

엔트로피 모형을 활용한 고속철도 역세권 통행분포 추정에 관한 연구

High Speed Rail Station Distric Using Entropy Model Study to Estimate the Trip Distribution

조항웅* · 김시곤** · 김진환*** · 전상민****

Cho, Hangung · Kim, Sigon · Kim, Jinhwan · Jeon, Sangmin

Abstract

KTX step 1 April 2004, after the opening, the second phase of the project was opened in November 2010. High-speed rail after the opening and continue to increase the demand of high-speed rail, Have the speed of competitive advantage compared too the means of transportation. The opening of these high-speed rail has led to changes of the move, the company's position, and the spatial structure of the population of reorganization, such as the social, economic, transportation. In this study, survey data using the High Speed Rail Station EMME/2 of the program to take advantage of the 2-Dimentional Blancing trip distribution to investigate the passage through the trip distribution by the estimation of the parameters of the model to estimate the distribution of the means of access and high-speed rail station to reproduce and Analysis of the results by means of access parameters (θ) autos 0.0395, buses 0.0390, subway 0.0650, taxi 0.0415, the frequency distribution (Trip Length Frequency Distribution: TLFDF) were analyzed survey data value model with the results of comparing R^2 cars analysis and model values similar survey data 0.909 bus 0.923, subway 0.745 to 0.922, taxi, F test P value analysis is smaller than 0.05 at the 95% confidence level as a note that was judged to have been. Trip frequency distribution analysis, but in the future, set the unit to 5km-trip frequency distribution middle zone Units from small zone units (administrative district) segmentation research is needed, and can reflect the trip distance 0~5 km interval combined function to take advantage of the gravity model and the 3-Dimentional Blancing applied research is needed to be considered.

Keywords : trip distribution, 2-dimentional blancing, entropy model, trip length frequency distribution

요 지

지난 2004년 4월 경부고속철도 1단계 개통이후, 2단계 사업은 2010년 11월 개통하였으며, 고속철도 개통이후 타 교통수단에 비해 속도 경쟁의 장점을 가지고 있어 고속철도의 수요는 계속 증가하고 있다. 이러한 고속철도의 개통은 인구의 이동, 기업의 입지, 공간구조의 개편 등과 같은 사회적, 경제적, 교통적인 변화를 주도하고 있는 실정이며, 특히 고속철도의 고속운행으로 지역간의 이동시간을 단축한다는 점에서 고속철도 수요는 지속적인 증가 추세로 전망된다. 본 연구에서는 고속철도 서울역 설문조사의 데이터를 이용한 EMME/2 프로그램의 2-Dimentional Blancing을 활용한 고속철도 역 접근수단별 통행분포 모형의 파라메타 추정을 통하여 조사 통행분포를 추정 통행분포와 같이 재현하고자 하였으며, 분석 결과 접근수단별로 파라메타(θ)는 승용차 0.0395, 버스 0.0390, 지하철 0.0415, 택시 0.0650으로 분석되었고, 통행거리빈도분포(Trip Length Frequency Distribution: TLFDF)를 기준으로 조사치와 모형치를 비교한 결과 R^2 는 승용차 0.909, 버스0.923, 지하철 0.922, 택시 0.745로 조사치와 모형치는 유사한 것으로 분석 되었으며, F검증 결과 P값이 모두 0.05보다 매우 작게 분석되어 95%신뢰수준으로 유의할 만 한 것으로 판단되었다. 통행거리빈도분포를 5km 단위로 설정하여 분석 하였으나, 향후에는 통행거리빈도분포를 중존단위에서 소존단위(행정동)로 세분화 연구가 필요하며, 통행거리 0~5km 구간의 분포를 반영할수 있는 결합함수(Combined function)을 활용한 중력모형과 3-Dimentional Blancing을 적용한 연구가 필요 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 통행분포, 2중제약 축차계산, 엔트로피 모형, 통행거리빈도분포

*정희원 · 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도경영정책학과 박사수료 (E-mail : ung8932@hanmail.net)

**정희원 · 교신저자 · 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도경영정책학과 교수 (E-mail : sigonkim@seoultech.ac.kr)

***대진대학교 건축도시공학과 박사수료 (E-mail : kjh@dh20002.co.kr)

****정희원 · 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도경영정책학과 박사수료 (E-mail : jeonsm708@gmail.com)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

지난 2004년 4월 경부고속철도 1단계 개통이후, 2단계 사업(동대구~부산, 오송김천구미역 포함)은 2010년 11월 개통하였다. 고속철도 개통이후 타 교통수단에 비해 속도 경쟁의 장점을 가지고 있어 수요는 계속 증가하고 있다. 이러한 고속철도의 개통은 인구의 이동, 기업의 입지, 공간구조의 개편 등과 같은 사회적, 경제적, 교통적인 변화를 주도하고 있는 실정이다. 특히 고속철도의 고속운행으로 지역간의 이동시간을 단축한다는 점에서 고속철도 수요는 계속적으로 증가하고 있다.

특히 제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020)에서는 “5+2” 광역경제권 발전전략등 여건 변화에 대응하고, 전국 주요지점을 통행시간 90분대로 연결하여 하나의 도시권 통합의 목표로 하고 있으며, 전국 주요지점을 고속 KTX망 연결을 목표로 하고 있다.

