지리가중회귀모델을 이용한 역세권 공간구조 특성 분석 *

심준석¹ · 김호용^{2*} · 남광우³ · 이성호²

Analysis of the Characteristics of Subway Influence Areas Using a Geographically Weighted Regression Model *

Jun-Seok SIM¹ · Ho-Yong KIM^{2*} · Kwang-Woo NAM³ · Sung-Ho LEE²

요 약

최근 대두되는 대중교통지향형 도시개발을 위해서는 대중교통 결절점 주변의 공간구조에 대하여 국지적 차원의 해석이 선행되어야 한다. 이에 본 연구에서는 개별 필지 단위에 지리가중회귀 모델을 적용하여 역세권 주변의 공간구조를 분석하였다. 분석 결과 역세권마다 다른 특징을 가지고 있으며, 같은 역세권 안에서도 공간적 이질성이 존재하고 있었다. 또한, AIC값을 이용하여 모델을 비교한 결과 지리가중회귀모델이 일반회귀모델보다 적합한 모델로 판정되었으며 모델의 설명력도 향상되었다. 지리가중회귀모델을 통하여 분석된 결과는 GIS 환경에서 지도화함으로써 국지적 차원의 공간구조 해석이 가능하였다. 역세권마다 모델분석을 통하여 도출된 개별적 공간구조 특성을 고려하여 대중교통 중심개발이 이루어진다면 정책 운용시 보다 효율적일 것으로 판단된다.

주요어 : 도시공간구조, 역세권, 대중교통지향형 도시개발, 지리가중회귀모형, 국지적 분석

ABSTRACT

For the sake of the Transit-Oriented Development that has been prominent recently, an analysis of the spatial structures of transit centers, above all, should be carried out at a local level. This study, thus, analyzes the spatial structures of subway influence areas by applying a Geographically Weighted Regression (GWR) model to individual parcels. As a result of the validity analysis of the model, it has turned out that the

2013년 1월 4일 접수 Received on January 4, 2013 / 2013년 3월 5일 수정 Revised on March 5, 2013 / 2013년 3월 15일 심사완료 Accepted on March 15, 2013

* 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

1 부산대학교 공간정보협동과정 Interdisciplinary Program of Geographic Information System, Pusan National University

2 부산대학교 도시공학과 Department of Urban Engineering, Pusan National University

3 경성대학교 도시공학과 Department of Urban Engineering, Kyungsung University

* Corresponding Author E-mail : hoyong@pusan.ac.kr

subway influence areas have different characteristics respectively, and there is spatial heterogeneity even in the same single area. Also, the result of the comparison among models has proved that the GWR model is more adequate than the Ordinary Least Square (OLS) model and R^2 has been also increased in the GWR model. Then, the results have been mapped by means of the GIS, which have made it possible to understand the spatial structures at a local level. If the Transit-Oriented Development is fulfilled in consideration of the spatial structural characteristics of the subway influence areas drawn respectively from the model analysis, it will be helpful in adopting effective policies.

KEYWORDS : *Urban Spatial Structure, Subway Influence Area, Transit-Oriented Urban Development, Geographically Weighted Regression, Local Analysis*

서론

대도시에서 발생하는 복잡한 도시문제를 해결하고자 지속 가능한 개발(Sustainable Development)이라는 패러다임과 함께 무분별한 도시의 확산을 극복하고 고밀의 용도혼합개발(Mixed Use)과 대중교통 지향형 도시개발(TOD: Transit-Oriented Development)을 원리로 하는 뉴어바니즘(New Urbanism)의 이념이 대두되고 있다. 이와 함께 최근 도시에 관한 정책은 에너지 소비를 줄이고 저탄소 녹색성장이라는 국가 비전을 바탕으로 기존 자동차 중심형·에너지 다소비형 도시공간구조를 탈피하여 친환경적 대중교통과 보행자중심의 정책을 수립하고 있다.

TOD는 대중교통 결절점(A Transit Center)을 중심으로 주변지역 토지이용의 고밀 복합화와 보행 및 자전거 수단 중심의 친화적인 도시설계를 바탕으로 한 자동차 통행배제, 쇼핑시설이나 기타 편의시설 입지 유발을 통한 지역수요 창출 그리고 통행수요 집중을 통한 대중교통수단의 효율성 향상에 목적이 있다(Europeon Union, 1990). 외국은 TOD 효과를 입증하기 위하여 많은 연구가 진행되었으나, 대부분 사례가 중·저밀도 도시들을 대상으로 하고 있어 우리나라의 서울, 부산 등 고밀화 도시들에 적용하기에는 한계

가 있다. 이에 우리나라 도시의 실정에 맞는 복합적 토지이용과 대중교통시설에 대한 투자를 통하여 지속 가능한 도시개발을 유도할 수 있는 전략 수립의 필요성이 제시되고 있다(성현곤 등, 2006).

대중교통 결절점인 지하철 역세권의 활성화를 위해서는 TOD의 도시설계요소를 고려하여 지역을 개발하고 다양한 시스템을 연계함으로써 역세권 공간구조를 개선해야 한다. 이 과정에서 역세권 주변공간의 이해와 공간이 갖는 복잡성을 해석하는 공간구조 분석이 선행되어야 한다. 역세권 공간구조 분석은 공간구조에 영향을 미치는 요인과 요인의 영향력을 도출한 후, 요인의 변화에 따라 상응하는 영향력을 예측함으로써 가능하다. 하지만 이 과정에서 사용되는 요인은 대부분 사회적 요인으로, 요인 간의 공간적 연관성이 모든 지역에서 동일하게 적용되지 않는 경우가 많다. 즉, 전역적 차원에서의 예측결과가 특정 지역의 특성을 반영하지 못하는 추정과정에서의 오류가 발생할 수 있으며, 이를 극복하기 위하여 공간구조 분석은 국지적(local) 수준에서 이루어져야 한다. 또한, 공간적으로 근접할수록 요인 간에 유사한 값을 가지는 경향이 있기 때문에 역세권 주변 지역 간 공간패턴의 차이를 보이는 공간적 이질성(spatial heterogeneity) 문제를 해결해야 역세권 공간구조 해석의 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

이에 본 연구에서는 지하철 역세권 주변공간을 대상으로 접근성과 공간적 연관성이 모든 지역에 동일하게 적용되지 않는 공간적 변이를 효율적으로 해결할 수 있는 지리가중회귀모델을 개별 필지 단위로 분석함으로써 역세권 주변의 공간구조를 해석하고 한다. 이 과정에서 모델 적용 시 고려되어야 할 사항을 검토하고, 모델 적용의 타당성을 검증하고자 한다. 모델의 분석결과는 GIS 환경에 연계함으로써 국지적 차원의 역세권 공간구조 특성을 도출하고자 한다.

