

Research on Chongqing Land Grading and Standard Price Appraisal Information System Based on Mixed Vector-Raster Spatial Data Format

Tingting Xu^{1,2}, Yuhua Li^{1,2}, Haotao Pen^{1,2}, Kai Li^{1,2}

¹Chongqing Institute of Surveying and Planning for Land Resources and Housing, Chongqing

²Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy Sciences, Chongqing Research Center, Chongqing

Email: 23976138@qq.com

Received: Jan. 6th, 2014; revised: Feb. 2nd, 2014; accepted: Feb. 10th, 2014

Copyright © 2014 Tingting Xu et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. In accordance of the Creative Commons Attribution License all Copyrights © 2014 are reserved for Hans and the owner of the intellectual property Tingting Xu et al. All Copyright © 2014 are guarded by law and by Hans as a guardian.

Abstract: With the rapid development of computer and information technology, land grading and standard price appraisal is treated as a fundamental unit for land management. In order to change the traditional manual work process, reduce the human intervention, and increase the speed and accuracy of calculation, database technology must be added into this work and GIS based land grading and standard price appraisal database management platform must be established to meet this demand of land management. Due to this reason, the research put forward the innovative mixed vector-raster spatial data format to build the database of the factors and indicators for land grading and standard price appraisal calculation process and applied the cost distance and other spatial analysis algorithms to build the work procedure database and result database which are also generated on mixed vector-raster data format. This mixed format database and land grading and standard price appraisal procedures make up the deficiency of the most used land evaluation database system based only on vector data format in China, and overcome the problems such as big amount of calculation process, inaccurate results, and incomplete data. It also enhances the efficiency of land grading and standard price appraisal work and provides an optimized choice to get more accuracy results. At last, this research set the downtown area of Chongqing as the research area, demonstrated the feasibility of the database and algorithms for land grading and standard price appraisal work, and obtained the accurate results of land grading and standard price appraisal in the downtown area of Chongqing.

Keywords: GIS (Geodatabase); Mixed Vector-Raster Spatial Data Format; Land Grading and Standard Price Appraisal

基于矢量和栅格混合空间数据格式的重庆市城镇土地定级估价数据库系统研制

许汀汀^{1,2}, 李玉华^{1,2}, 彭海涛^{1,2}, 李凯^{1,2}

¹重庆市国土资源和房屋勘测规划院, 重庆

²国家遥感应用工程技术研究中心重庆研究中心, 重庆

Email: 23976138@qq.com

收稿日期: 2014年1月6日; 修回日期: 2014年2月2日; 录用日期: 2014年2月10日

摘要: 随着当前计算机技术和信息技术的高速发展, 土地定级估价已经作为土地管理行业的一门基础性工作, 借助计算机技术和数据库技术, 依托地理信息系统(GIS)平台建立的土地定级估价信息化管

理系统,能够改变过去传统的手工操作方式,减少人为干预程度的同时提高运算速度及精度。由此,本研究创新性的提出了基于矢量和栅格混合空间数据格式的土地定级估价因素因子数据库,通过最小路径、九宫格领域算法计算得到同样基于矢量和栅格混合空间数据格式的土地定级估价过程数据库以及土地定级估价结果数据库。基于矢量和栅格的混合空间数据库和土地定级估价处理方式很好的弥补了国内的土地评估单位基本只采用基于矢量数据格式计算的土地定级估价信息系统计算量大,精度不高,以及数据不完整等方面的不足,为提高土地定级估价工作的效率和结果的精确性提供了更优化的选择。最后以重庆市主城区为例,验证了该数据库和土地定级估价算法的可行性,并形成了重庆市主城区土地等级和基准地价数据库。

