

干旱内陆河流域土地利用空间结构的计量地理分析 ——以甘肃省酒泉市为例

潘竟虎^{1,2}, 石培基¹

(1.西北师范大学地理与环境科学学院,甘肃 兰州 730070; 2. 兰州大学资源环境学院,甘肃 兰州 730000)

摘要: 基于 1996~2004 年土地详查与变更调查数据,采用计量地理模型,对酒泉市及市内各县区的土地利用数量结构和空间格局现状及其变化进行了定量分析。结果表明: 酒泉市土地资源具有明显的地域差异,土地利用结构的多样性由东向西、由南向北依次递减,集中度则恰好相反; 各县区土地利用类型的空间分布及其时间变化均具有不平衡性,在空间尺度上,园地分布最不平衡,未利用地分布相对均衡;在时间尺度上,园地、林地、牧草地和交通用地的分布趋向均匀,其余土地利用类型趋向分散;

近 8 年来土地利用总体程度下降,信息熵减少,土地利用趋于有序性。

关键词: 土地利用; 计量地理模型; 空间结构; 酒泉市; 干旱内陆河

中图分类号: F301.24

文献标识码: B

文章编号: 1000-0275(2008)02-0227-04

Analysis on Land Use Spatial Structure in Arid Inland River Basins Based on Quantitative Geography Model: A Case Study of Jiuquan City

PAN Jing-hu^{1,2}, SHI Pei-ji¹

(1.College of Geographic and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China;

2. College of Resource and Environment, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Based on the detailed survey data and change data of land use from 1996 to 2004, the quantitative structure and spatial pattern of land use in Jiuquan City and its administrative areas were analyzed by applying the quantitative geography models. The result indicated that: there were obvious regional differences in the land use structure among the counties, which were determined by geographical locations, topography, economic levels, etc. The regional change of land use structure in the study area showed the following regular patterns: the structural diversity and composed types of land use decrease by degrees from the east area to the west area and from the south area to the north area, but the centrality of land use structure is on the contrary; the land use degree decreased as a whole during the resent 8 years, and the information entropy also decreased slightly, which indicated that the land use tended to regular; The distribution of different land use types is temporally and spatially unbalanced. The most unbalanced lands were garden lands, while the unused land were balanced. With time, the unbalanced degree of the garden lands, forestry lands, grasslands and traffic lands decreased, while that of the water areas, cultivated lands, residential areas and unused lands exhibited an opposite trend. These results can provide scientific basis for land structure adjustment and land resources utilization.

Key words: land use; quantitative geography model; spatial structure; Jiuquan City; arid inland river basins

土地利用结构特征及其时间变化规律是区域土地利用组织、功能与结构在空间地域的反映,研究土地空间结构及其形态变化,对区域产业布局和土地合理利用具有重要的指导意义。当前,对土地利用空间结构及其分析方法的探讨已经成为土地科学研究的焦点^[1]。众多学者从不同角度对区域土地利用结构和形态的时空变化进行了大量富有成效的研究,多种研究方法被广泛应用,如分形几何、马尔可夫链、神经网络法、RS-GIS方法、最优线性规划法、数学模型(多度、重要度、重心)、景观指数法等。但上述方法大多是数学方法或单一的模型,且步骤均较繁琐,结果不够直观,基于计量地理学模型,从多角度分析区域土地利用结构及其变化机制的研究尚未见报道。干旱内陆河流域土地资源丰富,但由于自然条件限制,生态环境极其脆弱,加之人口的持续增长和社会经济的快速发展,对于资源的利用强度不断加大,随之产

生了水土流失、荒漠化土地扩大、生物多样性遭到破坏、灾害加剧等生态问题,成为当前地理学研究的热点地区。本文以地处干旱内陆河流域的甘肃省酒泉市为例,借助计量地理学的模型方法,对其土地利用空间结构现状及其变化规律进行分析,以期为流域土地资源的节约集约利用,区域土地利用调控方案的优化和可持续发展战略的制定提供科学依据。

1 研究区概况及数据来源

酒泉市地处甘肃省河西走廊西端,介于北纬 38°19'~42°47'、东经 92°45'~100°15'之间,面积 19.37 万 km²,占甘肃总面积的 42%。地势西南高,东北低,疏勒河和讨来河流经市域。区内大部属典型的大陆性温带干旱区气候,年均降雨量 39~285mm,蒸发量 1600~2500mm。全市辖 1 区,2 县级市和 4 县,其中肃州区和金塔县位于黑河水系的讨来河流域,其余

