

Kriging 空间分析法及其在地价评估中的应用

刘耀林¹ 傅佩红¹

(1 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

摘 要: 介绍了 Kriging 空间分析法在地价评估中的应用, 并以武汉市住宅地价评估为例, 证明了该方法的可靠性。

关键词: 空间分布; Kriging 空间分析法; 地统计学; 基准地价
中图法分类号: P271

当前, 地价评估的常用模型主要有指数、线性、多项式、对数等模型, 这些模型有其各自的优点, 但都存在着共同的不足: ① 忽视了地价样本变量空间上的相关性, 在理论上存在缺陷; ② 忽视了地价样本数据存在着分布不均匀的问题; ③ 在地价计算中, 将所有样点的影响权重都视为等同, 而没考虑到对同一个待估点而言, 距离较近的样点对其产生的影响应大于距离较远的样点。

1 基于 Kriging 的基准地价评估

1.1 选择区域化变量

区域化变量的选择应根据所研究的目的而定。在进行地价评估时, 地价可以用来作为区域化变量, 它具有随机性和结构性。

1.2 划分网格

在进行地价评估的实际操作中, 采用网格法划分待估区, 每个网格用其中心点来代替, 每个中心点即为一个待估点。网格的大小应适当。若间隔太大, 则不能反映实际的空间特征变化; 若间隔太小, 则过多地出现一个样本跨多个网格, 不利于样本定位和计算。

在实际地价计算中, 由于许多样点在空间位置上非常接近, 为了方便计算与提高速度, 可将同个网格中的样点进行归并, 用平均值代替其原始数据, 并将归并后的样点拟合到距离最近的网格点。

1.3 确定半变异函数

1.3.1 计算半变异函数

根据半变异函数计算公式, 对于不同的 h 值, 都可以计算出相应的半变异函数值, 并绘制出半变异函数图。该图反映了随机函数 $Z(x)$ 空间分布的结构及空间相关的范围。

在进行半变异函数计算时, h 的取值应适当, 若值太大, 会造成计算出的半变异函数结构性不强, 不利于模型的拟合; 若值太小, 又会增加计算的工作量。在实际地价计算中, 网格边长的 10 ~ 15 倍是较为理想的数值。

1.3.2 结构分析

在实际操作中, 在二维空间内必须研究 3 或 4 个方向的变程才能建立变程的方向图解, 继而确定是否存在几何异向性。因此, 在计算地价的半变异函数时, 应对东-西、南-北、东北-西南、东南-西北等 4 个方向分别建立半变异函数, 确定其是否存在几何异向性。对于大多数各向异性来说, 各个方向的变程图近似于一个椭圆, 所以在实际计算中, 必须先将各向异性转换成各向同性, 采用的方法是将变程椭圆转变为以长轴为半径的圆。

1.3.3 模型拟合

对半变异函数的各向异性进行相应的数学变换后, 可根据最小二乘法的原理对样点数据进行模型拟合, 分别采用多种模型计算出显著性检验参数 F 、 R 等, 通过比较各种模型的相关参数, 确

定最佳的模型,并计算出其相应的基台差、变程、块金值等参数。

在实际地价计算中,如果不存在空间相关性非常紧密的数据,那么在进行拟合时,不得不选择靠近原点处的变差函数的形状,而不是模仿实验变差函数的形状。

1.4 计算 Kriging 方程组

Kriging 方程组为:

$$K\lambda = D$$

其解 λ 为:

$$\lambda = K^{-1}D$$

式中, K 为普通 Kriging 矩阵,它是一个对称矩阵,其值与已知样点值有关。具体来说, K 是由各已知样点之间的协方差所组成的矩阵; D 与待估点 V 和已知样本值,即由待估点 V 与各已知样点之间的协方差所组成的矩阵有关。 $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ 即为所求的 Kriging 权利系数,代表每个相应的样点对该待估点的影响程度, λ 值越大,表示该样点对待估点的影响度越大。