关键词: 地理信息系统(GIS); 矢量、栅格混合空间数据模型; 土地定级估价

1. 当前土地定级估价软件和算法的情况

随着当前计算机技术和信息技术的高速发展,土地定级估价已经作为土地管理行业的一门基础性工作,现阶段面临着信息化的挑战。因此,土地定级估价工作必须借助计算机技术,依托地理信息系统(GIS)平台建立起的能为土地行业服务的土地定级估价信息化管理系统,从根本上改变过去传统的手工操作方式,提高运算速度及精度,减少人为干预程度,使得土地定级估价信息的生产及交流与市场接轨^[1-6]。

我国目前市场上已有的城镇土地定级估价系统多是针对特定城镇的具体情况开发,且开发技术相对落后,系统开发过程普遍存在周期长、投入大、重复劳动等问题,开发完成后又存在系统集成性弱、不易维护、不易扩展的问题,且系统使用算法大多数是基于矢量进行空间缓冲区分析的方法,计算量大,耗时长,容易出现内存溢出等不稳定现象^[2,3,7-11]。本文以 ArcGIS Engine 技术为核心,结合矢栅一体化的数据结构方法,以栅格空间计算为主题,提出了一种通用的城镇土地定级方法,该方法有效的解决了目前城镇土地定级估价系统中存在的问题,提供了一种计算精确,耗时短更有效率的土地定级智能实现手段^[4-6,10-12]。

2. 土地定级估价工作中矢量数据和栅格数据的比较

2.1. 矢量数据的优缺点

在土地定级估价数据库中,各因素因子可以以点、线、面的矢量形式在 GIS 系统中表示并实现空间分析功能。矢量数据的优点是数据结构紧凑、冗

余度低,有利于网络和检索分析,且显示效果好,精度高。对于土地定级估价数据库中的因素因子空间要素,基于矢量的空间计算方法往往能比较快速精确的对其进行拓扑关系的搜索以及网络信息的查询,并且成图效果好^[13-15]。如在本次研制的重庆市土地定级估价数据库信息系统中,因素因子的空间拓扑关系及属性信息查询以及最后形成的重庆市城镇土地定级估价成果,都是以矢量数据的形式在数据库中存储。但是矢量数据和空间矢量算法的缺点也很明显,矢量数据的数据结构往往比较复杂,基于矢量的空间算法对多种图形的叠加分析也比较困难。以基于矢量数据格式的商服繁华度计算为例,需要商业网点以矢量面的形式表示出来,然后计算每个功能格网中心点到商业网点面的最短距离。在确定不同商业网点等级和相关影响半径后,找出那些格网处于影响半径以内,然后记录格网中心点到该面状商业网点的最短距离并通过指数衰减模型计算每个符合条件的格网功能分并赋值^[1,16,17]。这种通过格网点中心距离和缓冲区分析反推商业繁华度作用分的方法不仅耗时长,容易出现偏差,而且也不符合我国关于土地定级的操作规程。

2.2. 栅格数据的优缺点

栅格数据的优点是数据结构比较简单,便于空间分析和地表情况模拟,现势性强,由于栅格数据就是二维平面区域内一系列规则和不规则的网格,通常是正方形网格,完全对应了土地定级估价工作当中的单元计算网格。因此,基于栅格数据的空间分析算法可以和城镇土地定级估价工作很好地结合起来。土地定级估价中的各种因素因子可以理解为栅格数据空间

分析中的“源”，如商服中心、道路、学校、医院等，而土地定级估价单元就是二维空间平面内的“栅格”单元，土地定级估价单元与各种因素因子的空间关系就是“源”与“栅格”的空间关系。同等数据条件下，与其他基于矢量数据计算的土地定级估价软件相比，基于栅格数据的空间分析可以显著减少数据处理和计算的时间，提高了软件运行效率，并且有效地解决了软件系统对于复杂矢量数据无法计算或分析叠加过程中内存溢出等容易产生的问题^[18]。但是，栅格数据占用储存空间量大、投影转换比较复杂、形成的最终栅格数据成果显示效果相对较差并且对于空间地物的属性信息无法很好地进行表示和查询。

