

신림선 경전철 서울대학교 연장안에 대한 교통수요 재추정

Re-estimating passenger demand for shillim LRT extension to Seoul National University

정재호*, 박혜영*[†], 김민재*

Jaeho, Jung*, Haeyoung Park*[†], Minjae Kim*

Abstract This study analyzed expected addition demand in case of extending Sillim light rail transit to the inside of Seoul National University. First, an expert in transportation analyzed AHP survey was conducted in order to extract five main factors influencing public's selection of transportation mode. The survey was composed of questionnaires controlled by the five factors. And then the questionnaire by modifying each factor was constructed. After Seoul National University students responded a survey, The paper analyzed the utility of each factor level using conjoint analysis. The additional passenger demand for Sillim line is estimated based on these results. It was concluded that existing research performed by the Seoul Institute is overestimated.

Keywords : Light rail transit, Conjoint Analysis, Demand estimation, AHP, Shillim line

초 록 이 연구에서는 신림선 경전철을 서울대 내부까지 연장하였을 경우 추가로 예상되는 수요에 대하여 분석하였다. 먼저, 교통 전문가를 대상으로 AHP설문을 실시하였고, 이를 통해 대중교통을 선택하는 의사결정항목의 속성간 구조를 파악하여 주요 5개의 속성을 추출하였다. 이후 5개의 속성별로 수준을 변화시킨 설문지를 구성하였다. 서울대학교 학생을 대상으로 설문조사를 수행 한 후 컨조인트 분석을 통해 각 수준별 효용을 분석하여, 신림선 연장안에 따른 추가 수요를 예측하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 기존에 서울연구원에서 예측한 수요량과 비교해본 결과, 서울연구원의 수요가 과다예측 되었다는 결론을 내릴 수 있었다.

주요어 : 경전철, 컨조인트 분석, 수요추정, AHP, 신림선

1. 서 론

국가재정법 제38조, 동법 시행령 제13조에 따르면 총사업비가 500억 원 이상이고, 국가의 재정지원 규모가 300억 원 이상인 신규사업은 예비타당성조사를 수행해야만 한다. 이는 공공투자사업의 정책적 의의와 경제성을 판단하고, 사업의 효율적이고 현실적인 추진

[†] 교신저자: 서울대학교 환경대학원 환경계획학과(youngbakk@snu.ac.kr)

* 서울대학교 환경대학원 환경계획학과

방안을 제시하는 데 목적이 있다. 하지만 예비타당성조사가 도입된 1999년 이후 수행된 많은 공공투자사업들이 실제로는 경제성이 없거나 예측 수요에 실패한 무리한 사업임이 드러나 국가와 지방재정의 건전성을 해치고 있다, 그동안 수행된 용인 경전철, 부산김해 경전철 사업에서 수요가 과다 예측된 사례를 살펴볼 수 있다. 이에 서울시에서 고려중인 신림선 경전철 역시 과다수요예측의 우려를 피해갈 수 없다. 따라서 전통적으로 수요추정에 사용되었던 4단계 모형 대신 소비자의 효용을 통한 수요추정이라는 방법을 시도해봄으로써, 의사결정과정의 지침을 제공하고자 한다.

2. 본 론

2.1 연구의 범위 및 내용

2.1.1 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위인 신림선 연장노선은 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 첫 번째 대안은 서울대 정문에서 서울대 입구까지 2.2km 연장안이고, 두 번째 대안은 서울대 정문에서 서울대 내부까지 0.9km 연장안이다. 두 번째 대안인 서울대 내부로 연장할 경우 발생하는 추가 수요에 대해 분석하였다.

본 연구에서는 경전철 건설시 수요전환이 일어날 수 있는 대상을 기존에 대중교통을 이용하는 집단으로 한정하였다. Table 1에 따르면 최근 15년간 대중교통의 인프라 구축이 되었음에도 대중교통 분담율은 변화가 없었다. 또한 황정훈[1]은 대중교통의 서비스의 향상을 통해 승용차로부터의 수단전환을 유도하는 정책들이 대중교통의 수단적 효용을 증가시키는 효용을 증가시키는 효과는 있었으나, 모든 승용차 이용자에게 대중교통으로 전환할 정도는 아니었다고 지적했다. 따라서 경전철 연장시에도, 기존 자가용 이용자는 수단전환이 일어나지 않는 것으로 가정하고 대중교통 이용자로 범위를 한정하고 연구를 진행하였다.



Fig. 1 Two alternatives of extended shillim LRT

2.1.2 기존연구 요약

서울연구원의 보고서에 따르면, 서울대 정문-서울대 내부 연장 노선의 경우 11,389명의 추가 수요가 발생할 것이라고 예측하였다[2]. 그러나 어떻게 수요가 예측되었는지 구체적인 근거를 제시하고 있지 않다.

