

基于信息熵与空间洛伦兹曲线的土地利用空间结构分析 ——以重庆市合川区为例

边 静, 何多兴, 田永中, 尚勇敏

(西南大学 地理科学学院, 重庆 400715)

摘 要:结合重庆市合川区 2009 年土地利用数据,运用信息熵、均匀度、优势度及空间洛伦茨曲线等方法,对其土地利用现状、存在问题及土地利用结构进行了分析,研究了合川区 30 个街镇土地利用空间布局,这对于引导合川区土地利用结构的合理化与土地利用的可持续发展具有重要的意义。结果表明:(1)合川区土地利用结构信息熵在空间上差异性明显,总体上可以分为信息熵高值区、信息熵中值区和信息熵低值区,三者的土地利用结构均衡程度逐步降低;(2)合川耕地与其他用地的分布较为均衡,园地、林地和牧草地的分布则相对集中;(3)合川区 30 个街镇具有各自的土地利用特色,充分利用区域资源优势,发展特色产业,进而优化土地利用结构。

关键词:土地利用空间结构;信息熵;空间洛伦兹曲线;重庆市合川区

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0201-04

Analysis on Spatial Structure of Land Use on the Basis of Information Entropy and Lorenz Curves

— A Case Study of Hechuan District, Chongqing City

BIAN Jing, HE Duo-xing, TIAN Yong-zhong, SHANG Yong-min

(School of Geographical Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: With the combination of the land use data of Hechuan District in 2009, applying the methods of information entropy, equilibrium degree, advantage degree and Lorenz curve, the land use current situation, issue of existence, and structure were analyzed. And, the land use spatial allocation of 30 towns was studied, which has great significance to guide land use reasonably and sustainably. The conclusions of this study are drawn as follows: (1)The information entropy of land utilization in Hechuan differs distinctly that it can be divided into three regions, including high information entropy district, middle information entropy district and low information entropy district; equilibrium level of land use structure reduced gradually in pace with the three parts; (2)The cultivated land and other land distributed proportionally, and garden plot, forest land and grassland concentrated relatively; (3)Thirty towns in Hechuan own their land use characteristics, making use of regional resources open featured industry to optimize land use structure.

Key words: spatial structure of land use; information entropy; Lorenz curve; Hechuan District of Chongqing City

近年来,学术界对区域土地利用结构的时空变化特征及其驱动机制、区域土地利用结构合理性评价与优化、区域土地利用结构变化的环境影响等方面进行了大量的研究^[1-4]。由于土地利用系统在时空条件下具有结构和功能的动态性、有序性特征,而且土地利用系统结构的有序程度可以用信息熵进行描述和分析,因此一些学者将信息熵引入土地利用结构研究中。不同学者借助信息熵原理对不同城市进行了土

地利用结构演化与空间分布研究,揭示了城市土地利用结构信息熵的时间与空间上的发展规律,从整体上反映了不同区域土地利用的变化与有序程度^[5-10]。但是空间信息熵的研究局限于不能分别描述每一种土地利用结构,只能从整体上反映区域土地利用系数的有序程度。而洛伦兹曲线可以直观反映某种土地利用类型在空间上的分布差异性,能很好地弥补信息熵的这一局限性。陈军伟、张品超以及邓晶等利用空

收稿日期:2011-03-09

修回日期:2011-04-20

资助项目:教育部人文社科青年基金(10YJCZH147);中央高校基本科研业务费专项资金(XDJK2009C190)

作者简介:边静(1986—),女,山东兖州人,硕士研究生,研究方向:土地利用与国土规划。E-mail:bianjing860902@126.com

通信作者:何多兴(1968—),男,副教授,博士,研究方向:国土规划与房地产经营。E-mail:hedx@swu.edu.cn

间洛伦兹曲线的方法对北京、重庆等地开展了土地利用空间结构分析,展示了各种土地利用类型在空间上分布特色与变化规律^[11-13]。

本文将信息熵与空间洛伦兹曲线相结合,基于 2009 年的全国第二次土地调查数据,选取耕地、园地、林地、牧草地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地和其他用地 8 种地类分类体系,对重庆市合川区的土地利用结构进行空间上的分析,以期为区域的土地可持续利用和人地关系的和谐提供科学性的决策依据。