본 연구에서는 고속철도 개통이후 경부고속철도 서울역을 대상으로 역세권의 통행실태를 조사하여 접근수단인 승용차, 버스, 지하철, 택시 수단별 통행분포 모형을 통해 추정 통행량을 재현 할 수 있다면, 통행분포모형의 파라메타 보정만으로 장래 수요의 통행분포 및 변화되는 통행을 예측 할 수 있을 것으로 판단된다. 현재 국가교통DB의 철도OD는 출발지 와 도착지의 OD표로만 작성되어, 현재의 통행특성인 출발지-고속철도 승차역 - 고속철도 하차역 - 도착지의 특성이 반영되어 있지 않으며, 고속철도역사의 접근수단별 OD를 산출하기 어려운 문제점을 가지고 있다. 고속철도 역사의 역세권 및 수단별 접근통행분포를 고려한 연계환승 계획시 활용 할수 있을 것으로 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 연구의 배경과 필요성을 바탕으로 설문조사의 데이터를 이용한 EMME/2 프로그램의 2-Dimensional Blancing을 활용한 통행분포 모형의 파라메타 추정을 통하여 조사 통행분포를 추정 통행분포와 같이 재현하고자 한다.

2. 본 론

2.1 이론적 고찰

2.1.1 국내모형 검토

국내에서 사용한 기존 통행분포모형은 프라타모형, 중력모

형, 이중계약 감미중력모형, 엔트로피모형 등이 있으며, 모형에 적용한 통행저항으로는 존간 통행거리, 통행비용 등을 사용하였다. 『2002년 국가교통DB구축사업, 수도권 및 5대 광역권 여객통행량 분석』에서는 프라타모형을 사용 하였으며, 『2006년 국가교통DB구축사업』에서는 2중계약 및 3중계약 엔트로피 모형과 2중계약 프라타모형을 구축하여 적용 하였으며, 통행비용함수는 도로망의 존간 통행거리를 사용하였다. 『2009년 수도권 장래교통수요 예측 및 대응방안』에서는 모형에 적용한 통행저항으로 존간 통행거리를 사용하고, 8개의 통행목적별 저항함수의 중력모형을 적용하였다.

2.1.2 국내연구 검토

국내에서 엔트로피모형의 적용은 노정현(1991)의 『엔트로피 극대화 통행배분모형의 효율적 해법개발』, 이승재, 손의영, 김종형(2000)의 『통행시간분포를 이용한 교통량기반 추정 O/D의 신뢰성 평가에 관한 연구』, 이승재, 이현주(2010)의 『3-Dimensional Blancing기법을 이용한 전국 교통수요 추정』이 있다.

노정현(1991)의 『엔트로피 극대화 통행배분 모형의 효율적 해법개발』에서는 Wilson의 반복평형기법(iterative balancing method)은 직관적 방법으로 유사한 모형의 경우에서 보여준 바와 같이 해를 찾는데 많은 시간을 요구하며, 그 결과 또한 부정확하고 때에 따라 안정된 값으로 접근하지 못하는 경우가 있어, Kuhn-Tucker 최적조건을 변형하여 비선형 연립방정식 체계를 만들고 이를 Powell의 Hybrid 방법을 이용하여 해를 구하는 방법이다

이승재, 손의영, 김종형(2000)의 『통행시간분포를 이용한 교통량기반 추정 O/D의 신뢰성 평가에 관한 연구』에서는 통행수요 예측시 가장 중요한 지표의 하나인 통행시간빈도분포(Trip Length Frequency Distribution: TLFDD)를 이용하여 추정O/D의 신뢰성 지표로 삼았으며, TLFDD는 4단계 모형에서 통행분포시 모형을 정산하는데 사용되는 방법으로서 존간 통행시간을 단위별로 나누어 조사된 통행시간분포와 추정된 O/D의 통행시간분포가 유사한지를 살펴보는 방법이다. 하지만 대규모교통망에 적용될 때에는 추정된 O/D의 신뢰성을 보장하기 어렵다

국내에서 엔트로피모형의 적용은 이승재, 이현주(2010)의 『3-Dimensional Blancing기법을 이용한 전국 교통수요 추정』에서는 전국지역간 TCS O/D의 통행특성을 반영할수 있는 3-Dimensional Blancing기법을 이용하여 전국 167개존

표 1. 국내 적용 통행분포 모형

구 분	적용모형	통행저항
서울시 교통수요 예측 모형 정립, 1998.12, 서울시정개발연구원	3중계약 엔트로피 모형	도로망의 존간통행 거리
수도권 및 5대 광역권 여객통행량 분석, 2003.2, 교통개발연구원	프라타 모형	-
서울시 교통수요 예측 및 대응방안 연구, 2004.11, 서울시정개발연구원	프라타모형 이중계약 감미모형	도로망의 존간통행 거리
2006년 국가교통DB 구축사업, 2007.4, 한국교통연구원	2중계약, 3중계약 엔트로피 모형 2중계약 프라타모형	Free Flow 하에서 존간 최단거리
수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구, 2009.2, 수도권 교통본부	8개 통행목적별 저항함수의 중력모형	Free Flow 하에서 존간 최단거리

의 교통수요를 추정하였다. 추정된 2중제약 엔트로피모형의 마찰저항함수의 파라메타(θ)값은 TCS 교통량과 통행시간을 이용하여 회귀분석법으로 정산하였으며 정산된 값은 0.02485로 추정하였다. 또한 교통수요의 신뢰성 및 적정성을 판단하기 위해 통계적인 오차분석, 통행분포분석(TLFD), TCS에서 산출되는 주요도시간 평균통행시간 등의 지표를 활용하여 전국 교통수요 추정결과를 검증하여 TCS에서 추정된 교통수요의 현실성을 반영하기 위해 최적의 관측지점수를 산정하여 Gradient기법을 이용한 추정된 OD를 보정하였다.

