

基于信息熵和灰关联的建三江分局 土地利用结构驱动力分析

赵菲菲¹, 刘东^{1,2}, 刘萌¹

(1. 东北农业大学 水利与建筑学院, 哈尔滨 150030; 2. 东北农业大学 农林经济管理博士后科研流动站, 哈尔滨 150030)

摘要:在 GIS 技术支持下, 基于建三江分局 1999—2009 年土地利用变更调查数据及相关经济社会统计数据, 利用 Shannon 熵函数分析土地利用结构的熵值特征和土地利用类型的演变规律, 同时运用灰色关联度分析法对 1999—2009 年信息熵变化的驱动力进行分析与探讨。结果表明: 1999—2004 年建三江分局土地利用结构信息熵持续增长, 土地利用结构均衡度持续增加; 2005—2009 年土地利用结构信息熵持续下降, 土地利用结构均衡度下降, 优势度上升; 2009 年各农场土地利用结构信息熵低值区扩大; 说明建三江分局土地利用结构较单一, 土地利用结构的有序性高。灰色关联分析结果表明: 人口因素对信息熵变化驱动更为明显。

关键词:信息熵; 灰关联分析; 土地利用结构; 驱动力

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)03-0250-04

Driving Force Analysis of Land Use Structure in Jiansanjiang Branch Bureau Based on Information Entropy and Gray Correlative Degree

ZHAO Fei-fei¹, LIU Dong^{1,2}, LIU Meng¹

(1. College of Water Conservancy & Civil Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Postdoctoral Scientific Research Mobile Station of Agriculture and Forestry Economic Management, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Under the support of GIS, based on the data of land use change survey from 1999 to 2009 in Jiansanjiang Branch Bureau and the associated economic and social statistics, Shannon entropy function was employed to analyze the entropy features of land use structure and evolution laws of land use types, and the gray correlative degree analysis method was used to study the driving forces of information entropy changes. The results showed that the information entropy was in a state of sustaining growth during 1999 to 2004, and the equilibrium degree of land use structure was in a state of sustaining growth as well. But information entropy was in a state of sustaining descend during 2005 to 2009, the equilibrium degree of land-use structure was in a state of sustaining decline, and advantage degree was rising. The area of low information entropy value of land use structure expanded in 2009. The results indicated that land use structure was single; the orderliness of land use type was high. The results of gray correlative degree analysis method indicated that the factor of population mobility was the most obvious driving forces of the information entropy change.

Key words: information entropy; gray correlative degree analysis; land use structure; driving force

土地利用结构是指国民经济各部门(如农、林、牧、副、渔)及其内部用地的面积与比例关系, 它反映了一个地区土地利用的合理程度及其生产结构特点^[1]。伴随社会生产力的发展, 土地利用结构不断在

非人为因素和人为因素的双重影响下发生结构上的演替和变化, 表现出自发的、具有不可逆的演化特征^[2]。研究区域土地利用结构的动态变化, 探索其发展规律及驱动机制, 对丰富人类对土地覆被变化规律

收稿日期: 2011-09-30

修回日期: 2012-03-25

资助项目: 国家自然科学基金(41071053); 中国博士后科学基金(20080440832); 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11541024); 东北农业大学博士启动基金(2009RC37)

作者简介: 赵菲菲(1984—), 女, 山东海阳人, 硕士生, 主要研究方向为农业水土资源系统分析与优化利用。Email: Zffa13050040@163.com

通信作者: 刘东(1972—), 男, 黑龙江安达人, 教授, 博士, 主要研究方向为农业水土资源系统分析与优化利用。E-mail: liudong@126.com

的认识,预测土地利用变化前景,保持土地利用系统的良性循环,提高土地利用的生态、经济和社会效益,促进社会经济的可持续发展具有重要价值意义。

1948年,美国工程师 Shannon 在信息论中把熵作为平均信息量的量度,引出信息熵的概念^[3]。信息熵是不确定性的量度,不确定性越大越无序。土地利用结构信息熵用于反映土地利用结构动态变化,度量土地利用系统的有序程度,判断系统的演化进程,其大小反映了土地利用类型的多少和各土地类型面积分布的均匀程度^[4-5]。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

