

南京市城市土地价格空间分布特征

高金龙^{1,2}, 陈江龙¹, 杨叠涵^{1,2}

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要:城市土地供给是城市扩张的重要支撑, 分析城市不同类型的土地价格空间分布特征对于城市土地的合理开发具有重要意义, 并已成为学者们研究城市扩张过程的重要视角。采用传统统计学与地统计学方法, 以住宅、工业、商服三种不同土地利用类型的出让价格为样本, 分析了南京市 2001-2010 年土地交易价格的统计特征及空间分布特征。结果表明, 土地用途不同, 其出让价格的空间分布特征也不同。商服用地对商服繁华度要求较高, 价格高值区集聚在市中心, 以新街口、夫子庙等商贸商务区为中心, 向外围价格逐渐降低, 为典型的单中心布局模式; 住宅用地对环境质量要求较高, 价格高值区相对商服用地集聚度有所下降, 并呈现出由市中心向外迁移的趋势, 圈层布局态势明显; 工业用地由于有较高的对外交通条件要求, 以及环境成本约束和政策导向, 除部分对研发及基础设施等条件要求较高的高新技术等工业外, 大多布局在远离市中心, 区位条件良好的沿江产业园区及工业区内, 呈现多中心发展格局。

关 键 词: 城市土地价格; 空间分布; 半方差; 空间差值; 南京市

doi: 10.11820/dlkxjz.2013.03.005

1 引言

随着城市化进程的推进和我国土地市场的日益完善, 城市土地扩张越来越成为城市规划、地理学、以及土地科学研究的热点问题(Ando et al, 2004; Paez et al, 2001; 李秀彬, 2002)。城市土地扩张必须以城市土地供给为基础, 目前学术界对城市土地价格的研究成果累累。国外对城市地价的相关研究起步较早, 有较好的理论基础, 其中关于地价分布最早的理论研究可追溯到杜能的农业区位论、克氏中心地理论、韦伯的工业区位论, 以及廖什的市场区位论; 之后, 伯吉斯的同心圆模式, 霍伊特的扇形模式, 哈里斯和乌尔曼的多核心模式也都是土地价格在空间分布差异研究的雏形。在城市地价空间分布的实证研究方面, 以阿隆索的竞租模型最为经典, 他在研究中率先引入区位边际均衡和区位边际收益等空间经济学理论, 提出竞标地租观点, 从实证的角度证明了城市土地价格由市中心向外围的递减规律(Alonso, 1964; 郑思齐等, 2005)。随着城市郊区化趋势加剧, 国外相关研究发现传统城市中心对住房价格的影响逐渐减弱, 单中心城市

模型开始受到质疑, 并逐渐被多中心城市模型所取代(Heikkila et al, 1989); 同时, 城市廊道式扩张的兴起使得城市地价的轴线型空间格局也在一些地区出现(Ando et al, 2004)。但总的来说, 可能由于土地制度或城市化较为成熟等方面的原因, 近年来国外在地价研究方面的成果有所减少(常疆等, 2011)。国内对于城市地价空间格局的研究起步较晚, 且早期关于城市地价的研究主要集中在城市地价影响因素(常疆等, 2011; 杜德斌等, 1997; 宋佳楠等, 2011)、基准地价评估(邓羽等, 2009; 张裕凤等, 2007)等方面。近年来, 随着空间分析技术的发展和城市地价工作水平的提高, 关于城市地价的相关定量研究有所增加。多数研究结果显示, 城市土地价格, 尤其是城市住宅价格的空间格局呈现由市中心沿主要交通轴线向外递减的趋势; 且越靠近市中心(CBD)土地价格越高, 越靠近交通线土地价格越高, 基础设施建设、政府规划政策等也对城市地价产生重要影响(任荣荣等, 2008)。总结国内关于城市土地价格空间分布特征研究中存在的问题, 主要集中在两个方面: ① 地价样点数据跨时间尺度较小, 易受特殊经济或政策的影响, 不能客观反应城

收稿日期: 2012-07; 修订日期: 2012-11.

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-339); 国家自然科学基金项目(70873120, 41130750)。

作者简介: 高金龙(1988-), 男, 山东无棣人, 硕士研究生, 研究方向为土地利用与区域发展。E-mail: gaojinlong1937@163.com

通讯简介: 陈江龙(1974-), 男, 福建厦门人, 副研究员, 主要从事区域发展及土地利用规划研究。E-mail: jlchen@niglas.ac.cn

市土地价格的真实特征(杜德斌等, 1997; 杜小娅等, 2004; 李玲等, 2003);二是选取的土地利用类型有限,对城市整体的发展布局解释力不够(杜国明等, 2006; 黄大全等, 2009; 洪国志等, 2011; 蒋芳等, 2005; 王宝铭, 1995; 武文杰等, 2010)。因此,对我国主要城市长时间尺度的综合土地利用类型出让价格的研究就具有重要的学术与现实意义。

地统计学方法作为一种空间分析方法,已广泛用于研究在空间分布上既有结构性又有随机性的自然现象(刘付程等, 2004)。地统计学在我国的应用最早开始于1977年,侯景儒等首先将地统计学方法引入到采矿、地质学领域(王政权, 1999);20世纪80年代后期,地统计学分析方法开始引入地理学研究领域,并出现了相应的研究成果(王广德等, 1987);目前,地统计学在地理学,尤其是城市地理与土地利用领域的应用也日趋广泛(刘昌明等, 2000; 单卫东等, 1995; 孙英君等, 2004)。本文基于南京市2001-2010年土地有偿出让数据,采用地统计的理论方法,对南京市住宅、工业、商服三类用地的结构特征及空间分布特征进行定量描述,进而揭示南京市城市土地价格的空间分布特征,以期对未来城市发展与土地开发提供参考。

2 数据与方法

2.1 研究区概况

南京市位于江苏省西南部,长江下游核心地带,是长江下游地区重要的产业城市和经济中心,长三角北翼的重要核心城市,下辖玄武、鼓楼、白下、秦淮、建邺、下关、栖霞、雨花台、江宁、浦口、六合11区,以及溧水、高淳2县,114个乡(镇、街道)(图1)。本研究所涉及的范围包含南京市全部6600 km²的土地。

2.2 数据来源

近年来南京市土地市场蓬勃发展,2000年以来的10年时间内,南京市国土资源局共出让土地6000余宗,面积89.52 km²,比整个玄武区、3个鼓楼区面积还要多。本文采用的基础数据均来自南京市国土资源局提供的2001-2010年全市土地有偿出让数据,包括出让地块的面积、容积率、地块位置、出让总金额等。分析过程中,采用2005年南京市土地利用现状图为底图,借助Google Earth软件对地价样点进行标注,以生成南京市土地出让的空间数据库。