Table 1. Distribution pattern of transportation in Seoul[3]-[6]

transportation	1990	1992	1996	1999	2002	2006
bus	43.3	38.8	30.1	28.8	26	27.6
subway	18.8	24.6	29.4	33.8	34.6	34.7
bus+subway	62.1	63.4	59.5	62.6	60.6	62.3
taxi	12.8	12.0	10.4	9.2	7.4	6.3
Private car	14.0	14.5	21.1	19.6	26.9	26.3
others	11.1	10.1	9.0	8.6	5.1	5.1

2.2 이론적 고찰

2.2.1 기존 연구 사례 고찰

본 연구에서 사용된 방법론은 AHP(Analytic Hierarchy Process)와 컨조인트 분석이다. 기존의 전환수요 예측은 설문에 의한 선호도 조사(SP조사)를 통해 확률적 수단분담 모형으로 산정되었는데, 조사방법의 특성상 현재 시행되지 않는 가상대상에 대한 선호도가 높게 나타나 과다 수요예측의 원인이 되기도 한다[7]. 따라서 본 연구에서는 AHP를 통해 효용에 영향을 미치는 요인을 추출하여, 컨조인트 분석을 통해 각 경전철의 예상수요를 예측해보았다. 황정훈[1]에서는 AHP를 통하여 통행시간과 편리성, 편안함과 같은 요소가 통행수단을 선택하는 주요 요인으로 도출하였다. 컨조인트 분석은 Louviere에 의해 개발되어 지금까지 주로 시장재화의 속성별 가치를 측정하기 위해 마케팅, 교통경제학, 정보통신분야에서 널리 적용되어 왔다[8].

2.2.2 방법론 고찰

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 의사결정 계층구조를 구성하는 요소간의 쌍대비교를 통해 각 단계별 가중치를 종합적으로 계산하여 대안들의 상대적인 우선순위를 나타내는 기법으로 1970년대 초 Tomass. L. Saaty 에 의해 개발되었다. AHP 는 정량적 요소와 정성적 요소의 통합이 가능하며, 평가의 일관성 파악 및 개선이 용이하고, 의사결정 참가자들의 의견 통합 및 집단 의사결정 도출에 적합한 특성을 바탕으로 다양한 분야에서 실무적으로 활용이 되고 있다[9]

컨조인트 분석에서는 응답자별로 부분가치와 중요도를 추정하고 그 결과를 응답자 전체에 대하여 종합하는 과정을 거친다.

$$y_i = \beta_0 + \sum_{t=1}^{h_1} \beta_{1t} X_{1t} + \dots + \sum_{t=1}^{h_n} \beta_{nt} X_{nt} + \varepsilon_i \quad (h_j = m_j - 1, t = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, a) \quad (1)$$

여기서 a 는 속성의 수, n 은 프로파일의 수, m_j 는 j 번째 속성의 수준 수이며, X_{1t}, \dots, X_{nt} 는 각 속성의 수준을 정의하는 지시변수이다. 선호도를 순위로 측정하여 채택한 경우에는 단조회귀추정을 적용한다. 모형 (1)을 이용하여 추정치를 구한 후, j 번째 속성의 t 번째 수준에 대한 부분가치는 다음과 같이 얻는다.

$$\alpha_{jt} = \begin{cases} \beta_{jt} & \text{for } t = 1, \dots, h_j \\ -\sum_{t=1}^{h_j} \beta_{jt} & \text{for } t = m_j \end{cases} \quad (2)$$

응답자별로 부분가치를 구하고 전체 응답자에 대한 평균치를 구하면 최종적인 부분가치가 된다[10]. 이렇게 추정된 부분가치를 다항로짓모형에 근거하여 경전철을 선택할 확률을 계산하여 수요를 추정한다. 본 연구에서 컨조인트 분석기법을 선정하여 신림선 경전철의 수요를 재추정하려는 이유는 개개인이 교통수단을 선택할 때에는 복합적인 요소를 고려하여 선택하기 때문에, 컨조인트 분석기법을 통하여 각 속성별 효용을 도출하고 경전철과 기존의 대중교통의 효용을 비교하여 수단전환이 일어나는 비율을 예측하기 위함이다.

