

# 上海轨道交通对住宅价格影响机制及规划启示

郭丽阁<sup>1</sup> 林善浪<sup>1</sup> 张冠增<sup>2</sup>

(1. 同济大学经济与管理学院, 200092, 上海; 2. 同济大学城市规划与建筑学院, 200092, 上海//第一作者, 博士后)

**摘要** 目的:城市轨道交通的快速发展带动城市空间扩张,地铁不仅成为大城市居民的重要交通工具,而且是大城市居民购房的主要考虑因素,地铁对周边区域住宅价格的溢出效应已成共识。方法:以多源大数据为基础,探索上海轨道交通对住宅价格的影响;通过挖掘整理 31.3 万套上海二手房相关数据,采用 Hedonic(特征价格)模型、GWR(地理加权回归)模型和空间分位数模型多角度地实证检验上海城市轨道交通对住宅价格的影响。结果及结论:上海地铁站点的数量和距离远近对住宅价格呈显著正相关,基于此提出城市地铁建设的规划启示。

**关键词** 城市轨道交通; Hedonic 模型; GWR 模型; 分位数回归; 住宅价格

**中图分类号** F299.23; U212.1

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2023.12.029

## Impact Mechanism of Shanghai Rail Transit on Residential Prices and Planning Implications

GUO Lige, LIN Shanlang, ZHANG Guanzeng

**Abstract** Objective: The rapid development of urban rail transit drives the expansion of urban space. The metro not only becomes a crucial transportation tool for urban residents but also a major consideration for property purchases in large cities, and the spillover effect of metro on residential prices in surrounding areas is a consensus. Method: Based on multiple sources of big data, the impact of Shanghai urban rail transit on residential prices is explored. By analyzing and organizing data from 313,000 second-hand housing transactions in Shanghai, various empirical methods, including the Hedonic (characteristic pricing) model, GWR (geographic weighted regression) model and spatial quantile model are employed to empirically examine the influence of Shanghai urban rail transit on residential prices from multiple perspectives. Result & Conclusion: The number and proximity of Shanghai Metro stations show a significant positive correlation with residential prices. Based on these finding, planning implications for urban metro construction are proposed.

**Key words** urban rail transit; Hedonic model; GWR model; quantile regression; residential prices

**First-author's address** School of Economics and Management, Tongji University, 200092, Shanghai, China

随着城市轨道交通的快速发展和城市空间不断扩张,特大城市住宅空间分布也随之外扩,近城市轨道交通成为居民购房选择的重要考虑因素之一。研究轨道交通对房地产价值的影响,对新交通基础设施融资机制的土地价值捕获政策实施具有重大意义。城市轨道交通系统是特大城市居民的重要交通工具,由于对土地利用、经济、社会 and 环境的深刻影响,城市轨道交通建设会带来周边地区人口增长不仅成为影响特大城市住房价值的重要因素,而且产生对周边区域住宅价格的溢出效应。本研究以上海为例,通过文献梳理和相关理论研究,构建城市轨道交通与房价影响的空间异质性特征研究概念框架,基于大数据技术,采用 Hedonic(特征价格)模型、GWR(地理加权回归)模型和空间分位数模型,多角度实证研究地铁对房价的空间影响,并提出对城市城市轨道交通建设规划的启示。

## 1 上海城市轨道交通系统发展状况研究

上海城市轨道交通线路的总长度从 1996 年的 20.2 km 增加到 2015 年的 617 km,共有 285 个地铁站投入运营。20 世纪 80 年代以来,上海经历了快速城市化的进程。上海的城市面积从原来 550 km<sup>2</sup> 增加到 998 km<sup>2</sup>,其中包括 400 多 km<sup>2</sup> 的农田。2015 年至 2018 年,上海城市轨道交通出行总量稳步增长,占年公共交通出行比例分别为 46.2%、50.7%、54.0% 和 58.8%。

图 2 为上海市各城市轨道交通站点到 CBD(中央商务区)的通勤时间及分布。由图 2 a)可知:上海城市轨道交通站点到 CBD 的通勤时间按地区集

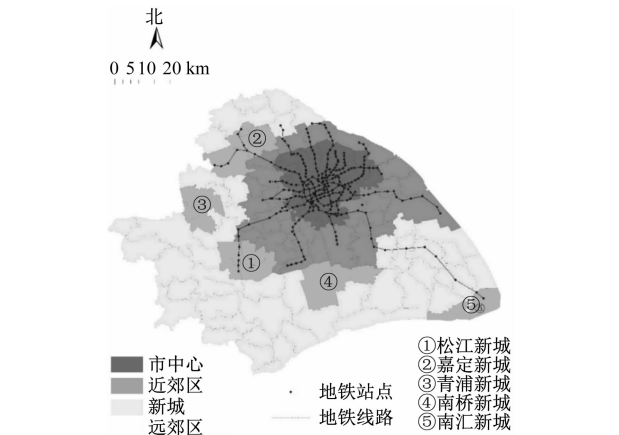


图 1 上海行政辖区城市轨道交通站点和路线分布

Fig. 1 Distribution of urban rail transit stations and routes in Shanghai Administrative Area administrative area