由于样本数据时间跨度较长,所以需要对其进行修正到统一价格水平。根据国家统计局公布的、土地出让价格季度交易指数,以2001年为基期,测

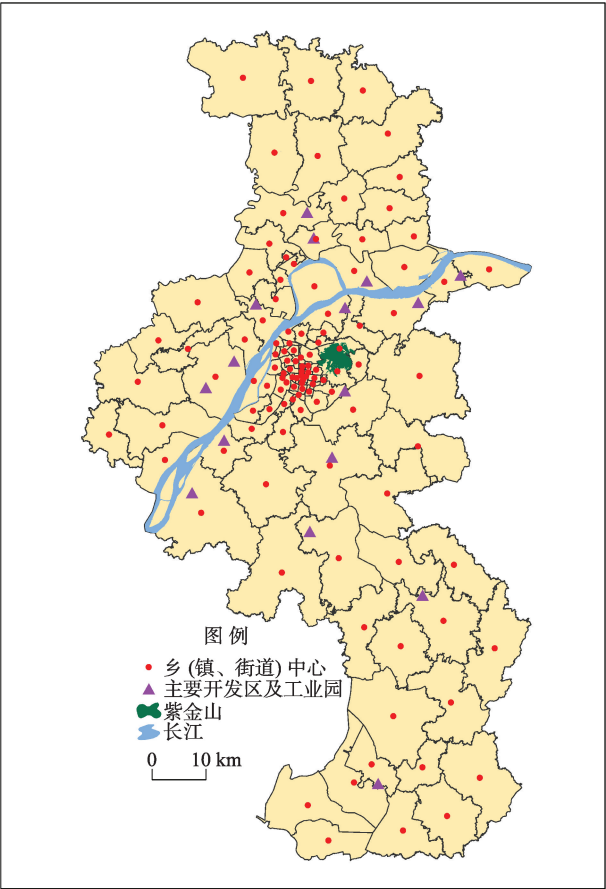


图1 研究区域范围示意图

Fig. 1 Diagram of study area

算年度平均增长指数(表1),利用该指数将南京市其他年度的地价修正到2001年水平。

2.3 数据处理

本研究初步选取南京市2001-2010年土地有偿出让数据样点6521个。首先,剔除信息不全和无效样点;然后,为进一步简化数据处理过程,将所有采样点按照乡镇街道进行汇总求均值,空间坐标定位在各行政区的政府所在地;经修正与筛选后的最终确定有效地价样点351个(其中,住宅样点109个,工业样点124个,商服样点121个),由于南京市各乡(镇、街道)内部地价差异较小,因此按乡镇统计获取的地价样点具有一定代表性,能较为客观的反映出南京市土地价格的空分布特征。然后借助社会统计软件SPSS描述统计功能、地统计软件GS+的半方差分析功能,以及ArcGIS的空间数据处理功能对南京市城市土地价格的统计特征、结构特征以及空间分布特征进行分析。

2.4 地统计学与空间插值方法

地统计学(geostatistics),亦称地质统计学,于20

表1 2001–2010年南京市年度平均土地出让价格指数

Tab. 1 Index value of annual average land selling price in Nanjing during 2001–2010

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
以上一年同期为100	100.0	103.9	104.7	103.0	102.8	103.0	103.9	103.6	102.6	104.6
以2001年为100	100.0	103.9	108.8	112.1	115.2	118.6	123.2	127.6	130.9	136.9

资料来源：《中国统计年鉴》2002–2011。

世纪40年代末由南非地质学家Krige和Sichel最早提出,法国统计学家G. Matheron在60年代首先定义。地统计学以区域化变量(regionalized variable)理论为基础,以变异函数为主要工具,研究那些分布于空间中,并显示出一定结构性和随机性的自然现象(侯景儒, 1998);其研究领域主要包括,区域化变量的空间相关及变异分析和空间插值分析(王政权, 1999)。

区域化变量的空间相关及变异性常用半方差函数表示。半方差函数是地统计学特有的基本工具,能够同时描述区域化变量的随机性和结构性,即空间自相关性(彭建超等, 2011)。假设 $Z(x_i)$ 和 $Z(x_{i+h})$ 分别是变量 x 在 i 和 $i+h$ 处的观测值,则半方差函数计算公式可以表示为:

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

式中: $\gamma(h)$ 为半方差函数; h 为步长; $N(h)$ 为步长为 h 的样本点对数。半方差函数大时,空间自相关减弱。距离是半方差图的最重要特征;另一特征量是方向,即各向同性和各向异性。以 h 为横坐标,以 $\gamma(h)$ 为纵坐标,可以绘制出半方差函数的曲线(图2)。从图中可以直观地看出区域化变量的空间变异性。

图2中 C_0 称为块金值,表示区域化变量小于观测尺度时的非连续性变异; C_0+C 为基台值,表示半方差函数变量随着间距增加到一定尺度后出现的平稳值; C 为结构方差; a 为变程,即半方差函数达到基台值时的间距(靳诚等, 2009)。

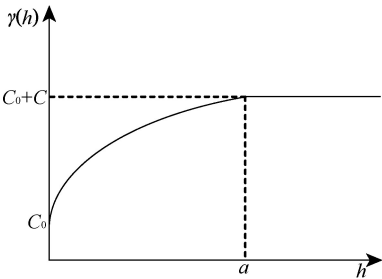


图2 理论半方差函数图
Fig. 2 Diagram of semi-variance function

空间插值分析最常用的插值方法是克吕格插值(Kriging),而克吕格插值则又是建立在半方差函数基础之上的。按照空间场是否存在漂移可将克吕格插值分为普通克吕格插值法(Ordinary Kriging)和泛克吕格插值法(Universal Kriging)(曾怀恩等, 2007)。其中普通克吕格插值法又是最为常用的一个,其建模思路主要是在区域化变量满足二阶平稳和本征假设的前提下,根据无偏估计和方差最小两项原则,来确定一组权重系数(徐建华, 2002),插值过程类似于加权滑动平均(汤国安等, 2006)。估算某测量点 z 值得通用方程可简化为(Chang et al, 2003):

$$z = \sum_{i=1}^s z_s W_x \quad (2)$$

式中: z 是待估值; z_s 是已知点 x 的值; W_x 是与每个已知点关联的权重; s 是用于估算的已知点的个数。

3 土地价格的结构分析

3.1 土地价格的描述性分析

运用SPSS统计分析软件对修正后的南京市地价款点进行描述性统计,得到结果(表2)。

南京城市土地价格中,工业用地价格最低,平均价格仅273.47元/m²;而价格变动幅度最大的是商服用地,其最大值达到最小值的328倍以上,其次是住宅用地,最大值为最小值的125倍,工业用地的最大值与最小值比值在20以内,价格变动幅度不大;且从变异系数看,商服用地用地的变异系数最大,为154.20%,住宅和工业用地变异系数分别为95.84%和85.50%,其价格离散程度明显低于商服用地,表明住宅与工业用地价格在不同区位间差异均比商服用地小。对于土地价格分布状态,只有商服用地价格在0.1水平服从对数正态分布(sig.=0.2),住宅与工业用地价格既不服从正态分布,也不服从对数正态分布。

