

## 다중회귀모델을 이용한 보행가로별 유동인구의 추정에 관한 연구\*

- 서울 강남·서초구를 중심으로 -

임수명\*\*, 김현철\*\*\*, 김동준\*\*\*\*, 안영수\*\*\*\*\*

## A Study on the Estimating of the Floating Population of Walking Street by the Multiple Regression Model\*

- Focusing on Gangnam and Seocho-gu in Seoul -

Sumyoung Yim\*\*, Hyeoncheol Kim\*\*\*, Dongjun Kim\*\*\*\*, Youngsoo An\*\*\*\*\*

**요약** : 이 연구는 다중회귀 분석방법을 활용하여 유동인구를 예측할 수 있는 방법론을 개발하는 것을 목적으로 한다. 강남·서초구의 보행가로를 대상으로 추정 회귀모형을 도출한 후, 유동인구 추정 값과 서울시 유동인구 조사자료의 실제 값을 비교·검증하고 보행가로별 추정 값의 분포패턴을 분석하였다. 분석 결과, 물리적 환경·교통환경·토지이용특성의 변수로 구성된 회귀모형을 도출할 수 있었다. 또한 이를 유동인구의 추정모형으로 활용한 추정 값의 오차율은 약 16.67%로 확인됐으며, 각 보행가로의 특성과 시간대별 유동인구 차이에서 비롯되는 것을 확인하였다. 이 연구의 결과는 향후 공간적 특성을 반영하여 개선된 유동인구의 추정을 하는 데 기초연구가 될 수 있으며, 지역경제 활성화와 상권분석 등에 필요한 미시적 정보를 제공할 수 있다.

**주제어** : 유동인구, 유동인구추정, 보행가로, 보행환경, 다중회귀모형

**ABSTRACT** : The purpose of this study is to develop a methodology for predicting the floating population using multiple regression analysis. For this purpose, an estimated regression model was derived for pedestrian streets in Gangnam and Seocho districts. In addition, estimated and actual values of the floating population was compared and verified, and the distribution pattern of the estimated values by pedestrian street was analyzed. As a result, a regression model consisting of physical environment, traffic environment and land use characteristics was derived. In addition, the error rate of the estimated value using this model as the estimation model is about 16.67%. And it was confirmed that the error was originating by the characteristics of each pedestrian streets and the difference of the floating population by time. The result of this study suggests that it can be a basic research to improve the estimation of the floating population reflecting spatial characteristics in the future, and it is necessarily possible to provide microscopic information for regional economic activation and commercial analysis.

**KeyWords** : Floating Population, Floating Population Estimation, Pedestrian Streets, Walking Environment, Multiple Regression Models

\* 이 논문은 한국연구재단의 중견연구자지원사업(2017R1A2B4003949)과 신진연구자지원사업(2017S1A5A8021229)의 지원을 받아 수행된 연구임.

\*\* 서울시립대학교 도시공학과 석사과정(Master's Course Student, Department of Urban Planning and Design, University of Seoul)

\*\*\* 서울시립대학교 도시공학과 석사(Master's degree, Department of Urban Planning and Design, University of Seoul)

\*\*\*\* 서울시립대학교 도시공학과 박사수료(Ph. D. Candidate, Department of Urban Planning and Design, University of Seoul)

\*\*\*\*\* 서울시립대학교 도시공학과 연구교수(Research Professor, Department of Urban Planning and Design, University of Seoul),  
교신저자(E-Mail: ysan@uos.ac.kr)

# 1. 서론

## 1. 연구배경과 목적

쾌적한 도시환경과 지속가능도시를 위한 생활양식으로 패러다임이 전환되면서 보행은 대중교통 중심개발, 보행친화도시, 차 없는 거리 같은 정책과 함께 중요하게 다뤄지고 있다. 특히 보행활동의 흐름이라고 할 수 있는 유동인구는 도시의 미시적인 동태를 파악하는 데 가장 기초적 활동단위이며, 공간구조 특성이나 도시의 동적 활동을 분석하는 지표로 활용된다(정운영·문태현, 2014). 또한 유동인구는 상권분석, 교통수단의 신설 등 정책수립 자료로 활용될 뿐만 아니라 도시교통과 환경문제를 해결할 수 있는 하나의 교통수단으로 여겨져(이향숙 외, 2014), 도시 경제활동의 흐름을 분석할 수 있는 등 활용가치가 높은 척도이다.

일반적으로 유동인구가 많은 대로변 지역은 지가가 비싸거나 지가 상승 확률이 높기 때문에 넓은 지역을 점유하는 상가가 입지하며, 임대료가 비교적 낮은 골목길처럼 이면도로는 소매상가가 밀집해 상권이 형성된다(Berry, 1967; 김건영 외, 2002; 황희연 외, 2002; 김영준, 2017). 그러나 대로변은 단순 통로의 특성을 갖는 반면, 이면도로는 상대적으로 보행자가 머무르는 시간이 길기 때문에 소비장소의 특성을 갖는다(김영준, 2017). 이는 경제활동의 측면에서 유동인구가 상권 또는 상업가로에 분포한 상업시설의 매출액, 지가와 임대료, 업종변화 등에 영향을 미치는 요소이기 때문이다(최막중·신선미, 2001; 변미리·서우석, 2011; 윤나영·최창

규, 2013). 그러므로 상업시설 입지를 결정하거나 상권 활성화를 위한 정책수립에 유동인구 요소는 반드시 고려되어야 하며(홍성조 외, 2010; 장진영 외, 2015), 특히 주요 대로변뿐 아니라 연결된 이면도로의 유동인구까지 전체적으로 파악하는 것이 필요하다.

현재 유동인구에 관한 데이터 자료는 크게 각 이동통신사 기지국의 유동인구 정보, 카드사의 카드 소비 정보, 서울시 유동인구 조사 자료가 있다. 이 중 서울시 유동인구 조사자료는 공공데이터로, 조사지점의 유동인구와 속성을 파악할 수 있지만 특정 시점의 일부 조사지점을 대상으로 하였기 때문에 자료의 공간적 연속성이 떨어지고 유동인구 정도를 파악하기 어렵다는 한계를 가진다. 이동통신사의 유동인구 자료나 카드 소비자료는 민간기업 자료로, 셀 단위로 자료가 제공되어 정밀도와 연속성 측면에서 장점이 있지만(김경태 외, 2015), 민간기업 특성상 이용여건이 한정적이고, 가로 단위의 유동인구를 파악하는 데 한계가 있다.

또한, 유동인구를 파악하기 위해 통계기법을 활용해 추정하는 연구는 교통 분야에서 보행자 안전을 도모하기 위해 통행량을 추정하거나, 공간구문론(Space Syntax) 모델<sup>1)</sup>을 이용하여 유동인구를 예측하는 연구가 주로 이루어지고 있다. 전자는 유동인구를 추정해 보행자의 위험 노출을 파악하고자 하였지만, 교통수요추정 기법에 기반을 두고 횡단보도와 도로의 일정 범위를 대상으로 추정하여 공간상 유동인구를 추정하는 데 한계가 있다. 후자는 공간구문론 모델로 보행특성 자료와 도로 네트워크를 이용해 유동인구를 예측했다(김영욱 외, 2005; 정찬희·최무혁, 2010; 윤철재·민건희, 2014). 하

1) 공간구문론(Space Syntax) 모델은 공간과 공간 사이 축선도를 이용하여 공간의 연결관계를 파악하는 분석방법이다. 축선도는 가장 길고 가장 적은 축선으로 네트워크를 표현하는 것이며, 축선으로 구분된 단위 공간에 각각 주어진 깊이(depth), 연결도(connectivity), 통제도(control), 통합도(integration) 등의 지표를 산정하게 된다(윤철재·민건희, 2014). 차량이나 보행자의 흐름을 예측하기 위한 기법으로 광범위하게 사용된다.

지만 사람들이 실제 보행하는 네트워크가 아닌 자동차 도로 네트워크를 활용하여 유동인구를 추정했다는 한계가 있고(한상진 외, 2008), 실제 보행 네트워크의 이동거리와 주변시설 등을 고려하지 못하기 때문에(이미영 외, 2015), 유동인구를 추정하는 데 필요한 다양한 공간특성과 유동인구와의 상호관계를 파악하지 못한다.

이러한 점에 착안하여 이 연구는 다양한 공간요소를 반영하고, 기존 유동인구 추정 모형의 한계를 극복하고자 다중회귀모형을 이용하여 유동인구 예측 회귀모델을 구축하고 유동인구를 추정하는 것을 목적으로 한다. 회귀분석으로 유동인구에 영향을 미치는 요인을 파악하고, 회귀계수를 이용한 유동인구 추정모델로 보행가로의 유동인구 분포를 추정·검증하였다. 보행가로 유동인구 추정 결과는 도시의 미시적 공간구조변화를 파악하기 위한 기초자료로 활용될 수 있으며, 상권분석·상업시설입지·상권활성화 같은 정책 수립 시 유동인구 추정 수단으로 활용될 것으로 기대된다.

