

토지이용 특성을 반영한 통행발생모형 추정 연구

Developing Trip Generation Models Considering Land Use Characteristics

송재인* 나승원** 추상호***
(Jae-In Song) (Seung-Won Na) (Sang-Ho Choo)

요약

4단계 교통수요 추정법은 순차성에 의해 선행단계의 추정결과에 근거하여 모형을 수립한다. 그러므로 전 단계에서 정확한 분석이 이루어지지 않으면 다음 단계에서의 정확한 분석 결과를 기대하기 어렵다. 특히 통행발생은 4단계모형의 첫 번째 단계로 이 단계의 추정결과에 따라 전체 수요예측에 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 기존 수도권 통행발생모형은 선형회귀 모형식을 이용하여 서울 및 수도권지역의 통행발생모형을 구축하였으나 다양한 토지이용 특성을 반영하지 못한다는 단점을 가지고 있으며, 4단계 모형에서 발생하는 오차를 크게 하는 요인으로 작용하고 있다. 따라서 본 연구는 기존 통행발생모형의 한계를 개선하기 위해 토지이용 특성을 반영한 통행발생모형을 구축하고자 한다. 모형 개선을 위해 존의 사회경제지표 및 토지이용을 변수로 사용하였고, 검증에 위해 기존모형식과 RMSE%값을 비교분석하였다. 그 결과 기존모형은 주거 특성이 강한지역의 추정에서는 오차범위가 적으나, 2·3차 산업비중이 높은 지역에서는 설명력이 떨어지는 것으로 분석되었다. 또한 각 목적별 모형이 전반적으로 기존모형보다 오차가 적은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 제시한 사회경제지표 및 토지이용변수를 활용하여 각 지역별 모형을 추정한 결과가 기존 연구보다 우수한 것을 알 수 있었다.

Abstract

In the traditional four-step travel demand models, each step is sequentially conducted following the model estimation at the previous step. The accuracy of the following model is partly dependent on whether the model at the former stage was properly established or not. Therefore, trip generation, which is the first step in this conventional model, has great effects on the modeling process and forecasting results. Linear regression models for trip generation of Seoul Metropolitan Area might increase the forecasting errors, since a variety of land-use characteristics are not considered. Hence, in this study, zonal factors such as socioeconomic and land use variables are included to improve the elaboration of trip generation. Comparing the %RMSE with the existing models, which contain bigger errors in the zones highly based on the secondary and tertiary industries than residence-based, the trip generation models including those variables seem more appropriate overall.

Key words : Travel demand model, trip generation, land use, linear regression model, Seoul Metropolitan Area

† 본 연구는 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 교통체계효율화사업(09교통체계-지능06)의 지원에 의해 수행되었습니다.

* 주저자 : 홍익대학교 도시계획과 석사과정

** 공저자 : 한국항공대학교 교통물류연구소 연구교수

*** 공저자 및 교신저자 : 홍익대학교 도시공학과 조교수

† 논문접수일 : 2011년 7월 7일

† 논문심사일 : 2011년 10월 19일

† 게재확정일 : 2011년 10월 25일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

교통수요추정에서 전통적으로 가장 많이 사용되어 오면서 도시교통모형과정의 골격을 이루고 있는 방법이 4단계 추정법이다. 이 방법은 그동안 다양한 도시교통 여건에 적용되었을 뿐 아니라 세계 대부분의 도시에 이 방법을 광범위하게 사용하고 있다[1]. 4단계 모형이 다른 접근법과 구별되는 특징은 수요예측의 순차성이다. 이는 통행발생, 통행배분, 통행수단선택, 노선배정의 개별적 과정을 거치는 것을 말한다. 이 과정에서 개별 단계는 선행단계의 추정결과에 근거하여 모형을 수립하므로 앞 단계에서의 결과가 오차가 있을 경우 다음 단계에 그 오차가 그대로 반영이 되며 더욱 증폭되는 특성을 갖기 때문에 앞 단계에서 정확한 분석이 이루어지지 않으면 다음 단계에서의 정확한 분석 결과를 기대하기 어렵다. 특히 통행발생은 4단계모형의 첫 번째 단계로 이 단계의 추정결과에 따라 전체 수요예측에 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서 통행발생 단계에서 추정의 정확성이 무엇보다 필요하다고 할 수 있다.

일반적으로 통행발생단계에서는 계획 대상도시 지역의 장래 지표에 대한 정량적 예측을 기반으로 각 존 단위로 통행발생량을 예측한다. 현재 통행발생모형으로 도시교통 및 SOC 시설 등의 계획에 널리 사용되고 있는 것은 선형회귀모형이다. 대부분의 선형회귀모형은 오차에 대한 가정과 각종 사회경제지표와 통행발생량의 관계가 선형임을 전제로 한다. 다소 설명력의 차이는 있지만 적용이 간편하고 결과해석이 용이하기 때문에 회귀모형이 널리 사용된다[2].

수도권 교통본부에서 배포한 「수도권 장래교통수요예측 및 대응방안 연구[3]」에서도 선형회귀모형식을 이용하여 서울 및 서울의 수도권지역의 통행발생모형을 구축하였다. 하지만 이는 서울 및 수도권내에서 나타나는 다양한 지역별 토지이용 특성을 반영하지 못한다는 단점을 가지고 있으며, 4단

계 모형에서 발생하는 오차를 크게 하는 요인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 기존통행발생모형의 한계를 개선하기위해 수도권을 대상으로 지역별 토지이용 특성을 반영한 통행발생모형을 구축하고자 한다. 또한 통행발생모형에 있어서 OD기반과 PA기반의 추정오차를 비교분석하여 수도권의 통행발생 추정에 적합한 접근방법을 모색하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 2006년 가구통행실태조사를 바탕으로 전수화 된 「수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구」의 장래 사회경제지표와 서울시 및 수도권용도지역 GIS를 활용하였다. 또한 각 지역의 OD 및 PA기반 목적별 통행 전체를 대상으로 지역적 특성을 반영한 통행발생 모형개발을 위하여 다음과 같이 단계별 연구방법을 정하였다.

첫째, 국내 및 국외 선행연구의 통행발생모형의 검토를 통해 착안점 및 시사점을 도출한다.

둘째, 「수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구」의 기존 모형식을 검증하고, 통행발생에 영향을 줄 수 있는 변수를 정리한다. 그리고 GIS데이터를 이용하여 토지이용 변수를 작성한다.

셋째, 토지이용 특성을 고려하기 위해 각 지역에 따라 상관도가 높은 변수들을 조합하여 다중공선성과 유의도를 판단한 후 OD 및 PA 기반 별로 통행발생모형을 정립한다.

넷째, 구축한 통행발생모형에서 도출한 예측치와 기존 보고서의 모형식의 예측치에 대하여 전수화된 발생량과의 RMSE%를 각각 산정하고 비교분석을 수행한 후 검증결과를 종합하여 향후 연구과제를 제시한다.

II. 선행연구고찰

본 장에서는 통행발생 단계에 대한 국내외 연구들을 살펴보고 시사점을 도출하고자 한다. 먼저 통행발생 관련 국내연구는 서울 및 수도권의 가구통

행실태조사를 활용하여 회귀모형을 추정하였다.

유완 외[4]와 정지교[5]는 1997년 서울특별시 가구통행실태조사 자료를 이용하여 군집분석 후 회귀모형을 통한 통행발생 모형을 구축하였다. 유완 외 [4]는 요일별 통행수와 가구특성변수를 각각 군집 분석하여 통행발생모형을 추정하였다. 또한 가구특성으로 군집을 나눈 그룹간 통행모형의 차이가 있을 때 각 그룹별 통행발생모형식을 개별적으로 적용하여 모형의 설명력을 높였다. 정지교[5]는 1996년 가구통행실태조사를 바탕으로 용도별면적비율을 이용한 군집분석을 실시한 후 사회경제지표를 이용한 개별 회귀모형을 구축하였다.

김진자·이종호[6]는 1996년과 2002년 수도권 교통센서스 조사 자료를 활용해 카테고리 분석법을 이용하여 발생모형을 구축한 후, 기존의 회귀분석법을 이용한 발생모형과의 오차율을 비교하였다. 카테고리 분석법이 회귀분석법보다 예측력이 우수하게 나타났으나 구축자료의 불충분으로 인한 카테고리 분석의 한계점을 제시했다.

