

접근성 변수를 반영한 통행발생 및 통행분포모형 개발

전용현, 노정현*, 장준석
한양대학교 도시대학원 도시개발경영·교통학과

Development of Estimation Model of Trip Generation Model and Trip Distribution Model Reflecting Coefficient of Accessibility

Yong-Hyun Jeon, Jeong-Hyun Rho*, Jun-Seok Jang
Graduate School of Urban Studies, Hanyang University

요약 교통수요 예측 결과는 교통계획 및 운영과 같은 의사결정 과정에서 매우 주요하게 작용되고 있다. 교통수요 예측 시 적용되는 기존 교통수요 예측 4단계 모형은 지정된 기점과 종점 간의 통행만을 대상으로 하며 모형의 특성상 접근성 향상에 따라 유발되는 수요는 고려하지 못하고 있다. 따라서 본 연구는 기존 모형의 한계를 보완하고 모형의 추정력 및 신뢰성을 제고하기 위해 접근성을 반영한 전국 지역 간 통행발생 및 통행분포모형 개발에 목적을 두었다. 접근성을 반영한 통행발생 및 통행분포모형 정산 결과, 접근성 계수의 부호는 양(+)의 값으로 추정되었다. 통행목적 중 업무통행은 타 목적통행에 비해 외부요소의 제약에 가장 둔감한 것으로 나타났으며 여가통행은 통행비용에 가장 민감한 것으로 나타났다. 정산된 통행발생 및 통행분포모형을 관측자료와의 비교를 통해 검증한 결과, 접근성을 반영한 모형의 가중평균(weighted average) 오차율(%), RMSE(Root Mean Square Error), 총 오차량(total error)등이 기존 모형에 비해 감소하는 것으로 나타남에 따라 모형의 추정력 및 신뢰성이 개선됨을 확인하였다.

Abstract Traffic demand prediction result is a primary factor for decision making such as the traffic planning and operation. The existing traffic demand prediction 4-step model only covers the trip between the origin and the destination, and not the demand followed by the accessibility improvement, due to the characteristic of this model. Therefore, the purpose of this research is to improve the limitations of the existing model by developing the inter-city trip generation and trip distribution model with more accessibility. After calculating of the trip generation and trip distribution model with more accessibility, the sign of the accessibility coefficient was positive. Commuting was the most insensitive indicator, affected by external factors among the other trip purposes. The leisure trip was the most sensitive, affected by the trip fee. According to the result of comparison with each of estimated model and observational data, it was certain that the reliability and assumption of the model have been improved by discovering the reduced weighted average error rate, Root Mean Square Error (RMSE) and total error through the model with more accessibility compared with the existing one.

Keywords : Accessibility, Trip Generation Model, Trip Distribution Model, Gravity Model

1. 서론

교통계획 수립 및 SOC(Social Overhead Capital) 사업의 타당성 평가 시 교통수요 예측 결과는 매우 중요하게 활용된다. 이로 인해 교통수요 예측 방법론은 예측의 정밀도 제고와 효율적인 SOC 사업 투자를 목표로 항상

주요하게 거론되고 있다.

현재 교통수요 예측 시 활용되는 4단계 모형은 단계별 분석 가능 및 모형의 용이성 등의 장점이 있지만 교통수요 예측에 있어 경직성이 존재하는 등의 한계를 나타낸다. 특히, 접근성(accessibility)은 토지이용 및 교통체계 변화를 발생하는 SOC 사업에 대한 타당성 평가 시

본 연구는 한국개발연구원(KDI)의 정책연구과제로 수행되었습니다.

*Corresponding Author : Jeong-Hyun Rho(Hanyang Univ.)

Tel: +82-2-2299-2082 email: jrho@hanyang.ac.kr

Received March 16, 2017

Revised April 10, 2017

Accepted June 9, 2017

Published June 30, 2017

에 주요한 지표로 활용됨에도 불구하고 적절히 반영되지 못하고 있다.

오은열(1998)은 교통체계와 토지이용체계는 서로 상호의존적인 순환관계임을 제시하였다. 장기하(1991)는 입지특성(토지이용체계)과 공간이동 특성(교통체계)을 동시에 아우를 수 있는 요소가 접근성임을 제시하였다. 종합적으로 오은열(1998)과 장기하(1991)는 교통체계와 토지이용체계가 서로 밀접한 관계이며 접근성에 영향을 받고 있음을 주장하였다.

