서는 우도비(ρ^2)가 이용된다.

우도비는 선택확률의 분포를 어느정도 설명하는지를 나타내는데, 1에 가까울수록 모델의 적합도가 높다는 것을 표시하나 회귀분석의 경우와는 달리 0.2~0.4 정도라도 적합도는 충분히 높은 것으로 판단할 수 있다(飯田恭敬, 1992).

전체 모형의 경우 우도비가 0.14이며, 모든 시장분할 모형의 우도비가 0.11~0.51을 나타내고 있다. 이는 Hague Consulting Group에서 제시하고 있는 낮은 값(0.05~0.1)보다는 높게 나타나므로 모형이 충분히 설명력이 있는 것으로 볼 수 있다.

(3) 적용가능성

모형의 적용가능성은 추정된 파라메타인 설명변수가 얼마나 현실을 잘 설명하고 있으며, 장래치가 예측가능한가 하는 점을 검토하는 것이다.

여기서는 관련연구와의 비교를 통하여 적용가능성을 검토하였다. 〈표 6〉에서 나타나는 바와 같이 본

〈표 6〉 관련연구 비교

구분	차내시간	환승시간	환승횟수	에스컬레이터 유무	비고
본 연구의 전체 모형	-0.184	-0.303 (1.65)	-1.881 (10.22)	0.368 (2.0)	지하철
조남건(1999)	-0.020	-0.035* (1.70)	-0.268 (13.20)	-	지하철
김현의 2인(1999)	-0.254	-	-3.270 (12.89)	-	업무통행
Daniel L. McFadden (1978)	-0.026	-0.054 (2.08)	-0.105 (4.05)	-	업무통행
Central Transportation Planning Staff(1997)	-0.043	-0.099 (2.30)	-0.315 (7.33)	-	경전철
일본의 일반화비용	ω원/분	2ω원/분	10분/1회	-	철도

주 : 괄호안은 차내시간 대비 한계대체율

*)는 전철의 접근시간 및 대기시간

모형의 분석 결과가 관련연구들과 유사한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

4. 모형의 평가

시장분할에 의해 추정된 파라메타를 각 유형별 차내시간과의 한계대체율을 비교하여 변수간 상쇄관계를 파악하였다. 또한 각각의 유형별로 분석결과를 비교하여 통행특성에 따른 환승행태를 평가하였다.

전체적으로는 각 변수의 차내시간에 대한 한계대체율이 환승시간 1.70, 환승횟수 10.22, 에스컬레이터 유무 2.00으로 나타났다. 이는 환승시간 1분이 차내시간 1.70분과 상쇄관계를 가지며, 환승횟수 1회는 차내시간 10.22분, 에스컬레이터 유무는 차내시간 2.00분과 상쇄관계가 성립한다는 것을 보여준다.

통행특성에 따른 환승행태를 살펴보면, 성별의 경우 여자가 남자에 비해 전반적으로 한계대체율이 높게 나타났으며, 연령별은 나이가 증가함에 따라서 환승시간의 한계대체율이 감소하며, 반면에 환승횟수 및 에스컬레이터 유무는 대체적으로 증가하고 있다. 이는 사회적으로 교통약자라고 할 수 있는 여자 및 노약자가 환승에 대한 통행저항이 크며, 환승편의시설이 제대로 갖추어져 있지 않는 조건에서는 더욱 그렇다는 것을 보여주고 있다.

