

城市商业用地地价空间分布模拟与分析 ——以呼和浩特市为例

杜国明^{1,2} 张裕凤³ 张树文¹ 苏根成³

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100031;
3. 内蒙古师范大学 地理科学学院, 呼和浩特 010022)

摘要 为揭示城市商业用地地价的微观分布规律,基于区域化变量理论和地统计学,以呼和浩特市为例,采用半变异函数分析商业用地地价空间连续及变异特征,用普通克里格插值方法模拟商业用地地价空间分布,生成地价模拟图。结果表明:商业用地样点地价兼具空间自相关性和各向异性,但受区域整体趋势的影响明显强于小范围的变异性;商业用地地价分布整体具有连续性,局部具有突变性;等价线分布呈现圈层结构,但地价越高的区域面积越小;交通道路对商业用地地价分布有重要影响,城市扩展会带动扩展方向的区域商业用地地价升高;商业用地地价从市中心向外围呈指数递减。

关键词 商业用地地价; 模拟; 空间结构; 地统计学; 呼和浩特市

中图分类号 F 301.3

文章编号 1007-4333(2006)03-0117-06

文献标识码 A

Modeling and analyzing urban commercial land value: Huhhot City as a case study

Du Guoming^{1,2}, Zhang Yufeng³, Zhang Shuwen¹, Su Gencheng³

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology CAS, Changchun 130012, China;

2. Graduate University CAS, Beijing 100031, China; 3. Geography College, Inner Mongolia Normal University, Huhhot 010022, China)

Abstract To find out the microcosmic distribution rules of commercial land value, this research was conducted based on the regionalized variety theory and geostatistics. Taking Huhhot as a case study, semivariograms were used to analyze spatial continuity and variability of commercial land value, Ordinary Kriging interpolator to model distribution of commercial land value and achieves modeled map of commercial land value. The results show that commercial land samples' value take on spatial autocorrelation and anisotropics, are impacted by regional total trend more than little-range variability; land value takes on continuity in general and variability in local; land value isolines take on circles structure, but higher value regions having littler area; urban roads and streets have important impacts on land value, city expanding can heighten land value in the regions of expanding directions; commercial land value descends exponentially from city center to city periphery. The method and conclusions of this paper maybe used for reference to relative research.

Key words commercial and value; modeling; spatial structure; geostatistics; Huhhot city

城市土地开发利用具有高度的集约性,为土地使用者创造了大量的经济收益。尤其是对于商业用地,在土地交易中具有较高的土地价格。受到多种区域性因素以及宗地个别因素的综合影响,城市商业用地地价表现出很强的时空规律性,因此成为土

地科学和经济地理学研究的热点问题。关于商业用地地价的研究,目前国外主要集中在空间模拟、分布模型、影响因素等微观机理方面^[1-5];我国多停留于基准地价评估、监测与管理的中观和宏观层次上^[6],对城市地价分布规律的研究,则多以基准地

收稿日期: 2005-10-08

基金项目: 内蒙古自然科学基金资助项目(200408020604);中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-SW-320-1)

作者简介: 杜国明,博士研究生,主要从事地理信息系统、遥感应用研究, E-mail: nmgdgm@126.com

价评估为基础,以土地级别作为基本评价单元,对于地价空间分布规律仅为中观层次的认识。针对商业用地地价微观分布规律研究的不足,本文以呼和浩特城市为例,用地统计学空间插值方法模拟城市商业用地地价分布,试图展现其特征,旨在揭示我国社会主义市场经济条件下城市内部商业用地地价空间分异的一般规律。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

呼和浩特市位于内蒙古中部,是内蒙古自治区的首府和政治、经济、文化中心,国家历史文化名城,我国北方沿边开放地区重要的中心城市。截至2002年底,城市建成区面积120 km²,城市房屋建筑面积3 480万 m²,市辖区总人口109.69万,其中非农业人口82.64万。2002年我国生产总值234.29万元;全年社会消费品零售总额79.35亿元,其中批发零售贸易业77.50亿元;城镇居民人均可支配收入6 182元,人均消费性支出5 849元。本文研究区范围包括呼和浩特市的建成区及近邻区域,面积248.92 km²。

