

基于信息熵与空间洛伦茨曲线的土地利用结构变化 ——以阿克苏地区为例

安明珠, 高敏华

(新疆大学 资源环境与科学学院, 乌鲁木齐 830046)

摘 要: 基于阿克苏地区各县(市)1996 年, 2013 年土地利用变更数据应用信息熵、均衡度、优势度以及空间洛伦茨曲线对阿克苏地区土地利用结构进行了量化分析, 研究了阿克苏地区 9 个县(市)两个时期 7 种主要地类的土地利用结构, 这对于阿克苏地区土地利用结构合理化与土地利用可持续发展具有重要指导意义。结果表明: (1) 阿克苏地区土地利用结构信息熵在空间尺度上差异明显, 总体上可以分为信息熵高值区、信息熵中值区、信息熵低值区, 三者的土地利用结构均衡度逐步降低。 (2) 阿克苏地区未利用地、林地和草地分布最不平衡, 园地次之, 城镇村及工矿用地、交通运输用地和耕地相对均衡(比较分散); 在时间尺度上, 只有草地的不平衡程度有所减弱, 耕地、园地、林地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、未利用地都有所增加。这说明阿克苏地区各县(市)7 种主要用地类型的空间分布及其时间变化均具有不平衡性。该结论可为阿克苏地区土地利用结构优化提供参考, 为国土资源的可持续发展战略提供决策依据。

关键词: 信息熵; 空间洛伦茨曲线; 阿克苏地区; 土地利用结构

中图分类号: K901.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)06-0307-05

Changes of Land Use Structure Based on Information Entropy and Spatial Lorenz Curves —A Case Study of Aksu Prefecture

AN Mingzhu, GAO Minhua

(College of Resource and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: Based on the land use data of each county from 1996 to 2013, we introduced the concept of information entropy, equilibrium degree, dominance index and Lorenz curve to analyze the land use structure in Aksu Prefecture. The land use structure allocation of seven major land use types in 9 counties was studied in Aksu Prefecture, which is of great significance to guide land use reasonably and sustainable development of land use. The conclusions are drawn as follows. (1) The information entropy of land utilization in Aksu Prefecture differed distinctly, which could be divided into three regions such as high information entropy district, middle information entropy district and low information entropy district; equilibrium level of land use structure increased gradually in pace with the three regions. (2) The most unbalanced lands were the unused land, the forestland and grassland, followed by the garden land and urban village and industrial land and unused land, the transportation land and the cultivated land were balanced over time; the unbalanced degree of grassland decreased, while those of the cultivated, garden, forest, urban village and industrial, transportation and unused lands exhibited an opposite trend. Thus, the distribution of seven major land use types is temporally and spatially unbalanced in Aksu Prefecture. This result can be helpful for structural optimization of land use in this region.

Keywords: information Entropy; spatial Lorenz curves; Aksu Prefecture; land use structure

土地利用结构特征及其时间变化规律是研究一个地区自然条件、资源和社会经济发展区域结构及其优

化配置的重要途径之一, 对区域产业布局、土地合理利用具有重要的指导意义。土地利用的结构决定土地利

用系统的功能,合理的土地利用结构能够保持土地利用系统的良性循环,提高土地利用的综合效率,促进区域国民经济各部门协调发展,进而促进社会经济的可持续发展^[1]。目前,对土地利用结构变化的研究,大多是以土地利用结构研究方法为中心点,并有许多学者已做了大量的研究^[2]。众学者在前人研究成果的基础上相继提出了多种研究方法,有信息论与分形几何学、马尔科夫链、BP 神经网络法、遗传法等^[3-7]。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的研究中。然而,空间信息熵对土地利用结构的研究具有局限性,仅从总体上分析了区域土地利用结构的有序程度,而洛伦茨曲线可以直观反映某种地类在区域空间分布的差异,只有两者完美的结合,才能更科学的分析土地利用结构^[8]。

为了更客观、准确的反映阿克苏地区土地利用变化的规律,在前人研究成果的基础上,结合阿克苏地区土地利用现状,本文运用信息熵与洛伦茨曲线相结合的方法,对 1996—2013 年阿克苏地区土地利用结构变化规律进行分析,为阿克苏地区未来土地利用发展战略提供科学依据。

1 研究区概况

阿克苏位于亚欧大陆中心的天山南麓、塔里木盆地北缘,东南西分别与巴音郭楞蒙古自治州、和田地区、喀什地区为临,北以天山为分水岭,同伊犁哈萨克自治州交界,西北与哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦接壤,总面积 13.25 万 km²。全地区辖 8 县 1 市,84 个乡镇,56 个农林牧场。2013 年末总人口 251.7 万人(含农一师 29.2 万)其中,维吾尔族 184.4 万人,占 73.26%,汉族 63.91 万人,占 25.39%;农业人口 171.77 万人,非农业人口 79.93 万人。阿克苏地区是新疆维吾尔自治区重要的经济发展区,南疆地区跨越式发展的示范区,塔河上游的重要生态屏障,特殊的地理位置决定了它的快速发展。同时,作为我国向西开放的重要门户、国际运输通道上的桥头堡,新疆重要的综合交通枢纽、商贸物流中心和纺织基地,以水韵森林和刀郎文化为特色的宜居宜业城市。近年来,随着南北疆经济一体化的建立,阿克苏地区的区位功能日渐清晰,其土地利用结构也相应的发生了较大的变化。