2.1.3 기존연구의 한계 및 차별성

기존의 연구는 도로를 중심으로 한 2중제약 엔트로피 모형을 적용 하였으며, 대부분이 전국의 대상으로 엔트로피 모형을 추정하였다. 『2009년 수도권 장래교통수요 예측 및 대응방안』에서는 8개의 통행목적별로 저항함수의 중력모형을 적용하였으며, 목적별로 통행거리가 상이한 것을 고려하여 목적별로 분석하였다. 기존의 연구는 수단별 통행거리 파라메타를 분석한 사례는 없으며, 본 연구는 고속철도 역세권 이용자의 접근수단별 통행분포에 대한 기초연구를 제시하는데 목적이 있어, 고속철도 접근수단별 2-Dimensional Blancing 기법을 활용하여 파라메타를 추정하였다.

2.2 통행분포 방법론 개관

2.2.1 일반화 비용

통행자의 수단선택 및 통행경로 선택은 통행비용과 통행시간이 함께 고려되며, 통행자는 통행비용이 가장 최소가 되는 교통수단과 경로를 선택하게 된다. 일반적으로 다음과 같은 요인이 교통수단 및 경로 선택에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.

- 통행에 소요되는 현금비용
- 출발지에서 목적지까지의 통행시간
- 통행자의 시간비용(가치)

2.2.2 통행분포 모형

가. 엔트로피 모형

엔트로피 이론은 자연과학의 열역학 및 통계역학분야에서 입자들의 상태에 대한 불확실성을 규명하기 위해 시도된 것으로 정보이론, 사회과학 등의 분야에 도입되어 발달한 이론이다. 엔트로피란 “어떤 체계의 가장 있음직한 상태(the most likely state of a system)로 정의되는데, 즉 엔트로피가 큰 상태가 가장 큰 확률적으로 존재가능성이 큰 상태가 된다. 이러한 개념에서 wilson에 의해 도시내의 통행발생의 관계를 설명하기 위해 발전되었다. 엔트로피 개념을 교통분야에 도입하면 교통체계에서의 상태는 통행의 분포상태로 정의할 수 있다. 즉, 어떤 통행분포 T_{ij} 의 출현확률은 일정한 제약조건하에서 그와 같은 분포를 초래할 특정상태의 수에 비례한다고 볼 수 있다. 다시 말하면 하나의 관측된 통행분포는 출현확률이 가장 높은 상태로 볼 수 있으며 이는 열역학에서와 마찬가지로 엔트로피가 극대화되는 과정으로 설명할 수 있다.

이 모형의 접근 방법은 다음과 같다.

$$\text{Maximize } E = -\sum_i \sum_j (T_{ij} \ln T_{ij} - T_{ij}) \quad (1)$$

$$\text{제약조건 : } \sum_j T_{ij} = O_i$$

$$\sum_i T_{ij} = D_j$$

$$\sum_i \sum_j T_{ij} c_{ij} = C$$

E : 엔트로피

T_{ij} : i 지역과 j 지역의 통행량

O_i : i 존의 통행발생량

D_j : j 존의 통행유입량

c_{ij} : i 존과 j 존간의 통행에 관련한 일반화비용

C : 시스템 전체의 총통행비용

엔트로피 극대화 접근법은 wilson에 의해 중력모형으로 유도된 것이며, 이로인해 중력모형의 이론적 검증이 엔트로피 이론을 통해 이루어 졌으며, wilson에 의해 유도된 이중제약 엔트로피 모형식은 다음과 같다

$$T_{ij} = A_i O_i B_j D_j \exp(-\beta C_{ij}) \quad (2)$$

이때 발생 및 도착량 균형계수는 A_i 및 B_j , 모형의 조정계수(Balancing Factor), β 는 라그랑지안 승수(Lagrangian-Multiplier)로서 체계 전반을 포괄하여 설명하는 파라메타이며 현재 O/D를 이용하여 그 최적치를 정산할 수 있다.

$$A_i = \frac{1}{\sum_j B_j D_j f(-\beta C_{ij})}$$

$$B_j = \frac{1}{\sum_i A_i O_i f(-\beta C_{ij})} \quad (3)$$

이중제약 엔트로피 모형의 정산은 EMME/2의 2중제약 축자계산(2-dimensional balancing)으로 수행할수 있는데 수행과정 및 알고리즘은 다음과 같다

$$\mathbf{g}_{pq} = \alpha_p \cdot \beta_q \cdot C_{pq} \quad (4)$$

$$\sum_p \mathbf{g}_{pq} = O_p, \sum_p \mathbf{g}_{pq} = D_q, \mathbf{g}_{pq} \geq 0, \sum_p O_{pq} = \sum_p D_{pq}$$

여기서 \mathbf{g}_{pq} 는 추정 O/D, C_{pq} 는 base O/D, O_p 는 존별 발생량, D_q 는 존별 도착량이고, α_p, β_q 는 발생 및 도착 균형계수를 의미한다. 이때 α_p, β_q 를 계산하기 위한 축자 계산과정은 다음과 같다.

$$\text{단계 0. Initialization} \quad (5)$$

$$\alpha_p^0 = 1 \text{ for each } P; \beta_q^0 = 1 \text{ for each } q.$$

$$\text{단계 1. Balancing Rows}$$

$$l = 0 \text{ (iteration count);}$$

$$\alpha_p^{l+1} = \frac{O_p}{\sum_q \beta_q^l \cdot c_{pq}} \text{ for each } P.$$

$$\text{단계 2. balancing Columns}$$

$$\beta_q^{l+1} = \frac{D_q}{\sum_p \alpha_p^{l+1} \cdot c_{pq}} \text{ for each } q.$$

단계 3. Stopping Test

$$\text{If } \max \left(\max_p \frac{\alpha_p^{l+1} - \alpha_p^l}{\alpha_p^{l+1}}, \max_q \frac{\beta_q^{l+1} - \beta_q^l}{\beta_q^{l+1}} \right) \leq \varepsilon$$

or if $l+1 = 1$ max, then stop.