## 2. 연구범위와 방법

연구의 공간적 범위는 서울의 주요 도심지역인 강남구와 서초구 일대로 하였다. 해당 지역은 짧은 기간 동안 많은 토지이용변화과정을 겪었으며, 주거시설과 대규모 상업시설, 업무시설이 혼합된 토지이용을 보이므로(강병기 외, 1997), 상업적 특성 뿐 아니라 주거·업무·도로위계 등 유동인구에 영향을 미치는 다양한 요인을 반영할 수 있다. 추정 대상지역은 강남구와 서초구의 중심지인 강남역일대로 선정하였다.

시간적 범위는 이 연구에서 활용한 유동인구 조사자료에 따라 2015년을 기준으로 하였다. 내용 범위는 먼저 회귀모형으로 유동인구에 영향을 미

치는 요인을 분석하고, 도출된 유동인구 영향요인에 따라 유동인구 추정식을 설정하여 검증데이터를 대상으로 해당 추정식을 적용·검증한다. 데이터는 2015년 서울시 유동인구 조사 자료와 2015년 서울시 GIS건물통합정보를 활용했다. IBM SPSS Statistics 19와 ArcGIS 10.2를 이용하여 분석하였다.

연구 구성은 다음과 같다. 1장에서는 이 연구의 배경과 목적을 제시하였다. 2장에서는 선행연구를 검토하고 유동인구 추정방법과 유동인구의 영향요인을 확인하였다. 3장에서는 강남·서초구의 유동인구 영향요인을 바탕으로 자료를 구축하고 분석의 틀을 설정하였다. 또한 다중회귀분석을 이용하여 강남·서초구의 유동인구를 추정하기 위한 회귀모델을 구축하였다. 4장에서는 회귀모델을 강남·서초구의 유동인구 추정식으로 설정하고 검증데이터를 대상으로 추정·검증하였으며, 강남역 일대를 대상으로 확인하였다. 마지막으로 5장에서는 연구의 결론과 시사점을 도출하였다.

## II. 이론과 선행연구 고찰

도시활동의 기회는 유동인구 규모로 파악할 수 있으며, 유동인구는 보행공간 인근 보행유발시설의 용도, 해당시설과의 거리, 개별 보행경로의 중첩 등 공간 특성에 따라 다르게 나타나기 때문에 생활 인프라의 수요·공급·관리와 상권 활성화 등에 영향요인으로 여겨진다(김태현 외, 2012). 따라서 이 연구는 유동인구에 영향을 미치는 요인과 유동인구를 추정하기 위한 방법에 관한 선행연구를 검토하였다.

## 1. 유동인구의 영향요인 연구

유동인구와 보행환경과의 영향관계를 파악하려고 유동인구의 영향요인에 관한 연구를 고찰하였다. 김태현 외(2016)는 구조방정식을 이용하여 유동인구에 영향을 미치는 요인 간 관계를 규명하였다. 침두시간, 비침두시간, 전체시간으로 구분하여 시간대별 요인의 영향력 변화를 분석하였는데, 분석 결과, 상업·업무, 접근성, 보행환경, 주거요인 순으로 영향력이 적었고 시간대별로 각각 달라진다고 하였다. Lee and Moudon(2006)은 유동인구가 활동 목적지와 관련이 없으며, 유동인구와 물리적 환경 사이에는 연관성이 존재한다고 확인하였다.

이정우 외(2015)는 다중회귀분석으로 가로유형별 유동인구에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 근린생활시설 밀도와 토지이용 혼합도, 보도폭, 차로 수가 유동인구에 양(+)의 영향력을 미치며, 주거밀도가 높은 가로는 물리적환경보다 저층부 용도나 토지이용 혼합도 특성이 보행량에 더 큰 영향력이 있다고 확인하였다. 이주아 외(2014)는 가로의 물리적 여건 관련 변수가 실제 유동인구와 유의미한 관계가 있고, 개발밀도나 집객·편의시설 관련 변수는 유의하다고 분석했다. 윤나영·최창규(2013)는 서울시 6개 자치구의 상업지역에 분포한 조사지점을 대상으로 토지이용·도시조직·대중교통과의 접근성을 밀도·다양성·디자인 측면으로 나누어 유동인구와의 관련성을 분석하였다. 보행환경요인 5가지를 비교하면 건폐율이나 건물 수 같은 밀도 관련 변수가 유동인구에 가장 중요한 요소로 확인됐다. 그다음은 용도의 다양성과 경사, 보도폭, 디자

인 요소 등이 보행증진에 중요한 요소로 확인되었다. 김태현 외(2012)는 지하철 역세권을 대상으로 가로보행량에 영향을 미치는 요인을 파악하여 지하철역을 중심으로 상업지역이 많거나 지하철역과 가까울수록 유동인구가 늘어나는 것을 확인하였다. 장진영 외(2015)는 유동인구에 미치는 영향요인 특성을 밝히기 위해 토지이용유형에 따라 5개의 군집으로 분류하고, 군집별로 유동인구에 영향을 미치는 요인을 토지이용, 대중교통 서비스 특성, 인구로 구분하여 영향요인을 규명하였다. 분석 결과, 모든 군집과 서울시 전체의 설명 변수의 영향력은 군집별로 달랐으며, 공간 위계별 영향력도 상이한 것으로 분석되었다.

## 2. 유동인구의 추정과 다중회귀모형을 이용한 추정

유동인구 추정에 관한 연구는 주로 교통분야와 도시계획 분야에서 이루어지고 있는데, 전자는 보행자가 자동차 충돌 사고에 매우 취약하기 때문에 보행자의 이동 패턴과 위험노출 수준에 초점을 맞춰 이루어지고 있다(Qin and Ivan, 2001; Noah and David, 2004; Diogenes, 2007; Kim et al., 2013). 해당 연구의 추정 방법론은 직접 측정 방법을 이용하거나 수요추정모형<sup>2)</sup>, 중력모형을 사용한다. 직접 측정 방법은 원하는 데이터를 얻을 수 있으나 비용과 시간이 방대하게 소모된다. 수요추정모형과 중력모형은 교통분야의 대표적 분석방법이지만 교통수요예측을 기반으로 두고 있어 미시적 단위인 유동인구 추정에 한계가 있다.

2) 교통분야의 모델링 접근법은 지역 여행 수요 모델(regional travel demand models), GIS기반 모델(GIS-based models), 트립 생성과 흐름 모델(trip generation and flow models), 네트워크 분석 모델(network analysis models), 개별 선택 모델(discrete choice models), 그리고 시뮬레이션 기반 트래픽 모델(simulation-based traffic models)을 포함한다(Shawn et al., 2017).

후자는 도시의 공간구조변화와 상권 특성을 파악하기 위해 유동인구 예측 연구가 진행되었으며(김영욱 외, 2005; 정찬희·최무혁, 2010; 황재홍 외, 2010; 윤철재·민건희, 2014), 교통분야의 Noah and David(2004)와 더불어 해당 연구는 대부분 네트워크 중심의 공간구문론 모델을 이용하였다. 공간구문론 모델은 공간의 상대적 깊이와 중심성을 주로 분석하는 모델로, 축선도로 공간의 연결관계, 즉 중심성의 위계를 파악할 수 있다는 장점이 있다.

그러나 이 모델은 유동인구 추정에 도시공간의 특성과 유동인구의 상호관계를 반영하지 못한다. 왜냐하면 도로 네트워크 연결성으로만 도시 공간을 표현하기 때문에 거리의 다양한 특성을 고려하지 않은 단순화된 표현이기 때문이다(Carlo, 2004). 또한 공간단위에 따라 다른 분석결과를 나타내면서 여러 학자에게 근본적인 문제점을 지적받고 있다(Nick, 2001; 윤철재·민건희, 2014; 이미영 외, 2015).

한편, 회귀모형은 예측하기 위한 종속변수에 영향을 주는 요인을 파악할 수 있기 때문에 환경·의학·운동학·토목 등 광범위한 분야에서 추정방법으로 활용된다(김경호 외, 1997; 윤영삼 외, 2010; 임재형 외, 2010; 손의영 외, 2004; 오세정·유철상, 2007). 회귀분석은 종속변수  $Y$ 의 예측값인  $\hat{Y}$ 으로 추정값을 나타낸다. 자료 표본에 따라 추정식의 기울기와 절편이 달라지며, 표준화계수인  $\beta$ 값은 독립변수( $X$ )가 한 단위 변할 때 종속변수( $Y$ )가 얼마나 변하는지 설명한다. 모형 구조상 독립변수( $X$ )의 변화에 따라  $Y$ 의 예측값인  $\hat{Y}$ 을 산출하기 때문에 추정모형으로도 활용할 수 있다(채구묵, 2011; 박상수·한치록(역), 2015).

회귀모형을 이용한 추정연구에서 김영욱 외(2005)는 공간구문론 모델을 활용해 변수를 구축하였으며, 다중회귀모델로 영향요인을 파악하고 장래

보행량 예측 방법을 연구하였다. 황재홍 외(2010)는 코엑스몰을 대상으로 보행량을 측정하여 복합 시설물 임대료의 특성을 연구하였다. 분석 결과, 공간구문론 모델의 통합도와 대상지의 실제 유동인구에 확연한 차이가 있다는 것을 확인하고 다중회귀모델을 이용하였다.