선행연구

본 연구의 목적은 대중교통 지향형 도시개발을 위하여 지하철 역세권 주변공간의 공간구조 특성을 분석하는 것이다. TOD는 Calthope(1993)의 저서 『The Next American Metropolis』에서 처음 정립한 용어로 대중교통 역을 중심으로 자동차에 대한 의존도를 줄이며 대중교통이용률을 높임으로써 교통 혼잡과 도시에너지 소비를 경감시키는 기법으로 정의되고 있다. TOD에 관련하여 외국에서는 많은 연구가 진행되면서 기법의 효율성에 관하여 입증되고 있으나, 대부분의 연구가 중·저밀도의 도시를 대상으로 하여 해외사례를 우리나라에 바로 적용하기에는 한계가 있다.

우리나라에서는 역세권의 특성을 분석하기 위하여 크게 역세권의 토지가격분석에 관한 연구와 역세권 개발계획을 위한 특성분석에 관한 연구가 이루어지고 있다. 먼저 역세권 토지가격분석에 관한 연구로 김유호(2012)와 조영진(2008)은 역세권 지가에 영향을 미치는 변수 선정 및 공간구조파악을 위하여 상관분석 및 요인분석을 실시하여 지가와 입지특성을 도출하였다. 유승환과 강준모(2012)는 거리에 따라 역세권의 세력권을 설정하고 이에 따른 선형회귀분석을 실시하여 세력권별 특성을 도출함으로써 역세권 공간구조를 파악하였다. 역세권 개발계획을 위한 특성분석연

구로 윤시운과 이광국(1999)은 TOD에 대한 계획을 수립하기 위해서 역세권의 상세계획구역 설정의 필요성을 강조하였다. 이때 역세권의 상세계획구역은 3단계로 나누어 적용하는데, 역세권 계획요소들을 중첩 분석하여 역세권 상세계획구역을 설정한 뒤 계획이 이루어져야 한다고 하였다. 성현곤 등(2006)은 고밀도시에서 근린지구단위의 토지이용과 교통과의 연관성을 분석하여 토지이용 변화에 따른 통행패턴의 변화를 분석하였다. 이런 분석을 통해 역세권 위주의 토지이용에 대한 차별적 전략을 도출하는 한편 역세권의 유형을 주거중심 역세권과 고용 중심 역세권으로 분류하여 각 특성에 맞는 도시개발전략을 수립할 필요성을 제기하였다. 이창무 등(2007)은 수도권 지역의 공간적 확장은 토지가격이 낮은 곳부터 개발밀도가 높아지는 특성이 있는데, 수도권의 고용 중심성이 유지되는 상황에서 주변택지개발은 수도권 전체의 주택가격을 상승시키는 효과를 야기한다고 하였다. 이에 따라 수도권의 공간구조 재편을 위해 고용 접근성이 높은 역세권 지역에 대한 개발의 확대를 주장하였다.

이처럼 우리나라는 서울과 같은 고밀도의 도시에서의 TOD 개발을 다루는 연구들이 주를 이루었다. 연구결과 역세권의 특성을 유형화하거나 고용 접근성이 높은 지역의 우선 개발과 같이 도시공간개편 및 효율적인 역세권 개발의 필요성을 주장하고 있다. 이러한 역세권의 개발을 위해서는 역세권 주변에 대한 공간구조 특성이 우선되어야 한다. 이에 성현곤 등(2000)은 대중교통 지향형 도시개발의 효과를 분석하거나 유도기법을 적용하는 방안에 대해서는 TOD 계획요소를 고려한 대중교통결절점 계획을 제시하면서 역세권의 토지이용 및 설계요소별 상관관계분석이 이루어져야 한다고 하였다.

하지만 TOD 계획요소를 고려하는 과정에서 많은 공간데이터가 활용되고 있음에도 불

구하고 지리적 좌표를 가지는 공간데이터의 특징인 공간적 요인에 대한 접근은 배제되고 있는 실정이다. 역세권 주변 도시공간구조의 특성과악과 같이 공간정보가 요인이 되어 영향력을 분석하는 과정에서는 분석에 사용되는 공간적 변인 간의 연관성과 상호작용으로 분석결과와 신뢰성에 문제가 있을 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기존의 문제를 해결하기 위해 국지적 모수추정방법인 지리가중회귀모델(Geographically Weighted Regression: GWR)을 이용하여 역세권 내의 공간구조를 분석하고자 한다.

연구의 범위 및 방법

1. 대상지 현황

역세권 공간구조 분석을 위하여 본 연구는 부산광역시의 부산진구를 연구 대상지로 선정하였다. 부산광역시는 「2030 부산시도시기본계획」을 통하여 광복동과 서면을 도심으로 설정한 2도심 6부도심의 도시공간구조 체계를 설정하고 있다. 부산진구는 2도심중 하나인 서면을 포함하는 지역으로 지하철 1호선과 지하철 2호선이 교차하는 서면역을 중심으로 총 9개의 지하철역이 존재하고 있다. 또한, 경부선과 동해남부선이 교차하는 기차노선에 부전역과 가야역, 범일역 3개의 기차역이 존재하고 있다.