김태호 외[2]는 2002, 2006년 가구통행실태조사를 이용하여 CART(Classification & Regression Tree)분석을 통해 존 특성을 분할하여 유형별 모형을 도출하고 실측치 및 SDI 결과와 출근통행에 한정하여 비교 분석하였다. 그 결과 통행유출은 사회경제적 요인에 의한 시장분할을 할 경우 차이가 다소 낮으나, 유입은 발생오차가 크게 나타날 것으로 예상했다. 또한 시장분할을 통한 유형별 모형개발의 필요성을 제시했다.

국외연구의 경우 일반적으로 가정기반 통행과 비가정기반 통행으로 나누어 통행특성에 따라 원단위법, 카테고리분석법, 회귀분석법 등에 의한 통행모형을 적용하고 있다.

미국 볼티모어 거대 도시권과 인디애나 주의 통행발생모형의 경우 생성모형은 카테고리분석법을 적용하고, 유인모형은 회귀모형을 적용하였다. 볼티모어 대도시권의 생성모형은 경제수준을 반영할 수 있는 가구내 종사자수와 가구소득을 사용하여 모형을 추정하였다. 유인모형은 볼티모어와 워싱턴을 각각 회귀모형을 사용하였는데, 독립변수로써 총중

사자수, 수용학생수, 가구수 등을 사용하였다.

인디애나주의 생성 모형은 통행목적을 3개로 단순화하여 가구단위의 카테고리분석법을 적용하였다. 카테고리의 기준은 가구원수, 승용차보유대수, 지역을 사용하였다. 또한 장거리통행의 경우 승용차보유대수 및 소득수준을 기준으로 했다. 유인모형의 경우 회귀분석법을 적용하였으며, 통행목적별 독립변수로 종사자수와 가구수를 사용하였다[7].

Yao 외[8]는 통행자의 일반특성 및 통행특성과 토지이용면적, CBD거리 통행서비스를 이용하여 개별행태모형을 추정하였다. 도착지의 유인력을 거리, 토지이용면적비 등을 통해 정량화 시킨 후 해당지역이 갖는 상대적 효용을 산출하여 통행발생량을 설명하였다. 그 결과 기존 모형보다 예측력이 뛰어난 결과를 보였다.

통행발생에 대한 국내연구의 경우 다양한 분석기법으로 접근을 하나 모형추정의 경우 대다수 선형회귀모형을 사용하고 있다. 카테고리 분석법을 이용한 연구[9]가 있으나 구축자료가 미약한 한계점을 드러냈다. 이러한 기초자료 확보수준의 문제에 따라 외국의 검증된 방법론을 적용하기 어려운 부분이 있다.

국내외의 선행연구 검토결과 넓은 지역에 일반화된 회귀모형적용을 통한 통행발생예측을 대부분 사용하고 있다. 사용 변수는 사회경제지표에 한정되어 있으며 행정동 단위로 구축되어 존세분화나 네트워크와 연계한 소존의 규모 설정에 한계를 갖는다. 또한 사회경제지표에 의한 통행발생모형 구축은 비가정기반 통행을 설명하기 어렵기 때문에 해당지역의 토지이용지표에 의한 통행발생모형 구축이 설명력을 더 높일 수 있다.

본 연구에서는 이러한 내용을 바탕으로 각각 다른 성격을 갖는 시·구를 선정하고, 기존 사회경제지표와 추가적으로 용도지역 GIS데이터를 이용하여 토지이용 특성을 고려한 통행발생모형을 구축하고자 한다. 또한 토지이용 특성에 따라 모형의 설명력을 높일 수 있는지를 검토하고 나아가서 GIS 데이터를 이용한 존세분화의 가능성을 타진해 보고자 한다.

Ⅲ. 통행발생모형 정립

1. 기존 통행발생모형 검토

2009년의 「수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구」의 통행발생모형에서 수도권 내부권역의 경우 서울, 인천, 경기, 2차 영향권으로 나누어 준 단위 회귀모형을 구축하고 적용가능성 검증을 통해 최적모형을 선정하였다.

교통존특성 분할을 통한 유형별 통행발생 모형 개발의 통행발생모형은 통행 발생률을 기반으로 한 Data Mining (CART)¹⁾방법을 활용한 회귀분석모형을 실시하였다²⁾.

〈표 1〉 기존 통행발생모형(회귀모형)의 주요변수
 〈Table 1〉 The main parameters of the existing trip generation models(regression models)

구분	발생통행		도착통행			
	목적	변수	목적	변수		
수도권 장래 교통 수요 예측 06' (OD 기반)	통근	취업자수	통근	종사자수		
	등교	인구수	등교	수용학생수		
	학원	인구수, 종사자수	학원	인구수, 종사자수		
	업무	인구수, 종사자수	업무	인구수, 종사자수		
	귀가	인구수, 종사자수	귀가	인구수		
	쇼핑	승용차대수, 종사자수	쇼핑	인구수, 종사자수		
기타	인구수, 종사자수	기타	인구수, 종사자수			
수도권 장래 교통 수요 예측 09' (OD 기반)	가정기반	출퇴근	취업자수	가정기반	출퇴근	종사자수
		등하교	인구수		등하교	수용학생수
		학원	인구수		학원	종사자수
		쇼핑	인구수, 자동차대수		쇼핑	종사자수
	비가정기반	업무	종사자수	비가정기반	업무	종사자수
		기타	종사자수, 학생수		기타	종사자수, 학생수
김태호 (2010)	목적	변수	유형분류	목적	변수	유형분류
	출근	인구수	성비 경제인구	출근	종사자수	업무시설비 종사자수

CART분석의 결과를 토대로 통행발생량에 영향 관계가 통계적으로 입증된 인구통계학적요인, 토지

1) CART분석은 그룹 내 동질성이 높은 그룹을 판별하기 위해서 불순도 함수를 사용함. 이러한 기본개념을 이용하여 통행발생이 유사한 데이터로 그룹을 형성하여 유형을 결정해주는 분석임.

이용변수, 산업관련요인을 토대로 유형별 모형을 구축하였다. 기존 발생모형에 대한 목적별 추정변수는 <표 1>과 같다.

본 연구에서는 기존 수도권 통행발생모형의 검증에 위해 선형회귀모형을 이용하여 추정하였다. 또한 김태호 외²⁾의 연구는 통행발생모형이 출근 통행에 한정되어있기 때문에 검증에서 제외하였다.

2. 분석자료

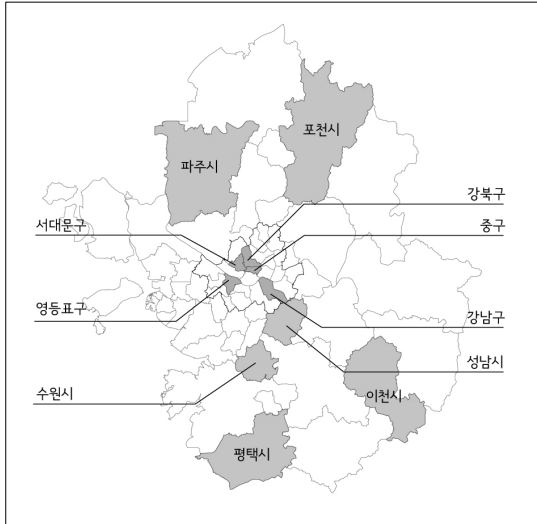
본 연구에서는 2006년 가구통행실태조사를 바탕으로 전수화된 수도권 목적별 발생량 및 사회경제지표를 기초로 자료를 수집하였다. 수집된 변수의 세부적인 내용은 다음과 같다.

〈표 2〉 수집된 자료 세부사항
 〈Table 2〉 Details of the data

구분	내용	
종속 변수	목적별 OD	출근, 등교, 학원, 업무 및 귀사, 귀가, 쇼핑, 기타
	목적별 PA	가정기반(출·퇴근, 학교, 학원, 쇼핑, 기타) 비가정기반(업무, 쇼핑, 기타)
독립 변수	토지이용 지표	용도지역면적(최대용적률 적용), 용도지역별 건축연면적
	사회경제 지표	승용차 등록대수 취업자수
		인구수(연령별, 성별) 수용학생수(초, 중, 고, 대학생 수용 학생수) 종사자수(1, 2, 3차 및 학원종사자수)

주1 : 토지이용지표 중 건축연면적의 경우 GIS상에 건축물데이터의 이용이 가능한 지역이 서울에 한정되어 발생모형 추정시 서울지역에 한해 이용함. 또한 국가기관 및 군사지역 등에 의해 제외된 건축물 데이터의 경우 배제함.