3.2 土地价格的结构分析

3.2.1 地价半方差函数各向同性分析

通过计算南京市各土地利用类型出让价格的

表 2 南京市各类型土地价格描述性统计

Tab. 2 Descriptive statistics of different types of land prices in Nanjing

利用类型	均值	标准差	最小值	最大值	变异系数	偏度系数	峰度系数
住宅	1490.70	1428.63	72.08	9004.50	0.9584	1.994	6.686
工业	273.47	233.83	55.72	1094.87	0.8550	1.586	1.886
商服	1460.36	2251.94	65.74	21596.90	1.5420	6.301	53.509

半方差函数(图 3),并进行模型模拟(表 3),全方向的理论模型的模拟效果极好,由此可知南京市城市土地价格结构特征。

3 种不同利用类型的城市土地价格均在一定范围内存在空间相关性,其中住宅用地的空间相关距离最大为 77.7 km,其次为工业用地 27.1 km,商服用地 20.1 km。

在空间变异总方差的构成上,3 种用地类型的块金效应 C_0 均占较小比重,表明城市土地内部的随机性因素对价格的影响要远小于结构性因素(交通、环境、基础设施等)的影响,城市土地价格的空间自相关特征明显。但是 3 种用地类型中,工业用地块金效应最大,达到 21.58%,最易受随机性因素影响;商服用地次之,块金效应为 19.27%;住宅用地则相对较为稳定,块金效应仅占 3.72%。

3.2.2 地价半方差函数各向异性分析

根据半方差函数的定义,半方差函数揭示了在整个尺度上的空间变异格局,但是半方差函数在研究数据最大间隔距离 1/2 之内才有意义(彭建超等, 2011)。研究中,住宅用地样点最大距离为 140 km,工业用地样点最大距离为 144 km,商服用地样点最大距离为 144 km,所以 3 种土地利用类型的有效距

离间隔分别为 70、72、72 km。通过对 3 种土地利用类型价格在 0°、45°、90°、135°方向的半方差分析,得到 4 个方向上的经验半方差函数图(图 4、图 5、图 6)。从图中可以看出,3 种土地利用类型价格的半方差函数均表现出一定的各向异性结构特征。

在不同方向,住宅用地价格空间变异函数存在较大差别,表现出明显的各向异性结构(图 4)。除 E—W(90°方向)上拟合效果较差,N—S、NE—SW、NW—SE 的 3 个方向均呈现出一定的空间相关性,且在 NW—SE(135°方向)上住宅用地价格的空间相关距离最大,为 90.37 km,N—S(0°方向)和 NE—SW(45°方向)上的空间相关距离分别为 79.6 km 和 64 km。表明南京市城市住宅用地呈现出西北—东南方向发展的趋势;南北方向的相关性大于东西方向,这可能与南京市郊县经济及过江通道的发展有关,同时浦口、六合、江宁撤县建区也对住宅用地价格产生一定的积极促进作用。

工业用地价格空间变异函数在不同的方向上也存在较大的差别,表现出各向异性结构特征(图 5)。从初步模型拟合结果看,工业用地价格在 N—S(0°方向)上的空间相关距离最大为 820.1 km,其次为 NW—SE(135°方向)上 806.1 km,而 E—W(90°方

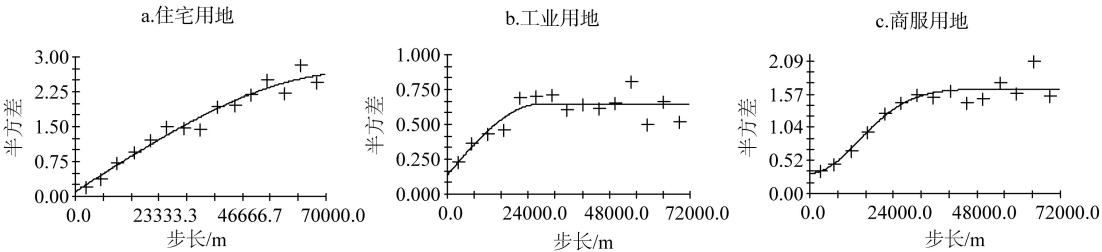


图 3 南京市土地价格的半方差函数图

Fig. 3 The semi-variance of the urban land price in Nanjing (a. residential; b. industry; c. commercial)

表 3 南京市土地价格半方差函数理论模型

Tab. 3 Theoretical model of the urban land price semi-variance in Nanjing

用地类型	理论模型	C_0	C_0+C	a	R^2	RSS
住宅	球状模型	0.099	2.662	77700.0	0.961	0.348
工业	球状模型	0.139	0.644	27100.0	0.730	0.087
商服	高斯模型	0.318	1.650	20100.0	0.909	0.305

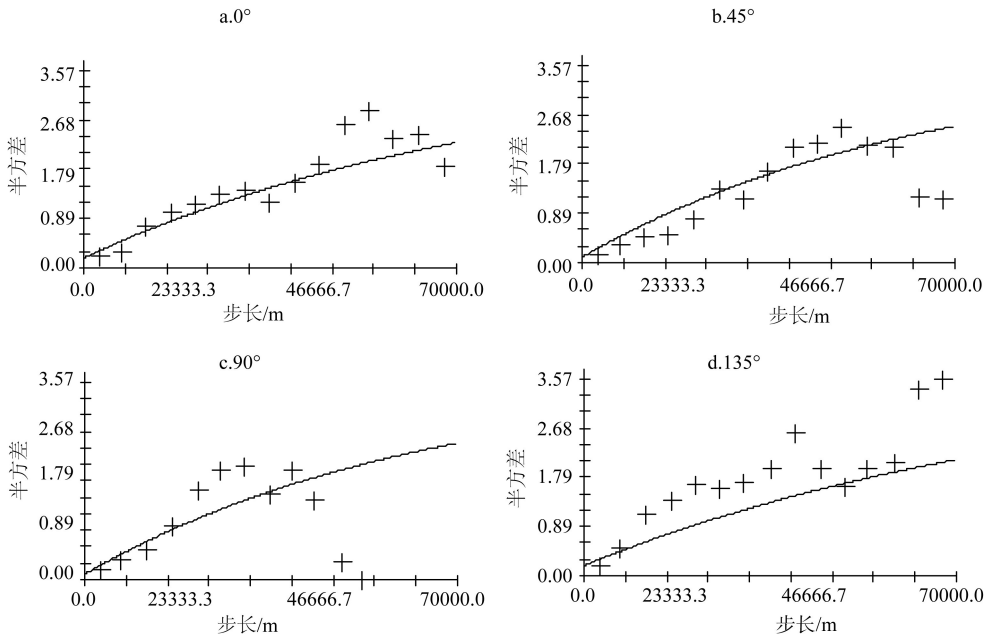


图4 南京市住宅用地价格的各向异性图

Fig. 4 Anisotropic of the residential land price in Nanjing (a. 0°; b. 45°; c. 90°; d. 135°)