### 3. 소결

유동인구에 영향을 미치는 요인 관련 연구와 유동인구를 추정하기 위한 방법에 관한 선행연구를 검토한 결과, 유동인구는 접근성·토지이용·보행환경 요인처럼 주변 환경요인과 밀접한 연관이 있다고 확인됐다. 일부 유동인구를 추정한 연구에서도 다중회귀분석을 이용하였으며, 이 연구는 공간구문론 모델을 이용하여 변수를 구축하였다. 하지만 공간구문론 모델이 갖는 한계로 미시적 공간단위에서 추정이 어렵다. 또한 건축물 내부의 공간을 설명하기 위해 개발된 모형이므로 보행공간 인근의 공간적 특성을 고려하지 못하기 때문에 보행환경 특성이 반드시 반영되어야 하는 이면도로에 적용하는 것에는 어려움이 있다.

현재 유동인구를 추정하는 방법은 공식화되어 있지 않은 실정이며, 복잡한 도시의 구성요인을 포함한 유동인구 추정모델이 필요하다. 따라서 이 연구는 실제 보행네트워크를 이용하고 주변 도시공간의 특성을 반영하였으며, 회귀모델을 적용하여 보행가로 단위의 유동인구 분포를 추정했다는 점에서 기존 연구와 차별점이 있다. 또한, 기존 서울시 유동인구 조사지점 외 지점의 유동인구를 추정하여, 도시공간에서 지속적으로 변화하는 경제적·사회적 환경변화를 미시적 단위에서 모니터링이 가능하다는 데 의의가 있다.

### III. 유동인구 예측 회귀모델 구축

#### 1. 분석모델 개요

이 연구는 통계 신뢰성을 바탕으로 유동인구를 추정하기 위해 회귀분석을 구축하려고 하였다. 회귀분석모형은 일반적으로 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 분석하는 기법이며, 그 결과를 예측에도 활용할 수 있다(이재익, 2002; 권순호·정건희, 2017). 유동인구에 영향을 미치는 요인을 파악하고 추정하기 위한 분석모형을 다음의 식(1)과 같이 설정하였다.

$$Y_{\text{유동인구}} = \alpha + \beta_1 X_{\text{물리적환경}} + \beta_2 X_{\text{교통환경}} + \beta_3 X_{\text{토지이용특성}} + e_i$$

$Y_i$  = 조사지점의 주중 일평균 유동인구수 식(1)

$\alpha$  = 상수

$\beta_i$  = 회귀계수

$X_i$  = 유동인구 영향요인의 설명변수

$e_i$  = 오차항

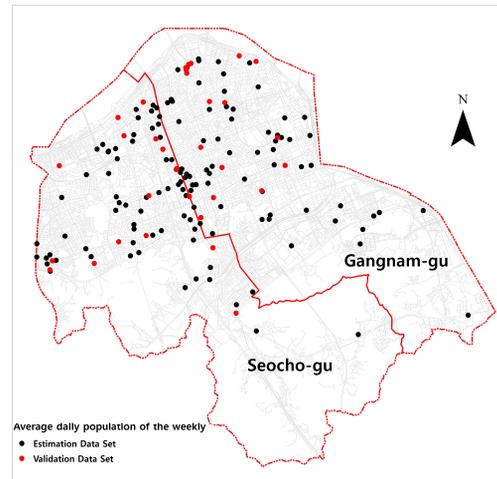
다중회귀분석의 변수선택 방법은 입력선택법, 전진선택법, 후진제거법, 단계적 선택법이 있다. 강남·서초구의 추정식은 가장 최적의 모형을 선택하기 위하여 단계적 선택법(stepwise selection)을 이용하였다. 단계적 선택법은 독립변수를 추가하면서 유의성에 따라 변수를 추가·제거하는 과정을 반복하는 방법이다. 강남·서초구의 유동인구 예측 회귀모델은 모든 변수가 통계적으로 유의하며, 간단한 모형으로 도출하고자 하였다.

#### 2. 분석변수 설정

유동인구에 영향을 미치는 변수는 선행연구 검토를 바탕으로 설정하였다(〈표 1〉 참조).

서울시는 2009년 1만 지점을 대상으로 유동인구 조사지점을 선정하였으며, 2012년에는 2천 지점, 2013~2015년에는 1천 지점을 대상으로 유동인구 조사지점을 선정하였다. 선정한 조사지점을 대상으로 일주일에 3일, 12시간 동안 약 5분 단위로 보행량을 조사하였다.<sup>3)</sup> 이 연구는 가장 최근에 조사된 2015년 1,217개의 유동인구 조사지점 자료 중 강남구와 서초구에 포함된 총 162개 지점 자료를 연구에 활용하였다. 단, 이 중 20%(33개)의 조사지점을 무작위선택(randomly selection)으로 추출하여, 검증데이터로 활용하였으며, 나머지 80%(129개)를 이용해 모델의 계수추정을 위한 입력데이터로 활용하였다(〈그림 1〉 참고).

〈그림 1〉 강남구와 서초구의 유동인구 조사지점



3) 유동인구 조사시간은 오전 7시 30분부터 오후 7시 30분이며, 점심시간은 제외되었다. 조사제외시간인 아침(07:00~07:30), 점심(11:30~12:30), 저녁(19:30~21:00) 시간대는 조사된 유동인구 패턴을 반영하여 유동인구를 추정하였다. 아침과 저녁시간대는 기존 유동인구 자료의 지점별 평균대비 시간대별 비율을 이용하였으며, 점심시간대는 지점별 보행패턴의 추세연장을 이용하였다. 또한 미조사요일도 조사지점 인근(650m 내) 대중교통 승하차 인원을 이용하여 추정하였다(서울특별시, 2015).

〈표 1〉 분석변수 설정

변수명		변수설명
유동인구		주중 일평균 보행량
물리적 환경 특성	보도너비	조사지점 가로의 보도너비(m)
	보도차도겸용	조사지점 가로의 보도차도겸용 여부
	보행자전용	조사지점 가로의 보행자전용도로 여부
	경사도	조사지점 가로의 경사도
	보도율	조사지점 보행활동범위(400m) 내 보도면적/보행활동범위(400m) 면적(m <sup>2</sup> )
교통 환경	ln지하철역출입구까지 거리	조사지점에서 가장 가까운 지하철역 출입구까지의 거리
	ln지하철승하차	조사지점에서 가장 가까운 지하철역의 평균 승하차 인원
	ln버스승하차	조사지점 보행활동범위(400m) 내 버스정류장의 평균 승하차 인원
	ln버스정류장까지 거리	조사지점에서 가장 가까운 버스정류장까지의 거리
토지 이용 특성	단독주택밀도	단독주택 연면적/보행활동범위(400m) 면적(m <sup>2</sup> )
	공동주택밀도	공동주택 연면적/보행활동범위(400m) 면적(m <sup>2</sup> )
	근린생활시설밀도	근린생활시설 연면적/보행활동범위(400m) 면적(m <sup>2</sup> )
	판매·영업시설밀도	판매·영업시설 연면적/보행활동범위(400m) 면적(m <sup>2</sup> )
	업무시설밀도	업무시설 연면적/보행활동범위(400m) 면적(m <sup>2</sup> )
	문화·집회시설밀도	문화·집회시설 연면적/보행활동범위(400m) 면적(m <sup>2</sup> )
	숙박시설밀도	숙박시설 연면적/보행활동범위(400m) 면적(m <sup>2</sup> )
	의료시설밀도	의료시설 연면적/보행활동범위(400m) 면적(m <sup>2</sup> )
	복합도	조사지점 보행활동범위(400m) 내 건축물 주용도의 다양성지수
	건폐율	조사지점 보행활동범위(400m) 내 대지면적에 대한 건축면적의 평균 비율
	ln대지면적	조사지점 보행활동범위(400m) 내 건축물을 세울 토지의 수평면상 평균 넓이

중속변수는 서울시 유동인구 조사자료의 일평균 보행량으로 설정하였다. 독립변수는 보행가로의 물리적 환경, 대중교통시설, 주거지역과 상업·업무지역에 따른 토지이용 특성 등을 반영할 수 있도록 조사지점의 물리적·교통환경과 토지이용특성으로 구분하여 설정하였다. 물리적 환경 변수는 보도너비, 보도차도겸용여부, 보행자전용도로, 경사도, 보도율을 활용하였다. 이러한 보행환경 요소는 보행공간의 쾌적성·안전성·편리성을 확보하는 공간의 구성요소이며, 보행자 공간의 틀을 형성하는 물리적 요소이다(이경환·안건혁, 2008; 이연수 외, 2013). 또한 이러한 보행환경은 보행자 충돌사고

를 예방하는 안전성과 관련이 깊으며(Knoblauch and Richard, 1988; 이수만·황기연, 2009;), 보행 경로 선택 시 인식과 태도로 조절되기 때문에 선호도에 따라 보행활동이 다르게 나타날 수 있다(Guo, 2009; Meester et al., 2013; Trumpeter and Wilson, 2013; 이수기 외, 2014). 보도너비를 제외한 보행공간의 물리적 특성 변수는 더미변수(유=1, 무=0)로 설정하여 유동인구와의 관계를 설명하고자 하였다.