聚到中心城区、近郊区和远郊区,地铁站点集中分布在市中心,越到远郊区通勤时间越长;由图 2 b)显示,居住在离市中心相对较远的通勤者往往承担

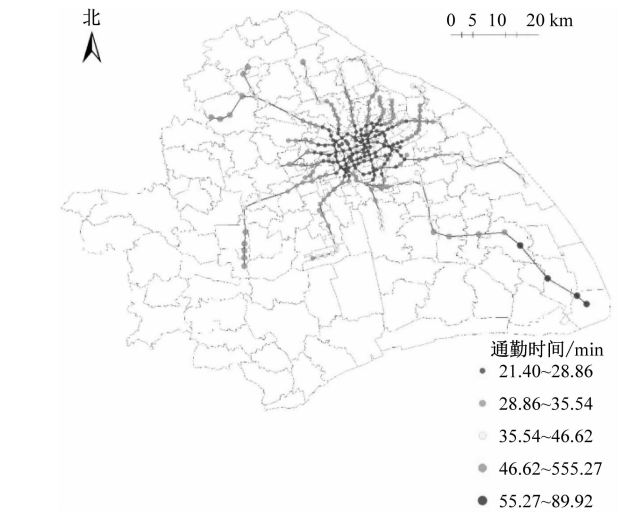
较重的通勤负担,高通勤负担的乘客集中在远郊的地铁站。

表 1 为上海市中心城区、近郊区和远郊区到 CBD 的通勤时间表。由表 1 可知,郊区城市轨道交通站附近的居民承担着最沉重的通勤时间负担,单程通勤时间超过 1 h,几乎是近郊区通勤时间的 2 倍,中心城区通勤时间的 4 倍。随着与 CBD 的距离减少,通勤时间逐渐变短。

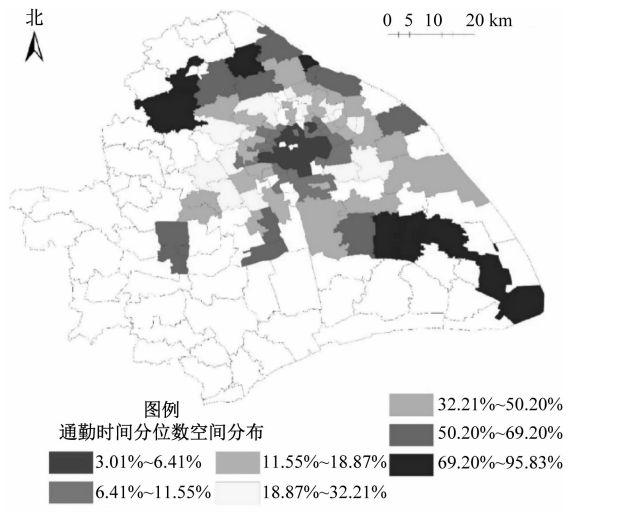
表 1 上海市中心城区、近郊区和远郊区到 CBD 的通勤时间

Tab. 1 Commuting time from downtown Shanghai, near suburbs and far suburbs to CBD

项目	不同区域到 CBD 的通勤时间/min		
	中心城区	近郊区	远郊区
平均时间	24. 05	42. 00	61. 80
标准差	2. 55	3. 23	15. 15



a) 各个地铁站点到 CBD 的通勤时间



b) 通勤时间分位数分布

图 2 上海市各城市轨道交通站点到 CBD 的通勤时间及分布

Fig. 2 Commuting time and distribution from urban rail transit stations to CBD in Shanghai

## 2 模型构建

### 2.1 空间 Hedonic 模型

空间 Hedonic 模型是国际上常用的测算价格与其属性相关性的模型,被国内外学者广泛应用于房地产市场的研究中。两种基本的空间回归模型,即 SLM(空间滞后模型)和 SEM(空间误差模型)常被用来处理空间相关性问题,并对空间相关性进行显式控制。它们以不同的方式将空间依赖性纳入 OLS(普通多元回归)模型:SLM 处理因变量的空间