모형 적용 대상으로 서울특별시 5개구와 경기도 6개 시군을 선정하였다. 서울특별시 5개구는 중구, 강북구, 서대문구, 영등포구, 강남구로 서울시의 공간구조를 고려하여 각각 다른 유형을 선정하였다. 경기도의 경우 인구규모에 따라 거주인구 50만 이상 지역으로 수원시, 성남시를 선정하였고, 거주인구 20만 ~ 50만 미만인 평택시, 파주시 및 20만 이하인 포천시, 이천시를 선정하였으며, 분석단위는 행정동(소존) 단위이다.



〈그림 1〉 모형적용 대상지역
 〈Fig. 1〉 Study areas for the modeling

〈표 3〉 수집된 자료 세부사항
 〈Table 3〉 Details of the data

구분	지역구분	지역특성
서울	중구	도심부 도심/구시가지, 중심상업기능
	강북구	동북 생활권 지역중심(미아) 포함, 주거기반지역
	서대문구	서북 생활권 지역중심(신촌) 포함 대학교 밀집(연세대, 이대) 주거 및 상업기능
	강남구	동남 생활권 부도심(영동) 포함, 업무와 주거기능
	영등포구	서남 생활권 부도심(영등포) 포함, 2·3차 산업의 혼재
경기도	수원시	인구 자족도(54.5%), 시가화율(100.0%)
	성남시	50만 이상 자족도(47.3%), 시가화율(100.0%)
	평택시	인구 20만 ~ 자족도(83.1%), 시가화율(23.2%)
	파주시	50만 미만 자족도(60.1%), 시가화율(9.2%)
	이천시	인구 자족도(86.5%), 시가화율(14.4%)
	포천군	20만미만 자족도(86.8%), 시가화율(4.2%)

주1 : 경기도 지역특성의 자족도는 통근통행의 내부통행 비율을 적용
 주2 : 시가화율은 (도시지역/행정구역)을 나타냄

3. 모형의 정립

본 연구에서는 기존연구와의 검증은 위해 회귀 분석법을 이용하였다. 회귀분석법은 통행유입·유출

량과 해당지역의 사회경제적·토지이용적 특성을 나타내는 변수사이의 관계를 나타내는 회귀식을 구하고 이 식에 의해 장래 유입·유출량을 구하는 방법이다. 원인과 결과의 인과관계를 이용하여 변수값의 변화에 따른 예측을 하고자하는 경우 사용되며 실제로 통행발생량 예측을 위해 가장 널리 사용되고 있다.

회귀분석시 서로 관계를 갖는 변수들 중 다른 변수에 영향을 주는 변수를 설명변수 혹은 독립변수라 하고, 영향을 받는 변수를 종속변수라 한다. 통행발생량 예측을 위해 사용되는 경우 존과 가구단위 모형이 대안적으로 이용가능하다. 이때 종속변수는 존 또는 가구의 통행발생량이 되고, 독립변수는 통행발생량에 영향을 미치는 사회경제지표가 된다. 특히 존 단위의 회귀모형은 모형이 단순하고 요구되는 사회경제지표 확보가 가능하여 현실적으로 적용가능하다.

모형식은 독립변수와 종속변수가 선형관계를 갖는 것으로 분석되어 선형 모형식을 사용하였으며 식은 다음과 같다.

$$Y_{ki}^p = \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots$$

여기서, Y_{ki}^p : 지역k에 속하는 존i의 통행목적(p)별 통행량

X_{i1}, X_{i2}, \dots : I존의 독립변수 값

β_1, β_2, \dots : 추정된 계수

지역별 통행발생모형의 추정을 위해 각 독립변수와 종속변수간의 상관관계 분석을 실시하였다. 이를 통해 일정 상관도(서울지역 0.7, 경기지역 0.5) 이상을 나타내는 변수들을 대상으로 다중공선성과 t값에 의해 통계적 유의성을 판단한 후 가장 설명력(R^2)이 높은 변수에 대해 각 목적별 통행발생 모형을 추정하였다. 이 중 다중공선성의 경우 VIF검증을 통해 수치가 10이상인 결과는 모형에서 제외시켰으며, 대부분 VIF값이 4이내로 다중공선성이 나타나지 않는 것으로 분석되었다.

IV. 통행발생모형의 분석 및 검증

1. 토지이용을 고려한 통행발생모형 분석

각 지역의 목적별 통행발생모형에서 기존모형과의 가장 큰 차이점으로 볼 수 있는 토지이용변수를 이용한 모형에 대해 주로 기술하였으며 결과는 다음과 같다.

1) OD 기반 통행발생모형

각 지역의 OD기반 목적별 통행발생 모형을 살펴 보면 서울중구의 경우 통근유입, 업무 유출, 기타유출 모형에서 상업지역건축물 연면적이 독립변수로 사용되었다. 이는 상업지역(39.1%)이 높은 비율을 차지하고, 상업지역내에 업무시설, 상업시설이 밀집해 있기 때문으로 판단할 수 있다. 등교유입의 경우 학교가 밀집한 필동(동국대학교), 신당동, 중림동

등의 통행량이 높게 나타났고, 이러한 지역들의 학교부지가 1종주거지역에 위치하였다. 이를 미루어 볼 때 등교유입통행량과 1종주거지역간의 상관관계가 높게 나타난 것으로 판단된다. 학원유출 모형은 준주거지역이 변수로 사용되었다. 이는 주거지역과 인접한 준주거지역에 학원 등의 교육시설이 다수 입지하고 있음을 알 수 있다. 그 이외의 모형은 기존모형과 유사하거나, 대체가능한 변수(인구수↔가구수)가 주로 사용되었다.

서울 강북구와 서대문구의 경우 토지이용특성이 나타난 모형이 주로 2종주거지역에서 나타났다. 강북구의 경우 귀가유출, 기타유출모형에서 나타났고, 서대문구의 경우 귀가유출, 쇼핑유출유입, 기타 유출유입모형에서 나타났다. 이는 2개의 구가 주거기반의 중심이라는 공통적 특성이 모형에 반영된 것으로 판단된다. 강북구 귀가유출모형의 경우 상업지역과 2종주거지역이 변수로 사용되었다. 이는 2

〈표 4〉 OD 기반 서울특별시 5개구 통행발생모형
(Table 4) OD-based trip generation models (Seoul)

목적별		서울중구			강북구		서대문구		영등포구		강남구	
		독립변수	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²
통근	유출	취업자수	가구수	0.973	가구수	0.984	취업자수	0.985	가구수	0.994	가구수	0.982
	유입	1,2차종사자 3차종사자	상업지역(B)	0.931	3차종사자	0.799	1종주거지역(B) 3차종사자	0.923	3종주거지역(B) 3차종사자	0.978	3차종사자	0.935
등교	유출	6-21세인구	가구수	0.942	가구수	0.973	6-21세인구	0.958	6-21세인구	0.966	6-21세인구	0.928
	유입	초중고학생수 대학생학생수	1종주거지역	0.746	초중고학생수	0.896	총학생수	0.989	총학생수	0.940	초중고학생수	0.887
학원	유출	6-21세인구 총종사자	준주거지역	0.667	학원관련종사자	0.828	2종주거지역(B) 3종주거지역(B)	0.874	상업지역 총학생수	0.899	6-21세인구	0.894
	유입	총인구 총종사자	3차종사자	0.755	3차종사자	0.811	총학생수	0.534	3종주거지역 학원종사자	0.877	학원종사자	0.903
업무	유출	1,2차종사자 3차종사자 인구	상업지역(B)	0.880	3차종사자	0.837	3차종사자	0.837	3차종사자	0.932	3차종사자	0.944
	유입	1,2차종사자 3차종사자	총종사자	0.960	3차종사자	0.758	3차종사자	0.865	3차종사자	0.972	3차종사자	0.945
귀가	유출	1,2차종사자 3차종사자 6-17세인구 18-21세인구	총종사자	0.953	2종주거지역 상업지역	0.914	2종주거지역(B) 3차종사자	0.966	3종주거지역 3차종사자	0.923	3차종사자	0.925
	유입	총인구	가구수	0.957	가구수	0.984	총인구	0.989	총인구	0.970	가구수	0.934
쇼핑	유출	승용자동차등록대수 종사자	가구수 3차종사자	0.762	가구수	0.866	2종주거지역(B) 상업지역(B)	0.895	3종주거지역 2차종사자	0.819	가구수	0.833
	유입	총인구 쇼핑종사자	2차종사자	0.737	총종사자	0.815	2종주거지역(B) 상업지역(B)	0.635	2차종사자	0.628	상업지역	0.854
기타	유출	총인구 3차종사자	상업지역(B)	0.785	2종주거지역	0.824	2종주거지역(B)	0.729	2차종사자	0.835	3차종사자	0.774
	유입	총인구 3차종사자 18-21세인구	3차종사자	0.881	3차종사자	0.755	2종주거지역(B) 3차종사자	0.921	2차종사자 상업지역	0.967	3차종사자	0.924

