

Logit을 이용한 대중교통 환승시설내 요소시설에 따른 통행자 경로선택에 관한 연구 - 광명역을 중심으로 -

The Study on Passenger Route Choice by Facilities
of Public Transport Transfer System Employing the Logit
- Gwangmyung Station Case -

강경우

(한양대학교 건설교통공학부
교수)

최병무

(유신 코퍼레이션 부사장)

한경훈

(한양대학교 교통공학과
석사과정)

Key Words : 환승시설, 요소시설, 경로선택, logit모형, 광명역

목 차

- I. 연구의 배경 및 목적
- II. 문헌 고찰
 - 1. 선행연구 고찰
 - 2. 이론 고찰

- III. 자료의 특성
 - 1. 현시선호 자료의 특성
 - 2. 분석자료의 구성
- IV. 환승시설내 요소별 분석
- V. 결론 및 향후연구과제

I. 연구의 배경 및 목적

대중교통 이용의 활성화는 국가의 사회적 비용을 감소시킬 수 있는 중요한 과제이다. 이는 전 세계적으로 천연자원고갈과 환경문제가 심각해지고 있는 상황에서 더욱 중요한 문제로 부각되고 있다.

대중교통 이용 활성화를 더디게 하는 요인으로는 비용, 차내외시간, 서비스수준, 환승저항 등 여러 가지 요인이 존재한다. 서울시의 경우 2004년 7월 대중교통체계를 개편하며 대중교통 이용의 저항요소를 감소시켰으며, 수도권 대중교통체계와 맞물려 수도권의 대중교통체계에서는 대중교통 이용의 저항요소가 감소했다. 특히 환승요금을 할인함으로써 이에 대한 저항을 줄이게 됐다. 따라서 지하철과 버스와 같은 대중교통요금에 대한 환승저항이 사라지고 하나의 수단으로 인식할 수 있게 되었으며 환승과 관련된 환경조건의 중요도는 매우 높아졌다.

서울지하철공사에서 2002년 실시한 지하철을 주교통수단으로 이용한 승객을 대상으로 한 설문조사의 경우, 고객만족도 평가에서 환승 및 연계부분이 차지하는 중요도는 21.9%로 매우 높은 수준인데 반해 환승에 대한 만족도는 51.9%로 가장 안 좋은 평가를 받은 것으로 나타났다. 2002년 서울시 지하철 단일 수단일 경우 환승요금이 발생하지 않았지만 환승에 대한 만족도가 가장 낮은 평가를 받은 것은 요금을 제외한 기

타 환승여건이 지하철 이용자의 환승저항요소가 된 것이다.

환승이 대중교통 통행자에게 미치는 영향은 매우 크며 통행자의 환승시 경로 선택은 대중교통 환승시설 설계에 매우 중요한 요소가 될 것이다.

본 연구는 대중교통 통행자가 경로를 선택할 때, 환승시설내 시설요소가 통행자에게 어느 정도의 영향을 미치는지를 광명역 사례를 중심으로 살펴보았다.

II. 문헌 고찰

1. 선행연구 고찰

양창화, 손의영(1999)은 환승이 노선선택에 미치는 영향을 연구하기 위해 차내시간, 환승시간, 환승횟수, 엘리베이터 유무를 변수로 노선선택모형을 구축하였으며 이에 사용된 자료는 선호의식(SP)자료와 현시선호(RP)자료를 모두 이용하였다. 양창화는 환승시간은 차내시간에 비해 1.03~1.70분, 환승 1회는 10.22~15.48분, 에스컬레이터 유무는 2.00~4.34분에 해당 하는 것으로 나타났다. 또한 성별, 연령, 통행목적에 따라 응답자를 구분한 뒤 각각의 모수를 따로 추정하였는데, 시장분할에 의한 추정결과 여자가 남자에 비해서 그리고 연령이 높을수록 환승을 더 불편하게 느끼고 있으며 귀가·하교통행이 환승에 대한 저항이 크고 출근·등교·업무통행이 비교적 낮게 나타났다.

