文章编号:1671-8860(2009)07-0873-05　　**文献标志码**:A

区域城镇基准地价水平的空间自相关格局分析

焦利民[1,2]　刘耀林[1,2]　刘艳芳[1,2]

(1　武汉大学资源与环境科学学院,武汉市珞喻路 129 号)
(2　武汉大学地理信息系统教育部重点实验室;武汉市珞喻路 129 号,430079)

摘　要:研究了区域城镇基准地价水平的空间自相关分析方法。采用 Moran's I 系数、局域 Moran's I 系数、Moran's I 系数曲线分析了区域内城镇基准地价的空间自相关程度、局域聚集特征和多阶邻域空间自相关性变化特征;提出了一种基于路径间隔的半方差统计方法进行基准地价水平的空间变异尺度分析;构造了基于空间属性复合距离统计量的空间聚类方法,并利用该方法进一步揭示了城镇地价水平的空间聚集分布规律。以湖北省为例进行了实例分析。

关键词:空间自相关;空间聚类;空间变异;城镇基准地价
中图法分类号:P272;P208

研究一定区域内城镇基准地价水平的空间分布特征、空间格局及其形成机制,对于发现区域城镇地价和各种影响因素之间的耦合规律、进行区域基准地价协调和地价宏观调控具有重要意义。近年来,我国山东、湖北等省针对本行政区域进行了城镇基准地价平衡研究,也有针对全国大中城市的基准地价平衡研究[1,2]。现有研究较大程度上依赖于专家的知识和经验,侧重于数据序列分析,缺乏对地价空间分布规律的研究。

空间自相关是指一个区域内分布的地理事物的某一属性和其他所有事物的同种属性之间的关系[3,4]。区域城镇基准地价水平是否具有空间自相关性,若有则相关性程度如何,需要采用一定的度量方法进行测度。常用的空间自相关模型有 Moran's I 统计量和 Geary's C 比值,以及基于距离阈值范围的乘法测度空间对象相关性的统计方法[5]。对区域城镇基准地价的空间自相关特征(如空间自相关的尺度范围、空间聚集等)进行研究可以采用地统计学、局域空间自相关分析[6]、空间自相关系数图、空间聚类等方法。此外,分析城镇基准地价的影响因素及其空间特征,可以进一步探讨城镇基准地价空间自相关格局的形成机制。

1　区域城镇基准地价空间自相关分析方法

1.1　区域城镇基准地价的空间自相关性判断

Moran's I 更关注空间对象之间的协相关关系,与研究城镇基准地价空间相互作用和空间相关性特征的目标相吻合。Moran's I 统计一般针对连续多边形分布的地理现象。研究一定区域内的各城镇的基准地价水平时,通常以空间点表示城镇分布。对于点状数据的 Moran's I,可以采用空间点的 Voronoi 多边形等方式形成面状连续分布。考虑城镇的社会经济属性,本文以城镇行政管辖区域是否相邻作为邻接判断标准。此外,可以采用局域 Moran's I 系数法进行局域空间自相关分析(local indicators of spatial autocorrelation,LISA)[6],获得局域自相关显著性分布图、属性聚类图,发现城镇基准地价在总体上的空间聚集特征;还可以对两个或多个空间变量进行多变量的 Moran's I 空间相关分析,以反映变量之间的空间相关关系。

1.2　分析方法

若通过 Moran'I 统计表明区域城镇基准地

收稿日期:2009-05-17。
项目来源:国家 863 计划资助项目(2007AA12Z225);国家"十一五"科技支撑计划资助项目(2006BAJ05A02,2006BAB15B04);国家 973 计划资助项目(2006CB701303);地理信息系统教育部重点实验室开放研究基金资助项目(wd200609)。

价具有空间自相关性，需要进一步分析其空间相关性结构，以揭示城镇地价的空间关联格局。笔者认为，城镇基准地价的空间自相关格局可以通过两个指标来反映：① 空间自相关距离阈值。该阈值可类比于地统计学中区域化变量的变程，距离大于阈值的空间对象被认为不再具有空间相关性。该指标反映城镇基准地价空间自相关的范围和空间变异规律。② 空间聚类特征。通过空间聚类可以反映区域城镇地价的空间聚集规律和空间分布模式，揭示城镇基准地价的空间自相关结构。