2.3. 矢量和栅格混合空间数据格式

通过对矢量和栅格数据优缺点的描述并结合本次重庆市土地定级估价工作的具体要求，本研究研制了基于矢量和栅格混合空间数据格式的重庆市城镇土地定级估价数据库信息系统。该数据库系统由土地定级估价因素因子数据库、土地定级估价过程数据库、以及土地定级估价成果数据库三个数据库组成。矢量数据主要储存在因素因子数据库和成果数据库当中，实现空间拓扑和网络信息检索和成果展示等功能，并为土地定级估价空间分析提供“源”数据。栅格数据主要是土地定级估价空间分析工作中所产生并储存的过程数据以及储存在因素因子数据库和成果数据库当中定级估价单元格网数据。这种基于矢量和栅格混合空间数据格式的处理方式充分融合了矢量和栅格数据的优点，使两者达到了最大程度上的互补。

3. 土地定级估价栅格算法

本研究将栅格数据模型引入土地定级估价软件进行空间分析过程计算，替换以往常规土地定级估价系统计算所采用的矢量数据模型，并提出以大小相等、分布均匀的紧密相连的像元阵列栅格数据作为定级估价工作单元来进行空间分析计算。栅格像元大小设定与土地定级规程中的单元网格大小一致，此栅格数据表示方法在进行土地定级计算时与土地定级规程中涉及的单元网格概念更为相近。于此同时，本研究引入了遥感图像数据处理方式和基于图像数据算法的层加减(Local Analysis)，邻域计算(Focal Analysis)，区间计算(Zonal Analysis)，以及消费距离算法(Cost

Distance)等给予栅格数据的空间分析方法解决土地定级估价问题，替换了以往基于矢量数据模型的复杂空间叠致和循环计算。下面就以基于栅格数据格式的有障碍商业繁华度功能分和道路通达系数来说明栅格算法的具体实现。

3.1. 商业繁华度(有障碍)

对于商业繁华度来说，商业网点是用于进行土地定级的“源”，商业网点可以是点线面等不同数据的交集。如果不考虑障碍物，商业繁华度可以很简单的由欧式距离得到，只需要计算每个栅格到商业网点的密度然后选取影响半径以内的栅格作为影响区域并赋值即可。如果出现障碍物，在没有连接(如横跨河流两岸的大桥)或无法绕过障碍物，商业网点影响终端，在存在联通或者可以绕过的情况下，应该以联通处开始新一轮的辐射，且受障碍的影响，外侧栅格的分数肯定会有所下降^[16,19]。欧式距离计算无法满足存在障碍的商业繁华度计算，而基于栅格空间分析的 cost distance 算法实现(图 1)。Cost distance 需要两个栅格数据层，即价值层(value layer)和代价层(cost layer)。价值层储存需要计算的栅格位置，确定哪些栅格需要进行计算，代价层表示价值层的栅格移动到代价层对应栅格需要的代价。就商服繁华度计算而言，商业网点定义为价值层，计算代价层每个栅格像元到其的距离。从一个栅格出发，先遍历周围 8 个栅格，找到代价最小的，确定前往下一个栅格的方向，然后移动并以此类推。如果代价层所有栅格取值一样，则结果和欧式距离计算结果一致。如果周围栅格出现“NoData”，则代表此方向形成断路。通过数据处理，把河流或其他障碍物栅格数据设为“Nodata”，联通物和其他栅格设统一值。在计算有障碍商业繁华度时，就会通过联通物找到最近距离并形成二次辐射。将基于图像计算的消耗距离算法(Cost Distance)引入解决障碍阻隔条件下商业繁华度扩散范围计算问题，替换了基于矢量数据结构的绕障碍物较为复杂的迷宫算法(Mase-running)和路线搜寻(Line-searching)算法，与其他土地定级估价软件相比，更加快速准确地计算出在障碍阻隔条件下的商业繁华度。