나. TLF (Trip Length Frequency Distribution)

TLFD는 미국의 공로청(Bureau of Public Roads)에서 개발되었으며, 중력모형을 정산하는 기법 중 가장 많이 사용되는 방법이다. 정산의 목적은 기준년의 주어진 상황에서 저항함수 $f(c_{rs})$ 와 통행거리 $f(d_{rs})$ 간의 관계 또는 일반화비용 c_{rs} 간의 관계를 설정하는 것이다. 정산과정은 전체지역의 존간 통행시간에 대한 다항함수가 가정된 통행시간 요소 (Travel Time Factor)함수의 개발에 목적이 있다. 국내의 국가교통DB와 수도권 통행분포의 TLF는 다음과 같다.

1) 국가교통DB

국가교통DB(KTDB, 2009년)에서는 지역간 각 교통수단별 TLF는 수단별로 구분하여 분석하였으며, 통행시간이 증가할수록 통행량이 지속적으로 감소하는 경향을 보이고 있다, 즉 통행시간에 대한 저항이 결합함수형태(Combined Function)로 나타났다.

2) 수도권 DB

「수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구, 2009.2」에서 교통시설 및 토지이용 변화에 따른 통행패턴 변화를 반영할 수 있기 때문에 적용한 이중제약 중력모형을 적용하였다. 중력모형 추정은 저항함수의 형태 및 계수이다. 8개 통행목적별로 저항함수 식의 형태를 설정하였고 목표연도의 셀별 목적통행량과 저항함수를 이용하여 장래 셀별 목적통행량을 산출하였다.

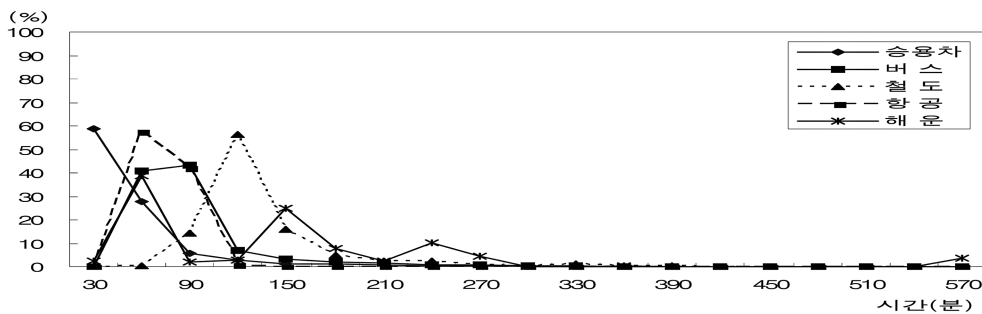


그림 1. 지역간 TLF 분석

표 2. 수도권 저항함수 파라미터 정산결과

통행목적	적합모형	α	β	γ	R^2
가정기반 출퇴근통행	수정혼합	0.364 (-15.902)	0.528 (15.618)	-0.111 (-62.695)	0.955
가정기반 등하교통행	역역함수	0.823 (8.735)	-1.108 (-32.428)		0.752
가정기반 학원통행	수정혼합	0.997 (-0.017)	0.296 (10.013)	0.196 (-12.485)	0.645
가정기반 쇼핑통행	수정혼합	1.176 (1.417)	0.513 (4.406)	-0.253 (-15.705)	0.835
가정기반 기타통행	수정혼합	0.607 (-4.936)	0.914 (8.137)	-0.261 (-14.87)	0.714
비가정기반 업무통행	수정혼합	0.254 (-14.895)	1.061 (13.194)	-0.193 (-20.566)	0.718
비가정기반 쇼핑통행	수정혼합	0.695 (-3.066)	0.996 (7.562)	-0.298 (-11.855)	0.619
비가정기반 기타통행	수정혼합	0.406 (-9.036)	0.864 (11.172)	-0.136 (-17.723)	0.611

주) ()은 값을 나타냄

자료 : 수도권교통본부(2009), 「수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구」.

표 3. 조사개요

조사기간	2011.1.12 ~ 2011.1.20
조사대상	고속철도 서울역 이용자
조사방법	직접 면접조사
조사표본크기	1,200명 (유효표본율 88.5% 최종 1,062명)

2.3 조사자료의 분석

2.3.1 분석자료의 선정

본 연구에서는 고속철도역별 통행분포모형 추정을 위하여 2011년 『고속도로 및 고속철도 연계환승을 위한 연구』에서 조사된 고속철도 서울역 설문조사를 사용하였다. 설문조사의 내용은 RP 데이터를 적용 하였으며, 개인특성조사, 통행특성조사로 구분되어 실시하였다

- 개인특성조사: 출발지, 도착지, 성별, 연령, 직업, 이용횟수, 통행목적, 동승인원
- 통행실태조사: 접근수단, 접근 및 차내시간, 접근 및 차내비용, 환승횟수, 도착후 이용수단등

분석을 위한 존재계는 서울역 설문조사 부수를 고려하여 수도권을 서울시 90개존, 인천시 10개존, 경기도 54개존으로 총 154개 존재계로 정립하여 수행하였다.