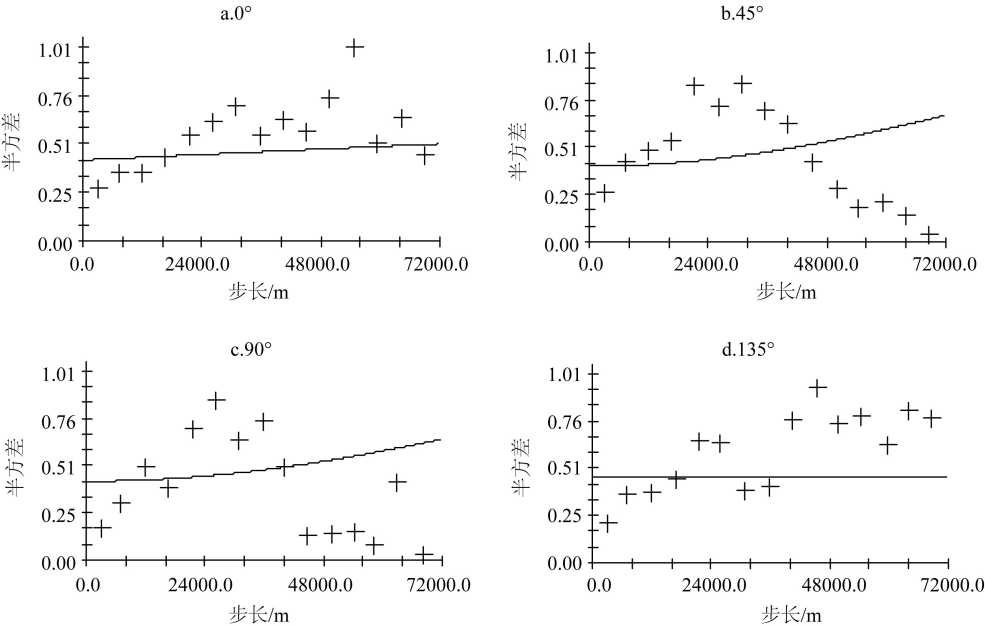


图5 南京市工业用地价格的各向异性图

Fig. 5 Anisotropic of the industrial land price in Nanjing (a.0°; b.45°; c.90°; d.135°)

向)和NE—SW(45°方向)只有 143.3 km 和 128.6 km;但是与住宅用地价格相比,其空间相关距离已大大提升。表明南京市工业用地开发间的相互影响较住宅用地大;但从内部空间结构分析,依然是南北方向的空间关联性大于东西方向,这可能与南京市工业区开发区的南北向分布有关。

商服用地价格在 4 个方向的半方差函数的模型拟合效果不甚理想(图 6)。表明南京市商业服

务业发展没有呈现一定的方向性特征,而仍然以传统的组团式发展为主。但从图中仍能看出在不同的方向上,商服用地价格空间变异函数存在较大的差别,表现出一定的各向异性结构特征。初步模型拟合结果显示,商服用地价格在 N—S(0°方向)上的空间相关距离最大为 416.4 km,其次为 NW—SE(135°方向)上 268.4 km,而 E—W(90°方向)和 NE—SW(45°方向)则只有 80.4 km 和 76.5 km,总体

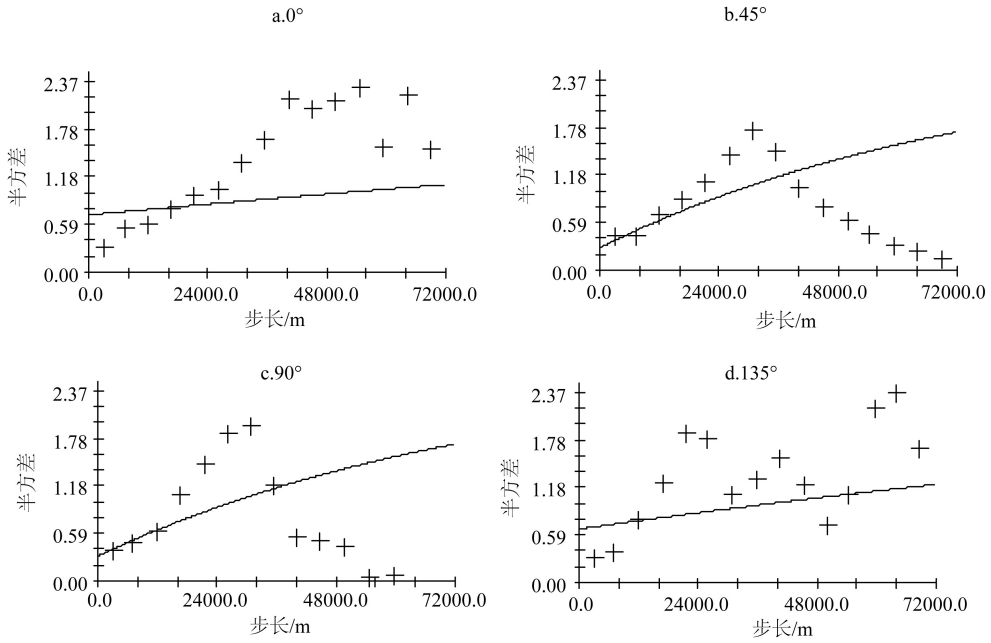


图6 南京市商服用地价格的各向异性图(a.0°; b.45°; c.90°; d.135°)

Fig. 6 Anisotropic of the commercial land price in Nanjing (a.0°; b.45°; c.90°; d.135°)

空间相关距离介于住宅用地与工业用地之间。

综合上述分析,南京市各种土地利用类型在其平均的空间自相关距离之内,土地出让价格在不同方向上的半变异函数曲线变化规律是一致的,随着空间距离的增加,半变异函数曲线上升,达到基台值附近;在平均空间自相关尺度之外,地价变化较大。这表明,在相对较小的尺度上,地价的空间变异是接近各向同性的;而在相对较大的尺度上,空间变异是各向异性的。进一步分析半变异函数曲线的变化规律,发现住宅用地价格在不同方向上的变异函数曲线的基台值接近3.7,但是其空间自相关尺度距离差别较大,因此住宅用地价格的各向异性属于几何异向性;而工业用地与商服用地则在不同方向上的基台值均不相同,属于带状异向性。

3.3 理论模型交叉检验

交叉检验(cross-validation),即在每一个有观察值的地方,采用不同模型分别将此观察值剔除用其他点的观察值对该点作出估计,如此对所有的观察点进行逐点估计(吴学文等,2007)。交叉检验的过程实际上是把实验重复做 n 次,每次实验都从 n 个样本中选择一个不同的样本作为测试数据(保证 n 个样本数据都分别做过测试数据),剩下的 $n-1$ 个当作训练数据进行实验,然后把得到的 n 个实验结果平均,最后用统计方法将观察值与估计值进行比较,从中选择相对较优的模型。图7分别为南京市3种土地利用类型的观测值与估计值的回归曲线,横坐标为估

计值,纵坐标为观察值,其中虚线为理想回归曲线。

交叉检验结果表明:南京市住宅用地与工业用地出让价格的各向同性预测精度更高,即空间分布在不同方向上是有变化的,但不是非常显著;而商服用地出让价格的各项异性预测精度更高,即空间分布在不同方向上是有存在显著变化(表4)。所以,对住宅用地与工业用地采用各向同性模型预测,而对于商服用地则采用各项异性模型更为合适。