3.2. 道路通达系数

一般来说，道路在 GIS 中为线状矢量格式。计算

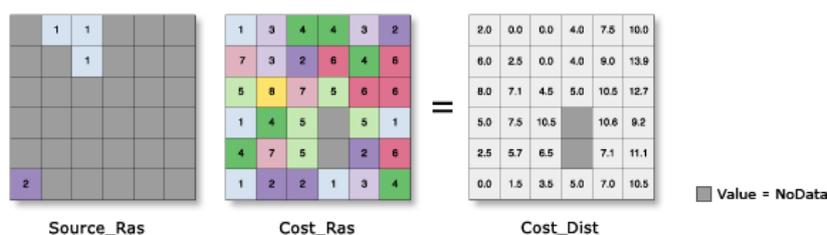


Figure 1. Cost Distance Algorithm based on raster data format
图 1. 基于栅格数据的 Cost Distance 算法示意图

道路通达度需要对每个功能分计算格网做缓冲区分析，然后在缓冲区内查找是否有道路与缓冲区相交计算交点，并通过交点个数对应记录道路通达系数。城市的道路网数据复杂，而以上算法对于每一个格网而言，都需要遍历所有的道路，产生了过多不必要的计算，加大了计算量同时增加了计算的时间。基于栅格的道路通达系数计算方法，把格网和道路至于置于统一数据层，对于每个栅格(即计算格网)赋值为0,道路赋值为1,通过基于栅格的邻域计算，计算每个栅格相邻8个栅格和自身值的总和，得到基于每个栅格的道路通达系数。但是由于在基础计算层中，道路本来赋值唯一，所以最终结果还需减去原始计算图层以消除道路对自身的影响。将八叉树邻域空间分析算法引入重庆市城镇土地定级估价数据库系统中解决道路通达度系数问题，替换了一般土地定级估价系统基于矢量数据格式的循环求交和缓冲区分析计算，优化了不同等级道路通达系数的模型算法实现。这个算法把计算格网和道路看成一个整体，大大的节约了计算时间，提高了工作效率。通过实际数据实验，采用栅格数据模型八叉树邻域空间分析算法和采用矢量数据格式模型的循环求交和缓冲区分析计算得到的结果基本一致，但是前者的时间只为后者的1/10。

4. 重庆市土地定级估价工作中的应用

2011年8月第四次重庆市国有土地使用权土地级别和基准地价调整工作正式启动。在进行大量前期工作的基础上，作者和相关人员创新性的提出了以矢量数据和栅格数据混合的空间数据格式进行土地级别和基准地价调整的计算工作，以此研发了重庆市城镇土地定级估价数据库系统。

重庆市城镇土地定级估价数据库系统的研制

以 ArcGIS Engine 作为二次开发组件和.net 作为开发平台，充分利用了 ArcGIS 软件强大的空间分析能力，减少了开发的难度和复杂^[17,18,20-24]。系统以 SQLServer 2005 作为后台数据库管理系统软件，采用目前比较成熟的基于网格单元的多因素多因子评价法。系统输入和输出的空间数据格式为矢量数据格式，空间分析时采用栅格数据格式，即采用矢量和栅格混合使用的空间数据模型，充分利用矢量和栅格两种数据格式在不同定级过程中的优点。在严格遵循《城镇土地定级规程》和《城镇土地估价规程》两个规程的要求的基础上，解决了定级过程中空间分析模型(如距离分析、障碍分析、栅格数据空间叠加分析)与系统的集成，在实现定级因素因子的动态添加和删减功能的基础上，系统具有通用性。系统将定级估价的专家知识集成到软件中，操作简单，不仅能为定级估价工作提供完整的一系列服务，快速得到计算过程中间数据和计算成果数据，而且最终成果数据也更能满足今后土地级别和基准地价管理工作。

系统的功能涵盖了从因素因子设定，定级计算到基准地价计算等一系列的土地业务活动(系统设计框架见图2)，充分利用现代计算机技术、管理信息系统(MIS)、地理信息系统(GIS)、决策支持系统(DSS)、数据库技术、空间数学模型和算法、基准地价更新技术规范等，使土地级别调整和基准地价更新所需要的时间大大缩短。这不仅极大地减轻了业务工作人员的负担，规范土地级别调整和基准地价的评估与更新，而且能够有效地存储空间图形的属性数据。