교통환경은 가장 가까운 지하철역 출입구까지 거리, 가장 가까운 지하철역의 승하차인원, 가장 가까운 버스정류장까지 거리, 보행활동범위(400m)<sup>4)</sup>

4) Perry(1929)는 근린주구이론으로 보행활동범위(보행권)의 범위를 1/4mile(약 400m)로 정의했으며, TND(Traditional Neighborhood Development)와 도로교통안전협회(1984)는 보행가능권역을 400m로 정의하고 있다(이정우 외, 2015). 이 연구는 실제 보행가능한 도로망을 반영하기 위해 국토지리정보원에서 제공하는 보행자용 상세 도로망을 보행네트워크 자료로 활용하였으며 범위를 400m로 설

내 평균 버스 승하차인원을 변수로 구성하였다. 교통환경 요인은 도보통행의 기종점을 연결해주는 교통수단이므로 교통시설 접근성과 유동인구의 관계를 확인하고자 변수로 설정하였다.

토지이용 특성 변수는 각 유동인구 조사지점의 보행활동범위(400m) 내 건축물의 용도별 연면적 밀도 값을 사용하였다. 이는 용도별 개발밀도가 유동인구에 미치는 영향력과 연관성을 살펴보는 변수로 사용되었다. 용도별 밀도산출방법은 먼저 건축물의 용도를 단독주택·공동주택·근린생활시설(제1종근린생활시설, 제2종근린생활시설, 일반근린생활시설)·판매시설·영업시설·업무시설·문화집회시설·숙박시설·의료시설로 구분하였다. 그다음 보행활동범위(400m) 내 포함되는 용도별 건축물 연면적 비율을 산출한 뒤 보행활동범위(400m) 면적으로 나누어 용도별 연면적 밀도를 산출하였다.

건축물의 주용도시설 복합도는 심슨(Simpson) 지수<sup>5)</sup>를 이용하였다. 이는 다양한 용도의 시설물에 따른 보행활동을 확인할 수 있는 변수이다(성현곤 외, 2014). 또한 대지크기와 건폐율은 보행자의 경로와 관계있는 요소로, 유동인구와의 관계를 확인하려고 변수로 설정했다(하재현·이수기, 2017). 이 연구는 다중회귀분석을 이용하였으므로 변수가 정규 분포를 가정하며, 정규 분포하지 않는 변수는 로그를 취해 변수로 구성하였다.

### 3. 기술통계와 상관분석

이 연구에서 활용한 변수의 기술통계량은 <표 2>와 같다.

<표 2> 기술통계량

변수명	최솟값	최댓값	평균	표준편차	
유동인구	11.82	6247.90	265.07	3.32	
물리적 환경 특성	보도너비	1.00	24.00	4.69	2.94
	보도차도겸용	0.00	1.00	0.28	0.45
	보행자전용	0.00	1.00	0.64	0.48
	경사도	0.00	17.76	2.45	3.30
	보도율	0.00	0.28	0.08	0.05
교통 환경	지하철역 출입구까지 거리	0.42	4402.82	290.03	3.06
	지하철승하차	4315.64	208981.29	52575.21	2.51
	버스승하차	9.21	20332.99	1074.92	3.82
	버스정류장까지거리	0.20	720.54	70.81	3.46
토지 이용 특성	단독주택밀도	0.00	0.49	0.10	0.11
	공동주택밀도	0.00	4.63	0.72	0.76
	근린생활시설 밀도	0.00	1.25	0.43	0.30
	판매 및 영업시설밀도	0.00	2.82	0.11	0.39
	업무시설밀도	0.00	5.04	1.03	1.26
	문화 및 집회시설밀도	0.00	1.98	0.06	0.29
	숙박시설밀도	0.00	0.92	0.06	0.14
	의료시설밀도	0.00	2.46	0.04	0.24
	복합도	0.26	1.00	0.44	0.15
	건폐율	0.87	50.26	30.28	13.28
	대지면적	9.21	29732.62	632.70	3.00
	N	129			

정하였다. 또한 보행네트워크 400m 범위에 따라 보행환경변수를 구축하였다. 보행환경변수 구축은 Arc GIS 10.2의 Network Analyst Service area를 활용하였다.

5) 심슨 지수는 다양성을 평가하기 위해 보편적으로 사용하는 지수 중 하나이다. 이는 0~1의 값을 가지는데, 0에 가까울수록 다양성이 높아지며, 1에 가까울수록 다양성이 낮아진다(채희원·신정엽, 2015).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^R n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad \begin{matrix} D = \text{Simpson 지수} \\ R = \text{용도의 수} \\ n_i = \text{용도 } i \text{의 개체 수} \\ N = \text{전체 용도의 개체 수} \end{matrix} \quad (\text{식})$$

정규분포화를 위해 로그 값을 취하여 분석에 활용된 변수는 기술통계의 이해를 돕기 위해 원래 값으로 제시하였다. 2015년 강남·서초구의 162개의 유동인구 조사지점 중 80%(129개)의 유동인구 조사지점을 대상으로 분석한 결과, 강남·서초구의 평균 유동인구는 521.21명이다. 종속변수인 유동인구의 평균은 265.07이며, 최솟값은 11.82, 최댓값은 6,247.90으로 최솟값과 최댓값의 차이가 있는 것으로 보아 강남·서초구는 유동인구 분포의 차이가 큰 것을 알 수 있다.

물리적 환경 변수 중 보도너비는 평균 4.69m로 확인되었으며, 경사도는 평균 2.45, 최솟값 0, 최댓값 17.76으로 경사가 심한 지역이 있다는 사실을 알 수 있다. 교통환경은 지하철역 출입구까지 거리가 평균 290.03m이며, 최솟값 0.42m, 최댓값 4,402.82m로 최솟값과 최댓값이 편차가 크게 나타났다. 하지만 평균값과 비교하여 표준편차가 안정적이어서 조사지점과 지하철역이 인접 분포하는 것으로 볼 수 있다. 또한 지하철 승하차인원의 평균은 52,575.21명이며, 버스승하차인원은 평균 1,074.92명으로 지하철 이용자가 더 많았다. 가장 가까운 버스정류장까지 거리는 평균 70.81m로 지하철역보다 시설이 많았다.

토지이용특성 변수인 단독주택과 공동주택, 근린생활시설, 판매·영업시설, 업무시설, 문화·집회시설, 숙박시설, 의료시설 밀도의 최솟값은 모두 0.00이었으며, 최댓값은 각각 0.49, 4.63, 1.25, 2.82, 5.04, 1.98, 0.92, 2.46으로 확인됐다. 이는 조사지점별로 토지이용 특성의 편차가 큰 것을 의미하며, 특히 강남·서초구의 고용자 밀도와 업무시설 밀도가 확연하게 높은 것을 알 수 있다. 보행활동 범위(400m) 내 건축물 주 용도시설의 복합도는 평균 0.44로 확인됐고, 건폐율은 평균 30.28%, 대지면적은 632.70㎡였다.

다중회귀모형에 사용하기 위한 독립변수의 독립성을 살펴본 결과는 <표 3>에 제시된 바와 같다.

상관계수 0.5를 기준으로 상관성이 높은 보행자전용, 숙박시설밀도, 건폐율 변수를 제거하였으며, 이 외 변수를 이용하여 다중회귀분석을 실시하였다.

#### 4. 다중회귀분석 결과

강남·서초지역의 유동인구 대상 다중회귀분석 결과는 <표 4>와 같다. 보도너비, ln지하철승하차인원, ln버스승하차인원, 근린생활시설밀도, 업무시설밀도, 의료시설밀도는 유동인구에 유의한 양(+)의 영향을 미쳤다. 보도차도겸용여부와 ln지하철역 출입구까지 거리는 유동인구에 유의한 음(-)의 영향요인으로 나타났다.

변수별로 물리적 환경 변수에서 보도너비는 유의한 양(+)의 값, 보도차도겸용은 유의한 음(-)의 값이었다. 이는 보도너비( $\beta=0.186$ )가 한 단위 증가할 때 유동인구가 18.6% 증가하였으며, 보도차도겸용( $\beta=-0.359$ )은 보도차도겸용일 경우 유동인구가 35.9% 감소하였다. 보도가 넓고 보도와 차도가 구분된 환경은 보행자의 안전성과 관련이 있으므로 유동인구에 양(+)의 영향을 미친다.

교통환경 변수에서는 조사지점에서 가장 가까운 ln지하철역출입구까지 거리( $\beta=-0.227$ )의 증가율이 감소하거나, ln지하철승하차인원( $\beta=0.148$ )의 증가율이 증가하거나, ln버스승하차인원( $\beta=0.175$ )의 증가율이 커질수록 유동인구의 증가율이 증가하였다. 교통환경에 따른 유동인구는 대부분 대중교통 이용자의 영향으로 판단된다. 이 연구에서 유동인구는 대중교통 역사시설 외부 공간 보행인구의 흐름이므로 역사시설과 가깝고 승하차인원이 많을수록 유동인구에 양(+)의 영향을 미치는 것이다.