이경제(2004)는 지하철 노선선택에 영향을 미치는 변수들을 크게 노선특성변수와 환승역특성변수로 구분하여 노선특성변수에는 선택노선과 대안노선의 차내시간, 환승시간, 환승회수를 선정하였고 환승역 특성변수의 경우 수평이동거리, 상향계단수, 하향계단수, 에스컬레이터 이용시간을 포함시켜 모형을 구축하였다. 연구결과 환승횟수의 경우 환승 1회당 9.85분, 수평이동거리의 경우 100m당 1.2분, 상향계단의 경우 100개당 8.66분, 하향계단의 경우 100개당 5.97분, 에스컬레이터의 경우 이용시간 1분당 차내시간 2.33분에 해당한다는 것으로 나타났다. 환승관련변수들의 차내시간에 대한 상대적인 가치를 이용하여 체감환승시간이라는 새로운 척도를 도입하여 각 환승역에 대한 분석을 도출하였다.

2. 이론 고찰

1) 이항로짓모형(Binary Logit Model)

대안의 효용을 임의변수(Random variable)로 보는 것이 가장 설명력을 가진다고 보고 선택결정권자 n 이 선택 집합 C_n 에서 대안 i 를 선택할 확률로서 임의효용모델(random utility model)을 나타내면 식(1)과 같다.

$$P(i|C_n) = \Pr(U_{ni} \geq U_{nj}, \forall j \in C_n) \quad (1)$$

효용함수의 임의항을 $\epsilon_{nj} - \epsilon_{ni} = \epsilon_n$, Logistic 분포로 가정하면 이 때 $\epsilon_{nj} - \epsilon_{ni} = \epsilon_n$ 의 각각의 ϵ 의 값이 IID Gumble(type I)분포를 따른다는 것과 일치하게 된다. Logistic 분포의 누적분포함수와 확률밀도함수는 식 (2), (3)과 같다.

$$F(\epsilon_n) = \frac{1}{1 + e^{-\mu\epsilon_n}}, \mu > 0, -\infty < \epsilon_n < \infty \quad (2)$$

$$f(\epsilon_n) = \frac{\mu e^{-\mu\epsilon_n}}{(1 + \mu e^{-\mu\epsilon_n})^2} \quad (3)$$

이상의 내용을 통해 대안 i 를 선택할 확률은 식(4)와 같다.

$$P_n(i) = \Pr(U_{in} \geq U_{jn}) \quad (4)$$

$$= \frac{1}{1 + e^{-u(V_{in} - V_{jn})}} = \frac{e^{\mu V_{in}}}{e^{\mu V_{in}} + e^{\mu V_{jn}}}$$

2) 다항로짓모형(Multinomial Logit Model)

두 가지 이상의 대안이 있는 좀 더 일반적인 모형은 이항선택의 경우보다 훨씬 복잡한데, 특히 $\epsilon_{nj} - \epsilon_{ni}$ 로 표현되는 오차항 차이의 분포가 일반분포가 아닌 결합 확률분포로

결정하여야 한다. 각 개인이 C_n 이라고 정의된 합리적인 선택집합을 가질 때 $J_n \leq J$ 라는 개수의 합리적 선택들이 존재한다. 따라서 결정권자 n 이 대안 i 를 선택할 확률은 식(5)와 같다.

$$P(i|C_n) = \Pr(U_{ni} \geq U_{nj}, \forall j \in C_n) \quad (5)$$

이를 고정효용과 임의효용으로 나누어서 표현하면 식(6)과 같다.

$$P(i|C_n) = \Pr(U_{ni} \geq U_{nj}, \forall j \in C_n, j \neq i)$$

$$= \Pr(V_{ni} + \epsilon_{ni} \geq V_{nj} + \epsilon_{nj}, \forall j \in C_n, j \neq i)$$

$$= \Pr(\epsilon_{nj} \leq V_{ni} - V_{nj} + \epsilon_{ni}, \forall j \in C_n, j \neq i) \quad (6)$$

