

数字地价模型在城市地价时空分析中的应用

郑新奇^{1,2}, 王家耀², 阎弘文¹, 王爱萍¹, 王筱明¹

(1. 山东师范大学地理研究所, 济南 250014; 2. 解放军信息工程大学测绘学院, 郑州 450052)

摘要: 该文的研究界定了数字地价模型的相关概念, 利用加权平均内插法和搜索圆对离散地价样点进行空间插值处理, 创建格网文件 (grid), 借助 Arcview 平台和自编程序建立了济南市 1998 年和 2001 年的数字地价模型。分析数字地价模型得出结论: 地价从中心基点向城市边缘总趋势是降低, 但不同方向表现出不同的特点; 在贯穿市区的地价剖面中, 一般表现为从一个边缘到另一个边缘的地价由低到高再到低的变化规律, 由于地价剖面经过不同的市区区位, 呈现出正态和偏正态的分布特点; 在时间演化上, 凹性地价阶地变小或变平缓, 凹性地价阶地转变为凸性地价阶地, 凸性地价阶地变小或转化为非地价阶地, 凸性地价阶地变大或平缓; 利用地价增值率和地价增值速度分析了地价的增值潜力。

关键词: 数字地价模型; 空间插值; 地价演化规律; 城市地价; 济南市区

中图分类号: F045.3; F293.2; TP39 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7588(2004)01-0014-08

1 引言

随着我国市场经济体系建设的不断发展和完善, 土地市场化程度的日益提高, 地价问题越来越受到政府、社会的重视。我国对地价的管埋, 经历了 80 年代的认识阶段、90 年代初期的基准地价评估阶段、90 年代末至今的基准地价更新与地价中介的市场化阶段。虽然各个地方的基准地价工作均已进行评估和更新^[1-3], 但是对基准地价的成果管理、决策服务、预测预报、空间演化等研究还不够深入^[4-6], 尤其是把握城市地价的空问变化的可视化方面, 研究的尤为薄弱。

在现行的城市土地价格体系中, 主要有综合土地级别基准地价、分土地用途(商业、住宅、工业等)级别基准地价、商业用地路线价、区片价、标准宗地价(有时称标定地价)等。这些地价表现形式主要是依据国家的相关技术规程^[7]来计算的, 除标准宗地价, 其他地价形式均为区域价格。一般情况下, 宗地价格评估利用这些地价形式就可满足市场评估的要求, 但对研究城市内部的地价空间变化及演化规律就显得粗糙或力不从心。这为政府进行城市土地市场管理和城市土地优化利用正确的决策带来了难度。主要原因就是没有全市区详细的地价资料, 而获得这个资料按照常规方法不可能实现, 因为不可能为全市每一宗地进行地价评估。数字高程模型原理是利用部分调查资料(尤其是点状分布), 借助合理的插值, 使部分资料“分布化”^[8]到整个研究区, 并且其可视化很好。这正是我们进行城市土地价格研究所需要的。目前, 全国各个城镇的土地级别调整和基准地价更新工作基本完成, 工作中花费大量人财物力, 从市场调查了大量的地价交易资料, 借助这些资料便可以建立数字地价模型。这里需要解决的关键问题是: 如何将这些地价样点资料合理地“分布化”; “分布化”后的结果如何直观地展现和用于分析等。

本文就是基于多年来研究城市地价的资料历史和 GIS 的空间分析功能, 并以济南市为例尝试性

收稿日期: 2003-07-29; 修订日期: 2003-08-24

基金项目: 山东省人民政府院士基金项目“数字国土关键技术研究”(编号: 2002-1009); 国土资源部国土资源大调查项目“济南市城区土地价格调查”(编号: 2001-002)。

作者简介: 郑新奇(1963~), 男, 河南伊川县人, 教授, 主要研究方向为 GIS 开发与应用、土地评价与规划、复杂系统仿真、地理计算等。

E-mail: Zxqnr@beelink.com

地建立了数字地价模型,并从空间维和时间维进行分析,从而揭示地价变化规律,为政府决策提供科学依据。

2 数字地价模型的构建

2.1 数字地价模型相关概念

数字地价模型(Digital Land Price Model, DLPM)是用一组有序数值阵列形式表示地价高低的一种表面模型,是数字地形模型的一个分支,是数字高程模型的派生。与数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)类似,DLPM有多种表示形式,主要包括规则格网、不规则三角形网和鲑鱼骨等^[8-10]。