1.2.1 区域城镇基准地价的半方差分析

本文借鉴半变异函数拟合的思路，以不同距离间隔条件下城镇地价水平之间的半方差为基本统计量，建立区域城镇基准地价空间相关性尺度和程度的度量与分析方法。不同距离间隔条件下城镇的地价半方差为：

$$D(h_i)=\frac{1}{2N(h_i)}\sum_{n=1}^{N(h_i)}(y_n-y_n^{h_i})^2$$

式中，h 表示某一固定的距离间隔，h_i 表示第 i 个距离间隔，用以表示间隔距离处于 $h\times(i-1)$ 和 $h\times i$ 之间的城镇；$D(h_i)$ 表示间隔距离在 $h\times(i-1)$ 和 $h\times i$ 之间的城镇基准地价的半方差；$N(h_i)$ 表示间隔距离在 $h\times(i-1)$ 和 $h\times i$ 之间的城镇对数目；y_n、$y_n^{h_i}$ 分别是城镇 n 及与之间隔为 h_i 的城镇的基准地价水平。从理论上讲，城镇基准地价的空间相关性是由城镇之间的社会经济联系引起的，而这种联系主要是通过交通联系发生作用。因此，采用交通路径距离作为半方差统计中城镇间隔的衡量标准比直线距离更具合理性。首先，确定城镇之间主要交通联系方式，如公路（高速公路、国道、省道等），计算城镇间主要交通方式的最短路径距离；然后，统计区域内行政管辖区域相邻的城镇之间的平均路径距离，确定合理的统计步长。

统计不同路径距离间隔城镇基准地价水平的半方差，并绘制间隔距离-半方差散点图。根据散点图的分布形态，分析城镇基准地价的空间变异规律，如果存在明显的空间变异规律，则进行半方差函数拟合，得到空间相关性范围等统计量。

1.2.2 区域城镇基准地价的复合空间聚类

空间对象的属性取值存在空间正相关时，往往也会表现出空间聚类特征。当空间相关性较弱时，空间对象的区域结构性较弱，而随机性增强，空间变异函数难以获取，但是仍然可以通过空间聚类发现其空间自相关的结构特征。聚类对象具有空间位置和非空间属性（本文为基准地价）的双重特征，本文提出一种同时顾及空间距离（采用路径距离）和属性距离的复合距离作为聚类统计量，依据 K-均值（K-means）聚类原理进行城镇基准地价水平聚类分析。复合距离聚类统计量定义为：

$$D_{ij}=w_s s_{ij}+w_y\sqrt{(y_i-y_j)^2}$$

式中，D_{ij} 表示第 i 城镇和第 j 城镇之间的复合聚类距离；s_{ij} 表示第 i 城镇和第 j 城镇之间的路径距离；y_i、y_j 分别表示第 i 城镇和第 j 城镇的基准地价水平。

2 实例研究

2.1 数据

以湖北省城镇商业基准地价为例进行实例研究。湖北省行政区内作为独立城镇开展土地定级与基准地价评估的共有84个，作为本文实例研究的对象。采用2004年湖北省各城镇的商业用地基准地价，进行级别基准地价标准化，归并为高、中、低3个级别，采用按面积加权平均法求取高中低各级别的平均基准地价。由于受城区土地定级范围等的影响，中低级别的基准地价可能存在偏高或偏低的现象，而高级别基准地价能较好地代表城镇基准地价水平，本文以归并后的商业高级别基准地价代表城镇商业基准地价水平。此外，收集各种可能影响城镇商业基准地价水平的因素资料，本文主要收集了城镇区位条件、城镇集聚规模、城镇基础设施、城镇公用设施、城镇用地效率、城镇生态环境、区域经济发展水平、区域发展潜力等方面的资料，共计8大类、67项指标。

2.2 Moran's I 空间自相关系数分析

城镇邻接以行政区域进行判断，Moran's I 系数计算结果见表1。Moran's I 散点图见图1，横轴表示城镇商业基准地价高值的标准化值，纵轴表示该变量的空间滞后距。四个象限分别表示了空间自相关类型，第一、三象限表示空间正相关，分别为“高-高”、“低-低”聚集，第二、四象限表示空间负相关，分别表示“低-高”、“高-低”相邻。由于武汉市是湖北省的政治、经济、文化中心，经济总量和水平远高于湖北省其他城镇，其主城区商业基准地价高值为11 160元/m²，远高于其他城镇（商业基准地价高值在2 217～432元/m²之间），因此，在Moran's I 散点图上代表武汉市的点远离群体（实线矩形标示的点，虚线矩形内为散点群的放大图）。全局空间自相关系数为0.062 0，排除武汉之后其他城镇的空间自相关系数为0.305 7。从总体上看，湖北省城镇商业地价