〈표 7〉 차내시간 대비 한계대체율

구분	차내 시간 (분/분)	환승 시간 (분/분)	환승 횟수 (분/회)	에스컬레이터 (분/유무)	
전체	1.00	1.70	10.22	2.00	
성별	남자	1.00	1.63	9.07	2.16
	여자	1.00	1.99	13.63	3.47
연령별	10대	1.00	2.02	3.60	1.57*
	20대	1.00	1.76	8.09	2.20
	30대	1.00	1.69	13.90	3.35*
	40대	1.00	1.82	9.75	4.38
	5-60대	1.00	1.11	13.86	4.78
통행목적별	출근	1.00	1.58	13.33	0.82*
	등교	1.00	1.58	8.62	1.70*
	업무	1.00	1.81	8.02	2.55
	퇴근	1.00	1.67	9.52	3.26
	하교	1.00	1.90	7.87	1.12*
	기타	1.00	1.39	14.26	1.67*

주 : *)는 유의하지 않은 추정 결과

통행목적별로는 환승시간의 경우 하교, 업무 그리고 퇴근통행의 순으로 한계대체율이 높게 나타났으며, 환승횟수에 대해서는 출근통행이 민감하게 반응하고 있음을 볼 수 있다.

분석결과를 통해서 SP 자료가 가지는 특성상 현실과는 다른 선호가 나타날 수 있음을 알 수 있다.

III. 현시선호 분석

1. 현시선호 자료의 특성

교통모형 추정시에는 일반적으로 특정 상황에서 개인의 행동결과를 자료로 이용하고 있다. 이러한 자료는 현재화한 선호라는 의미에서 현시선호(Revealed Preference: RP)라고 부른다.

RP 자료는 교통현상을 잘 나타내는 장점이 있으나, 간혹 방대한 양의 정보를 필요로 하여 조사시간이나 비용이 많이 드는 단점이 있다. 또한 모형 작성시 영향을 미칠 수 있는 요소이지만 잘 관찰되지 않는 응답자의 고유한 특성이 있어서 실제로 모형작성시 한계가 있다(Ortúzar and Willumsen, 1994). 본 연구의 경우 환승에 영향을 미치는 정성적인 요인, 즉 편의도, 쾌적감 등이 여기에 해당한다.

또한 개별행태모형에서 이용하고 있는 이산형 선택 모형에서는 각 개인이 선택대안 집합을 명확하게 알고 있어야 하는 것이 전제조건이지만, 실제 선택상황에서는 그것이 개인에게 분명하게 나타나는 일이 많지 않다. 따라서 잘못된 선택대안의 집합을 가정하여 모델을 추정하면 파라메타 추정치에 중대한 편의(bias)를 가져오는 경우가 있다. 본 연구에서는 선택대안 집합으로 이용객들이 실제 선택한 경로와 이의 대안경로로서 최단경로(shortest path) 혹은 차선경로(second-best path)를 고려하였다.

2. 선택경로 및 대안경로 구축

1) 지하철 네트워크 구축

지하철 내 통행을 구성하는 4가지 요인의 시스템적인 값을 산정하기 위해서 지하철 네트워크를 구축하였다. 서울특별시 내에 있는 총 198개 역 중 194개 역을 대상으로 하였으며, 현실여건을 최대한 반영하기

위해서 '97년 현재 운행중단중인 합정-당산구간의 링크를 제외시켰다. 또한 노선상의 링크를 공유하고 있는 을지로4가-동대문운동장(2호선, 5호선)과 회기-외대앞-신이문-석계-성북(1호선, 국철) 구간에 대해서는 더미노드를 추가하여 새로운 경로를 구축하였다. 따라서 전체적으로 총 199개의 노드와 221개의 링크, 그리고 모두 252개 방향의 환승으로 구성된 네트워크를 구축하였다.

2) 선택경로 구축

선택경로는 지하철 이용객이 실제 선택한 경로로서, 각 경로를 구성하는 4가지 요소의 값은 서울시 교통센서스 자료의 조사시점인 1997년 자료를 토대로 도출하였다.

센서스 자료상의 차내시간, 환승시간은 응답자가 직접 작성한 자료로 실제 지하철의 운행시간과는 차이가 나며, 비교대상인 대안경로가 실제 운행자료를 토대로 구축되기 때문에 응답자가 실제로 응답한 차내시간 및 환승시간 자료는 무시하기로 하였다.