토지이용특성 변수는 근린생활시설( $\beta=0.231$ )과 업무시설( $\beta=0.317$ ), 의료시설( $\beta=0.139$ )의 밀

〈표 3〉 독립변수 간 상관관계

	보도 너비	보도 차도 경용	보행자 전용	경사도	보도용	ln지하철 역출입구 까지 거리	ln지하철 승하차	ln버스 승하차	ln버스 정류장 까지 거리	단독 주택 밀도	공동 주택 밀도	근린 생활 시설 밀도	판매· 영업 시설 밀도	업무 시설 밀도	문화· 진회 시설 밀도	숙박 시설 밀도	의료 시설 밀도	복합도	건배율	ln대지 면적
보도너비	1																			
보도차도 경용	.048	1																		
보행자 전용	.013	<b>-0.822**</b>	1																	
경사도	-0.069	-0.059	-0.045	1																
보도용	.157	.055	.005	-0.299**	1															
ln지하철 출입구 까지 거리	-0.188*	.050	-0.063	.134	-0.009	1														
ln지하철 승하차	.090	.170	-0.062	-0.237**	.306**	-0.044	1													
ln버스 승하차	.191*	.059	-0.072	-0.373**	.184*	-0.387**	.179*	1												
ln버스 정류장 까지 거리	-0.091	.361**	-0.321**	-0.042	.055	.140	.078	.025	1											
단독주택 밀도	-0.125	.343**	-0.271**	-0.112	-0.160	.097	.067	.055	.200*	1										
공동주택 밀도	-0.073	-0.207*	.110	-0.073	-0.002	-0.077	-0.309**	.044	-0.023	-0.218*	1									

\*. 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.

\*\* . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함.

〈표 3 계속〉 독립변수 간 상관관계

	보도 너비	보도 차도 검용	보행자 전용	경사도	보도율	In지하철 역출입구 까지 거리	In지하철 승하차	In버스 승하차	In버스 정류장 까지 거리	단독 주택 밀도	공동 주택 밀도	근린 생활 시설 밀도	판매· 영업 시설 밀도	업무 시설 밀도	문화· 집회 시설 밀도	숙박 시설 밀도	의료 시설 밀도	복합도	건폐율	In대지 면적
근린생활 시설밀도	.115	.226*	-.153	-.294**	.009	-.264**	.346**	.401**	.053	.292**	-.402**	1								
판매 및 영업 시설밀도	.473**	-.038	.064	-.129	.129	-.144	.048	.031	.030	-.202*	-.054	.089	1							
업무시설 밀도	.066	.073	-.020	-.174*	.497**	-.243**	.444**	.209*	.065	-.161	-.113	.058	-.117	1						
문화 및 집회 시설밀도	-.055	.006	.028	.026	.054	.016	-.041	-.076	.076	-.083	-.107	-.046	.107	.136	1					
숙박시설 밀도	.103	.014	-.002	-.113	.162	.024	.098	-.017	.110	-.090	-.150	-.028	.088	.418**	.704**	1				
의료시설 밀도	-.101	-.079	.017	.079	-.021	.070	-.129	-.025	-.038	-.113	-.104	-.172	-.038	-.112	-.032	-.058	1			
복합도	-.021	-.208*	.169	.100	.188*	-.064	-.223*	-.064	.065	-.346**	.110	-.383**	.105	.076	-.069	.157	.357**	1		
건폐율	-.042	.354**	-.275**	-.166	.052	-.048	.379**	.253**	.069	.583**	-.438**	.595**	-.336**	.354**	.049	.193*	-.184*	-.504**	1	
In대지면적	.196*	-.128	-.010	-.044	.131	-.158	-.040	.151	-.145	-.345**	.106	-.195*	.391**	.040	.144	.139	.417**	.260**	-.258**	1

\*. 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.

\*\* . 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함.

〈표 4〉 다중회귀분석 결과

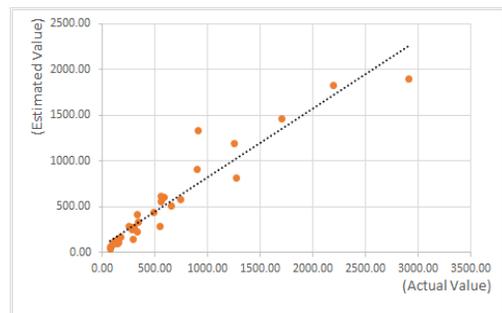
변수명		비표준화 계수		표준화 계수	t	유의확률	공선성 통계량	
		B	표준오차	$\beta$			공차	VIF
(상수)		3.000	1.038	-	2.890	.005	-	-
물리적 환경특성	보도너비	.074	.023	.186	3.164	.002	.940	1.063
	보도차도겸용	-.932	.154	-.359	-6.046	.000	.925	1.081
교통 환경	ln지하철역출입구까지 거리	-.238	.068	-.227	-3.485	.001	.766	1.306
	ln지하철승하차	.189	.088	.148	2.137	.035	.678	1.474
	ln버스승하차	.155	.059	.175	2.640	.009	.739	1.353
토지이용 특성	근린생활시설밀도	.907	.272	.231	3.334	.001	.676	1.479
	업무시설밀도	.295	.063	.317	4.673	.000	.710	1.408
	의료시설밀도	.665	.281	.139	2.367	.020	.944	1.059
표본수	N	129						
R제곱=0.612 수정된 R 제곱=0.586 F=23.479(p=0.000***) Durbin-Watson=2.059								

\*=p-value<0.1, \*\*=p-value<0.05, \*\*\*=p-value<0.01

도가 높아질수록 유동인구 수도 늘어났다. 근린생활시설과 의료시설은 도시민의 일상생활에 편의를 제공하는 시설로 해당 시설을 이용하기 위해 이동하는 유동인구를 발생시킨다. 업무시설은 사업체 종사자의 출퇴근과 업무활동 등으로 유동인구가 발생한다.

마지막으로 회귀분석 결과로 도출된 강남·서초의 유동인구 조사지점별 검증데이터의 유동인구 추정 값과 유동인구 실제 값을 비교하였다. 결과는 〈그림 2〉와 같다. 회귀모형의 유의성은 더빈-왓슨(Durbin-Watson) 값이 2.059로 4보다 2에 가까웠으며, 분산팽창지수(VIF) 값이 모든 변수에서 10보다 작기 때문에 잔차의 독립성과 다중공선성 문제는 존재하지 않았다. 또한 F=23.479(p=0.000)로 매우 유의하다고 확인됐다. 설명력은 약 0.586으로 유동인구 추정모델로는 다소 낮지만, 도시공간에서 다양한 요인을 반영하여 추정된 값으로 향후 개선된 모델 개발을 위한 의미 있는 결과로 보인다.

〈그림 2〉 강남·서초구 유동인구 예측회귀 모델 결과



## IV. 유동인구 추정과 검증

### 1. 유동인구 추정과 검증 개요

유동인구 예측 회귀모델을 강남·서초구의 유동인구 추정식으로 설정했다. 2015년 강남·서초구의 유동인구 조사지점의 20%를 무작위 추출(random sampling)했으며, 33개의 유동인구조사지점을 검증데이터로 활용하였다.

또한 유동인구 추정식의 실효성을 확인하기 위해 강남역 일대(이하 강남역 역세권 500m)의 보행가로에 적용하여 166개의 보행가로를 추정하였다(〈그림 3〉 참조).

## 2. 유동인구 추정 검증결과

〈표 5〉는 유동인구 조사지점의 실제 값과 추정 값을 비교하여 나타낸 결과이다. 강남·서초 유동인구 예측 모델의 값인  $\ln \widehat{\text{유동인구}}$ 를 지수변환한 추정 값과 실제 유동인구를 비교하였다.  $\ln \widehat{\text{유동인구}}$ 를 유동인구로 지수변환하면, 종속변수 유동인구의 기댓값이 저평가되는 한계가 있다(박상수·한치록(역), 2015). 이를 보정하기 위해 식(2)와 식(3)을 활용하였다.

$$\widehat{\text{유동인구}} = \hat{\alpha}_0 \exp(\ln \widehat{\text{유동인구}}) \quad \text{식(2)}$$

$$\hat{\alpha}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \exp(\hat{u}_i) \quad \text{식(3)}$$

$\hat{\alpha}_0$ 는 잔차  $\hat{u}_i$ 로 구할 수 있으며, 항상  $\hat{\alpha}_0 > 1$ 을 나타낸다(Duan, 1983; 박상수·한치록(역), 2015).

