

基于地物驱动要素的住宅地价空间模拟研究^①

——以南京市为例

任 辉¹, 吴 群², 朱新华³

(1 湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128; 2 南京农业大学公共管理学院, 南京 210095; 3 河海大学公共管理学院, 南京 210098)

摘 要: 利用空间建模思维对地价空间进行定量模拟分析成为了地价研究中值得深入探讨的问题。文章以南京市为研究区域, 以南京市住宅地价为研究对象, 选取了影响住宅地价空间分布的地物驱动要素, 然后基于空间抽样和多元回归模型, 建立空间因子与住宅地价的多元回归模型, 并利用栅格 GIS 模拟了城市住宅地价的空间分布。研究显示模拟结果具有较好的效果, 能真实反映各类地物要素对住宅地价空间的影响大小, 尤其是轨道交通对住宅地价的影响明显。因此, 通过住宅地价空间模拟研究, 能够为提高城市土地价值, 实现城市土地高效集约利用提供借鉴价值。

关键词: 地物要素; 地价空间; 模拟; 南京市

中图分类号: F301.4

土地是人类生产与生活活动的空间场所, 是城市发挥正常功能的载体^[1]。随着城市土地市场机制的不断完善, 土地价格成为了土地资源配置最为有效的手段。因此, 研究土地价格及其驱动要素对城市土地的合理配置和有效利用具有重要的作用。城市地价受到空间与非空间因素的影响, 即受到微观区位条件与宏观经济政策环境的共同影响。然而在一个城市内部, 地价高低主要受到地块的微观区位条件优劣的影响。总体来说, 影响土地微观区位的空间因素可以综合体现在点、线、面状三种实体要素。在国外的相关研究中, Bruechner^[2]、Capozza 和 Sick^[3]早在 20 世纪 90 年代就已经开始利用建立模型的方法研究城市地价在空间上的分布规律。国内学者如张洪、张石磊、宋佳楠等^[4-6]主要通过计量经济模型探索土地价格的影响因素, 郑新奇、施建刚、张鸿辉等^[7-9]利用数字地价模型来模拟地价空间分布, 然而传统的计量统计模型无法解决空间对象属性信息和空间信息的联系, 尤其是把握城市地价的空间变化的可视化方面, 数字地价模型亦未能充分体现地价空间分布与其影响因素之间的关系。因此, 如何从新的视角——利用模型来表达地价空间与其各种影响因素之间的关系仍需要进一步研究。本研究通过 GIS 技术和计量经济分析方法的运用, 研究了影响南京市住宅地价的空间地

物要素, 并对其进行了空间模拟的定量化探索, 为全面、准确地掌握和预测城市住宅地价及其空间结构的变化规律, 促进住宅用地的合理配置和利用提供了新的研究视角。

1 研究方法和数据来源

1.1 研究思路与方法

栅格 GIS 中的地图代数和相关模拟分析函数为实现空间建模提供了强大的基础。地图代数用简单栅格结构存储原始“位”数据, 抓住“距离是空间度量的基础”这一本质, 以距离变换为工具动态计算“临”、“近”、“势”数据, 使得许多复杂空间问题变得简单易行^[10]。在空间关系模拟方面, 通过相关的拟合函数建立某种地理现象空间关系模型, 并能够预测当某些因素变化时所研究的地理事物的响应特征。在已有的研究中, 回归分析应用十分广泛, 它在研究地理要素之间的相互关系方面有着独特的优势, 是研究要素间具体数量关系的一种强有力的工具, 能够建立反映地理空间要素间具体数量关系的数学模型。在多要素的地理系统中, 一个地理要素往往受到多个要素的影响, 多元回归模型可建立表达某个地理要素与其影响因素之间具体数量关系的数学模型^[11]。因此, 在地价空间结构建模方面, 利用多元线性回归模型构建地价

基金项目: 湖南农业大学青年科学基金项目(12QN57)、国家社会科学重大项目(09&ZD046)、国家自然科学基金项目(71073082; 71203054)资助。