따라서 센서스 조사시점인 '97년의 운행조건을 그대로 반영하기 위해서 차내시간 및 환승시간을 '97년 자료를 토대로 산출하였다. 여기서 환승시간은 환승을 위해 이동하는 시간과 차량 대기시간⁴⁾을 합하여 사용하였으며, 환승방향별로 소요시간이 다르므로 모든 방향에 대해서 환승시간을 산정하였다.

〈표 8〉 평균대기시간 산정

구분	차량운행간격			평균대기시간
	첨두시		비첨두시	
	출근	퇴근		
1호선	3	3	3	2
2호선	2.5	2.5	3.5(5.5)	2(3)
3호선	3	4	6	3
4호선	3	3	3	2
5호선	2.5	2.5	5	2
7호선	7	7	10	4
8호선	5	6	3	3
국철	12	12	15	6

자료 : 서울시 지하철공사, 도시철도공사 내부자료
 주 : ()는 신설동-성수, 까치산-신도림 구간

에스컬레이터 유무는 통행경로상의 환승횟수 및 환승방향에 따라서 다르게 나타나며, 1회 환승에 대해서도 설치된 에스컬레이터의 수가 다를 수 있다. 현실적으로 이런 모든 경우를 고려하는 것은 힘들며, 현황 자료도 미흡하기 때문에, 본 연구에서는 환승역 단위로 에스컬레이터 유무를 고려하였다. 따라서 에스컬레이터 유무는 통행 경로상에 에스컬레이터가 설치된 환승역 수에 따라서 그 수가 결정된다.

이들 자료를 토대로 개별 통행의 차내시간, 환승시간, 에스컬레이터 유무를 산정하였으며, 환승횟수는 통행경로상의 횟수를 그대로 입력하였다.

3) 대안경로 구축

지하철 이용객들이 실제로 선택한 경로에 대한 대안경로로서 본 연구에서는 최단경로(shortest path)와 차선경로(second-best path)의 두 가지 대안경로를 고려하였다.

먼저 선택된 각각의 경로에 대한 최단경로를 탐색하고 그 결과, 선택경로가 최단경로와 일치하지 않으면 최단경로가 대안경로로 되며, 일치하면 이용객이 최단경로로 통행한 경우이므로 차선경로를 탐색하여 대안경로를 구축하였다.

최단경로 및 차선경로를 생성하기 위해서 최단경로 탐색알고리즘을 이용하였으며, 이때 지하철 네트워크 내 환승을 고려해야하므로 넝쿨망(vine building)구조를 적용한 Dijkstra vine 알고리즘을 이용하였다.

3. 현시선호 자료 분석

선택경로와 대안경로(최단경로 또는 차선경로)의 변수간 상쇄관계를 통해 환승행태를 분석하기 위해서 Alogit 프로그램을 사용하여 계수값을 추정하였다. 위의 과정을 통해서 구축한 대안경로는 선택경로와 비교해서 비현실적인 노선대안이 포함될 가능성이 있기 때문에 다음과 같은 자료 보정을 실시하였다.

- 대안간 통행시간의 차이가 20분 이상인 자료
- 환승횟수의 차이가 3회 이상인 자료
- 비합리적인 경로대안

4) '97년 현재 차량운행간격은 첨두(출근/퇴근)/비첨두의 경우가 다르게 운행되고 있다. 본 연구에서는 세 가지 차량운행간격의 평균의 1/2 값을 평균대기시간으로 사용하였다.

먼저 초기자료 4,602개를 분석한 결과가 <표 9>의 ①모형으로 다른 변수의 계수값에 비해 환승횟수의 계수값이 지나치게 높게 나타나고 있다.

따라서 초기분석 자료중 통행시간(차내시간+환승시간)의 차가 20분 이상인 자료를 소거하였다. 일반적으로 환승에 대한 저항이 큰 경우 환승횟수 및 환승시간을 최소화하기 위해 통행시간이 더 긴 경로를 선택하게 되지만 SP 분석 결과 그 차이가 15분을 넘는 경우는 대부분 통행시간이 적은 대안을 선택하였기 때문에 한계치를 20분으로 설정하였다.

