

# 지리가중회귀모형을 활용한 서울시 주택하위시장 도출에 관한 연구\*

– 실시간 경로안내 API 기반 주요 고용중심지로의 접근성을 중심으로 –

## A Study on the Housing Sub-Market Classification Using Geographically Weighted Regression Model in Seoul, Korea

– Focused on Accessibility to the Major Employment Centers Based on Real-Time Route Guide API –

김일수\*\* · 서동민\*\*\* · 하재현\*\*\*\* · 이수기\*\*\*\*\*

Kim, Ilsu · Seo, Dong Min · Ha, Jaehyun · Lee, Sugie

### Abstract

This study aims to derive the housing sub-market of Seoul by analyzing the spatial pattern of the influence of accessibility to major employment centers on apartment price. In detail, we measure the accessibility to major employment centers in Seoul by using the travel time provided by Google Maps and SK Telecom API services. We first modeled the housing price based on the ordinary least squares regression model and confirmed that the spatial heterogeneity should be controlled. To do so, we applied the geographically weighted regression (GWR) model. Based on the GWR result, we obtained the spatial distribution of regression coefficient values of the travel time across Seoul. Next, we employed the Spatially Constrained Multivariate Clustering tool to identify housing sub-markets. Finally, we further investigated Songpa-gu and Dobong-gu, which are representative housing sub-market cases. Main findings of this study are as follows. First, we confirmed the spatial heterogeneity issue of the apartment housing prices in Seoul and controlled it by applying the GWR model. Second, we derived 30 housing sub-markets by clustering areas based on the regression coefficients of the GWR model. Lastly, after looking into differences among sub-markets, we suggested that our segmentation method and its result can provide useful information for understanding the housing sub-markets and implementing housing related policies.

**키워드** 지리가중회귀모형, 주택하위시장, 고용중심지, 접근성, 응용프로그램 프로그래밍 인터페이스(API)  
**Keywords** Geographically Weighted Regression Model (GWR), Housing Submarket, Employment Center, Accessibility, Application Programming Interface (API)

\* 본 연구는 2018년 대한국토·도시계획학회 추계학술대회에서 발표한 논문을 수정·보완하였음.

\*\* Graduate Student, School of City and Regional Planning, Georgia Institute of Technology (First author: ikim302@gatech.edu)

\*\*\* Assistant Manager, KB Real Estate Trust (sdmin23@naver.com)

\*\*\*\* Doctoral Candidate, Dept. of Urban Planning and Engineering, Hanyang University (jaehyunha@hanyang.ac.kr)

\*\*\*\*\* Professor, Dept. of Urban Planning and Engineering, Hanyang University (Corresponding author: sugielee@hanyang.ac.kr)

## I. 연구의 배경 및 목적

지역과 용도 등에 따라 다양한 하위시장(sub-market)을 형성하는 부동산 시장과 마찬가지로, 부동산 시장의 일부분인 주택시장도 주택의 형태, 점유방식, 입지와 같은 요인에 따라 여러 하위시장으로 구분된다(하성규, 2016). 예를 들어, 서울의 아파트 시장과 남양주의 단독주택 시장은 서로 다른 성격을 가지고 외부 여건의 변화에 따른 반응도 차이가 있다. 이는 두 시장이 다른 가격결정요인을 가지고 있거나 각 요인들이 가격에 미치는 영향이 다르기 때문일 것이다.

주택의 하위시장 분석이 중요한 이유는 형성된 하위시장 구조에 대한 이해를 통해 세분화된 전략을 가지고 효과적인 주택정책을 수립할 수 있기 때문이다. 하지만 주택하위시장에 대한 연구는 그 필요성과 중요성에도 불구하고 충분히 진행되지 못하였다. 하성규(2016)는 우리나라 주택정책이 주택시장을 단일시장으로 간주하고 분석한 결과를 토대로 시행된 것을 지적하였다. 또한, 이창로 외(2014)는 주택가격의 정확한 추정에 대한 연구가 활발한 데 비해서 부동산 하위시장에 대한 연구는 부족하다고 주장했다.

주택하위시장의 구분은 절대적인 구분이 있기보다는 분석가의 상황과 목적에 따라 다르게 기획될 수 있다. 따라서 주택하위시장의 구분은 명확한 목적을 가지고 분석의 대상, 방식, 세분화의 정도를 설정해야 한다. 주택의 특성 중 가장 주목받는 것 중 하나는 교통의 편리성이다. 특히, 통근의 용이성은 도시민이 주거지를 결정하는 데 매우 중요한 요인으로 작용한다. 자연스럽게, 서울에서 대중교통이 편리한 지하철역 역세권이 주변지역보다 주택가격이 더 비싼 것을 흔히 볼 수 있다.

또한, 교통서비스 수준의 변화가 주택가격에 미치는 영향이 크기 때문에 새로운 대중교통시설의 공급과 같은 정책은 주택시장의 참여자들이 매우 주목하는 사항이다. 게다가 국민의 주거안정 등을 목표로 여러 주택정책을 시행하고 있는 정부의 입장에서도 교통의 편리성과 주택가격의 관계는 중요한 관심의 대상이다. 예를 들면, 현재 계획 중에 있는 수도권광역철도(GTX)가 수도권 각 지역의 이동성 및 접근성 변화에 미칠 영향과 이에 따른 주택가격의 변화는 정부와 시장참여자 모두에게 흥미로운 주제이다. 이러한 관심을 반영하듯이 위와 유사한 연구 주제는 국내의 연구에서도 다루어졌다(김동균, 2004; 차혜민·이창무, 2018).

하지만 교통의 편리성과 주택가격의 연관관계가 서울시 전체에서 동일하게 적용되지 않을 것이다. 위에서 언급하였듯이 서울시의 주택시장은 하나의 단일시장이라기보다 다양한 하위시장의 집합이다. 또한, 교통 편리성이라는 가치에 대한 수요와 공급이 균형을 이루며 각각의 하위시장에서 주택가격은 다르게 형성될 것이다. 나아가, 어떤 교통수단을 기준으로 한 교통의 편리성인지에 따라서도 그 가치가 다를 수 있다. 그렇기 때문에 역으로

교통 편리성의 가격을 기준으로 주택의 하위시장을 구분하는 것이 가능하다. 주택하위시장마다 교통수단별 교통 편리성의 가치가 주택가격에 반영되어 있을 것이므로, 그 가치가 공간상에 어떻게 분포되어 있는지를 분석하여 지역별 주택하위시장이 어떻게 구성되어 있는지 파악할 수 있다.

본 연구는 대중교통 및 자동차를 통한 고용중심지로의 통행시간이 서울시의 아파트 가격에 미치는 영향력의 공간적 패턴을 이용하여 서울시 아파트 시장의 하위시장 구성을 확인하는 것을 목적으로 한다. 대상을 아파트로 선정한 이유는 아파트가 서울시의 주거형태를 대표하면서도 상대적으로 규격화된 주택이기 때문이다. 또한, 고용중심지로의 교통수단별 통행시간은 지대이론에서 지가형성에 큰 영향을 미치는 통근비용을 대변하는 변수로 사용되어 교통의 편리성을 나타낸다. 분석 모형으로는 수단별 통행시간이 아파트 가격에 미치는 영향력의 공간적 차이를 드러내는 모형인 지리가중회귀모형을 활용한다. 하위시장 구획 결과를 바탕으로 하위시장별로 수단별 교통 편리성에 대한 가치가 어떻게 형성되어 있는지도 살펴본다. 이를 통해 하위시장의 구조에 내재된 각 시장별 특성을 파악하고, 본 연구에서 사용한 구획 방식이 가지는 의의와 활용 방안도 고찰한다.

## II. 이론 및 선행연구 고찰

### 1. 헤도닉 가격모형

#### 1) 헤도닉 가격모형의 개념

헤도닉 가격모형은 Rosen(1974)이 제시한 모형으로, 부동산의 가치를 산정하는 데 사용될 뿐만 아니라, 부동산의 건축적인 특성과 주변 환경 및 시공브랜드 등의 가치를 평가하는 데 사용된다(배상영 외, 2018). 헤도닉 가격모형으로 부동산 가격을 추정하는 것은 부동산에 내재된 특성들이 부동산의 가격을 결정한다는 가정을 전제로 하고 있다. 지금까지 다양한 주제에 대한 많은 연구가 헤도닉 가격모형을 이용하였다. 그 연구들은 주로 주요 관심 변수를 설정하고 각 해당 변수가 주택가격에 미치는 영향을 살펴 보았다. 특히, 우리나라 도시의 대표적인 주거형태인 아파트를 대상으로 한 분석도 다양한 변수를 관심변수로 두고 수행되었다. 예를 들면, 이문숙 외(2011)는 아파트 브랜드, 정수연·김태훈(2007)은 아파트 층별 효용비용을 주 관심변수로 설정하고 헤도닉 가격모형을 이용해 아파트 가격에 미치는 영향을 분석하였다.

#### 2) 헤도닉 가격모형을 이용한 교통 편리성과 주택가격의 관계에 대한 연구

헤도닉 모형을 이용하여 교통의 편리성과 주택가격의 연관관계를 파악한 국내논문이 다수 존재한다. 이규태 외(2016)는 대구 도시철도 3호선역과의 직선거리가 아파트 가격에 미치는 영향을

분석하였다. 그 결과, 대구도시철도 3호선의 개통으로 향상된 접근성이 아파트 가격 상승에 긍정적인 영향을 끼친다는 것을 밝혔으며, 아파트 면적별 및 행정구역별로 3호선 개통이 주택가격에 미치는 영향을 분석했다.

배상영 외(2018)는 대중교통의 편리성이 경기도 아파트 가격에 미치는 영향을 살펴보았다. 이들은 대중교통 편리성을 가장 가까운 도시철도역의 노선, 운행편수, 서울의 경우 여부, 인천의 경우 여부, 중심업무지구(Central Business District, CBD) 및 강남업무지구(Gangnam Business District, GBD)까지의 소요시간과 같이 세분화하여 변수로 이용하였다. 소요시간을 계산할 때는 모든 역의 소요시간 매트릭스를 작성하여 이용했다. 결과적으로, 도시철도에 대한 단순한 접근성뿐만 아니라 각 역에서 이용할 수 있는 서비스의 수준도 아파트 가격에 유의미한 영향을 미침을 밝혔다. 또한, 신규 노선의 건설·연장·운영에 있어 주변 아파트 가격에 미칠 수 있는 영향을 고려해야 함을 주장하였다.

그 외에도 정문오·이상엽(2013)은 도시철도의 개통과 도시철도역의 접근성이 주택가격 변화에 미치는 공간적 시간적 효과를 일반적 헤도닉 모형과 횡단면시계열분석모형을 이용하여 분석하였다. 또한, 공간시차모형(spatial lag model)을 활용한 공간계량 분석으로 서로 인접한 주택단지들에서만 관찰되는 영향을 확인했다. 이를 통해 서울도시철도역의 계획·착공·개통에 따라 아파트 가격에 미치는 영향을 도출했다. 이와 유사한 연구로 차혜민·이창무(2018)는 부산의 지하철 노선확장이 아파트 가격에 미치는 영향을 헤도닉 가격모형에서 수정반복매매지수를 추가하여 분석했다. 그 결과, 지하철 노선확장에 따라 지하철 접근성이 아파트 가격에 미치는 영향력이 강화되었음을 확인했다.

헤도닉 모형을 이용하여, 철도교통의 편리성이 주택가격에 미치는 긍정적인 영향을 살펴본 국외 연구들도 다수 존재한다. Dubé et al.(2013)은 대중교통 인프라로 인한 외부효과로 부동산 시장이 영향받는 것을 입증하기 위해 몬트리올 사우스 쇼어(Montreal South Shore)에 새로 개통되는 통근열차 역 주변의 주택가격 변화를 분석하였다. 또한, Pan et al.(2014)은 휴스턴 메트로레일(METRORail)과 상하이 지하철이 역 주변 주택가격에 유의미한 양의 영향을 준다고 주장하였다. 그리고 Jayantha et al.(2015)은 홍콩을 대상으로 하여 새로운 지하철 건설에 대한 발표가 교통 편리성 향상에 대한 기대로 역 주변의 주택가격을 상승시킨다는 것을 보였다.