1.5 计算基准地价与估计方差

对于每个待估点,都可根据 Kriging 方程组计算出一组相应的权利系数 ($\lambda_1, \dots, \lambda_n$),进而根据 Kriging 方程计算待估点地价的估计值及待估点的估计方差。

2 应用实例

武汉市中心城区面积 854.908 83km²,以 50m×50m 的网格划分城区范围。地价样本来源

于武汉市规划国土资源局的统计数据,共取得有效样点2 417个,其中武昌 1 250 个,汉口 925 个,汉阳 242 个,其具体位置如图 1 所示。

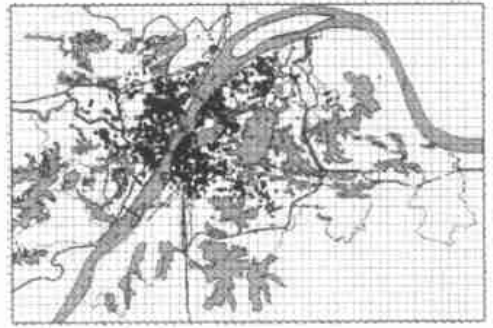


图 1 武汉市住宅用地样点分布略图

Fig. 1 Sketch of Sample Points of Residential Land in Wuhan

从图 1 可看出,武汉的地理环境较为特殊,其中心城区被长江和汉江划分为武昌、汉口和汉阳 3 个区,武昌为文教中心,汉口为商业中心,而汉阳则是工业中心。不同的发展重心造成 3 个区地价水平相差较大。因此,在进行 Kriging 计算时,对沿江两岸的样点进行计算,不能简单地取其空间距离,而应考虑到空间阻隔因素的影响。本文采用的方法是将 3 个区各自作为独立的单元,分别计算各区的基准地价值。下面以武昌区为例,建立基于 Kriging 的基准地价评估模型。

2.1 半变异函数计算及模型拟合

本研究针对 4 个方向,以 $h=500\text{m}$ 为空间距离,根据半变异函数的计算公式,分别计算得到 4 个方向的 $\gamma(h)$,其半变异函数如图 2 所示。

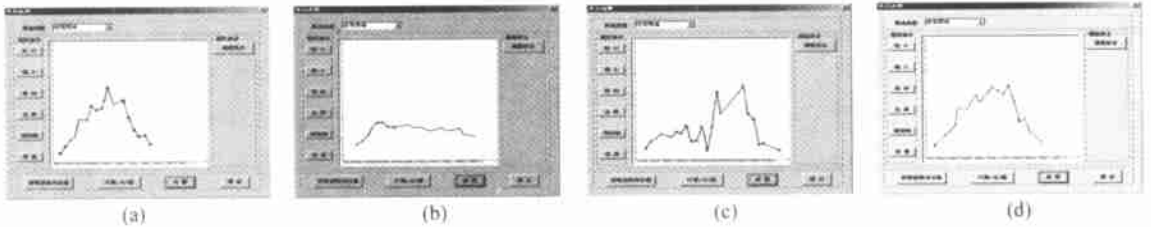


图 2 半变异函数

Fig. 2 Sketch of Variable Function

半变异函数的形状反映了随机变量 $Z(x)$ 空间分布的结构或空间相关的类型,同时还反映出空间相关的范围。由图 2(a)~2(d)可看出,半变异函数在 4 个方向上的变化是不相同的,具有相同的基台值,但具有不同的变程,即具有几何异向性。

对于大多数各向异性来说,各个方向的变程图近似于一个椭圆(图 3)。该椭圆的意义是,在计算待估点的地价时,将椭圆的中心与待估点重

合,只有在该椭圆范围内的样点才对该待估点具有影响度,椭圆范围外的样点都可视为无影响度,即权系数为 0。为了便于进行模型拟合,在实际计算中,必须先将各向异性转换成各向同性,采用的方法是将变程椭圆转变为以长轴为半径的圆。先将坐标轴旋转 ω ,使之平行于椭圆的主轴,再用椭圆的异向性比 $\lambda(\lambda > 1)$ 乘坐标 X_v ,将椭圆变换为半径等于椭圆的主变程的圆,最后旋转 $-\omega$,恢