自相关性,从而增加一个空间滞后的因变量;SEM 处理残差(或干扰依赖)的空间自相关性,从而修改残差结构。

本研究利用莫兰指数检验了上海市住宅价格的空间自相关性,结果显示上海市房价存在显著的空间自相关性(Moran's(莫兰指数)为 0.37, $p$ (检验值) $<0.01$ ),因此将空间滞后模型和空间误差模型空间自相关性纳入特征回归。式(1)和式(2)分别描述了空间滞后回归和空间误差回归的形式,拉格朗日乘子用于确定空间自相关(滞后或误差)的

形式。

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \lambda W_Y + e \quad (1)$$

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + e \quad (2)$$

式中:

$\alpha$ ——常数;

$Y$ ——房价;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \lambda$ ——影响系数;

$X_1, X_2$  和  $X_3$ ——主要解释变量、控制变量和虚拟变量;

$e$ ——误差项,  $e = \lambda W_e + \mu$ ;

$W_Y$ —— $Y$  的空间权重矩阵;

$W_e$ ——误差项  $e$  的空间权重矩阵。

## 2.2 数据来源和指标构建

### 2.2.1 数据来源

住宅价格和特征数据来自于上海市的安居客二手房数据<sup>①</sup>。因为上海二手房房源数量众多,且不受政府新房限价销售的影响,能较真实反映市场化条件下的房价。本研究使用 Python 软件搜集截止 2021 年 4 月上海二手住宅的价格和住宅特征,结构属性包括平均单价、卧室数量、建筑面积、房龄、朝向、绿化率和地理位置等。经对数据进行预处理后,获得上海市 313 286 套二手房的大数据库。

地铁数据和其他控制变量数据来自于百度地图信息,共收集到上海市 236 个城市轨道交通站、上海市 CBD、46 家国有大医院、531 个便利店和 159 所中小学等公共服务设施的位置信息。

### 2.2.2 指标构建

为检验城市轨道交通对房价的影响,本研究使用城市轨道交通的属性特征作为区位属性的重点考虑因素之一,也是实证回归中主要的解释变量之一;结构属性指标和邻里属性指标作为控制变量,包括到教育、医疗、购物等区位属性。具体构建如下:

1) 城市轨道交通系统属性指标。主要有 2 个:一是距离,即从住宅到城市轨道交通站的距离;二是数量,即住宅附近 1 km 内地铁站的数量。

2) 结构属性指标。本研究选择住宅的建筑面积、卧室数量、装修情况、朝向、绿化率和房龄 6 个指标来衡量结构属性。其中,定义朝向为虚拟变量,朝南为 1,其他朝向为 0;定义装修情况为虚拟变量,精装修为 1,其他装修情况为 0。

3) 区位属性指标。本研究选取以住宅距学校和医院的最短距离来衡量区位的医疗和教育资源,以到便利店的最短距离衡量区位的生活便利性,以到城市中心或次中心的距离反映区位的商业属性。考虑到公交和城市轨道交通之间存在互补和替代交通基础设施,故也将住宅附近 1 km 内的道路公交站数量作为指标考虑。

4) 邻里属性指标。本研究将道路公交站点、学校数量、医院数量、城市轨道交通可达性和流动人口密度等变量可视化在地图中,发现各指标的空间差异均较大(见图 3)。从市中心到远郊区,地铁可达性、学校和医院分布密度均呈逐渐衰减特征,流动人口分布密度则呈现相反态势,反映出上海公共服务设施空间分布不均衡。但是,道路公交站点在整个城市的空间分布却是相对均衡。

## 2.3 描述性统计

为避免多重共线性问题,本研究所有变量间的相关性均低于 0.6,且解释变量的 VIF(方差膨胀因子)也小于 5。变量的描述性统计见表 2。

## 3 实证结果与分析

### 3.1 基准回归结果

本研究基准回归采用空间 Hedonic 模型,检验上海城市轨道交通对房价的影响。基准回归结果见表 3。

由表 3 可知:城市轨道交通站对住房价值的距离衰减效应仍然显著,上海城市轨道交通站点的数量和距离远近对住宅价格呈显著正相关。而且,其他区位变量与房屋价格也存在显著关系,从住宅到学校的最短距离、到医院最短距离、到超市的最短距离都与房价呈显著负相关,而道路公交车站的数量与房价呈显著正相关。研究认为,具有以下 3 个特征的住宅价格更高:①运营能力更强、中心线更高的城市轨道交通站附近住宅;②拥有更多城市轨道交通站点和线路选择的住宅;③城市轨道交通站与其他公共服务设施协同效应更高的住宅。