그리고 두 대안경로의 환승횟수가 3회 이상 차이가 나는 경우를 제외시켰다. 환승횟수의 차이가 3회 이상인 경우는 현실적으로 찾아보기 힘들며, 비교의 가치가 없다고 판단되어 제외시켰다. ②모형은 이 보정과정을 통해서 얻은 3,658개 자료를 대상으로 분석하였으며, 추정결과는 ①모형과 크게 변화하지 않았다.

다음으로 통행자들은 합리적으로 행동한다는 가정하에 논리적으로 불합리한 경로대안을 제외시켰으며 그 기준은 두 대안의 환승횟수가 같은 조건에서 선택경로의 효용이 3가지 변수에 대해서 모두 작게 나타나는 경우이다. 즉 선택경로가 대안경로에 비해서 환승시간이 더 길고, 환승횟수도 더 많으며, 에스컬레이터의 수는 더 적은 경우를 말한다.

③모형은 비합리적인 자료를 소거한 이후에 추정한 결과로 앞의 두 모형에 비해서 계수값의 적합도가 많이 향상된 것을 볼 수 있다.

끝으로 환승횟수가 다른 조건에서 선택경로의 효용이 작게 나타나는 조합을 추출하여 소거시켰다. 이러한 보정과정을 통해서 최종적으로 추정된 결과가 ④모형으로 모형의 적합도가 크게 향상되었다.

<표 9> RP자료 분석결과 비교

구분	계수값(t-통계량)				적중률	ρ ²	N
	intime	ttime	tnumber	escal			
①	-0.059 (-9.4)	-0.050 (-5.1)	-2.794 (-20.3)	0.682 (6.1)	0.89	0.62	4,602
②	-0.074 (-8.4)	-0.066 (-5.6)	-2.811 (-19.0)	0.784 (6.4)	0.87	0.55	3,658
③	-0.107 (-11.2)	-0.111 (-8.8)	-2.717 (-18.2)	0.875 (6.9)	0.89	0.58	3,550
④	-0.273 (-14.3)	-0.281 (-13.3)	-4.227 (-16.0)	1.186 (6.6)	0.96	0.76	3,085

4. 모형의 추정결과 및 검증

1) 모형의 추정결과

자료보정과정을 통하여 최종적으로 ④모형을 선택하였으며, 3,085개의 자료를 분석한 이항로짓모형의 유틸리티 함수는 다음과 같은 선형방정식으로 나타난다.

$$U_i = \text{EXP}(V)$$

$$V = (-0.273) \times \text{INTIME} + (-0.281) \times \text{TTIME} + (-4.227) \times \text{TNUMBER} + (1.186) \times \text{ESCAL}$$

통행목적별로 시장분할한 결과는 <표 10>과 같이 나타났다. 여기서 학원(63), 업무를 마치고 직장으로 돌아가려고(8), 쇼핑(43) 통행은 자료의 부족으로 인해서 결과값이 도출되지 못하였으므로 논외로 하였다.

<표 10> 시장분할에 의한 추정치

구분	계수값(t-통계량)				적중률	ρ ²	N	
	intime	ttime	tnumber	escal				
전체	-0.273 (-14.3)	-0.281 (-13.3)	-4.227 (-16.0)	1.186 (6.6)	0.96	0.76	3,085	
통행목적별	출근	-0.299 (-7.9)	-0.239 (-3.6)	-4.751 (-7.8)	1.303 (3.7)	0.98	0.76	1,050
	등교	-0.492 (-3.8)	-0.351 (-2.1)	-6.399 (-3.3)	1.847 (2.4)	0.99	0.84	302
	업무	-0.289 (-2.5)	-0.278 (-1.2)	-4.167 (-1.8)	0.109 (0.1)	0.97	0.79	95
	키가	-0.227 (-7.8)	-0.243 (-7.7)	-4.179 (-10.0)	1.398 (4.9)	0.96	0.74	983
기타	-0.278 (-3.8)	-0.211 (-1.5)	-2.667 (-2.5)	0.025 (0.0)	0.96	0.74	192	