1.2 数据来源

本研究数据来源于国土资源部《呼和浩特城市土地价格调查》项目。2001-07—2002-09该项目组对呼和浩特土地价格进行了调查,于2003-10完成了土地定级、基准地价评估和地价动态监测体系建设工作。该项目总共调查商业地价样点5 822个,采用成本逼近法、剩余法、收益还原法等方法评估地价,按统一地价内涵进行修正,最终确定有效地价样点3 107个(图1)。地价内涵为:在2001-01-01,呼和浩特城市建成区内,在平均容积率水平(2.0)和“五通一平”(宗地外围通给水、排水、电力、道路、电讯和宗地内土地平整)开发程度下,商业用地法定最高出让年限(40年)的土地使用权价格,以元/m²表示。

2 商业用地地价空间模拟

2.1 地统计学及空间插值方法

地统计学(geostatistics),亦称地质统计学,于20世纪40年代末由南非地质学家Kriging和Sichel等提出后开始形成^[7]。地统计学以区域化变量理论为基础,研究那些分布于空间中并显示出一定结构性和随机性的现象。地统计学的两大研究领域

为:1)区域化变量的空间相关及变异分析;2)空间插值^[8]。

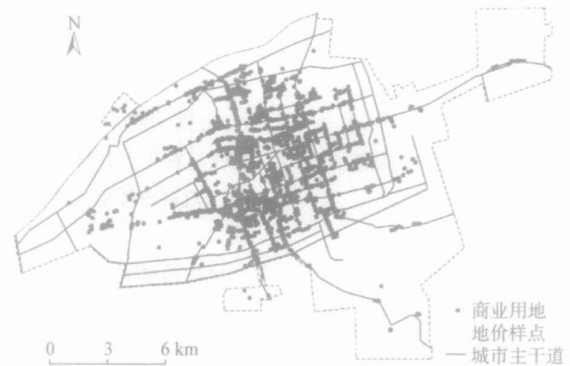


图1 商业用地地价样点分布图

Fig. 1 Distribution map of commercial land

区域化变量的空间相关及变异分析以半变异函数建模为基础。假设有一组空间样本 (s_1, s_2, \dots, s_n) ,则半变异函数 $\gamma(h)$ 为:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N [Z(s_i) - Z(s_i + h)]^2 \quad (1)$$

式中: h 为样本距(变程lag); $N(h)$ 为间距为 h 的样本对的总个数; $Z(s_i)$ 为样本空间样本 s_i 的属性值, $Z(s_i + h)$ 为距样本 s_i 距离为 h 处的样本的属性值(h 为欧氏平面距离)。半变异函数可用于分析地价空间相关性和变异性程度。

空间插值方法包括确定性插值方法和克里格插值方法(即狭义的地统计插值方法)。确定性插值方法以研究区内部的相关性或平滑度为基础来创建表面;克里格插值方法则是利用原始样点数据和半方差函数的结构性特征对未采样点的区域化变量进行最优无偏估值。按照所依赖的数学模型不同,克里格法又分为普通克里格法和简单克里格法等,它们各有不同的适用范围。对于那些看起来具有某种趋势,但是仅凭观测数据本身无法肯定其是否具有想要分析的自相关性或趋势的情形,普通克里格法具有很好的适用性^[9]。

以往的研究证明,城市商业用地地价并非连续分布^[10];另外,对于调查样点的地价,都是通过一定的方法评估出来的,本身带有误差,可见确定性插值方法不适合地价的模拟。克里格插值方法用于地价插值,既可反映出地价空间分布的整体规律和变异特征,又可对样点地价的评估误差进行优化;因此本研究采用普通克里格法模拟呼和浩特商业用地地价的分布。