目前,全国所有城镇均进行了基准地价的更新。在更新过程中,大多数采用了网格法进行评价单元的划分,建立数字地价模型自然要考虑基于这样的工作基础开展。同时也为了减少数据的存储量及便于使用管理和已有数据的衔接,DLPM采用格网数字地价模型。当然利用离散点(地价样点)进行基于规则格网建立数字地价模型是顺理成章的事情^[10]。

在数字地价模型中,给定地价表面、地价剖面、地价阶地、地价坡度、坡向、地价密度、地价增值系数、相对地价差、绝对地价差、地价凹陷等概念来对数字地价模型的应用进行描述(图1)。

地价表面是指由离散的地价样点经过空间内插或分布化后形成的连续地价分布曲面(类似于地形曲面)。它是地价在空间上的三维表现。

地价剖面是指在地价表面上沿某一方向的线段垂直投影于地价表面的切面。由于城市地价的变化主要考虑地价的高低和土地的用途,因此,地价剖面可分为地价剖面线和地价剖面体。前者指地价表面上线段垂直投影与地价表面的切线,后者则指地价表面上线段垂直投影与地价表面的切面纹理(土地用途)。在进行地价剖面研究时,为了比较,对一个城市而言,通常可以选择一个“基点”,该基点可以是城市中心,也可以是城市某个方向的评价区边界上的一点,从而对整个评价区建立地价剖面,研究其空间变化和时间演化。

地价阶地是由于地价表面相对平缓的区域。地价陡坎是指地价表面起伏陡峭的区段。规定用地价表面上的任一点的切平面与水平面(即空间直角坐标系中的XOY面)的夹角大小来反映它们的差别,或者用地价坡度的大小来定量描述二者的变化。

地价凹陷指地价表面相对于周围区域向下凹陷的区域,用来刻画地价表面的空间和时间变化的特点。

2.2 离散地价样点空间内插与 DLPM 建立

要建立数字地价模型,首先要建立地价表面。建立地价表面的方法与建立数字高程模型的方法同理。就城市地价而言,地价样点的分布,更多地受区段的影响。一般地,在相同或相近区段,地价水平相同或相近。因此,在建立地价表面时,选择加权平均内插(即反距离)内插数学模型比较合理。

由于在较大的城市(评价区大于 50km^2)的地价样点的数量较多(一般大于2000个,有的甚至达到10000个以上),实际操作时,为了提高内插的速度,我们利用搜索圆实现对数据点的搜索,利用加权平均内插进行插值^[11]。

实际执行过程中,由于计算量较大,为加速计算,考虑了算法的收敛速度问题,并将上述问题归结为一个带有约束条件的搜索问题。

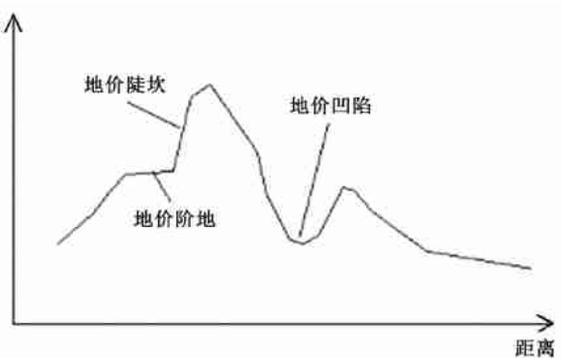


图1 数字地价模型剖面及其主要特征

Fig. 1 Section and main characteristics of DLPM

设在某一内插格网点的半径为 r 的圆域内,数据点个数为 $n(r)$,模型所要求的最少点数为 n_{\min} ,最多点数为 n_{\max} 。求 r^* ,使其满足 $n_{\min} \leq n(r) \leq n_{\max}$,当个别格网点周围一定区域内没有数据点时,将其作地价点空白区域来处理,不能继续扩大范围进行地价点的内插计算(图2)。该方法在 Arcview 3.2a 平台上利用 Avenue 编程实现^[12]。