여기서 어떠한 특정 다항선택 모형도 오차의 결합분포를 가정함으로써 유도될 수 있다. 오차항에 대한 결합확률 밀도함수를 $f(\epsilon_{1n}, \epsilon_{2n}, \dots, \epsilon_{jn})$ 라고 하고 누적분포함수를 사용하면 첫 번째 대안의 선택확률은 식(7)과 같이 표현된다.

$$P_n(1) = \int_{\epsilon_{n1}=-\infty}^{\infty} F_1(\epsilon_{n1}, V_{n1} - V_{n2} + \epsilon_{n1}, \dots) d\epsilon_{n1} \quad (7)$$

이는 ϵ_{n1} 의 값이 주어지고 다른 모든 오차가 $V_{ni} + \epsilon_{ni} \geq V_{nj} + \epsilon_{nj}, \forall j \in C_n, j \neq i$ 를 만족할 때의 적분값이 첫 번째 대안을 선택하는 확률이 된다. 여기서 ϵ_{in} 이 IID를 만족하고, Gumble분포를 따른다면 이러한 경우 다항로짓모형이 된다. 다항로짓모형의 선택확률은 식(8)과 같다.

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_{j \in C_n} e^{V_{nj}}} \quad (8)$$

III. 자료의 특성

1. 현시선호 자료의 특성

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

PR 자료는 교통현상을 잘 나타내는 장점이 있으나, 간혹 방대한 양의 정보를 필요로 하여 조사시간이나 비용이 많이 드는 단점이 있다. 또한 모형시 영향을 미칠 수 있는 요소이지만 잘 관찰되지 않는 응답자의 고유한 특성이 있어서 실제로 모형작성시 한계가 있다(Ortúzar and Willumsen, 1994).

본 연구의 경우에는 환승에 영향을 미치는 정성적인 요인들, 통행자의 개인적 선호, 안락함 등이 그것이다.

그리고 개별행태모형에서 이용하고 있는 이산형 선택모형에서는 이러한 선호가 개인에게 분명하게 나타나는 것이 쉽지 않다. 그러므로 잘못된 선택대안의 집합을 가정하여 모형을 추정하면 계수값의 추정치에 중대한(bias)를 가져오는 경우가 있다(양창화, 손의영, 2000).

2. 분석자료의 구성

본 연구에서는 환승시설 통행자의 시설내 요소(계단, 에스컬레이터, 엘리베이터 등)의 선호가 경로선택에 미치는 영향을 추정하기 광명역을 조사대상지역으로 선정하였다. 광명역을 조사대상지로 선정한 것은 광명역이 KTX, 전철, 버스, 승용차를 이용할 수 있는 대규모 환승시설이기 때문이다. 광명역 2, 5번 출입구를 통해 통행하는 통행자의 환승시설내 시설 요소의 선호를 현시선호자료를 구축하여 분석한다.

IV. 환승시설내 요소별 분석

환승시설 이용자의 경로선택에 영향을 미치는 요인과 그 효과를 분석하기 위하여 광명역을 사례로 한 현시선호자료를 바탕으로 요소시설별로 구분하였다. 요소시설에는 에스컬레이터, 계단, 엘리베이터로 구분하였으나 조사시점에 엘리베이터 사용이 전무하였으므로 에스컬레이터와 계단에 대해 추정하였으며, 구축된 자료를 로짓모형을 이용하여 경로선택에 영향을 미치는 요인과 그 영향의 정도를 추정하였다.

광명역 2, 5번 출입구를 이용한 통행자 중 에스컬레이터를 이용한 경로 선택에 영향을 미치는 요인은 연령이 높으며 수화물이 있을수록 그리고 통행시간이 길수록 에스컬레이터를 선택하는 것으로 나타났다. 김영주는 통계적으로 유의하지 않다고 나타났으며 통행시간이 에스컬레이터의 선택에 양(+)의 효과를 보이는 것은 통행자가 에스컬레이터의 선택시 대부분 움직이지 않고 가만히 서 있는 경우가 대부분이기 때문인 것으로 추정된다.