2.2 数据分析与商业用地地价空间模拟

应用地统计插值方法之前需要对数据进行探索性分析,以初步掌握数据的分布规律,确定合适的插值模型和参数。地价样点的地价频率直方图和基本统计结果(图 2(a)和表 1)表明样点地价数据不符合正态分布。原始地价值进行常用对数变换后较接近正态分布,其频率直方图和基本统计结果见图 2(b)和表 1。进一步制作正态 QQ 图,与标准正态分布对比发现,地价变换值除在低值区和高值区之外,大

部分数据接近 QQplot 图中的某一直线,说明其较接近正态分布。由样点地价的趋势分布可见,无论在南北方向还是在东西方向,地价在总体上都呈倒置的“U”型,因此可以选择 1 个二阶多项式对全局趋势进行很好的拟合。基于以上分析,选择普通克里格法,以步长 300 m(呼和浩特商业用地的单宗平均临街宽度为 30 m)计算半变异函数云图,进行空间插值,地价的模拟结果见图 3。

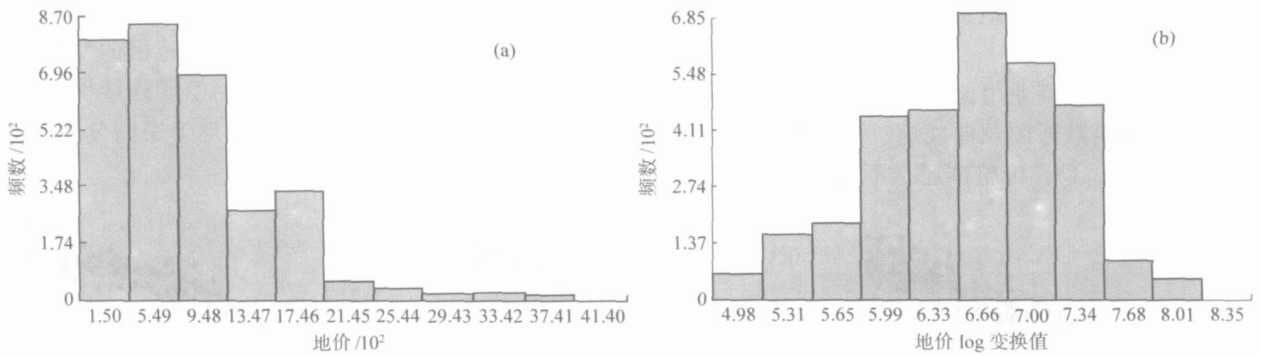


图 2 样点地价原始数据(a)及 log 变化数据(b)频率直方图

Fig. 2 Histograms of samples primary land value (a) and log transformed value (b)

表 1 样点地价基本统计表

Table 1 Basal Statistics of Samples' Land Value

地价	样点数	最小值	最大值	平均值	中值	标准差
原始值	3 107	150.03	4 098.80	1 031.90	897.47	645.71
log 变换值	3 107	5.010 9	8.318 4	6.745 1	6.799 6	0.645 9

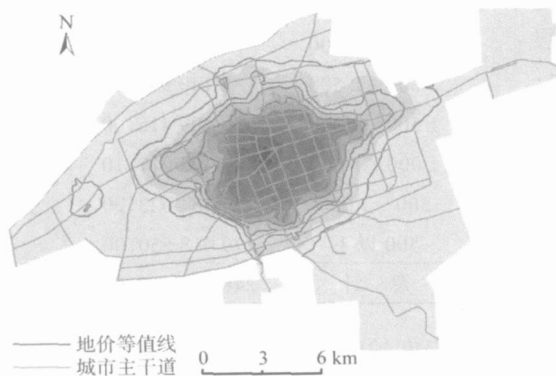


图 3 呼和浩特商业用地地价模拟图

Fig. 3 Commercial land value modeling map of huhhot

3 商业用地地价空间分布分析

3.1 样点地价的空間变异分析

半变异函数是分析样点地价空间分布的得力工具。半变异函数模型包括:圆形模型、球状模型、指数模型等。基于半变异函数云,本文中選擇球状模

型分析样点地价的空間变异性。球状模型的一般式为:

$$r(h;) = C_0 \begin{cases} C \left[\frac{3}{2} \frac{h}{a} - \frac{1}{2} \frac{h^2}{a^2} \right] & 0 \leq h \leq a \\ C & h > a \end{cases} \quad (2)$$