利用该方法和利用 Voronoi 图进行内插建立的地价表面进行比较(图3),发现该方法的精度高于 Voronoi 图法,主要因为在 Voronoi 图中的一个区域中包括了若干个格网单元,导致内插结果精度降低^[13]。(图中格网的密度不同是采用动态网格建立的评价单元的结果。)

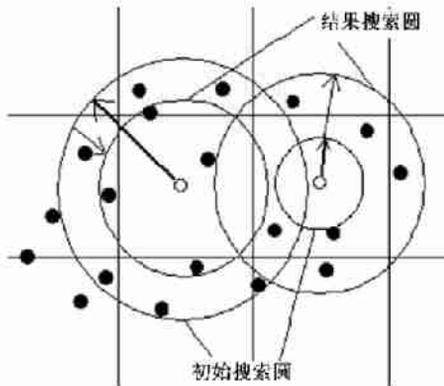


图2 初始搜索圆和结果搜索圆及搜索圆的确定

Fig. 2 Initial and final search circle

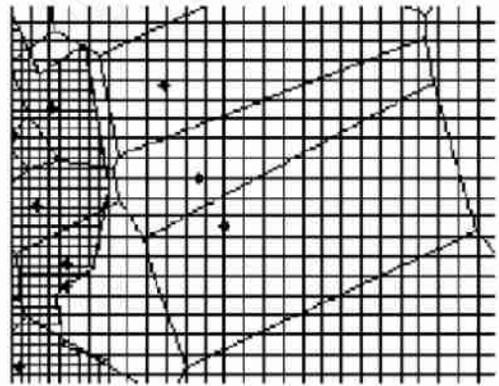


图3 Voronoi 图法进行的数据内插

Fig. 3 Interpolation of land price data with Voronoi diagram

3 数字地价模型的应用

济南市 1995 年进行了第一次基准地价评估,1998 年和 2001 年进行了第二次和第三次更新。1995 年和 1998 年的评价范围是 161km^2 ,2001 年的更新范围为 271km^2 。数据处理时将研究区统一到 2001 年的范围。用地类型数据为 2000 年济南市地籍调查数据。

3.1 地价剖面

按照前述格网数字地价模型和地价样点空间插值方法(自编程序完成),利用济南市 1998 年的地价样点 8 754 个,2001 年的地价样点数为 15 070 个,这些地价样点数据来源于 1998 年和 2001 年的市场调查,其中包括房地出租、房屋买卖、商品房出售、土地征用、土地出让、土地转让、土地出租、联合建房、联营入股、以地换房、旧城拆迁资料等。需要说明的是,本文提到的地价样点资料是按照技术规程^[7]进行修正后的有效样点。首先将这些样点进行离散地价样点空间内插,建立 $50\text{m} \times 50\text{m}$ 的 grid 文件,然后分别建立了济南市 1998 年的数字地价模型和 2001 年的数字地价模型。模型建立在 Arcview 3.2a 平台上实现,数字模型结果分析借助了 Arcview 的扩展模块 Spatial Analyst。

建立地价剖面时选择了两个基点: 中心基点,该基点用于研究地价从城市中心到评价区边缘的地价变化和用地类型的关系。本研究的中心基点设在济南市中心的商业街——泉城路的中心点(泉城路与天地坛街交叉口),这里是济南市地价最高的区域。通过该基点依据地价表面特点作了 8 条射线,建立了 8 个剖面,见图 4; 全区基点,该基点用于研究城市地价贯穿整个市区(评价区)的变化和用地类型的关系。本研究的全区基点设在评价区的西边,经十路与金三生路交叉口。通过该基点作了 8 条射线,建立了 8 个剖面,见图 4。

3.1.1 地价的空間分布规律 利用建立的数字地价模型(2001 年),分别对通过 8 条剖面线作地价剖面(见图 5、图 6)。地价空间变化有如下规律:

(1) 地价从中心基点向城市边缘总趋势是降低,但不同方向表现出不同的特点: 没有突变的

降低,如图 5(2、3、5)。这是通常意义上的“标准”变化^[5,6],土地利用类型也是从中心的商业金融用地向边缘的商住混合用地、住宅用地和工业用地变化;有突变的降低,如图 5(1、4、6、8)。出现突变的地方的用地多为商业的超市和住宅小区。和国内其他城市一样,这几年济南市的超市发展非常快,从市区内部到城市边缘均有分布。发展趋势是由外向内发展,当然这是土地置换的结果。超市作为商业用地,其地价水平明显高于住宅、工业等用的类型。房地产开发商在市区借助旧城改造或拆迁进行商品房建设,导致地价提高;有明显陡坎的降低,如图 5(2、4、7、8)。陡坎的出现主要是土地利用类型的变化,如图 5(7)是由于变为农地而造成的,图 5(2)是由于大明湖水域的影响,图 5(8)是因为广场和公园的影响。实际上,由于济南是北有黄河,南有低山,且低山是泉城的水源涵养区,限制开发。从图 5 可以看出,北部地价由中心向外围的变化比较平缓,而南部的地价则由中心向外缘的变化现对复杂,这与城市规划政策有密切关系。

(2) 在贯穿市区的地价剖面中,一般表现为从一个边缘到另一个边缘的地价由低到高再到低的变化规律。由于地价剖面经过不同的市区区位,呈现出不同的特点:穿过中心城区的地价剖面的变化基本符合正态分布,如图 6(3、4、5),没有穿过中心城区的地价剖面呈偏正态分布;穿过不同区位的地价剖面形态不同。穿过居住小区的地价剖面呈现出隆起的地价阶地,且有明显的地价陡坎,如图 6(7、8),穿过城乡交错区的呈明显的锯齿状,图 6(1、8);在工业用地分布集中区,地价变化比较平缓,但有明显的突变,如图 6(2),这主要是因为商业服务业的影响,图中最高处为向阳大酒店,次高处是济南汽车运输总公司。

这些地价变化特点反映了济南市实际上是一个单中心城市,虽然地价在贯穿市区是有不同的表现形式,但一个中心(高地价区非常明显)的特点很明显。在选取其他基点的试验中,也有类似情况。究其原因,主要是济南市从历史演化至今,单中心性一直没有改变。

(3) 地价从中心区向边缘区降低的过程中,距离中心基点越近的地区,地价变化的波动较大,越靠近郊区的地方,地价变化越平缓。这也反映出由于城市中心区的土地利用类型复杂,各种用地交错分布,尤其是对地价比较敏感的商业金融用地的分布影响地价的变化比较活跃。通过地价剖面 and 用地类型的分析,在进行城市改造和规划时,可以放大图形,对城市土地的结构优化以及进行 CBD 选择和建设提供参考。

(4) 地价陡坎与地价阶地的转换角度一般 $60^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 之间所占比重较大,也可以说,当表面坡度大于 60° 时为地价陡坎;而当表面坡度介于 $25^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间时从统计学意义上讲一般可认为是地价阶地;当表面坡度小于 25° 时,则可认为地价处于稳定状态。