버스를 이용한 교통의 편리성에 중점을 둔 연구도 존재한다. Deng et al.(2016)은 베이징 남부지역의 간선급행버스 노선(Beijing Southern Axis BRT Line 1) 정류장을 대상으로, 헤도닉 모형을 적용하여 간선급행버스(BRT) 정류장과의 거리가 800m 이내에 존재하는 주택들의 가격에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과, BRT 정류장에 100m 가까워질 때마다 호가가 1.32~1.39% 증가한다는 결론을 내렸다. 또한, 대중교통의 종류

보다는 접근성의 향상 그 자체가 주택가격에 더 주요한 영향력을 가진다고 주장했다.

더 나아가, Hou(2017)는 다수준 헤도닉 가격모형(multi-level hedonic price model)을 이용하여 로스앤젤레스 카운티(Los Angeles County)의 단독주택을 대상으로 자동차를 이용한 통근의 편리성과 주택가격의 관계를 살펴보았다. 구체적으로, 오전 첨두 시간 정체를 고려한 고용지로의 접근성과 자유속도를 기반으로 한 고용지로의 접근성 모두를 이용하여 분석하였다. 분석결과, 정체를 고려한 접근성과 그렇지 않은 접근성 모두 주택가격에 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 파악하였고, 정체를 고려한 접근성이 주택가격에 더 큰 영향력을 가지는 것을 보였다.

위와 같이, 헤도닉 모형을 이용하여 교통 편리성이 주택가격에 미치는 영향을 살펴보고자 한 노력이 지속적으로 이루어져왔다. 각 연구자마다 교통의 편리성에 대한 변수를 다르게 구축하였고 관심변수와 분석방법에도 차이가 있지만, 주로 특정 교통수단에 한정해서 교통의 편리성을 측정하려는 경향이 있었다. 교통의 편리성을 보다 정확히 반영하기 위해서는 한 수단만이 아닌 전체 대중교통 네트워크를 이용한 통행의 편리성을 보아야 한다. 또한, 자가용을 이용한 통행도 함께 고려되어야 한다는 사실로 미루어 보았을 때, 교통의 편리성과 관련한 변수의 구축방법에서 개선이 요구된다.

또한, 도로 정체로 인한 접근성의 손실을 감안하고 시민들이 실제로 체감하는 통행의 용이성을 더 명확히 반영하려는 시도도 있었지만 대부분의 연구에서는 이러한 노력이 부족하였다. 특히, 주로 대중교통시설과의 거리로 교통의 편리성을 대변하는 변수를 구축하는 경향은 큰 한계를 가질 수밖에 없다. 기존연구에서 활용한 변수들의 측정방법이 교통의 편리성을 측정하기에는 정교하지 않을 뿐만 아니라, 교통 상황 등을 고려한 실질적인 통행 시간을 정확하게 반영하지 못하기 때문이다.

## 2. 지리가중회귀모형

### 1) 데이터의 공간효과와 지리가중회귀모형

공간데이터는 공간효과 중 하나인 공간적 의존성(spatial dependence)이나 공간적 자기상관(spatial autocorrelation)을 내재하고 있을 가능성이 높다(Tobler, 1970). 특히, 특정 변수의 공간적 패턴을 이해하고 그 패턴에 영향을 주는 요인들을 분석할 때, 데이터에 공간적 자기상관이 존재하면 이를 고려한 접근이 필요하다. 한편, 공간데이터의 공간효과 중 공간적 이질성(spatial heterogeneity)도 있다. 이는 공간 데이터의 형태로 측정된 변수들 간의 관계가 공간단위 자체의 특성에 따라 차이를 가지는 경우를 지칭한다(이희연·노승철, 2013). 그 예로 주택특성과 주택가격의 관계가 지역에 따라 달라지는 경우가 대표적이다.

종합하면, 공간적으로 가까울수록 변수 값들이 큰 영향을 주고

받기 때문에 나타나는 공간적 자기상관성과, 두 종류 변수 간의 관계가 공간적 위치에 따라 다르기 때문에 발생하는 공간적 이질성은 공간데이터가 가질 수 있는 공간효과이다. 이에 따라 공간 효과가 심한 경우에는 변수들 간의 독립성, 오차의 정규성, 오차의 독립성 등을 가정하는 최소자승법(Ordinary Least Square, OLS)을 이용하는 것이 적절하지 않다. 이를 해결하기 위해 공간 효과를 고려한 여러 모형들이 개발되어 왔고, 그중 하나가 지리가중회귀모형이다.

2) 지리가중회귀모형의 개념

지리가중회귀모형은 회귀계수가 지리적 위치에 따라 다르다는 것을 전제하여 국지적 회귀모형을 추정한다(이희연·노승철, 2013). 즉, 위치에 따라 종속변수와 독립변수 간의 관계가 다르다고 가정하여, 공간적 위치에 따라 독립변수의 변화 정도가 동일하여도 종속변수의 변화 정도가 다르다고 보는 모형이다(정효진·이지영, 2015). 기본식은 전역적 회귀식에 좌표( $u_i, v_i$ )를 부여해 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \epsilon_i \quad (1)$$

지점별 회귀모형을 적합(fitting)할 때, 회귀지점 주변에 위치한 사례들은 회귀지점과 가까울수록 높은 가중치가 부여된다. <그림 1>에서와 같이 각 회귀점을 기준으로 일정 거리 내의 사례에 가중치를 적용한다. 가중치  $w_{ij}$ 는 회귀점과 주변 지점과의 거리  $d_{ij}$ 에 의해 결정되며, 거리가 가까울수록 큰 값이 부여된다(김혜영·전철민, 2012). 가우시안 분포를 이용한 가중치는 식 (2)와 같다.

$$w_{ij} = \exp[-(d_{ij}^2/\theta^2)/2] \quad (2)$$

$d_{ij}$ 는  $i$ 지점에서 타 지점까지의 거리이며,  $\theta$ 는 대역폭(bandwidth)이다. 대역폭은 공간의 특성을 반영하는 변수가 거리에 따라 얼마나 민감하게 변하는지 나타내는 지표이다(이성우 외,

2006). 대역폭을 고정할지, 가변적으로 설정할지에 따라, 고정적 커널(fixed kernel)과 적응형 커널(adaptive kernel)로 구분한다. 연구대상지역에서 표본점들이 규칙적으로 분포한다면 대역폭을 고정하지만, 불규칙하게 분포한다면 가변적으로 설정하여 모형의 적합도를 높일 수 있다(이희연·노승철, 2013).

3) 지리가중회귀모형을 이용한 헤도닉 가격모형의 개선에 대한 연구

헤도닉 가격모형을 이용한 여러 연구에서 공간데이터가 가지는 공간효과가 보고되면서, 이를 고려한 분석을 시도하는 연구들도 이루어졌다. 김정희(2018)는 서울시의 공동주택 거래자료를 일반회귀분석으로 분석했을 때 데이터의 공간적 이질성과 공간적 자기상관성이 고려되지 못함을 지적했다. 이에 따라 일반회귀 모형의 결과를 공간시차모형, 공간오차모형, 지리가중회귀모형의 결과와 비교하여 해당 모형들이 주택가격 추정력을 높일 수 있다고 언급했다. 이와 유사하게 Wen et al.(2018)은 항저우를 대상으로 교육서비스 수준과 주택가격의 관계를 알아보기 위해 공간시차모형, 공간오차모형, 지리가중회귀모형을 적용해보았고, 지리가중회귀모형이 교육서비스의 질 및 접근성의 가치에 대한 공간적 이질성을 효과적으로 포착한다고 주장하였다.

그 외에도, 김세형·한혜근(2014)은 송파구 표준지 공시지가를 이용한 분석에서 지리가중회귀모형이 세부지역별로 지가형성요인이 상이한 것을 보다 정밀하게 포착하므로, 개별공시지가 산정과 같은 대량평가모형에 활용된다면 평가모형의 정교성이 향상될 것으로 예측했다. Olszewski et al.(2017)은 폴란드 바르샤바의 주택을 대상으로 한 연구에서 지리가중회귀모형의 적용이 최소자승법을 이용한 일반적 회귀분석모형보다 AIC(Corrected Akaike Information Criterion) 값은 낮고, R<sup>2</sup> 값은 크다는 것을 보이며 그 유용성을 언급하였다.

나아가, 김정희(2016)는 기존의 헤도닉 가격모형을 이용한 연구들에서 산출된 아파트 가격에 영향을 미치는 변수의 전역적인 영향력이 국지적인 측면에서도 신뢰성을 가질 수 있는지에 대해

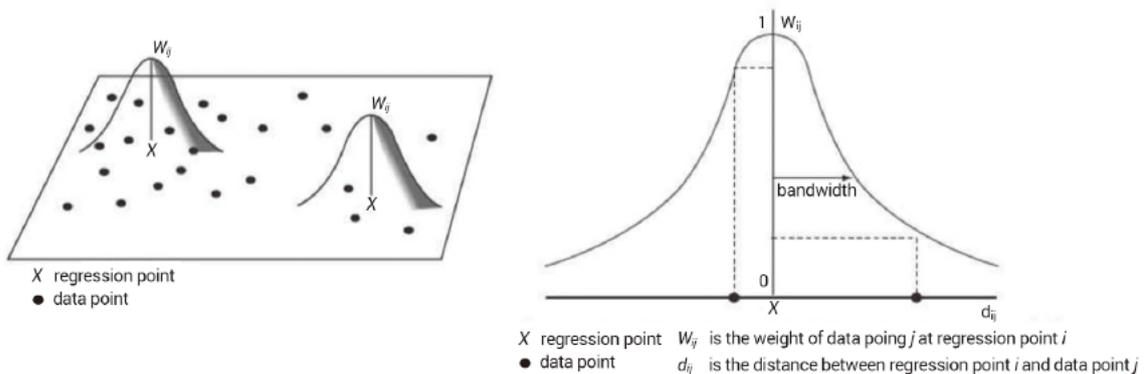


그림 1. 커널 함수의 개념 Figure 1. Concept of Kernel Function

Source: Fotheringham et al. (2002)

의문을 제기했다. 이러한 문제를 해결하기 위해 지리가중회귀모형의 유용함을 설명했으며, 서울의 아파트 거래사태 자료가 가지는 공간적 이질성을 확인하며 지리가중회귀모형이 일반회귀모형보다 적합한 모형임을 보였다.

다른 한편으로, 교통의 편리성과 관련된 연구를 살펴보면 남형권·서원석(2017)은 서울 아파트의 전철역 접근성의 가치를 지리가중회귀모형을 이용하여 분석했다. 이 연구에서는 지역별, 그리고 점유형태별로 전철역 접근성의 가치가 유의미한 차이를 보임을 밝혀냈다. 또한, 연구 자료의 성격이 일반회귀모형의 기본 가정인 공간적 자기상관성 배제, 오차의 등분산성, 오차의 정규성에 위배되는 것을 보였다.

Dziauddin et al.(2015)은 말레이시아의 쿠알라룸푸르 대도시권에서 경전철의 주택가격에 대한 영향력을 지리가중회귀모형을 이용하여 분석하였다. 전철역으로는 경전철을 통한 직장 및 각종 시설에 대한 접근성 향상이 주택가격에 긍정적인 영향을 미침을 보고하였다. 하지만, 지리가중회귀모형을 적용한 결과는 위치에 따라 그 영향력의 크기와 부호가 달라지는 것을 보여주었고, 이는 위치별로 주변지역 소득수준, 기존의 대중교통서비스의 질, CBD로의 거리 등과 같은 다른 요인에서 그 이유를 찾을 수 있다고 설명하였다.

종합하여 정리하면, 주택가격 분석에서 공간적 이질성을 고려하는 것은 매우 중요하고, 지리가중회귀모형을 이용하면 모형의 정교성과 신뢰성을 높이는 데 기여할 수 있다. 또한, 지리가중회귀모형을 적용함으로써 독립변수의 지역별로 상이한 주택가격에 대한 영향을 효과적으로 포착할 수도 있다. 특히, 지리가중회귀모형을 이용한 교통의 편리성과 주택가격의 관계에 대한 연구에서는 교통 편리성이 주택가격에 미치는 영향력의 크기와 부호가 위치별로 차이가 있다는 점이 보고되기도 하였다.