2.3.2 서울역 설문조사 결과

가. 개인특성조사

서울역 설문조사는 1,062명을 대상이며, 성별분포는 남자 58.3%(619명), 여자 41.7%(443명)로 분석되었으며, 연령별 분석결과 30대 및 40대가 가장 많은 것으로 분석되었으며, 40대 35%, 30대 21.1%, 50대 19.0% 수준으로 분석되었다. 서울역의 설문조사 통행목적별 분석결과 업무통행이 38.9%, 친지방문 29.0%, 기타 13.6%, 관광 및 여행이 9.4%로 분

표 4. 통행목적

구분	출퇴근	등하교	업무	쇼핑	친지방문	관광/여행	기타	합계
조사(인)	29	42	413	25	308	100	145	1,062
구성비(%)	2.7	4.0	38.9	2.4	29.0	9.4	13.6	100

표 5. 접근수단

구분	승용차	버스	지하철	택시	합계
조사(인)	94	382	468	118	1,062
구성비(%)	8.9	36.0	44.0	11.1	100

석되었다.

서울역의 설문조사 접근수단의 분석결과 지하철수단이 44.0%, 버스 36.0%, 택시 11.1%, 승용차 8.9%로 분석되었다.

나. 조사결과 분석

서울역의 설문조사의 데이터를 이용하여 출발준과 도착준

표 6. 접근수단별 거리별 통행분포

거리	접근수단			
	승용차	버스	지하철	택시
1~5	11.87	11.11	6.25	12.84
6~10	17.15	22.63	19.23	37.72
11~15	17.94	13.6	18.27	18.65
16~20	12.66	11.45	17.55	20.08
21~25	10.95	7.61	9.13	7.95
26~30	10.29	7.68	11.06	2.65
31~35	3.3	3.3	6.49	0.1
36~40	5.8	9.56	5.29	0
41~45	4.09	4.65	2.64	0
46~50	0.66	1.82	1.2	0
51~55	1.58	0.54	0.48	0
56~60	1.58	3.1	1.44	0
61~65	0	0	0	0
66~70	1.06	2.15	0	0
71~75	0.26	0.13	0.48	0
76~80	0.26	0.13	0.48	0
81~85	0	0	0	0
86~90	0.26	0.13	0	0
91km이상	0.26	0.4	0	0

을 EMME/2에 입력하여 접근수단별 O/D를 구축하였으며, EMME/2의 Network을 이용하여 최단거리를 이용하여 존간 거리를 산출하였다.

접근수단별 특징을 살펴보면 승용차 및 버스는 통행거리가 넓게 분포하는 반면, 택시는 30km 이상은 거의없는 것으로 분석되었다. 그러한 이유는 택시비용에의한 통행저항으로 분석되며, 지하철은 장거리인 경기도 외곽에 지하철이 없어 장 거리에 경우에는 출발지에서부터 타 수단을 이용하는 것으로 분석되었다.

EMME/2을 활용하여 접근수단별 평균거리를 분석한 결과 승용차 19.80km, 버스 20.87km, 지하철 19.34km, 택시 11.41km로 분석되었으며, 분산의 정도를 살펴보면 버스 및 승용차가 가장 넓게 분포하고 있으며, 택시는 좁은 분포형태로 분석되었다.

표 7. 접근수단별 평균거리 및 분산정도

구분	승용차	버스	지하철	택시
평균거리(km)	19.80308	20.87045	19.33938	11.40846
분산 (std.)	15.34761	16.88125	13.11178	6.736633

2.4 역세권 통행분포 모형 결과

2.4.1 통행분포 모형 분석

가. 엔트로피 통행분포 모형 방법

본 연구에서는 통행수요 예측시 가장 중요한 지표의 하나인 통행거리분포(Trip Length Frequency Distribution: TLF)를 이용하여 기준O/D의 신뢰성 지표로 삼으려 했으나, 현재 고속철도 관련 역간 O/D자료는 전수화된 자료가 있으나, 역별 접근수단 및 접근 O/D는 자료가 전무한 상황이다. 고속철도 서울역의 접근수단별 통행분포는 2-Dimensional Blancing을 활용한 통행분포 모형의 파라메타(β) 추정을 통하여 접근수단별 통행분포를 재현하고자 한다. 통행분포모형에서 정산되어야 할 파라메타는 추정된 표본 O/D의 통행발생량 및 도착량을 관측된 표본 O/D의 통행발생량 및 도착량과 일치시키는 역할을 하는 균형계수 A_i 및 B_j 와 통행량에 대한 통행저항(거리)의 관계를 설명하는 통행저항함수가