基金项目:国家自然科学基金项目“城市宜居性建设的理论与实践研究”(编号:40671061);甘肃省自然科学基金项目“陇东黄土高原土壤侵蚀预报模拟研究”(编号:2007GS03673)。

作者简介:潘竟虎(1974-),男,甘肃嘉峪关人,讲师,博士生,研究方向:土地利用与环境遥感。

收稿日期:2007-10-08;修回日期:2007-11-22

县市位于疏勒河流域 肃北县包括北山部分和祁连山部分)。总人口 97.17 万。

土地利用基础数据来源于甘肃省 1996~2004 年土地利用变更详查资料,为使数据具有可比性,土地利用分类系统仍然采用 1984 年全国《土地利用现状调查技术规程》中的分类标准。市(州)域行政边界数据取自国家基础地理信息中心 1:400 万数据库。

2 土地利用的计量地理学分析方法

2.1 多样化、集中化指数、组合类型和区位意义

2.1.1 多样化分析 本文采用吉布斯-马丁(Gibbs-Martin)多样化指数 GM 来度量。计算公式为^[2]:

$$GM=1-\sum f_i^2 / (\sum f_i)^2,$$

式中: f_i 为第 i 种土地利用类型的面积。GM 值越小,说明该区域的土地利用类型越少,即齐全程度越低。

2.1.2 集中化分析 计算公式为^[3]: $l_i = (A_i - R) / (M - R)$, 式中 l_i 为第 i 个县区的土地集中化指数, A_i 为第 i 个县区各种土地类型累计百分比之和, M 为土地集中分布时累计百分比之和, R 是高一层次区域(此处为酒泉市)各种土地类型的累计百分比之和。本文中, M 为 800, R 为 731.413(以酒泉市 2004 年土地利用结构为标准算出)。

2.1.3 组合类型分析 采用威弗-托马斯(Weaver-Tomas)组合系数法,其步骤为^[4]:把各种土地类型按面积相对比例由大到小顺序排列;假设土地只分配给一种类型,这一种类型的假设分布即为 100%,其它类型的假设分布为 0,如果仅分配给前两种类型,则分布各为 50%,其它类型为 0,依此类推;计算和比较每一种假设分布与实际分布之差的平方和,平方和最小的假设分布组合类型即为该区域土地组合类型。

2.1.4 区位意义分析 计算公式为^[5]: $Q_i = f_i / \sum f_i (F_i / \sum F_i)$, 式中 Q_i 为区位指数, f_i 为区域内第 i 种土地的面积, F_i 为高层次区域内第 i 种土地的面积。若 Q_i 大于 1,则该地区的该种土地类型在上层区域空间中具有区位意义;若 Q_i 小于 1,则不具有区位意义。

2.2 空间洛伦茨曲线和基尼系数

2.2.1 空间洛伦茨曲线 首先计算区位熵 Q , 公式为^[6]: $Q=(A_1/A_2)/(A_3/A_4)$, 式中: A_1 为某县区某种土地利用类型的面积; A_2 为酒泉市某土地利用类型面积; A_3 为某县区土地总面积; A_4 为酒泉市土地总面积。按区位熵大小依次列出各县区的区位熵,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 的单位长度,绘出坐标图,以各累计数绘制坐标点,得到的曲线与绝对均匀线的离差就是该地类实际分布与在全市均匀分布的差异测度。越接近绝对均匀线,曲线离差越小,表明该地类在全市分布越均匀;反之,离绝对均匀线较远的曲线,表明该土地利用类型在全市中的分布差异较大,即分布相对分散。

2.2.2 空间基尼系数 在洛伦茨曲线图上,基尼系数 G 反映的几何意义是曲线与绝对均匀线之间面积和绝对均匀线以下的三角形面积之比。常用的计算公式为^[7]:

$$G = \sum_{i=1}^{n-1} (M_{i+1} Q_{i+1} - M_i Q_i),$$
 式中: M_i 为某县区某一地

类面积累计百分比; Q 为某县区土地在全市土地面积的累计百分比。基尼系数低于 0.2 表示分布绝对平均, 0.2-0.3 表示比较平均, 0.3-0.4 表示相对合理, 0.4-0.6 表示差距较大, 0.6 以上表示差距悬殊。