由土地定级业务流程来看，经过外业调查和整理后的定级工作底图是以矢量数据形式保存的，最终定级结果以挂图的方式呈现，所以输入和输出系统的空间数据模型选择为矢量数据。栅格数据是以像元形式来表达数据的，每个像元的位置由该像元的行列号决

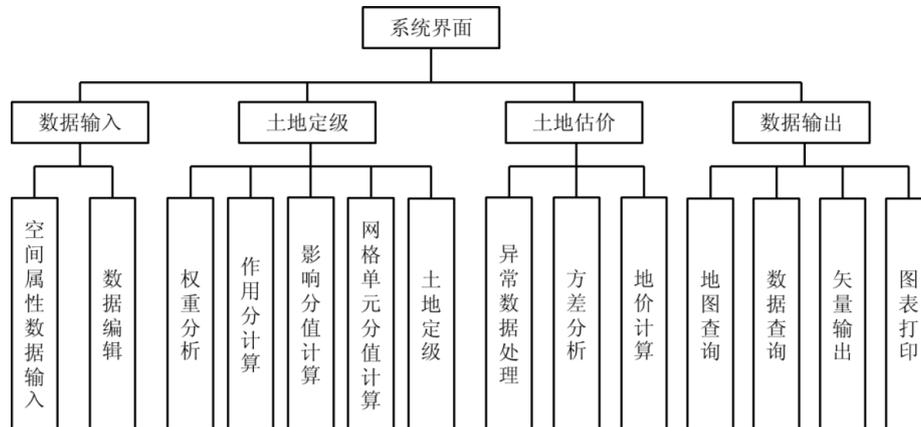


Figure 2. System Frame for Chongqing Land Grading and Standard Price Appraisal Information System
图 2. 重庆市城镇土地定级估价数据库系统框架图

定，像元能够表达一个唯一的值。这与土地定级规程中涉及的单元网格概念相近，所以采用栅格数据方格唯一值来描述定级单元网格的作用分值和进行空间分析计算。

区别于其他土地定级估价软件只是对已有数据进行计算并生成结果，重庆市城镇土地定级估价数据库系统从始至终的贯穿于整个土地级别和基准地价调整工作中。从在开始的工作底图制作，到前期的因素因子数据输入，再到中期的土地定级和基准地价计算，最终形成结果的土地级别图、级别册以及基准地价分布图，所有上述步骤均可通过本系统完成。并且在这一系列工作中形成的底图数据、过程数据、成果数据，均按照规程由系统自动建立对应的数据库并进行数据管理。因此，与其他土地定级估价软件系统相比，基于重庆市城镇土地定级估价数据库系统将定级估价工作和数据库建库工作统一为一个完整的过程，既能进行一般土地定级估价系统应有的土地定级估价计算，又能对进行土地定级估价的相关数据进行管理和建库，功能更全面，内容更丰富，结构更开发。

5. 结果

重庆市城镇土地定级估价数据库系统的研制是以 GIS 为基础平台，专门为国土资源业务领域的土地管理业务人员、土地定级估价人员等开发的一套业务应用和数据库管理软件，系统界面见图 3。该系统能产生定级估价过程中的中间过程数据和最终结果数据，且数据格式是均为地理信息系统通用数据格式，而不仅仅是一些土地定级估价软件生成的静态图片或缺失属性的空