주1 : 토지이용변수중 바닥면적에 용적율을 적용한 변수는 용도지역으로 표기하고 건축물연면적을 이용한 데이터는 (B)를 표기함

주2 : 모든변수는 95%의 신뢰수준에서 통계적으로 유의하게 나타남

중주거지역이 소존 전체에 고르게 나타나고 상업지역이 입지한 수유1·3·5동, 미아3동, 번1동의 귀가통행량이 다소 높게 나타난 것으로 미루어 볼 수 있다. 서대문구 쇼핑유출유입 모형 또한 대신동, 창천동, 충정로동 등 상업지역이 입지한 지역의 통행량이 다소 높게 나타났기 때문에 판단할 수 있다.

서대문구의 통근 유입모형의 경우 1종주거지역과 3차종사자가 변수로 사용되었다. 1종주거지역에 비해 3차종사자가 모형의 영향력(계수)이 크게 나타났고, 3차종사자 단일변수로 모형을 추정한 결과 ($R^2=0.885$, $rmse=2,620$)보다 2개의 변수를 사용한 경우 $R^2=0.923$ ($rmse=2,119$)으로 설명력이 높게 나타났다. 통행량과 변수를 비교했을 때 3차종사자수와 비례하지 않는 지역 중 1종주거지역 비율이 가장 높은 대신동의 통행량이 높게 나타났다. 이는 대신

동 1종주거지역에 연세대, 이화여대가 입지하여 출근통행의 유입요인이 된 것으로 보여진다.

영등포구는 통근유입, 학원유입, 귀가유출, 쇼핑유출모형에서 3종주거지역 변수가 사용되었으나, 단일변수가 아닌 각각 3차, 학원, 2차종사자와 함께 사용되었다. 영등포구는 다른 구들과 달리 준공업지역이 밀집한 소존(당산1동, 문래1·2동, 양평1동)에 주거지역이 존재하지 않는 경우가 있어 단일변수로 사용하는데 한계가 있다. 또한 학원유출, 기타유입모형에서 상업지역 변수가 사용되었으나 이 역시 단일변수가 아닌 총학생수, 2차종사자와 함께 사용되었다. 이는 2, 3차산업이 혼재된 상업지역 및 2, 3종의 고밀주거지역의 비율이 높은 특성이 반영된 결과로 판단된다.

강남구의 경우 다른 구에 비해 토지이용적 특성이 목적별 통행발생모형에 거의 나타나지 않았다.

〈표 5〉 OD 기반 경기도 6개시·군 통행발생모형
(Table 5) OD-based trip generation models (Gyeonggi-do)

목적별	기존모형 독립변수	수원시		성남시		평택시		파주시		이천시		포천시		
		독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	
통근	유출	취업자수	15세이상 인구	0.969	가구수	0.980	가구수	0.985	취업자수	0.981	취업자수	0.917	취업자수	0.939
	유입	1,2차종사자 3차종사자	2차종사자	0.935	15세이상 인구	0.756	1종주거지역 2차종사자	0.949	2차종사자	0.858	총종사자	0.986	총종사자	0.965
등교	유출	6~21세인구	6~21세인구	0.971	2,3종 주거지역	0.876	6~17세인구	0.982	6~21세인구	0.991	6~17세인구	0.925	6~21세인구	0.915
	유입	초중고학생수 대학생학생수	총학생수	0.843	총학생수	0.925	초중고학생수	0.932	6~21세인구	0.913	6~17세인구	0.884	가구수	0.749
학원	유출	6~21세인구 총종사자	6~21세인구	0.922	3종주거지역 학원종사자	0.788	초중고학생수	0.885	6~21세인구	0.891	6~17세인구	0.857	6~17세인구	0.901
	유입	총인구 총종사자	학원종사자	0.843	3종주거지역 학원종사자	0.803	3종주거지역 학원종사자	0.903	3차종사자	0.657	6~21세인구	0.873	6~17세인구	0.896
업무	유출	1,2차종사자 3차종사자	3차종사자	0.899	주거지역	0.763	주거지역	0.865	15세이상 인구	0.786	15세이상 인구	0.855	자동차 등록대수	0.944
	유입	인구 1,2차종사자 3차종사자	상업지역	0.877	15세이상 인구	0.739	1종주거지역 총종사자	0.846	15세이상 인구	0.811	총종사자	0.926	3차종사자	0.960
귀가	유출	1,2차종사자 3차종사자 6~17세인구 18~21세인구	총종사자	0.788	주거지역	0.745	가구수	0.907	3차종사자	0.756	15세이상 인구	0.951	자동차 등록대수	0.958
	유입	총인구	15세이상 인구	0.975	2,3종주거지역 가구수	0.959	가구수	0.974	총인구	0.959	가구수	0.938	자동차 등록대수	0.979
쇼핑	유출	승용차등록대수 종사자	3차종사자	0.792	가구수	0.787	총인구	0.797	15세이상 인구	0.943	15세이상 인구	0.860	총인구	0.928
	유입	총인구 쇼핑종사자	3차종사자	0.646	총인구	0.730	가구수	0.698	15세이상 인구	0.636	학원종사자	0.960	3차종사자	0.856
기타	유출	총인구 3차종사자 18~21세인구	2,3종주거지역 3차종사자	0.896	2,3종 주거지역	0.784	2,3종주거지역 3차종사자	0.864	총인구	0.934	15세이상 인구	0.947	가구수	0.936
	유입	총인구 3차종사자	3차종사자	0.909	주거지역	0.734	가구수	0.910	3차종사자	0.749	3차종사자	0.936	3차종사자	0.865

주1 : 모든변수는 95%의 신뢰수준에서 통계적으로 유의하게 나타남

강남구의 지역적 성격(업무와 주거복합의 부도심)은 영등포구와 비슷하다. 하지만 영등포구는 상업지역이 집중(여의도동)되어 있는 존이 명확하게 나타나 다른 독립변수와 다중으로 이용되는 경우 특정존의 특성이 반영된다. 그에 비해 강남구의 경우 상업지역이 선형으로 이루어져 있으며 여러 존에 걸쳐 나타나기 때문에 특정존의 특성으로 나타나지 않아 모형에 반영되지 않은 것으로 판단된다.

서울시 5개구 모형의 경우 R^2 값이 0.5이상($R^2 > 0.7$ 이 90%)으로 높게 나타나 모형의 적합도가 높은 것으로 판단된다. 또한 인구 및 사회경제지표들 이외에 일부 토지이용변수들이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

경기도 6개시의 OD기반 통행발생 모형을 살펴보면 수원시는 업무유입모형에 상업지역과 총종사자수가 사용되고, 기타유출모형에 2,3종 주거지역과 3차종사자와 함께 사용되었다. 업무유입모형의 경우 종사자수와 통행량이 정확히 비례하지 않았는데 이는 종사자수만 이용하는 경우 오차율이 커지는 요인으로 판단할 수 있다. 이러한 오차율을 상업지역 변수와 함께 사용하여 감소시켰다.