式中: C_0 为块金值(nugget),是由测量误差或空间

局部变异或二者共同引起的,用于样点地价的解释, C_0 包括3部分:1)样点位置误差、2)样点地价评估误差、3)样点地价的小尺度变异; C 为偏基台值(partial sill); C_0 与 C 之和为基台值(still),可表示样点地价总的空间变异程度;块金值与基台值之比($C_0/still$)表示随机部分引起的空间异质性占区域变量总变异性的比例,如果该比值高说明随机部分引起的空间异质性程度起主要作用; a 是自相关域(range),表示区域化变量自相关的最大距离,该函数可很好地解释样点地价的空間相关性、变异性和各向异性。

从呼和浩特商业用地地价样点的整体及不同方向的半变异函数云图及曲线(仅列出整体及2个方向,图4)可见:1)无论整体还是不同方向,半变异函

数云图与函数曲线都有很好的拟合,说明作为空间变量的样点地价的空間自相关性较强,即距离越近的地价样点的地价相互影响越大,距离越远则影响也越小;2)样点地价呈现出一定的各向异性,突出表现于不同方向的自相关阈不同,整体及S-N、W-E、N-S、E-W方向的自相关阈分别为3 000、2 500、3 000、2 400和2 900 m,即东西方向的自相关阈接近,南北方向的自相关阈接近,这与城市不同方向距市中心距离呈现出高度的相关性;3)无论整体还是不同方向的 $C_0/still$ 值都不超过0.25,说明商业用地地价分布的整体趋势性强于小范围的变异性。地价分布的整体趋势必然表现为空间连续性,使其具有规律可循;变异性则表现出地价空间分布的局部突变和非连续性。

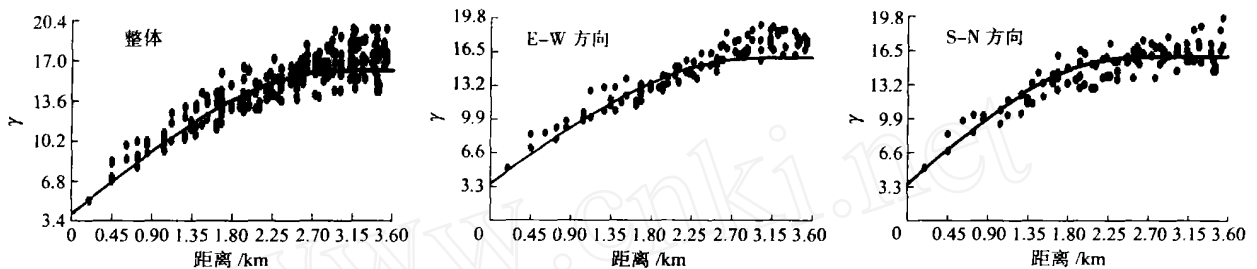


图4 样点地价的半变异函数图

Fig. 4 Semivariogram of samples land value

3.2 商业用地地价空间结构分析

呼和浩特商业用地地价空间分布具有显著的规律性,主要表现在:

1)商业用地地价由市中心向外围递减,虽然地价等值线并非圆状,但总体上围绕市中心呈现圈层结构。在市中心,商业地价高达3 000元/ m^2 以上;在一环路内商业地价大都在2 500元/ m^2 以上;在二环路内商业用地地价多在1 500元/ m^2 以上;二环路之外,商业用地地价迅速降至500元/ m^2 以下,土地的商业利用价值骤降。

2)地价越高的区域面积越小。以500元/ m^2 为间距划分地价区段,进行面积统计(表2),可见地价越高的区段所占的比例越低。地价2 000元/ m^2 以上的区段仅占研究区总面积的1.45%,该部分大体上就是城市的单中心(CBD);500元/ m^2 以下的区段占研究区总面积的71.92%,这部分地段已基本不具备商业利用价值。