### 3.2 稳健性检验

为检验上海城市轨道交通站点的数量和距离远近对住宅价格的溢价在不同细分市场之间是否存在差异,本研究提出用空间分位数特征回归方法来检验公共交通溢价的分割效应。通过测试不同住宅价格

<sup>①</sup>安居客上海市二手房网址: <https://shanghai.anjuke.com/sale/>

水平下城市轨道交通特征对住宅价格溢价效果的变 化,进一步校准基准 Hedonic 特征回归结果。

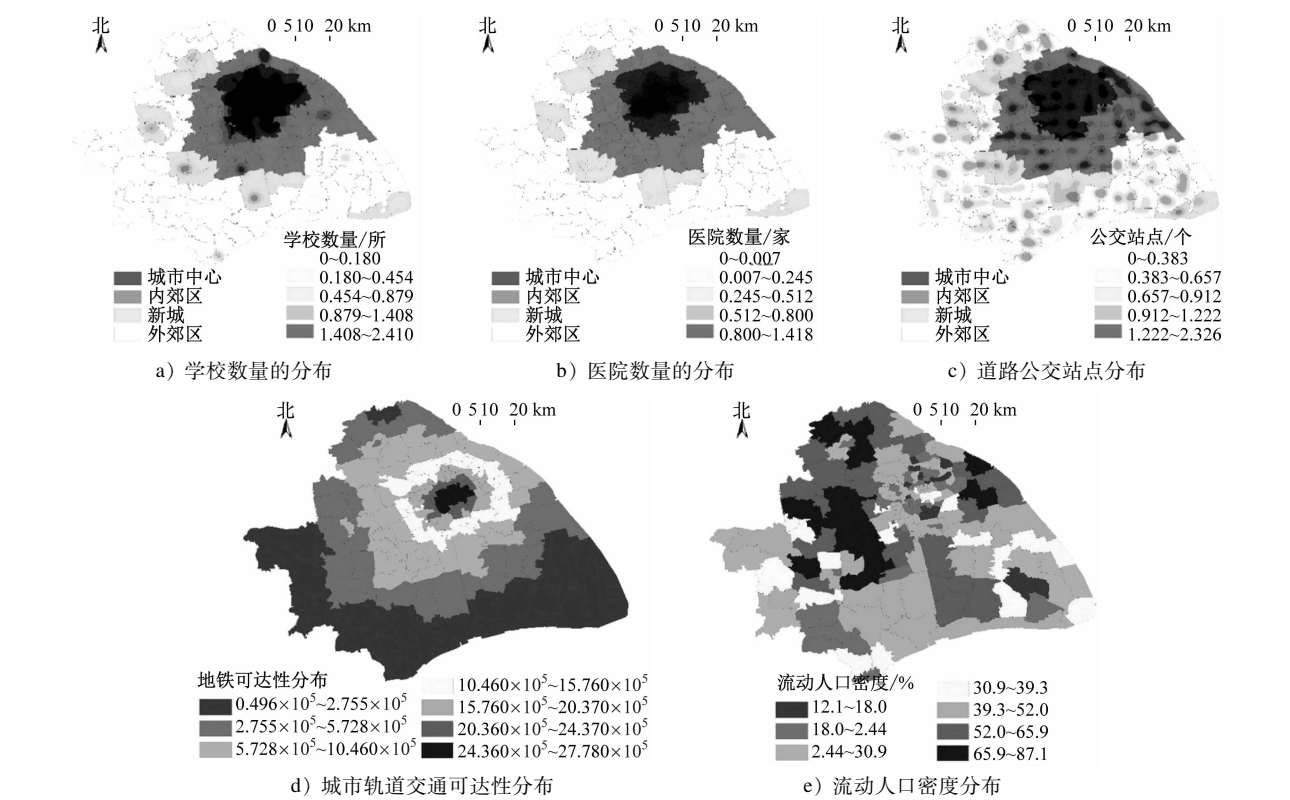


图 3 道路公交站点、学校数量、医院数量、城市轨道交通可达性和流动人口密度分布图

Fig. 3 Distribution map of bus stops, number of schools, number of hospitals, urbanrail transit accessibility and floating population density