지하철 1호선은 대상지역의 남북방향으로 진행되고 다른 하나의 도심인 광복동과 연결되는 노선으로, 「2020 부산시도시기본계획」에서 광복동과 서면을 연결하는 광복동-서면 축을 도심으로 설정하였던 만큼 축을 따라 상업지역이 분포하고 있다. 지하철 2호선은 대상지역의 동서방향으로 진행되며 서쪽은 주거지역이 분포하고 있다. 이처럼 부산진구는 다양한 공간적 현황을 포함하고 있어서 역세권 공간구조 분석의 연구대상지로 설정하였으며, 대상지의 공간적 위치와 현황은 그림 1과 같다.

FIGURE 1. 연구 대상지역

본 연구에서는 지하철 역세권을 분석 대상으로 하였다. 역세권은 역을 일상적으로 이용하는 주변 거주자가 분포하는 범위로, 역세권의 범위는 접근성, 이용세력권, 공간적 특징 등에 따라 결정될 수 있지만, 일반적으로 역세권의 범위를 결정하는 기준은 거리에 의해 결정된다(유승환과 강준모, 2012). 역세권의 공간구조 분석을 위한 공간적 범위는 분석의 목적에 따라 다르게 정의하고 있으며 현행법에서도 명확하게 권역의 기준을 제시하고 있지 않다. 선행연구에서 제시하는 역세권은 역으로부터 거리에 따라 역연접권, 직접역세권(1차 역세권), 간접역세권(2차 역세권)등으로 구분하고 있다. 본 연구에서는 역으로부터 직접적으로 영향을 받는 1차 역세권을 대상으로 하였으며, 선행연구의 경향을 준용¹⁾하여 지하철역을 중심으로 반경 500m를 역세권의 범위로 설정하였다.

2. 방법론 설정

역세권 공간구조 분석은 공간구조에 영향을 미치는 요인과 요인의 영향력을 도출한 후, 요인의 변화에 따라 상응하는 영향력을 예측함으로써 가능하다. 하지만 공간구조를 포함

한 많은 사회현상은 접근성과 밀접한 관련이 있고, 공간적 연관성이 모든 지역에 동일하게 적용되지는 않는 경우가 많다. 즉, 공간적 변이 문제를 해결해야 정확한 예측이 가능하다. 지금까지 공간적 이질성을 고려하는 공간통계 기법이 다양하게 발전되어 왔으며, 이런 공간적 이질성을 해결하는 방법에도 여러 가지가 있다. 이런 공간적 이질성은 대부분 연속적으로 나타나며, 공간확장모델(Spatial Expansion Model)이나 지리가중회귀모델(Geographically Weighted Regression Model)이 분석에 주로 사용되고 있다. 서경천(2003)은 부산광역시 서부산권을 대상으로 토지가격에 내재한 공간적 변동성을 분석하면서, 종속변수인 지가와 독립변수인 토지의 여러 가지 특성변수들의 관계가 공간상에서 항상 고정적이라고 가정하는 포괄적 모수 추정치의 가정 대신 공간적 특이성을 감안하여 종속변수와 독립변수들의 관계가 공간상에서 고정적이지 않고 모수의 변동을 허용하기 위해 GWR 모델을 이용하였다. 본 연구에서도 이런 공간계량모델의 특징인 공간적 특이성을 감안하여 GWR 모델을 분석에 사용하였다.

GWR 모델은 전통적인 회귀분석을 기반으로 하고 있다. 허윤경과 이주영(2009)은 인구밀도, 고용밀도, 지가를 중심으로 울산 도시 공간구조의 변화를 분석하면서 기존의 모수적 접근방법들이 변수 간의 다중공선성 문제가 발생하고 밀도 경사의 기록을 보이는 도시의 공간구조를 해석하기에 한계가 있음을 지적하였다. 이에 비모수적 방법인 LWR(locally weighted regression)모형을 적용하여 분석을 하였다. LWR은 가중치 행렬의 개념을 공간자기회귀모델(Spatial Autoregressive)로 확장하는데 기원하여 GWR로 불리기도 한다. 이처럼 GWR 모델은 변수 간의 관계를 추정하는 회귀계수가 지역 간에 서로 다르다는 것을 전제로 지역별 국지회귀모델(Locally Regressed Model)을 추정하는 방법이다. 즉, 회귀계수가 모든 지역에서 동일한 것이 아니라 공간적 위치에 따라 달라지도록 모형화한

것인데, 종속변수 y 와 m 개의 독립변수 x 가 있고, 회귀계수와 오차항이 각각 α , ϵ 인 경우 회귀식은 식 (1)과 같다.

$$y_i = \alpha_0 + \sum_{k=1}^m \alpha_k x_{ik} + \epsilon_i \quad (1)$$

GWR 모델은 전역적 모수가 아닌 국지적 모수가 추정되도록 전통적인 회귀모델을 확장하였다. 즉, 다중선형회귀분석에 알려진 어떤 위치에 대한 좌표를 부여함으로써 모형을 지역적인 구조로 확장하였다.

$$y_i = \alpha_0(ui, vi) + \sum_{k=1}^m \alpha_k(ui, vi) x_{ik} + \epsilon_i \quad (2)$$

식 (2)에서 (ui, vi) 는 공간상에서 존재하는 i 번째 토지가 위치한 지점의 좌표를 의미하며, $\alpha_k(ui, vi)$ 는 지점 i 에서의 연속함수 $\alpha(u, v)$ 를 의미하는 것으로 연속함수 $\alpha_k(ui, vi)$ 를 점 i 에서 현실화한 것임을 알 수 있다. 즉, 식 (2)는 일반적인 회귀모형과 다른 점은 각 항에 지점의 좌표가 붙는 것으로, 모수의 추정이 주어진 위치에 대해 이루어지고 그 위치에 대해서만 의미가 있다는 것을 나타낸다. 회귀계수에 대한 가중이 이루어진다는 점에서 지리적 가중 회귀는 가중최소자승법(Weighted Least Squares: WLS)의 일종으로 볼 수 있다. 이에 따라 회귀계수에 대해 위치에 따른 가중치가 부여되고 추정은 식 (3)과 같이 가중최소자승법에 따라 이루어진다.