이와 같이 접근성은 교통계획 및 토지이용계획 측면에서 매우 주요한 요소임에도 불구하고 다양하게 해석되는 개념과 계량화의 한계 등으로 관련연구가 활발하게 진행되지 못하고 있다.

본 연구는 앞서 제시한 한계를 극복하고 교통수요 예측 과정의 신뢰성 제고를 위해 교통수요 예측 4단계 모형 중 접근성 변수를 반영한 통행발생 및 통행분포모형을 개발하는 데에 목적을 두었다.

연구는 기존문헌 고찰을 통한 시사점 도출, 접근성을 반영한 통행발생 및 통행분포모형 개발, 개발된 모형 검증, 결론 제시 등의 순으로 진행되었다.

모형 개발을 위한 기초 데이터는 2012년 한국교통연구원에서 배포한 ‘전국지역간 O/D와 네트워크’를 사용하였다. 또한 통행에 대한 각각의 특성을 고려하기 위해 ‘전국 지역간 O/D’ 중 통근·통학, 여가, 업무, 귀가 등의 목적으로 구분된 목적별 O/D를 사용하였다.

2. 기존문헌 고찰

2.1 교통수요 예측 4단계 모형

교통수요 예측 4단계 모형은 교통 분야에서 교통수요 추정 시 가장 일반적으로 사용되는 기법으로 통행발생, 통행분포, 수단선택, 통행배분 등 4단계로 나누어 순서적으로 교통수요를 산출하는 기법이다(Fig 1).

이 중 통행발생모형은 인구수, 가구수, 종사자수 등의 사회경제지표를 이용하여 교통존의 발생량(trip production)과 도착량(trip attraction)을 추정하는 단계이며 통행분포모형은 통행발생량과 통행도착량을 네트워크에 분포시켜 교통존간의 교차통행량을 구축하는 단계이다.

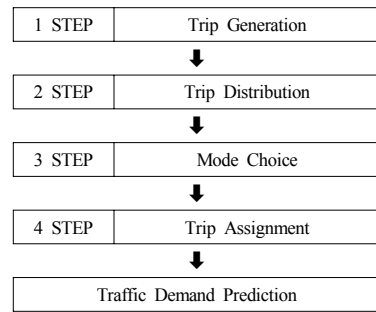


Fig. 1. 4-Step Traffic Demand Prediction Model

2.2 접근성 정의

Ingram(1971)은 접근성을 공간적 마찰을 극복하는 공간 자체의 특성으로 정의하였다. Jones, S. R.(1981)은 목적하는 활동을 이룰 수 있는 장소에 도달하기 쉬운 정도로 접근성을 정의하였으며 다시 말해 개인 또는 집단에 주어진 입지에서 특정활동에 참여할 수 있는 기회 또는 잠재력으로 정의하였다. Jones, S. R.(1981)은 이외에도 이동성과 접근성의 개념적 차이를 명시하였다(Fig 2). 이동성은 개인의 이동능력만을 의미하고 접근성은 개인이 갖는 이동성의 함수임과 동시에 대인 및 활동기회의 공간적 입지, 목적하는 활동에 대한 가능시간 등의 함수라고 정의하였다. 즉, 이동성은 접근성을 구성하는 일부 분이며 개인의 교통적 여건에만 관련되고 접근성은 개인의 여건, 목적하는 활동의 특성, 활동주체의 교통여건 등에 직접적인 영향을 미치는 요소에 따라 결정됨을 명시하였다.

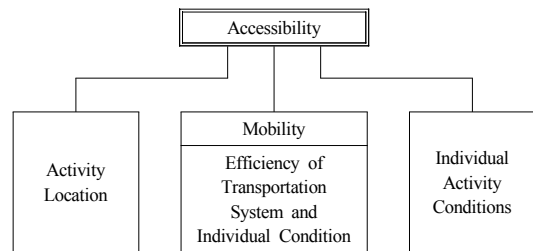


Fig. 2. Classification of Accessibility and Mobility

2.3 접근성 관련 기존문헌 고찰

Hansen(1959)은 토지개발 또는 신규 SOC(도로) 사업이 지역 간에 미치는 영향력에 대한 규모를 접근성 개념을 활용하여 제시하였다. Wilson(1970)은 Hansen(1959)의 접근성 개념을 활용하여 교통망 구조를 분석하였다.