表 2 各变量的描述性统计						
Tab. 2 Descriptive statistics for each variable						
变量属性	变量名称	变量代码	变量最小值	变量最大值	变量均值	变量方差
房价属性	房价/(元/m <sup>2</sup> )	Y	9 807. 33	109 953. 33	22 135. 43	2 296. 24
地铁系统属性	距地铁站距离/m	DM	5. 00	2 958. 70	769. 10	460. 10
	1 km 内地铁站的数量/座	MS	0	6. 00	1. 50	2. 30
住宅结构属性	建筑面积/m <sup>2</sup>	FA	10. 00	727. 00	68. 20	51. 70
	卧室数量/间	NB	0	9. 00	1. 83	0. 97
	朝向	FS	0	1. 00	0. 52	0. 27
	装修情况	D	0	1. 00	0. 38	0. 45
	房龄/年	BA	0	92. 00	15. 00	9. 67
	绿化率/%	GR	0. 02	0. 78	0. 33	0. 09
住宅区位属性	到中心或次中心的距离/m	DCBD	5. 01	7 958. 00	1 769. 00	490. 00
	到学校的最短距离/m	DSh	235. 10	3 112. 20	955. 40	321. 60
	到医院的最短距离/m	DH	91. 20	3 324. 40	962. 90	319. 40
	到便利店的最短距离/m	DSu	0	2 609. 50	966. 30	345. 30
	1 km 内道路公交站的数量/个	BS	1. 00	15. 00	6. 30	2. 16
邻里属性	人口密度/(人/km <sup>2</sup> )	PD	149. 00	249 604. 00	53 441. 00	43 699. 00
	流动人口密度/(人/km <sup>2</sup> )	FP	12. 43	126. 47	53. 97	13. 29

表 3 空间 Hedonic 模型的回归结果

Tab.3 Regression results of spatial Hedonic feature pricing model

变量属性	变量代码	回归系数	VIF
地铁系统属性	DM	0.24 **	2.45
	MS	0.02 *	2.98
	FA	0.57 **	4.59
	NB	0.05 **	3.21
住宅结构属性	FS	0.01 **	1.13
	D	0.04 *	1.17
	BA	-0.02 **	1.51
	GR	0.06	1.25
	DCBD	-0.13	3.87
住宅区位属性	DSh	-0.01 *	1.28
	DH	-0.34 **	1.47
	DSu	-0.04	1.64
	BS	0.11 *	3.28
邻里属性	PD	0.07 **	1.63
	FP	0.03 **	1.69

注：\*\*\*、\*\*、\* 分别代表 1%、5%、10% 的显著水平，表 4 和表 5 同。

鉴于房地产市场普遍存在基于价格的细分，故采用 IVQR(分位数回归)模型对房价进行空间特征

估计,以产生相对更全面和稳健的实证估计。其模型为：

$$\int_{\lg r_{\min}}^{\lg r_q^i} K(\log r) d\log r = i/q$$

(3)

式中：

$K(\log r)$ ——核密度函数；

$r$ ——因变量；

$q$ ——分位数；

$i$ ——条件分布被划分为  $q$  个相等的区间时的第  $i$  个分位数,并遵循 Powell 的核密度估计方法来计算分位数系数的渐近标准误差。

表 4 为空间 Hedonic 模型分位数回归结果。由表 4 可以看出：与价格较高的 25% 住宅相比,地铁对价格最便宜的 25% 住宅影响程度最大,即距离最近的地铁站每减少 1.000%,最便宜的 25% 住宅的价格平均增加 0.061%。地铁附近的住宅溢价估计条件方差不显著,表明本文的分位数回归结果的稳健性。

表 5 为分位数回归系数的卡方检验表。由表 5 可知：地铁对房价的影响在不同分位数点上没有统计上的显著差异；而仅房龄、绿化率和到医院的最近距离对房价的影响系数在 75% 分位数点、50% 和 25% 分位数点之间存在显著差异。

表 4 空间 Hedonic 模型分位数回归结果

Tab.4 Quantile regression results of the spatial Hedonic feature pricing model

变量代码	25% 分位点		50% 分位点		75% 分位点	
	回归系数	渐近标准差	回归系数	渐近标准差	回归系数	渐近标准差
DM	-0.060 ***	0.009	-0.054 ***	0.008	-0.055 ***	0.009
MS	0.034 ***	0.009	0.041 ***	0.009	0.047 ***	0.009
FA	0.018 ***	0.009	0.026 ***	0.008	0.037 ***	0.009
NB	0.019 *	0.015	0.028 **	0.010	0.31 *	0.009
FS	0.012 ***	0.021	0.018 ***	0.015	0.029 ***	0.020
D	0.028 ***	0.009	0.037 ***	0.009	0.039 ***	0.009
BA	-0.025 *	0.013	-0.035 **	0.012	-0.090 ***	0.013
GR	0.016 *	0.009	0.028 *	0.009	0.031 **	0.009
DCBD	-0.157 ***	0.017	-0.153 ***	0.016	-0.134 ***	0.017
DSh	-0.037 ***	0.009	-0.034 ***	0.008	-0.027 ***	0.009
DH	-0.068 ***	0.010	-0.085 ***	0.009	-0.141 ***	0.010
DSu	-0.036 ***	0.009	-0.026 **	0.009	-0.018 *	0.009
BS	0.035 ***	0.008	0.028 ***	0.007	0.013 *	0.008
PD	0.037 *	0.021	0.046 *	0.020	0.042 ***	0.021
FP	-0.029 **	0.010	-0.021 ***	0.011	-0.017 *	0.010