作者简介: 任辉(1983—), 男, 湖南岳阳人, 博士, 讲师, 主要研究方向为地价评估、土地经济与管理。E-mail: renhui1204@163.com

空间结构时,通常先找到与地价有关的若干因素,通过地价与其影响因素之间的相关分析,建立相关回归模型,根据预测地价影响因素的预期变动达到间接预测地价变动幅度及规律的目标^[12]。建立住宅地价空间结构模型是地价预测的重要途径,是探讨地价空间分布规律的重要手段。其模拟过程见图 1。

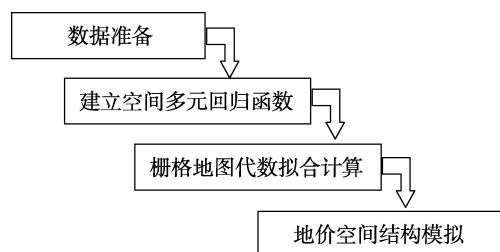


图 1 驱动因素综合作用量化过程

Fig. 1 The quantification process of comprehensive effect of driving factors

因此,本研究以南京市 2000—2011 年公开出让的住宅地价数据为基础,通过交易情况和交期时间修正后,对住宅地价数据采用 Kriging 插值方法建立南京市数字地价模型;采用距离衰减模型对点、线、面状地理要素的空间作用分值进行了测算;通过对研究区域栅格化处理,并利用栅格数据空间叠加处理,获取每一个栅格的地价值和各类地理要素的空间作用分值;运用空间建模的思路构建回归函数来量化各类因素与住宅地价之间的关系,并借助 GIS 平台模拟住宅地价空间结构,分析各类空间因素对住宅地价的作用强度。

1.2 研究区及数据来源

本研究主要以南京市位于长江以南的主城区为研究范围,涉及玄武区、白下区、秦淮区、建邺区、鼓楼区、下关区、栖霞区、雨花台区、江宁区等 9 个区。在地价数据的收集方面,从南京市国土局网站土地交易数据库中收集研究区域内住宅土地出让案例,时间从 2000 年 1 月 1 日到 2011 年 6 月 30 日,数据具有较强的权威性、真实性和可靠性。通过对出让案例的分析,最终确定有效样点 282 个。包括交易样点的编号、位置、所在区域、面积、容积率、供地方式、成交价格、成交单位、成交时间等属性信息,并对成交价格进行土地开发程度修正、交易时间修正等,建立样点住宅地价数据库。

微观区位条件的不同是通过其自身及其周边影响因素的“位置”反映出来的,“位置”具有特殊性的重要性,从地理空间形态表达的角度,可以影响“位置”优劣的因素抽象为点状、线状和面状空间地物要素来准确描述,借鉴相关的研究,结合南京市住宅土

地、房地产市场的特征,确定南京市住宅地价的驱动要素,并按照各因素的实体形态进行了归类总结,见表 1。

表 1 南京市住宅地价空间分异地物驱动因素表
Table 1 The driving factors of space differentiation of residential land price at Nanjing

形态	因素	备注
点状	城市中心	新街口
	商服中心	新街口、湖南路、夫子庙
	学校	大学、小学
	公园	小型的公园绿地
	车站	汽车站、火车站
	医院	主要三甲医院
	日常生活便利中心	大型超市、商场
线状	城市道路	主干道、次干道
	轨道交通	地铁一号线、二号线
面状	风景区	钟山风景区、玄武湖风景区等大型公园和风景区

2 南京市住宅地价空间模拟

2.1 数据准备

将样点住宅地价数据库中的地价数据统一修正到 2011 年 6 月 30 日,并对其修正后的地价进行空间探索性分析,选择 Kriging 插值法生成了南京市住宅数字地价模型(图 2)^[13]。根据点、线、面状地物要素对住宅地价的影响作用机理,利用指数衰减模型确定各类地物要素的空间作用分值。由于栅格数据结构是 GIS 常用的空间基础数据格式,因此,需要将生成的两类矢量数据进行栅格化处理,根据研究区域的大小,将研究区域内的栅格单元大小确定为 50 m × 50 m。