### 3. 하위시장의 구분

#### 1) 주택하위시장

주택하위시장은 다른 하위시장의 주택들과는 대체성이 상대적으로 낮고, 동일한 하위시장의 주택 사이에서는 상호 대체가 가능한 주택들의 집합이다(Bourassa et al., 1999). 주택하위시장은 부동산이 가지는 특성인 내구성, 고정성, 이질성으로 인해 주택시장에서 수요와 공급의 경제활동이 다수의 공간단위로 세분화되기 때문에 형성된다. 곧, 주택시장은 공간적으로 한정되어 분화되고, 여러 주택하위시장으로 나뉘어져 하나의 시장처럼 작동하지 않는다(오운경·정진섭, 2017).

부동산 가격의 정확한 추정에 있어서 모형의 정교한 구성과 하위시장의 정확한 분석이 매우 중요하다. 하지만, 지금까지 가격 추정모형의 개선에 대해서는 여러 연구와 노력이 있어온 것에 비해 하위시장의 구획에 대한 관심은 상대적으로 부족했다. 그 이

유로는 부동산 하위시장의 정의와 그 구획의 방법론에 대해 합의된 바가 없다는 것을 들 수 있다. 대상지역의 여러 하위시장을 부정확하게 구획한다면 헤도닉 모형 결과의 정확성은 저하될 수밖에 없다(이창로 외, 2014).

효과적으로 주택하위시장을 구분하고 그 결과를 유용하게 이용하기 위해서는 연구자의 목적과 맥락에 따라 이에 적절한 구획 방식을 사용해야 한다(Bourassa et al., 2003). 이창로 외(2014)는 하부시장 구획의 방법론을 헤도닉 모형, 다변량 분석기법, 이산선택모형, 공간통계기법, 그 밖의 기법을 이용한 방식으로 분류·제시하였다. 다양한 부동산 하위시장 구분방식 중 적절한 방식을 택하려면 구분의 목적, 세분화 정도, 구득 가능한 자료 등의 상황을 충분히 고려한 연구자의 판단이 필요하다.

#### 2) 지리가중회귀모형을 이용한 부동산 하위시장에 관한 연구

지리가중회귀모형을 이용한 주택하위시장 구분은 전술한 하위시장의 구분방식 중 헤도닉 모형을 이용한 방식에 속한다. 지리가중회귀모형은 주택가격 데이터의 공간적 이질성을 포착해 각 사례별로 변수들의 계수를 다르게 산출할 수 있기 때문에 군집분석 등을 통해 부동산 하위시장의 존재를 파악하기 적합하다. 이에 따라, 지리가중회귀모형의 이러한 속성이 부동산 하위시장을 포착하는 데 이용될 수 있음을 확인하려는 연구들이 진행되었다.

강창덕(2010)은 지리가중회귀모형 접근법을 서울시 아파트 실거래가 자료에 적용해서 부동산 감정평가방식을 보완할 수 있는 방안을 제시하였다. 이때, 서울시 주택시장의 여러 이질적 주택하위시장이 구성되어 있음을 밝히고 이를 부동산 감정평가 과정에 활용할 수 있다고 하였다. 또한, 전해정(2016)은 서울시 아파트 가격을 추정하는 헤도닉 모형을 구축함에 있어서 일반회귀모형, 공간자기회귀모형, 공간오차모형, 지리가중회귀모형 중 지리가중회귀모형이 가장 적합함을 밝혔다. 이 과정에서 지리가중회귀모형은 주택시장이 여러 이질적 하위시장으로 이루어져 있음을 밝힐 수 있고, 이를 적용해 자산가격의 저평가와 같은 문제 해결을 위한 보정계수 산정의 근거로 활용할 수 있다고 주장하였다.

더 나아가, 지리가중회귀모형을 이용해 주택하위시장을 구분하려는 시도가 이루어지기도 했다. McCluskey and Borst(2011)은 미국의 3개 카운티인 페어팩스, 새러소타, 카토바에서 각각의 하위시장을 포착하고 지리가중회귀모형의 계수가 유사한 구역을 기준으로 하위시장을 구획하는 시도를 하였다. 또한, 이런 접근 방식을 통해 하위시장 구획이 논리적이고 분석적인 과정을 통해 이루어질 수 있음을 주장하였다. 또한, Yu et al.(2011)은 연구자가 임의로 하위시장을 구획하는 것에 문제를 제기하였다. 그 대안으로 밀워키의 주택시장을 대상으로 지리가중회귀모형 계수를 추출하고, 하위시장 구획을 위해 K-평균(K-means) 군집분석을 사용하였다.

국내 연구를 살펴보면 이창로 외(2014)는 이전의 지리가중회귀 모형의 계수를 이용하여 하위시장을 구획하려는 시도에도 불구하고, 계산된 회귀계수를 시각화하는 정도에 그친 것을 지적했다. 그러면서 중랑구와 강남구의 부동산 하부시장 구획을 위해 혼합 지리가중회귀모형을 적용해서 산출된 가변 회귀계수를 투입변수로 사용하였다. 이 계수의 공간적 분포를 바탕으로 공간적으로 연결된 하부시장을 구획하기 위해 SKATER 알고리즘을 적용하였다. 이를 통해 주택의 각 특성별 영향력이 공간적으로 다르게 분포하는 것을 확인했다. 또한, 지리가중회귀분석을 적용해 부동산 하위시장을 구획하는 것이 가능함을 실증적으로 확인해 보였다.

검토한 연구사례들을 통해, 공간지리회귀모형이 실제로 주택 하위시장의 존재를 포착하는 데 유용함을 확인할 수 있다. 게다가, 지역별로 다르게 산출된 계수를 이용하여 하위시장의 실질적인 구획에도 이용할 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 하지만, 국내에서는 이러한 방식을 이용한 하위시장 구획 시도가 매우 제한적임을 알 수 있다.

#### 4. 본 연구의 차별성

본 연구에서는 지리가중회귀모형을 이용하여 서울시 아파트 하위시장의 존재를 확인하고 지리가중회귀계수를 이용하여 하위시장 구분을 시도한다. 이때, 주택하위시장 분석에는 주택가격에 중요한 영향을 미치는 것으로 여러 연구에서 주장되어 온 교통의 편리성을 대변할 수 있는 변수인 고용중심지로의 접근성의 회귀계수를 활용한다.

구체적으로, 해당 변수의 구축을 위해 Google Map Directions API와 SK Telecom T-map 경로안내 API를 이용해 구득할 수 있는 서울시 고용중심지로의 대중교통 및 자동차를 이용한 통행시간 자료를 사용한다. API 요청을 통한 통행시간 자료는 기존 연구들에서 이용한 접근성 변수에 비해 교통체증 및 배차간격과 같은 조건들도 반영되어 훨씬 정교하며 정확한 교통비용을 반영할 수 있을 뿐만 아니라, 수단별 변수구축도 가능하다는 장점을 가진다.

주택의 하위시장 도출을 위한 이러한 접근방법은 국내의 다른 연구에서는 아직 시도되지 않았다는 점에서 의의를 가진다. 본 연구에서는 지리가중회귀모형의 회귀계수의 공간적 분포를 군집 분석의 방식을 이용하여 공간적으로 하위시장을 구획한다. 이러한 방식은 연구자의 주관을 최대한 배제할 수 있어서 논리성과 객관성을 확보할 수 있는 장점을 가진다.

나아가, 각 하위시장에서 주 관심변수에 의해 주택가격이 받는 영향이 다른 원인에 대해서 어떻게 다른지를 고찰한다는 점도 본 연구의 차별점이다. 이 과정을 통해 각 주택하위시장의 구획을 넘어서 도시계획, 주택공급계획, 교통계획 등의 분야에서 유용한

정보를 얻는 것도 가능할 것이다. 마지막으로, 기존의 국내 연구와는 다르게 서울의 일부가 아닌 전체를 대상으로 주택 하위시장 도출을 시도하였다는 점에서 차별성을 가진다.

### III. 분석자료 및 분석방법

#### 1. 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 서울시이며, 시간적 범위는 2017년이다. 실거래가 공개시스템에는 1년간 서울시 총 6299개 아파트 단지의 거래사례가 존재한다. 그러나 공공데이터포털을 통해 제공받을 수 있는 공동주택 기본정보는 총 2606개 단지이다. 구체적으로, 공동주택 기본정보 API에서 해당 아파트 단지의 현관구조, 난방방식, 세대수, 건설회사 정보를 얻을 수 있다. 이에 따라, 해당 정보가 구득가능한 총 2606개의 아파트 단지 중, 2017년 실거래가공개시스템에 거래사례가 있는 아파트 단지 2229개에 대한 데이터를 구축하였다.

서울 고용중심지는 서울의 3도심인 CBD, YBD, GBD로 설정하였으며, 위치는 각각 을지로입구역, 여의도역, 강남역을 지정하였다. 연구의 시점인 2018년에는 2017년의 교통상황 및 배차간격 정보들을 활용한 고용중심지로의 통행시간을 계산하는 API 요청이 불가능하다. 그에 따라, 2017년에서 2018년 8월 사이에 대중교통 및 자동차를 이용한 서울 고용중심지로의 통행시간이 크게 변하지 않았을 것이라 가정하고, 2018년 8월 평일 첨두시간 기준의 통행시간을 측정하였다.

#### 2. 변수의 선정 및 구축방법

##### 1) 아파트 가격

국토교통부의 아파트 실거래가 데이터는 개인정보 보호를 위하여 각 데이터의 아파트 동호수를 밝히고 있지 않다. 결국, 지오코딩을 했을 때 아파트 단지의 중심점으로 위치가 지정된다. 이로 인해 지리가중회귀모형을 구축할 시 분석의 대역폭을 설정하고 모형의 적합을 시행하는 과정에서 문제가 생기는 것을 방지하기 위해 데이터를 미리 가공하였다. 구체적으로, 아파트 단지 내 각 거래사례의 단위전용면적당 거래가격을 아파트 단지별 평균으로 산출했다. 결과적으로 한 좌표에는 해당 아파트 단지의 평균적인 단위전용면적당 거래가격이 대응되고 그 값이 종속변수로 활용되었다.

이때, 월별 시점변화에 따른 전반적인 아파트 가격의 변동을 통제하기 위해 아파트실거래가격지수를 적용하여 2017년 1월의 가격을 기준으로 보정하였다. 상세히 설명하면, 월별로 발표되는 한국감정원의 서울시 아파트실거래가격지수를 이용하여 2017년 1월과 거래시점의 아파트실거래가격지수의 비율을 이용해서 각

사례의 단위전용면적당 가격을 2017년 1월이라는 동일시점으로 환산하였다.

## 2) 교통수단별 고용중심지 접근성 수준

대중교통을 이용한 통행시간은 2018년 8월 평일을 기준으로 구글맵(Google Map) Directions API 요청을 통해 구득하였다. 우선 아파트 지번 주소를 기반으로 아파트단지를 지오코딩하여 2229개 지점의 출발지를 지정하였다. 해당 API에서 요구하는 방식에 따라 교통수단, 목표 도착시간, 출발지, 목적지 등을 이용해 요청 스크립트를 작성하였다. 그 후, 요청의 결과로 반환된 JSON 형태의 파일에 있는 통행시간 변수를 추출하는 작업을 프로그램 R 3.5.1을 이용하여 시행하였다. 이때, 한 아파트 단지 위치에 대해서 CBD, YBD, GBD에 대한 통행시간을 평균하여 대중교통을 통한 고용중심지로의 접근성 수준을 나타내는 변수를 구축하였다.

자동차를 이용한 고용중심지로의 통행시간 변수도 이와 유사한 방식으로 SK Telecom T-map API 요청의 결과와 프로그램 R 3.5.1을 이용하여 구축하였다. 그 결과, API 요청의 결과를 이용하여 세 고용중심지에 대한 평균적인 통행시간이 산출되었다. 이때, 통행시간 수집을 위한 API 요청 시, 통행의 도착시각을 주중 오전 9시로 설정하였다. 이는 대중교통 수단의 경우, 교통체증 및 출근시간대의 배차간격 등을 반영하기 위함이다. 또한, 자동차의 경우, 출근시간대의 교통체증 등의 교통상황을 반영하고자 하였다(하재현·이수기, 2016).