2) 모형의 검증

모형의 논리성을 평가하기 위해서 부호조건과 t-검정을 수행한 결과 자료수가 비교적 적은 업무통행과 기타통행에서 t값의 절대치가 1.5이하로 유의수준에 포함되지 않는 변수가 나타났다. 이는 RP 자료의 특성을 고려할 때 분석자료의 수가 부족하기 때문에 나타나는 결과로 볼 수 있다. 그러나 전체모형의 파라메타 부호조건과 t-검정 결과를 살펴보면 모두 t값의 절대치가 2를 초과하고 있으므로 95% 유의수준내에 포함되고 있음을 알 수 있다.

〈표 11〉 차내시간 대비 한계대체율

구 분	차내 시간 (분/분)	환승 시간 (분/분)	환승 횟수 (분/회)	에스컬 레이터 (분/유무)	
전 체	1.00	1.03	15.48	4.34	
통 행 목 적 별	출근	1.00	0.80	15.89	4.36
	등교	1.00	0.71	13.01	3.75
	업무	1.00	0.96*	14.42	0.38*
	취가	1.00	1.07	18.41	6.16
	기타	1.00	0.76	9.59	0.09*

주 : *)는 유의하지 않은 추정 결과

실명력 측면에서는 모형의 우도비가 0.76으로 상당히 높게 나타나고 있다. 이는 현실적으로 선택경로와 대안경로의 효용이 명확하게 구분되기 때문인 것으로 판단할 수 있다.

또한 적용가능성 측면에서는 SP 자료의 분석결과와 비교하여 다소 차이가 존재하지만 RP 자료의 특성을 잘 반영하고 있는 것으로 볼 수 있다.

이와 같이 모형의 적합도를 평가하기 위한 세가지 측면에서 모두 만족할 만한 결과를 나타내었다.

5. 모형의 평가

현시선표를 통해서 나타난 환승행태를 보면 환승시간, 환승횟수, 에스컬레이터 유무의 3가지 경우에서 유사한 결과를 보여주고 있다. 먼저 일반적으로 시간 가치가 낮은 귀가 통행의 경우 한계대체율이 다른 통행에 비해서 높게 나타났으며, 반면에 시간가치가 큰 출근, 등교 통행은 한계대체율이 낮게 나타났다.

이는 시간가치가 큰 통행의 경우는 환승을 하더라도 전체 통행시간을 단축시키기 위해서 최단경로를 선택하며, 반면에 시간가치가 낮은 통행일수록 환승에 대한 저항도 커서 환승시간 및 환승횟수를 최소화하는 경로를 선택하는 경향이 있음을 보여준다.

IV. SP 및 RP 모형의 비교·평가

SP 자료와 RP 자료가 서로 다른 특성을 가지기 때문에 그 분석결과도 〈표 12〉와 같이 조금씩 차이를 알 수 있다. 그러나 RP 분석의 경우 현실적인 여건상 대안경로와의 효용차가 명확하게 구분되기 때문에

〈표 12〉 추정결과 비교

구 분	SP모형	RP모형
intime	-0.184(-7.4)	-0.273(-14.3)
ttime	-0.313(-7.3)	-0.281(-13.3)
tnumber	-1.881(-8.8)	-4.227(-16.0)
escal	0.368(2.7)	1.186(6.6)
적중률(%)	71.72	96.24
L(0)	-461.64	-2,138.36
L(β)	-395.69	-521.04
ρ ²	0.14	0.76
N	666	3,085

그 결과가 대체적으로 SP 분석보다 좋게 나타났다.

실제로 SP 자료를 토대로 추정한 모형의 결과를 RP 자료에 대입한 결과 적중률이 94.62%로, RP 분석을 통해서 구한 적중률 96.04%와 유사한 결과를 보였다. 반면에 RP 모형의 결과를 SP 자료에 대입했을 때는 적중률이 58.56%로 실제 적중률 71.72%와 큰 차이를 보였다. 이는 RP모형이 실제 행동 자료를 기초로 추정된 모형이지만 대안 노선간의 효용차가 크고, 이용객들이 이러한 차이를 인식하고 있지 않기 때문에 SP 모형에 의한 추정결과가 보다 한계치(marginal value)에 근접한 값을 도출하였음을 보여준다.