2.2 栅格单元的选取

住宅地价空间建模是基于栅格数据的,由于栅格数据量大,无法运用所有的栅格属性数据来构建模型,因此,选择合适的方法来选取有效的栅格样本单元,以充分反映实际地价水平以及各驱动因素作用大小,是住宅地价空间建模的基础和关键。

根据住宅地价的空间分布规律,基本呈现从中心向外围扩散的分布结构,为了使栅格单元选取更具有科学性,采用分层随机抽样的方法选取栅格样本单元。根据分层抽样的基本原理,将研究区域空间按照地价空间的分布特征,将其分成了 3 个互不重叠的层,即中心层、中间层和周边层,然后在每个层中分配样本数量,独立地进行抽样,最后得到汇总的栅格样本单元。本研究选取了 1 500 个样本单元,其中中心层、中间层和周边层分别布局了 750、500 和 250 个样本单元。

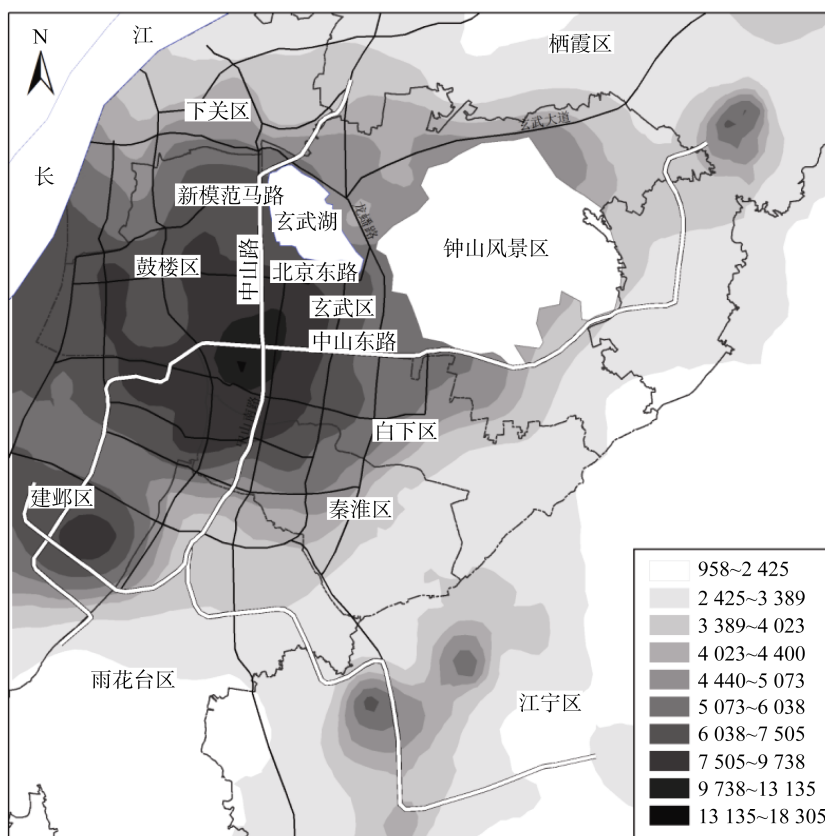
图 2 2011 年住宅地价(元/m²)Kriging 插值

Fig. 2 The interpolation figure of Kriging of residential land price in 2011

利用 GIS 空间叠加方法,分别获取 1 500 个栅格样本单元的地价及其影响因素作用分值大小。在获取各个影响因素作用分值的时,当栅格样本单元落在其作用半径范围之外,则相应的分值取“0”。最终得到全部栅格样本单元上地价与影响因素作用分值属性数据,建立样本属性数据库。

2.3 栅格单元属性数据的处理

在利用属性数据进行分析建模前,首先要将其进行归一化处理。为了便于各栅格单元属性数据之间的比较,采用基于最大值的归一化处理,即将每个单元的 Z 值除以整个格网上的理论或实际观测的最大绝对值,其计算公式为: $Z^* = Z/Z_{\max}$ 。