4 土地价格的空间分析

4.1 住宅用地价格特征

南京市住宅用地价格空间上呈不规则的圈层状(图8)。在建邺区双闸、江心洲、沙洲街道,以及浦口区江浦街道附近有一明显高价中心,由此向外价格逐渐降低;在栖霞区的尧化、栖霞街道,以及六合区的崇州街道附近分别是几个次中心。全市住宅用地价格梯度整体呈现东缓西陡、西高东低态势。沿长江一线地价变化较大,梯度较陡;同时伴随浦口高新区的发展壮大,以及过江通道的建设,长江以北住宅用地价格也呈现上涨趋势。

住宅地价的分布特征表明,伴随城市经济社会的发展,南京市主城区人口已呈现饱和趋势,其住宅已率先呈现出由新街口、湖南路、珠江路、北京东路等城市中心区(张鸿辉等,2008)向城市外围扩散的趋势,尤其是在河西新区龙江板块和奥体板

块,以及栖霞的仙林板块和浦口的江浦板块整体崛起,城市外围地区基础设施建设加快,城市交通日益完善的条件下,南京市城市住宅的离心化,甚至郊区化趋势不可避免。其中河西新城的建设已使其作为南京市新的住宅中心,在城市发展中发挥越来越重要的作用。

4.2 工业用地价格特征

南京市工业用地价格空间结构呈较典型的多中心布局模式(图9)。其中最大的工业用地价格中心在玄武区、鼓楼区、白下区交界的城市中心地区;南部高淳县的淳溪镇,以及江北六合区的雄州街道南北呼应,形成南京市另外2个工业中心区。由此3个工业中心向外地价递减,整体上工业用地多集中在沿长江一线,伴随过江通道的建设,浦口高新区、栖霞新港开发区等工业及科技园区的发展,南京市工业用地价格呈现出明显的北高南低态势。

工业用地空间布局结构特征表明,南京市工业用地布局已呈现出外迁趋势,但由于基础设施等条件的限制,部分污染相对较轻的工业生产仍集中在

城市中心;同时,伴随各类各级开发区的建设,以及过江通道等交通基础设施的发展,主城的工业用地向浦口、六合,以及栖霞、江宁扩张的趋势明显,并在这些地区形成新的工业用地高价中心;同时伴随县域经济的发展壮大,高淳、溧水2县工业用地出让价格也呈现一定的上涨趋势。综上所述,南京市工业用地的空间布局主要受到交通与政策的影响较重,呈现明显的交通与政策指向性布局。

4.3 商服用地价格特征

南京市商服用地价格仍呈典型单中心模式(图10)。从商业与服务业的发展来看,南京仍属于传统的单中心城市。其商业中心主要布局在新街口与夫子庙一带;由中心向外,商服用地价格急剧降低,再到外围价格下降趋势有所缓和,并趋于稳定;整体上商服用地价格也呈现出一定的南北差异,中心城区向北价格下降较为迅速,这可能与南京市特有的跨江而立的地形有关,向北跨过长江导致商业服务业发展基础骤降,从而影响其土地价格布局。

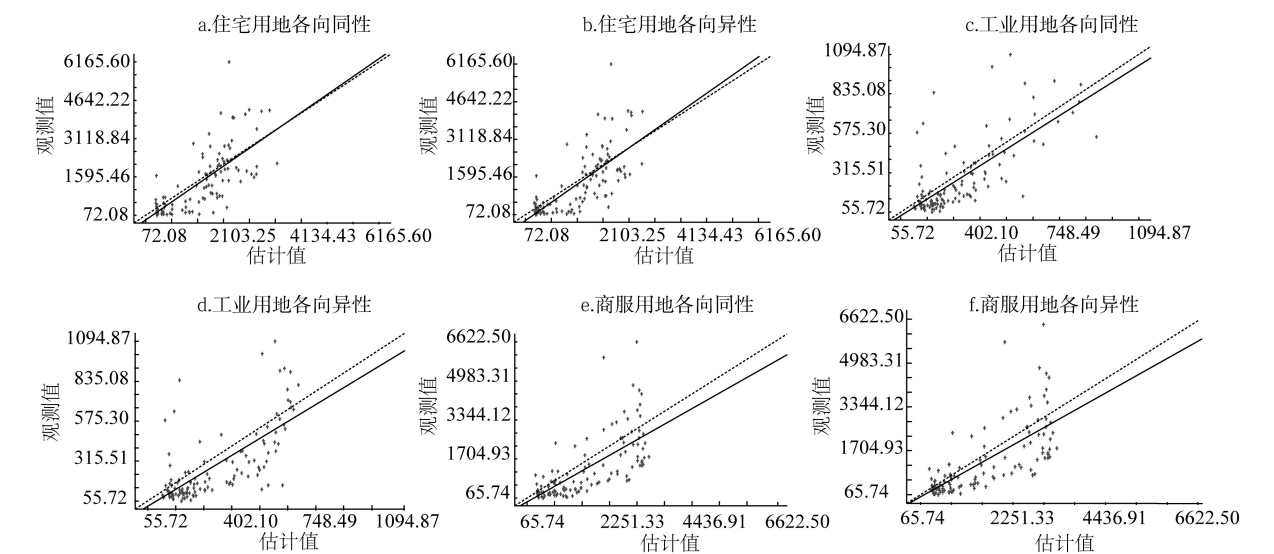


图7 南京市不同土地利用类型交叉检验拟合曲线
Fig. 7 Cross-validation of different types land price in Nanjing

表4 南京市不同土地利用类型交叉检验精度评价表
Tab. 4 Cross-validation of different types land price in Nanjing

土地利用类型	插值模型	Coefficient	R ²	SE
住宅用地	各向同性	1.052	0.517	0.099
	各向异性	1.085	0.506	0.104
工业用地	各向同性	0.952	0.536	0.080
	各向异性	0.927	0.485	0.086
商服用地	各向同性	0.896	0.484	0.085
	各向异性	0.889	0.506	0.081