오은열(1998)은 RP(Revealed Preference)조사를 실시하여 로짓모형을 구축한 후 접근성을 고려한 교통수단선택 행태를 분석하였다.

Chandra Bhat(2001)는 도시 및 교통 측면에서의 접근성 관련 연구들을 검토하여 Spatial Separation Measure, Cumulative Opportunities Measure, Gravity Measure, Utility Measures, Time-Space Measures, Travel (demand)-Based Measures 등 총 6가지의 접근성 추정 방법을 제시하였다. Spatial Separation Measure는 네트워크상의 공간적 분리성 추정을 목적으로 하는 방법이며, Gravity Measure는 전통적인 중력모형 개념을 활용한 방법으로써 출발지로부터의 통행거리 또는 통행시간을 저항요소(impedance factor)로 설정하여 접근성을 추정하는 방법이다. Utility Measures는 각 통행에 대한 개인의 인지된 효용을 활용하는 방법이며, 마지막으로 Travel(demand)-based Measures는 통행발생 존과 통행유입 존 사이의 통행비용을 고려하여 접근성을 추정하는 방법이다(수식 1).

$$a_i = \frac{\sum_j T_{ij}}{\sum_j C_{ij} T_{ij}} \quad (1)$$

a_i = i 존의 접근성

T_{ij} = i 존과 j 존 간의 교차통행량

c_{ij} = i 존과 j 존 간의 통행비용(통행거리)

Lowry(1964)는 도시기반활동을 중심으로 서비스 활동과 주거활동의 입지를 모형화하여 도시 내 토지이용체계 형성과정을 설명했다. 주거입지가 근무지에 대한 접근성에 의해 결정된다고 가정하고 도시 내 가구 수는 근무지로의 통행저항에 따라 달라짐을 제시하였다.

교통체계와 관련하여 접근성을 인식할 때 우선적으로 고려되는 것이 통행비용이다. 통행비용은 교통체계의 효율성을 나타내는 지표로서 접근성 측정치로 활용되기도 한다. Saviegar, F.(1967)는 접근성을 통행비용의 가중평균(weighted average)으로 측정하였다. 수식 (2)와 같이 특정 존에서 출발하는 통행량에 대한 통행비용을 가중평균하여 그 결과를 접근 난이도, 즉 접근성으로 정의하였다[2].

$$I_i = \frac{\sum_j C_{ij} T_{ij}}{\sum_j T_{ij}} \quad (2)$$

I_i = i 존의 접근 난이도(접근성)

T_{ij} = i 존과 j 존 간의 통행량

C_{ij} = i 존과 j 존 간의 통행비용

2.4 접근성을 반영함에 있어 나타나는 한계

Karlqvist(1975)는 접근성이 인간활동의 기본원칙을 특정함에 있어 매우 중요한 개념이지만 일반적인 의미로서 쉽게 정의될 수 있는 것과 달리 이를 구체적으로 적용하기 위한 계량화는 어렵다고 설명하였다. Gwilliams(1972)도 접근성 개념은 일반적인 차원에서 계획 지침이나 대안 표현을 위해 유용하지만 평가를 위한 도구로서는 아직 개발이 미흡함을 제시하였다. Anderson(1971)은 접근성의 임계수준에 관해 알려진 바가 거의 없고 그 중요성조차 인식되지 못하고 있음을 제시하였다.

2.5 시사점

기존문헌 고찰 결과 접근성은 통행량과 통행특성을 규명할 수 있는 주요한 요소임에도 불구하고 이를 반영함에 있어서 다양하게 해석되는 개념과 계량화의 어려움으로 인해 한계가 존재하고 있음을 확인하였다. 특히 교통수요 예측 시 보편적으로 적용되는 교통수요 예측 4단계 모형에서는 더욱 더 이를 면밀히 반영해야 하지만 통행발생 및 통행분포모형에서 이를 반영한 연구는 미비하다. 통행발생모형에서 접근성을 반영한 연구가 일부 존재하지만 통행발생모형과 통행분포모형을 순차적으로 동시에 고려한 연구는 미비하다.

본 연구는 통행발생 및 통행분포 모형에 접근성을 포함한 다양한 변수를 활용하여 교통수요 예측 4단계 모형의 현실성 및 신뢰성을 제고하는 데에 목적을 두었다.