2.4 模型函数的构建

杜德斌和徐建刚^[14]运用上海市土地批租地块的地价资料,采用 GIS 和多元线性回归的方法,分析了上海市中心城区地价的空间分布与主要区位因子的线性关系,并取得了良好的分析效果。根据本次栅格样本数量资料数据,与其研究中的数据具有相似性,因此本研究借鉴其多元回归模型来构建地价与驱动因素作用分值的关系模型。由于其作用分值本身就包含了距离衰减作用,因而其模型的实质涵盖了两种关系。

根据回归模型函数,构建地价与驱动因素的数学结构模型,即:

$$Y_a = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4 + A_5X_5 + A_6X_6 + A_7X_7 + A_8X_8 + A_9X_9 + A_{10}X_{10} + A_{11}X_{11} + e \quad (1)$$

式中, Y_a 为地价, $A_0, A_1, \dots, A_{11}$ 为待定参数, e 为随机变量。

采用最小二乘法估计参数 $A_0, A_1, \dots, A_{11}$, 得到回归方程模型:

$$Y_a = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + a_6X_6 + a_7X_7 + a_8X_8 + a_9X_9 + a_{10}X_{10} + a_{11}X_{11} + e \quad (2)$$

式中, a_0 为常数项, $a_1, \dots, a_{11}$ 为偏回归系数^[14], Y_a 为住宅低价, $X_1, X_2, \dots, X_{11}$ 分别表示: 城市中心、车站、医院、公园绿地、小学、大学、生活便利设施、商服中心、道路、地铁、风景区。

2.5 模型函数的评价

采用 Eviews6.0 统计软件进行线性回归分析,参数包括: 复相关系数 R : 它表示因变量 Y (地价)与其他自变量 X_i (驱动因素)之间的线性相关程度的指标,其取值范围在 $0 \sim 1$ 之间,用来判定回归模型函数对原有数据拟合程度的好坏。 R 的值越大,则表示其相关关系越强。 R 的平方判定系数和经调整后的判定系数: R 的平方用来解释变异与总变异之比,具体地,就是回归方程中自变量 Y 的变异在因变量 X_i

中所占的比重。但是判定系数的值一般会随着进入回归方程的自变量个数的增加而增大,因此为了消除这种影响,引进了经调整的判定系数^[15]。地价与驱动因素关系的回归模型概述见表 2。

表 2 列出了本次回归方程的 R^2 判定系数、调整

的 R^2 判定系数、估计值的标准误差、 F 值以及 $D.W$ 值。从调整后的 $R^2(0.661\ 5)$ 来看,各驱动因素作用分值对住宅地价的解释力较强。根据方差分析的结果, $F=245.069\ 2$, $P=0.000\ 0$ 来看,表明回归方程模型是有意义的。

表 2 多元回归分析结果
Table 2 The analysis results of multiple regression

多元回归模型	R	R^2	调整后 R^2	估计标准差	$D.W$ 值	F 检验	P
1	0.815 0	0.664 2	0.661 5	0.130 7	1.549 3	245.069 2	0.000 0

多元线性回归方程经过回归分析,表明回归模型具有较好的线性关系,因此可以进行回归方程的确定,分别给出地价模拟回归方程的系数,见表 3。在表 3 中列出了各自变量和常数项的回归系数及其显著性。既定 $P<0.01$ 为极显著相关, $P<0.05$ 为显著相关,从表 3 中可以看出各个因素的 t 值的显著性 P 都小于 0.05,表明所有的回归系数都是有意义的。通过回归系数可以看出,城市中心对住宅地价的影响作用最大,即住宅土地区位最重要的决定因素是距离城市中心远近,距离城市中心越远,地价越低。城市道路对住宅地价的影响作用最小,这也与实际情况比较吻合的,由于城市道路车流量大,往往产生噪声污染、空气污染和视觉污染,这些不良因素将降低临近城市道路对住宅地价增值的影响。因此,从总体上看,利用多元线性回归模型研究地价与各驱动因素之间的关系具有合理、有效性。