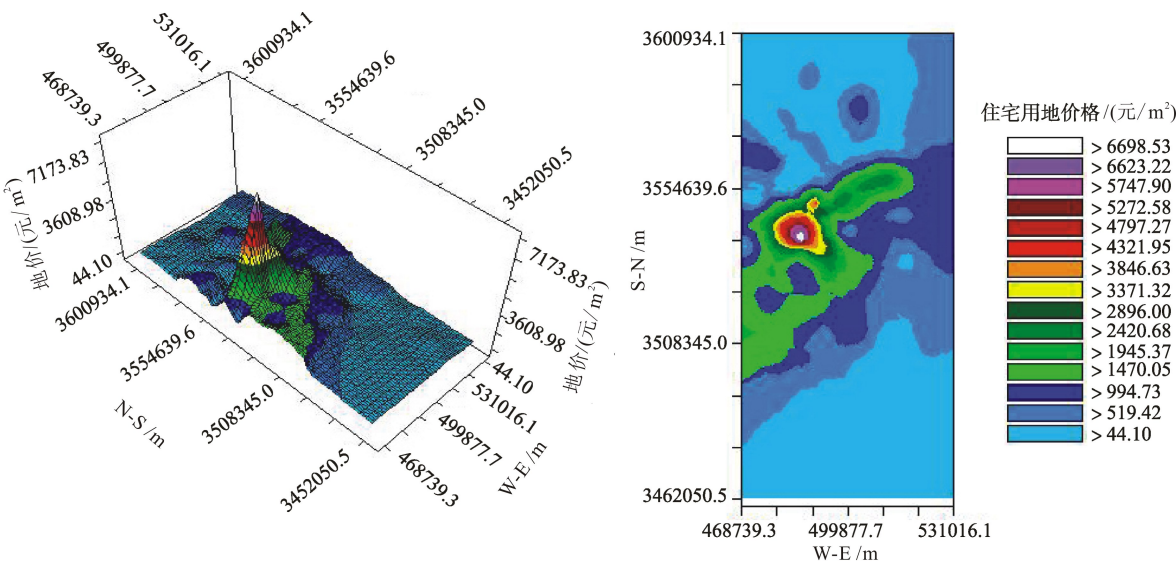


图8 南京市住宅用地价格的三维立体图与二维等值线图
Fig. 8 3-dimensional & 2- dimensional contour map of the residential land price in Nanjing

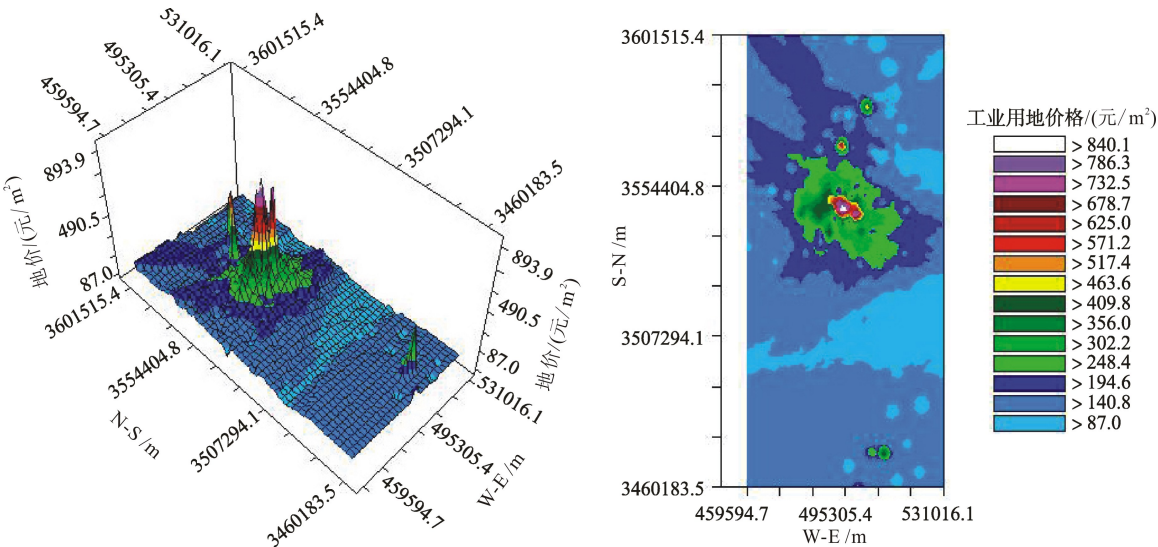


图9 南京市工业用地价格的三维立体图与二维等值线图
Fig. 9 3-dimensional & 2-dimensional contour map of the industrial land price in Nanjing

商服用地空间布局结构特征表明,南京市产业发展仍以第二产业为主,以商业服务业为主的第三产业发展相对缓慢,且主要集中在传统城市中心区,对外辐射带动作用不强。在工业、住宅用地纷纷外迁的同时,应采取措施带动商业服务业及其他生产生活配套设施向周边发展,以促进整个城市产业结构的升级。在确保中心商务区高速发展的同时,加速六合、浦口、江宁、溧水与高淳等郊县小的次级商务中心发展,从而带动区域内产业结构的整体优化升级。

从总体上看,南京市住宅用地呈不规则圈层状

布局,且其布局的外延趋势明显,与居住用地由内向外的迁移发展规律基本吻合;工业用地则呈现典型的多中心模式,表现出一定的集中集聚布局特征,表明南京市工业发展水平较高,其用地呈现出高工业化水平特征;从商服用地价格分布来看,南京市仍属于传统的单中心城市,也从侧面反映了南京市商业服务业发展相对滞后,与南京市商服用地空间相关距离最短的结构特征相吻合。因此,在住宅和工业用地逐渐趋于合理的情况下,大力引导商业服务业的合理布局将是南京市未来一段时间产业发展的重点。

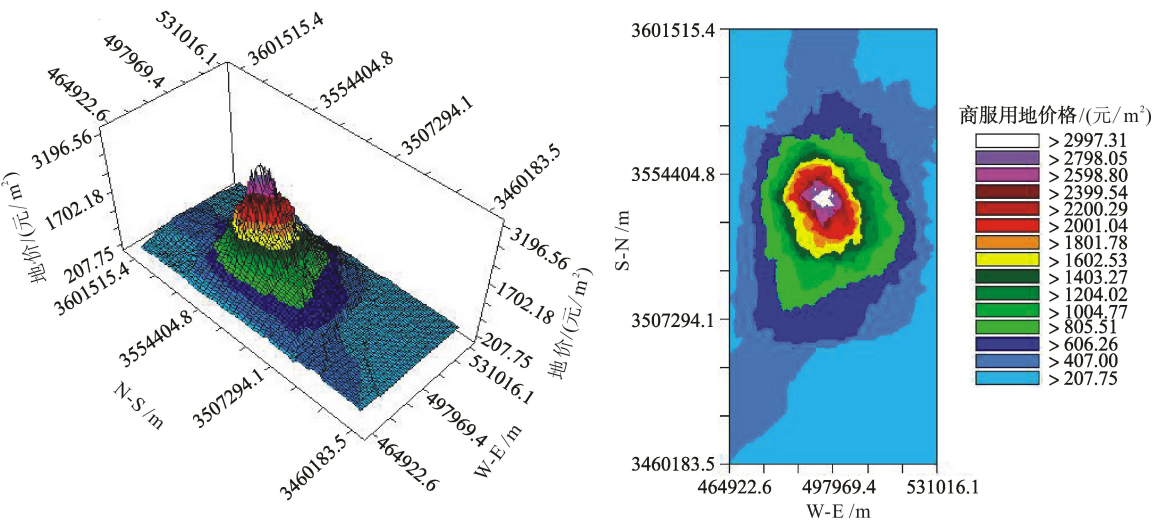


图10 南京市商服用地价格的三维立体图与二维等值线图

Fig. 10 3-dimensional & 2-dimensional contour map of the commercial land price in Nanjing

