

基于空间模型的城市房租的空间质异性分析

苏皇赫

美国加州大学圣地亚哥分校 美国圣地亚哥 92093

【摘要】伴随中国城市化进程，外来人口在城市租房问题日益重要，本文选取一线城市北京，上海和广州的房租价格进行区位特征、邻里特征和建筑特征等来研究其影响程度。本文借助信息化工具获取租房具体信息，将上述数据处理后，对其进行可视化，做初步的描述性统计分析。基于对租房空间差异化的探讨，最终寻找影响房租的主要因素。

【关键词】城市；价格；空间质异性

1 数据的获取与预处理

2020年7月《广州市房屋租赁管理规定》审议通过并正式实施，2021年11月北京市审议并通过《北京市住房租赁条例（草案）》，上海于2023年正式实施《上海市住房租赁条例》。这些法律法规一定程度上保障了房东和租客的合法权益，使得房屋租赁市场平稳有序的发展。本文通过对目前国内外文献1-10与案例的研究发现，影响租赁市场租金的各个因素之间存在一定的空间相关性，故本文采用空间计量模型对各因素赋予的变量加以研究。

本文获取房地产网站三大城市租房信息的9个指标（房屋位置区域，房间个数，房屋套内面积，结构层高，南北朝向，整租/分租，加装电梯，公共交通，租金价位）。通过高德地图API和python将三大城市租房位置进行地理编码，得到WGS84地理坐标系，利用ArcMap10.2建立以1000米为半径的点要素缓冲区，通过空间连接工具计算出每个点要素缓冲区的教育机构和商业中心的数量，然后将各城市租房位置转换成投影坐标系。

2 空间计量模型

在空间计量模型中，衡量空间相关性的重要计算指标为 *Moran's I* 指数，公式如下所示。

$$Moran's I = \frac{N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}} \quad (1)$$

其中，*N*为质点数目，*w_{ij}*是相邻两单位*i*和*j*的空间权重矩阵；*x_i*为观测单元*i*的观测变量值。本文通过计算可得各城市租金价格的 *Moran's I* 指数为0.14（如表1）

且通过了1%的显著性水平检验，表明城市中不同区域之间的租金价格具有正向空间依赖性。

表1 *Moran's I*指数的计算

变量	I	E(I)	Sd(I)	z	P-value
Ln_租金	0.140	-0.000	0.001	130.502	0.000

对空间计量模型进行收集数据的回归计算得表2，如下所示：

表2 空间计量模型计算结果

变量	OLS	SEM	SLM
位置区域房价	-0.0445***	-0.0323***	-0.0328***
教育机构	0.0038***	0.0002	-0.0003
商业中心	0.0093***	0.0014	0.0007
结构层高	0.0108	0.0103	0.0110
房屋位置经度	-0.0411	0.0705**	-0.0476
房屋位置纬度	0.8048***	0.5974***	0.5412***
大房间数	0.0721***	0.0811***	0.0825***
小房间数	0.0605***	0.0572***	0.0548***
房屋套内面积	0.0093***	0.0090***	0.0089***
整租/分租	-0.7090***	-0.6910***	-0.6924***
南北朝向	0.1070***	0.0878**	0.0846**
加装电梯	0.0850***	0.0737***	0.0723***
公共交通	0.2854***	0.2491***	0.2467***
(常数)	-12.6187*	-20.0549***	-3.9673
R2	0.8130	0.793	0.837
Log likelihood	-	-637.92307	-605.17216

注：***、**和*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著。

根据表2回归结果可以看出SLM的R2值大于SEM和OLS回归模型，且模型具有一定的稳健性，计算结果较为可靠。其中特征变量对租金价格具有显著性的影响，按影响程度绝对值排列得出：整租>房屋纬度>公共交通>南北朝向>大房间数>加装电梯>小房间数>位置区域房价>房屋套内面积。由此得出整租的价格高于合租的价格也与市场现状相一致。1) 在建筑特征方面，南北朝向、大房间数和小房间数与租金价格有着显著的正相关关系，这体现了人们对居住舒适度的要求。2) 在邻里特征方面，周围商业中心和教育机构与租金价格无显著关系。3) 在区位特征方面，越靠近东面租金价格有上升的趋势，在1%的显著性水平下，纬度每增加1%，租金价格对数上升0.54%。