이를 비교한 결과, 유동인구의 실제 값과 추정 값의 평균 오차율은 16.67%였다. 하지만 조사지점 22-075와 23-124, 23-859는 실제 유동인구와 추정 유동인구의 차이가 컸다(〈표 6〉 참조). 조사지점 22-075는 보행활동범위(400m)의 면적과 비교했을 때 근린생활시설과 업무시설의 밀도가 낮으며, 전체적으로 건축물의 밀도가 낮아 유동인구를 유발하는 시설이 적어 과소추정된 것으로 판단된다. 조사지점 23-124는 다른 조사지점보다 보도 너비가 넓으며 지하철승차 수가 많고, 업무시설

〈표 5〉 강남·서초 유동인구의 실제 값과 추정 값 비교·검증

조사지점	실제 값	추정 값	오차 값	오차율
22-048	583.82	610.81	-26.99	4.62%
22-067	140.41	101.94	38.47	27.40%
22-069	144.16	117.93	26.23	18.19%
22-075	542.57	291.07	251.51	46.35%
22-082	170.68	177.01	-6.33	3.71%
22-083	263.09	284.94	-21.85	8.31%
22-094	321.80	229.42	92.38	28.71%
22-103	139.77	147.41	-7.64	5.47%
22-117	551.73	616.35	-64.62	11.71%
22-149	1700.89	1468.80	232.09	13.65%
22-3070	86.79	94.17	-7.39	8.51%
22-3096	121.98	125.70	-3.72	3.05%
22-3118	114.59	103.22	11.37	9.92%
22-317	73.39	46.88	26.51	36.12%
22-342	2189.95	1835.85	354.09	16.17%
23-012	329.52	422.37	-92.85	28.18%
23-040	2910.64	1907.73	1002.92	34.46%
23-044	646.13	517.26	128.86	19.94%
23-054	279.16	251.74	27.43	9.82%
23-075	1248.80	1193.79	55.02	4.41%
23-084	333.05	336.13	-3.07	0.92%
23-1201	244.93	296.40	-51.47	21.01%
23-1211	70.66	70.46	0.20	0.28%
23-124	903.27	1337.78	-434.51	48.10%
23-1253	297.80	280.15	17.66	5.93%
23-285	1266.80	827.15	439.66	34.71%
23-315	554.52	563.79	-9.27	1.67%
23-316	892.34	912.31	-19.97	2.24%
23-318	485.79	439.08	46.70	9.61%
23-323	736.61	580.22	156.39	21.23%
23-679	105.27	123.85	-18.59	17.66%
23-742	86.04	90.16	-4.12	4.79%
23-859	287.41	154.40	133.01	46.28%
평균	570.44	501.70519	-	16.67%

밀도가 높기 때문에 실제 유동인구보다 과대추정된 것으로 판단된다. 조사지점 23-859는 지하철과 버스의 승차차인원이 다른 조사지점보다 현저히 적어 실제 유동인구에 비해 오히려 과소추정된 것으로 판단된다.

〈표 6〉 강남·서초 유동인구의 실제 값과 추정 값 비교·검증에 대한 오차원인 상세분석

오차원인	조사지점코드		조사지점명		조사지점코드		조사지점명		
		22-075	서초구 방배2동 초록마을	23-124	강남구 역삼1동 삼성SDS	23-859	강남구 삼성1동 히라메키		
물리적 환경특성	-		보도너비	전체평균	4.69	-			
				조사지점	8.00				
교통환경	-		In지하철 승하차	전체평균	10.87 (52,575.21명)	In지하철 승하차	전체평균	10.87 (52,575.21명)	
							조사지점	9.12 (9,164.65명)	
				조사지점	11.53 (101,620.44명)	In버스 승하차	전체평균	6.98 (1,074.92명)	
							조사지점	5.04 (155.09명)	
토지이용 특성	근린생활 시설밀도	전체평균	0.43	업무시설 밀도	전체평균	-			
		조사지점	0.22						
	업무시설 밀도	전체평균	1.03		조사지점		3.24		
		조사지점	0.31						

### 3. 강남역 보행가로 유동인구 분포추정

〈그림 3〉은 강남역 일대를 중심으로 보행가로의 유동인구를 추정된 결과이다. 유동인구 조사지점의 유동인구 수를 6단계로 구분하였으며, 추정된 각 보행가로는 실제 유동인구와 비슷한 단계로 구분되는 것을 확인할 수 있다. 전체적으로 강남역 일대의 유동인구는 신논현역과 뱅뱅사거리를 잇는 대로변에 많았다. 이 대로변은 보도너비가 넓고 보도차도가 구분되어 있어 보행에 편리한 가로이며, 지하철역과 버스정류장 접근성이 양호하므로 대중교통 이용자의 영향이 크다고 볼 수 있다.

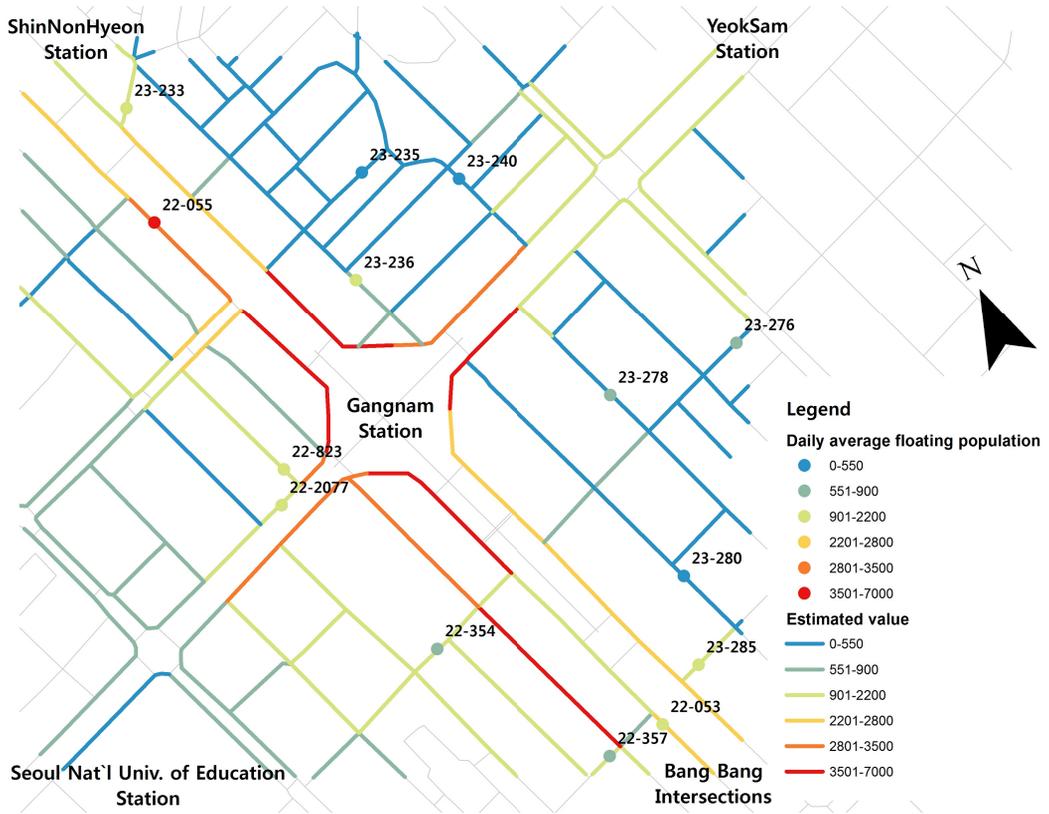
이 연구에서 도출한 모형은 보행가로의 유동인구를 추정하기 위한 것이지만, 몇몇 조사지점은 추정 유동인구수와 실제 조사된 유동인구수의 차이가 컸다. 이 원인과 문제점을 상세한 데이터 분석으로 확인하였다.

첫째, 기존 서울시 유동인구 데이터의 과소·과대추정량 문제 때문에 나타난다(〈그림 4〉 참조). 2015년 서울시 유동인구 데이터에 따르면, 오전·

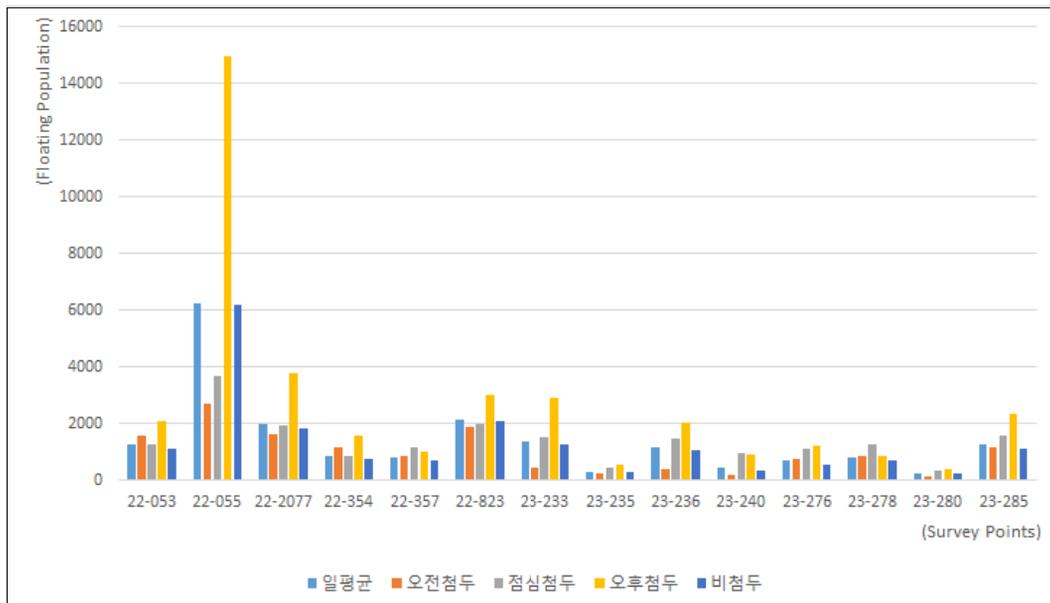
점심·오후·비침두시간의 시간대별 유동인구 편차가 컸다. 특히, 조사지점 22-055는 다른 시간대보다 오후 침두시간에 유동인구가 급격하게 늘어났으며, 그 영향으로 일평균 유동인구수가 과도하게 측정되어 있는 것을 알 수 있다. 따라서 22-055의 오차율은 시간대별 유동인구의 급격한 변동을 고려하지 못한 한계로 판단된다.