## 3) 아파트 단지의 물리적 및 입지특성

아파트 단지의 물리적 특성을 파악하기 위해 공공데이터포털의 공동주택 기본정보제공 API를 이용하였다. 이를 위해 행정포준코드관리시스템에서 서울특별시 모든 법정동 코드를 수집하고, 이 정보를 이용하여 공동주택 단지 목록제공 API에 서울특별시의 모든 아파트코드를 요청해 수집한 후, 이를 통해 공동주택 기본정보제공 API를 요청하였다. 그 결과, 아파트명, 아파트단지 주소, 분양형태, 난방방식, 건축물 연면적, 세대수, 시공사, 시행사, 복도유형, 사용승인일에 대한 데이터를 수집하였다.

아파트 단지의 입지특성을 파악하기 위해서 WGS84좌표계로 지오코딩된 아파트 단지의 위치정보를 중부원점 TM좌표계로 변환하였다. 또한, 국가정보포털에서 국가하천, 초등학교, 중학교, 고등학교의 위치정보를 구득하고, 새주소자료 DB에서 공원, 지하철역의 위치정보를 구득하였다. 그 후, 수집한 자료를 아파트 단지의 위치정보가 가진 좌표체계인 중부원점 TM좌표계로 통일하여 공간정보를 구축하였다. 이를 바탕으로 ArcMap 10.1의 Near기능을 사용하여 단지로부터 가장 가까운 지하철, 초등학교, 중학교, 고등학교, 1만m<sup>2</sup> 이상 규모의 공원, 한강까지의 직선 거리를 추출하였다.

## 3. 분석모형 및 기법

### 1) 지리가중회귀모형

지리가중회귀모형을 구성할 때, 중요한 것 중 하나는 지점별 회귀분석에 적용될 가중치를 부여하는 커널 함수의 대역폭(bandwidth)을 결정하는 일이다. 본 연구에서는 다양한 함수의 형태 중 가우시안 함수(Gaussian function)를 사용하였다. 대역폭은 각 사례 주변의 사례들의 분포 밀도를 고려해 각 지점별 회귀분석마다 다른 대역폭을 적용하는 방식을 적용하였다. 이를 위해, 프로그램 R 3.5.1의 SPGWR 패키지의 gwr.sel 함수를 통해 계산된 대역폭을 적용하여 지리가중회귀분석을 시행하였다.

### 2) 군집분석

본 연구에서의 주 관심변수는 고용중심지로의 대중교통을 이용한 통행시간과 자동차를 이용한 통행시간 변수이다. 지리가중 회귀모형의 결과로 각 지점마다의 회귀분석 계수들이 제시된다. 본 연구는 두 변수의 계수 값이 보이는 공간적 분포를 바탕으로 아파트 하위시장을 구분하기 위한 군집분석을 시행하였다.

분석에는 ArcGIS Pro의 Spatially Constrained Multivariate Clustering 기능을 이용하였다. 우선, 아파트 단지의 위치자료로 티센다각형을 형성하여 점자료를 면자료로 변환하였다. 다음으로, 한강과 10만m<sup>2</sup> 이상의 공원이 차지하는 부분을 제외하였다. 그 후, 공간적 연결성을 고려하여 최소한 한 변을 맞대고 있는 것을 군집 설정의 제약조건으로 하는 Contiguity\_Edges\_Only 옵션을 선택하여 분석을 진행하였다. 군집 내의 대상끼리는 동질성이 강하고, 군집 외의 대상과는 이질성이 강한 군집수를 선택하였다.

## 4. 분석과정

본 연구의 분석과정은 다음과 같다. 첫째, 회귀모형 구축을 위한 데이터를 수집한 후, 독립변수가 종속변수에 미치는 영향의 유의성과 다중공선성을 고려하여 모형에 적용할 변수를 선정한 다. 둘째, 선정된 변수들을 이용해 일반선형회귀모형을 작성하고 해석하며, 일반선형회귀모형의 기본가정이 위배되었는지의 여부를 파악한다. 셋째, 데이터의 공간효과를 고려할 수 있는 모형인 지리가중회귀모형으로 모형을 적용한다. 넷째, 주 관심변수인 교통수단별 서울 고용중심지로의 통행시간 변수의 계수를 기반으로 서울 아파트 하위시장을 구분하고 계수를 단위통근통행시간 절감에 대한 주택가격으로의 지불의사로 보는 관점에서 하위시장 구분의 결과를 해석한다. 다섯째, 본 연구에서의 이용한 접근 방식의 활용방안과 추가적인 적용가능분야에 대해 고찰한다.

## IV. 분석결과

### 1. 일반선형회귀분석(OLS)

회귀모형 적용을 위해 다중공선성과 유의확률을 고려하여 <표 1>과 같이 변수를 선정하였다. 독립변수는 아파트의 물리적 특성과 입지 특성으로 구분하였다. 물리적 특성에서 경과연수와 경과연수 제곱을 변수로 사용한 것은 아파트 가격에 경과연수가 주거서비스의 하락으로 음의 영향을 끼치는 것과 특정 경과연수 이후에는 재개발 등에 의한 기대로 양의 영향을 끼치는 것을 모두 고려하기 위함이다.

변수들의 기초통계량은 <표 2>와 같다. 시점 보정을 거친 2017년의 서울특별시 아파트 매매사례의 단위전용면적당 거래가격은 평균적으로 683만 원으로 나타났고, 최소 258만 원에서 최대 2295만 원까지의 범위를 보였다. 또한, 아파트단지의 경과연수와 규모의 평균은 약 19년, 약 552세대로 나타났다. 또한, 계단식 현관구조를 가진 아파트가 13.7%, 개별난방의 난방방식을 가진 아파트가 67.3%를 차지한다. 단지별 세대수는 평균 552세대였고, 2017년 시공능력평가 10위 이내의 시공사가 참여한 아파트 단지는 전체의 32.1%를 차지하는 것으로 나타났다.

입지측면에서 보면, 한강까지의 평균거리는 약 4200m였으며, 최대 약 1만 5000m까지 떨어진 곳도 존재하였다. 도시민의 여가를 위한 공간시설인 공원까지 거리는 평균 355m를 나타냈다. 교

육시설인 초등학교와 고등학교까지의 거리가 각각 평균 358m, 627m로 나타났다. 서울의 대표적인 대중교통시설인 지하철역으로의 거리는 평균적으로 580m였으며, 최대 약 2950m 떨어진 아파트 단지도 존재하였다.

본 연구의 주 관심변수인 서울시 고용중심지로의 통행시간은 대중교통을 이용했을 때 평균 42분, 자동차를 이용했을 때 평균 44분이 소요되는 것으로 나타났다. 대중교통의 경우는 최소 17분에서 77분까지의 범위를 가지고, 자동차의 경우는 최소 15분에서 78분의 시간범위를 가진다.

변수 선정 후 일반회귀모형분석을 시행하였으며, 그 결과는 <표 3>과 같다. 먼저 공선성 통계량을 살펴보면, VIF(Variation Inflation Factor) 값이 경과연수와 경과연수 제곱을 제외한 모든 변수에서 10을 넘지 않았다. 그러나 경과연수와 경과연수 제곱은 강한 양의 상관관계를 가지므로 VIF 값이 높게 측정되었다. 종합하였을 때 모형에서 다중공선성의 문제가 강하게 발생하지 않는 것으로 판단하였다.

각 변수의 영향력을 물리적 특성부터 먼저 살펴보면, 경과연수와 경과연수 제곱의 계수로 인해 아파트 가격과 경과연수의 관계가 아래로 볼록한 2차함수 모양을 띠며, 약 23년을 기점으로 경과연수의 아파트 가격에 대한 영향력이 음의 영향에서 양의 영향으로 바뀔 수 있다. 현관구조가 복도식인 경우, 난방방식이 개별난방인 경우에는 아파트 가격이 낮아졌다. 반면, 세대수가 클수록 아파트 가격은 상승했으며, 실적이 우수한 시공사가 건설에

표 1. 변수 설명 Table 1. Description of variables

변수 Variables		변수설명 Description
종속변수 Dependent variable	단위면적(m <sup>2</sup> )당 거래가격 Transaction price per unit area (m <sup>2</sup> )	2017년 아파트 실거래가의 단지별 단위면적(m <sup>2</sup> )당 평균 가격 Average transaction price per m <sup>2</sup> apartment complex in 2017
	경과연수 Apartment age	승인일 후 경과연수 Years passed after approval date
물리적 특성 Apt. attributes	경과연수 제곱 Apartment age <sup>2</sup>	승인일 후 경과연수의 제곱 Years passed after approval date <sup>2</sup>
	현관구조 Entrance structure	복도식=1; 계단식=0 Corridor type=1; Stair type=0
	난방방식 Heating method	개별난방=1; 그 외=0 Individual heating=1; Others=0
	세대수 Number of households	아파트 단지의 세대수 No. of households in apartment complex
	건설회사 Construction company	2017년 시공능력평가 10위 이내=1; 그 외=0 Within 10th place in construction ability evaluation=1; Others=0
독립변수 Independent variable	한강 거리 Dist. to Han-river	한강까지의 거리 Dist. to Han-river
	공원 거리 Dist. to park	가장 가까운 공원까지의 거리 Dist. to park
	초등학교 거리 Dist. to elementary school	가장 가까운 초등학교까지의 거리 Dist. to nearest elem. school
	고등학교 거리 Dist. to high school	가장 가까운 고등학교까지의 거리 Dist. to nearest high school
	지하철역까지의 거리 Dist. to subway	가장 가까운 지하철역까지의 거리 Dist. to nearest subway station
	대중교통 통행시간 Transit (travel time)	대중교통을 통한 서울 고용중심지까지의 통행시간 평균 Average travel time to employment centers by transit
	자동차 통행시간 Driving (travel time)	자동차를 통한 서울 고용중심지까지의 통행시간 평균 Average travel time to employment centers by driving

표 2. 기술 통계량 Table 2. Descriptive statistics

변수 Variable	단위 Unit	평균 Mean	표준편차 St.dev	최솟값 Min.	최댓값 Max.
단위면적당 거래가격 Transaction price per unit area (m <sup>2</sup> )	만 원 W10,000	683.222	285.052	257.902	2294.807
경과연수 Apartment age	년 year	18.725	8.702	1.000	50.000
경과연수 제곱 Apartment age <sup>2</sup>	년 <sup>2</sup> year <sup>2</sup>	426.297	376.100	1.000	2500.000
현관구조 Entrance structure	-	0.137	-	-	-
난방방식 Heating method	-	0.673	-	-	-
세대수 Number of households	-	552.114	600.332	23.000	6864.000
건설회사 Construction company	-	0.321	-	-	-
한강 거리 Dist. to Han-river	100m	42.056	34.075	0.933	149.916
공원 거리 Dist. to park	100m	3.550	2.868	0.000	18.812
초등학교 거리 Dist. to elementary school	100m	3.575	2.002	0.112	18.807
고등학교 거리 Dist. to high school	100m	6.272	3.751	0.082	26.254
지하철역까지의 거리 Dist. to subway	100m	5.798	3.665	0.384	29.524
대중교통 통행시간 Transit (travel time)	minute	41.573	10.964	17.267	77.088
자동차 통행시간 Driving (travel time)	minute	43.960	13.971	15.289	77.788
표본 수 Number of samples			2,229		

표 3. 일반선형회귀모형 분석결과 Table 3. Linear regression analysis results

독립변수 Independent variable	비표준화 계수 Non-standardized coefficient		표준화계수 Standardized coefficient	t-value	VIF
	B	St.Error			
상수항 Constant	1443.042 ***	28.452	-	50.719	-
경과연수 Apartment age	-25.516 ***	1.732	-0.779	-14.732	14.735
경과연수 제곱 Apartment age <sup>2</sup>	0.566 ***	0.041	0.744	13.920	15.073
현관구조 Entrance structure	-23.250 **	11.758	-0.028	-1.977	1.060
난방방식 Heating method	-151.423 ***	9.358	-0.249	-16.181	1.250
세대수 Number of households	0.076 ***	0.007	0.159	10.939	1.120
건설회사 Construction company	31.312 ***	8.873	0.051	3.529	1.114
한강 거리 Dist. to Han-river	-0.364 **	0.174	-0.044	-2.092	2.282
공원 거리 Dist. to park	-2.185	1.441	-0.022	-1.516	1.108
초등학교 거리 Dist. to elementary school	3.408 *	2.057	0.024	1.657	1.100
고등학교 거리 Dist. to high school	-1.595	1.107	-0.021	-1.441	1.117
지하철역까지의 거리 Dist. to subway	-8.464 ***	1.245	-0.109	-6.798	1.351
대중교통 통행시간 Transit (travel time)	4.717 ***	0.813	0.181	5.801	5.156
자동차 통행시간 Driving (travel time)	-13.559 ***	0.657	-0.665	-20.623	5.473

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

참여한 경우에도 아파트 가격이 긍정적 영향을 받았다. 물리적 특성의 모든 변수는 95% 유의수준에서 유의한 것으로 판별되었으며, 개별난방이 최근에 선호되는 경향과는 반대의 계수가 산출된 것을 제외하고는 예측과 동일한 계수의 부호가 산출되었다.