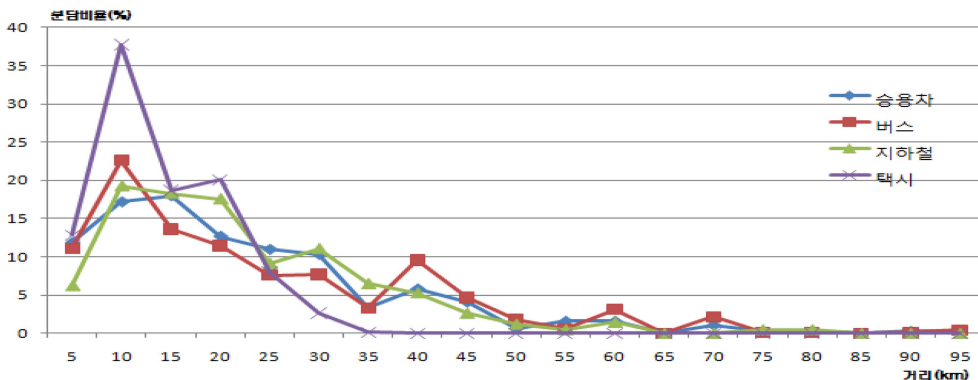


그림 2. 접근수단별 TLF 분석

다. 2중계약에서 정산될 통행저항함수의 파라미터는 통행 거리에 반비례하는 특성을 가지게 되는데, 이러한 특성에 기초하여 Hyman 접근법의 정산과정을 수행하여 설문조사한 O/D와 전수화된 표본 O/D의 오차를 줄이면서 파라미터값을 찾아는 과정이다.

수행과정을 단계별로 설명하면 다음과 같다

- (단계 1) : 초기화 단계로서 우선 θ 의 초기값을 $1/C^*$ 로 설정함. 이때 C^* 는 수단별 설문조사 결과인 접근수단별 평균통행거리임
- (단계2) : EMME/2의 축차계산(matrices balancing)수행 단계로서, 설문조사에 의한 접근 수단별 통행발생량(O_i), 통행도착량(D_j) 및 $\exp(-\theta^m * C_{ij})$ 를 입력요소로하여 2중계약 축차계산(2D-balancing)을 수행하고, 그결과로 추정된 통행량산출
- (단계3) : 모형에 의해 추정된통행량을 통해 평균통행거리산출
- (단계4) : 추정된 평균통행거리와 설문조사를 통해 접근수단별 평균통행거리를 비교하여 수렴조건을 만족할 경

우 최종추정통행량), 균형계수 A^m_i, B^m_i, θ^m 을 산출
 - (단계5) : 단계4에서 수렴조건이 만족되지 않을 경우 설문조사의 평균통행거리와 추정된 평균통행거리 그리고이 전단계의 θ^{m-1} 를 이용해 새로운 θ^m 을 산출

나. 접근 수단별 파라미터 분석결과

설문조사한 승용차 평균접근거리 19.80km을 이용하여 θ 값의 초기값을 0.050을 설정하였으며, 2-Dimensional Blancing을 활용하여 반복 수행한 결과 θ 이 0.5 이상시는 수렴이 되지 않았으며, 2-Dimensional Blancing의 θ 값은 0.0395에서 가장 통행분포가 유사한 것으로 분석 되었다.

엔트로피 극대화인 2-Dimensional Blancing을 활용하여 서울역 접근수단별 파라미터 산정 결과 승용차 0.0395, 버스 0.0390, 지하철 0.0415, 택시 0.0650으로 분석되었다

표 8. 접근수단별 파라미터 결과

구 분	승용차	버스	지하철	택시
파라미터	0.0395	0.0390	0.0415	0.0650

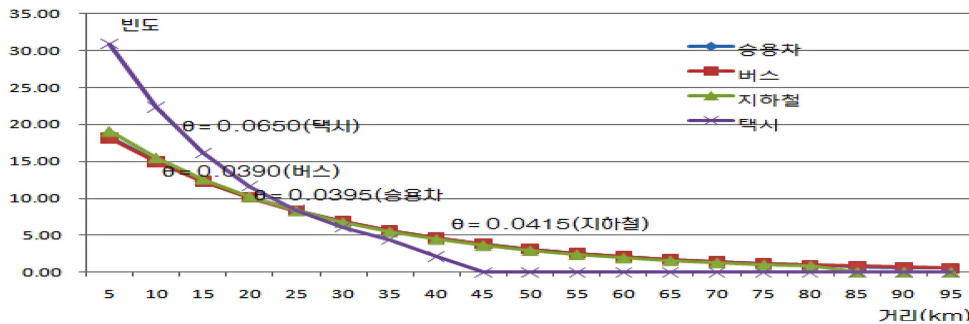


그림 3. 접근수단 파라미터 거리별 빈도분석 결과

표 9. 접근수단별 조사치와 모형치의 TLFD 비교

(단위: km, %)

구분	승용차		버스		지하철		택시	
	조사치	모형치	조사치	모형치	조사치	모형치	조사치	모형치
1~5	11.87	10.85	11.11	11.31	6.25	6.23	12.84	12.84
6~10	17.15	14.05	22.63	21	19.23	18.79	37.72	39.91
11~15	17.94	17.09	13.6	13.63	18.27	17.87	18.65	19.83
16~20	12.66	9.84	11.45	11.28	17.55	17.37	20.08	14.85
21~25	10.95	10.01	7.61	7.80	9.13	11.77	7.95	8.93
26~30	10.29	11.3	7.68	7.86	11.06	10.88	2.65	3.53
31~35	3.3	6.87	3.3	5.92	6.49	6.49	0	0
36~40	5.8	6.04	9.56	6.59	5.29	4.88	0	0
41~45	4.09	5.23	4.65	4.42	2.64	2.44	0	0
46~50	0.66	0.75	1.82	1.73	1.20	1.11	0	0
51~55	1.58	2.14	0.54	0.79	0.48	0.44	0	0
56~60	1.58	2.28	3.1	2.95	1.44	0.83	0	0
61~65	0	1.04	0	1.50	0	0.51	0	0
66~70	1.06	0.84	2.15	2.05	0	0.49	0	0
71~75	0.26	1.09	0.13	0.13	0.48	0.44	0	0
76~80	0.26	0.21	0.13	0.41	0.48	0.44	0	0
81~85	0	0.14	0	0.12	0	0	0	0
86~90	0.26	0.21	0.13	0.13	0	0	0	0
91km 이상	0.26	0.02	0.4	0.38	0	0	0	0