둘째, 22-053과 22-354, 22-357은 유동인구의 실제 값보다 추정 값이 과대추정되었다. 해당 조사지점 인근에는 근린생활시설보다는 주로 건폐율이 큰 대형업무시설이 밀집해있다. 이 연구의 추정 회귀모델에서 업무시설밀도가 유동인구에 가장 큰 영향을 미치는 변수이므로 유동인구가 과대추정되었다고 볼 수 있다. 업무시설이 밀집한 지역은 출퇴근시간과 점심시간 등 특정 시간대와 그렇지 않은 시간대에 업무시설 종사자의 유동인구 차이가 매우 크게 나타난다. 또한, 실제 현장조사 지점이 각 업무시설의 출입구와 떨어진 측면가로에 분포해있어 해당 지역의 유동인구가 적게 조사된 것으로 판단된다.

〈그림 3〉 강남역 일대 보행가로의 유동인구 추정



〈그림 4〉 시간대별 강남역 유동인구 조사



이상의 결과를 요약하면 대체로 유동인구의 실제 값 분포수준과 추정 값 분포수준이 일치하는 것으로 보이며, 일부 지점에서 보행가로별 유동인구의 분포를 추정한 결과에 오차가 크게 나타났다. 이러한 한계는 보행가로나 주변 지역의 물리적 특성뿐 아니라 장소성 형성과 관련된 정성적 요인을 반영하거나 건물의 출입구 등 구체적 변수가 추가 되면 보완할 수 있을 것으로 짐작된다.

이 연구는 특정지점만 조사된 비연속적 데이터를 이용하여 강남역의 유동인구 분포를 추정하였으며, 이는 도시공간을 동태적으로 파악하는 데 기여할 수 있다.

## V. 결론

유동인구는 보행을 이용한 도시활동을 나타내는 지표로, 보행중심도시와 건강도시를 추구하는 현대도시에서 매우 중요하다. 또한 주변 상권의 잠재적 매출을 추정할 수 있는 중요한 분석요소로 도시의 지속가능한 성장 관점에서도 중요하다. 서울시도 수년 동안 유동인구를 직접 조사하고 있지만, 한정된 조사비용으로 모든 가로를 조사할 수 없을 뿐 아니라 선택된 특정 가로도 유동인구가 밀집되는 지역에 국한되어 그 외 가로별 유동인구를 파악하는 데 한계가 있다. 따라서 이 연구는 유동인구의 직접 조사가 갖는 한계를 극복하고 기존 데이터와 주변 공간정보를 이용하여 보행가로별 유동인구 추정 모형을 개발·검증하고자 하였다.

분석 결과, 강남·서초구의 유동인구는 지하철역 출입구까지 거리가 가깝고, 지하철과 버스의 승하차인원이 많을수록 유동인구에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 또한 토지이용특성 변수 중 근린생

활시설과 업무시설, 의료시설 밀도가 유의한 영향력을 보였다. 즉, 유동인구는 다양한 공간특성의 영향을 받지만 강남·서초구의 유동인구를 추정하는 데는 보행 안전성 관련 요소, 지하철역 접근성, 대중교통 승하차인원, 근린생활시설과 업무시설, 의료시설을 고려할 필요가 있는 것을 확인하였다.

또한 기존연구에서 유동인구의 영향요인으로 고려하지 않았던 대중교통의 승하차인원이 유동인구에 영향을 미쳤다. 이처럼 기존에 유동인구의 추정에서 고려되지 않은 다양한 보행환경과 상호관계를 고려하여 각각 보행가로의 유동인구 분포를 추정하였다는 점에서 이 연구의 의의가 있다.

그다음은 강남·서초구의 유동인구의 회귀분석 결과를 바탕으로 강남·서초구의 유동인구 조사지점 외 지점을 추정·검증하기 위해 검증데이터를 대상으로 유동인구 조사자료의 실제 값과 비교·검증을 수행하였다. 또한, 검증결과를 바탕으로 추정식의 적합성을 확인하기 위해 강남역 일대를 대상으로 보행가로의 유동인구를 추정하였다. 추정 결과, 강남역을 중심으로 대로변에 유동인구가 가장 많은 것으로 추정되었으며, 대로변보다 보도와 차도 겸용도로가 많은 이면도로일수록 유동인구가 적은 것으로 조사돼 유동인구 분포가 전체적으로 실제 값과 유사한 패턴을 보였다.

한수진(2014)과 권강수·심재인(2017)이 제시하는 것처럼 강남역 일대는 간선버스와 광역버스 노선이 집결하는 교통 요충지이며, 지하철 9호선 개통이 가져온 변화와 대로변을 따라 의류·식음료·프랜차이즈·어학원·은행·병원 등의 영향으로 다양한 소비자층이 형성되어 있다. 여기서 분석 결과와 기존연구가 유사한 결과를 보이는 것을 확인하였다. 전체적으로 이 연구는 대로변과 이면도로에 유동인구 분포 차이가 크기 때문에 이를 보행가로에 따라 추정해야 한다고 검토하였다. 또한 서울시 유동인구 조사 자료를 바탕으로 도시 유동인구를 파

악하는 데 자료의 활용성과 실용성을 확인하였다.

이 연구의 한계는 크게 세 가지이다. 첫째, 다중 회귀모형의 특성상 변수의 선형결합으로 모형이 구축되지만, 도시공간에서는 선형결합으로 표현이 불가능한 변수가 있기 때문에 이를 반영하지 못했다. 둘째, 유동인구는 요일별·시간대별로 다르지만 이 연구는 이를 평일 평균 보행량을 이용하였다. 독립변수는 통계적으로는 유의했지만, 실제 장소의 역할, 공간의 분위기 등에 따라 전 구간에서 일정한 상관관계를 유지하기 어렵다. 셋째, 종속변수에 로그를 취하여 추정식을 도출하고 검증을 위해 이를 지수변환 하였으며, 이에 대한 오류는 반영되지 않았다.

따라서 향후 후속 연구에서는 이러한 한계점을 보완하기 위해 도시공간의 복잡한 관계도를 표현 가능한 비선형 회귀 모델링을 활용하거나 유동인구가 많은 중심지역의 공간적 자기상관을 이용하여 유동인구를 파악할 수 있는 공간회귀 모델을 이용해 유동인구 추정 회귀식의 설명력을 높일 필요가 있다.

이 연구의 결과는 유동인구 추정 초기 모델로 후속 연구의 중요한 기초연구가 될 수 있으며, 향후 미시적 도시활동의 변화를 동태적으로 모니터링할 수 있는 방법론으로 활용할 수 있다. 또한 공간적 범위에 따른 특성을 고려한 유동인구 추정으로 상권 활성화를 통한 지역경제 활성화와 예비 창업자의 상권분석 등에 필요한 미시적 정보제공이 가능하다.

## 참고문헌

- 강병기·권일·김태현, 1997, "GIS를 이용한 도시토지이용의 입지특성 및 변화 파악 방법", 「한국GIS학회지」, 5(1): 27~41.
- 권강수·심재인, 2017, "12. 강남역 상권", 한국창업부동산정보원, <http://kera.kr/%EC%83%81%EA%B6%8C%EC%BB%A8%ED%85%90%EC%B8%A0/1265945>.
- 권순호·정건희, 2017, "대설피해액 추정을 위한 다중회귀 모형의 적용성 평가", 「대한토목학회논문집」, 37(1): 61~72.
- 김건영·김형철·오승훈, 2002, "주거지역 이면도로의 보행행태 특성 분석", 「대한토목학회논문집」D, 22(2D): 197~205.
- 김경태·이인목·곽호찬·민재홍, 2015, "유동인구 추정 시 통신 자료의 활용에 관한 연구", 「서울도시연구」, 16(3): 177~187.
- 김경호·유형석·김석현, 1997, "다중회귀모형을 이용한 수완부 골성속도의 추정에 관한 연구", 「대한치과교정학회지」, 27(5): 853~864.
- 김영욱·한상진·임현식·신행우, 2005, "보행네트워크 분석을 통한 보행량 예측 방법 연구", 「대한교통학회 학술대회지」, 2005(2): 365~374.
- 김영준, 2017, "골목의 전쟁", 「스마트북스」.
- 김태현·김진·박은경·강지은, 2012, "역세권 유형별 보행량 영향 요인에 관한 연구", 「서울시정개발연구원」, 139~142.
- 김태현·오주택·이규훈, 2016, "구조방정식(S.E.M)을 이용한 보행량 영향요인분석", 「한국ITS학회논문지」, 15(3): 12~22.
- 박상수·한치록(역), 2015, 「계량경제학 1 제5판」, 박영사(Jeffrey M. and Wooldridge, Introductory Econometrics).
- 변미리·서우석, 2011, "도시 거리의 주간활동인구 측정과 해석", 「한국조서연구학회」, 12(2): 27~50.
- 서울특별시, 2015, 「2015 서울 유동인구조사 보고서」.
- 성현곤·이수기·천상현, 2014, "보행활동에 영향을 미치는 커뮤니티 물리적 환경의 조절효과", 「한국도시설계