此外，可以看出位置区域房价对租金价格的影响。在SLM中，房屋价格每上升1%，租金对数下降0.03%，说明房价涨跌会引起租房价格小幅度的变动。

3 回归模型（OLS模型，GWR模型和MGWR模型）

本文运用Arcgis对收集的数据进行OLS回归模型估计，得到的结果如表3所示。

表3 OLS回归模型估计

R[d]	0.705824	Adj. R[d]	0.704754
Koenker (BP) [f]	419.730118	Prob(>) (11)	0.000000*

可见Koenker统计量结果具有统计显著性(*)，由此对具有统计显著性非稳态的回归模型，可以进行地理加权回归(GWR)模型。GWR模型将空间权重矩阵应用在线性回归模型中，通过引入地理坐标位置，并在某一空间范围内的每一个点建立加权局部回归方程。该模型能够优化区域权重，较好揭示地理要素的空间非均质性、解决空间非平稳性的问题。表示如下：

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^k \beta_k(u_i, v_i)x_{ik} + \varepsilon_i \quad (2)$$

式中 y_i 为样本 i 的租金价格， x_{ik} 为影响因素， (u_i, v_i) 为 i 的地理区位坐标， ε_i 是第 i 个样点的随机误差， $\beta_k(u_i, v_i)$ 是随着区位变化的回归参数。本文考虑选取最通用的高斯核函数法进行实证，函数形式如下所示。

$$W_{ij} = \exp\left(-\left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^2\right) \quad (3)$$

式中 b 是描述权重与距离之间函数关系的非负衰减参数，称为带宽。

多尺度地理加权回归(MGWR)模型是在GWR模型上的进一步改进，考虑了不同解释变量的异质性尺度，使得每一个变量保留其不同的空间比例。

首先对全局回归OLS、GWR、MGWR模型的拟合效果进行分析，采用 R^2 ， $Adj.R^2$ ， $AICc$ ， $Residual\ sum\ of\ square$ 四个指标对比拟合优度，结果如表4所示。

表4 全局回归、地理加权回归、多尺度加权回归模型的拟合效果分析

模型	R^2	$Adj.R^2$	$AICc$	$Residual\ sum\ of\ square$
全局回归	0.83	0.83	3252.167	514.761
GWR	0.892	0.888	2084.308	328.527
MGWR	0.934	0.924	1311.378	199.989

其中， R^2 是模型拟合优度的一种度量，可解释为回归模型所涵盖的因变量方差的比例； $Adj.R^2$ 可依据分子和分母的自由度对其进行正规化，从表4中可以看出，三种模型中MGWR的 R^2 和 $Adj.R^2$ 的值最大， $AICc$ 和残差平方和最小，故认为MGWR模型的拟合效果更好。

同时经计算得到各变量带宽数如表5所示：

表5 各变量带宽数

变量	带宽
公共交通	258
教育机构	43
商业中心	3034
结构层高	50
大房间数	2500
房屋套内面积	586
整租/分租	326
南北朝向	368
位置区域房价	261
加装电梯	2941

根据带宽数把变量分为三类：（1）全局变量：（2）较强的空间异质性的变量：（3）很强的空间异质性的变量：为验证分类，进一步对各类变量的回归系数进行描述性统计，如表6所示：

表6 各变量回归系数描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	中位数	最大值
(常量)	0.005	0.005	-0.006	0.006	0.014
公共交通	0.425	0.62	-0.013	0.168	2.342
教育机构	-0.307	0.588	-2.271	-0.191	0.674
购物中心	-0.048	0.001	-0.049	-0.048	-0.044
结构层高	0.617	0.175	0.221	0.602	1.185
大小房间数	0.005	0.005	-0.009	0.007	0.011
房屋套内面积	0.746	0.17	0.491	0.729	1.056
整租/合租	-0.092	0.042	-0.178	-0.101	0.026
房屋位置房价	0.03	0.068	-0.147	0.039	0.201
加装电梯	0.026	0.003	0.024	0.025	0.041
南北朝向	0.021	0.03	-0.089	0.021	0.099