2.3 土地利用程度指数、信息熵及动态度

2.3.1 土地利用程度指数 表达式为^[8]:

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times (S_i / S),$$

式中: L 为土地利用程度指数, A_i 为土地利用分级指数, S_i 为 i 级土地利用面积, S 为某一区域的土地利用总面积。其中 A_i 采用刘纪远提出的分级赋值标准^[8],即未利用地取 1,林地、牧草地和水域取 2,耕地和园地取 3,交通用地和居民点及工矿用地取 4。

2.3.2 信息熵 反映某区域土地利用系统的有序程度,熵值越大,有序性越小,紊乱度越大,反之亦然。信息熵的变化量 H 可以反映某区域土地利用的变化趋势,表达式为^[9]:

$$H_{b-a} = H_b - H_a = 100 \times \sum_{i=1}^n P_{ia} \log P_{ia} - \sum_{i=1}^n P_{ib} \log P_{ib}$$

式中 P_i 是第 i 种土地利用类型占该区域土地总面积的比例; a 和 b 分别代表研究期初和期末。设 $r = e$,若 $H_{b-a} > 0$,则该区域土地利用变化趋于无序性,否则趋于有序性。

2.3.3 动态度 土地动态度是指某研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化,可用单一土地利用类型动态度和综合土地利用动态度来表示^[10]。

3 结果分析

3.1 土地利用结构现状分析

3.1.1 多样化、集中化指数分析 计算结果如表 1 所示。以多样化和集中化指数为指标,在 ArcView 中利用自然断裂法聚类,并生成空间分布图(图 1)。由表 1 和图 1 可知,酒泉市土地利用现状地域差异显著,土地利用结构的多样性呈现由东向西、由南向北依次递减的规律,集中度则恰好相反。肃州区多样性指数最大,这与该区产业结构相对比较多样化是相符的,体现了其作为市级行政中心的特征;阿克塞和肃北 2 个民族县亦属高多样化区,反映出这些地区的用地类型比较齐全。敦煌和瓜州多样性指数最低,且与市内其它县区相差较大,这主要是与当地的地形地貌有关,其未利用地面积占全县总面积的比重均在 96%以上。值得注意的是,多样性指数与经济发展水平水平呈现较强的正相关,将其与人均 GDP 在 SPSS 中进行 Pearson 相关分析,相关系数为 0.732,在 0.01 置信度上高度显著。多样化指数较低的地区集中化程度均较高,敦煌和瓜州土地利用类型的集中化程度最高,而肃州区的集中化程度最低。

3.1.2 组合类型和区位意义分析 组合类型的多少反映了区域土地整体功能的强弱,由表 1 可看出,酒泉市各县区的土地利用类型组合数最多仅 2 种,大部分为 1 种,且未利用地占绝对优势,体现了干旱内陆河流域的特点;就全市而言,也