$$\hat{\beta}(u) = [X^T W(u) X]^{-1} X^T W(u) Y \quad (3)$$

이는 두 지역 간의 거리로 측정된 공간행렬(W)과 결합하기 때문에 i 지역에 가까운 지역들의 영향이 먼 지역들에 대한 영향보다 크게 고려되며, 각 요소는 가중 함수인 커널(kernel)에 따라 계산된다. 커널의 타입은 한

지역에서 다른 지역까지의 거리(d)와 대역폭(θ : bandwidth)에 따라 달라지며, 대역폭의 고정 여부에 따라 고정된 커널(fixed kernel)과 적응적 커널(adaptive kernel))이 있다. 또한, 가중치를 부여하는 방법에 따라 가우시안 함수(Gaussian function)와 바이스퀘어 함수(Bisquare function)가 있다.

이처럼 GWR 모델의 특징은 전역적 통계치에 대한 국지적인 상세화를 통해 다양한 계수 값을 산출할 수 있다는 것이다. 즉, 국지적 선형 회귀계수를 추정하기 위해 이웃해 있는 값들의 거리조락에 따른 가중치를 산출하여 모형을 추정한다. 위의 GWR 모델 수식은 관련성의 공간적 변이를 인식하고 이를 측정하는 방법을 제공하고 있으며 본 연구에서는 역세권 주변지역 개별 필지별 공간적 변이의 추정과 모델의 검증에 위하여 GWR 4.0과 ArcGIS 10.1 소프트웨어를 이용하였다.

3. 변수의 설정

추정과정에서의 오류를 최소화시키고 지역 단위의 공간적 특성을 분석하기 위해서는 최소한의 집계단위(aggregate unit)를 설정하여야 한다. 우리나라의 지리정보데이터 및 사회·경제적 데이터는 대부분 행정구역단위로 제공하고 있으며, 대상지역의 최소 행정단위는 동이다. 하지만 분석대상인 역세권은 최소 행정단위보다 작으므로 동 단위의 정보는 역세권 내의 지역적 특성을 반영하지 못한다. 따라서 본 연구에서는 집계단위를 개별 필지

로 설정하였다.

역세권 공간구조를 분석하기 위하여 본 연구에서 사용한 변수들은 앞서 논의한 선행연구의 TOD의 계획요소 중 현재 구축 가능한 토지이용의 복합화, 토지이용 밀도, 대중교통 시설 접근성 등의 요소를 참조하였다. 이와 함께 필지 단위별 데이터의 획득 여부를 종합적으로 고려하여 선정하였다. 분석을 위한 종속변수는 개별 필지별 지가를 이용하였다. 지가는 토지의 용도 및 이용방법에 따라 영향을 받으면서 다시 토지의 용도와 이용을 규제하는 순환관계에 있으며, 토지이용을 최종적으로 반영하고 있고 토지이용에 대해서 가장 큰 영향을 미치는 지표이다. 즉, 도시현상을 최종적으로 반영하는 지표인 동시에 도시구조에 큰 영향을 미치는 단일한 지표로서 공간구조를 파악하려고 할 때 지가에 대한 접근이 가장 적절하다(김원경과 이미영, 2002). 독립변수는 필지 내 건물의 평균층수, 건물의 용적률, 필지 별 토지이용, 지하철역과의 거리, 버스정류장과 의 거리, 도로(폭 15m 이상)와의 거리, 철도와의 거리를 사용하였다.

분석을 실행하기 위한 공간구조 자료는 KLIS 및 수치지도 2.0을 바탕으로 개별지공시지가, 건축물대장, 국가교통DB센터 교통지도를 이용하였으며, GIS 환경에서 접근성 분석 및 Network 분석을 통하여 데이터를 구축하였다. 분석대상의 역세권은 대상지역 내에 존재하는 9개 지하철역의 역세권 중에서 데이터의 획득 여부와 공간적 특성을 고려하여 선정하였으며, 가야역과 부암역을 제외한 7개

TABLE 1. 변수설정

요인	변수명	내용	단위
종속변인	지가	각 필지별 개별지가	원
토지이용 복합화	건물의 용적률	각 필지별 용적률	%
독립변인	토지이용 밀도	토지이용 상업용지 토지이용 주거용지	m ²
		필지의 상업지역 면적 필지의 주거지역 면적	
	대중교통시설 접근성	도로와의 접근성	m
		철도와의 접근성	
		지하철역과의 접근성	
	버스정류장과의 접근성	각 필지에서 가까운 버스정류장과의 거리	

지하철역 역세권에 대하여 분석을 시행하였다.

공간구조 특성 분석

1. 공간계량모델의 타당성 검증

공간계량모델인 GWR 모델은 기본적으로 선형회귀모델의 형태를 취하고 있다. 따라서 GWR 모델을 적용하기에 앞서 일반회귀분석(OLS) 모델을 사용하여 모델을 추정한 후 산출된 결과들을 토대로 OLS 모델의 적합도를 검증하여야 한다. 특히, 공간적 상관성을 고려할 수 없는 OLS 모델을 활용하여 회귀분석을 수행하게 되면 추정 값에 대한 신뢰성에 문제점을 가지게 된다(Anselin, 1995). 공간적 자기상관을 측정하는 방법으로 Moran's I, Geary's C, Getis and Ord's G 등이 있으며, 본 연구에서는 전역적 Moran's I 방법을 사용하였다.

또한, OLS 모델을 수행하기 위해서는 오차의 정규성, 등분산성, 공간적 독립성의 가정을 준수하고 있는지 판정해야한다. 일반적으로 오차의 비정규성은 Jarque-Bera 통계량을, 오차항의 이분산성은 Koenker (Breusch-Pagan) 통계량을 통하여 판정할 수 있다.