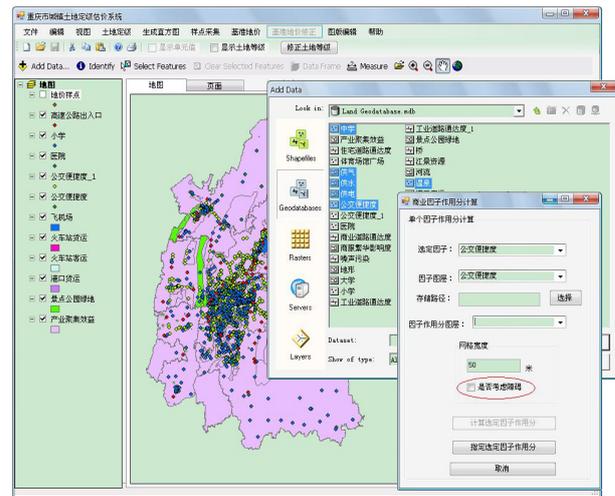


Figure 3(a). Chongqing Land Grading and Standard Price Appraisal Information System – User interface for land grading
图 3(a). 重庆市城镇土地定级估价数据库系统-特尔非法土地定级系统界面



Figure 3(b). Chongqing Land Grading and Standard Price Appraisal Information System – User interface for stander price appraisal
图 3(b). 重庆市城镇土地定级估价数据库系统-样本地点土地估价系统界面

间数据。系统既能满足中间数据和成果数据的浏览、查看些土地定级估价软件生成的静态图片或缺失属性的空询以及分析统计功能,让中间数据和成果数据发挥最大的利用效益,还能对评估单位提交的定级成果的合理性和科学性进行对比验证,确保成果数据的质量。

目前该系统已经成功运用到重庆市主城区及其区县的城镇土地定级估价工作中。在因素因子以及权重商服中心、交通、基础设施以及商业、工业、住宅重确定的基础上,按照数据库标准采集相关数据,包地价样点,并建立了重庆市土地定级估价数据库,用土地定级估价系统分别进行了重庆市商业、工业、住宅用地土地等级的计算,并根据实际情况对个别土地级别进行调整;根据土地级别对地价样点进行过滤筛选,保证每平方公里内的地价样点数量不少于40个,根据精度要求,进行一次、二次或则三次方差剔除异常值,得出了重庆市2012土地定级估价结果^[25],见图4。该结果经过专家论证,基本符合重庆市的实际

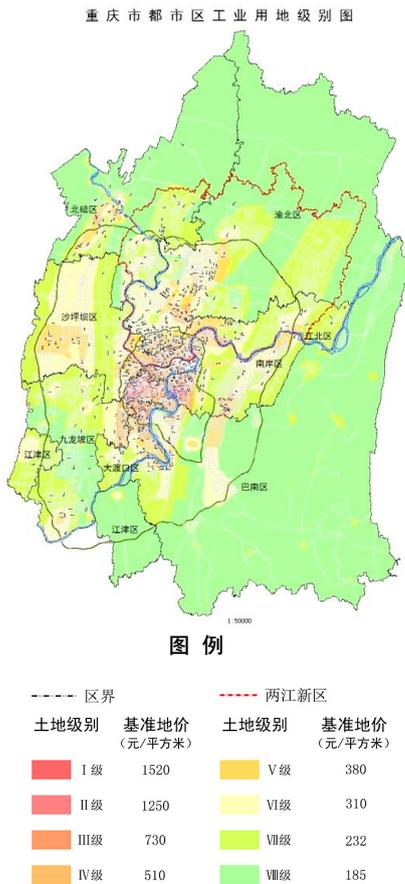


Figure 4(a). Urban land grades results for Chongqing, 2012 (Industry)
图4(a). 2012年重庆市城镇土地工业用地等级及基准地价图



Figure 4(b). Urban land grades results for Chongqing, 2012 (Resident)
图4(b). 2012年重庆市城镇土地住宅用地等级及基准地价图



Figure 4(c). Urban land grades results for Chongqing, 2012 (Business)
图4(c). 2012年重庆市城镇土地商业用地等级及基准地价图

情况,证明该系统计算的定级估价成果比较准确,能够用于实际的土地定级估价工作。

参考文献 (References)