3. 접근성을 반영한 모형 설정

3.1 접근성 계량화

본 연구는 Chandra Bhat(2001)가 제시한 접근성 계량화 모형(수식 1)을 참고하였다. 또한 접근성 계량화 과정

에서 요구되는 교차통행량과 통행비용(통행시간)은 2012년 한국교통연구원에서 배포한 ‘전국지역간 목적별 O/D의 유출·입 통행량’과 ‘전국지역간 통행비용(통행시간)’을 활용하였다(수식 3).

$$a_i = \frac{\sum_j T_{ij}}{\sum_j C_{ij} T_{ij}} \quad (3)$$

a_i = i 존의 접근성

T_{ij} = i 존과 j 존 간의 교차통행량

c_{ij} = i 존과 j 존 간의 통행비용(통행시간)

3.2 통행발생모형 설정

접근성을 반영한 통행발생모형 설정을 위해 보편적으로 활용되는 회귀모형을 적용하였다(수식 4). 회귀모형은 일반적으로 종속변수와 설명변수 간의 인과관계를 방정식 형태로 설정하여 규명하는 모형이다[13].

$$\begin{aligned} y_i &= ax_{i1} + bx_{i2} + ca_i \\ y_j &= ax_{j1} + bx_{j2} + cb_j \end{aligned} \quad (4)$$

y_i = i 존의 관측 유출 통행량

x_{i1} = i 존의 설명변수 1

x_{i2} = i 존의 설명변수 2

a_i = i 존의 유출 접근성

y_j = j 존의 관측 유입 통행량

x_{j1} = j 존의 설명변수 1

x_{j2} = j 존의 설명변수 2

b_j = j 존의 유입 접근성

통행발생모형의 종속변수는 2012년 한국교통연구원에서 배포한 ‘전국지역간 목적별 O/D의 유출·입 통행량’으로 선정하였으며 설명변수는 접근성 외에 사회경제지표, 주거 밀도, 토지이용별 면적 비율, 토지이용별·사회경제지표 특화도(SI: Specialization Index), 교통시설 접근도 등을 선정하였다(Table 1).

Table 1. Definition of Independent Variables

Variable	Contents
Socio-Economic Factors	Populations / Workers / Employees/ Students
Residential Density	Persons / Area
Land-use Ratio by Types	Area of Land-uses / Total Area
Specialization Index by Land-use Types	$SI^r_i = \frac{AREA^r_i / AREA^*_i}{AREA^*_r / AREA^*_r}$, where r : sector, i : zone
Subway Station (Dummy)	0 : With-out Subway Station 1 : With Subway Station
Highway IC (Dummy)	0 : With-out Interchange 1 : With Interchange

3.3 통행분포모형 설정

통행분포를 예측하기 위한 모형은 다양하게 존재한다. 기준년도 통행분포에 장래 성장인자를 적용하는

성장인자모형(growth factor model), 균일성장인자모형(uniform growth factor model), 평균성장인자모형(average factor model), 프라타 모형, 통행발생 크기와 기종점 간의 통행저항을 고려하는 중력모형(gravity model) 등이 있다[14].

본 연구는 통행분포 예측 시 가장 많이 사용되고 있는 중력모형을 활용하였으며 수식 (5)와 같이 중력모형 중 이중제약 중력모형(doubly constrained gravity model)을 활용하였다.

$$T_{ij} = A_i O_i B_j D_j \cdot \exp(\alpha \cdot a_i + \beta \cdot b_i + \gamma \cdot c_{ij}) \quad (5)$$

T_{ij} = 총 통행량

O_i = i 존의 총 유출 통행량

D_j = j 존의 총 유입 통행량

a_i = i 존의 유출 접근성

b_j = j 존의 유입 접근성

c_{ij} = i 존과 j 존 간의 통행비용(통행거리)

4. 접근성을 반영한 모형 정산

4.1 통행발생모형 정산

정산을 수행하기 위해 다중회귀분석을 진행하였다. 다중회귀분석에서 종속변수는 각 행정구역의 유·출입 통

행량으로 설정하고 설명변수는 표 1의 변수와 각 목적별 접근성 지표로 설정하였다. 여기서 통계적으로 유의한 (p -value<0.05) 설명변수 만을 분석에 포함시켰다. 선정된 설명변수 간의 다중공선성(VIF) 존재 여부 확인 결과, 통근·통학통행은 2.348~5.052, 여가통행은 1.688~4.355, 업무통행은 2.421~2.956, 귀가통행은 2.681~6.365 범위 내로 산정되어 다중공선성이 존재하지 않음을 확인하였다. 또한 Adjust- R^2 가 모두 90% 이상으로 산정되었는데 이는 모형의 설명력 및 적합도가 높은 수

준임을 의미한다(Table 2).