2.3 조사설계

2.3.1 AHP 속성 추출

AHP 속성을 추출하기 위해 프로그램은 Expert Choice 11을 사용하였으며, 설문대상은 서울대 환경대학원 교통관리 석사과정 8명과 환경관리 석사과정 6명을 대상으로 수행하였다. 개별 전문가들의 가중치 추정방법으로는 고유벡터법을 이용하여 산정하였다. 고유벡터법이란 예를 들어 직접사용가치 항목 중에 운행비용, 쾌적성, 정시성, 접근성의 중요도가 1,3,2,6이라고 쌍대 비교법을 통해 도출되었다면 상대적 가중치의 합이 1이 되도록 각 항목을 12로 나누어주어 항목별 가중치를 도출하는 방법이다. 이때 합산방법은 단순 가중합법을 사용하였다. 이러한 과정을 통하여 정시성, 요금, 접근성, 친환경성 4가지 속성이 도출되었다. 요금 부분은 요금과 환승할인 여부로 나누어서 5개의 속성으로 분류하였다. 가중치 결과는 Table 2 와 같다.

2.3.2 설문조사 수행

AHP 설문을 통해 선택된 5개의 속성과 14개의 속성수준을 결합하여 프로파일을 설계하여 설문대상자의 속성에 대한 효용을 측정하기 위해 컨조인트 설문지를 설계하였다. 5개 속성별로 서로 다른 수준을 결합한 대안을 한 번에 제시하는 전체 자극제시법으로 설문을 구성하였다. 선택 프로파일을 설계할 때에는 SPSS Conjoint 를 사용하였다. 설문조사는 2013년

Table 2 Result of AHP analysis

1st level	2nd level	3th level	weight	rank
Use value (0.712)	Direct use value (0.531)	Fare (0.221)	0.113	2
		Comfort (0.130)	0.042	11
		Punctuality (0.349)	0.125	1
		Accessibility (0.299)	0.113	2
	Indirect use value (0.207)	Environmentally friendly (0.684)	0.107	4
		Car accident (0.316)	0.040	12
	Option value (0.262)	Policy (0.323)	0.051	9
		Natural disaster (0.142)	0.024	14
		Body condition (0.218)	0.039	13
		Parking (0.317)	0.058	8
Nonuse value (0.288)	Existence value (0.472)	Urban value(0.596)	0.077	6
		Development value (0.404)	0.045	10
	Altruistic value (0.528)	Consideration the weak (0.539)	0.105	5
		Deputy value (0.461)	0.061	7

11월 14일과 15일 양일에 걸쳐서 서울대 재학생 102명을 대상으로 하였다 102개의 설문 중 92개의 유효 설문을 수집하였으며 이를 바탕으로 컨조인트 분석을 하였다. 컨조인트 설문을 통해 수집된 자료를 부분합 가치추정과 벡터모형을 통해 수준별 효용값을 추정하는 SPSS21 Conjoint를 활용하여 14개 속성수준별 효용값을 도출하였다(Table 3) 이를 기준으로 서울대 구성원의 경전철에 대한 수요량을 추정하였다.

2.3 결과분석

2.3.1 효용추정

Table 3 Estimates of utility at each factor

factor	level	utility
Service interval(min)	4	-0.999
	10	-2.498
	20	-4.996
Environmental -friendly	high	0.98
	medium	-0.198
	low	-0.782
Transfer discount	discount	0.754
	No discount	-0.754
Walk distance(min)	5	-1.174
	10	-2.348
	20	-4.696
fare(min)	1050	-8.404
	1200	-9.605
	1300	-10.405

2.3.2 수요추정

효용함수를 활용하여 수요를 추정하기 위해서는 기준수요가 되는 총수요 값이 필요하다. 본 연구에서는 기존 장수은[11]의 연구에서 수행한 설문조사 결과와 서울대 통계연감을 통해 추산기로 하였다. 서울대 전체 구성원의 수 28,920명은 2012년 통계연보를 기준으로 하였다. 설문조사는 2012년 7월부터 10월까지 서울대 구성원 1,184명을 대상으로 수행되었다. 이를 기준으로 서울대 구성원의 대중교통 수요를 추산하면, Table 4 와 같이 15,400명으로 추산된다. 이때 총수요량 산정을 위해 연구범위를 벗어나는 연건캠퍼스에 재학중인 의예과, 치의예과 학생과 경전철 정류장에서 도보로 20분 이상 걸리는 301동과 302동의 화학생물공학과, 기계공학과, 컴퓨터공학과, 전자전기공학과 학생 수를 제외하였다.

Table 4 Total number of person using public transportation at Seoul National University

	Rate of public transportation	Total number of people	Demand of public transportation
Professor	19%	5,730	1,089
Staff	37%	1,015	376
Graduate student	41%	9,428	3,865
undergraduate	79%	12,747	10,070
sum		28,920	15,400

서울대학교는 인접한 전철역인 낙성대역과 서울대입구역이 도보로 30분 이상 걸리는 곳에 위치해있어 전철역에서 자신이 목적지에 5분 이내로 접근할 수 있도록 버스가 운행된다. 그러나 경전철은 정시성이 확보되나, 학교의 중심부에 위치하여 기존의 대중교통 이용시보다 도보 이용거리가 늘어날 것이다. 또한, 경전철이 타교통 수단과 환승할인이 가능하고 경전철 개통으로 인해 노면이 좁아지면서 버스의 정시성이 악화될 경우를 감안한 2개의 시나리오에 대한 경전철 수요량 추정은 Table 5와 같다. 분석결과 현재상태로 도로 혼잡도가 유지될 경우, 27% 수요를 과다추정하였고, 혼잡도가 증가하였을 경우에는 6% 과다추정하였다는 결과를 얻을 수 있었다.