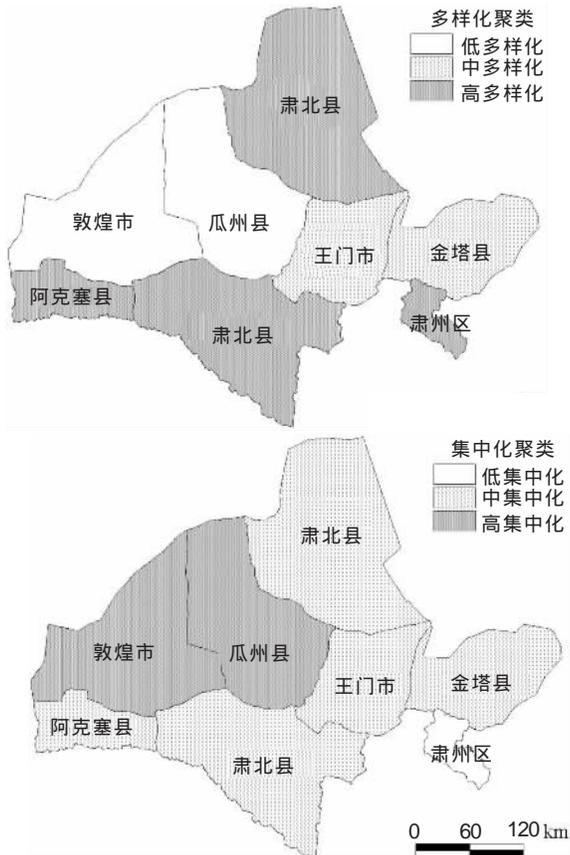


图1 酒泉市土地利用类型多样化和集中化指数空间分布

表1 土地利用状况多样性指数、集中化指数及组合类型

区域	多样性指数	集中化指数	组合系数	组合类型数	组合类型
酒泉市	0.418	0.000	721.757	1	未利用地
玉门市	0.325	0.051	343.612	1	未利用地
肃州区	0.514	-1.007	928.099	1	未利用地
敦煌市	0.063	0.802	10.315	1	未利用地
金塔县	0.254	0.299	198.060	1	未利用地
肃北县	0.510	-0.180	113.341	2	未利用地 - 牧草地
阿克塞	0.511	-0.196	284.598	2	未利用地 - 牧草地
瓜州县	0.076	0.741	14.985	1	未利用地

表2 甘肃省及各地(州)市的土地利用区位指数

区域	耕地	园地	林地	牧草地	居民地	交通用地	水域	未利用地
玉门市	3.067	0.846	4.630	0.067	5.595	3.054	0.494	1.114
肃州区	18.306	30.211	3.169	0.077	2.237	12.512	2.445	0.951
敦煌市	0.768	1.445	1.762	0.002	0.307	0.493	0.315	1.323
金塔县	1.906	1.364	1.078	0.058	4.874	1.756	0.813	1.175
肃北县	0.016	0.002	0.322	1.923	0.003	0.179	1.054	0.771
阿克塞	0.015	0.000	0.100	1.673	0.174	0.327	2.191	0.814
瓜州县	1.262	0.449	0.876	0.058	0.179	1.636	0.264	1.314

只有1种组合类型,仅占全部土地利用类型的1/8,反映出酒泉市土地利用的整体功能还有很大的提升空间。土地利用区位指数的计算结果(表2)表明,相对于全市而言,有4个县区的耕地具有区位优势,其中肃州区和玉门市的区位优势较强;就园地而言,3个县具有区位优势,肃州区区位优势显著;林地,3个县具有区位优势,玉门市与肃州区最为显著;牧草地仅2个民族县具有区位优势;居民地类型中,3个县区

具有区位优势,这与这些县区的人口密度或建成区面积较大相吻合;交通用地,4个县具有区位优势,以肃州区最为明显;水域中,3个县具有区位优势,这些县区或者是地处祁连山区,湖泊、冰川和积雪分布较广,或者是干旱平原人工水库较多;在未利用地中,除肃州外,余地处内陆河冲积扇上的4个县均具有较强的区位优势。

3.2 土地利用结构变化分析

3.2.1 空间洛伦茨曲线和基尼系数 从图2可以看出,1996年酒泉市未利用地、水域和牧草地的洛伦茨曲线与绝对均匀线较近,说明这3种用地类型在酒泉市分布较为分散,即分布在各县区的面积比例大致相等。园地、居民地和耕地曲线距绝对均匀线最远,这3种用地类型在酒泉市分布较不均衡。类似的情况在2004年的土地利用洛伦茨曲线(图3)中也得到体现。8年间,耕地、居民地和未利用地其曲线与绝对均匀线存在相互趋近的现象,表明这三种地类朝着均匀的方向分布。实际统计也表明,由于人口增加和土地荒漠化、盐渍化的扩张,这三种地类的分布明显扩大。园地、林地、牧草地和交通用地其曲线与绝对均匀曲线之间表现为疏远。