表 5 分位数回归系数的卡方检验

Tab. 5 Chi-square test for quantile regression coefficients

变量代码	检验值					
	25% 对 50%		25% 对 75%		50% 对 75%	
	$\chi^2(1)$	Sig.	$\chi^2(1)$	Sig.	$\chi^2(1)$	Sig.
DM	0.329 7		0.370 1		0.063 9	
MS	0.283 3		0.980 2		0.574 9	
FA	0.929 7		0.084 2		0.077 3	
NB	0.743 5		0.539 5		0.695 3	
FS	0.292 8		0.290 0		0.365 0	
D	0.062 6		0.871 5		0.966 9	
BA	0.193 2		9.359 0	***	7.674 6	***
GR	12.012 7	***	0.703 3		0.965 6	
DCBD	0.205 8		0.897 9		0.482 8	
DSh	0.496 8		0.299 7		0.473 0	
DH	1.481 5		17.544 0	***	26.961 8	***
DSu	3.445 3	*	0.071 8		0.776 3	
BS	0.545 0		0.288 0		0.627 4	
PD	0.686 4		0.167 1		0.322 3	
FP	0.881 1		0.172 3		0.739 1	

注： $\chi^2(1)$  为分位数回归系数值；Sig. 为卡方检验值。

3.3 空间异质性检验

价格影响的空间异质性。在 GWR 模型回归结果  
本研究使用 GWR 模型来评估探究地铁对住宅（见表6）中,调整后的 $R^2$ 值(回归平方和与总平方

表 6 GWR 模型回归结果

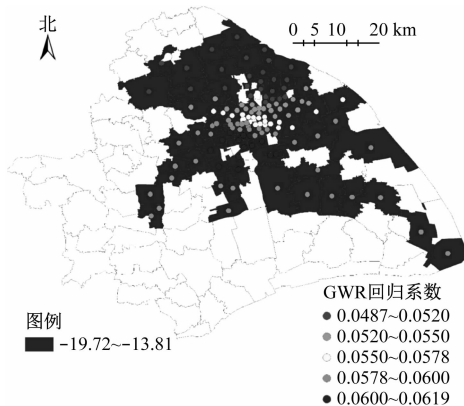
Tab. 6 GWR model regression results

变量代码	回归系数				
	最小值	25% 分位点	50% 分位点	75% 分位点	最大值
DM	-0.061 9	-0.059 7	-0.056 1	-0.053 0	-0.048 7
MS	0.020 3	0.029 8	0.030 3	0.037 5	0.068 2
FA	0.012 1	0.013 9	0.020 0	0.029 0	0.042 2
NB	0.021 4	0.026 3	0.029 5	0.034 1	0.038 2
FS	0.010 2	0.014 2	0.019 4	0.022 4	0.024 8
D	0.012 5	0.016 3	0.020 4	0.024 0	0.028 4
BA	-0.006 5	-0.004 2	-0.003 4	-0.002 6	-0.000 7
GR	0.008 4	0.015 3	0.019 6	0.023 1	0.027 4
DCBD	-0.214 2	-0.194 3	-0.132 9	-0.109 2	-0.008 7
DSh	-0.249 4	-0.149 3	-0.120 0	-0.089 2	-0.020 1
DH	-0.005 2	-0.003 5	-0.003 0	-0.002 8	-0.001 9
DSu	-0.039 2	-0.032 1	-0.026 3	-0.021 8	-0.019 4
BS	0.020 3	0.028 4	0.034 2	0.037 5	0.040 3
PD	0.012 5	0.015 8	0.019 8	0.028 4	0.032 9
FP	-0.050 3	-0.042 5	-0.038 7	-0.027 4	-0.019 0

和的比值)为 0.935 6, AICc (动态指标) 值为 -182.023。这表明 GWR 模型很好地描述了所选变量与房价之间的关系,并证明了数据集包含足够的样本,可用于局部回归和空间自相关性检验。