建三江分局位于中国北部边陲的三江平原腹地,系黑龙江、松花江、乌苏里江汇流的河间地带,全局东西长为 152.9 km,南北宽为 152.8 km,地理坐标为 132°31′—134°32′E, 46°49′—48°12′N。全局地势西南高、东北低,除分布在勤得利、八五九、胜利等农场的少数山丘外,绝大部分是平原沼泽地带。北部和东南部有部分山地,呈东北至西南走向,海拔高程 60~626 m,是我国重要商品粮和绿色有机食品基地。毗邻富锦、同江、饶河、抚远 4 个国家级一类陆路口岸,福前铁路、佳抚公路横贯,交通发达,通讯便捷。建三江分局辖区总面积 1.24 万 km²^[6],占整个黑龙江省垦区面积的 22%。其中耕地 67.42 万 hm²,现有人口 20 万,人均耕地 3 hm²,为全国人均耕地面积的 35 倍、世界的 12 倍。土壤共分为棕壤土、白浆土、草甸土、沼泽土和泛滥地土壤五大土类。多年平均气温 1.0~2.0℃,极端最高气温 38℃,极端最低气温 -41.6℃,多年平均降水量为 383.5~886.1 mm。

1.2 数据来源

本文数据来源于《建三江农垦统计年鉴(1999—2009)》,以及《建三江农垦统计年报(1999—2009)》。根据我国土地利用现状分类系统,结合研究区土地利用现状和土地资源特点,把研究区土地利用类型划分为耕地、林地、园地、水域、居民点及工矿用地、未利用地、牧草地和其他用地等八大类来分析计算。

1.3 研究方法

本文首先利用信息熵对 1999—2009 年建三江分局土地利用结构的时间演变进行分析,同时在 Excel 和 ArcGIS 软件的支持下分析建三江分局 1999 年和 2009 年两个时间段的土地利用结构信息熵的空间分布情况。最后利用 Matlab 7.0 软件对影响土地利用结构变化的主要指标与信息熵之间进行灰关联分析,探讨影响建三江分局用地结构动态演变的主要驱

动力。

土地本身是一个具有耗散结构的自然历史综合体,具有结构和功能的有序性特征,所以可利用信息熵描述和刻画土地利用系统的有序程度^[7]。土地利用结构信息熵 H 表示如下:

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i, \text{ 其中 } p_i = s_i / s, \sum_{i=1}^n p_i = 1$$

式中: s ——研究区域土地总面积; s_i ——各种土地利用类型的面积; p_i ——第 i 种土地利用类型在该区域所有土地利用类型中出现的可能性。基于信息熵公式,土地利用结构的均衡度 J 与优势度 D 分别为:

$$J = H / H_m = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i / \lg n, D = 1, \dots, J$$

信息熵反映了区域土地利用的多样性和复杂程度,均衡度体现土地利用结构的均衡性。优势度呈现区域内一种或几种用地类型支配该区域土地类型的程度。

2 建三江分局土地利用结构演化与分析

2.1 建三江分局土地利用结构的有序度分析

依据建三江分局 1999—2009 年土地利用类型数据(缺失 2002 年的数据),求出其土地利用结构(表 1),并绘制用地结构信息熵 H 值、均衡度 J 值及优势度 D 值(图 1)。由表 1 可以看出,近 10 a 来建三江分局用地结构布局及经济差异有以下几种发展态势:(1)建三江分局是经济欠发达的地区,用地结构以农林结合为主,因此该区农业用地所占比重很大。已利用的土地中土地利用类型以耕地为主,其它用地、林地次之。(2)1999—2009 年的 10 a 间,耕地面积除 2003 年、2004 年有所下降外,其他年份呈现上升趋势,尤其是 2004—2005 年变化最大,是该区变化量最大的一个土地利用类型。林地面积在这 10 a 中缓慢增长。园地所占比例很小。(3)水域和居民点及工矿用地面积在这些年中变化不大。(4)未利用地、牧草地和其他用地面积呈现下降趋势,特别是未利用地急剧下降。

由图 1 分析发现,建三江分局土地利用结构信息熵自 1999—2009 年呈先升后降的趋势。2004 年达到最大值 1.663 6,年增长幅度为 0.07%。表明建三江分局土地利用结构在 1999—2004 年间向无序状态发展,有序度降低,结构性减弱。土地利用结构信息熵在 2005 年开始下降,2009 年降至 1.349 3,年下降幅度为 4.136%。表明建三江分局土地利用结构在 2005—2009 年由无序转为有序,结构性增强。建三江分局土地利用结构的均衡度在这些年间呈先升后降的趋势,在 2004 年达到最高值,为 0.722 5。优势