水平空间自相关性较弱。武汉市主城区为远离样本群体的异常点,排除该点后空间自相关水平显著提高。图 2 表示湖北省城镇商业地价水平的空间自相关系数图,由不同邻接阶数的 Moran's I 系数散点连接而成。可以看出,全体城镇的 2～5 阶、排除武汉主城区后的 3～5 阶的 Moran's I 系数散点基本上在 0 值附近波动,表明城镇商业地价水平呈现一阶弱空间自相关特征。

表 1　湖北省城镇商业基准地价 Moran's I 系数相关性分析结果

Tab. 1　Moran's I Analysis of Urban Commercial Land Price of Hubei Province

统计项	Moran's I 系数	*Z*-score 检验	*E*(I)	Moran's I 均值	Moran's I 标准差
商业基准地价高值(全部城镇)	0.062 0	2.126 4	−0.012 0	−0.013 7	0.034 8
商业基准地价高值(不含武汉市)	0.305 7	4.647 7	−0.012 2	−0.011 5	0.068 4

图 3、图 4 分别表示了湖北省城镇商业基准地价高值局域空间自相关显著性水平分布和局域自相关类型分布。可以看出,湖北省存在两个明显的自相关聚集区,分别是中东部地区的武汉市主城区、黄陂区、新洲区、东西湖区、蔡甸区、江夏区、鄂州市,以及西部地区的竹山县、保康县、神农架林区、兴山县、巴东县、恩施市、五峰县、鹤峰县、宣恩县、咸丰县、来凤县。由于受武汉市主城区超高商业地价水平的影响,在局域自相关类型分布图中,黄陂区、新洲区、蔡甸区、江夏区被异常归入"低-高"相邻类型中。

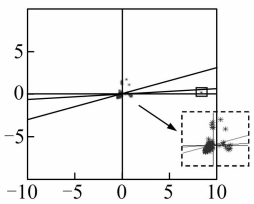

图 1　湖北省城镇商业地价 Moran'I 散点图

Fig. 1　Moran'I Scatterplot of Urban Commercial Land Price of Hubei Province

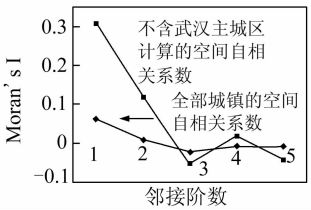

图 2　湖北省城镇商业地价空间自相关系数图

Fig. 2　Spatial Autocorrelation Diagram of Urban Commercial Land Price of Hubei Province

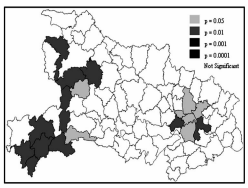

图 3　城镇商业地价局域自相关显著性水平分布

Fig. 3　Significance of Local Autocorrelation of Urban Commercial Land Price

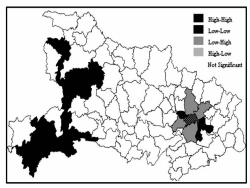

图 4　城镇商业地价局域自相关类型分布图

Fig. 4　Classification of Local Autocorrelation of Urban Commercial Land Price

2.3　空间自相关格局

2.3.1　空间变异特征

湖北省城镇之间主要交通联系方式为公路,包括高速公路、国道和省道,提取上述交通干线构成湖北省城镇之间的主要交通联系网,计算各城镇间的最短路径距离。统计结果表明,湖北省城镇之间的路径距离在 10.98～823.88 km 之间,行政区域相邻的城镇之间的路径距离在 10.98～206.97 km 之间,均值为 69.68 km。进行区域尺度和城镇路径距离分段统计分析,确定以 10 km 为间隔距离(统计步长)进行半方差分析(不含武汉市主城区),路径间隔-半方差散点图见图 5。从散点图可以看出,随着城镇路径距离间隔的增大,城镇商业基准地价水平半方差有增大的总体趋势。可以看出该变化趋势仅仅是总体上的,采用常用的几种变异函数形式进行拟合,均不能得到很好的拟合结果,图 5 中的曲线表示幂函数拟合结果。这说明湖北省城镇商业基准地价水平不存在严格意义上的空间变异规律,不适合采用地统计学方法进行空间插值等运算。但是,仍然可以看出的总体趋势是,城镇商业基准地价水平的空间相关性随着间隔距离的增大而减小,在路径间隔大于约 200 km 之后,地价呈现随机分布,空间相关性基本消失。结合 Moran's I 分析结果,在城镇行政区域 3 阶相邻以内,城镇地价水平具有一定的空间相关性。按照相邻城镇之间的路径距离均值为 69.68 km 计算,湖北省城镇商业地价水平的空间相关性的尺度(路径距离)应大约在 139.36～209.0 4km 之间。可以看出,空间半方差分析和 Moran's I 分析结果的吻合程度较高。