통행목적별 종속변수와 설명변수 간의 관계를 살펴보면 통근·통학통행은 통근·통학자수, 여가통행은 3차 종사자수, 업무통행은 총 종사자수, 귀가통행은 총 인구수가 종속변수에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 모든 통행목적별 모형에서 접근성의 부호는 (+)값으로 추정되어 접근성과 유출·입 통행량은 양의 상관관계임을 확인하였다.

Table 2. Results of Calibration for Trip Production · Attraction Model

Trip Purpose	Classification	Explanatory Variable	Coefficient	T-value	VIF	Adjust- R^2
Commuting to Work or School Trip	Trip Production	Population (Commuting to Work or School)	0.975	54.841**	5.052	0.990
		Workers (The Tertiary Industry)	0.333	12.096**	3.593	
		Commuting to Work or School Trip Production Accessibility	0.141	3.090**	3.691	
	Trip Attraction	Total Students	0.952	20.251**	2.599	0.975
		Workers (The Tertiary Industry)	1.634	40.853**	4.053	
		Commuting to Work or School Trip Attraction Accessibility	0.272	8.057**	2.348	
Leisure Trip	Trip Production	Population (12 Years & Older)	0.052	16.878**	4.355	0.962
		Workers (The Tertiary Industry)	0.149	21.737**	3.645	
		Leisure Trip Production Accessibility	0.103	3.903**	3.175	
	Trip Attraction	Workers (The Tertiary Industry)	0.239	24.500**	2.141	0.901
		Area (Commercial Areas)	0.021	4.436**	2.171	
		Leisure Trip Attraction Accessibility	0.175	7.719**	1.688	
Business Trip	Trip Production	Total Workers	0.355	32.024**	2.956	0.965
		Business Trip Production Accessibility	0.767	1.977*	2.956	
	Trip Attraction	Workers (The Tertiary Industry)	0.437	29.182**	2.421	0.916
		Business Trip Attraction Accessibility	0.221	5.305**	2.421	
Return Home Trip	Trip Production	Total Workers	1.416	40.059**	3.524	0.987
		Total Students	0.519	6.747**	4.315	
		Area (Commercial Areas)	0.702	3.526**	2.681	
		Return Home Trip Production Accessibility	0.234	3.542**	3.039	
	Trip Attraction	Total Population	0.582	42.689**	6.365	0.986
		Workers (The Tertiary Industry)	0.347	10.770**	3.481	
		Return Home Trip Attraction Accessibility	0.179	5.295**	3.008	

*: p-value<0.05, **: p-value<0.01

4.2 통행분포모형 정산

본 연구는 통행분포모형 정산 시 이중제약 중력모형을 기초로 하였다. 이중제약 중력모형은 각 기종별 유출입 통행량을 일치시키는 방법으로 교통수요예측 4단계 모형 중 2단계인 통행분포 단계에서 보편적으로 적용되고 있다.

최성택 · 노정현(2015)은 회귀분석을 통해 통행저항함수 계수를 우선적으로 추정하고 순차적으로 준별 균형인자(A_i, B_j)를 추정하는 2단계 정산기법을 제안하였다. RMSE(Root Mean Square Error), E-norm, C.R(Coincidence Ratio)을 통한 2단계 정산기법 검증 결과, 전반적인 설명력 수준이 기존 모형과 대등하게 나타났다. 이는 모형의 신뢰성과 정산의 용이성을 동시에 제고한 결과로 해석된다(Table 3).

Table 3. Comparison of Validation Results With Existing Model(Literature Review Result)

Purpose		RMSE	E-norm	C.R
Business Trip	Existing Model	632	0.057	0.512
	2-phase Model	652	0.059	0.505
Leisure Trip	Existing Model	622	0.097	0.401
	2-phase Model	659	0.115	0.382
Commuting Trip	Existing Model	1,291	0.110	0.660
	2-phase Model	1,380	0.147	0.642

Source: S. T. Chol & J. H. Roh[15]

본 연구는 접근성을 반영한 통행분포모형 정산을 위해 최성택 · 노정현(2015)의 2단계 정산기법을 참고하였다. 먼저 무제약 통행분포모형 형태로 통행저항함수(γ)와 접근성 계수(α, β)를 정산하고 정산된 계수를 이중제약 엔트로피 중력모형에 적용하여 균형인자(A_i, B_j)를 산출하였다.