3)商业用地地价分布较符合中心地理论。显然,地价凸起的区域都是不同级别的商业中心,凸起

表2 区域地价面积统计表

Fig. 2 Area statistic of districts' land value

地价/(元/ m^2)	面积/ m^2	占总面积/%
3 000 以上	440 271.50	0.18
2 500 ~ 3 000	1 015 332.30	0.41
2 000 ~ 2 500	2 140 936.00	0.86
1 500 ~ 2 000	9 409 415.60	3.78
1 000 ~ 1 500	12 407 017.10	4.98
500 ~ 1 000	44 484 623.00	17.87
500 以下	179 018 550.00	71.92
总计	248 916 145.50	100.00

的程度越明显,地价越高,说明该区域的商业中心级别越高(图3中分别呈现为较小的等价线圈)。在Arc Gis支持下绘制间距为100元的地价等值线,提取地价峰值点,并按照地价范围进行统计,地价3 500元/ m^2 以上的峰值点为1;2 500~3 500元/ m^2 的为3;2 000~2 500元/ m^2 的为7;1 500~2 000元/ m^2 的为10。研究发现,在1 500元/ m^2 以上

地价峰值点,较符合中心地理论的等级序列;但1 500元/m²以下的广大区域难以形成明显的地价峰值区,即难以形成明显的商业中心。

4) 地价由市中心向外围呈指数衰减趋势。由市中心地价最高点向城市外围所做的不同方向地价剖面图(图5),既体现出上述地价衰减规律,又反映了地价的局部变异情况。为进一步研究地价衰减规律,从市中心(模拟地价图中最高值点)向建成区边

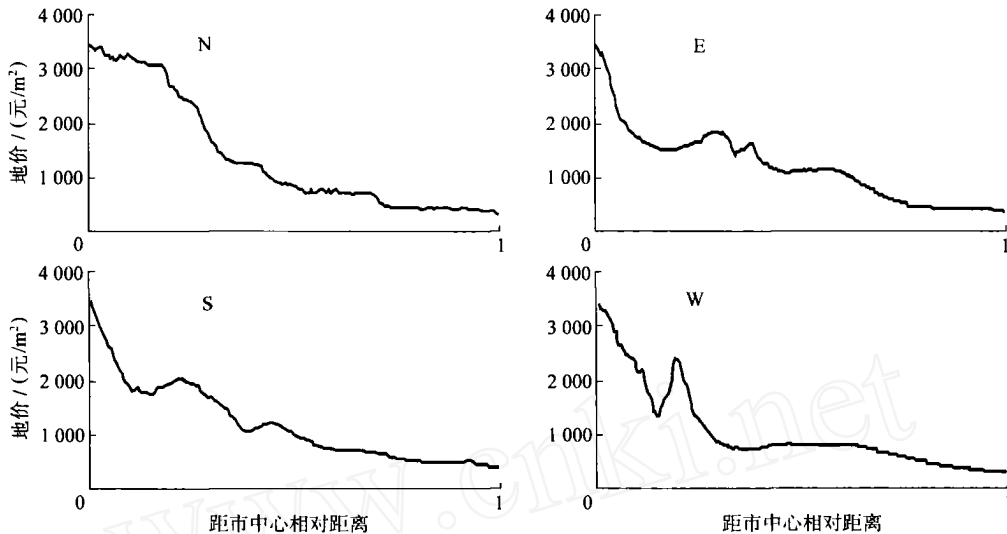


图5 呼和浩特城市地价剖面线

Fig. 5 Land value cutaway diagram in Huhhot

由此,提出单中心(CBD)城市商业用地地价衰减的一般模型

$$p = P_0 \times e^{i \times d} \quad (4)$$

式中: p 为城市内任意点的商业用地地价; P_0 为市中心地价最高值; i 为地价衰减指数, $i < 0$; d 为城市内任意点到市中心地价最高值点的距离(可以用绝对距离,也可以用相对距离)。