度的趋势与均衡度的恰恰相反,在 2004 年达到最低值,为 0.277 5。说明建三江分局土地利用结构在

2004 年时均质性最强,之后由一种或几种用地类型支配建三江分局土地类型。

表 1 建三江分局 1999—2009 年土地利用结构变化

%

年份	耕地	林地	园地	水域	居民点及工矿用地	未利用地	牧草地	其他
1999	32.0499	11.0323	0.0179	4.1454	3.9565	22.1815	3.6434	22.9695
2000	32.0768	11.3671	0.0179	4.1486	3.9587	21.9208	3.6419	22.8646
2001	32.0768	11.6456	0.0179	4.1425	3.9587	18.8381	2.6918	26.6281
2003	31.5191	13.9036	0.0263	4.0489	3.8812	19.7866	2.6923	24.1415
2004	31.4787	14.0157	0.0253	4.0943	3.8815	19.7874	2.7235	23.9935
2005	43.2048	13.8388	0.0243	3.8372	3.9575	13.2736	1.8957	19.9681
2006	43.2374	13.9228	0.0243	3.8372	3.9138	12.9923	1.8957	20.1667
2007	44.0717	13.9958	0.0243	3.8372	4.1662	12.7744	1.8957	19.2349
2008	54.5570	14.0944	0.0126	3.8372	4.1023	6.0219	1.8957	15.5599
2009	57.3928	14.3331	0.0124	3.8105	4.1085	4.5488	1.8957	13.8982

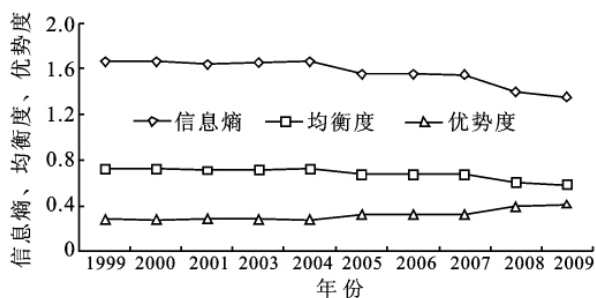


图 1 建三江分局土地利用结构信息熵、均衡度、优势度(1999—2009 年)

2.2 建三江分局土地利用结构信息熵的空间分布分析

利用计算得出的 1999 年和 2009 年建三江分局各农场的土地利用结构信息熵(图 2),在 ArcGIS 软件支持下,根据图 2 将信息熵的区域差异分为 3 种类型区:信息熵高值区,中值区和低值区。做出这两个时间段建三江分局的土地利用结构信息熵空间分布图(图 3)。由计算结果知,1999 年建三江分局的土地利用结构信息熵平均值为 1.499 4,15 个农场中高于平均值的有 8 个,2009 年建三江分局的土地利用结构信息熵平均值为 1.270 3,高于平均值的农场有 8 个,高于 1.499 4 的农场个数只有一个。1999 年信

息熵最高的农场是前哨,为 1.817 2。2009 年信息熵最高的农场为勤得利,为 1.503 6。由图 2—3 看出,2009 年建三江分局各农场土地利用结构信息熵都低于 1999 年的信息熵。十年间,前进、洪河、创业、红卫和八五九农场的信息熵由高值区转变为低值区;青龙山、鸭绿河和前哨农场的信息熵由高值区转变为中值区;七星和二道河农场的信息熵由中值区转变为低值区。信息熵低值区的分布区域范围扩大,这些农场土地利用结构较单一,或以农业为主,或以畜牧业为主,或以林业为主。总体上看,土地利用类型不均衡,土地利用结构的有序性高。