(5) 地价陡坎,一般总是介于凹性地价阶地与凸性地价阶地之间,且地价陡坎带有方向性,即始终倾向于地价低的方向,就是向城市边缘区倾斜。

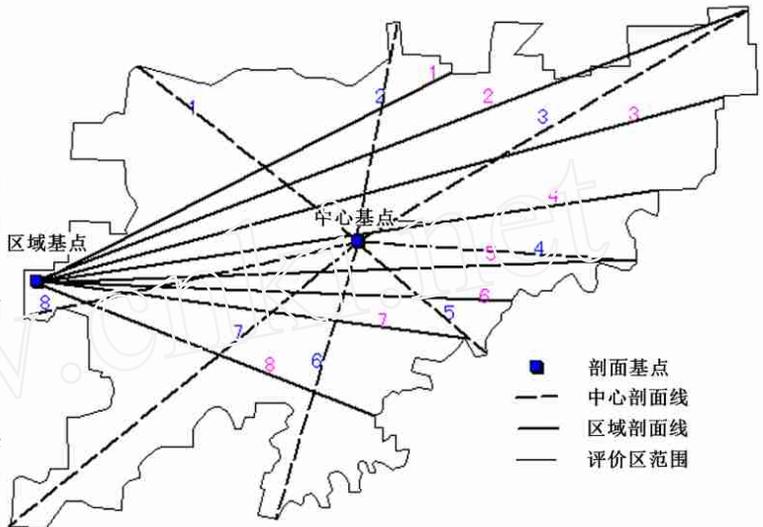


图 4 济南市地价剖面线位置

Fig. 4 Section line of land price in urban area of Jinan

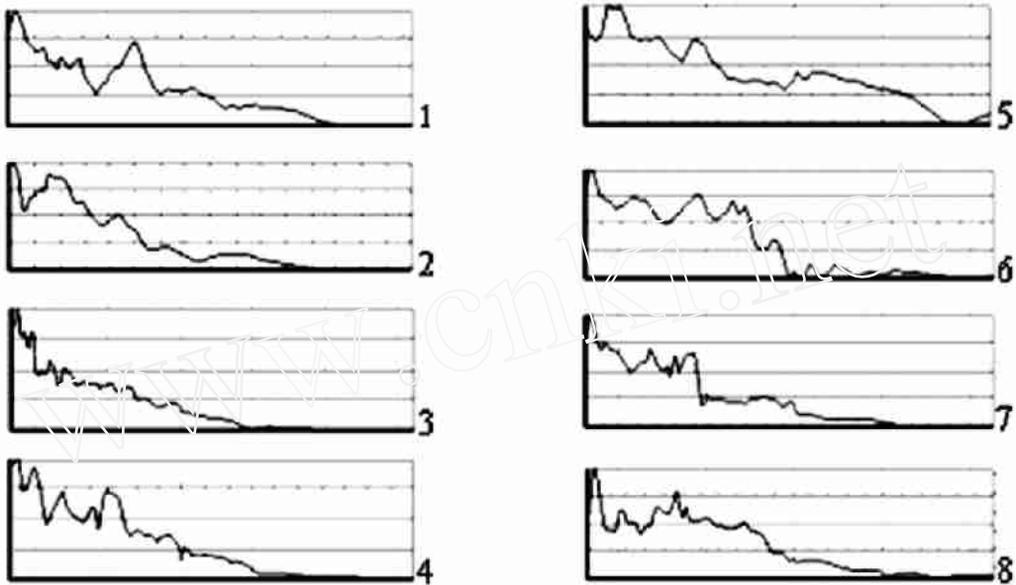


图5 中心基点的地价剖面

Fig. 5 Land price section of central base point

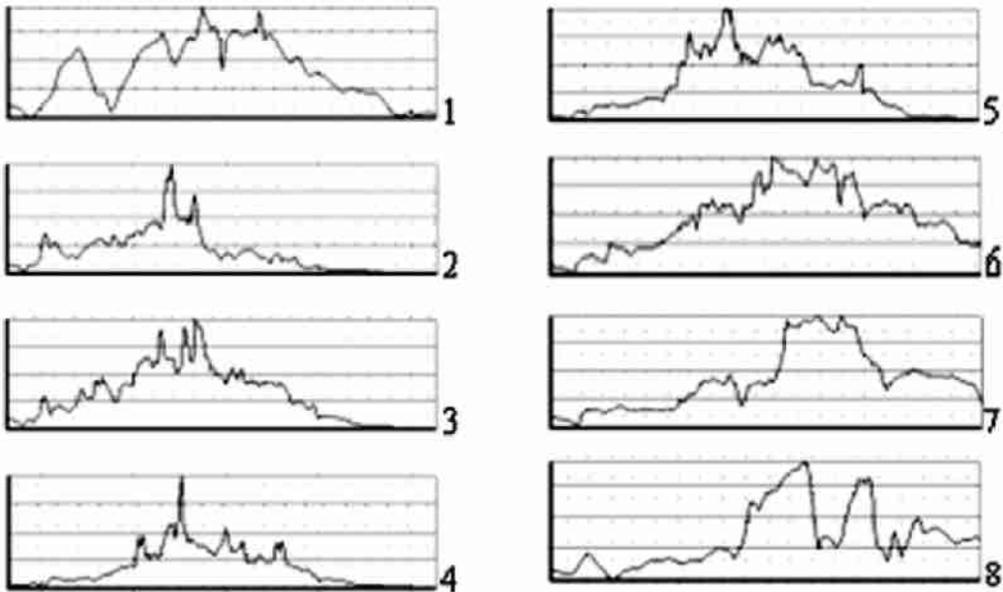


图6 贯穿市区的地价剖面

Fig. 6 Land price section of through urban area

(6) 地价剖面有两个地段呈现出显著的地价陡坎:中心区外缘和城郊结合部位,因为城市地价剖面有明显的3个层次:处于高值的中心区、位于低值的城郊绵延带和介于这两者之间的过渡区。

3.1.2 地价的时间演化规律 从济南市区1998年和2001年的数字地价模型对比分析看,随着时间的推移地价陡坎总是顺着地价降低的方向平移,见图7(a、b),城市中心区的地价升幅高于城市郊区的地价升幅,见图7(c、d)。

地价阶地的演变表现出两种趋势,即空间分布范围变小或变大,阶地表面的凹陷或凸起,空间的变化和凹凸的变化可演化出多种变化趋势:

(1) 凹性地价阶地变小或变平缓,如图 7(a)、图 7(c) 中间峰值右侧或图 7(b) 中间部分所示,这是由于该地价阶地周边地区地价上涨要快于阶地中心部位。这是因为被称为济南“金街”的泉城路经过 2001 年到 2002 年的改造,经过拍卖,地价大幅上涨,如商用房购买价格最高达到 2.88×10^4 元 $\cdot \text{m}^{-2}$,较 1998 年提高了 3 倍多。