접근성을 반영한 통행분포모형 정산 결과, 통근·통학 통행 및 여가통행은 출발지 접근성(α)이 종속변수에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 업무통행 및 귀가 통행은 도착지 접근성(β)이 종속변수에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히 업무통행의 경우 출발지 접근성(α)과 도착지 접근성(β) 계수가 비슷한 수준으로 산정되어 타 통행목적에 비해 외부요소 제약에 가장 둔

감한 것으로 나타났다.

또한 통행목적별 통행저항함수(γ) 비교 결과 여가통행이 통행비용에 가장 민감한 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. Results of Calibration for Trip Distribution Model

Purpose	Doubly Constrained Entropy Model (Considering Accessibility)		
	α^*	β^{**}	γ^{***}
Commuting to Work or School Trip	0.796	0.019	0.081
Leisure Trip	0.368	0.034	0.127
Business Trip	0.745	0.837	0.039
Return Home Trip	0.038	1.394	0.074

α : Accessibility Coefficient (i Region)
 β : Accessibility Coefficient (j Region)
 γ : Travel Cost Coefficient

5. 접근성을 반영한 모형 검증

5.1 통행발생모형 검증

접근성을 반영한 통행발생모형의 검증을 위해 수식(6)과 같이 가중평균(weighted average) 오차율을 활용하였다.

$$\text{가중평균 오차율 (\%)} = \frac{\text{관측치-배정치}}{\text{관측치}} \times 100 \quad (6)$$

(관측치-배정치)
 관측치
 총 관측치

모형 검증 결과, 접근성을 반영한 모형의 가중평균 오차율이 접근성을 반영하지 않은 기존 모형(관측치)에 비해 적게 나타났다(Table 5). 통근·통학통행에서는 기존 모형(관측치)의 가중평균 오차율이 61.41%(유출)/67.21%(유입)인 반면, 접근성을 반영한 모형의 가중평균 오차율은 9.78%(유출)/12.59%(유입)로 나타났다. 여가통행에서는 기존 모형(관측치)의 가중평균 오차율이 41.70%(유출)/69.53%(유입)인 반면, 접근성을 반영한 모형의 가중평균 오차율은 18.95%(유출)/28.63%(유입)로 나타났다. 업무통행에서는 기존 모형(관측치)의 가중평균 오차율이 49.78%(유출)/48.47%(유입)인 반면, 접근성을 반영한 모형의 가중평균 오차율은 24.59%(유출)/29.14%(유입)로 나타났다. 마지막으로 귀가통행에서

Table 5. Results of Verification for Trip Production · Attraction Model

Trip Purpose	Classification		Explanatory Variable	Weighted Average Error Factor(%)	
Commuting to Work or School Trip	Trip Production	This Study	Population (commuting to work or school)	9.78	
			Workers (the tertiary industry)		
			Commuting to work or school trip Production Accessibility		
	Trip Attraction	Existing Model (Observation)	Total workers	61.41	
			This Study	Total Students	12.59
				Workers (The Tertiary Industry)	
Existing Model (Observation)	Total workers	67.21			
	Leisure Trip	Trip Production	This Study	Population (12 years & older)	18.95
Workers (The Tertiary Industry)					
Leisure Trip Production Accessibility					
Trip Attraction		Existing Model (Observation)	Population (20 Years & Older)	41.70	
			This Study	Workers (The Tertiary Industry)	28.63
				Area (Commercial Areas)	
Existing Model (Observation)	Total Workers	69.53			
	Business Trip	Trip Production	This Study	Total Workers	24.59
Business Trip Production Accessibility					
Existing Model (Observation)				Total Workers	
Trip Attraction		Existing Model (Observation)	Total Workers	48.47	
			This Study	Workers (The Tertiary Industry)	29.14
				Business Trip Production Accessibility	
Return Home Trip	Trip Production	This Study	Total Workers	13.04	
			Total Students		
			Area (Commercial areas)		
			Return Home Trip Production Accessibility		
	Existing Model (Observation)	Total Workers	73.33		
		Trip Attraction	This Study	Total Population	10.07
Workers (The Tertiary Industry)					
Return Home Trip Attraction Accessibility					
Existing Model (Observation)	Total Population	45.72			

는 기존 모형(관측치)의 가중평균 오차율이 73.33%(유출)/45.72%(유입)인 반면, 접근성을 반영한 모형의 가중평균 오차율은 13.04%(유출)/10.07%(유입)로 나타났다. 결과적으로 모든 통행목적에서 접근성을 반영한 본 연구의 모형이 기존 모형에 비해 개선됨을 확인하였다.