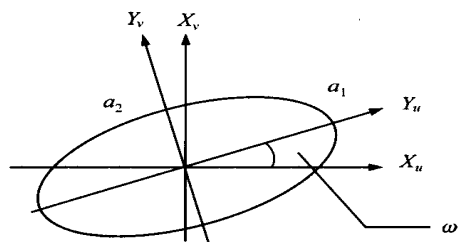


图 3 武汉住宅半变异函数各向异性变程椭圆图
Fig. 3 Ellipse with Anisotropic Range of Residential Land in Wuhan

复坐标系的初始位向, 即

$$\begin{bmatrix} Y_u' \\ Y_v' \end{bmatrix} = [R_{-\omega}] [\lambda] [R_{\omega}] \begin{bmatrix} Y_u \\ Y_v \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} Y_u \\ Y_v \end{bmatrix}$$
$$\gamma(h) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ 1.6 \times 10^4 \left[\frac{3h}{2 \times 2\,000} - \frac{h^3}{2 \times 2\,000^3} \right], & 0 < h \leq 2\,000 \\ 1.6 \times 10^4, & h > 2\,000 \end{cases}$$

2.2 Kriging 方程组计算

在本研究中, 经过归并后, 最后参与计算的住宅用地样点共有 1 250 个, 加上拉格朗日乘数 μ ,

$$c^*(h) = \begin{cases} 0, & h = 0 \\ 1.6 \times 10^4 \left[1 - \left(\frac{3h}{2 \times 2\,000} - \frac{h^3}{2 \times 2\,000^3} \right) \right], & 0 < h \leq 2\,000 \\ 1.6 \times 10^4, & h > 2\,000 \end{cases}$$

因此, 可根据各样点之间的距离 h 分别计算出各样点之间的协方差值 c_{ij} ($i = 1, 2, \dots, 1\,250$; $j = 1, 2, \dots, 1\,250$), 以及根据所求待估点与各样点之间的距离 h 计算出待估点与各样点之间的协方差值 c_{ij} ($i = 0$; $j = 1, 2, \dots, 1\,250$)。将结果代入 Kriging 方程组中, 即可计算出待估点的 Kriging 权利系数 λ_i ($i = 1, 2, \dots, 1\,250$) 及拉格朗日乘数 μ 。

2.3 基准地价与估计方差计算

对于每个待估点都可根据 Kriging 方程组计算出一组相应的权利系数 ($\lambda_1, \dots, \lambda_n$)。将计算出来的 λ_i 代入公式 $Z_v^*(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$, 求出各待估点地价的估计值, 并且将解出的拉格朗日系数 μ 利用公式 $\sigma_k^2 = \bar{c}(V, V) - \sum_{i=1}^n \lambda_i c(v_i, V) + \mu$ 计算出各待估点的估计方差。

2.4 地价评估结果

分别计算出武昌、汉口和汉阳的待估点的地价, 经过程序处理, 绘制出地价等值线图(图 4)和估计方差图(图 5)。

从图 4 可看出, 武汉中心城区地价的变化不像大多数城市呈连续变化, 而是呈现一种跳跃式

式中, $A = \begin{bmatrix} a & c \\ c & b \end{bmatrix}$, 其中, $a = \cos^2 \omega + \lambda \sin^2 \omega$; $b = \sin^2 \omega + \lambda \cos^2 \omega$; $c = (1 - \lambda) \sin \omega \cos \omega$ 。

对武昌区住宅地价半变异函数的研究表明, 该半变异函数变程在 2 000m 左右, 半变异函数基台值约为 1.6×10^4 , 块金值 $C_0 = 0$ 。即当空间两点距离大于 2 000m 时, 认为不再具有相关性, 即半变异函数 $\gamma(h)$ 值不再增大, 达到极值。