5 结论与讨论

5.1 结论

南京市所有土地利用类型中,仍以工业用地价格最低,平均价格仅273.47元/m²;商服用地价格变动幅度最大,其变异系数高达154.20%;三种不同的土地利用类型均表现出一定的空间关联性,且住宅用地的空间相关距离最大为77.70 km,其次为工业用地27.10 km,商服用地20.10 km,反映出南京市商业服务业发展相对滞后,辐射带动作用欠缺。此外,在空间变异总方差的构成上,3种用地类型的块金效应均占较小比重,表明城市土地内部的随机性因素对价格的影响要远小于结构性因素(交通、环境、基础设施等)的影响。

通过对南京市不同土地利用类型价格的各向异性分析,发现城市土地价格的各向同性特征明显高于各向异性,因此采用各向同性模型对不同土地利用类型的出让价格进行插值。插值结果表明,南京市住宅用地价格呈不规则圈层状分布,且其布局的外延趋势明显,表明南京市居住空间开始由市中心向外围次级圈层迁移,与发达国家居住用地的迁移发展过程基本吻合;工业用地则呈现典型的多中心模式,且交通及政策对工业用地开发的影响较大,表明南京市现阶段城市工业发展仍将成本作为主要考虑因素,在成本最小约束下,工业用地趋向于在产业区的集中集聚布局;从商服用地价格分布来看,南京市仍属于传统的单中心城市,呈现典型的由市中心向外逐渐递减的趋势,反映出其第三产业发展的相对滞后,未来一段时间亟需进行产业结

构优化升级,加速次级商业中心的发展。

5.2 讨论

地统计学是专门研究用于那些在空间分布上既具有结构性又具有随机性的区域化变量的科学方法。因此,凡是研究空间分布数据的结构性与随机性,或空间相关性与依赖性,或空间格局与变异,并对这些数据进行最优无偏内插估计,或要模拟这些数据的离散型与波动性均可应用地统计学方法与理论(侯景儒,1998)。另外,通过交叉检验,确定合适的理论模型,然后采用克里格最优内插法绘制了3种不同土地利用类型的二维等价线和三维立体图,能够更加准确和直观地了解不同利用类型出让地价的空间分布特征。

由于受所收集的数据资料的限制,没有划分更详细的土地利用类型,对各种地价的空间变异情况进行分析,导致部分模型的模拟效果不甚理想。另外,由于城市的不断发展,地价的空间格局也会随着时间而变化,因此,还需要从时间尺度来研究不同时段的地价空间格局特征,时空结合这也将是未来研究的热点之一。最后,对于城市土地价格的空间格局的机理分析也将是今后深入研究的重要内容之一。

参考文献(References)

Alonso W. 1964. Location and land use: Toward a general theory of land rent. Cambridge: Harvard University Press.

Ando A, Uchida R. 2004. The space-time structure of land prices in Japanese metropolitan areas. The Annals of Regional Science, 38(4): 655-674.

Chang J, Liao Q F, Wang L J. 2011. Spatial distribution and in-

- fluencing factors of urban land price in Changsha City. *Geographical Research*, 30(10): 1901-1909. [常疆, 廖秋芳, 王良健. 2011. 长沙市区地价的空间分布特征及其影响因素. *地理研究*, 30(10): 1901-1909.]
- Deng Y, Liu S H, Yao F F, et al. 2009. Standard land price appraisal and space structure analysis based on Co-Kriging. *Progress in Geography*, 28(3): 403-408. [邓羽, 刘盛和, 姚峰峰, 等. 2009. 基于协同克里格的基准地价评估及空间结构分析. *地理科学进展*, 28(3): 403-408.]
- Du D B, Xu J G. 1997. An analysis on location factors affecting the spatial distribution of Shanghai land value. *Acta Geographica Sinica*, 52(5): 403-411. [杜德斌, 徐建刚. 1997. 影响上海市地价空间分布的区位因子分析. *地理学报*, 52(5): 403-411.]
- Du G M, Zhang Y F, Zhang S W, et al. 2006. Modeling and analyzing urban commercial land value: Huhhot City as a case study. *Journal of China Agricultural University*, 11(3): 117-122. [杜国明, 张裕凤, 张树文, 等. 2006. 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. *中国农业大学学报*, 11(3): 117-122.]
- Du X Y, Lu Y J. 2004. Spatial distribution of land prices in Nanjing city proper and its influential factors. *Remote Sensing for Land & Resources*, (2): 51-55. [杜小娅, 陆跃进. 2004. 南京市市区地价空间分布及其影响因素分析. *国土资源遥感*, (2): 51-55.]
- Heikkila E, Gordon P, Kim J I, et al. 1989. What happened to the CBD-distance gradient: Land values in a policentric city. *Environment and planning A*, 21(2): 221-232.
- Hong G Z, Li X. 2011. Border effect of inner city: Research based on spatial spillover of real estate price. *Acta Geographica Sinica*, 66(4): 468-476 [洪国志, 李郇. 2011. 基于房地产价格空间溢出的广州城市内部边界效应. *地理学报*, 66(4): 468-476.]
- Hou J R. 1998. *Practical geostatistics*. Beijing, China: Geological Publishing House. [侯景儒. 1998. *实用地质统计学*. 北京: 地质出版社.]
- Huang D Q, Hong L X, Liang J S. 2009. Analysis and evaluation of industrial land efficiency and intensive use in Fujian Province. *Acta Geographica Sinica*, 64(4): 479-486. [黄大全, 洪丽璇, 梁进社. 2009. 福建省工业用地效率分析与集约利用评价. *地理学报*, 64(4): 479-486.]
- Jiang F, Zhu D L. 2005. A GIS-based study on spatial distribution of land prices: The case of residential land prices in Beijing. *Economic Geography*, 25(2): 199-202. [蒋芳, 朱道林. 2005. 基于GIS的地价空间分布规律研究. *经济地理*, 25(2): 199-202.]
- Jin C, Lu Y Q. 2009. Evolvement of spatial pattern of economy in Jiangsu province at county level. *Acta Geographica Sinica*, 64(6): 713-724. [靳诚, 陆玉麒. 2009. 基于县域单元的江苏省经济空间格局演化. *地理学报*, 64(6): 713-724.]
- Chang K T. 2003. *Introduction to geographic information systems*. Chen J F Trans.. Beijing, China: Science Press. [张康聪. 2003. *地理信息系统导论*. 陈健飞, 译. 北京: 科学出版社.]
- Li L, Gu S Z, Hu K L. 2003. Spatial analysis method for metropolitan land price and its application in Beijing. *Resources Science*, 25(4): 85-92. [李玲, 谷树忠, 胡克林. 2003. 都市地价空间分析方法及其应用: 以北京市为例. *资源科学*, 25(4): 85-92.]
- Li X B. 2002. Explanation of land use changes. *Progress in Geography*, 21(3): 195-203. [李秀彬. 2002. 土地利用变化的解释. *地理科学进展*, 21(3): 195-203.]
- Liu C M, Yue T X, Zhou C H. 2000. *Geography of the mathematical model and application*. Beijing, China: Science Press. [刘昌明, 岳天祥, 周成虎. 2000. *地理学的数学模型与应用*. 北京: 科学出版社.]
- Liu F C, Shi X Z, Yu D S, et al. 2004. Characteristics of spatial variability of total soil nitrogen in the typical area of Taihu Lake Basin. *Geographical Research*, 23(1): 63-70. [刘付程, 史学正, 于东升, 等. 2004. 太湖流域典型地区土壤全氮的空间变异特征. *地理研究*, 23(1): 63-70.]
- Paez A, Uchida T, Miyamoto K. 2001. Spatial association and heterogeneity issues in land price models. *Urban Studies*, 38(9): 1493-1508.
- Peng J C, Wu Q, Qian C. 2011. Modeling spatial correlation of urban land price monitoring sites. *Resources Science*, 33(4): 698-703. [彭建超, 吴群, 钱畅. 2011. 城市地价监测点配置的空间关联模式. *资源科学*, 33(4): 698-703.]
- Ren R R, Zheng S Q. 2008. Spatial structure of office and residential land development: Price gradient, development scale and location variation. *Progress in Geography*, 27(3): 119-126. [任荣荣, 郑思齐. 2008. 办公与居住用地开发的空間结构研究: 价格梯度、开发数量与开发区位. *地理科学进展*, 27(3): 119-126.]
- Shan W D, Bao H S. 1995. Stochastic movement equation of spatial diffusion in nonhomogeneous field and its application for the appraisal of land price. *Acta Geographica Sinica*, 50(3): 215-223. [单卫东, 包浩生. 1995. 非均质空间随机扩散方程及其在城市基准地价评估中的运用. *地理学报*, 50(3): 215-223.]
- Song J N, Jin X B, Tang J, et al. 2011. Analysis of influencing factors for urban land price and its changing trend in China in recent years. *Acta Geographica Sinica*, 66(8): 1045-1054. [宋佳楠, 金晓斌, 唐健, 等. 2011. 中国城市地价水平及变化影响因素分析. *地理学报*, 66(8): 1045-1054.]
- Sun Y J, Wang J F, Bai Y C. 2004. Study on progress of methods in geostatistics. *Advance in Earth Sciences*, 19(2): 268-274. [孙英君, 王劲峰, 柏延臣. 2004. 地统计方法进展研究. *地球科学进展*, 19(2): 268-274.]
- Tang G A, Yang X. 2006. ArcGIS spatial analysis experiments