由表 6 可知,各变量对房价的影响呈现显著的空间异质性。各变量在 25%、50% 和 75% 分位数上的回归系数符号一致,说明各变量对区域内大范围样本的影响性质相同。各变量的回归系数既有正又有负,且在不同百分位上存在明显差异。其中,对房价产生正向促进作用的结果中,附近 1 km 范围内地铁站数量、道路公交站数量和卧室数量,这 3 个变量的效应最大;对房价产生负向抑制作用的变量中到城市中心或城市次中心的距离、到学校的最短距离和距地铁站的距离远近,这 3 个变量效应最大。在不同的地理位置上,变量的回归系数差距较大。

为分析 GWR 模型中各变量影响效应的空间变化特征,借助 ARCGIS 计算机软件绘制了回归系数和  $t$  值的分布图(见图 4—图 6),从而直观地进行展示。



注: $t$  值为 GWR 显著性系数值,用于判断相关性。

图 4 上海地铁对房价的 GWR 回归系数和  $t$  值分布

Fig. 4 GWR regression coefficient and  $t$ -value distribution of Shanghai Metro for housing prices

由图 4 可知:上海城市轨道交通可达性对房价有显著的正向影响。从空间分布来看,上海市中心地铁可达性对房价的影响存在空间异质性,在远郊区地铁可达性对房价的影响系数大于中心城区和近郊区。即居住在远郊区的居民通勤是对地铁通勤方式的依赖性较大,购房时比较看重附近地铁站的数量和距离,房价更容易收到地铁可达性的影响。

由图 5 可知:上海流动人口密度和比例与房价显著相关,影响系数均为负。该现象在上海北部地

区更为明显,比如嘉定新城和宝山区东北部。分析认为原因在于该两地区迅速发展成为了新城镇,经历了以工业园区、工厂、住宅区为特征的城市蔓延,为流动人口提供了大量的就业机会。同时,非正规经济部门和非正规住房也会增加居住在城市边缘流动人口的工作和住房之间的匹配,从而减轻他们的通勤负担。

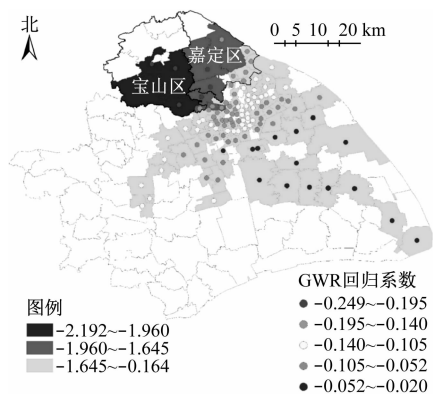


图 5 流动人口密度对房价的 GWR 回归系数和  $t$  值分布

Fig. 5 GWR regression coefficient and  $t$ -value distribution of floating population density on housing prices

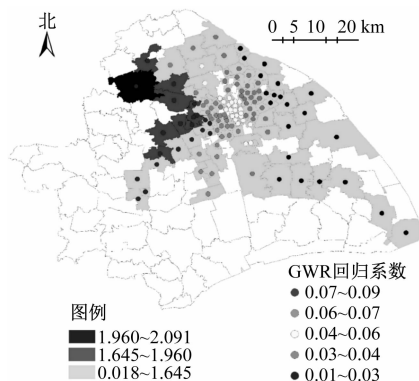


图 6 到学校的最短距离对房价的 GWR 回归系数和  $t$  值分布

Fig. 6 GWR regression coefficient and  $t$ -value distribution of the shortest distance to school on housing prices

由图 6 可知:学区对房价的影响存在空间异质性,上海西部影响程度较大,如嘉定新城、闵行区和松江区。证实既有文献结论:学校的位置和质量以及学区住房政策会显著影响房价。研究样本数据显示,上海特定地区的学校数量与房价呈显著正相关,即家长在选择居住地和工作地点时,会优先考虑学校的位置、数量和质量。

## 4 结论

1) 地铁站点的数量和距离远近对住宅价格呈

显著正相关。空间 Hedonic 特征定价模型结果显示,地铁站点的数量和距离远近对住宅价格呈显著正相关。

2) 地铁对住宅价格的影响具有显著的空间异质性。GWR 模型实证检验地铁对住宅价格的影响结果显示,地铁对住宅价格的影响具有显著的空间异质性。上海城市轨道交通站点对住房价格的距离衰减效应十分显著,地铁站点的数量和距离对住宅价格呈显著正相关。在远郊区地铁可达性对房价的影响系数大于中心城区和近郊区,即居住在远郊区的居民对地铁通勤方式的依赖性较大,房价更容易受到地铁可达性的影响。