表 3 多元回归分析系数(标准化系数回归)
Table 3 The analysis coefficient of multiple regression (standardized coefficient regression)

变量	系数	标准差	T 检验值	概率 P
C	0.173 8	0.005 3	33.006 4	0.000 0
X_1 (城市中心)	0.526 9	0.031 3	16.839 4	0.000 0
X_2 (车站)	0.048 0	0.017 9	2.680 8	0.007 4
X_3 (医院)	0.074 2	0.016 1	4.604 5	0.000 0
X_4 (公园绿地)	0.036 2	0.015 8	2.295 5	0.021 8
X_5 (小学)	0.033 5	0.019 5	-1.719 4	0.015 7
X_6 (大学)	0.106 3	0.012 5	8.526 6	0.000 0
X_7 (生活便利设施)	0.057 7	0.023 2	-2.486 4	0.013 0
X_8 (商服中心)	0.165 2	0.027 7	-5.964 7	0.000 0
X_9 (道路)	0.011 7	0.008 0	1.465 1	0.043 1
X_{10} (地铁)	0.091 8	0.008 2	11.164 1	0.000 0
X_{11} (风景区)	0.086 6	0.008 4	-10.376 2	0.000 0

2.6 住宅地价空间结构的模拟

利用 ArcGIS 空间分析(spatial analyst)中的栅格计算模块,将地价与各驱动因素之间的多元回归模型代入其中,根据各驱动因素作用分值来计算每个栅格

上的地价属性数据,生成住宅地价空间结构模拟分布图,见图 3。

3 结果评价

(1) 通过住宅地价空间结构模拟分布图,发现模拟结果具有整体向心的趋势,呈现单中心圈层结构分布形态,由市中心向外围递减,且地价梯度和衰减速度均呈现随着离市中心距离增大而减小的趋势。整体上地价空间结构具有较好的空间差异性,地价分布区间为 1 691~10 681 元/ m^2 ,跨度范围比较大,有效地反映了空间区位差异对住宅地价的影响。

(2) 住宅地价模拟分布图在研究区域内总体表现为环状放射性分布的基础上,呈现西高东低的规律,且东西方向地价差异越来越小的趋势,较好地反映了南京市城市发展的实际情况。由于南京市历史上发展的不平衡性,鼓楼和新街口区域作为行政和经济中心,住宅土地市场得到了长足的发展。随着城市交通条件的改善、规划布局的调整,东部地区政府的投资和政策扶持力度加大,使得东部的区位格局在悄然发生改变,与城市中心的差距不断缩小,加上良好的环境因素等原因,使得东西间的住宅地价差异变小。

(3) 空间模拟结果较好地呈现了住宅地价空间分布的峰值区域,这与 Kriging 插值图(图 2)的空间分布存在比较一致的效果。如在新街口区域、河西区域的住宅地价在模拟图上表现出了明显的特征。其中分布面积最大的高值出现在城市中心新街口区域,说明住宅地价对城市中心的依赖性较强,城市中心对住宅地价的影响程度大大高于其他影响因素。距离城市中心越近,住宅地价越高,城市中心是决定住宅地价最重要的区位因素之一,这与经典的 Alonso 模型也比较一致。该模型指出:每个家庭的住宅选择实际上是在住房租金与通勤成本之间寻求平衡,而通勤成本意味着随住宅与城市中心距离的增大而增加,房租也会因此而随着距离市中心越近而提高,最终导致住宅价格距离市中心越近越高,相应的住宅地价也会呈现此种规律^[16]。