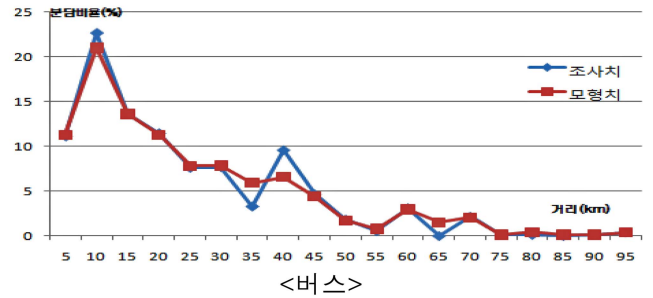
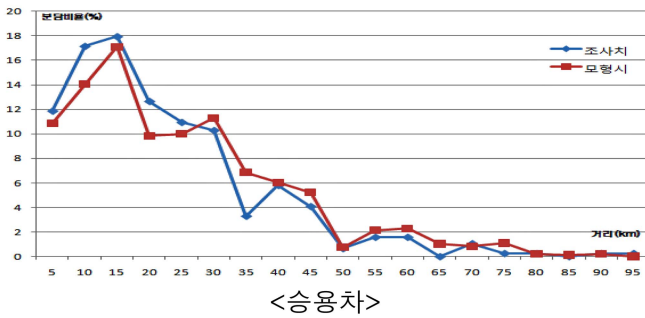


그림 4. 접근수단별 조사치와 모형치의 TLFD 비교

표 10. 접근수단별 조사치와 모형치의 평균통행거리 분석

(단위: km)

구 분		승용차	버스	지하철	택시
평균 통행거리(km)	조사치	19.80308	20.87045	19.33938	11.40846
	모형치	22.09489	21.53892	19.68101	11.29364
회귀분석 결과	R ²	0.909	0.923	0.922	0.745
	Prob > F	0.000002	0.0000002	0.000002	0.000528

국가교통DB(2009)에서는 θ 값이 0.02485로 분석 되었으며, 전국의 통행분포의 경우 장거리 통행분포로 분포 거리가 길기 때문에 θ 값이 적은 것으로 판단되며, 본 연구의 θ 값은 0.0395~0.0650으로 도시내통행의 파라메타와 유사한 것으로 분석되었다.

3.4.2 접근수단별 통행분포모형 검증

가. 통행거리빈도분포(TLFD)비교

접근수단별 통행분포 모형 검증은 통행거리빈도분포(Trip Length Frequency Distribution: TLFD)를 기준을 적용하였으며, 설문조사에 의한 추정 O/D와 전수화 O/D를 기준으로 거리별 통행거리 빈도분포 비율을 비교 분석하였다.

접근 수단별 평균통행거리 분석결과 승용차는 조사치 대비 2.29km가 증가 하였으며, 버스는 0.67km, 지하철은 0.35km로 각각 증가 하였으며, 택시는 0.12km가 감소한 것으로 분석 되었다. 조사치와 모형치의 통행거리빈도분포를 활용하여 회귀분석한 결과 R²는 승용차 0.909, 버스 0.923, 지하철 0.922, 택시 0.745로 매우 높은 값을 가지며, F검증 결과 P값이 모두 0.05보다 매우 작게 나타났으며, 추정결과 95%신뢰수준으로 유의할 만 한 것으로 판단되어, 조사치와 모형치는 유의한 것으로 분석되었다.

3. 결 론

지난 2004년 4월 정부고속철도 1단계 개통이후, 2단계 사업은 2010년 11월 개통하였으며, 고속철도 개통이후 타 교통수단에 비해 속도 경쟁의 장점을 가지고 있어 고속철도의 수요는 계속 증가하고 있다. 이러한 고속철도의 개통은 인구의 이동, 기업의 입지, 공간구조의 개편 등과 같은 사회적, 경제적, 교통적인 변화를 주도하고 있는 실정이며, 특히 고속철도의 고속운행으로 지역간의 이동시간을 단축한다는 점에서 고속철도 수요는 계속적인 증가 추세로 전망된다.

기존의 연구는 도로를 중심으로 한 2중계약 엔트로피 모형을 적용 하였으며, 대부분이 전국의 대상으로 엔트로피 모

형을 추정하였다. 『2009년 수도권 장래교통수요 예측 및 대응방안』에서는 8개의 통행목적별로 저항함수의 중력모형을 적용하였으며, 목적별로 통행거리가 상이한 것을 고려하여 목적별로 분석하였다. 기존의 연구는 수단별 통행거리 파라메타를 분석한 사례는 없으며, 본 연구는 고속철도 역세권 이용자의 접근수단별 통행분포에 대한 기초연구를 제시하는데 목적이 있어, 고속철도 접근수단별 2-Dimensional Blancing 기법을 활용하여 파라메타를 추정하였다.