(2) 凹性地价阶地转变为凸性地价阶地,如图 7(b) 中的注记部分所示,这是地价阶地中心部位地价上涨特别快而造成的。在这里由于瞬湖住宅小区的建设,使地价在原来农用地基础上提升较大幅度。可见数字地价模型在分析地价和土地用途改变的关系时非常方便和有用。

(3) 凸性地价阶地变小或转化为非地价阶地,如图 7(a)、图 7(c)、图 7(d) 注记部分所示,地价阶地中心部位地价上涨特别快造成这种现象。

(4) 凸性地价阶地变大或平缓,如图 7(b) 的右边部分所示,这是地价阶地周边地区地价上涨快于中心部位造成的。

这些特点从空间上反映了济南城市建设从 1998 年到 2001 年的空间变化,这种空间变化从地价的变化反映了城市规划的变化,通过分析,可以为政府的决策提供直观的决策依据。

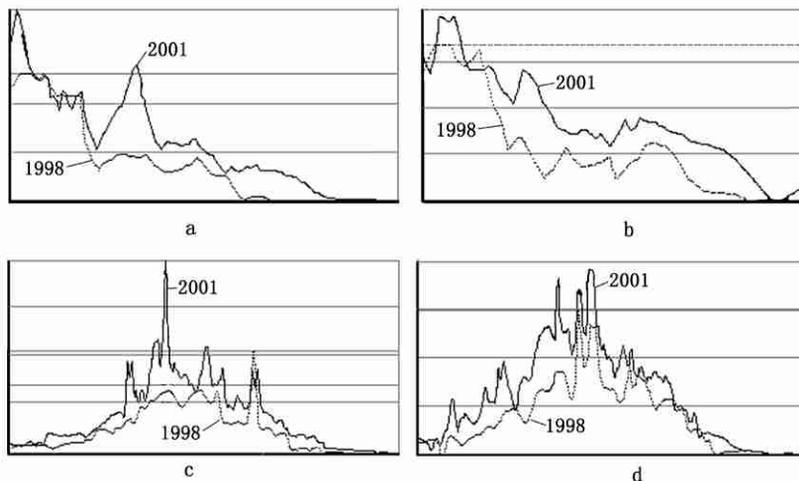


图 7 济南市区 1998 年~2001 年地价剖面随时间变化

Fig. 7 Change of land price section of Jinan urban area from 1998 to 2001

3.2 地价增值与潜力分析

地价增值可用地价增值系数表示,地价增值系数可用地价增值率和增值速度来反映。前者指单位时间内某宗地地价的增加值与原地价的比值,后者指单位时间内某地块地价的增加值。济南市区 1998 年到 2001 年的年均地价增值率 6.366%,增值速度为 99.337 元 $\cdot \text{m}^{-2}$ 。