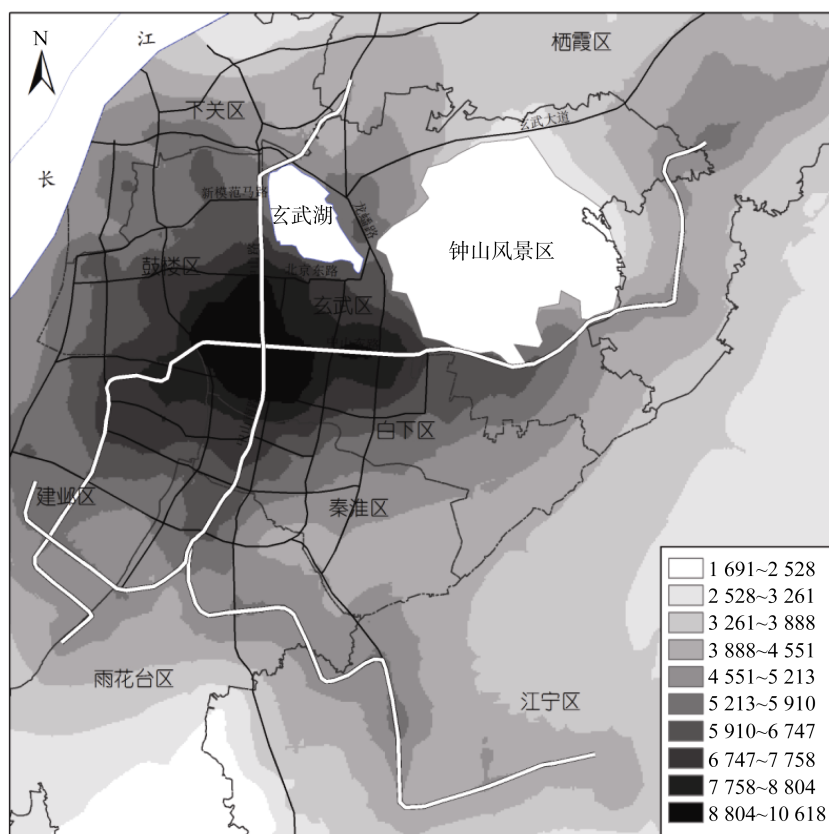
图3 2011年住宅地价(元/m²)空间模拟图

Fig. 3 The space simulation of residential land price in 2011

(4) 空间模拟结果充分反映了各个影响因素对住宅地价空间分布表现出明显的不均衡性,地铁的作用尤其明显,表明快速交通通道对住宅地价的导向性作用明显。地铁周围沿线都是地价相对比较高的区域,这是因为轨道的方便性和通达性,是一种无障碍交通方式,不论是从人们的实际出行便利性方面,还是影响人们未来的预期方面,对住宅地价都有显著的影响,可以提升地铁沿线的住宅地价,带动沿线房地产的发展,引导着地价空间形态,使得住宅地价空间开始由单一中心朝着走廊式布局发展,郊区与城市中心的地价梯度逐步缩小。这也与多元回归模型中的系数大小比较吻合。

(5) 总体上,住宅地价空间结构模拟的效果是不错的,能够比较真实、合理地反映南京市住宅地价的空间分布,充分体现各类因素对住宅地价的综合影响作用。但是,通过和 Kriging 插值图(图2)比较分析,部分区域模拟地价分布存在差异,其中主要原因是样本数据本身可能并不十分理想,对空间插值结果也会产生一定的影响,导致住宅地价空间模拟的结果在某些区域存在偏高或偏低的情况,同时由于缺少对住宅地价空间分布的时序变化进行分析,从而对模型的应用方面产生一定的影响,这些需要进一步对模型进行

优化的研究。

4 结论与建议

文章分析了各类地物要素对住宅地价的空间影响作用大小,通过空间建模思想,构建多元线性回归模型对住宅地价空间结构进行了模拟,有效地反映了空间区位差异对住宅地价的影响。城市中心在向心力的作用下,众多优势资源高度集聚,对住宅地价影响的外部性影响强烈,靠近城市中心,生活交通便利,公共服务设施完善,对住宅地价的增值有着巨大的提升作用。交通通道对住宅地价的导向性作用明显,对住宅地价的空间分布形态影响较大。地铁作为无障碍交通方式,能保证居民快速便捷的出行,对住宅用地的时空距离有着重大的影响,从而改变住宅土地地位,实现住宅地价的升值,具有显著的外部性效益,从而使得城市空间结构在快速交通通道的导向下,由单一中心向走廊式、组团式结构发展。