1 研究方法

1.1 信息熵

设一个区域的土地总面积为 S , 该区域的土地利用类型数为 n , 各种土地利用类型的面积为 $S_i (i=1, 2, \dots, n)$, 各种土地利用类型的面积占该区域土地总面积的比例为 P_i , 计算公式为

$$P_i = \frac{S_i}{S} = \frac{S_i}{\sum S_i} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

$$\text{信息熵的表达式为 } H = -\sum (P_i \ln P_i) \quad (2)$$

式中: H ——信息熵(Nat)。当各类土地面积相等, 即 $S_1 = S_2 = \dots = S_n = \frac{S}{n}$ 时, 信息熵最大, 即 $H_{\max} = \ln n$ 。

信息熵可以反映一定区域土地利用类型的多少、各种土地利用类型面积分布的均匀程度、各种土地利用类型的有序程度、某一时段内各种土地利用结构类型的动态变化及其转换程度, 其研究对于区域土地利用结构的优化具有指导性的意义。一般情况下, 信息熵越大, 土地利用越无序; 反之, 信息熵越小, 结构性越强^[2]。土地系统越有序, 说明其系统的健康程度越高, 越有利于生产活动的开展。均衡度 J 和优势度 I 描述了城镇土地利用类型之间面积大小的差异。

$$J = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\ln n} = -\frac{\sum (P_i \ln P_i)}{\ln n} \quad (3)$$

$$I = 1 - J \quad (4)$$

1.2 空间洛伦兹曲线

(1) 利用各乡镇 2009 年的各地类土地利用原始数据, 求取各乡镇某地类的区位熵。其计算公式为

$$Q = \frac{A_1/A_2}{A_3/A_4} \quad (5)$$

式中: Q ——各地类的区位熵; A_1 ——某乡镇某种土地利用类型的面积; A_2 ——某土地类型总面积; A_3 ——某乡镇土地总面积; A_4 ——土地总面积。

(2) 按各地类区位熵大小, 依次列出各乡镇各地类面积占某土地类型总面积的百分比以及各乡镇土地面积占土地总面积的百分比, 并计算累计百分比。

(3) 以总土地面积累计百分比为横坐标, 以某地

类面积累计百分比为纵坐标, 各取 100 的长度, 绘出坐标图, 以各累计数绘制坐标点, 最后得到土地利用空间洛伦兹曲线。

洛伦兹曲线为向外凸的曲线, 与横坐标成 45° 夹角时, 称为绝对均匀线。各地类曲线至绝对均匀线的离差就是该地类实际分布与其在全区均匀分布的差异测度。越接近绝对均匀线, 曲线离差较小, 表明该地类在全区分布越均匀; 反之, 离绝对均匀线较远的曲线, 表明该土地利用类型在全区中的区域分布差异较大, 即分布相对分散^[7-9]。洛伦兹曲线可以直观显示某种土地利用类型在地域上的配置及其对比关系, 为在实践上分析土地利用布局的差异性和合理性, 明确未来土地利用目标提供了很好的方法。

2 研究区域

2.1 研究区地理概况

合川区位于四川盆地东部, 地处重庆市北大门, 东西宽 69 km, 南北距 58 km, 全区幅员面积 2 343.21 km²。地理坐标在北纬 $29^\circ 51' 02'' - 30^\circ 22' 24''$, 东经 $105^\circ 58' 37'' - 106^\circ 40' 37''$ 。东邻渝北区、岳池县, 南靠北碚区、璧山县, 西连铜梁、潼南县, 北接武胜、蓬溪县和华蓥市。全境地貌大致分为平行岭谷和平缓丘陵两大类型: 东南边缘之华蓥山为平行岭谷地形, 分布面积 359 km², 占幅员面积的 15.32%; 西北部广大地区, 属川中丘陵盆地, 为平缓丘陵地型, 分布面积 1 997.21 km², 占幅员面积的 85.23%。合川区属亚热带温湿气候区, 多年平均气温 18.1℃, 四季分明。年平均相对湿度 79%, 最大相对湿度 83%, 最小相对湿度 15%。降水充沛, 多年平均降水量 1 112 mm 左右, 5—10 月 6 个月共降水平均为 711.32 mm, 占全年降水的 64%; 1—4 月及 11—12 月 6 个月共降水平均为 400.32 mm, 占全年 36%。年平均日照数为 1 315.7 d, 年平均气压 98 460 Pa。历年各月都以偏北风最多, 多年平均风速为 1.8 m/s, 瞬时最大风速 28 m/s, 最多风向为 NW。