5.2 통행분포모형 검증

접근성을 반영한 통행분포모형의 검증을 위해 가중평균 오차율, RMSE(Root Mean Square Error), 총오차량(total error) 등을 활용하였다.

모형 검증 결과, 접근성을 반영한 모형의 가중평균오차율, RMSE, 총 오차량 등이 접근성을 반영하지 않은 기존 모형(관측치)에 비해 적게 나타났다(Table 6). 통근·통학통행에서는 기존 모형(관측치)의 가중평균 오차율(%)이 48.19%인 반면, 접근성을 반영한 모형의 가중평균 오차율은 40.62%로 나타났다. 여가통행에서는 기존 모형(관측치)의 가중평균 오차율이 98.78%인 반면, 접근성을 반영한 모형의 가중평균 오차율은 84.19%로 나타났다. 업무통행에서는 기존 모형(관측치)의 가중평균 오차율이 74.29%인 반면, 접근성을 반영한 모형의 가중

Table 6. Results of Verification for Trip Distribution Model s

Classification	Model	Weighted Average Error Factor(%)	RMSE	Total Error
Commuting to Work or School Trip	Doubly Constrained Gravity Model (Considering Accessibility)	40.62	191.28	8,157,511
	Doubly Constrained Gravity Model (Existing Model)	48.19	290.62	8,304,344
Leisure Trip	Doubly Constrained Gravity Model (Considering Accessibility)	84.19	355.40	2,288,836
	Doubly Constrained Gravity Model (Existing Model)	98.78	479.14	2,652,344
Business Trip	Doubly Constrained Gravity Model (Considering Accessibility)	66.70	355.40	2,654,042
	Doubly Constrained Gravity Model (Existing Model)	74.29	364.54	2,782,582
Return Home Trip	Doubly Constrained Gravity Model (Considering Accessibility)	45.71	208.24	9,113,349
	Doubly Constrained Gravity Model (Existing Model)	50.60	294.39	9,995,947

평균 오차율은 66.70%로 나타났다. 마지막으로 귀가통행에서는 기존 모형(관측치)의 가중평균 오차율이 50.60%인 반면, 접근성을 반영한 모형의 가중평균 오차율은 45.71%로 나타났다. 모든 통행목적에서 접근성을 반영한 본 연구의 모형이 기존 모형에 비해 개선됨을 확인하였다.

6. 결론 및 향후 연구

6.1 결론

교통수요 예측 결과는 교통계획 수립 및 SOC 사업의 타당성 평가 시 매우 주요하게 작용된다. 현재 교통수요 예측 시 적용되는 교통수요 예측 4단계 모형은 지정된 기점과 종점 간의 통행만을 고려하며, 접근성에 대해서는 면밀히 고려하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 기존 모형의 한계를 보완하기 위해 접근성을 반영한 통행발생 및 통행분포모형 개발에 목적을 두었다.

접근성을 반영한 통행발생모형 정산 결과, 모든 통행목적에서 접근성 부호가 (+)값으로 추정되어 접근성과 유출·입 통행량은 양의 상관관계임을 확인하였다. 접근성을 반영한 통행분포모형 정산 결과, 목적통행 중 업무통행은 타 목적통행에 비해 외부요소의 제약에 가장 둔감한 것으로 나타났으며 여가통행은 통행비용에 가장 민감한 것으로 나타났다.

한국교통연구원에서 제공하는 ‘전국지역간 통행목적별 O/D(2012년 배포)’를 활용하여 정산된 각 모형을 검증하였다. 검증 결과, 통행발생 모형과 통행분포 모형 모

두 접근성을 반영한 모형의 가중평균 오차율(%), RMSE, 총 오차량 등이 접근성을 반영하지 않은 기존 모형(관측치)에 비해 적게 나타남에 따라 모형의 추정력 및 신뢰성이 개선되었음을 확인하였다.