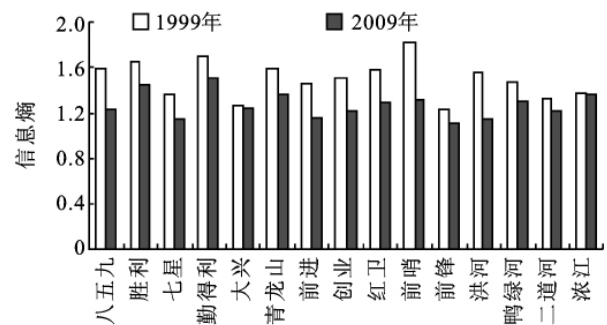


图 2 1999 年和 2009 年建三江分局土地利用信息熵

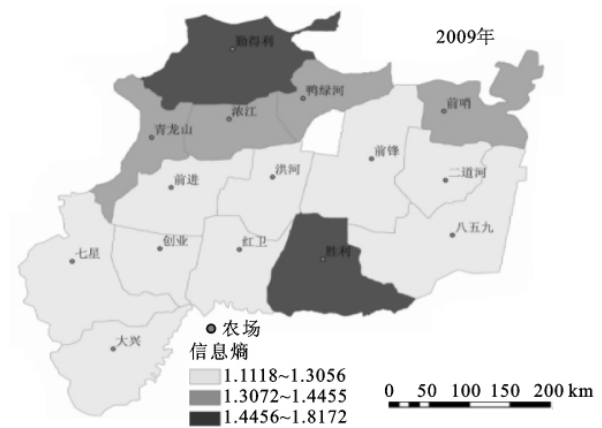
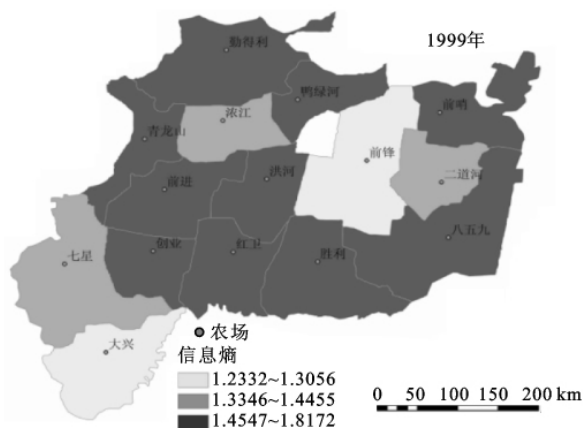


图 3 1999 年和 2009 年建三江分局土地利用信息熵空间分布

3 信息熵变化驱动力分析

影响土地利用结构变化的因素很多,包括自然、文化习俗和社会经济等因素^[8]。由于时间尺度较短,自然驱动力相对较稳定,人文驱动力则相对活跃^[9]。因此主要考虑人文因素对土地利用变化的影响,着重从社会经济因素对土地利用变化的影响进行分析。参考有关用地结构及驱动力研究的经验和结论,本研

究的驱动因素的选取遵循数据可获取、可量化的原则,主要选取影响用地结构变化的因子包括总人口、人均 GDP、第一产业增加值、第二产业增加值、第三产业增加值、工业总产值、固定资产投资额、农业总产值、粮食产量。利用灰色关联度分析法^[10]对以上指标与信息熵之间的关联度进行定量分析,研究 1999—2009 年上述影响因子对土地利用结构变化的驱动力见表 2。

表 2 1999—2009 年建三江分局土地利用结构信息熵与相关指标汇总

年份	信息熵	总人口/ 人	人均 GDP/ 万元	第一产业增 加值/万元	第二产业增 加值/万元	第三产业增 加值/万元	工业总产 值/万元	固定资产投 资额/万元	农业总产 值/万元	粮食产 量/t
1999	1.6968	194578	1.1825	156906	25354	47826	31736	27026	174562	2015245
2000	1.6986	195548	1.1965	158441	27464	48074	68472	21302	289916	1952770
2001	1.7142	195695	1.2935	165069	31716	56352	78840	30612	179056	2004251
2003	1.7310	194873	1.4244	171980	33535	72056	76844	24277	311617	1585116
2004	1.7316	198997	1.8150	244611	39029	77544	95039	26505	411728	2082709
2005	1.6156	200135	2.1697	303455	45050	85736	103610	46504	516315	2516004
2006	1.6139	200319	2.6407	380490	52736	95760	133948	40091	660006	3401900
2007	1.6102	203819	3.0126	436047	62541	115429	161479	84260	786905	4083843
2008	1.4549	206600	3.7226	561555	74344	133193	193272	123542	1004377	4659739
2009	1.4026	207695	4.7072	725253	94071	158342	272608	187958	1278593	5345257

经过灰色关联度计算,得到各影响因子与信息熵紧密程度(表 3)。由表 3 可知, $r_{总人口} > r_{第三产业增加值} > r_{粮食产量} > r_{工业总产值} > r_{第二产业增加值} > r_{人均GDP} > r_{第一产业增加值} > r_{农业总产值} > r_{固定资产投资}$ 。土地利用结构信息熵与各影响因子均有很强的相关性,引起土地利用结构变化的主导因素有总人口的增长、第三产业的发展、以及粮食产量的变化。最重要的影响因素是总人口的增长。这是因为建三江分局是农业综合开发试验区,以