입지 특성변수들을 살펴보면, 우선 초등학교 거리, 고등학교 거리, 공원 거리 변수가 95% 유의수준에서 유의하지 않다. 이는

초등학교, 고등학교와 같은 교육시설에 대한 접근성을 고려함에 있어서 학군과 같은 질적인 부분을 고려하지 못한 부분에서 발생한 것으로 보인다. 반면에 한강 거리와 지하철역 거리가 가까울수록, 자동차를 이용한 서울 고용중심지로의 통행시간이 짧을수록 아파트 가격에 유의한 긍정적 영향을 미쳤다. 하지만, 대중교통을 이용한 서울 고용중심지로의 통행시간이 짧을수록 아파트

가격에 부정적 영향을 미치는 결과가 나온 것은 예측과 반대이다.

본 연구에서의 통행시간 변수가 실제 통행자들이 체감하는 교통비용을 완전히 설명하지는 못한다는 점이 그 이유가 될 수 있다. 특히 대중교통의 경우에는 혼잡도, 환승거리, 환승횟수 등의 요인들처럼 교통비용에 영향을 주는 다른 요인들이 많지만, 이를 완전히 반영하지 못하는 한계가 있다. 또한, 대중교통 통행시간과 자동차 통행시간이 가지는 양의 상관관계 또는 대중교통 통행시간과 지하철역까지의 거리가 가지는 양의 상관관계가 그 이유가 될 수도 있다. 이와 관련하여, 국지적으로는 대중교통 통행시간의 계수가 어떤 분포를 가지는지 알기 위해서는 계수에 대한 지리가중회귀모형을 통해 계수의 분포를 살펴볼 필요가 있다.

〈그림 2〉는 일반선형회귀분석에서 가정하는 공간적 자기상관의 배제와 오차의 정규성을 확인하기 위해 잔차를 4분위수로 구분하고 공간상에 나타낸 것이다. 큰 양의 잔차를 가지는 진한 붉은색의 지점들이 강남구, 서초구, 송파구 일대에 군집함을 알 수 있다. 반대로 큰 음의 잔차를 가지는 지역도 공간적으로 군집을 이루며 분포하고 있다. 이는 일반회귀분석의 잔차가 공간적 자기상관성을 가지는 것을 보여준다.

〈그림 2〉를 통해 잔차가 비정규성을 가질 가능성이 높다는 것도 알 수 있다. 우선, 잔차의 최댓값은 1321.39만 원인 것에 비해 최솟값은 -761.68만 원으로 절댓값의 차이가 크다. 또한 증잇값인 2분위수가 0의 값을 가지는 것이 이상적임을 고려했을 때 〈그림 2〉에서의 -30.64만 원은 잔차가 음의 방향으로 치우친 분포를 가짐을 암시한다. 이를 통해 잔차의 비정규성을 확인할 수 있다.

또한, 잔차의 등분산성이 만족되었는지 확인하기 위해 〈그림 3〉과 같이 표준화잔차(standardized residuals) 값을 도출해보았다. 잔차의 등분산성이 성립한다면 추정값(fitted value) 크기에 상관없이 표준화잔차의 상하분포 폭이 일정해야 하는데 〈그림 3〉에

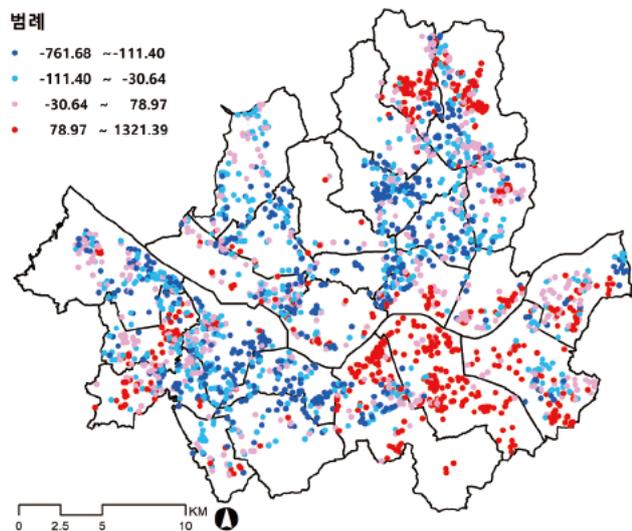


그림 2. 일반선형회귀모형(OLS) 잔차의 공간적 분포  
Figure 2. Spatial distribution of residuals based on the linear regression analysis

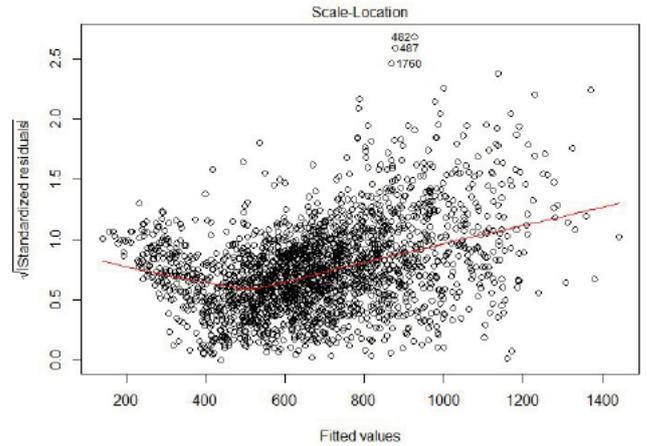


그림 3. 추정값과 표준화잔차 제곱근의 관계  
Figure 3. Relationship between the fitted values and the squared root of standardized residuals

서는 그렇지 않다. 이를 통해 잔차의 이분산성이 존재함을 알 수 있다.

위의 분석을 통해 일반선형회귀분석으로 분석을 수행하였을 때 발생하는 잔차의 비정규성, 잔차의 이분산성, 공간적 자기상관성을 확인하였다. 이는 데이터의 공간효과를 효과적으로 통제할 수 있는 지리가중회귀모형의 적용이 필요함을 보여준다.

## 2. 지리가중회귀분석(GWR)

지리가중회귀모형을 시행하여 일반선형회귀모형의 결과를 〈표 4〉와 같이 비교하였다. 지리가중회귀모형의 계수는 회귀지점인 각 사례별로 계수가 정해진다. 그러므로 한 변수에 대한 회귀계수가 사례의 개수만큼 존재하게 된다. 일반선형회귀분석에서 대중교통 통행시간 변수의 계수가 단위전용면적당 4.72만 원 하나로 산출된 것에 비해 지리가중회귀모형의 회귀계수는 단위 전용면적당 -38.93만 원부터 25.74만 원까지 부호를 달리하며 매우 큰 범위로 존재한다. 이를 통해 지역별로 독립변수와 종속변수의 관계가 다른 것을 의미하는 공간적 이질성이 존재함을 확인할 수 있다.

Akaike Information Criterion(AIC) 값을 통해 모형의 적합도를 평가해보면, 지리가중회귀모형에서의 값이 26215.95로 일반선형회귀모형의 29621.88보다 유의미하게 작아서 모형이 현실을 더 잘 설명하는 적합한 모형이라고 할 수 있다. 모형의 설명력을 의미하는 R<sup>2</sup> 값도 지리가중회귀모형의 경우 Local R<sup>2</sup> 값의 평균이 0.800으로 일반선형회귀모형의 0.577보다 상당히 높음을 알 수 있다. 이는 지리가중회귀모형이 각 지점에 따라 적합한 모형을 개별적으로 산출하기 때문에 나타나는 결과인 것으로 판단된다. 지점별로 가중치행렬을 적용해 회귀분석을 한 결과가 더 설명력이 높다는 것은 서울시 아파트 가격을 결정하는 요인들과 아파트 가격의 관계에 공간적 이질성이 존재한다는 것을 재확인시

표 4. OLS와 GWR의 분석결과 비교

Table 4. Analysis results based on the linear regression model and geographically-weighted regression model

독립변수 Independent variable	OLS 회귀계수 OLS coefficients	GWR 회귀계수 GWR coefficients			
		최솟값 Min.	최댓값 Max.	평균 Mean	표준편차 Std.dev
상수항 Constant	1443.042 ***	-839.586	4123.003	1283.617	597.141
경과연수 Apartment age	-25.516 ***	-80.954	-0.552	-25.957	13.089
경과연수 제곱 Apartment age <sup>2</sup>	0.566 ***	-0.256	1.749	0.517	0.331
현관구조 Entrance structure	-23.250 **	-182.097	217.790	13.549	58.150
난방방식 Heating method	-151.423 ***	-416.092	432.765	-29.622	69.673
세대수 Number of households	0.076 ***	-0.040	0.588	0.085	0.063
건설회사 Construction company	31.312 ***	-186.282	137.734	11.630	36.959
한강 거리 Dist. to Han-river	-0.364 **	-31.930	29.829	-3.173	5.866
공원 거리 Dist. to park	-2.185	-77.346	24.843	-2.996	10.180
초등학교 거리 Dist. to elementary school	3.408 *	-46.269	58.498	0.161	12.222
고등학교 거리 Dist. to high school	-1.595	-56.091	27.227	-2.040	6.794
지하철역까지의 거리 Dist. to subway	-8.464 ***	-68.338	64.467	-4.700	14.229
대중교통 통행시간 Transit (travel time)	4.717 ***	-38.925	25.736	-2.444	8.457
자동차 통행시간 Driving (travel time)	-13.559 ***	-55.261	51.027	-3.518	11.068
R <sup>2</sup>	0.577	0.524	0.930	0.800	0.065
AIC	29621.88	26215.95			

\* p<0.1, \*\* p<0.05, \*\*\* p<0.01

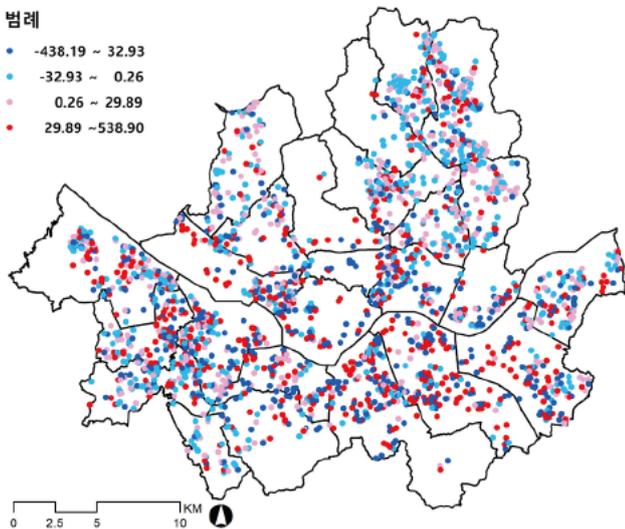


그림 4. 지리가중회귀모형(GWR) 잔차의 공간적 분포

Figure 4. Spatial distribution of residuals based on the geographically-weighted regression model

켜 준다.