6.2 향후 연구

본 연구는 다음과 같은 한계를 내재하고 있다.

첫째, 다수단(multi-mode) 및 연계통행 고려에 대한 한계이다. 본 연구는 공로의 통행(주로 승용차)을 대상으로 분석을 수행하였다. 그러나 향후에는 대중교통을 포함한 다수단 및 연계통행을 중심으로 연구가 수행되어야 할 것이다.

둘째, 자료 수집에 대한 한계이다. 통행발생 및 통행분포모형은 토지이용의 변화를 충분히 반영할 수 있어야 한다. 그러나 이를 충분히 표현할 수 있는 기초자료 구득에는 한계가 존재한다.

추후 이와 같은 보완을 통한다면, 통행발생 및 통행분포모형을 개발함에 있어 더욱 신뢰성을 제고할 수 있을 것이다.

References

- [1] E. Y. Oh, "A Theoretical Review on the Behavioral Analysis of Travel Mode Choice in the terms of Accessibility", Journal of Korean Society of Transportation, no. 3, pp: 93-101, 1998.
- [2] K. H. Chang, "An Examination of the Method and

Models of Regional Accessibility Indices”, Master thesis, Hanyang University, 1991.

- [3] Ingram, D. R, “The concept of Accessibility(Research for an operational Form”, Regional Studies 5, no. 2, pp. 101-107, 1971.
DOI: <https://doi.org/10.1080/09595237100185131>
- [4] Jones, S. R, “Accessibility Measures:A Literature Review”, TRRL Report 967, 1981.
- [5] Hansen, “How Accessibility Shapes Land Use”. American Institute of Planners Journal 25, no. 2, pp. 69-82, 1959.
- [6] A. G. Wilson, “Entropy in Urban and Regional Modeling”, London, Pion, 1970.
- [7] Bhat, C. et al, “Assessment of Accessibility Measures”, Center for Transportation Research, 2001.
- [8] Lowry, I. S, “A Model of Metropolis”, SantaMonica CA, Rand Corporation, 1964.
- [9] Savigear F, “A Quantitative Measure of Accessibility”, Town Planning Review 38, no. 1, pp. 64-72, 1967.
DOI: <https://doi.org/10.3828/tpr.38.1.p8048192t736t558>
- [10] Karlqvist A, “Some Theoretical Aspects of Accessibility-Based Location Model”, Dynamic Allocation of Urban Space, 1975.
- [11] Gwilliams K M, “Economic Evaluation of Urban Transport Projects : The State of the Art”, Transportation Planning and Technology 1, pp. 123-142, 1972.
DOI: <https://doi.org/10.1080/03081067208717039>
- [12] Anderson J, “Space-Time Budgets and Activity Studies in Urban Geography and Planning”, Environment and Planning 3, pp. 353-368, 1971.
DOI: <https://doi.org/10.1068/a030353>
- [13] B. J. Bae, “A Study on Disaggregate Trip Generation Models Using the Seoul Metropolitan Household Travel Survey Data”, Master thesis, National University of Seoul, 2011.
- [14] C. Park, “The Study on the Modification of Transit OD Using Smart Card Data in Seoul”, Master thesis, National University of Chonnam, 2013.
- [15] S. T. Chol, J. H. Roh, “Development and Implementation of a 2-Phase Calibration Method for Gravity Model Considering Accessibility”, Journal of Korean Society of Transportation 33, no. 4, pp. 393-404, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.7470/jkst.2015.33.4.393>

전 용 현(Yong-Hyun Jeon)

[정회원]



- 2013년 2월 : 한양대학교 도시대학원 도시개발경영·교통학과 박사과정 수료

<관심분야>

교통계획, 도시계획, 교통공학

노 정 현(Jeong-Hyun Rho)

[정회원]



- 1976년 2월 : 한양대학교 도시공학과 공학사
- 1984년 2월 : 고려대학교 대학원 산업공학 석사
- 1988년 5월 : University of Illinois at Urbana-Champaign 도시 및 지역계획학 박사
- 1989년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 도시대학원 교수

<관심분야>

교통계획, 도시계획, 교통공학, 도시공학, 지역개발

장 준 석(Jun-Seok Jang)

[정회원]



- 2014년 2월 : 한양대학교 도시대학원 도시개발경영·교통학과 박사과정 수료

<관심분야>

교통계획, 도시계획, 교통공학