农业生产为主,并肩负着黑龙江省千亿斤粮食产能工程的重担。因此,增加耕地面积是完成此项任务的办法之一。并且农业收入也是当地居民经济的主要来源。而在农业内部结构上,粮食作物面积占总播种面积的比例很高。因此,当地居民除了口粮地外,不得不开垦新土地播种经济作物以增加收入。由此可见,人口增加是土地利用结构最直接的诱导因素,驱使人们开垦更多的土地以满足人民群众生活需求。

表 3 序列关联度

影响因子	总人口	人均 GDP	第一产业 增加值	第二产业 增加值	第三产业 增加值	工业 总产值	固定资产 投资额	农业 总产值	粮食 产量
关联度	1.0000	0.7934	0.7501	0.8331	0.9085	0.8372	0.5961	0.7446	0.8685

4 结论与讨论

(1) 建三江分局 1999—2009 年,由于肩负着黑龙江省千亿斤粮食产能工程的重担,加之农业收入是当地的主要收入,耕地面积大幅增加,11 a 间增加 313 622 hm²;林地和居民点及工矿用地有小幅的增长,林地面积增加了 40 849 hm²,居民点及工矿用地面积增加了 1 881 hm²;未利用地面积大幅度下降,11 a 间减少了 218 207 hm²。

(2) 土地利用结构信息熵结果表明,建三江分局土地利用结构信息熵呈现先升后降的趋势。建三江分局土地利用结构在 1999—2004 年间向无序状态发展,有序度降低。自 2005 年起,建三江分局土地利用

结构由无序转为有序,有序度在升高。

(3) 通过 1999 年和 2009 年建三江分局熵值空间分布对比分析发现,各农场的熵值有明显的下降趋势,信息熵低值区域扩大,信息熵高值区域缩小。总体来看,经济结构单一,土地利用结构不均衡。

(4) 通过运用灰色关联度分析法对土地利用结构信息熵与社会经济驱动指标之间的关联度进行定量分析。其中总人口的增长、第三产业的发展、粮食产量的增加、第二产业和工业的发展等是主要的驱动因素。

参考文献:

[1] 王夏琰,刘学录. 甘肃省土地利用结构变化及其驱动力分析[J]. 甘肃农业大学学报,2007,42(4):97-102.

(下转第 258 页)

大幅度降低,但空间上差异很小,此时的 SAVI 值处于负增长状态,植被开始进入衰退期。衰退速率最快的出现在研究区西北部北缘、中部偏东北缘及东部东缘,尤其是东部东缘,SAVI 增长百分率高达 -30.75%;而植被衰退速率最慢的区域主要分布于研究区西部的中间位置,SAVI 增长百分率最小为 -21.94%。

3 结论

本文针对干旱半干旱的荒漠化地区植被覆盖变化变异性展开了讨论,以科尔沁沙地为研究区,该研究区属于西辽河的闭流区域,位于科尔沁沙地南缘。在其内选取 16 个样本区域,运用遥感技术提取土壤调节植被指数(SAVI),结合信息熵理论,对 SAVI 的时空分布及变异性进行了分析,最后通过相关分析确定 SAVI 序列和气候因子之间的关系。整体来看,研究区内植被的生长状况为东部好于西部,南部好于北部。研究区内植被时间上的变异性 2000 年、2002 年、2007 年、2008 年较大,2005 年较小,空间上变异性东部较小,西部较大;整体上植被时空变异性不大。降雨量、气温均与 SAVI 呈正相关,降雨对于 SAVI 的影响较气温更大。降雨和气温使得不同时期的 SAVI 增长百分率及其时空分布也存在变异性,生长季内植被生长速率越高的地方,进入枯萎期其衰退的速率也越快。

另外,本文采用的遥感数据分辨率较低,且没有考虑经济数据,因此接下来应该进一步选取高分辨率遥感数据,结合土地利用情况,同时考虑植被的不同物候对研究区植被的水文生态过程展开进一步的研究。

参考文献:

- [1] Schlesinger W H, Reynolds J F, Cunningham G L, et al. Biological feedbacks in global desertification[J]. Science, 1990, 247(4946): 1043-1048.
- [2] Zhu Z, Chen G T. The Sandy Desertification in China [M]. Beijing: Science Press, 1994: 250-268.
- [3] Liu Z, Yan Q, Li X, et al. Seed mass and shape, germination and plant abundance in a desertified grassland in northeastern Inner Mongolia, China [J]. Journal of Arid Environments, 2007, 69(2): 198-211.
- [4] Li S G, Harazono Y, Zhao H L, et al. Micrometeorological changes following establishment of artificially established artemisia vegetation on desertified sandy land in the Horqin sandy land, China and their implication on regional environmental change[J]. Journal of Arid Environments, 2002, 52(1): 101-119.
- [5] 蒋德明, 刘志民, 寇振华. 科尔沁沙地荒漠化及生态恢复研究展望[J]. 应用生态学报, 2002, 12(12): 1695-1698.
- [6] 田庆久, 闵祥军. 植被指数研究进展[J]. 地球科学进展, 1998, 13(4): 327-333.
- [7] Duan L, Liu T, Wang X, et al. Water table fluctuation and its effects on vegetation in a semiarid environment [J]. Hydrology and Earth System Sciences, 2011, 8(2): 3271-3304.
- [8] 王正兴, 刘闯. 植被指数研究进展: 从 AVHRR—NDVI 到 MODIS—EVI[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 979-987.
- [9] 秦鹏, 陈键飞. ASTER 影像提取植被信息的 NDVI 与 SAVI 法比较: 以广州花都区为例[J]. 热带地理, 2008, 28(5): 419-422.
- [10] 张继国. 降水时空分布的信息熵研究[D]. 南京: 河海大学, 2004.
- [11] 董闯, 栗晓玲. 基于信息熵的石羊河流域降雨时空变异性研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2011, 39(1): 222-228.
- [12] 欧春平, 夏军, Huang G H. 基于信息熵的流域水文要素时空变异分析研究[J]. 大连理工大学学报, 2006, 46(增刊): 168-173.
- [1] Schlesinger W H, Reynolds J F, Cunningham G L, et al. Biological feedbacks in global desertification[J]. Science, 1990, 247(4946): 1043-1048.
- [2] 卢波, 金勇章. 长沙市土地利用结构信息熵及驱动力研究[J]. 资源与产业, 2008, 10(6): 19-21.
- [3] 谭洁, 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.
- [4] 曾毅, 李茂席, 王志军, 等. 西藏山南地区土地利用结构信息熵值特征及演化规律研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(11): 5063-5065.
- [5] 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.
- [6] 郭雷, 马克明, 张易. 三江平原建三江地区 30 年湿地景观退化评价[J]. 生态学报, 2009, 29(6): 3126-3135.
- [7] 居玲华, 石培基. 甘肃省土地利用结构动态演变及其驱动力分析[J]. 广东土地科学, 2008, 7(5): 38-43.
- [8] 文博, 夏敏. 基于信息熵和灰关联分析的县域土地利用结构时空变化[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(15): 8119-8121, 8196.
- [9] 梁丽霞. 黄土高原南部土地利用动态变化及驱动机制分析[D]. 西安: 陕西师范大学, 2010.
- [10] 付强. 数据处理方法及其农业应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 23-26.

(上接第 253 页)

- [2] 卢波, 金勇章. 长沙市土地利用结构信息熵及驱动力研究[J]. 资源与产业, 2008, 10(6): 19-21.
- [3] 谭洁, 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.
- [4] 曾毅, 李茂席, 王志军, 等. 西藏山南地区土地利用结构信息熵值特征及演化规律研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(11): 5063-5065.
- [5] 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.
- [6] 郭雷, 马克明, 张易. 三江平原建三江地区 30 年湿地景观退化评价[J]. 生态学报, 2009, 29(6): 3126-3135.
- [7] 居玲华, 石培基. 甘肃省土地利用结构动态演变及其驱动力分析[J]. 广东土地科学, 2008, 7(5): 38-43.
- [8] 文博, 夏敏. 基于信息熵和灰关联分析的县域土地利用结构时空变化[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(15): 8119-8121, 8196.
- [9] 梁丽霞. 黄土高原南部土地利用动态变化及驱动机制分析[D]. 西安: 陕西师范大学, 2010.
- [10] 付强. 数据处理方法及其农业应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 23-26.