2.3.2　空间聚集特征

为了更进一步揭示湖北省城镇基准地价水平的空间相关性格局和聚集特征,采用前述基于空间、属性复合距离统计量的空间聚类方法进行分析,复合空间聚类结果如图 6 所示。将前面图 3、图 4 与图 6 进行对比看出,前者发现了空间相关性分析的高值和低值聚集区,但复合空间聚类的结果更加细化了空间聚集特征。与湖北省行政区划图进行对比分析发现:① 湖北省地级市基准地价水平明显高于县级城镇,自成一类;② 属于同

一个地级市的县级城镇地价水平相近并低于所属地级市；③ 湖北省城镇地价水平分布呈现一种层次性的空间结构，该结构与行政等级的空间结构具有一定程度的相似性。

2.4 空间自相关的形成机制分析

从理论上讲，城镇基准地价水平的空间自相关特征是由与地价相关的经济发展水平、用地效益、固定资产投资等因素的空间自相关性引起的。不难理解，由于城镇行政等级与经济发展水平、用地效益等具有较高的一致性，城镇地价水平层次性空间结构与行政等级相似实际上是一种表面现象。为发现城镇基准地价的主要影响因素，将其与收集的城镇区位条件、城镇集聚规模、城镇基础设施等8个方面的67项指标一起进行主成份分析，发现城镇商业基准地价水平的相关因素有城镇第二、三产业增加值之和、区域全年社会消费品零售总额、区域全年国内生产总值、区域人均社会固定资产总值、城区人口规模等15项指标。进一步进行逐步多元线性回归分析发现，城镇第二、三产业增加值之和以及城区人口规模是与城镇商业基准地价相关程度最高、且独立性较强的两个因子。

城镇第二、三产业增加值之和的Moran'I系数为0.502 3(不含武汉市主城区)，达到显著相关水平。城区人口的空间自相关系数为0.082 3，不具有明显的空间自相关性。图7表示按照不同路径间隔(步长10 km)统计的城镇第二、三产业增加值之和的半方差散点图。可以看出，随着城镇路径间隔的增大。城镇之间的二、三产业和的半方差增大。当间隔增大到约400 km之后，半方差接近随机分布，换言之，该变量的空间自相关的范围约为400 km。

城镇基准地价与城镇二、三产业增加值之和、城区人口的空间自相关特征比较见表2。

表2 城镇基准地价与相关变量的空间自相关的比较

Tab.2 Comparison of Autocorrelation Degree of Urban Land Price and Related Variables

变量	空间自相关系数	空间自相关范围/km
城镇基准地价	0.305 7	约200
城镇二三产业增加值之和	0.502 3	约400
城镇城区人口	0.082 3	—

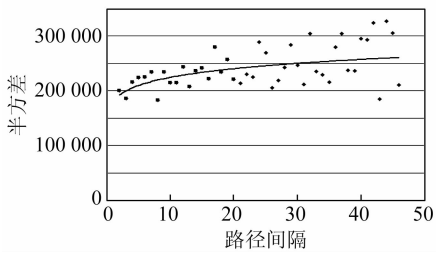

图5 城镇路径间隔-地价半方差散点图

Fig.5 Scatterplot of Semi-Variance of Land Price Based on Route Distance

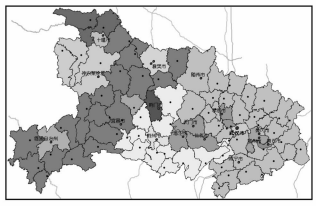

图6 城镇基准地价水平的复合空间聚类结果

Fig.6 Dual Spatial Clustering of Urban Land Price

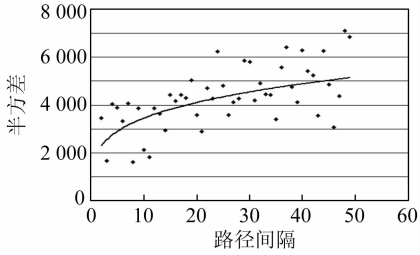

图7 城镇路径间隔-城镇第二、三产业增加值之和半方差散点图

Fig.7 Scatterplot of Semi-Variance of 2nd & 3rd Industrial Value Added Based on Path Distance