OLS 모델을 이용하여 대상지역 7개 역세권의 모델추정 결과는 표 2와 같다.

분석결과 모든 설명변수가 유의하게 나타났으며, 범일역이 개별지가 총 분산의 약 75%를 설명하는 가장 높은 설명력($R^2=0.75$)을 나타냈고, 서면역이 가장 낮은 설명력($R^2=0.32$)을 나타냈다. 잔차(residual)에 대한 공간적 자기상관성을 측정한 결과 99% 이상의 신뢰수준에서 Moran's I 값이 0.18(동의대역)에서 0.56(전포역)으로 나타났다. 동의대역은 자기상관성이 상대적으로 낮게 나타났지만, 이를 제외한 대부분 역에서 자기상관성이 존재하는 것으로 나타났다.

OLS 모델 결과에서 오차의 비정규성, 이분산성, 공간적 종속성이 존재하는가를 검정한 결과 먼저, Jarque-Bera 통계량에 대한 검정결과를 보면 모든 역세권에서 99% 수준으로 유의하게 나타나 오차의 정규성 가정을 준수하고 있지 않았다. 또한, Koenker 통계량에 관한 검정결과도 모든 역세권에서 99% 수준으로 매우 유의하게 나타났다. Koenker 검정결과가 유의할 경우 종속변수와 설명변수 간의 관계가 이분산성이 있음을 판정할 수 있다. 즉, 종속변수와 설명변수 간의 지역적 관계에

TABLE 2. 역세권별 OLS 모델 분석 결과

	개금역	동의대역	범내골역	범일역	부전역	서면역	전포역
AIC	1033.12	1133.15	3825.21	3440.35	8625.42	12197.26	4866.76
R2	0.63	0.54	0.65	0.75	0.41	0.32	0.50
AdjR2	0.63	0.53	0.65	0.75	0.41	0.32	0.50
도로와 거리	-0.0003	-0.001*	-0.004*	-0.004*	0.001	-0.027*	-0.002*
철도와 거리	-0.0003*	-0.0004*	0.001*	0.001*	-0.0004*	-0.002*	-0.001*
버스정류장과 거리	-0.0000	-0.001*	-0.003*	-0.003*	-0.002*	-0.011*	0.002
지하철역과 거리	-0.0006*	0.0001*	-0.002*	-0.003*	-0.004*	-0.008*	0.001*
용적률	0.0001	0.0001*	0.0001*	0.000	0.0004*	0.002*	0.0002*
주거용지	-0.2868*	-0.175*	-0.098*	-0.040	-0.732*	-0.242	-0.083*
상업용지	0.7964*	0.809*	0.931*	1.020*	0.720*	2.597*	0.871*
F-Stat	525.13*	352.25*	670.98*	964.46*	275.99*	161.96*	369.87*
K(BP)	446.94*	234.44*	614.14*	311.23*	134.28*	198.26*	258.51*
JB	4298.88*	37677.13*	1473.73*	733.84*	50168.89*	5093.75*	184600.47*
Moran's I	0.41*	0.18*	0.31*	0.31*	0.49*	0.54*	0.56*
Z-score	96.93*	55.05*	94.56*	69.74*	113.71*	131.46*	125.84*

(*)는 0.01 유의수준

따라 달라지는 공간적 이질성이 존재하는 것으로, 이는 공간계량모델 적용 시에 OLS 모델이 아닌 GWR 모델을 적용해야 함을 의미한다.

2. 지리가중회귀모델 추정 결과

지리적 가중 회귀분석의 결과는 커널의 형태보다는 대역폭에 따라 영향을 더 크게 받는 것으로 알려졌다(Fotheringham *et al.*, 2002). 최근 지점(nearest neighbors)의 수로 표현되는 적정 대역폭은 관찰 값과 추정값 간의 차이인 교차검증(cross validation: CV) 값을 최소화하는 방법이나, 관찰 값과 추정값의 차이뿐만 아니라 모형의 복잡성을 고려하여 수정 부합지수 AICc(corrected Akaike Information Criterion: AICc)값을 최소화하는 방법에 따라 계산될 수 있다.

또한, 가중치를 만드는 대역폭을 고정할 것인가 또는 가변적으로 설정할 것인가를 결정해야 하는데 이는 데이터를 수집한 위치인 표본점과 회귀점 간의 잔차를 통해 모형의 적합도를 평가하기 때문이다. 따라서 대역폭을 지정할만한 충분한 근거가 없는 경우에는 모형의 정확도 향상을 위하여 대역폭을 자동으로 계산한다(Fotheringham *et al.*, 2008). 본 연구에서는 가우시안 함수를 이용하여 대역폭이 고정되어 있지 않은 적응적 커널(adaptive kernel)기법을 활용하였으며, bandwidth는 황금분할법(Golden section search)을 이용하여 최적의 값을 추적하여 각 역의 AICc값

이 가장 낮게 나타나는 대역폭을 선정하였다.

GWR 모델을 이용하여 부산진구 역세권에 대하여 분석한 결과는 표 3과 같다. AICc 값을 비교해보면 OLS 모델보다 GWR 모형의 AICc 값이 낮게 나타났다. 일반적으로 비교되는 두 모형에서 AICc 값의 차이가 4보다 작은 경우 사실상 차이가 없는 것으로 판정하며, AICc 값이 낮은 모형이 더 적합한 모형이라 할 수 있다(Fotheringham *et al.*, 2002). 또한, 모형의 설명력을 나타내는 수정된 R^2 값을 살펴보면 개금역의 $R^2=0.88$ 로 가장 높은 설명력을 나타내고 있으며, OLS 모델 결과와 비교하여 설명력이 약 1.4배 향상되었다. 동의대역은 $R^2=0.75$ 로 분석내용 중 설명력이 가장 낮게 나타났지만 OLS 모형의 결과보다 설명력이 약 1.4배 향상되었다. 특히, 서면역은 GWR 모형의 R^2 값이 OLS 모델보다 최고 약 2.4배 높은 결과 값을 나타내고 있다. 이러한 결과를 종합해 보면 공간 효과를 통제하는 GWR 모형이 OLS 모델보다 모형의 적합도뿐만 아니라 설명력도 높게 나타났다.