对样点数据采用多种模型进行曲线拟合, 计算出各种模型的显著性检验参数 F 、 R , 并通过这些参数, 对各种模型的拟合效果进行比较。在本研究中, 根据计算出来的参数, 最终确定采用的球状模型:

Kriging 矩阵应是一个 $1\,251 \times 1\,251$ 维的矩阵。

根据 $c(h) = c(0) - r(h)$ 及半变异函数的拟合模型, 可得协方差函数为:



图 4 武汉市住宅用地地价等值线图
Fig. 4 Countour Map of Residential Land Value in Wuhan



图 5 武汉市住宅用地地价估计方差图
Fig. 5 Variance of Residential Land Value in Wuhan

变化。在城区中心, 东西方向出现明显的地价变化, 西边高于东边和北边。这种情况是由武汉特殊的地理环境造成的, 靠近长江和汉江两岸的地段, 虽然距离相近, 但地价相差较大。

从图 5 可看出, 对整个武汉市区, 越靠近市区中心的区域, 由于样点较为密集, 分布较为均匀, 所计算出的估计方差较小, 可信程度较高; 反之, 越远的区域, 由于样点数较少, 估计方差较大, 可信程度较低。这主要是因为武汉市的样点分布主要集中在市区中心, 中心城区样点分布较为密集, 从中心向四周, 样点逐渐减少。从图 5 还可看出, 样点周围的估计误差很小, 离样点距离越远, 估计误差越大, 这说明提高估计精度, 减小估计误差的根本办法在于增加地价样点的数量。

3 结 语

在 Kriging 空间分析法中, 变差函数是基本的工具。在目前常用的方法中, 变差函数理论模型中的参数需要由实验变差函数进行拟合而得到。由于理论变差函数常常为非连续可导, 且参

数较多, 给其参数模拟带来困难, 至今仍未有一种比较理想的通用方法。本文研究采用的是手工拟合法, 即大概估计出变程、基台值和块金效应, 通过作图进行比较, 再调节这些参数, 直到满意为止。然而, 这种方法缺乏统一客观的标准, 同时也妨碍了地质统计学计算机自动化的充分实现。因此, 下一步可尝试将其他数学模型引入到估计变差函数理论模型的参数计算中。

参 考 文 献

- 1 侯景儒, 黄竞先. 地质统计学的理论与方法. 北京: 地质出版社, 1990
- 2 王政权. 地统计学及其在生态学中的应用. 北京: 科学出版, 1999
- 3 严 星, 林增杰. 城市地产评估. 北京: 中国人民大学出版社, 1993
- 4 吴宇哲, 吴次芳. 基于 Kriging 技术的城市基准地价评估研究. 经济地理, 2001(5)

第一作者简介: 刘耀林, 教授, 博士生导师。现从事地理信息系统理论、方法和应用研究。

E-mail: yaolin610@163.com

Kriging Analysis and Its Application to Urban Base Land-Value Evaluation

LIU Yaolin¹ FU Peihong¹

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

Abstract: This paper lists the common models for land-value evaluation and analyze some insufficiency points of them. The Kriging spatial analysis method in geostatistics is applied to urban land-value evaluation. This paper also introduces the base theories and methods of Kriging and expatiates the basic idea that applying Kriging to land-value evaluation. It explains carefully how to apply Kriging to land-evaluation and analyzing the feasibility of this model. Last this paper takes the residential land in Wuhan as an example to introduce the base land-value evaluation model based on Kriging and build the graph equivalence of Wuhan.

Key words: spatial distributing; Kriging space analysis; geostatistics; base land price

About the first author: LIU Yaolin, professor, Ph. D supervisor. He is now engaged in teaching and research on land grading and evaluation, land use planning and GIS and its application. He has published four academic books including "Analysis on Urban Environment" and his papers are more than 70.

E-mail: yaolin610@163.com

(责任编辑: 晓晨)