济南市区地价增值速度最快的地段主要有: 由于济南市泉城路的建设,郊区房地产开发等使市中心区及其外围、城郊结合部位成为地价增值速度最快的区域; 地价阶地和地价凹陷成为土地增值最具潜力的地段; 受城市规划和商业服务业建设的影响,以及交通条件的改善,这些地区成为地价增值的潜力区,同时造成局部区域的地价突变; 依据地价剖面和历史数字地价模型,参考城市规划等信息,对地价增值区或者具体宗地的增值潜力分析,很容易就可以直观地看到地价空间和时间的变化规律。

4 结语

通过数字地价模型的建立和在济南市区的应用,可以得出如下结论:

(1)在建立了DLPM后,通过地价表面、地价阶地、地价剖面、地价陡坎、地价凹陷等特征参量对地价的空间和时间变化规律进行分析,直观且易于理解。

(2)利用历史资料建立DLPM,通过地价增值率和地价增值速度分析,可以容易地对区段的地价变化情况和增值潜力进行分析和前景预测,可为地价政策制定、房地产开发等提供可视化的参考。

(3)结合城市地籍调查资料,利用DLPM可以方便地进行土地利用类型变化和地价变化的相关分析,为城市规划、土地管理、房地产等提供直观参考。

对DLPM的研究需要进一步探讨的有: 如何将社会经济、城市规划等因素加入到中,扩大DLPM的应用面; 地价样点的空间内插算法的优化; 城市地价三维空间在时间序列上的动态演化模型等。

参考文献 (References):

- [1] 葛京凤,郭爱清. 城镇土地定级估价成果更新初探[J]. 资源科学, 2001, (2): 22 ~ 25. [GE Jing-feng, GUO Ai-qing. Renewal of urban land gradation evaluation result[J]. *Resources Science*, 2001, (2): 22 ~ 25.]
- [2] 刘卫东. 新时期城市基准地价更新与应用问题研究[J]. 经济地理, 2003, (2): 255 ~ 258. [LIU Wei-dong. Study on renew and application of urban standard land price in the new era[J]. *Economic Geography*, 2003, (2): 255 ~ 258.]
- [3] 郑新奇,潘光明,刘祥元. 论城镇土地基准地价调整的技术路线[J]. 山东师范大学学报, 2002, (3): 1 ~ 3. [ZHENG Xin-qi, PAN Guang-ming, LIU Xiang-yuan. The technical route of urban datum land price adjustment[J]. *Journal of Shandong Normal University*, 2002, (3): 1 ~ 3.]
- [4] 徐燕,王晓梅. 1994 ~ 1999年北京市住宅出让地价时空分布研究[J]. 中国土地科学, 2000, (4): 42 ~ 46. [XU Yan, WANG Xiao-mei. Study on space-time distribution of remised residential land price in Beijing from 1994 to 1999[J]. *China Land Science*, 2000, (4): 42 ~ 46.]
- [5] 陈浮,李满春,周寅康,等. 城市地价空间分布图式的地统计学分析[J]. 南京大学学报(自然科学), 1999, 35(6): 719 ~ 723. [CHEN Fu, LI Man-chun, ZHOU Yan-kang, et. al. Analysis of the spatial distribution pattern of urban land price with geostatistics[J]. *Journal of Nanjing University (Natural Science edition)*, 1999, 35(6): 719 ~ 723.]
- [6] 王茂春. 论城市地价空间演化规律及其动因[J]. 热带地理, 1997, (4): 347 ~ 352. [WANG Mao-chun. On spatial development rule of urban land price and its driving factors[J]. *Tropical Geography*, 1997, (4): 347 ~ 352.]
- [7] GB/T18508 - 2001, 城镇土地估价规程[S]. [GB/T18508 - 2001, Regulations for Urban Land Evaluation[S].]
- [8] 李志林,朱庆. 数字高程模型[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001. [LI Zhi-lin, ZHU Qing. Digital Elevation Model[M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2001.]
- [9] 李新,程国栋,卢玲. 空间内插方法比较[J]. 地球科学进展, 2000, (3): 260 ~ 265. [LI Xin, CHENG Guo-dong, LU Ling. Comparison of spatial interpolate on methods[J]. *Advance in Earth Sciences*, 2000, (3): 260 ~ 265.]
- [10] Collins F C. A comparison of spatial interpolation techniques in temperature estimation[EB/OL]. http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CDROM/sf_papers/collinsfred/collins.html, 1999-01-13/2001-10-25.
- [11] 郑新奇,王家耀. 城市地价动态监测点设置的Voronoi方法研究[J]. 解放军测绘学院学报, 2003, (4): 254 ~ 260. [ZHENG Xin-qi, WANG Jia-yao. Study on the Voronoi method for the disposition of dynamic monitoring point of urban land price[J]. *Journal of Institute of Surveying and Mapping*, 2003, (4): 254 ~ 260.]
- [12] 王家耀. 空间信息系统原理[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 158 ~ 204. [WANG Jia-yao. Principle on Spatial Information System[M]. Beijing: Science Press, 2001. 158 ~ 204.]
- [13] 汤国安,陈正江,赵牡丹,等. Arcview地理信息系统空间分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 186 ~ 207. [TANG Guo-an, CHEN Zheng-jiang, ZHAO Mu-dan, et. al. Spatial Analysis Method on Arcview Geographic Information System[M]. Beijing: Science Press, 2002. 186 ~ 207.]
- [14] 艾廷华,刘耀林. 保持空间分布特征的群点化简方法[J]. 测绘学报, 2002, (2): 175 ~ 181. [AI Yan-hua, LIU Yao-lin. A method of point cluster simplification with spatial distribution properties preserved[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2002, (2): 175 ~ 181.]