2.2 研究区域土地利用现状

2009 年合川区土地总面积为 23 4407.49 hm²。其中, 耕地 121 190.5 hm², 占土地总面积的 51.70%; 园地面积为 7 930.6 hm², 占土地总面积的 3.38%; 林地面积为 34 394.59 hm², 占土地总面积的 14.67%; 牧草地面积为 9 499.98 hm², 占土地总面积的 4.05%; 城镇村及工矿用地为 21 027.94 hm², 占 8.97%; 交通运输用地 2 913.31 hm², 占 1.24%; 水域及水利设施用地 13 705 hm², 占 5.85%; 其他用地 23 745.59 hm², 占 10.13%。

3 合川区信息熵空间分区分布

选取2009年合川区各街镇的土地利用数据进行计算和分析。由图1可以看出,合川区的土地利用结构信息熵为1.54,各个乡镇土地利用结构信息熵的差异明显。在30个街镇中,土地利用结构信息熵高于全区平均值的有9个街镇:合阳城街道、钓鱼城街道、南津街街道、渭沱镇、铜溪镇、盐井街道、草街街道、双凤镇和太和镇;其余21个街镇的土地利用结构

信息熵均低于全区平均值。

从总体上看,熵值普遍偏低,也从另一个侧面反映了合川区土地利用处于低水平的有序发展阶段。均衡度较大的有南津街街道、盐井街道、草街街道,分别为0.85,0.84,0.80。均衡度最低的是肖家镇与龙市镇,分别为0.51和0.57。其分布与土地利用结构信息熵大体一致。相反,优势度最高的为肖家镇(0.49)与龙市镇(0.43),最低的为南津街街道(0.15)、盐井街道(0.16)与草街街道(0.20)。

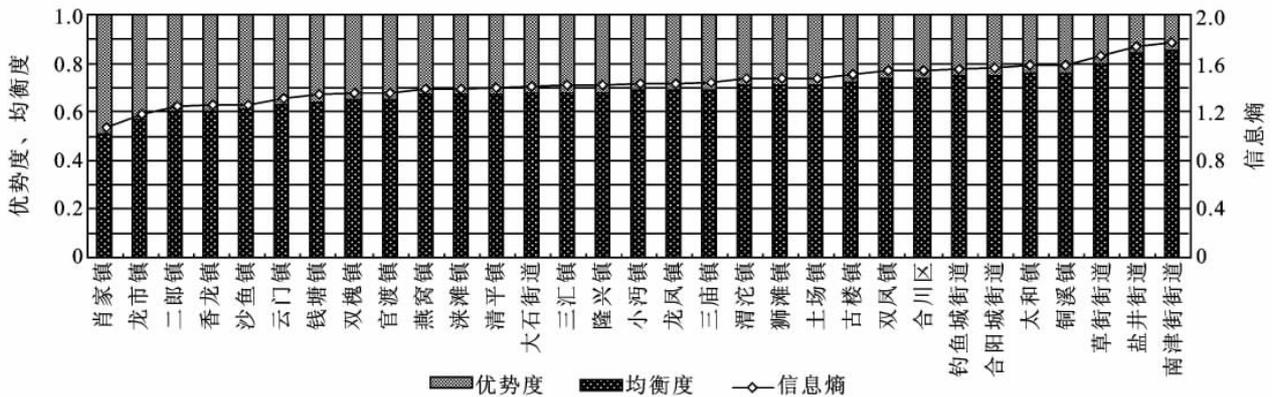


图1 2009年合川区各街镇土地利用结构信息熵值

3.1 高熵值区

信息熵高值区包括南津街街道、钓鱼城街道等9个街镇,其土地利用信息熵值都在1.5以上。土地利用类型多样,并且各土地利用类型的面积相差较小,土地利用结构趋于均衡。主要分布在合川区南部经济较发达的地区,占合川区土地总面积的33.68%。土地利用类型以耕地、林地与城镇村及工矿用地为主。耕地、林地、城镇村及工矿用地的面积分别为34 320.21,14 270.69,8 581.39 hm^2 ,占高熵值区总面积的48.49%,20.16%,12.12%,均高于合川区该种地类的平均值。