结合南京市的实际情况,为实现城市土地高效利用,增加土地资产价值,应利用快速交通通道对城市空间的导向性,结合城市规划、产业政策等,因势利导,发挥轨道交通对住宅土地地位的改善作用,提高南京市交通不发达偏远区域的土地使用效率,实现土

地的高效集约利用。

参考文献：

- [1] 王真, 郭怀成, 何成杰, 李娜, 郁亚娟, 刘慧, 冯长春. 基于统计学的北京城市居住用地价格驱动力分析[J]. 地理学报, 2009, 64(10): 1214–1220
- [2] Bruechner JK. Growth control and land values in a open city[J]. Land Economics, 1990, 66(3): 283–293
- [3] Capozza DR, Sick GA. The risk structure of land market[J]. Journal of Urban Economics, 1994, 35(3): 297–319
- [4] 张洪, 金杰. 城市地价空间的计量经济分析[J]. 资源科学, 2007, 29(4): 25–32
- [5] 张石磊, 毕忠德, 杨志毅, 王士君. 长春市商业用地基准地价演变过程及驱动因子分析[J]. 地理科学, 2011, 31(7): 823–828
- [6] 宋佳楠, 金晓斌, 唐健, 张志宏, 丁宁, 赵婕, 周寅康. 中国城市地价水平及变化影响因素分析[J]. 地理学报, 2011, 66(8): 1 045–1 054
- [7] 郑新奇, 王家耀, 阎弘文, 王爱萍, 王筱明. 数字地价模型在城市地价时空分析中的应用[J]. 资源科学, 2004, 26(1): 14–21
- [8] 施建刚, 李俊明. 数字地价模型建立过程中的插值方法研究——以上海内环线地区为例[J]. 土木工程学报, 2007, 40(1): 90–94
- [9] 张鸿辉, 曾永年, 吴林, 周寅康, 金晓斌, 邹滨. 南京市地价空间结构的演变[J]. 资源科学, 2008, 30(4): 591–597
- [10] 吴艳兰, 胡鹏, 刘永琼. 基于地图代数的数字地表流线模拟研究[J]. 水科学进展, 2007, 18(3): 356–360
- [11] 李启权, 岳天祥, 范泽孟, 杜正平, 陈传法, 卢毅敏. 中国表层土壤全氮的空间模拟分析[J]. 地理研究, 2010, 29(11): 1 981–1991
- [12] 刘晓丽. 杭州市滨江新区土地价格演化分析[D]. 杭州: 浙江大学, 2008
- [13] 任辉, 吴群. 基于 ESDA 的城市住宅地价时空分异研究[J]. 经济地理, 2011, 31(5): 760–765
- [14] 杜德斌, 徐建刚. 影响上海市地价空间分布的区位因子分析[J]. 地理学报, 1997, 52(5): 403–409
- [15] 石忆邵, 李木秀. 上海市住房价格梯度及其影响因素分析[J]. 地理学报, 2006, 61(6): 604–612
- [16] 郑思齐, 张文忠. 住房成本与通勤成本的空间互动关系——来自北京市场的微观证据及其宏观意义[J]. 地理科学进展, 2007(2): 35–42

Space Simulation of the Residential Land Price Study Based on Feature-driven Elements —— A Case Study of Nanjing City

REN Hui¹, WU Qun², ZHU Xin-hua³

(1 College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2 Public Administration College, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3 Public Administration College, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: It is worthy of further exploration to use spatial modeling in quantitative simulation analysis of the land price space. This paper took residential land in Nanjing as the research object, selected feature driving factors affecting the spatial distribution of residential land, based on spatial sampling and multiple regression models, established space factor and residential land price multivariate regression model, used raster GIS to simulate space of urban residential land price distribution. The results proved good simulation results achieved, which could reflect the real size of the impact of various types of features elements on the residential land price space, especially the rail traffic impact. Therefore, the simulation study of residential land price space could provide the reference value efficiently to improve the value of urban land and achieve urban land intensive and efficient use.

Key words: Features elements, Land price space, Simulation, Nanjing City