- 학회지 도시설계, 15(2): 173~189.
- 손의영·권병우·이만호, 2004, “카테고리별 다중회귀분석 방법을 이용한 지하철역별 수요 추정 모형 개발”, 「대한국교통학회지」, 22(1): 33~42.
- 시공간분석연구소, TeSA-Lab(Temporal & Spatial Analysis-Lab), <http://tesa-lab.uos.com>.
- 오세정·유철상, 2007, “기후변화 및 도시화의 영향을 고려한 강우특성의 변화 추정”, 「대한토목학회 학술대회」, 1978~1981.
- 윤나영·최창규, 2013, “서울시 상업가로 보행량과 보행 환경 요인의 관련성 실증 분석”, 「국토계획」, 48(4): 135~150.
- 윤영삼·권현각·이윤정·유재정·이재관, 2010, “포도밭에 대한 비점오염물질 유출량 추정 모델식 개발”, 「한국환경과학회지」, 19(7): 907~915.
- 윤철재·민건희, 2014, “네트워크 구조의 물리적 거리 개념을 도입한 보행량 예측모델에 관한 연구”, 「한국도시설계학회지 도시설계」, 15(5): 173~182.
- 이경환·안건혁, 2008, “지역 주민의 보행 활동에 영향을 미치는 근린 환경 특성에 관한 실증 분석”, 「대한건축학회 논문집 - 계획계」, 24(6): 293~302.
- 이미영·김종형·김은정, 2015, “공간구문론을 고려한 통합보행네트워크 통행배정모형”, 「한국ITS학회논문지」, 14(6): 37~49.
- 이수기·이윤성·이창관, 2014, “보행자 연령대별 보행만족도에 영향을 미치는 가로환경의 특성분석”, 「국토계획」, 49(8): 91~105.
- 이수민·황기연, 2009, “보행환경요인이 보행안전에 미치는 영향분석”, 「대한교통학회지」, 27(1): 107~114.
- 이연수·추상호·강준모, 2013, “서울시 생활권별 보행량 변화에 미치는 요인 분석”, 「국토계획」, 48(5): 197~208.
- 이재역, 2002, “회귀분석에 의한 기술가치 예측모형”, 「과학기술정책연구원」, 1~87.
- 이정우·김혜영·전철민, 2015, “가로유형별 물리적 환경특성과 보행량간의 연관성 분석”, 「한국도시설계학회지 도시설계」, 16(2): 123~140.
- 이주아·이훈·구자훈, 2014, “가로의 물리적 여건에 기초한 보행량 영향요인 분석”, 「대한국토·도시계획학회」, 49(2)호: 145~163.
- 이향숙·김지윤·추상호, 2014, “서울시 유동인구조사자료를 활용한 보행특성 분석”, 「대한교통학회지」, 32(4): 315~326.
- 임재형·전유정·김병완·김창환·강현주·이병근, 2010, “남자 대학생의 최대하 운동 대사반응을 이용한 최대산소 섭취량 추정” 「운동학 학술지」, 12(3): 13~23.
- 장진영·최성택·이향숙·김수재·추상호, 2015, “토지이용유형별 보행량 영향요인 비교 분석”, 「한국ITS학회논문지」, 14(2): 39~53.
- 정윤영·문태현, 2014, “유동인구 자료를 이용한 서울시 도시공간구조 분석 연구”, 「한국지역개발학회지」, 26(3): 139~158.
- 정찬희·최무혁, 2010, “접근성 인자가 고려된 Space Syntax 모형의 보행량 분석”, 「대한국토·도시계획학회」, 45(5): 129~140.
- 채구묵, 2011, “사회과학 통계분석”, 「양서원」, 제3판
- 채희원·신정엽, 2015, “수도권 도시 공간의 사회적 다양성 변화 탐색”, 「한국지리학회지」, 4(1): 139~154, 한국지리학회.
- 최막중·신선미, 2001, “보행량이 소매업 매출에 미치는 영향에 관한 실증분석”, 「국토계획」, 36(2): 75~83.
- 하재현·이수기, 2017, “보행자 경로안내 API정보를 활용한 대중교통 접근성 영향요인 분석”, 「국토계획」, 제 523호: 155~170.
- 한상진·김영욱·오순미, 2008, “연결도를 이용한 보행네트워크와 보행통행량의 상호관련성 연구”, 「대한교통학회지」, 26(1): 137~144.
- 한수진, 2014, “[포커스]젊은이들의 핫플레이스 ‘신논현역 상권’”, 「아시아투데이」.
- 홍성조·이경환·안건혁, 2010, “상업지역의 가로환경이 보행자의 구매 활동에 미치는 영향”, 「대한건축학회 논문집」, 26(8): 229~236.
- 황재홍·안병주·김주형·김재준, 2010, “공간 구조와 보행량 측정을 통한 대형 복합시설물 상가 임대료 특성에 관한 연구”, 「한국건축시공학회지」, 10(6): 87~96.
- 황희연·백기영·변병설, 2002, “도시생태학과 도시공간구조”, 보성각.
- Berry, B. J. L., 1967, *Geography of Market Centers and Retail Distribution*, NJ: Prentice-Hall. Inc.
- Carlo, R., 2004, “Space syntax: some inconsistencies”.

- Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(4): 487-499.
- Christopher, M., 2006, Pattern Recognition and Machine Learning.
- Mara, C. D., Ryan, G. R., Lindsay, S. A., and David, R. R., 2007, "Pedestrian Counting Methods at Intersections: a Comparative Study", *UC Berkeley: Safe Transportation Research & Education Center*. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/208349wf>.
- Kim, D. J., Ko, J. H., and Lee, Y. I., 2013, "Estimating Pedestrian Traffic Volume: A Preliminary Analysis", *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 9.
- Knoblauch and Richard L., 1988, "Investigation of Exposure-Based Pedestrian Accident Area: Crosswalks, Sidewalks, Local Streets, and Major Arterials", *Report FHWA/RD-87-038*. FHWA, U.S. Department of Transportation.
- Lee, C. and Moudon, A. V., 2006, "Correlates of walking for transportation or recreation purposes", *Journal of Physical Activity & Health*, 3: 77-98.
- Guo, Z., 2009, "Does the Pedestrian Environment Affect the Utility of Walking? A Case of Path Choice in Downtown Boston", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(5): 343-352.
- Meester, F., Van, D. D., Bourdeaudhuij, I., Deforche, B., and Cardon, G., 2013, "Do psychosocial factors moderate the association between neighborhood walkability and adolescents' physical activity?", *Social Science & Medicine*, 81: 1-9.
- Nick, S. D., 2001, "Fraxtional configurational analysis and a solution to the Manhattan problem", *Space Syntax 3rd International Symposium, Atlanta*.
- Perry, C. A., 1929, "The Neighborhood Unit: A Scheme of Arrangement for the Family-Life Community", *New York: Regional Plan of New York and Its Environs*.
- Noah, R. and David, R., 2004, "Space Syntax: An Innovative Pedestrian Volume Modeling Tool for Pedestrian Safety", *Institute of Transportation Studies, UC Berkeley, Institute of Transportation Studies, Research Reports, Working Papers, Proceedings*. 1878. 10.3141/1878-09.
- Shawn, T., Ipek, S., Michael, M., Subasish, D., Eva, S., Robert, H., Kay, F., Lisa, M., Ravi, W., Mike, C., and Stewart, R., 2017, "Synthesis of Methods for Estimating Pedestrian and Bicyclist Exposure to Risk at Areawide Levels and on Specific Transportation Facilities", *Federal Highway Administration, FHWA*. FHWA-SA-17-041.
- Tabachnick, B. G. and Fidell, L. S., 1996, *Using multivariate statistics*, New York: HarperCollins.
- Trumpeter, N. N. and Wilson, D. K., 2013, "Positive action for today's health(PATH): Sex difference in walking and perceptions of the physical and social environment", *Environment and Behavior*, doi: 10.1177/0013916513480860.
- Qin, X. and Ivan, J. N., 2001, "Estimating Pedestrian Exposure Prediction Model in Rural Areas", *Transportation Research Record 1773*, Paper No.01-2374.

원 고 접 수 일 : 2018년 8월 23일  
 1 차 심 사 완 료 일 : 2018년 12월 8일  
 2 차 심 사 완 료 일 : 2019년 5월 3일  
 최 종 원 고 채 택 일 : 2019년 6월 19일