비슷한 도시규모의 성남시는 등교유출, 기타유출 모형에 2,3종 주거지역 변수가 단일변수로 사용되고, 업무유출, 귀가유출, 기타 유입모형에서 주거지역이 단일변수로 사용되었다. 성남시의 경우 신도시 개발을 통해 개발지와 비개발지의 주거지역의 차이와 그에 따른 통행발생량의 차이가 존별로 명확하게 나타나 변수로서 상관관계가 높게 나타난 것으로 판단된다. 성남시의 학원유출·유입모형에서 3종 주거지역과 학원종사자가 사용되고 귀가 유입모형에서 2,3종주거지역과 가구수가 변수로 사용되었다.

수원, 성남시를 제외한 4개시는 시가화지역이 포함되지 않는 존이 다수 존재하므로 토지이용에 대한 변수를 단일변수로 사용할 수 없기 때문에 다중선형 모형으로 설명력이 높게 나타나는 변수에 한하여 적용하였다. 이 중 평택시 모형에서 통근유입, 업무유입 모형에 1종주거지역 변수가 사용되었고, 학원유입, 기타유출, 업무·귀가유출 모형에 각각 3종주거지역, 2,3종주거지역, 주거지역 변수가 사용되었다. 주

로 상업지역과 공업지역이 위치하는 곳에 통근, 업무의 통행량이 높음을 알 수 있다. 평택시의 경우 동일 존에 상업, 공업지역에 함께 나타나지 않아 각각을 변수로 사용하기가 어렵다. 하지만 이러한 지역의 비율이 높은 존에 주거율이 높게 나타나 통행량과 높은 상관관계를 나타내는 것으로 판단된다.

과주시의 경우 인구규모에서는 큰 차이가 없으나 낮은 시가화율로 인해 토지이용변수의 상관도가 낮게 나타났다. 또한 이천시와 포천시는 시가화율이 낮고, 인구가 적어 토지이용변수의 상관도 역시 낮게 나타났으며 발생모형 추정시 이용되지 않았다.

경기도 6개시의 회귀분석 모형은 R^2 값들이 0.6 이상($R^2 > 0.7$ 이 90%)으로 서울시와 유사하게 나타났다. 또한 독립변수의 경우 사회경제지표 및 일부 토지이용 변수들이 통계적으로 유의하게 나타났으나 시가화율이 낮은 지역의 경우 토지이용변수가 유의하지 않게 나타났다.

OD모형 전반적으로 사회경제지표를 이용한 경우 기존모형과 동일하거나 대체가능한 변수가 주로 이용되었다. 또한 변수가 많을수록 설명력을 높이기 보다는 다중공선성의 문제가 야기되므로 기존모형에서 3~4개의 변수를 사용하던 모형을 가장 설명력이 높은 1~2개의 변수를 이용하여 모형을 단순화하였다.

2) PA 기반 통행발생모형

각 지역의 PA기반 목적별 통행발생 모형을 살펴보면 중구의 등·하교 모형은 OD등교유입모형과 동일한 1종주거지역이 사용되었다. 이 역시 1종주거지역에 학교가 주로 배치되어 있기 때문으로 판단된다. 가정기반 출·퇴근 생성모형과 비가정기반 쇼핑유입 모형에서 상업지역 건축물연면적이 사용되었으며, 그 이외의 모형은 종사자수와 가구수에 한해 사용되었다.

강북구의 경우 가정기반 쇼핑유입모형에 준주거지역이 가구수와 함께 사용된 것 이외에 토지이용지표가 사용되지 않았다. 영등포의 경우 사회경제지표에 비해 토지이용지표와 통행발생량 간의 상관관계가 낮게 나타나 모형추정시 토지이용지표가 이용되지 않았다.

서대문구는 OD모형과 유사하게 2중주거지역 건축물 연면적을 사용한 모형이 가정기반 학원생성, 비가정기반 업무 생성 및 유인, 쇼핑 생성, 기타 생성 및 유인 모형에서 나타났다. 또한 비가정기반 모형에서 이용된 경우 사회경제지표(3차종사자)와 함께 다중회귀모형으로 추정을 하여 단일변수로 추정했을 때보다 높은 설명력을 보이고 있다.

강남구의 경우 가정, 비가정 기반 쇼핑 유인모형에서 각각 상업지역이 변수로 이용되었다. 이는 강남구 내에서 쇼핑을 유인하는 요인으로써 상업지역의 특성이 나타나는 것을 알 수 있다.

서울시 5개구의 PA모형은 전반적으로 OD모형에 비해 토지이용변수의 상관성이 다소 낮게 나타남을 알 수 있었다. 이는 PA기반이 귀가목적에 포함하여 양쪽의 특성을 모두 반영하기 때문으로 출도착지의

토지이용이 다른 경우 상관성이 떨어지는 것으로 판단할 수 있다. 특히 영등포의 경우 OD모형중 6개의 모형에서 토지이용변수가 이용된 것에 반해 PA 모형에서는 하나도 나타나지 않았다. 또한 사용된 토지이용변수는 OD모형과 유사하게 나타났다.

경기도의 경우 PA기반에서 토지이용변수를 이용한 모형의 수가 OD기반과 유사하거나 약간 많이 나타나는 것으로 분석되었다.

수원시의 경우 가정기반 기타모형에서 2,3중주거지역이 3차종사자와 같이 사용되었는데 이는 OD기반 기타유출모형과 동일한 변수이다. 또한 비가정기반 업무유인모형도 상업지역과 총종사자수를 변수로 사용하여 OD기반 업무유입모형과 동일하게 나타났다. 추가적으로 가정기반 출퇴근생성모형에서 주거지역과 2차종사자수가 사용되었다.

〈표 6〉 PA 기반 서울특별시 5개구 통행발생모형
 〈Table 6〉 PA-based trip generation models (Seoul)

목적별	기존모형		서울중구		강북구		서대문구		영등포구		강남구	
	독립변수	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	
가정기반 출퇴근	생성	취업자수	상업지역(B)	0.898	가구수	0.965	3차종사자	0.773	3차종사자	0.924	3차종사자	0.924
	유인	1,2차종사자 3차종사자	총종사자	0.952	가구수 3차종사자	0.956	3차종사자	0.788	3차종사자	0.945	3차종사자	0.936
가정기반 등하교	생성	6-17세인구 18-21세인구	1중주거지역	0.610	가구수 초중고학생수	0.976	총학생수	0.916	총학생수 6-21세인구	0.980	초중고학생수	0.852
	유인	초중고학생수 대학교학생수	1중주거지역	0.631	가구수 초중고학생수	0.974	총학생수	0.930	총학생수 6-21세인구	0.973	초중고학생수	0.867
가정기반 학원	생성	6-21세인구	가구수	0.807	가구수	0.798	2중주거지역(B)	0.618	학원종사자 총학생수	0.901	학원종사자	0.902
	유인	학원종사자	가구수	0.903	학원종사자	0.762	6-21세인구	0.922	학원종사자 6-21세인구	0.962	학원종사자	0.835
가정기반 쇼핑	생성	15세이상인구 천가구당 자동차보유대수	총종사자	0.722	가구수	0.901	3차종사자	0.712	천가구당 차량대수	0.559	취업자수	0.858
	유인	3차종사자	총종사자	0.603	2중주거지역 가구수	0.945	가구수	0.859	2차종사자	0.587	상업지역	0.781
가정기반 기타	생성	15세이상인구 천가구당 자동차보유대수	3차종사자	0.847	가구수	0.931	3차종사자	0.699	3차종사자	0.686	3차종사자	0.795
	유인	3차종사자 총학생수	3차종사자	0.900	3차종사자	0.796	3차종사자	0.748	3차종사자	0.961	3차종사자	0.866
비가정기반 업무	생성	2차종사자 3차종사자	3차종사자	0.934	총종사자	0.742	2중주거지역(B) 3차종사자	0.912	3차종사자	0.943	3차종사자	0.944
	유인	2차종사자 3차종사자	총종사자	0.965	3차종사자	0.738	3차종사자 2중주거지역(B)	0.857	3차종사자	0.981	3차종사자	0.946
비가정기반 쇼핑	생성	2,3차종사자 총학생수	총종사자	0.827	총종사자	0.699	3차종사자 2중주거지역(B)	0.919	3차종사자	0.800	3차종사자	0.735
	유인	3차종사자	상업지역(B)	0.723	총종사자	0.655	3차종사자	0.688	2차종사자	0.562	상업지역	0.818
비가정기반 기타	생성	2,3차종사자 총학생수	3차종사자	0.937	3차종사자	0.851	2중주거지역(B) 3차종사자	0.978	3차종사자	0.922	3차종사자	0.896
	유인	3차종사자 총학생수	3차종사자	0.897	3차종사자	0.729	2중주거지역(B) 3차종사자	0.931	3차종사자	0.928	3차종사자	0.895

주1 : 토지이용변수중 비단면적에 용적율을 적용한 변수는 용도지역으로 표기하고 건축물연면적을 이용한 데이터는 (B)를 표기함

주2 : 모든변수는 95%의 신뢰수준에서 통계적으로 유의하게 나타남

성남시 모형에서는 가정기반 출·퇴근모형에서 주거지역이 변수로 사용되었는데, 이는 출근 및 퇴근발생량 모두를 포함하고 있기 때문에 주거지역 변수의 상관관계가 높게 나온 것으로 판단된다. 등교, 학원의 생성 및 유인모형에서 주거지역 및 3종주거지역이 다중회귀 모형으로 추정되었으며 가정기반 기타생성모형에서 2,3종주거지역이 단일변수로 사용되었다.