5) 地价分布兼具连续性和突变性特征。在城市内部的大部分区域,地价呈现连续变化的趋势,等价线之间保持一定的间距;但在部分区域,等价线密集,地价跨度很大,表现为突变性,如研究区西南部,在300 m的距离内,地价迅速由1 000元/m²降至500元/m²。

6) 交通道路对地价分布具有重要影响。等价线与城市主干道呈现出局部平行关系,亦即随着距城市主干道距离的增加,商业用地地价逐渐降低。

7) 城市扩展会带动扩展方向的区域地价升高。呼和浩特近年来东西方向扩张明显,等价线在城市的扩张方向凸出,但仍基本保持地价的圈层结构,亦

缘8个方向(互相间隔45°)做地价剖面线,以各方向最大距离为1进行距离的标准化处理,然后在各方向上等距离(东、南、西、北4个方向30 m,其余4个方向42.43 m)选取样本点(1 346个),并以地价值(y)与标准化距离(x ,介于0、1之间)进行回归分析(复相关指数 $R^2 = 0.8977$),得到呼和浩特商业用地地价衰减公式

$$y = 2\,960e^{-2.3236x} \quad (3)$$

即城市形状对圈层结构的形状有重要影响。

4 结论

1) 基于地统计学的克里格插值方法用于地价空间插值和模拟,既可反映出地价空间分布的整体规律和变异特征,又可对样点地价的评估误差进行优化。

2) 作为空间变量的商业用地地价,其空间自相关性较强;具有各向异性,突出表现于不同方向的自相关不同;商业用地地价分布的整体趋势性明显强于小范围的变异性。

3) 商业用地地价模拟结果可反映出城市内部不同级别的商业中心;呼和浩特商业用地地价在1 500元/m²以上地价峰值点较符合中心地理论的等级序列,但1 500元/m²以下的广大区域难以形成明显的商业中心。

4) 商业用地地价分布,整体具有连续性,局部具有突变性;地价分布整体呈现圈层结构,但地价越高的区域面积越小;交通道路对地价分布具有重要影

响,等价线与城市主干道呈现出局部平行关系;城市扩展会带动扩展方向的区域地价升高。

5)商业用地地价由市中心向外围呈指数递减趋势,呼和浩特商业用地地价衰减符合 $y = 2960 e^{-2.3236x}$ 模型(y 为商业用地地价, x 为到市中心的相对距离),由此提出单中心城市商业用地地价衰减的一般模型: $p = P_0 \times e^{-i \times d}$ 。

内蒙古师范大学地理科学学院《呼和浩特城市土地价格调查》课题组全体师生为本研究做了大量基础工作,在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] Mark D Ecker, Hans R Isakson. A unified convex-concave model of urban land values[J]. *Regional Science and Urban Economics*, 2005, 35:265-277
- [2] Wilhelmsson M. Spatial models in real estate economics [J]. *Housing, Theory and Society*, 2002, 19:92-101
- [3] Pace R K, Barry R, Sirmans C F. Spatial statistics and real estate[J]. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 1998, 17:5-13
- [4] Banerjee S, Gelfand A E, Sirmans C F. Directional rates of change under spatial process models[J]. *Journal of the American Statistical Association*, 2003, 98:946-954
- [5] Colwell P F, Munneke H J. The structure of urban land prices[J]. *Journal of Urban Economics*, 1997, 41:321-336
- [6] 中华人民共和国国土资源部. 城市土地价格调查与动态监测 1999-2001 年度[M]. 北京:地质出版社,2003:3-12
- [7] Francois-Bongarcon D. Theory of sampling and geostatistics: an intimate link[J]. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 2004, 74: 1143-148
- [8] 王政权. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 北京:科学出版社,1999:1-5
- [9] Edzer J Pebesma. Multivariable geostatistics in S: the gstat package[J]. *Computers & Geosciences*, 2004, 30: 683-691
- [10] 蒋芳,朱道林. 基于 GIS 的地价空间分布规律研究——以北京市住宅地价为例[J]. *经济地理*, 2005, 25(2):199-202