近年该区域经济发展较快,人口密度大,城镇化进程快。城镇村及工矿用地、交通运输等基础设施用地的变化较快,土地利用结构变化较大,进而土地利用结构的无序化程度较高。土地利用结构信息熵的高值具体表现在城镇用地的扩张,导致该区耕地资源总量的不断减少,同时人口向城镇的集中,导致人地矛盾日益加剧,土地生态系统的紊乱度增大。2009年信息熵高值区耕地面积减少498.63 hm^2 ,人口增长了5 499人,城镇村及工矿用地增加了366.94 hm^2 。该区域应当在保护生态环境的前提下,严格控制耕地的数据和质量,适度开发利用的未利用地资源;改造农村居民点用地,充分利用增减挂钩,合理调节土地利用结构。

3.2 中熵值区

信息熵中值区包括大石街道、钱塘镇、三汇镇等17个街镇,其信息熵都为1.2~1.5,土地利用类型以耕地、林地为主。耕地、林地面积分别为71 898.37 hm^2 和18 934.89 hm^2 ,占中值区总面积的61.80%和16.58%。该区域的发展相对稳定,各种用地的相对变化比例平衡,土地利用结构的稳定性较高值区稳定,相对有序化。但这17个街镇的信息熵值均低于合川区的平均熵值(1.54),说明这些街镇均处于低水平的有序状态。该区域的其他用地比重较高,对于其他土地资源的开发利用,对促进本区域的土地利用结构调整、土地生态系统的健康程度及社会经济发展具有重要的意义。

3.3 低熵值区

信息熵低值区包括沙鱼镇、龙市镇、肖家镇和香龙镇等,土地利用结构信息熵分别为1.19,1.16,1.07和1.2。耕地为主要用地类型,耕地面积为14 971.87 hm^2 ,占该区的比例为72.53%,远高于合川区平均值51.7%,而城镇村及工矿用地和交通用地占低熵值区的比例仅为0.78%和0.37%。用地类型的变化较小,生态效益较强,发展生态特色农业的优势比较明显。但是,场镇缓慢的发展及不便的交通仍是限制该区的主要因素。该区域的经济社会发展较慢,土地利用结构较单一,城市化水平低,经济结构单一,土地利用结构不均衡,详见图2。

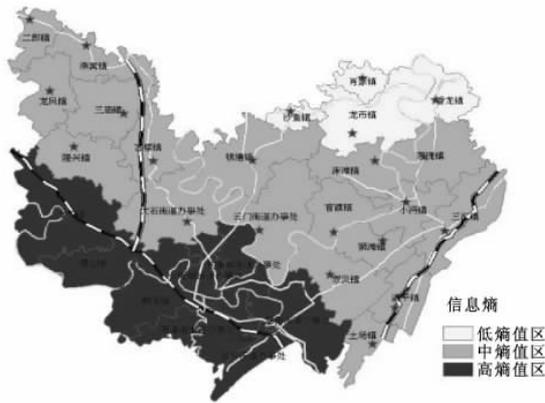


图 2 合川区各街镇土地利用结构信息熵空间分区

4 合川区洛伦兹曲线分析

从图 3 中可以看出,其他用地与耕地距离绝对均匀线较近,说明这两种用地类型在合川区分布较为分散,即分布在各乡镇的面积比例大致相等。城镇村及工矿用地、交通运输用地和水域及水利设施用地,林地、牧草地和园地依次远离绝对均匀线,园地曲线距绝对均匀线最远,说明园地在合川区分布较不均衡。