평택시의 경우에도 가정기반 출·퇴근, 등교 유인모형과 비가정기반 업무 생성 및 유인, 비가정기반 쇼핑생성, 비가정기반 기타 생성 및 유인모형에서 주거지역에 대한 변수가 사용되었다. OD모형과 마찬가지로 시가화 지역이 한정되어 있기 때문에 단일변수로서의 한계점이 나타난다. 이에 토지이용변수가 사용된 모형 모두 가구수, 인구수, 종사자수 등과 함께 사용되었다.

OD기반 모형에서 토지이용변수가 나타나지 않

은 파주, 이천, 포천시에서는 이천시의 가정기반 출·퇴근 생성모형에서 2,3종주거지역이 취업자수와 함께 사용되었고, 그 이외의 모형에서는 토지이용변수의 상관관계가 나타나지 않았다.

PA기반 통행발생모형에서는 전반적으로 3차종사자와 6~21세인구, 가구수를 변수로 사용한 발생모형이 많이 나타났고, 기존모형과 비교했을 때 OD모형과 마찬가지로 토지이용변수를 제외하면 동일하거나 대체가능한 변수가 적용 되었다.

지역별 통행발생모형의 설명력의 경우 그 범위는 OD기반 통행발생모형(0.534 ~ 0.994)과 PA기반 통행발생모형(0.547 ~ 0.980)이 큰 차이는 없었다. 그러나 0.7이하의 설명력을 갖는 모형이 OD기반(5.2%)에 비해 PA기반(9.1%)이 많이 나타났고, 0.9 이상의 설명력을 갖는 모형이 OD기반이 50.0%, PA기반이 37.5%로 나타났다. 또한 OD모형의 R²값의

〈표 7〉 PA 기반 경기도 6개시·군 통행발생모형
(Table 7) PA-based trip generation models (Gyeonggi-do)

목적별	기존모형		수원시		성남시		평택시		파주시		이천시		포천시	
	독립변수	독립변수	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²	독립변수	R ²
가정기반	생성	취업자수	주거지역 2차종사자	0.909	주거지역	0.948	15세이상인구	0.927	15세이상인구	0.961	2,3종주거지역 취업자수	0.979	15세이상인구	0.965
		3차종사자			가구수		총종사자		가구수					
출퇴근	유인	1,2차종사자	총종사자	0.814	주거지역	0.803	주거지역	0.899	총종사자	0.930	총종사자	0.887	3차종사자	0.956
		3차종사자			주거지역		6-21세인구		가구수					
가정기반	생성	6-17세인구	6-17세인구	0.903	주거지역	0.894	6-21세인구	0.958	6-21세인구	0.972	6-17세인구	0.938	6-21세인구	0.909
		18-21세인구			6-21세인구		3종주거지역		가구수					
등학교	유인	초중고학생수	초중고학생수	0.863	주거지역	0.930	3종주거지역	0.960	6-21세인구	0.940	가구수	0.933	가구수	0.871
		대학교학생수			총학생수		6-21세인구		가구수					
가정기반	생성	6-21세인구	6-21세인구	0.885	3종주거지역	0.851	학원종사자	0.880	3차종사자	0.755	6-17세인구	0.849	6-21세인구	0.892
		6-17세인구			학원종사자		3차종사자		가구수					
학원	유인	학원종사자	6-21세인구	0.898	3종주거지역	0.814	학원종사자	0.842	3차종사자	0.868	6-17세인구	0.854	가구수	0.818
		6-21세인구			학원종사자		3차종사자		가구수					
가정기반	생성	15세이상인구	3차종사자	0.790	6-17세인구	0.737	가구수	0.752	15세이상인구	0.862	학원종사자	0.856	총인구	0.889
		친가구당 자동차보유대수			총인구		가구수		15세이상인구		총인구			
쇼핑	유인	3차종사자	3차종사자	0.664	총인구	0.801	가구수	0.755	15세이상인구	0.811	6-17세인구	0.842	총인구	0.869
		15세이상인구			2,3종주거지역		가구수		15세이상인구		6-21세인구			
가정기반	생성	친가구당	3차종사자	0.872	2,3종주거지역	0.796	가구수	0.929	15세이상인구	0.929	6-21세인구	0.867	총인구	0.892
		자동차보유대수			3차종사자		가구수		15세이상인구		6-21세인구			
기타	유인	3차종사자	3차종사자	0.864	자동차 등록대수	0.882	가구수	0.931	15세이상인구	0.905	6-21세인구	0.841	3차종사자	0.885
		총학생수			자동차 등록대수		가구수		15세이상인구		6-21세인구			
비가정기반	생성	2차종사자	3차종사자	0.902	주거지역	0.678	주거지역	0.861	3차종사자	0.684	총종사자	0.819	자동차 등록대수	0.944
		3차종사자			주거지역		1종주거지역		총종사자		3차종사자			
업무	유인	2차종사자	상업지역	0.896	15세이상인구	0.733	1종주거지역	0.857	총종사자	0.796	총종사자	0.958	3차종사자	0.925
		3차종사자			총종사자		2차종사자		총종사자		3차종사자			
비가정기반	생성	2,3차종사자	3차종사자	0.764	총인구	0.607	2종주거지역	0.704	3차종사자	0.622	3차종사자	0.733	3차종사자	0.743
		총학생수			총인구		3차종사자		15세이상인구		3차종사자			
쇼핑	유인	3차종사자	3차종사자	0.660	총인구	0.710	3차종사자	0.547	15세이상인구	0.556	3차종사자	0.751	3차종사자	0.762
		3차종사자			총인구		3차종사자		15세이상인구		3차종사자			
비가정기반	생성	2,3차종사자	3차종사자	0.822	주거지역	0.727	2,3종주거지역	0.901	3차종사자	0.674	15세이상인구	0.942	3차종사자	0.935
		총학생수			주거지역		3차종사자		15세이상인구		3차종사자			
기타	유인	3차종사자	3차종사자	0.866	자동차 등록대수	0.776	2,3종주거지역	0.902	3차종사자	0.572	15세이상인구	0.880	3차종사자	0.907
		총학생수			자동차 등록대수		3차종사자		15세이상인구		3차종사자			

주1 : 모든변수는 95%의 신뢰수준에서 통계적으로 유의하게 나타남

평균은 0.877, PA기반 모형의 R²값은 0.840으로 OD 기반 모형의 설명력이 높은 것으로 분석되었다.