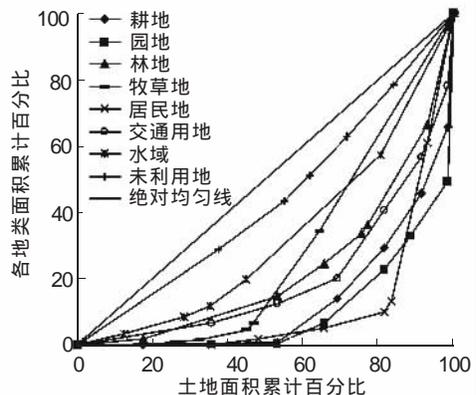


图2 1996年酒泉市各土地利用类型的洛伦茨曲线

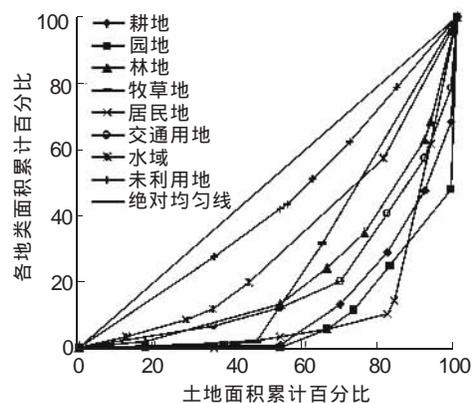


图3 2004年酒泉市各土地利用类型的洛伦茨曲线

基尼系数分析的结果(表3)与洛伦茨曲线分析出的结果相同,以2005年为例,未利用地的基尼系数为0.128,表示分布很平均;水域分布不均匀,但总体上还算相对合理;牧草地、林地和交通用地分布很不均衡;耕地、居民地和园地分布极不均衡,县区间差距悬殊。耕地、居民地和未利用地的基尼系数呈减少态势,表明这3种土地利用类型在酒泉市的分布离散程度增大,其在某些县区的分布面积比重发生了相对变

化。同理,园地、林地、牧草地和交通用地的基尼系数呈增加态势,说明上述 4 种用地类型分布趋向均衡。从表 3 中还可发现,居民地的基尼系数 8 年间变化不大,而牧草地恰恰相反。这种对比反映出不同县区居民地开发程度差异较大,县区间较不平衡;而牧草地在各县区面积分布较为稳定。

表 3 1996 和 2005 年酒泉市各土地利用类型基尼系数

年份	耕地	园地	林地	牧草地	居民地	交通用地	水域	未利用地
1996	0.742	0.799	0.541	0.437	0.772	0.596	0.356	0.131
2005	0.739	0.805	0.546	0.467	0.769	0.599	0.356	0.128

3.2.2 土地利用动态度 计算结果(表 4)表明,酒泉市近 8 年来林地增加最为剧烈,动态度为 1.708,各县林地动态度均为正值,其中又以肃州区贡献最为显著,这主要得益于近年来实施的退耕还林、荒滩造林、农田保护林及绿色通道等重大工程生态。牧草地是减少最剧烈的土地利用类型,动态度达 -0.79,除敦煌市外,各县区面积均有所下降,肃州区和瓜州县减少最为剧烈。与省内其它地市不同的是,酒泉市耕地动态度为正值,金塔县和玉门市通过土地整理复垦开发,耕地增幅明显。园地动态度为负值,全市仅有 2 个县区面积增加。居民地和交通用地增幅明显,分别以瓜州县和金塔县动态度最大,这与该地区基础设施建设和城市化扩张速度较快相对应。水域总体变化不大,玉门市减少较为明显。未利用地呈扩大趋势,尤以肃州区为最,主要原因是地下水位下降、耕地盐渍化、撂荒以及沙漠化扩展所致,这也是干旱内陆河流域所面临的共性问题。

表 4 1996-2004 年酒泉市及各县区土地利用动态度

区域	耕地	园地	林地	牧草地	居民地	交通用地	水域	未利用地	综合动态度
酒泉市	0.41	-0.35	1.71	-0.79	0.37	0.46	-0.01	0.22	0.36
玉门市	1.29	-7.42	0.73	-9.23	0.09	-0.01	-0.35	0.31	0.61
肃州区	-0.90	0.12	21.18	-15.69	4.10	0.29	-0.14	9.63	9.16
敦煌市	-0.49	7.06	0.47	4.23	0.28	0.56	0.02	-0.03	0.05
金塔县	2.65	-3.52	4.70	-1.34	0.24	1.46	0.02	-0.06	0.16
肃北县	-1.25	0.00	0.12	-0.03	0.35	0.00	0.00	0.02	0.03
阿克塞	11.39	-16.67	0.11	-0.00	-0.01	0.42	0.00	-0.00	0.00
瓜州县	0.54	-2.54	3.13	-12.41	4.13	0.45	0.13	0.63	1.23

3.2.3 土地利用程度指数和信息熵 2004 年酒泉市土地利用指数为 128.9,远低于甘肃省 172.53 的平均水平。近 8 年来指数变化不大,总体有所下降,降低了 3.51;但就各县区而言则变化剧烈,下降最多的是肃州区,减幅达 13.45% (图 4);而金塔县是土地利用程度增加幅度最大的县,增幅 0.6%。