（1）全局变量：购物中心，大小房间数，是否有电梯的回归系数这三者变化量较小。从回归系数的区间可以看出，电梯始终与租金呈现正相关关系。故电梯可作为全局变量。在整个租房市场中，有电梯房屋的租金较合租的房屋会更高，这一结果与现实情况相符。但回归系数相对于其他系数较小，因此可认为是否有电梯不是租户考虑租房的重要因素。房屋附近的商业中心作为全局变量，其回归系数的变化范围最小，且与租金呈现负相关性。大都市内商业中心数量众多、且交通方便的情况下，可能会造成边际递减效应，使得其数量到达某一峰值后，会造成周边房源租金的下降。然而由于其回归系数较小，该影响也并不显著。大小房间数作为全局变量，其回归系数的变化范围较小。由于家庭人数的不同，房间数会成为首先考虑的变量之一，以满足不同租户的需求。但房间数对租金的影响并不十分显著。

（2）较强的空间异质性的变量：整租/合租的回归系数处于区间 $[-0.178, 0.026]$ 内，出租方式作为分类变量，取值为1时代表该房屋为整租，反之为合租。从回归系数大小可以看出，整租比合租更加划算。房屋套内面积的回归系数处于区间 $[0.491, 1.056]$ 内，且系数均值在选择解释变量中最大，可解释为比较租金高低时，房间套内面积是影响租金大小的最主要因素。南北朝向的均值与中位数均在0.021，尽管出现最小值为负数，但依然可认为朝向为南时，租金价格将略微上涨。公共交通的回归系数区间处于区间 $[-0.013, 2.342]$ 内，该地区房价水平的回归系数区间处于区间 $[-0.147, 0.201]$ ，这两个变量作为具有较强的空间异质性的变量，该系数变化程度也相对较大。在中心城区中，是否有地铁这一变量回归系数绝对值较大的数据点基本位于中心城区，可见中心区域交通便利对租金上涨具有较大影响作用。

（3）很强的空间异质性的变量：结构层高的回归系数区间处于区间 $[0.221, 1.185]$ 内，该解释变量变化范围大，回归系数的绝对值也相对更大，楼层高采光充足的同时视野更好，符合人们的偏好选择。

4 总结

空间异质性模型解释了在不同区域中各类别关系会产生变化，不同区域的相同面积对租金影响程度不同；而空间相关性模型则趋向于在具有空间“高高”、“低低”聚集效应下，观测相近变量之间的关联性。

从MGWR模型分析结果来看，房屋所在区域房价对租金的影响程度不大，具有相对较强的空间异质性，在聚中心区域中与租金呈负相关效应，高房价下租赁价格反而更低。

从租赁市场角度观察，由于出租方式对租金影响程度较大，目前我国一线城市政府职能部门针对群租房现象已出台相关租房政策，限制群租方式。但从租赁者视角而言，租赁者可根据自己的住房需求因素进行排序，由于租金具有空间效应，可以了解关键需求在不同区域的变化情况，在经济允许的范围内努力提高住房环境的幸福度。

参考文献:

- [1] 陈建宝, 李坤明著. 非参数空间计量模型的理论与应用[M]. 北京: 经济科学出版社, 2018. 06.
- [2] (美) 戴维森 (Davidson, R.), (美) 麦金农 (Mackinnon, J.G.) 著; 沈根祥译. 计量经济学理论和方法[M]. 上海: 上海财经大学出版社, 2006. 04.
- [3] 柯蓉著. 长三角区域发展差异空间统计分析[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2018. 05.
- [4] 张晓青著. 城市空间扩展的经济效应研究[M]. 济南: 山东人民出版社, 2012. 08.
- [5] 刘英. 空间计量模型在城市二手房批量评估中的应用[J]. 中国管理信息化, 2021, (第17期).
- [6] 林平, 杜姗姗. 基于GIS和计量模型的首都城市群空间范围界定[J]. 北京联合大学学报(自然科学版), 2015, (第3期).
- [7] 崔娜娜¹, 崔丹², 肖亮³. 城市住房租金价格影响因素的空间计量分析——基于GWR模型对北京市数据的分析[J]. 价格理论与实践, 2020, (第5期).
- [8] Assane Seck, Functional SAC model: with application to spatial econometrics [J] South African Statistical Journal, 2021, Vol.55, No.1, 1-13.