2. 지역별 통행발생모형 검증

본 연구에서 추정한 지역별 통행발생모형에 대한 검증을 위해 2006년 가구통행실태조사 전수화 자료를 기준으로 비교검증하였다. 비교 결과를 도출하기 위해서 RMSE (Root Mean Square Error)와 RMSE%를 제시하였으며, RMSE% 값이 낮을수록 모형의 설명력이 높음을 나타낸다. 수식은 다음과 같다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(T_i^0 - T_i^e)^2}{N}}$$

여기서, T_i^0 : i지역의 실측치

T_i^e : i지역의 추정치

N : 분석대상존의 개수

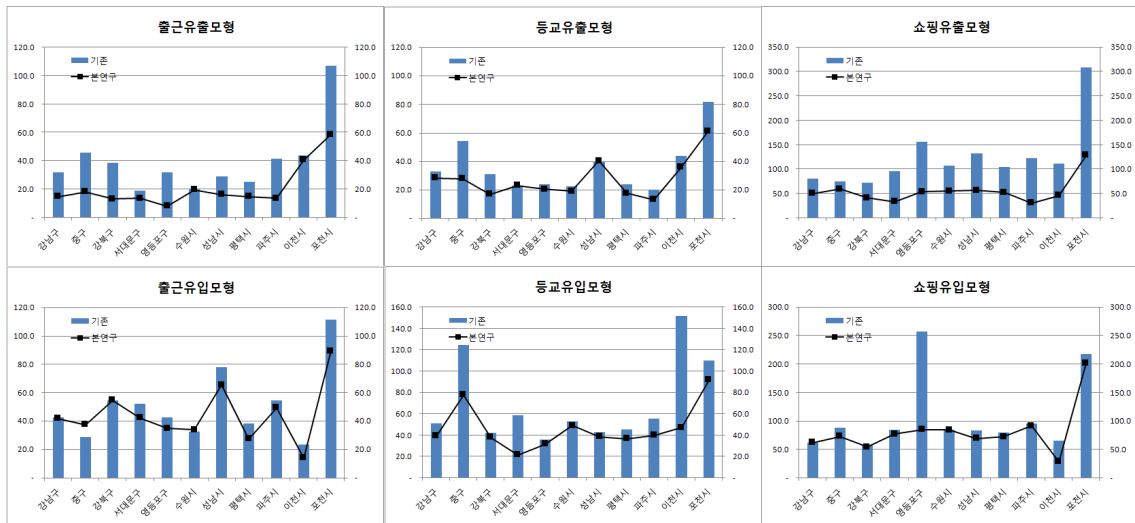
$$RMSE\% = \frac{RMSE}{\text{실측치 평균}} \times 100$$

먼저 서울시 강남구의 경우 쇼핑유입, 기타유출, 가정기반 등교생성, 비가정기반 쇼핑유입, 비가정기

반 기타생성모형을 제외한 나머지 모형에서 RMSE%가 감소했고 특히 통근유출, 가정기반 출·퇴근 생성 및 유입, 가정기반 학원발생모형에서 RMSE%가 절반이상 감소하였다. 중구의 발생모형에서는 통근유입, 업무유출, 기타유출, 비가정기반 업무 모형에서 증가했고 나머지 모형은 모두 감소함을 보였다. 그 중 통근유출, 가정기반 출·퇴근, 가정기반 등교 및 학원 유입, 가정기반 기타생성모형에서 RMSE%가 큰 폭으로 감소하였다.

강북구는 통근유출, 업무 유출유입, 기타유출모형에 한하여 RMSE%값이 증가하였고, 나머지 OD 기반 모형 및 PA기반 모형에서는 모두 감소하는 결과를 보였다. 또한 가정기반 업무, 등교, 쇼핑의 생성 및 유입, 가정기반 기타 생성모형에서 뚜렷하게 감소한 것을 볼 수 있다.

서대문구는 학원유출유입, 쇼핑유입, 가정기반학원 생성모형에서 약간의 증가가 보였고, 그 이외의 모형에서는 모두 오차가 감소하였다. 다른 구에서 출·퇴근에 대한 모형의 RMSE%값이 크게 감소하는데 반하여 서대문구의 감소율은 타 구에 비해 미미하게 나타났다. 영등포구의 경우 업무유출, 기타유출, 비가정기반 기타생성 모형에서만 약간 증가하였고, 그이외의 변수에서는 모두 감소하였다.



〈그림 2〉 OD기반 통행발생모형 목적별 RMSE%비교
 〈Fig. 2〉 Comparison of OD-based models by purpose (RMSE%)

5개구를 전체적으로 봤을 때 기존모형의 RMSE% 값은 OD모형에 비해 PA모형이 전반적으로 높게 나타났다. 본 연구에서 추정된 회귀모형의 경우 OD와 PA의 RMSE%값이 크게 차이가 나지 않았다. 결과적으로 OD모형에 비해 PA모형에서 효과적으로 감소함을 알 수 있다.

경기도 6개시의 RMSE%를 비교하면 수원시를 제외한 5개시에서 2~3개씩의 모형을 제외하고 모두 감소하는 것으로 나타났다. 수원시는 출근유입, 업무·귀사 유입, 귀가유출, 기타 유출유입, 가정기반 출·퇴근 유입, 가정기반 등교생성 모형에서 약간의 증가가 있었고 나머지 모형에 대해서는 모두 감소하였다.

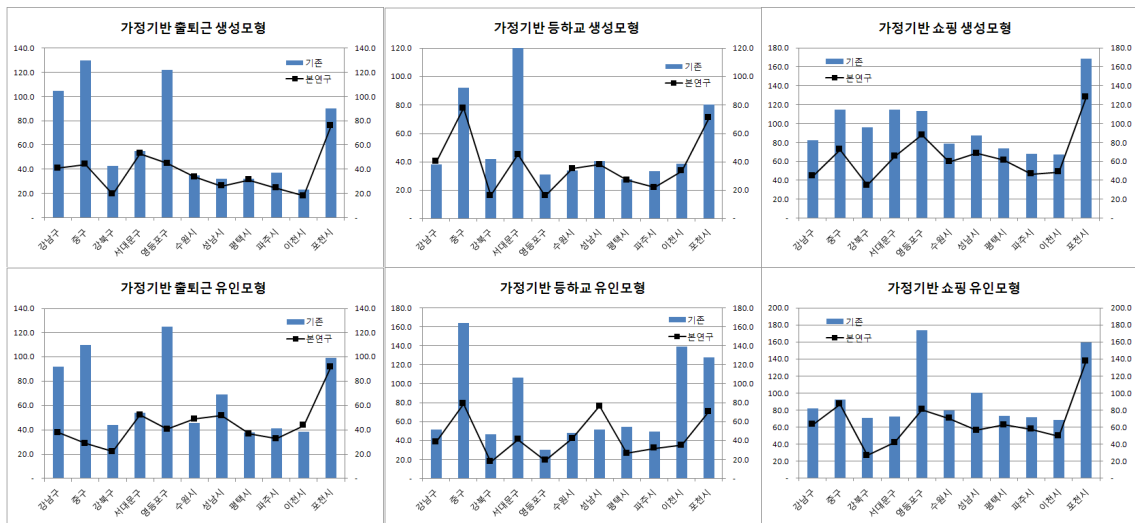
수원시를 제외한 5개시에서 공통적으로 쇼핑유출에 대해 RMSE%값이 크게 감소하였고, 평택시와 이천시 가정기반 등교유입모형에서 오차의 감소가 두드러졌다.

전체적인 결과를 보면, 기존모형은 주거특성이 강한 지역에서의 추정에는 오차범위가 작으나, 2·3차 산업 비중이 높은 지역에서는 설명력이 많이 떨어지는 것으로 분석되었다. 이에 비해 본 연구의 통행발생모형은 지역별로 RMSE%에 있어 더 고른 결과를 보이고 있다. 이는 지역별 특성에 따른 변수사

용에 의한 결과이다. 경기지역은 시가화율이 낮은 곳에서 모형 오차도 더 커지는 것으로 분석되었다. 이는 낮은 인구밀도와 낮은 토지이용 집중도로 통행발생모형 구축에 사용되는 변수의 한계를 가지게 된 것에 그 원인이 있다고 사료된다.

목적별로는 기존연구의 OD기반 통행발생모형에서는 쇼핑, 학원 유입통행이 가장 큰 오차를 보이며 지역별 차이도 크게 분석되었다. 본 연구에서는 지역별로 토지이용변수 및 사회경제지표변수를 사용하여 오차를 줄일 수 있었다. PA기반 통행발생모형의 기존연구 추정치는 가정기반 통근, 쇼핑, 비가정기반 쇼핑통행에서 오차가 큰 것으로 분석되었다. 이에 비해 본 연구는 상당한 오차의 감소를 보인데 이는 지역별모형을 통해 설명력을 높일 수 있었다. 특히 쇼핑, 기타, 학원 통행들에서는 용도별 용적률이나 연면적데이터를 사용하여 오차를 감소시켰다. 기존 연구의 통행발생모형은 지역별로 다른 특성을 반영하지 못하여 목적별 지역별 오차범위가 다양하게 나타났으나 본 연구에서는 지역별 모형구축에 의해 지역별로 편차가 비교적 일정하며 일관성을 보이는 것으로 분석되었다.