고속철도 서울역 설문조사의 데이터를 이용한 EMME/2 프로그램의 2-Dimensional Blancing을 활용한 고속철도 역 접근수단별 통행분포 모형의 파라메타 추정을 통하여 조사 통행분포를 추정 통행분포와 같이 재현하고자 하였으며, 분석 결과 접근수단별로 파라메타(θ)는 승용차 0.0395, 버스 0.0390, 지하철 0.0415, 택시 0.0650으로 분석되었고 조사치와 모형치의 평균통행거리는 접근수단별로 -0.12km~2.29km의 차이가 있는 것으로 분석되었다.

국가교통DB(2009)에서는 θ 값이 0.02485로 분석되었으며, 전국의 통행분포의 경우 장거리 통행분포로 분포 거리가 길기 때문에 θ 값이 적은 것으로 판단되며, 본 연구의 θ 값은 0.0395~0.0650으로 도시내통행의 파라메타와 유사한 것으로 분석되었으며, 조사치와 모형치의 통행거리빈도분포를 활용하여 회귀분석한 결과 R²는 승용차 0.909, 버스 0.923, 지하철 0.922, 택시 0.745로 매우 높은 값을 가지며, F검증 결과 P값이 모두 0.05보다 매우 작게 나타났으며, 추정결과 95%신뢰수준으로 유의할 만 한 것으로 판단되어, 조사치와 모형치는 유의한 것으로 분석되었다.

교통수요의 추정은 분석대상지역에 대한 통행실태를 통하여 교통수요를 추정하며, 본 연구의 고속철도 서울역 전체 이용자를 대상으로 설문조사하는 것은 현실적으로 어려우며, 설문조사를 통한 조사치를 기준으로 모형화하는 과정에서 어느 정도 오차가 수반되고, 그 결과가 현실적으로 반영하기는 한계가 있다. 또한 현재 국내의 고속철도 역사별 접근 O/D의 통행발생·도착량, 통행분포, 접근수단에 대한 연구가 전무하여 본 연구의 조사치를 활용한 모형화는 비교할수 있는

데이터가 없어 신뢰성 및 적정성 측면에서는 판단하기가 어렵다.

제2차 국가철도망 구축계획(2011~2020)에서는 “5+2”광역경제권 발전전략등 여건 변화에 대응하고, 전국 주요지점의 통행시간대를 90분대로 연결하여 하나의 도시권 통합의 목표로 하고 있어, 향후 철도 고속화에 따른 역세권 개발은 활발하게 진행될 것으로 판단된다.

본 연구를 통하여 역세권 개발에 따른 환승체계, 환승시스템, 수단연계 등 역세권의 통행분포를 고려한 공간적 범위 설정에 따른 개선이 이루어 질수 있을 것이라 판단된다. 이러한 연구의 배경과 필요성을 바탕으로 설문조사의 데이터를 이용한 EMME/2 프로그램의 2-Dimensional Blancing을 활용한 통행분포 모형의 파라메타(θ) 추정을 통하여 통행분포 모형을 재현하였다.

통행거리빈도분포를 5km 단위로 설정하여 분석하였으나, 향후에는 통행거리빈도분포를 중순단위에서 소순단위(행정동)로 세분화 연구가 필요하며, 통행거리 0~5km 구간의 분포를 반영할수 있는 결합함수(Combined function)을 활용한 중력모형과 3-Dimensional Blancing을 적용한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

교통개발연구원(2003) 수도권 및 5대 광역권 여객통행량 분석 보고서.
국토해양부(2011), 제4차 개정 교통시설 투자평가 지침 보고서.
김중형(2000) Gradient 방법에 의한 통행량기반 수요추정 연구,

서울시립대학교 도시공학 대학원 박사학위 논문.
노정현(1991) 엔트로피 극대화 통행배분 모형의 효율적 해법개발.
노정현, 김재진, 김태균(2005) 고속도로 이용차량에 대한 통행분포 모형의 적합성 연구: 중력모형과 간섭기회 모형의 비교, 국토연구, pp. 93-104.
서울시정개발연구원(1998) 서울시 교통수요 예측모형의 정립 보고서.
서울시정개발연구원(2004) 서울시 교통수요 예측 및 대응방안 연구 보고서.
수도권교통본부(2009) 수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구 보고서.
원제무, 강경우, 정용기(2001) 고속도로 O/D자료를 이용한 Entropy 극대화모형의 통행저항계수 추정에 관한 연구, 대한 국토·도시계획학회, pp. 101-p110.
이승재, 손의영, 김종영(2000) 통행시간분포를 이용한 교통량기반 추정 O/D의 신뢰성 평가에 관한 연구, 대한교통학회지, 대한교통학회
이승재, 이현주(2010) 3-D Dimentional blancing 기법을 이용한 전국 교통수요 추정.
주정열 (1993). 통행배분모형의 도로용량함수 비교 및 적용에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
최기주 (1986). 용량저항함수의 비교 분석 및 그 적용방안에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
한국개발연구원(2008) 도로·철도 부문 사업의 예비타당성 조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판).
한국교통연구원(2005) 여객 O/D 자료의 신뢰성 제고를 위한 분석방법론 연구 보고서.
한국교통연구원(2006) 2006년 국가교통DB 구축사업 보고서.
INRO (2003) EMME/2 User's MmanualSsoftware Release 9.
Wilson, A. G. (1970) Entropy in Urban and Regional Modelling, Pion Limited, London.

(접수일: 2012.8.23/심사일: 2012.9.6/심사완료일: 2012.10.11)