3. 공간구조 특성요인 결과

역세권별 설명력(local R^2)은 개금역(78%), 범내골역(76%), 동의대역(69%), 부전역(68%), 전포역(61%), 서면역(61%), 범일역(59%)의 순으로 나타났다. 모형의 설명력을 의미하는 R^2 를 기준으로 모든 역에서 GWR 모형이 OLS 모델보다 설명력이 높게 나타났지만, 역세권마다 설명변수별로 부호의

TABLE 3. 역세권별 GWR 모델 분석 결과

	개금역	동의대역	범내골역	범일역	부전역	서면역	전포역
EffectiveNumber	71.78	67.37	88.83	70.61	90.20	72.58	84.15
bandwidth	56.96	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00
AICc	-1183.95	-20.32	2175.27	2050.89	5746.26	9653.07	2495.94
R2	0.88	0.75	0.84	0.87	0.82	0.78	0.82
R2Adj	0.87	0.74	0.82	0.87	0.80	0.77	0.70
Moran's I	0.11*	0.04*	0.10*	0.12*	0.11*	0.11*	0.10*
Z-value	25.85*	11.83*	31.43*	27.26*	25.53*	27.80*	23.09*

(*)는 0.01 유의수준

방향에서는 다른 경향이 나타났다. 그림 2는 서면역의 GWR 모델 분석결과로 각 독립변수마다 역세권내에 미치는 영향이 다르게 나타났으며, 같은 독립변수에서도 필지마다 다른 계수가 나타났다.

이와 같이 GWR 모델의 적용 결과는 필지별 국지적 수준으로 도출되므로, 대상지역의 7개 역세권에 대하여 분석한 추정결과와 설명변수의 값을 최소·최대·평균·표준편차로 나타냈으며, 이는 표 4와 같다. GWR 모델의 분석 결과를 토대로 역세권 주변공간구조의 특성을 분석하는 과정에서 local R^2 는 역세권별 설명력을 나타내며, 각 변수별 계수는 종속변수에 영향을 미치는 정도를 의미한다. 분석결과는 개별 필지 단위인 국지적 수준으로 전체지역에 대하여 동일하게 적용할 수 없으므로, 설명변수의 평균계수를 이용하여 특성 위주로 해석하면서 분석결과를 지도화 하여 공간상 분포시킴으로써 공간적 특성을 참조하였다.

먼저 ‘도로와의 거리’는 전체 역세권에서 도로에서 멀어질수록 지가를 낮추는 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만 서면역과 부전역 일부 지역에서는 도로와의 거리가 멀어지더라도 지가가 높은 것으로 나타났다. 이는 단순히 도로에서 멀어질수록 가격이 낮아지는 것이 아니라 개발현황 등 주변 요소

에 의해 지가에 영향을 받고 있음을 말해준다.

‘용적률’은 전체 역세권에서 용적률이 높을수록 지가를 높이는 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하지만 일부 지역에서는 용적률이 높더라도 지가가 낮은 것으로 나타났으며 특히, 일반철도와 인접하여 고층건물이 존재하는 동의대와 부전역에서는 부(-)의 영향력이 높게 나타났다.

‘철도와의 거리’, ‘버스정류장과의 거리’, ‘지하철역과의 거리’ 변수는 정(+)과 부(-)의 영향력이 혼재하여 나타났다. ‘철도와의 거리’ 변수의 경우 개금역, 동의대역, 서면역, 전포역에서는 평균적으로 정(+)의 영향력이 범내골역과 범일역, 부전역은 부(-)의 영향력이 나타났다. 부(-)의 영향력이 나타난 3개의 역은 주변에 있는 철도역인 부전역과 범일역의 영향이 작용한 결과라고 판단된다. ‘버스정류장과의 거리’는 대부분의 버스정류장 주변에서는 정류장 주변의 필지가 정(+)의 영향을 미치다가 거리가 멀어질수록 혼합되는 특성이 나타나지만, 서면역과 범내골역, 범일역은 지하철 노선이 지나가는 도로에 존재하는 버스정류장에서 부(-)의 영향이 나타났다.

‘지하철역과의 거리’도 정(+)과 부(-)의 영향력이 혼합되는 경향이 나타났다. 전포역과 동의대역은 국지적 수준에서 영향력이 혼합하여 나타났지만, 나머지 지하철역에서는