<표 1> 에스컬레이터 선택에 영향을 미치는 요인

	계수값	t-value
연령	1.496	7.506
수화물	0.276	0.790
통행시간	0.025	1.211

광명역 2, 5번 출입구를 이용한 통행자 중 계단을 이용한 경로 선택에 영향을 미치는 요인은 연령이 높으며 수화물이 있을수록 그리고 통행시간이 길수록 계단을 선택하지 않는 것으로 나타났다. 김영주는 통계적으로 유의하지 않다고 나타났으며 연령이 높을수록 계단을 이용한 경로를 기피하며, 계단을 이용한 통행자의 경우 빠른 걸음으로 이동하거나 뛰는 경향이 있기 때문에 통행시간이 경로선택에 미치는 영향이 음(-)의 효과를 나타내는 것으로 보인다.

<표 2> 계단 선택에 영향을 미치는 요인

	계수값	t-value
연령	-1.532	-7.390
수화물	-0.029	-0.075
통행시간	-0.027	-1.282

V. 결론 및 향후연구과제

본 연구는 대중교통 통행자가 환승시설내의 경로를 선택할 때, 환승시설 내 시설요소가 통행자에게 어느 정도의 영향을 미치는지를 광명역 사례를 중심으로 살펴보았다. 에스컬레이터와 계단 두 시설요소 모두 연령에 대한 변수가 요소별 경로선택에서 가장 큰 영향을 미쳤으며, 연령이 높을수록 에스컬레이터, 연령이 적을수록 계단을 이용하는 경향이 컸으며, 통행시간의 영향은 통행시간이 길수록 에스컬레이터, 통행시간이 짧을수록 계단을 선택하는 것으로 나타났다.

본 연구는 현시선호(RP)자료를 이용하였다. 현시선호자료는 통행자의 잠재적인 선호를 파악할 수 없는 단점이 존재함으로 선호의식(SP)자료 혹은 현시선호와 선호의식 자료를 결합한 자료의 구성과 환승시설을 유형별, 혼잡도 등으로 구분하여 환승시설 특성에 맞는 모형을 구축해야 할 것이다. 또한 모형의 오차항을 추정할 수 있는 Conditional Logit 혹은 Mixed Logit을 이용한 추정은 더욱 정교한 예측이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 박경철, 문정준, 이성모, 박창호, 2007, "복합수단을 고려한 확률적 대중교통 통행배정모형 개발", 대한교통학회지 제25권 제3호, 2007년 6월
2. 양창화, 손의영, 2000, "서울시 지하철 이용객의 환승 관련 변수의 가치 추정", 대한교통학회지 제18권 제4호, 2000년 8월
3. 유숙향, 2006, "Mixed Logit을 이용한 입지와 권역별 주거, 고용 및 통근의 결합선택 모형에 관한 연구", 부산대학교 대학원
4. 윤대식, 윤성순, 1998, "도시모형론", 홍문사
5. 이경재, 2004, "환승역사의 동선체계를 고려한 환승패널티 추정", 서울대학교
6. 이성우, 민성희, 박지영, 윤성도, 2005. "로짓프로빗모형 응용", 박영사.
7. 이태훈, 2006, "대중교통 환승통행자의 노선 및 수단선택행태와 환승저항요소", 한양대학교 대학원
8. 정현영, 최치국, 2004, "지하철 이용 활성화를 위한 환승체계의 정책대안 평가", 대한교통학회지 제22권 제2호, 2004년 4월
9. Michel Bierlaire, Emma Frejinger, 2005, 'Route Choice Models with Subpath Components', STRC, March 9-11, 2005

10. Moshe Ben-Akiva and Steven R. Lerman, "Discrete Choice Analysis",
11. Sascha Hoogendoorn-Lanser, Rob van Nes, Piet Bovy, 2005, "Path-size modeling in multi-modal route choice analysis", TRB Annual Meeting, 2005
12. Winni Daamen, 2005, "Passenger Route Choice concerning Level Changes in Railway Station", TRB Annual Meeting 2005(pp.1-18)