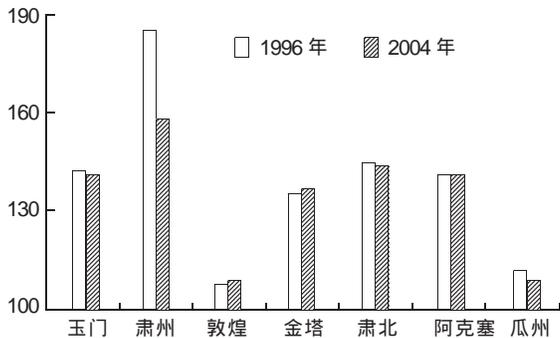


图 4 酒泉市各县区的土地利用程度指数

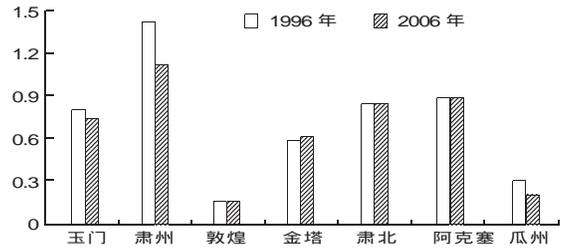


图 5 酒泉市各县区的土地利用信息熵

近 5 年来酒泉市土地利用的信息熵总体略有增加, $H_b - a = -0.003$,反映出土地利用整体趋于有序性。分县区而言(图 5),阿克塞、敦煌和金塔三县区 $H_b - a < 0$,土地利用紊乱度在缩小,土地利用类型处在稳定时期。其余县区均向无序化趋势演化,土地利用类型处在调整或衰退时期。其中酒泉市的肃州区变化最为显著, $H_{b,a}$ 达到 0.345。

4 讨论

4.1 基于计量地理学方法的土地利用数量结构和空间格局定量比较分析,能够较好地反映某区域内土地利用是否合理,土地结构与产业结构是否协调,对经济发展影响较大的后备土地资源是否充足,土地的生态环境是否适中等问题,通过对酒泉市土地利用状况的研究分析,不仅可以认识区域内土地资源的特点和优劣势,而且可以通过总结相关规律,为区域土地资源的合理利用、土地利用政策的制定提供依据。

4.2 与其他气候区的生态系统比较,干旱地区的生态系统更易于受到来自不合理的土地利用方式所引起的生态危害。干旱内陆河流域土地利用空间结构是流域上中下游水土资源匹配的结果,工农业的开发规模不在于土,而在于水,必须坚持“以水定地”的发展原则。针对土地资源的现状及变化趋势,应通过科学合理的规划,因地制宜,加强对土地开发和利用的管理,挖掘各种用地的内部潜力,开展土地整理,提升现有土地的效率,使各区域的土地发挥出区位和功能优势。

参考文献:

- [1] 陈军伟,孔祥斌,张凤荣,等.基于空间洛伦茨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.
- [2] 王红梅,王小雨,李宏.基于计量地理模型的黑龙省土地利用状况分析[J].农业工程学报,2006,22(7):70-74.
- [3] 朱凤武,彭补拙,丁建中.温州市土地利用空间格局研究[J].经济地理,2001,21(1):101-104.
- [4] 王颖,邓良基.四川省土地利用数量结构分析及土地可持续利用研究[J].四川农业大学学报,2006,24(2):194-200.
- [5] 刘桃菊,蔡海生,邵建英,等.鄱阳湖区的土地利用结构定量分析[J].江西农业大学学报,2003,25(6):934-938.
- [6] 邓晶,刁承泰.基于空间洛伦茨曲线和基尼系数的土地利用结构分析[J].中国水运,2007,7(7):208-210.
- [7] 汪雪格,汤洁,李昭阳,等.基于洛伦茨曲线的吉林西部土地利用结构变化分析[J].农业现代化研究,2007,28(3):310-313.
- [8] 庄大方,刘纪远.中国土地利用程度的区域分异模型研究[J].自然资源学报,1997,12(2):106-111.
- [9] 谭永忠,吴次芳.区域土地利用结构的信息熵分异规律研究[J].自然资源学报,2003,18(1):112-117.
- [10] 潘竟虎,刘菊玲,王建.基于遥感与GIS的江河源区土地利用动态变化研究[J].干旱区地理,2004,24(3):419-425.