일반선형회귀분석에서 문제가 되었던 잔차가 공간적으로 랜덤하게 분포하지 않는 문제가 완화되었는지 확인하였다. <그림 2>에서의 방식과 동일하게 잔차를 4분위수를 기준으로 나누어 공간상에 나타내 보았다(<그림 4>). 도면에 나타나듯이 같은 색의 점

들이 군집하는 현상이 크게 감소하였다. 이는 지리가중회귀모형을 이용한 분석이 공간데이터의 공간효과를 효과적으로 고려하였다는 것을 의미한다. 또한, 잔차의 최댓값과 최솟값의 크기가 크게 감소하였고, 최댓값과 최솟값의 절댓값도 크기가 유사해졌으며, 중윗값은 -0.2616으로 0에 매우 가까워졌다. 그리고 1분위수와 3분위수가 각각 -32.93만 원과 29.89만 원으로 절댓값이 거의 유사한 것을 확인할 수 있다. 종합적으로 위의 사항들을 고려하면, 잔차가 정규분포에 더 가까운 분포를 가지게 되었음을 확인할 수 있다.

하위시장 구분을 위해 투입할 변수인 대중교통 및 자동차를 통한 고용중심지로의 통행시간의 계수를 나타낸 <그림 5, 6>을 보면, 각각의 계수값이 공간적으로 군집을 이루며 분포하는 것을 알 수 있다. 여기서 계수의 값은 서울의 고용중심지로 통행시간 1분 증가가 단위면적당 아파트 가격에 미치는 값을 1만 원 단위로 나타낸 것이다. 대중교통 통행시간의 경우 약 -39만 원부터 26만 원까지 영향을 미치고, 자동차 통행시간의 경우 약 -55만 원에서 51만 원까지 영향을 준다.

이때, 두 계수가 모두 교통의 편리성을 나타내는 변수에 대한 계수임에도 불구하고 자동차와 대중교통을 이용한 통행시간이 아파트 가격에 미치는 영향을 보면 공간적으로 매우 다른 분포를 보인다. 이를 통해 위치에 따라 통행수단에 대한 선호와 그 교통수단을 이용한 통행시간을 중요하게 여기는 정도도 다를 수 있다.

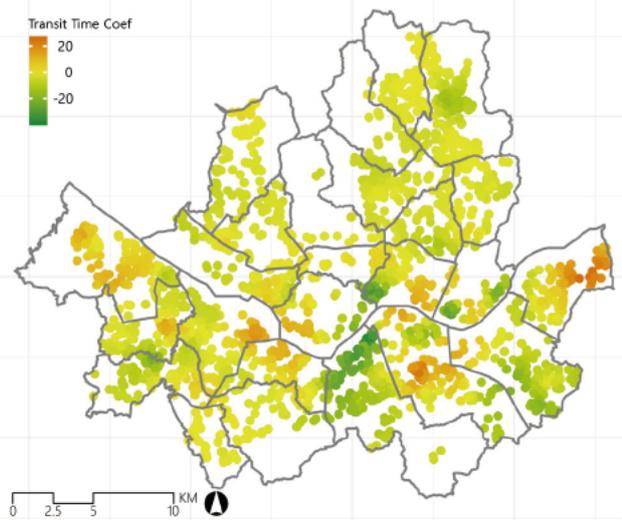


그림 5. 대중교통 통행시간 변수의 GWR 회귀계수 분포  
 Figure 5. Spatial distribution of coefficients for travel time (transit) based on the GWR model

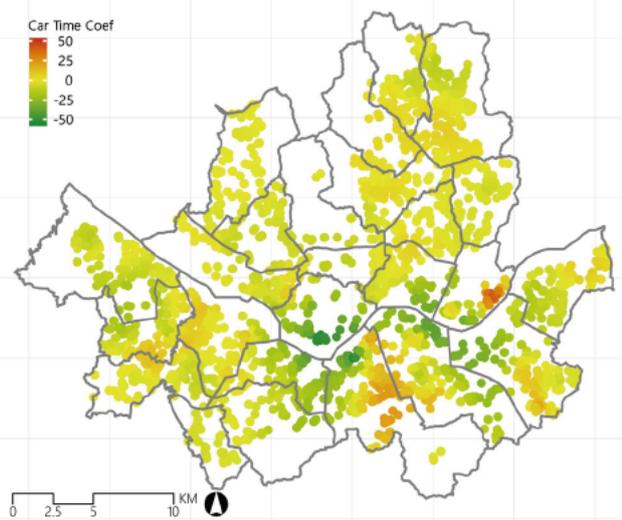


그림 6. 자동차 통행시간 변수의 GWR 회귀계수 분포  
 Figure 6. Spatial distribution of coefficients for travel time (driving) based on the GWR model

또한, 일반적인 예상과는 다르게 고용중심지로의 통행시간과 아파트 가격이 정(+)의 관계를 가지는 경우도 관측된다. 강북보다는 강남에서 이런 경우들이 나타나는 것으로 보아, 강남지역에는 본 연구에서 포함하지 않은 다른 변수의 영향으로 교통의 편리성 변수의 영향력이 왜곡되어 나타났을 것이라고 예측할 수 있다. 주변지역의 교육서비스의 질과 같은 요인들이 그 예가 될 수 있으며, 이 부분에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 전술하였듯이, API 요청으로 구득한 통행시간 변수가 전체의 교통비용을 완전히 반영하지는 못한다는 점을 통해 이를 설명할 수 있을 것으로 보인다. 대중교통의 경우 쾌적함, 대기시간, 환승거리 등의 요인들이, 자동차의 경우에는 유료도로의 통행료, 혼잡 통행료, 주차비용과 같은 다양한 요인이 총체적인 교통비용에

포함된다.

고용중심지로의 통행시간과 아파트 가격이 정의 상관관계를 가지는 곳에 대해서 그 기저를 상세하게 분석하기 위해서는, 특정 지역으로 범위를 좁히고 그 지역에서 특별히 아파트 가격에 영향을 줄 것으로 예상되는 추가적인 변수를 투입해 보는 방안을 사용할 수 있다. 추가적인 변수의 도입 여부를 결정하기 위해 모형의 국지적 설명력을 확인해보는 것도 좋은 방법일 것이다. 국지적 설명력이 낮은 현상은 해당 지역에서는 현재 구축된 변수로는 설명이 되지 않는 추가적인 변수의 도입이 필요하다는 것을 알려주기 때문이다. 강창덕(2010)과 김혜영·전철민(2012)도 국지적 설명계수가 낮을 경우 추가적인 변수를 도입한 검토가 필요하다고 지적한 바 있다. 또한, 추가적으로 변수를 도입한 후에도 문제점이 해결되지 않을 경우에는 해당 지역의 여건을 상세히 분석하여 그 원인을 탐색하는 작업이 필요할 것이다.

### 3. 주택하위시장 구분

본 연구에 사용한 ArcGIS Pro의 군집분석도구인 Spatially Constrained Multivariate Clustering은 구분하는 군집의 개수의 범위, 단일 군집의 면적제한, 군집대상의 연결조건 등 각종 제약조건에 따라 다르게 군집을 형성한다. 본 연구에서는 분석가의 개입이 가장 적게 개입되는 군집분석을 의도하였다. 그러기 위해서 공간적 연결조건으로 변을 공유하는 다각형끼리 군집이 될 수 있는 조건만 설정하였다. 최적의 군집 개수를 확인하기 위해 군집의 개수를 2~30개로 구획하였을 때의 Pseudo F-Statistic 값을 비교한 결과 가장 큰 값을 가지는 군집의 수인 30개를 군집의 개수로 선택하였다. 나뉜 서울시의 모습은 다음 <그림 7>과 같다.

<그림 7>을 보면 강북지역의 경우 강남지역보다 더 큰 면적의 군집이 형성되어 있음을 알 수 있다. 이는 <그림 5, 6>에서 나타

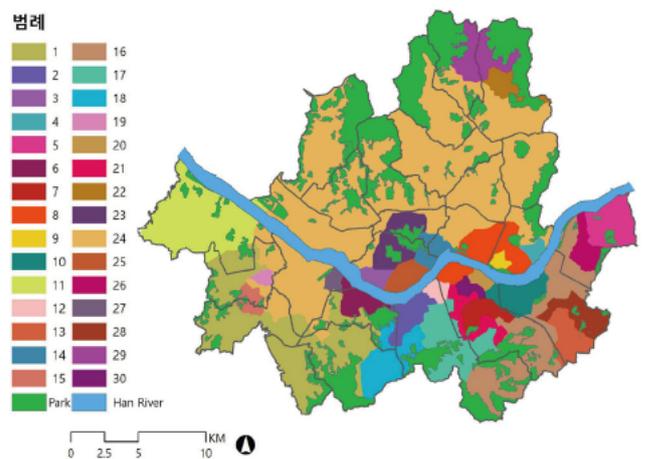


그림 7. 부동산 하위시장 분석결과(고용중심지로의 접근성)  
 Figure 7. Housing sub-market analysis results (Accessibility to employment centers)

나뉘어 강북지역에서 고용중심지로의 통행시간의 계수가 거의 균질하게 분포하는 것이 주 이유인 것으로 보인다. 이러한 결과는 이창로 외(2014)의 지리가중회귀모형의 계수를 이용한 군집분석 결과와 유사하다. 해당 연구에서는 강남구는 5개의 하위시장으로 구분하는 것이 적절한 반면, 강북에 위치한 중랑구는 단일 시장으로 보는 것이 더 합리적임을 주장한 바 있다.

전술하였듯이 하위시장의 분석은 분석자의 목적이나 분석 대상 등에 따라 달라지고 해석도 상이할 수 있다. 연구의 목적과 맥락에 따라 특정 지역을 더 세분화해서 분석해보고 싶은 경우에는 분석대상지역을 좁히거나 군집의 개수 및 제약조건을 변화시키는 등의 변화를 주어야 할 것이다.

〈표 5〉에 나타난 각 군집별 지리가중회귀모형 회귀계수를 보면 군집으로 나누지 않았을 때의 회귀계수들 분포의 표준편차에 비해 모든 군집에서 표준편차가 감소했음을 알 수 있다. 이는 고용중심지로의 접근성에 대한 아파트 가격에 반영된 지불의사가격이 비슷한 아파트끼리 공간적으로 밀집해 있다는 사실과 군집분석을 통해 이를 효과적으로 구분해 군집화할 수 있다는 것을 보여준다.

분석결과 중 서울의 대표적인 주거지역인 송파구를 상세히 분석해보았다. 송파구의 경우, 단위전용면적당 아파트 가격을 나타

낸 〈그림 8〉에서 볼 수 있듯이 서울 내에서도 아파트 가격이 높은 편에 속하며 서울의 중심부와 가까울수록 아파트 가격이 높다. 서울의 중심부와 가까운 순으로 군집 10, 16, 28, 13 순으로 나열할 수 있다. 이 때, 군집 7은 송파구의 경계에 살짝 걸쳐 있기 때문에 제외하였다. 이를 도면으로 나타낸 것이 〈그림 9〉이다. 〈표 6〉

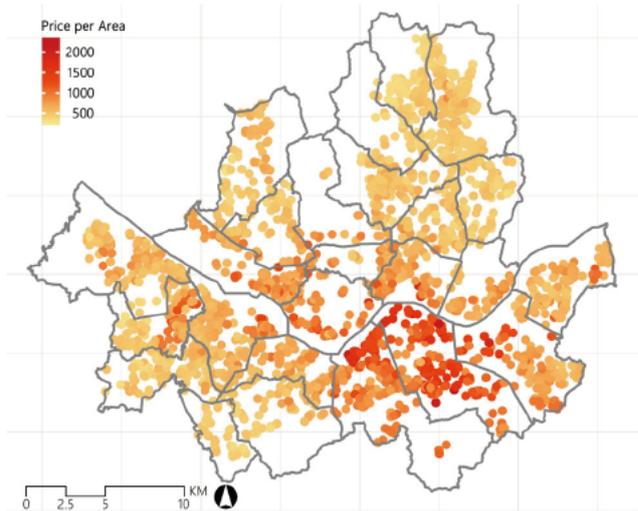


그림 8. 서울시 아파트의 단위전용면적당 가격  
Figure 8. Price per unit area of apartments in Seoul

표 5. 하위시장별 GWR 회귀계수의 평균과 표준편차

Table 5. Mean and standard deviation of GWR regression coefficients by sub-markets