〈표 13〉은 추정된 두 모형의 계수값 및 차내시간 대비 한계대체율을 비교한 것이다. 먼저 환승시간의 경우 SP 모형에서는 설문시 구체적인 시간이 제시되기 때문에 이용객이 차내시간과의 상쇄관계(trade-off)를 고려하여 대안을 선택할 수 있지만, RP 모형은 선택하는 환승역에 따라 환승시간이 정해지므로 차내시간과 상쇄관계가 명확하게 제시되지 못한다. 따라서 두 모형에서 차내시간에 대한 환승시간의 한계대체율을 비교하면 SP 모형에서 대체적으로 크게 나타나는 것을 볼 수 있다.

반면 환승횟수의 경우는 지하철 이용객이 경로를 선택하는데 있어서 환승횟수를 임의적으로 선택할 수 있기 때문에 RP 모형에서도 탄력적으로 나타났다. 다만, 현실적인 대안의 수가 한정되어 있기 때문에 SP자료를 통해 나타난 결과보다 큰 것으로 판단된다. 에스컬레이터 유무의 경우는 두 자료를 도출한 방식이 다르기 때문에 직접 비교하는 것은 어렵다.

〈표 13〉 SP 및 RP 모형의 계수값 비교

구분		차내시간	환승시간	환승횟수	에스컬레이터 유무
SP 모형	전체	1.00	1.65	10.22	2.00
	출근	1.00	1.58	13.33	0.82*
	등교	1.00	1.58	8.62	1.70*
	업무	1.00	1.81	8.02	2.55
	퇴근	1.00	1.67	9.52	3.26
	하교	1.00	1.90	7.87	1.12*
	기타	1.00	1.39	14.26	1.67*
RP 모형	전체	1.00	1.03	15.48	4.34
	출근	1.00	0.80	15.89	4.36
	등교	1.00	0.71	13.01	3.75
	업무	1.00	0.96*	14.42	0.38*
	귀가	1.00	1.07	18.41	6.16
	기타	1.00	0.76	9.59	0.09*

주 : *)는 유의하지 않은 추정 결과

Ⅵ. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구는 서울시 지하철 이용객의 환승행태를 분석하기 위해서 SP 및 RP 기법을 각각 적용하여 경로선택시 환승관련 변수들의 가치를 추정하였다. 또한 시장분할을 통해서 통행특성별로도 환승관련 변수의 가치를 추정하였다.

서울시 지하철을 이용하고 있는 이용객들의 환승에 대한 행태는 SP 분석과 RP 분석에서 약간씩 차이가 존재하지만, 대체적으로 환승시간은 차내시간에 비해 1.0~2.0의 한계대체율을 가지며, 환승횟수는 10.0~15.0 정도의 한계대체율을 가지는 것으로 나타났다. 또한 에스컬레이터 유무에 대해서는 2.0~4.0라는 수치를 나타냈다. 이는 '97년 현재 서울시 지하철 이용객의 평균환승시간이 8분임을 감안할 때 1회 환승을 줄이기 위해서 18분~31분의 차내시간을 감수할 수 있음을 보여주고 있다.

또한 통행특성별로 나타나는 환승행태를 살펴보면, 여자가 남자에 비해서 전반적으로 환승저항이 크며, 연령별로는 나이가 증가할수록 환승의 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났다. 이는 사회적으로 교통약자라고 할 수 있는 여자 및 노약자들이 환승에 대한

저항을 크게 느끼고 있음을 알 수 있다. 그리고 통행 목적별로는 SP 와 RP 분석결과가 조금씩 다르며, 변수에 따라서도 차이가 나지만 대체적으로는 귀가·하교 통행이 환승에 대한 저항이 크게 나타났으며, 반면에 출근·등교·업무 통행이 비교적 낮은 수치를 보였다. 그리고 통행시간 및 환승시간이 길수록 통행 저항이 큰 것으로 나타났다.