RMSE%를 살펴보면 모형의 대다수가 RMSE%값이 감소한 것으로 나타났는데 이것은 지역별 토지



〈그림 3〉 PA기반 통행발생모형 목적별 RMSE%비교
 (Fig. 3) Comparison of PA-based models by purpose (RMSE%)

이용 특성을 고려하여 모형을 추정했을 때 오차가 줄어들음을 나타낸다.

V. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 기존의 통행발생모형을 개선하기 위하여 지역별 특성을 반영하여 성격이 상이한 지역에 대하여 통행발생모형을 각각 구축하여 모형의 설명력을 높였다. 또한 기존의 통행발생모형의 회귀식에서 사용되는 사회경제지표 변수이외에 토지이용 GIS자료를 추가하여 지역별 통행발생모형을 구축하였다.

본 연구를 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 기존모형의 경우 주거 특성이 강한 지역의 추정에서는 오차범위가 적으나, 2,3차 산업비중이 높은 지역에서는 설명력이 떨어지는 것으로 분석되었다. 특히 경기지역에서 기존모형을 사용한 경우 지역적 차이를 두지 않기 때문에 인구밀도와 시가화율이 낮은 지역에서 오차가 크게 나타나는 경향을 보였다. 이에 비해 본연구의 통행발생 모형은 지역별로 RMSE%의 결과가 더 고르게 나타났으며 전반적으로 기존모형에 비해 오차가 감소함을 보였다. 이는 토지이용 특성에 따른 변수사용에 의한 결과임을 알 수 있다.

둘째, 기존 통행발생모형과 본 연구의 지역별 통행발생모형의 추정치 비교결과 공통적으로 OD기반 통행발생모형이 PA기반 통행발생모형에 비해 설명력이 높은 것으로 분석되었고 RMSE%의 경우 유사하게 나타났다. OD와 PA의 목적별 비교는 우위를 정하기 어려우므로 분석가의 OD 또는 PA기반의 수요추정방법에 따라 토지이용을 고려한 적합한 통행발생모형을 선택하면 될 것이다.

셋째, 기존 모형에서는 사용변수가 사회경제지표로 국한되었는데, 사회경제지표의 단위도 행정동 단위이기 때문에 보다 작은 준으로 세분화 할 경우 지표이용에 한계가 있으며, 특히 쇼핑, 학원, 기타 통행 등의 모형 구축에 있어 사회경제지표의 설명력이 상대적으로 떨어지는 단점이 있다. 본 연구에서는 토지이용 변수를 사용하여 모형의 설명력을

높였다. 토지이용변수로써 용도별 용적률과 용도별 연상면적을 사용하였는데, 보다 세분화된 건축물 용도를 변수로 사용한다면 설명력을 더 높일 수 있을 것으로 기대된다.

넷째, 토지이용변수별 적용된 목적이 통근 및 업무는 상업지역이 변수로 이용이 되고, 등하교에서는 1종주거지역이 주로 이용되었으며, 학원, 쇼핑, 기타목적에서 2,3종주거지역이 주로 이용된 것을 알 수 있었다. 이에 향후 목적별 통행발생량에 대해 각 존의 용도별 면적에 따라 통행량을 판단한 후 첨단교통 정보시스템(ATIS)이나 교통주차 안내시스템(PIS) 등과 같은 정보제공 관련 ITS시설의 설치를 확충해야 할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 통행발생모형을 추정함에 있어서 각 지역의 토지이용변수를 고려한 통행발생 모형을 구축하여 전반적으로 오차를 감소시킬 수 있었으며, 지역별 특성에 맞는 토지이용변수의 이용이 오차 감소의 주요 요인이 되었다. 따라서 본 연구에서 제시한 사회경제지표 및 토지이용변수를 활용하여 각 지역별 모형을 추정할 결과가 기존 연구보다 우수한 것을 알 수 있었다.

본 연구의 한계 및 향후 연구과제는 다음과 같이 요약할 수 있다. 첫째, 지역별 모형구축에 대한 한계이다. 본 연구에서 지역별로 각각의 통행발생 모형을 구축하였으나 전국적으로 각 지역별 모형을 구축하는 것은 어려운 것으로 사료된다. 이에 각 지역을 특성별로 유형화하여 모형을 적용할 경우 기존의 모형보다 발생오차를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

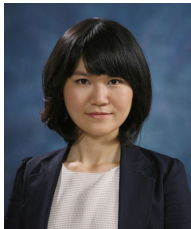
둘째, 자료의 통행발생모형 구축에 있어서 토지이용변수의 장래치 적용에 대한 한계이다. 일반적으로 사회경제지표의 장래 추정은 다양한 방법론이 제시되어 있다. 반면 토지이용의 경우 기본계획에 제시된 20년 후의 장래치가 있으나 개략적이기 때문에 토지이용 특성을 반영하는데는 한계가 있다. 기존시가지의 경우 토지이용의 변화가 적기 때문에 장래 변화가능성이 적으나, 지방중소도시의 경우 개발가능성이 높기 때문에 통행량의 변화가 커질 것으로 예상되므로 용도지역 지정과 개발 시점간

통행량의 차이를 설명하는 어려움이 있다. 따라서 토지이용지표를 적용하는데 있어서 개발 시기에 따른 토지이용의 합리적인 기준이 필요하며 이를 통행발생 추정에 적용한다면, 교통수요예측의 정확성과 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 원제무, “도시교통론,” 보성각, 2005.
- [2] 김태호, 노정현, 김영일, 오영택, “Zone특성 분할을 통한 유형별 통행발생 모형개발,” 한국도로학회논문집, vol. 12, no. 4, pp.93-100, 2010.
- [3] 수도권교통본부, “수도권 장래교통 수요예측 및 대응방안 연구,” 2009.
- [4] 유완, 김형진, 권성진, “개별통행행태를 고려한 통행발생 예측,” 대한교통학회 제 36회 학술발표회논문집, pp.77-82, 1999.
- [5] 정지교, “지역특성을 고려한 통행목적별 통행발생예측 모형,” 연세대학교 산업대학원, 2001.
- [6] 김진자, 이종호, “수도권지역의 통행발생모형의 검증(회귀모형과 카테고리모형을 중심으로),” 대한교통학회지, vol. 22, no. 3, pp.49-58, 2004.
- [7] 건설기술평가원, “교통체계효율화사업(09교통체계-지능06)의 1차년도 중간보고서,” 2010.
- [8] YAO Liya, GUAN Hongzhi and YAN Hai, “Trip Generation Model Based on Destination Attractiveness,” *TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY ISSN*, vol. 13, no. 5, 2008.
- [9] 김진자, “수도권지역의 통행발생모형 개선,” 경기대학교 대학원, 2003.

저자소개



송 재 인 (Song, Jae-In)

2010년 3월 ~ 현 재 : 홍익대학교 대학원 도시계획과 석사과정
 2010년 2월 : 홍익대학교 공과대학 도시공학과 공학사 졸업



나 승 원 (Na, Seung-Won)

2011년 9월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 교통물류연구소 연구교수
 2011년 9월 ~ 현 재 : 전기자동차 교통안전 융합체계 연구단 센터장
 2011년 8월 : 홍익대학교 대학원 도시계획과 공학박사 졸업
 1991년 2월 : 홍익대학교 대학원 도시계획과 공학석사 졸업
 1989년 2월 : 홍익대학교 공과대학 도시공학과 공학사 졸업



추 상 호 (Choo, Sang-Ho)

2010년 9월 ~ 현 재 : 홍익대학교 도시공학과 조교수
 2005년 9월 ~ 2010년 8월 : 한국교통연구원 책임연구원/연구위원
 2004년 12월 : University of California, Davis 토목 및 환경공학과(교통공학전공) 공학박사 졸업
 1995년 8월 : 한양대학교 대학원 도시공학과 공학석사 졸업
 1989년 2월 : 한양대학교 공과대학 도시공학과 공학사 졸업