군집 Group	GWR 회귀계수 GWR regression coefficients				군집 Group	GWR 회귀계수 GWR regression coefficients			
	대중교통 Transit (travel time)		자동차 Driving (travel time)			대중교통 Transit (travel time)		자동차 Driving (travel time)	
	평균 Mean	표준편차 Std.dev	평균 Mean	표준편차 Std.dev		평균 Mean	표준편차 Std.dev	평균 Mean	표준편차 Std.dev
1	-1.11	3.81	-5.92	5.21	16	-5.81	5.14	-13.59	5.54
2	-23.00	5.38	-26.64	9.89	17	-7.29	5.05	14.68	6.38
3	10.81	1.34	-30.14	6.93	18	-10.07	6.96	-15.40	7.61
4	-13.68	7.23	35.16	9.54	19	10.74	2.61	-6.76	3.32
5	17.27	4.49	2.31	3.23	20	-9.31	4.58	-33.80	6.68
6	8.10	3.75	-20.16	7.45	21	4.23	3.02	4.92	5.93
7	15.84	4.43	-7.30	7.02	22	-10.24	2.69	-1.97	2.84
8	6.53	4.73	-20.81	9.37	23	1.80	2.45	-16.32	6.07
9	-21.19	5.23	-1.65	6.84	24	-2.42	3.04	-0.01	4.22
10	3.77	4.86	-28.19	4.24	25	-5.64	8.50	-46.16	7.27
11	6.25	3.74	-6.84	4.30	26	3.79	2.08	-8.65	2.41
12	-27.44	7.75	8.01	8.10	27	15.08	2.58	-3.33	7.18
13	-14.77	3.37	8.29	4.10	28	-7.15	2.85	-1.73	3.73
14	-21.79	6.93	-6.09	4.45	29	-0.68	1.75	-6.43	3.39
15	-14.62	5.88	9.95	1.48	30	-8.99	3.14	-0.61	5.13
-	-	-	-	-	Total	-2.46	8.45	-3.50	11.05

을 보면 알 수 있듯 서울 중심부에 먼 근접일수록 대중교통을 이용한 고용중심지로의 통행시간 1분 단축의 아파트 가격 상승효과가 크고, 자동차를 이용한 고용중심지로의 통행시간 1분 단축의 아파트 가격상승효과가 작다.

이주석(2008)은 대중교통 접근성이 주거입지 선택 시 가장 핵심적인 변수 중 하나이며, 낮은 경제적 수준을 가진 집단에서 중요성이 더 확연하게 나타난다는 점을 지적하였다. 이 관점을 적용하면 송파구에서도 서울 중심부에 가까운 지역의 높은 가격의 아파트 거주민은 소득수준이 높고, 이로 인해 자동차를 이용한 통행의 의존도가 높아서 실제로 주거지를 선택할 때 자동차를 이용한 이동성을 중요한 요소로 고려하는 것으로 예상할 수 있다. 그 반대로 송파구에서도 서울 외곽지역의 상대적으로 낮은 가격의 아파트 거주민은 상대적으로 낮은 소득수준으로 인해 자가용

소유비율이 낮고 대중교통통행에 대한 의존도가 높은 것으로 해석이 가능하다. 본 연구에서 송파구의 근접들이 나타내는 성격의 패턴들은 이주석(2008)의 연구 결과와 상통한다. 만약 송파구의 각 근접별 소득수준, 자가, 자가용 보유비율, 서울 중심부로 통근하는 사람들의 비율, 통근통행수단 등의 다양한 사회경제적 지표와의 결합이 가능하다면, 더 상세한 분석이 가능할 것이다.

도봉구는 송파구와 반대의 경향을 보인다. <표 7>로 정리된 그룹별 회귀계수 값과 <그림 10>의 하위시장 구분도면을 보면 서울의 중심부에 가까운 순서대로 그룹 24와 29로 구분된다. 이때, 서울 중심부에서 먼 그룹이 고용중심지로의 대중교통 통행시간 절감의 아파트 가격 상승효과가 큰 것으로 나타났고 자동차의 경우 반대의 경향을 나타냈다.

도봉구는 서울에서 단위면적당 아파트 가격이 낮은 편에 속하

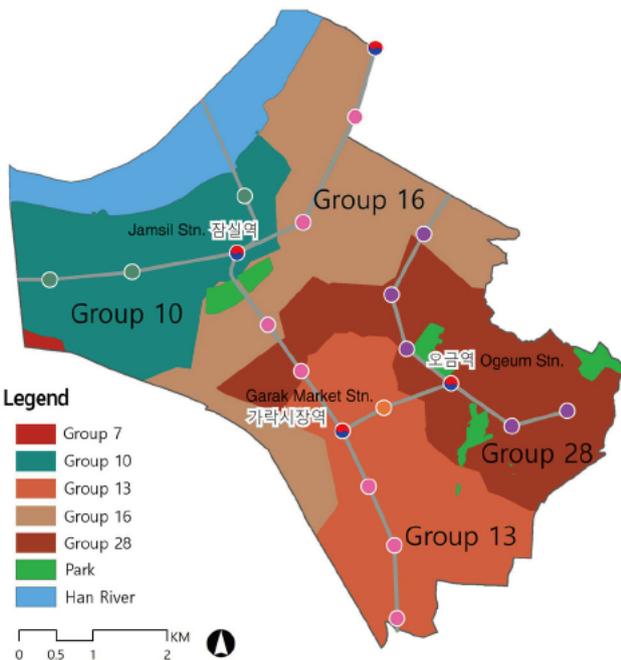


그림 9. 송파구의 하위시장 구분  
Figure 9. Housing sub-markets in Songpa-gu

표 6. 송파구 근접 및 통행수단별 GWR 회귀계수  
Table 6. GWR regression coefficients by the groups of Songpa-gu and transportation modes

군집 Group	GWR 회귀계수 GWR regression coefficients			
	대중교통 Transit (travel time)		자동차 Driving (travel time)	
	평균 Mean	표준편차 Std.dev	평균 Mean	표준편차 Std.dev
10	3.77	4.86	-28.19	4.24
16	-5.81	5.14	-13.59	5.54
28	-7.15	2.85	-1.73	3.73
13	-14.77	3.37	8.29	4.10

표 7. 도봉구 근접 및 통행수단별 GWR 회귀계수  
Table 7. GWR regression coefficients by the groups of Dobong-gu and transportation modes

군집 Group	GWR 회귀계수 GWR regression coefficients			
	대중교통 Transit (travel time)		자동차 Driving (travel time)	
	평균 Mean	표준편차 Std.dev	평균 Mean	표준편차 Std.dev
24	-2.42	3.04	-0.01	4.22
29	-0.68	1.75	-6.43	3.39



그림 10. 도봉구의 하위시장 구분  
Figure 10. Housing sub-markets in Dobong-gu

는데, 도봉구 내부에서는 지역에 따른 아파트 가격이 큰 차이를 보이지 않고 있다. 이는 거주민의 소득수준이 달라서 통행시간 절감에 지불의사가격의 차이가 나거나 교통수단에 대한 선호가 다른 것은 아니라고 볼 수 있다.

하지만, 교통인프라를 살펴보면 그룹 간에 뚜렷한 차이를 볼 수 있다. 서울의 중심부에서 가까운 그룹 24의 경우에는 창동역이라는 1호선·4호선의 환승역을 이용하여 서울 고용중심지 중 CBD 지역으로 이동이 용이하다. 특히, 4호선을 이용하는 경우 1호선을 이용하는 것보다 상대적으로 빠르게 CBD 지역으로 이동할 수 있다. 이에 반해 그룹 29지역은 4호선 노선으로부터 멀리 떨어져 있는 데다가 CBD 지역으로 이동하려면 지하철을 이용하는 경우 1호선만 이용이 가능하다. 상대적으로 대중교통을 통한 통근이 편리한 지역인 그룹 24의 아파트 시장에 참여하는 수요자는 대중교통을 이용한 통행시간이 짧은 것을 선호하는 성향을 지니고 대중교통을 이용한 고용중심지 접근성에 대한 지불의사가격이 높은 것으로 유추할 수 있다. 도봉구의 경우도 그룹별 주민의 통근행태나 소득 등 사회경제적지표와 결합한다면 지역별 주택시장과 관련된 특성을 도출하고 확인하는 데 더 효과적일 것이다.

## V. 결론

본 분석은 헤도닉 모형의 투입변수로 Google Map 및 SK Telecom T-Map API 요청을 통한 통행시간을 사용하였다. 이는 선행연구에서 주로 사용한 지하철역과의 직선거리, 중심지로의 직선거리와 같은 변수를 투입하는 것보다 진보된 방식이다. 교통상황을 고려한 실시간 통행시간 변수를 투입함으로써 거주민이 경험하는 실질적인 교통비용을 더 정확하게 반영할 수 있었다. 일반선형회귀분석인 헤도닉 모형을 이용해 서울시의 아파트 가격을 추정하는 경우,  $R^2$  값이 0.58로 나타났으며 잔차가 이분산성과 비정규성을 가질 뿐만 아니라 공간적인 패턴을 보이는 것을 확인하였다. 그에 비하여 지리가중회귀분석을 이용하게 되면 각 회귀모형의 local  $R^2$  값이 평균 0.800으로 증가하며 잔차의 비정규성과 크기가 줄어들고 잔차의 공간적 패턴이 약해지는 것을 확인하였다. 또한, 본 연구의 핵심변수인 고용중심지로의 통행시간 계수 값이 나타내는 공간적 분포를 살펴볼 수 있었고, 군집분석 기법을 이용해 주택하위시장을 구분해낼 수 있었다. 그리고 구분된 하위시장에서 도출할 수 있는 하위시장별 특성도 간단히 살펴보았다.

연구의 시사점은 다음과 같다. 첫째, 헤도닉 모형만으로는 주택가격 형성요인의 공간적 이질성을 제어하지 못하는 점을 재확인하였으며, 이를 보완하기 위해 서울시 아파트 가격의 결정요인을 도출하기 위해 지리가중회귀모형을 사용하여 공간데이터가 가지는 공간효과에 대한 문제를 완화하였다. 본 연구에서 확인할 수 있었던 지리가중회귀모형의 높은 설명력은 헤도닉 모형의

본래 목적인 주택가격 추정에 있어 그 정확성을 향상할 수 있는 장점을 가지고 있다.

둘째, 주거 입지이론과 지가이론에서 매우 중요한 요인인 고용중심지로의 접근성 지표가 아파트 가격에 미치는 영향력의 공간적 패턴을 실제 통행시간 자료를 활용하여 도출하고 시각화하였다는 점에서 의의가 있다. 이러한 패턴을 구성하는 원인은 그 지역 교통시설의 속성, 주거민의 소득수준 및 선호 등이 될 수 있으며, 이 패턴을 여러 사회경제적 지표들과 연결하여 분석한다면 지역별 하위시장에 내재된 독특한 특성을 도출할 수도 있을 것으로 예상된다.

마지막으로, 본 연구에서 도출한 회귀계수의 공간적 분포를 이용한 군집분석으로 주택하위시장을 구분하여 주택관련 정책의 참고자료로 이용하거나 이와 관련된 다른 연구주제도 도출할 수 있을 것으로 기대한다. 그 예로, 연구자의 목적과 연구의 맥락에 따라 각 변수별 하위시장 구분 결과를 비교할 수도 있을 것이다. 또한, 교통시설의 공급이나 부동산 개발과 같은 주변지역의 변화로 인한 주택하위시장별 주택가격의 변화를 미리 분석하고 과세 등의 각종 정책에 반영할 수도 있을 것이다. 나아가, 본 연구에서 사용된 데이터를 여러 시점에 걸쳐서 수집하여 서울의 주택하위시장의 구조가 변화하는 과정을 시계열적으로 관찰하여 정책에 반영하는 연구도 가능하다.

본 연구는 위에서 제시한 시사점에도 불구하고 몇 가지 한계를 지니고 있다. 첫째, 교통의 편리성을 측정하는 데이터를 수집할 때의 정확성 문제가 있을 수 있다. 2017년의 자료가 구득이 불가능했다는 점과 실거래가 자료가 아파트 단지 단위로 제공되는 것으로 인해 출발위치를 더 세분화하지 못하였다는 점에서 정확도와 정밀도에 개선의 여지가 있다. 둘째, 구분된 하위시장에 대한 전체적인 해석에는 어려움이 따랐다. 이는 계수가 가지는 값의 원인을 선명하게 드러낼 수 없는 회귀모형의 한계와 군집분석의 제약조건들의 설정에 따라 하위시장의 구분이 영향받을 수 있는 것에서 기인한다. 마지막으로, 본 연구에서 제시한 분석모형은 아파트 가격에 영향을 미치는 모든 요인의 특성을 고려하지 못하였다는 한계가 있을 수 있다. 이러한 한계점은 후속연구에서 보다 정밀한 변수구축과 특정 지역의 주택하위시장이 지니는 특성에 대한 고려를 통해 극복할 수 있을 것으로 기대된다.