2. 정책적 제언

서울시 지하철 이용객의 환승행태를 분석한 결과로부터 정책적 시사점을 몇 가지 도출하였다.

첫째, 환승의 영향을 최소화할 수 있도록 대중교통 체계를 계획하여야 한다. 통행시간이 증가할수록 환승횟수 및 환승시간에 대한 통행저항이 커진다는 것은, 단거리 통행의 경우는 최단경로를 통행하려고 하는 경향이 강하지만, 장거리 통행의 경우는 환승을 최소화하는 경로를 선호한다는 것을 의미한다. 따라서 지하철은 지역과 지역을 잇는 직행체계로 구성하되 도심에서는 환승 저항이 작은 경전철 및 버스와의 연계체계를 고려하는 것이 바람직하며, 요금체계도 환승에 따른 추가요금의 부가가 새로운 통행저항요인으로 작용하지 않도록 조정하여야 할 것이다.

둘째, 환승편의시설의 설치를 대폭적으로 강화하여야 한다. 환승시간의 증가에 따른 통행저항 증가는 환승시간을 줄이는 방안을 통해서 해결이 가능하다. 따라서 새로운 환승역의 계획시에는 환승거리를 최소화할 수 있는 노선계획이 이루어져야 할 것이며, 기존의 환승역에서는 환승편의시설, 즉 에스컬레이터, 움직이는 보도(moving sidewalk) 등의 설치가 요구된다.

셋째, 환승으로 인한 영향을 노선계획에 반영하여야 한다. 환승요인별로 계량화된 수치를 일본의 일반화비용 사례와 같이 지하철노선 계획에 반영하여 수요를 과다하게 추정한다든지, 비용에 비해 편익을 과다 추정하는 오류를 방지하도록 하여야 한다.

넷째, 시설확장 중심의 지하철 정책 방향을 서비스 중심으로 전환하여야 한다. 연령이 증가할수록 환승에 대한 저항이 커진다는 것은 고령화 도시로 진행되고 있는 서울시의 교통환경에 시사하는 바가 크다.

참고문헌

1. 박성현, 1997, 응용실험계획법, 영지문화사.
2. 김 현·오세창·최기주, 1999, "통행목적별 수단별 통행시간가치도출 및 유의성 검정", 대한교통학회지, 제17권 제1호, 1999년 3월호.
3. 신봉호, 1997, 미시경제학, 비봉출판사.
4. 조남건, 1999, "승용차 보유자의 출근통행에서 혼잡통행료 부과가 교통수단선택에 미치는 영향에 관한 연구 -SP 조사기법의 적용을 중심으로-".
5. 交通工學研究會 편, 남궁문·성수련 역, 1993, 알기쉬운 비집계분석, 명보문화사, 서울.
6. 飯田恭敬 編, 佐佐木綱 監修, 1992, 交通工學, 國民科學社, 東京.
7. 太田勝敏, 1988, 交通システム計劃, 交通工學實務雙書3, 交通工學研究會, 東京.
8. Central Transportation Planning Staff, 1997, "Transfer Penalties in Urban Mode Choice Modeling", Federal Transit Administration.
9. David A. Hensher, 1996, "Stated Preference Analysis of Travel Choices: the State of Practice", Transport Economics, Korea Research Foundation For the 21st Century.
10. Hague Consulting Group, 1992, ALOGIT Users' Guide.
11. Outúzar. J and Willumsen. L, 1994, Modeling Transport, 2nd ed, Wiley.
12. Pearmain. D and Kores. E, 1990, Stated Preference Techniques-A Guide to Practice, Steer Davies & Gleave Ltd. and Hague Consulting Group.
13. Peter L. Watson, 1974, The Value of Time: Behavioral Models of Modal Choice, Lexington Books, London.