与其他因子相比，城镇二、三产业增加值与城镇基准地价水平具有最高的相关性，表明城镇基准地价与城镇经济发展水平具有较高的相关性。城镇二、三产业增加值的空间自相关程度高于基准地价的空间自相关性，而城镇城区人口的空间自相关性较低。

可以认为，城镇基准地价水平的空间自相关性主要是由经济发展水平等经济因素的空间自相关性引起的，但是由于基准地价水平同时还受到城区人口、基础设施、土地供需矛盾、行政管理行为等因素的影响，这些因素的空间自相关性较弱，使得基准地价局部随机性增强，空间自相关性程度低于城镇二、三产业增加值等经济因素的空间自相关性。

3 结 语

本文研究了区域城镇基准地价水平的空间自相关分析方法，提出以区域基准地价空间半方差分析和复合空间聚类分析来研究其自相关格局。实例分析表明：① Moran's I系数表明区域城镇基准地价水平具有弱空间自相关性；② 多阶邻域Moran's I系数分析表明城镇基准地价的空间自相关性主要表现在1～2阶行政区域相邻的城镇，结合路径间隔、半方差分析的结果，湖北省城镇基准地价空间自相关尺度约为200 km(路径距离)；

③ 区域城镇基准地价的空间自相关性随间隔距离增大而减弱,但不存在严格意义上的空间变异函数,不适合采用地统计等方法进行局部插值估计;④ 空间聚类结果表明区域内城镇地价水平具有层次性空间结构,形式上与城镇行政等级具有一定程度的相似性,本质上是城镇经济发展和用地效益等地价影响因素空间分布的反映;⑤ 城镇基准地价水平的空间自相关性主要是由经济发展水平、用地效益等经济因素的空间自相关性引起的,但是由于基准地价水平同时还受到基础设施、土地供需矛盾、行政管理行为等因素的影响,其局部随机性增强,空间自相关性程度低于上述经济因素的空间自相关性,城镇基准地价与代表性经济因素的空间相关分析表明了这一点。

空间自相关性分析、空间变异分析、空间聚类是研究空间变量空间分布特征、多变量空间耦合变化规律的有力工具。城镇基准地价受到多种因素的综合影响,将其与多变量的空间变异、空间耦合规律进行进一步研究具有价值。

参 考 文 献

[1] 王庆改,郑新奇. 城镇基准地价平衡研究[J]. 地理科学,2004,24(1):37-41

[2] 刘耀林,刘洋. 城镇基准地价平衡方法研究:以湖北为例[C]. 2006 年中国土地学会学术年会,北京,2006

[3] Cliff A, Ord J. Spatial Autocorrelation[M]. London: Pion Press, 1973

[4] Cliff A, Ord J. Spatial Processes: Models and Applications[M]. London: Pion Press, 1981

[5] Getis A, Ord J K. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics[J]. Geographical Analysis, 1992, 24(3):189-206

[6] Anselin L. Local Indicators of Spatial Association: LISA[J]. Geographical Analysis, 1995,27: 93-115

第一作者简介:焦利民,博士,主要研究方向为土地评价、土地信息的智能化处理等。

E-mail:lmjiao027@163.com

Spatial Autocorrelation Patterns of Datum Land Prices of Cities in a Region

JIAO Limin[1,2]　*LIU Yaolin*[1,2]　*LIU Yanfang*[1,2]

(1 School of Resources and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: We studied the spatial autocorrelation and its pattern of datum land prices of cities in a region, and took Hubei Province as a case study. We employ Moran's I, local Moran's I and Moran's I correlogram to analyze the spatial autocorrelation degree and its change along with contiguity order. We use semi-variance statistic of land price based on route distance to find the spatial autocorrelation scale. We also adopt spatial clustering based on a kind of composite distance to probe into the clustering characteristic of land prices. In the case study, we find datum prices of the cities in Hubei province has faint spatial autocorrelation degree at the first and the second order contiguity. The scale of the autocorrelation is about 200 km in route distance. The spatial distribution of city land prices is a kind of hierarchcal structure. We find that land prices of cities are spatially related with the development, land profit and urban populations by principal component analysis and stepwise linear regression analysis, and exploit the mechanism of the spatial autocorrelation of urban land prices.

Key words: spatial autocorrelation; spatial clustering; spatial variation; urban datum land price

About the first author: JIAO Limin, Ph.D, majors in land evaluation, intelligent processing of land information, et al.

E-mail: lmjiao027@163.com