- tutorial. Beijing, China: Science Press. [汤国安, 杨昕. 2006. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程. 北京: 科学出版社.]
- Wang B M. 1995. Exporation on laws of spatial variations of industrial land inrevenues within urban area: A case study of Tianjin. *Acta Geographic Sinica*, 50(5): 439-446. [王宝铭. 1995. 对城市工业用地收益区位差异规律的探讨: 以天津市为例. *地理学报*, 50(5): 439-446.]
- Wang G D, Guo C L. 1987. Application of the kriging technique in geography. *Acta Geographic Sinica*, 42(4): 366-375. [王广德, 过常龄. 1987. “Krige”空间内插技术在地理学中的应用. *地理学报*, 42(4): 366-375.]
- Wang Z Q. 1999. The geostatistics and ecology use. Beijing, China: Science Press. [王政权. 1999. 地统计学及在生态学中的应用. 北京: 科学出版社.]
- Wu W J, Liu Z L, Zhang W Z. 2010. Determinants of residential land price: Structure equation model analysis using land-leasing parcel data in Beijing. *Acta Geographic Sinica*, 65(6): 676-684. [武文杰, 刘志林, 张文忠. 2010. 基于结构方程模型的北京居住用地价格影响因素评价. *地理学报*, 65(6): 676-684.]
- Wu X W, Yan L M. 2007. Setting parameters and choosing optimum semivariogram models of ordinaty kriging interpolation: A case study of spatial interpolation to January average temperature of Fujian Province. *Geo-Information Science*, 9(3): 104-108. [吴学文, 晏路明. 2007. 普通 Kriging 法的参数设置及变异函数模型选择方法. *地球信息科学*, 9(3): 104-108.]
- Xu J H. 2002. Mathematical methods in contemporary geography. Beijing, China: Higher Education Press. [徐建华. 2002. 现代地理学中的数学方法. 北京: 高等教育出版社.]
- Zeng H E, Huang S X. 2007. Research on spatial data interpolation based on Kriging interpolation. *Engineering of Surveying and Mapping*, 16(5): 5-8. [曾怀恩, 黄声享. 2007. 基于 Kriging 方法的空间数据插值研究. *测绘工程*, 16(5): 5-8.]
- Zhang H H, Zeng Y N, Jin X B, et al. 2008. Urban land expansion model based on multi-agent system and application. *Acta Geographica Sinica*, 63(8): 869-881. [张鸿辉, 曾永年, 金晓斌, 等. 2008. 多智能体城市土地扩张模型及其应用. *地理学报*, 63(8): 869-881.]
- Zhang Y F, Li J. 2007. Comparative analysis about reference land price and its influencing factor of the towns in Hohhot. *Geographical Research*, 26(2): 373-382. [张裕凤, 李静. 2007. 呼和浩特市旗县城镇基准地价及影响因素比较分析. *地理研究*, 26(2): 373-382.]
- Zheng S Q, Fu M Y, Liu H Y. 2005. Urban households' location preference: The estimation of willingness-to-pay grapient model. *Progress in Geography*, 24(1): 97-104. [郑思齐, 符育明, 刘洪玉. 2005. 城市居民对居住区位的偏好: 支付意愿梯度模型的估计. *地理科学进展*, 24(1): 97-104.]

Spatial distribution of urban land prices in Nanjing

GAO Jinlong^{1,2}, CHEN Jianglong¹, YANG Diehan^{1,2}

(1. Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Urban land supply is an important part of the foundation for urban expansion. Analyzing the spatial pattern of the price of different types of land is of great significance to urban land rational development, and it has become an important perspective from which researchers examine the process of urban expansion. By using the methods of conventional statistics and geostatistics, taking the selling prices of residential, industrial, and commercial land during 2001-2010 as samples, we analyzed the statistical characteristics and spatial distributions of transaction-based land prices in Nanjing City. The results showed that the spatial distributions of selling price are different for different types of land-use. Commercial land price is highly dependent on the extent of business activity of CBD (central business district), and the high value areas are concentrated near the center of the city—Xinjiekou & Confucius Temple District. The land price gradually reduces toward the periphery, showing a typical single-centered pattern. Residential land price is consistent with the level of environmental quality; high value areas have lower level of aggregation by comparison to commercial land, showing a trend of shift from the center to periphery of the city in a clear pattern of circular layers. Industry land price is determined mainly by outbound traffic conditions, environmental costs and the policy effects; the locations are further away from the city center, except for the industrial activities that have high demand of basic infrastructures and other conditions, such as high-tech industries. The distribution of industry land shows a multi-centered pattern.

Key words: urban land prices; spatial distribution; semivariance; spatial interpolation; Nanjing