Table 5 Passenger demand

Passenger demand	transfer discount	existing research
traffic remains at current level	8,961	11,389
traffic increases	10,726	

* Pearson's R = 0.955 (.000)

* Kendall's Tau = 0.817 (.000)

()안의 값은 유의확률 수준임.

3. 결 론

경전철과 같은 신교통수단의 수요를 실제 수요자의 수요효용함수를 기준으로 추정된 결과 도로혼잡도의 여부에 따라 과대추정 정도가 크게 달라짐을 알 수 있었다. 또한, 본 연구에서 조사된 서울대 구성원의 대중교통 선택 속성별 효용값은 차후 다른 교통 대안이 제시되더라도 이 값을 참고값으로 활용할 수 있어 타 교통수단의 도입에도 유연하게 이용할 수 있을 것이라 예상한다.

참고문헌

- [1] J.H. Hwang (2013) A Comparative Analysis of Characteristics of Mode Choice and Mode Transfer to Public Transit by Mode-Choice Class for the Effective Transportation Demand Management Implement. *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 33, pp. 2493-2501
- [2] Seoul government (2013) Public hearing for Seoul urban railway master plan changed,
- [3] Seoul government (1995) Seoul city hall, 54
- [4] Seoul government (1998) Seoul transportaion through statistics, 200
- [5] Seoul government (2000) Seoul statistical annual report, 280-281
- [6] Seoul government (2009) Seoul traffic improvement intermediate range plan, 387
- [7] I.H. Ick, Y.K. Yang (2008) The effect of SMRT Line 7 extension on the demand of Gyongin Line., *Korean Society for Railway*, Daegu, pp. 1394-1402
- [8] Louviere, J.J.(1988) Conjoint Analysis Modeling of Stated Preferences: A Review of Theory, Methods, Recent Developments and External Validity, *Journal of Transport Economics and Policy*, 10, pp.93-119; D.A. Hensher, (1994) Stated Preference Analysis of Travel Choices: The State of Practice, *Transportation*, 21, pp.107-133; Y. B. Kim (2003) Estimation of Consumer Preferences on New Telecommunication Service. *Korean Telecommunications policy review*, 10, pp.65-80; S. J. Kwak, S.H. Yoo, J. I. Chang (2006) Valuing the Han-river Estuary: Using Conjoint Analysis. *The Korean Economic Review*, 54, pp.141-161
- [9] K. T.Jo (2003) analytic hierarchy process, Donghyun Publisher, Seoul,
- [10] Yoo Young Kan (2012) New product Concept Evaluation Using Choice Based on Conjoint Analysis. Sookmyung women's university.
- [11] S,E, Jang (2013), Transport system of Gwan-ak campus and sustainable transport plan

부 록

A1. 설문지

전체 자극 제시법 설문지

Q. 다음 대중교통의 조합 중 어떤 조합을 가장 선호하십니까?

카드 ID	요금 (원)	운행시격	친환경성	환승할인	정류장 ~ 목적 건물 도보시간 (분)	순위
1	1,200	10분 내외	상	있음	10	
2	1,050	4분간격 정시	상	있음	5	
3	1,200	4분간격 정시	중	없음	20	
4	1,300	20분 내외	상	없음	20	
5	1,050	4분간격 정시	상	없음	10	
6	1,050	4분간격 정시	상	없음	5	
7	1,200	20분 내외	상	있음	5	
8	1,050	20분 내외	하	없음	10	
9	1,200	4분간격 정시	하	없음	5	
10	1,300	10분 내외	상	없음	5	
11	1,300	4분간격 정시	하	있음	5	
12	1,050	20분 내외	중	있음	5	
13	1,050	10분 내외	중	없음	5	
14	1,300	4분간격 정시	중	있음	10	
15	1,050	4분간격 정시	상	있음	20	
16	1,050	10분 내외	하	있음	20	

- ▶ 본 설문에서 선택해야 하는 총 카드의 수는 16개 입니다.
- ▶ 각 카드는 대중교통 선택에 있어서 "요금, 운행시격, 친환경성, 환승, 정류장~최종 목적지간 거리" 5개 사항으로 구성되어 있습니다.
- ▶ 각 카드의 조합 중 가장 선호하는 카드순으로 1~16위까지 순위를 매겨주시면 됩니다.