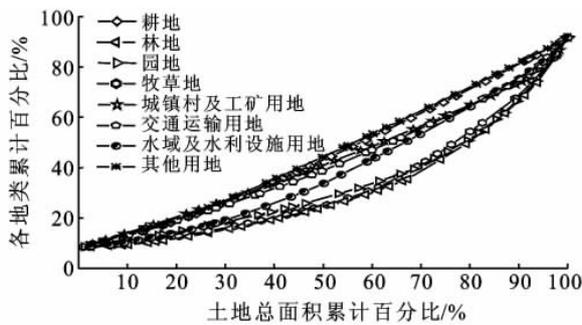


图 3 合川区 2009 年各类土地洛伦兹曲线

可以根据空间洛伦兹曲线的斜率和拐点位置判断某乡镇土地利用的专门化程度^[12]。空间洛伦兹曲线得到的分析结果基本上与现实情况相符合。某一条洛伦兹曲线上的各点从坐标轴 0 点开始,先后顺序与该种土地利用类型的区位熵顺序一致,相邻两点斜率大于 1 的地区说明该地区某种地类在全区该地类的比例高于该镇土地总面积占全区总面积的比例^[11]。以图 3 中城镇村及工矿用地的洛伦兹曲线为例,在合阳城街道、钓鱼城街道、南津街街道处的曲线斜率大于 1,说明信息熵高值区的三个街道的城镇村及工矿用地分布较大。三个街道以约占全区 8.06% 的土地上分布有占全区 19.37% 的城镇村及工矿用地。以图 3 中的耕地洛伦兹曲线为例,沙鱼镇、肖家镇、龙市镇、香龙镇处的斜率都大于 1,说明位于信息熵低值区的镇分布有较多的耕地资源,东北部的四个镇以占全区 9.63% 的土地分布有占全区 12.35% 的耕地。以园地的洛伦兹曲线为例,古楼镇处的斜率大

于 1,说明古楼镇分布有较多的园地资源,该镇以占全区 2.07% 的土地分布中有占全区 8.08% 的园地。再以图 3 中的水域及水利设施用地的空间洛伦兹曲线为例,在双凤镇处的斜率大于 1,说明水域及水利设施用地在信息熵中值区的双凤镇的分布较多,实际情况是,双凤镇以占 2.687 5% 的土地上分布有占全区 3.176 1% 的总水域及水利设施用地。

同时根据空间洛伦兹曲线还可以分析各个乡镇的土地利用特色,如三汇镇林地占全区林地总面积的 9.52%,位于空间洛伦兹曲线斜率较大的部分,而园地仅占全区的 0.98%,相应的三汇的林地资源丰富。可以充分发挥区域优势,结合区域实际确定最佳土地利用目标,大力发展特色产业并推进土地的集约利用,以优化整个地区土地利用结构^[13]。草街街道办事处、钓鱼城街道办事处水域面积比例较大,可充分利用该优势资源特点开发相应的河运经济。双凤镇有一定的果园面积,可充分利用大片李子果园,开展农业旅游与农业水果产业。钓鱼城街道办事处有大片面积的古战场遗址都可大力发展人文旅游产业等。

5 结论

(1) 本文引入土地利用结构信息熵描述土地系统的有序度,其信息熵值越大,土地系统越无序,反之则越有序。由于不同区域的自然社会经济条件不同,土地职能类型不同,用单一指标信息熵来反映土地系统的有序程度,其结果不具有可比性;均衡度与优势度的意义在于考虑了土地职能数据量的影响,能很好弥补信息熵分析的不足。合川区整体土地利用结构处于低水平的有序状态,信息熵值具有明显的区域差异,可分为高、中、低三个熵值区,土地利用的无序程度依次降低;均衡度的分布规律与信息熵值相一致^[14-15]。

(2) 然而信息熵虽能从宏观上反映某区域土地利用结构动态变化,但不能说明较小尺度土地利用结构的变化,即整体但不能具体表征局部地区的土地利用结构有序与无序程度。利用空间洛伦兹曲线可直观地反映区域土地利用类型在空间上的配置及其对比关系。合川耕地与其他用地的分布较为均衡,园地、林地和牧草地的分布则相对集中。同时空间洛伦兹曲线还能反映局部地区的土地利用特色,可以充分发挥区域优势,结合区域实际确定最佳土地利用目标,大力发展特色产业并推进土地的集约利用,以优化整个地区的土地利用结构。

(3) 利用信息熵研究土地利用结构时,需进一步对区域土地利用结构合理性的临界值进行研究,将土地利用信息熵作为衡量土地利用结构合理程度的尺度^[16]。

(下转第 211 页)

土地开发整理工程、基本农田保护工程的政策措施,使坡耕地面积减少,林地和草场面积大幅度增加,通过合理开发整理土地,提高了耕地质量,到2000年,生态环境向好的方向扭转。通过两个时段土地利用/覆被的变化及其对脆弱性的影响分析,充分反映了政府的土地调控行为对区域生态环境脆弱性的影响。

参考文献:

- [1] 史培,官鹏,李晓兵,等.土地利用/覆盖变化研究方法和实践[M].北京:科学出版社,2000.
- [2] 战金艳,邓祥征,岳天祥,等.内蒙古农牧交错带土地利用变化及其环境效应[J].资源科学,2004,26(5):80-88.
- [3] 刘军会,高吉喜,耿斌.北方农牧交错带土地利用及景观格局变化特征[J].环境科学研究,2007,20(5):148-154.
- [4] 张学俭,冯仲科.RS和GIS支持下的我国农牧交错生态脆弱区LUCC研究:以宁夏盐池县为例[J].北京林业大学学报,2006,28(1):32-38.
- [5] 莫宏伟,任志远,谢红霞.农牧交错区土地利用动态与生态效应变化:以榆阳区为例[J].干旱区地理,2005,28(3):352-356.
- [6] 王林林,董立峰,宋芙蓉,等.库布齐沙漠典型农牧交错区沙漠化动态研究[J].水土保持研究,2009,16(3):121-124.
- [7] 孙武.波动性生态脆弱带的特征[J].中国沙漠,1997,17(2):199-203.
- [8] 袁金国,王卫,龙丽民.河北坝上生态脆弱区的土地退化及生态重建[J].干旱区资源与环境,2006,20(2):139-143.
- [9] 周小成,武法东,田明中.河北坝上地区土地利用/覆盖遥感动态监测[J].干旱区研究,2004,21(4):407-410.
- [10] 孙武,侯玉,张勃.生态脆弱带波动性、人口压力、脆弱度之间的关系[J].生态学报,2000,20(3):369-373.
- [12] 徐全洪,赵艳霞,刘芳圆.华北地区土地资源数据层面建立[J].地理学与国土研究,2000,16(4):68-72.
- [13] 王瑞艳,赵庚星,周伟,等.土地利用对生态环境脆弱性的影响评价[J].农业工程学报,2008,24(12):215-220.

(上接第204页)

参考文献:

- [1] 张海兵,鞠正山,张凤荣.中国社会经济结构与土地利用结构变化的相关性分析[J].中国土地科学,2007,21(2):12-17.
- [2] 宋述军,周万村.岷江流域土地利用结构对地表水水质的影响[J].长江流域资源与环境,2008,17(5):712-715.
- [3] 任奎,周生路,张红富,等.基于精明增长理念的区域土地利用结构优化配置:以江苏宜兴市为例[J].资源科学,2008,30(6):912-918.
- [4] 陈其春,吕成文,李壁成,等.县级尺度土地利用结构特征定量分析[J].农业工程学报,2009,25(1):223-231.
- [5] 谈建军.西安市土地利用结构信息熵变化及驱动力分析[D].西安:长安大学,2005.
- [6] 谭杰,朱红梅,金卫华.长沙市土地利用结构熵值时序分析[J].经济地理,2010,30(1):118-121.
- [7] 陈彦光,刘明华.城市土地利用结构的熵值定律[J].人文地理,2001,16(4):20-24.
- [8] 廖磊,唐国滔,刘微微.基于信息熵的永州市土地利用结构演化研究[J].北京农业,2008(36):52-53.
- [9] 刘筱非,周宝同,杨庆媛,等.信息熵在区域土地利用结构研究中的应用:以重庆市江北区为例[J].西南师范大学学报,2004,29(6):1062-1065.
- [10] 黄虹,邹长伟,陈新庚.广州市荔湾区土地利用结构信息熵分析研究[J].江西农业大学学报,2005,27(1):139-142.
- [11] 陈军伟,孔祥斌,张凤荣,等.基于空间洛伦兹曲线的北京山区土地利用结构变化[J].中国农业大学学报,2006,11(4):71-74.
- [12] 张品超.基于空间洛伦兹曲线的土地利用空间结构分析:以南昌县二次调查数据为例[J].科技广场,2009(11):39-42.
- [13] 邓晶,刁承泰.基于空间洛伦兹曲线和基尼系数的土地利用结构分析:以重庆江津市为例[J].中国水运,2007,7(7):208-210.
- [14] 蔡进,刘秀华,丁恩俊.基于信息熵的县域土地利用结构变化与分布研究[J].安徽农业科学,2007,35(21):6539-6541.
- [15] 陈志,胡勇,刘成武.咸宁市土地利用结构时空演变及其驱动力分析[J].安徽农业科学,2007,35(26):8299-8301.
- [16] 刘一苏,刘朝辉.新建县土地利用结构信息熵分异规律研究[J].资源与产业,2007,9(4):105-108.