Design and Application of Digital Land Price Model for Land Price Evolution in Urban Area

ZHENG Xin-qi^{1,2}, WANG Jia-yao², YAN Hong-wen¹, WANG Ai-ping¹, WANG Xiao-ming¹

(1. Institute of Geography, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;

2. College of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: This paper defines the related concept of digital land price model (DLPM). The grid files are established using the method of space interpolation that is weight average interpolation and searches circle for the dispersed land price point. Based on the Arcview platform and compiling programs by ourselves, the DLPM of urban area of Jinan in 1998 and 2001 is established. The main conclusions are: 1) general trend of land price is reduction from central base point to urban edge, but there are different characteristics in different direction; 2) from one edge to another, land price shows low-high-low, and its sections through urban areas show normal school and deflection normal school; 3) land price evolves with time, concaveness land price terrace changes little or gentle or protruding, and protuberant land price terrace changes little or not, price terrace or big or gentle; 4) the increasing potential of price is analyzed by the increasing rate and increasing speed of land price.

Key words: Digital land price model; Space interpolation; Land price evolution law; Urban land price; Urban area of Jinan

重要更正

本刊 2003 年(第 25 卷)第 6 期第 28 页刊载的裴源生等的“黄河流域农业需水价格弹性研究”一文图 1 有误,特此更正如下,并在此向读者致歉。

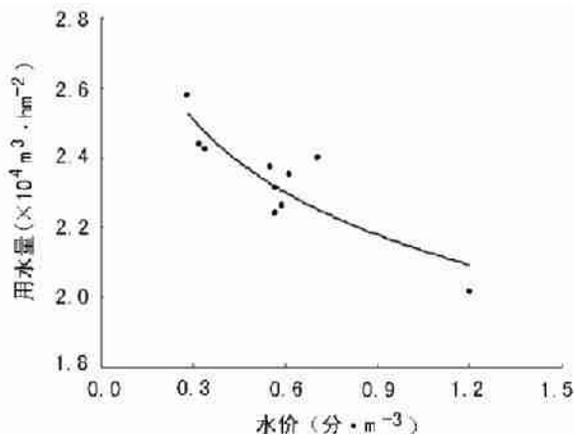


图 1 宁夏引黄灌区农业用水需求曲线