3) 空间分位数模型实证检验地铁对住宅价格的影响显示,地铁对住宅价格的影响具有显著的价格异质性。与价格较高的 25% 住宅相比,地铁对价格最便宜的 25% 住宅影响程度最大。

基于研究结论,针对特大城市地铁发展规划,提出如下建议:①地铁规划建设主体须从居民利益的角度关注地铁站的选址和空间分布,合理规划地铁线路,科学设置地铁站点,以全面提升交通可达性。根据城市的公共交通发展要求和不同地区对通勤的需求,应合理进行地铁的选址和规划;②远郊地区产城融合高质量发展势在必行,改善就业机会、改善经济适用住房和公共服务的政策可以减少通勤时间的空间不均衡;③城市政府需要自上而下地充分考虑地铁服务在空间上的均衡分布以及在地方一级提供与社会相匹配的就业机会。

## 参考文献

- [1] BOEING G. OSMnx: new methods for acquiring, constructing, analyzing, and visualizing complex street networks[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2017, 65: 126.
- [2] KIEU L M, BHASKAR A, CHUNG E. A modified density-based scanning algorithm with noise for spatial travel pattern analysis from smart card AFC data[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2015, 58: 193.
- [3] LU M, SUN C, ZHENG S. Congestion and pollution consequences of driving-to-school trips: a case study in Beijing[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2017, 50: 280.
- [4] PEREIRA R H M, SCHWANEN T, BANISTER D. Distributive justice and equity in transportation[J]. Transport Reviews, 2017, 37(2): 170.
- [5] 彭爱群. 房地产价格指数的影响因素分析: 基于货币政策角度[J]. 淮海工学院学报(自然科学版), 2016, 25(1): 66.  
PENG Aiqun. Analysis on the influencing factors of real estate listed company's stock price index: from the perspective of monetary policy[J]. Journal of Huaihai Institute of Technology (Natural Science Edition), 2016, 25(1): 66.
- [6] 顾沈靖. 基于多元回归分析模型的房地产价格影响因素研究[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2018, 21(5): 22.  
GU Shenjing. Research on the influence factors of real estate price based on multiple regression analysis model[J]. Journal of Xi'an University (Natural Science Edition), 2018, 21(5): 22.
- [7] 杨大山, 刘伟. 基于特征价格模型的二手房交易价格影响因素研究: 以上海二手房交易市场为例[J]. 现代商业, 2020(30): 42.  
YANG Dashan, LIU Wei. Research on influencing factors of second-hand housing transaction price based on characteristic price model—taking Shanghai second-hand housing transaction market as an example[J]. Modern Business, 2020(30): 42.
- [8] 王翔, 辛梦阳. 我国房地产市场波动的溢出效应研究[J]. 管理工程师, 2020, 25(5): 3.  
WANG Xiang, XIN Mengyang. Study on spillover effect of real estate market fluctuation in China[J]. Management Engineer, 2020, 25(5): 3.
- [9] 黄瑜. 中国房地产市场的历年变迁及趋势展望[J]. 中国房地产, 2020(29): 21.  
HUANG Yu. Historical changes and trend prospect of China real estate market[J]. China Real Estate, 2020(29): 21.
- [10] 周建军, 罗嘉昊, 鞠方, 等. 产业结构变迁对房地产价格的影响研究[J]. 科学决策, 2020(9): 21.  
ZHOU Jianjun, LUO Jiahao, JU Fang, et al. Research on the influence of industrial structure changes on housing prices[J]. Scientific Decision Making, 2020(9): 21.

(收稿日期:2023-05-26)

(上接第 165 页)

- [11] 深圳市规划国土发展研究中心. 2020 年深圳市居民出行调查及分析[R]. 深圳: 深圳市规划国土发展研究中心, 2021.  
Shenzhen Planning and Land Development Research Center. 2020 Shenzhen resident travel survey and analysis[R]. Shenzhen: Shenzhen Planning and Land Development Research Center, 2021.

- [12] 曹敬浚, 许琰, 孙立山, 等. 基于轨道交通数据的客流特征与城市功能结构分析[J]. 都市快轨交通, 2021, 34(2): 71.  
CAO Jinghan, XU Yan, SUN Lishan, et al. Passenger flow characteristics and analysis of urban functional structure based on rail transit data[J]. Urban Rapid Rail Transit, 2021, 34(2): 71.

(收稿日期:2023-06-07)