FIGURE 2. 서면역 GWR 모델 분석결과

TABLE 4. GWR 모델로 추정된 국지적 설명력 및 설명변수들의 회귀계수 결과

VAR_Name	개금역	동의대역	범내골역	범일역	부전역	서면역	전포역	
local R^2	최소	0.3993	0.0140	0.3586	0.0000	0.0910	0.2853	0.0974
	최대	0.9255	0.9386	0.9407	0.9258	0.9617	0.7835	0.9074
	평균	0.7784	0.6914	0.7555	0.7094	0.6845	0.6850	0.6105
	표준편차	0.1169	0.1521	0.1120	0.1453	0.1576	0.1562	0.1309
도로와의 거리	최소	-0.0080	-0.0163	-0.0418	-0.0344	-0.0784	-0.1442	-0.0429
	최대	0.0040	0.0014	0.0071	0.0067	0.0223	0.0468	0.0027
	평균	-0.0019	-0.0021	-0.0040	-0.0046	-0.0071	-0.0294	-0.0036
	표준편차	0.0021	0.0022	0.0053	0.0061	0.0160	0.0243	0.0072
철도와의 거리	최소	-0.1977	-0.1784	-4.6949	-3.3830	-2.2820	-9.7800	-11.1890
	최대	2.6080	3.0728	4.3590	17.3430	17.4795	57.4329	22.4735
	평균	-0.0002	-0.0005	0.0011	0.0013	0.0000	-0.0040	-0.0009
	표준편차	0.0015	0.0016	0.0045	0.0120	0.0076	0.0168	0.0036
버스 정류장과 거리	최소	-0.0031	-0.0029	-0.0132	-0.0256	-0.0252	-0.0849	-0.0035
	최대	0.0068	0.0078	0.0084	0.0258	0.0519	0.0467	0.0253
	평균	0.0006	0.0001	-0.0011	-0.0016	0.0040	-0.0047	0.0011
	표준편차	0.0017	0.0017	0.0034	0.0054	0.0109	0.0211	0.0045
역과의 거리	최소	-0.0095	-0.0038	-0.0129	-0.0524	-0.0386	-0.1010	-0.0147
	최대	0.0017	0.0055	0.0200	0.0972	0.0102	0.0232	0.0293
	평균	-0.0009	0.0003	-0.0005	-0.0022	-0.0046	-0.0093	0.0006
	표준편차	0.0016	0.0011	0.0035	0.0122	0.0064	0.0162	0.0040
용적률	최소	-0.0006	-0.0001	0.0000	0.0000	-0.0004	0.0002	0.0000
	최대	0.0008	0.0012	0.0006	0.0006	0.0023	0.0035	0.0011
	평균	0.0002	0.0003	0.0001	0.0001	0.0005	0.0014	0.0003
	표준편차	0.0002	0.0003	0.0001	0.0001	0.0006	0.0006	0.0002
토지이용 상업용지	최소	0.0779	0.2123	0.1195	0.0751	-1.0834	-0.6869	0.1071
	최대	1.5248	1.7330	2.4632	5.3228	3.5443	7.9604	2.3582
	평균	0.6114	0.9283	0.8366	1.0791	1.0355	1.9784	0.6708
	표준편차	0.2777	0.4039	0.4117	0.7184	0.7898	1.2987	0.3552
토지이용 주거용지	최소	-0.6871	-0.6134	-1.0266	-5.4779	-10.3704	-14.6698	-2.0269
	최대	0.0562	0.2762	0.4051	1.0647	8.3577	19.8749	0.5391
	평균	-0.2526	-0.1121	-0.2020	-0.2513	-0.3009	0.2652	-0.0851
	표준편차	0.1320	0.1253	0.2935	0.5911	1.6963	4.1081	0.2719

역 주변 및 지하철노선을 따라 부(-)의 영향이 나타나다가 일정 거리를 벗어나면 따라 영향이 혼합되는 경향을 나타냈다. 이는 역으로부터 일정 거리까지 존재하는 역의 세력권 영향으로 판단된다.

대상지역 7개 지하철역 역세권은 설명력(local R^2)도 모두 다르게 나타났으며, 요인에 따라 정(+)의 영향력과 부(-)의 영향력, 그리고 두 개의 영향력이 혼합하여 나타났다. 이것은 같은 요인이라도 지역에 따라 미치는 영향력에 차이가 있는 것으로, 역세권 주변의

공간구조에 영향을 주는 요인들의 차이에 의해 존재하는 공간적 이질성을 의미한다.

결론

이 연구는 대중교통 결절점인 역세권 TOD 계획의 선행요건으로 지하철 역세권 주변의 공간구조 특성을 분석하였다. 역세권 공간구조는 공간적 연관성이 모든 지역에서 동일하게 적용되지는 않기 때문에 변수의 독립성과 오차의 등분산성을 기본 전제로 하는 일반 회

귀분석의 적용은 적합하지 않았다. 이에 본 연구에서는 GWR 모델을 이용하여 공간구조를 분석하였으며, 분석결과에서도 역세권마다 국지적 결정계수가 다른 공간적 이질성이 존재하였다.

AICc값을 이용한 모델의 비교결과 GWR 모델이 OLS 모델보다 적합한 모델로 판정되었으며, 모형의 설명력을 의미하는 R^2 도 모든 대상지에서 GWR 모델이 적게는 1.2배에서 많게는 2.4배 높게 나타났다. 설명변수별로 살펴보면 ‘도로와의 거리’는 부(-)의 영향력이, ‘용적률은 정(+)의 영향력이 나타났으며, ‘철도와의 거리’, ‘버스정류장과의 거리’, ‘지하철역과의 거리’ 변수는 정(+)과 부(-)의 영향력이 혼재하여 나타났다. 이것은 같은 변인이라도 지역에 따라 미치는 영향력에 차이가 있는 것으로 역세권 주변의 공간구조에 영향을 주는 변인들의 공간적 이질성을 의미한다.

연구결과 지하철 역세권은 지역마다 다른 특징을 가지고 있으며 같은 역세권 안에서도 공간적 변인이 존재하고 있었다. GWR 모델을 통하여 도출된 지역적 공간구조의 특징은 GIS 환경에서 도형정보와 속성정보의 결합을 통한 지도화를 통하여 공간적 특성을 도출할 수 있는 장점이 있다. 지하철 역세권 개발 시 분석된 지역적 수준의 공간구조 특성을 고려하여 지역을 개발하고 지역적 특성에 맞는 다양한 시스템을 연계한다면 역세권 주변공간의 공간배치와 정책 운용 시 보다 효율적일 것으로 판단된다.

하지만 역세권 주변공간에 GWR 모델을 적용하기 위해서는 한계점도 존재하였다. 먼저 수치화와 지도화를 통한 공간적 특성 도출과정에서 공간적 변인에 대한 상관성을 즉각적으로 도출하기에는 한계가 있었다. 또한, GWR 모델을 구현하기 위한 변수의 선정과정에서 본 연구에서와 같이 개별 필지를 집계단위로 선정하였을 경우 필지단위로 집계되는 정보의 한계로 인하여 변수의 선정에 한계가

있었다. 추가로 변수의 적용과정에서도 지역별 차이가 적은 사회경제적 변수는 필지별로 유사한 값에 의하여 국지적 다중공선성의 문제가 발생하였다. 이러한 문제점의 해결방안을 도출하고, 개선방안을 적용하여 심도 있는 연구가 진행된다면 더욱 정확한 역세권 공간구조의 특성 분석이 가능할 것으로 판단된다.