## 인용문헌

### References

1. 강창덕, 2010. "GWR 접근법을 활용한 부동산 감정평가 모형 연구: 서울시 아파트를 사례로", 『부동산연구』, 20(2): 107-132.
- Kang, C.D., 2010. "GWR Approach for Real Estate Appraisal: The Case of Seoul Apartment", *Korea Real Estate Review*, 20(2): 107-132.
2. 김동균, 2004. "지하철역 입지가 주변지역의 아파트 가격에 미치

- 는 영향에 관한 연구”, 고려대학교 대학원 석사학위논문.
- Kim, D.G., 2004. “Effects of a Subway Station Location on Housing Prices in Metropolitan Seoul”, Master’s Degree Dissertation, Korea University.
3. 김세형·한해근, 2014. “부동산 가격형성요인의 공간적 이질성 탐색”, 『감정평가학 논집』, 13(1): 13-25.  
Kim, S.H. and Han, H.G., 2014. “Exploring Spatial Heterogeneity of Real Estate Price Formation Factors: Comparison of Results from OLS and GWR Models”, *Journal of Korea Appraisal Society*, 13(1): 13-25.
  4. 김정희, 2016. “공간통계기법을 이용한 서울시 아파트 실거래가 변인의 시공간적 이질성 분석”, 『한국지형공간정보학회지』, 24(4): 75-81.  
Kim, J.H., 2016. “An Analysis on the Spatio-temporal Heterogeneity of Real Transaction Price of Apartment in Seoul Using the Geostatistical Methods”, *Journal of Korean Society for Geospatial Information Science*, 24(4): 75-81.
  5. 김정희, 2018. “공간-통계 융합 자료를 이용한 공동주택의 가격결정모형 비교 분석”, 『한국사진지리학회지』, 28(1): 13-26.  
Kim, J.H., 2018. “Comparative Analysis of the Model of the Determinants Affecting the Price for the Apartment House Using the Integrating Geospatial and Statistical Information”, *Journal of the Association of Korean Photo-Geographers*, 28(1): 13-26.
  6. 김혜영·전철민, 2012. “공간구문론 및 지리적 가중회귀 기법을 이용한 지가분석”, 『한국지리정보학회지』, 15(2): 35-45.  
Kim, H.Y. and Jun, C.M., 2012. “Land Value Analysis Using Space Syntax and GWR”, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, 15(2): 35-45.
  7. 남형권·서원석, 2017. “지리가중회귀모형을 이용한 아파트 점유형태별 전철역의 접근성 가치 비교분석”, 『서울도시연구』, 18(2): 65-79.  
Nam, H.G. and Seo, W.S., 2017. “Estimating Values of Subway Accessibility by Apartment Tenure Type Using the Geographically Weighted Regression Model”, *Seoul Studies*, 18(2): 65-79.
  8. 배상영·정의철·이상엽, 2018. “도시철도 교통서비스의 주택가격에 대한 자본화효과에 관한 연구: 경기도 아파트를 중심으로”, 『부동산분석학회 학술발표논문집』, 2018: 155-174.  
Bae, S.Y., Jung, E.C., and Lee, S.Y., 2018. “A Study on the Capitalization Effect of Urban Railway Service on Housing Price: Focused on the Gyeonggi-do Apartment Market”, *Proceeding at the Conference of Korea Real Estate Analysts Association*, 2018: 155-174.
  9. 오윤경·정건섭, 2017. “도시공간을 고려한 주택하위시장의 구조화에 관한 연구”, 『주거환경』, 15(2): 145-156.  
Oh, Y.K. and Chung, K.S., 2017. “A Study on Structuration of the Housing Submarkets Considering Urban Space”, *Residential Environment*, 15(2): 145-156.
  10. 이규태·김은지·도수관, 2016. “도시철도 건설과 역세권이 아파트 가격에 미치는 영향 분석”, 『한국행정논집』, 27(2): 543-567.  
Lee, K.T., Kim, E.J., and Doh, S.G., 2016. “An Analysis of the Impact of Subway Construction on Apartment Price in the Station Areas: Focusing on the Daegu Subway Line 3”, *Journal of the Korean Regional Science Association*, 27(2): 543-567.
  11. 이문숙·허중호·박승배, 2011. “아파트 브랜드가 아파트 가격에 미치는 영향에 관한 연구”, 『한국상품학회지』, 29(1): 139-149.  
Lee, M.S., Huh, J.H., and Park, S.B., 2011. “A Study on Influence of Apartment Brand on Apartment Price”, *Journal of Product Research*, 29(1): 139-149.
  12. 이성우·윤성도·박지영·민성희, 2006. 『공간계량모형응용』, 서울: 박영사.  
Lee, S.U., Yoon, S.D., Park, J.Y., and Min, S.H., 2006. *Applied Spatial Econometrics Model*, Seoul: Bakyoungsa.
  13. 이주석, 2008. “퍼지다기준 의사결정법을 이용한 주택수요자의 주거입지조건 선택에 대한연구”, 『주택연구』, 16(3): 65-81.  
Lee, J.S., 2008. “The Analysis of the House Demander’s Preference on the Location Condition Factors Using the Fuzzy Decision Making Analysis”, *Housing Studies Review*, 16(3): 65-81.
  14. 이창로·엄영섭·박기호, 2014. “부동산 하부시장 구획: 헤도닉 모형의 개선을 중심으로”, 『대한지리학회지』, 49(3): 405-422.  
Lee, C.R., Eum, Y.S., and Park, K.H., 2014. “Submarket Identification in Property Markets: Focusing on a Hedonic Price Model Improvement”, *Journal of the Korean Geographical Society*, 49(3): 405-422.
  15. 이희연·노승철, 2013. 『고급통계분석론』, 경기: 문우사.  
Lee, H.Y. and Roh, S.C., 2013. *Advanced Statistical Analysis*, Gyeonggi: Moonwoosa.
  16. 전해정, 2016. “GWR모형과 GIS를 이용한 주택가격 추정에 관한 연구”, 『주거환경』, 14(1): 1-11.  
Chun, H.J., 2016. “A Study on Estimation of Housing Price Using GWR Model and GIS Technology”, *Residential Environment*, 14(1): 1-11.
  17. 정문오·이상엽, 2013. “서울도시철도 접근성에 따른 주택매매가격 변화 연구”, 『부동산연구』, 23(3): 51-77.  
Jeong, M.O. and Lee, S.Y., 2013. “A Study on the Changes in Housing Prices Depending on the Accessibility of the Seoul Metropolitan Rapid Transit”, *Korea Real Estate Review*, 23(3): 51-77.
  18. 정수연·김태훈, 2007. “헤도닉모형을 이용한 아파트층별효용비율에 관한 연구: 서울지역을 대상으로”, 『감정평가연구』, 17(1): 27-48.  
Jung, S.Y. and Kim, T.H., 2007. “A Study on Floor Value of Apartment in Seoul by Using Hedonic Price Model”, *Korean Appraisal Review*, 17(1): 27-48.
  19. 정효진·이지영, 2015. “지리가중회귀분석을 이용한 은평뉴타운 지가 분석”, 『한국공간정보학회지』, 23(5): 65-73.  
Jung, H.J. and Lee, J.Y., 2015. “Analysis of Eunpyeong New Town Land Price Using Geographically Weighted Regression”, *Journal of Korea Spatial Information Society*, 23(5): 65-73.
  20. 차혜민·이창무, 2018. “지하철 노선확장이 주택가격에 미치는 영향 분석: 부산지하철을 중심으로”, 『부동산분석학회 학술발표논문집』, 2018: 125-137.  
Cha, H.M. and Lee, C.M., 2018. “The Effect of Subway Network Extension on Housing Rent Price: Focused on Busan Metropolitan City”, *Proceeding at the Conference of Korea Real Estate Analysts Association*, 2018: 125-137.
  21. 하성규, 2016.6.8. “주택하위시장의 이해와 정책적 함의”, 한국아파트신문. <http://www.hapt.co.kr/news/articleView.html?idxno=34293>  
Ha, S.G., 2016, June 8. “Understanding of Housing Sub-Market and Policy Implications”, *Korea Apartment News*. <http://www.hapt.co.kr/news/articleView.html?idxno=34293>
  22. 하재현·이수기, 2016. “API 경로안내 정보를 활용한 대중교통 서비스 취약지 분석”, 『국토계획』, 51(5): 163-181.

Ha, J.H. and Lee, S.G., 2016. "An Analysis of Vulnerable Areas for Public Transit Services Using API Route Guide Information: Focused on the Mobility to Major Employment Centers in Seoul, Korea", *Journal of Korea Planning Association*, 51(5): 163-181.

23. Bourassa, S.C., Hamelink, F., Hoesli, M., and MacGregor, B.D., 1999. "Defining Housing Submarkets", *Journal of Housing Economics*, 8(2): 160-183.

24. Bourassa, S.C., Hoesli, M., and Peng, V.S., 2003. "Do Housing Submarkets Really Matter?", *Journal of Housing Economics*, 12(1): 12-28.

25. Deng, T., Ma, M., and Nelson, J.D., 2016. "Measuring the Impacts of Bus Rapid Transit on Residential Property Values: The Beijing Case", *Research in Transportation Economics*, 60: 54-61.

26. Dubé, J., Thériault, M., and Des Rosiers, F., 2013. "Commuter Rail Accessibility and House Values: The Case of the Montreal South Shore, Canada, 1992-2009", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 54: 49-66.

27. Dziauddin, M.F., Powe, N., and Alvanides, S., 2015. "Estimating the Effects of Light Rail Transit (LRT) System on Residential Property Values Using Geographically Weighted Regression (GWR)", *Applied Spatial Analysis and Policy*, 8(1): 1-25.

28. Fotheringham, A.S., Brunson, C., and Charlton, M.E., 2002. *Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationship*, New York: Wiley.

29. Hou, Y., 2017. "Traffic Congestion, Accessibility to Employment, and Housing Prices: A Study of Single-family Housing Market in Los Angeles County", *Urban Studies*, 54(15): 3423-3445.

30. Jayantha, W.M., Lam, T.I., and Chong, M.L., 2015. "The Impact of Anticipated Transport Improvement on Property Prices: A Case Study in Hong Kong", *Habitat International*, 49: 148-156.

31. McCluskey, W.J. and Borst, R.A., 2011. "Detecting and Validating Residential Housing Submarkets: A Geostatistical Approach for Use in Mass Appraisal", *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 4(3): 290-318.

32. Olszewski, K., Waszczuk, J., and Widlak, M., 2017. "Spatial and Hedonic Analysis of House Price Dynamics in Warsaw, Poland", *Journal of Urban Planning and Development*, 143(3): 04017009.

33. Pan, Q., Pan, H., Zhang, M., and Zhong, B., 2014. "Effects of Rail Transit on Residential Property Values: Comparison Study on the Rail Transit Lines in Houston, Texas, and Shanghai, China", *Transportation Research Record*, 2453(1): 118-127.

34. Rosen, S., 1974. "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition", *Journal of Political Economy*, 82: 34-55.

35. Tobler, W., 1970. "A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region", *Economic Geography*, 46: 234-240.

36. Wen, H., Xiao, Y., Hui, E.C., and Zhang, L., 2018. "Education Quality, Accessibility, and Housing Price: Does Spatial Heterogeneity Exist in Education Capitalization?", *Habitat International*, 78: 68-82.

37. Yu, D., Yin, J., and Ye, F., 2011. "Novel Methods to Demarcate Urban House Submarket-Cluster Analysis with Spatially Varying Relationships between House Value and Attributes", IET International Conference on Smart and Sustainable City (ICSSC 2011), Shanghai. DOI: 10.1049/cp.2011.0288.

Date Received 2019-06-19  
 Date Reviewed 2019-07-18  
 Date Accepted 2019-07-18  
 Date Revised 2019-11-25  
 Final Received 2019-11-25