- [1] 刘耀林,傅佩红 (2004) Kriging 空间分析法及其在地价评估中的应用. *武汉大学学报(信息科学版)*, **29**, 471-474.
- [2] 梁留科 (1998) 城区土地定级实践研究——以唐河县为例. *地理研究*, **17**, 90-98.
- [3] 姜栋 (2002) 城市土地价格调查与地价动态监测体系建设. *中国土地科学*, **16**, 26-30.
- [4] 周江,李佩武 (2004) 城镇土地定级估价信息系统的设计与开发模式探讨. *天津师范大学学报(自然科学版)*, **24**, 20-22.
- [5] 张友挺 (2009) GIS 环境下城镇土地定级估价信息系统的设计与实现. 西南交通大学, 成都.
- [6] 王宝珍 (2002) 城镇土地定级估价信息系统. *测绘软科学研究*, **8**, 39-44.
- [7] 傅佩红,李雪飞 (2006) 基于组件的土地定级信息系统的开发与研究. *测绘科学*, **31**, 99-101.
- [8] 祝国瑞,唐旭,王平,等 (2003) 模拟退火算法在动态建立基准地价模型中的应用. *武汉大学学报(信息科学版)*, **28**, 593-595,607.
- [9] 胡石元,李德仁,刘耀林,李德毅 (2006) 体现主客观信息的土地定级因素综合集成赋权法研究. *武汉大学学报(信息科学版)*, **31**, 695-699.
- [10] 刁海亭 (2003) 组件式 GIS 支持下的城镇土地定级信息系统. 山东农业大学, 济南.
- [11] 吕红霞,倪绍祥,蒋建军,等 (2002) 基于组件式 GIS 的城市土地定级信息系统研究. *南京师大学报(自然科学版)*, **25**, 42-47.
- [12] 胡石元,刘耀林,唐旭,等 (2003) 城镇土地定级估价信息系统的设计与实现. *测绘信息与工程*, **28**, 34-36.
- [13] 闫保银,孙在宏 (2005) 地理信息系统技术在土地评价中的应用——结合城镇土地定级估价信息系统. *农机化研究*, **2**, 192-194.
- [14] 孔维华,王艳 (2006) 地理信息系统在城镇土地定级估价中的应用. *山东理工大学学报(自然科学版)*, **20**, 15-17.
- [15] 张艳 (2003) 基于 GIS 的城镇土地定级估价模型研究. 长安大学, 西安.
- [16] 樊雅婷,杨建宇,朱德海,等 (2008) 基于阈值的城镇土地定级距离衰减模型. *武汉大学学报(信息科学版)*, **33**, 277-280.
- [17] 刘耀林,范延平,唐旭,等 (2000) 最短路径方法在土地定级中的应用. *武汉测绘科技大学学报*, **25**, 510-515,557.
- [18] 杨建宇,秦德先,赵俊三,等 (2004) 基于 MapInfo 的城镇土地定级估价信息系统的设计与实现. *昆明理工大学学报(理工版)*, **29**, 13-17.
- [19] 刘陶琨 (2004) 模糊聚类分析在土地定级估价商服中心类型划分中的应用. *测绘信息与工程*, **29**, 9-11.
- [20] 刘耀林,李兴林,唐旭,等 (2001) 基于土地定级估价信息的市场比较法研究. *武汉大学学报(信息科学版)*, **26**, 75-81.
- [21] 曲卫东 (2003) 土地估价信息系统(LAIS). *中国土地科学*, **17**, 24-29.
- [22] 段云峰,夏建国 (2004) 我国城镇土地定级估价信息系统研究评述. *四川农业大学学报*, **22**, 370-375.
- [23] 贾泽露 (2007) 智能化土地定级估价信息系统设计与实现. *测绘科学*, **32**, 152-154.
- [24] 陈琳,刘剑锋 (2010) GIS 支持下城镇土地定级估价信息系统的设计与实现. *江苏农业科学*, **6**, 525-528.
- [25] 强真,朱道林,毕继业,等 (2005) 城市基准地价合理性判别方法研究. *中国土地科学*, **19**, 56-61.