KAGIS

주

- 1) 역세권의 범위에 대하여 허창무(2010)는 역사중심권(반경 100~200m), 직접 역세권(반경 300~500m), 간접 역세권(반경 500~1,000m)을 설정하였고, 김미리는 역세권(반경 500m)과 비역세권(반경 500m 외 지역)으로 설정하였다. 유형식은 1차 영향권(반경 200~500m)과 2차 영향권(반경 500~1,000m)으로 설정하였고, 과거 도시계획법의 지구상세계획 지침에서 역세권을 반경 500m로 설정하였다. 이러한 선행연구를 바탕으로 본 연구에서는 역세권의 범위를 500m로 설정하였다.
- 2) 각각의 독립변인들을 종속변인에 대한 중요도와 상관관계, 다중공선성을 분석하여 적합한 변인들을 설정하였다. 분석결과 다중공선성이 존재하거나 상관관계가 높게 나타나는 지역 및 변인은 본 연구의 분석에서 제외하였다.

참고문헌

- 김미리. 2000. 지하철 역세권 지가변화에 관한 연구-서울시 8호선 잠실역, 송파역, 문정역을 중심으로. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문. 5-61쪽.
- 김원경과 이미영. 2002. 김해시 CBD의 지가 패턴. 한국도시지리학회지 5(1):15-33.
- 김유호. 2012. 도시철도 개통에 따른 광주시 역세권 지가의 특성에 관한 연구. 한국전자

- 통신학회 논문지 7(1):171-180.
- 김호용. 2010. 공간통계기법을 이용한 도시 교통량 예측의 정확성 향상. 한국지리정보학회지 13(4):138-147.
- 김호용, 김지숙, 이성호. 2012. 도심경계설정을 위한 공간통계학적 접근. 한국지리정보학회지 15(4):42-54.
- 서경천. 2003. 부동산 가격 추정에 있어서 비모수적 헤도닉 방법을 도입한 공간적 변동성 측정: 부산광역시 서부산권을 중심으로. 한국지역개발학회지 15(2):183-204.
- 성현곤. 2011. 대중교통 중심의 개발(TOD)이 주택가격에 미치는 잠재적 영향. 지역연구 27(2):63-76.
- 성현곤, 노정현, 김태현, 박지형. 2006. 고밀도시에서의 토지이용이 통행패턴에 미치는 영향: 서울시 역세권을 중심으로. 국토계획 41(4):59-75.
- 유승환, 강준모. 2012. 역세권 공간구조특성이 지가에 미치는 영향요인분석. 대한토목학회 논문집D 32(1):61-69.
- 유형식. 1996. 역세권개발개념 도입을 통한 시가지정비·개발계획안-경기도 수원시 수원역 일대를 대상으로. 서울대학교 대학원 석사학위논문. 1-132쪽.
- 윤시운, 이광국. 1999. 지하철 역세권의 상세계획구역 설정방법에 관한 연구. 한국지역개발학회지 11(3):89-103.
- 이광국. 2004. 부산시 지하철 역세권의 상업용도 분포특성에 관한 연구. 건설환경연구 3(1):35-51.
- 이용현, 오덕성. 2008. 도심재생 측면에서 본 고속철도 역세권 개발(계획)분석. 대한건축학회지 24(6):253-264.
- 이창무, 김홍순, 김미경. 2007. 역세권개발과 수도권 공간구조 재편. 국토계획 42(6):67-88.
- 전병운. 2011. 환경적 형평성과 도시 삶의 질의 공간적 관계에 대한 탐색. 한국지리정보학회지 14(3):223-235.
- 조동기. 2009. 지역 단위 조사연구와 공간정보의 활용: 지리정보시스템과 지리적 가중 회귀분석을 중심으로. 조사연구 10(3):1-19.
- 조영진. 2008. 보행접근 특성을 고려한 지하철 역세권 지가 입지특성 분석 연구. 한양대학교 대학원 석사학위논문. 1-79쪽.
- 허윤경. 2007. 도시별 주택가격의 공간적 영향력 검증: 서울과 부산의 아파트 가격을 중심으로. 주택연구 15(4):5-23.
- 허윤경, 이주영. 2009. 울산의 도시공간구조 변화분석: 1995-2005년 인구밀도·고용밀도·지가를 중심으로. 국토계획 44(2):111-121.
- 허창무. 2010. 복합민자역사 개발로 인한 주변 상업시설 지가 변화특성에 관한 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문. 1-69쪽.
- Anselin, L.. 1995. Local indicators of spatial association LISA. Geographical Analysis 27(2):258-306.
- European Commission. 1990. Green Paper on the Urban Environment. Brussels, EC.
- European Union. 1990. Green Paper on the Urban Environment Communication from the Commission to the Council and Parliament. COM(90) 218pp.
- Fotheringham A.S., C. Brunsdon and M. Charlton. 2002. Geographically Weighted Regression: the Analysis of Spatially Varying Relationships. Chichester, Wiley.
- Fotheringham A.S., M. Charlton and U. Demsar. 2008. Looking for a relationship? Try GWR. In: Miller, H.

- and Han J. (2nd ed.). Geographic Data Mining and Knowledge Discovery. Taylor & Francis, London, pp.227-254.
- Sá, A.C.L., J.M. Pereira, M.E. Charlton, B. Mota, P.M. Barbosa and A.S. Fotheringham. 2011. The pyrogeography of sub-Saharan Africa: a study of the spatial non-stationarity of fire-environment relationships using GWR. *Journal of Geographical Systems* 13(3):227-248. **KAGIS**