2 研究方法与资料来源

2.1 资料来源

选取新疆维吾尔自治区全国第二次土地调查成

果数据及相关部门提供的各种调查资料和图件,包括 1996—2013 年各年统计年鉴数据和实地考察数据。

2.2 研究方法

为了全面、准确的反映阿克苏地区土地利用结构的变化情况,采用热力学中的“熵”值法与经济学中的空间洛伦茨曲线和基尼系数,对阿克苏地区 1996—2013 年土地利用结构进行对比分析。本文主要选取了耕地、园地、林地、牧草地、城镇村及工矿用地、交通用地及未利用地等 7 种地类进行分析,总结出了其空间分布变化规律。

2.2.1 信息熵 “熵”是一个热力学概念,统计物理学中它表示分子不规则运动的程度。在地理学中对城市土地利用类型进行定量分析,用“熵”对城市土地利用的均质度进行度量。土地利用结构信息熵可综合反映某区域在一定时段内各种土地利用类型的动态变化及其转化程度,对于区域土地利用结构调整具有一定指导意义^[9]。它反映土地利用结构的有序程度。熵越大,有序度越低;反之,有序度越高^[10]。依照土地利用信息熵(H)定义,可得出如下信息熵公式^[11]。

假定一个城市的建设用地面积总量为 A ,该市的土地可根据职能分为 N 种类型,每个职能类型的面积为 $A_i (i=1, 2, \dots, N)$,则有

$$\sum_{i=1}^N A_i = A \quad (1)$$

据此可得各类面积的百分比为:

$$P_i = A_i / A = A_i / \sum_{i=1}^N A_i \quad (2)$$

显然 P_i 具有归一性质:

$$\sum_i P_i = 1 \quad (3)$$

因此 P_i 相当于事件的概率,从而可以依照 Shannon 熵公式定义土地利用结构的信息熵为^[12]

$$H = - \sum_i P_i \lg P_i = - \sum_i (A_i / \sum_i A_i) \lg (A_i / \sum_i A_i) \quad (4)$$

基于信息熵公式,可以定义土地利用结构的均衡度和优势度^[13],即:

$$J = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\ln n} = - \frac{\sum (p_i \ln p_i)}{\ln n} \quad (5)$$

$$I = 1 - J \quad (6)$$

式中: J ——均衡度, J 值越大,表明区域土地利用的均质性就越强; I ——优势度,优势度反映区域内一种或几种土地利用类型支配该区域土地类型的程度,与均衡度的意义相反^[14]。

2.2.2 空间洛伦茨曲线 洛伦茨曲线(Lorenz Curve)是美国经济统计学家 M. Lorenz 在 1905 年提出的,它利用频率累计数绘制成的曲线来刻画其不平

等(集中或分散)程度,是经济学上研究地区之间收入差距或财富不平等的一种分析手段。洛伦茨曲线为向内凹的曲线,当与横坐标成 45°夹角时,该曲线称为绝对均匀线。当曲线距离绝对均匀线越近时表示地区间收入差距越小,财富分配较为平等;反之,则表示地区间收入差距越大,财富分配越不平等。利用洛伦茨曲线的这一基本原理,可以直观显示某种土地利用类型在研究区空间分布的差异性,若所得曲线越接近绝对均匀线,曲线离差较小,表明该土地利用类型在研究区分布越均匀;反之,则表明该土地利用类型在研究区中的区域分布差异较大,即分布相对集中。

运用阿克苏地区各县(市)1996—2013 年各地类土地利用的变更数据,求各县(市)不同地类的区位熵。区位熵又称为专门化率,指某一地区该土地利用类型面积占区域该土地类型总面积的比值与该地区土地总面积占区域土地总面积之比,公式为:

$$Q=(A_1/A_2)/(A_3/A_4)=\text{各地类面积百分比/土地面积百分比}$$

式中:Q——区位熵;A₁——研究区某区域某种土地利用类型的面积;A₂——研究区某土地类型总面积;A₃——研究区某区域土地总面积;A₄——研究区土地总面积。

其次,按区位熵的大小,依次列出各县(市)各类土地利用面积的百分比和阿克苏地区总面积百分比,并计算累计百分比。下面以 2013 年耕地区位熵为例(表 1),其他地类略。

表 1 2013 年阿克苏地区耕地累计百分比 %

县(市)	耕地区位熵	耕地	土地	耕地累计	土地累计
柯坪县	0.212	1.499	7.082	1.499	7.082
沙雅县	0.538	13.641	25.353	15.140	32.435
阿克苏市	1.079	11.715	10.859	26.855	43.294
拜城县	1.097	13.961	12.722	40.816	56.016
乌什县	1.135	7.902	6.960	48.718	62.975
温宿县	1.286	13.857	10.774	62.576	73.749
阿瓦提县	1.381	13.762	9.962	76.337	83.712
库车县	1.387	16.126	11.629	92.463	95.340
新和县	1.617	7.537	4.660	100.000	100.000

最后,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 长度,绘出坐标图,以各累计数绘制坐标点,得到的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^[15]。

3 结果与分析

3.1 信息熵的分析结果

选取 1996 年与 2013 年阿克苏地区各县(市)土地利用的变更数据进行计算和分析。由图 1 可以看出,1996 年阿克苏地区土地利用结构信息熵为 0.977 8,各县(市)土地利用结构信息熵差异明显。从总体上看,1996 年阿克苏地区土地利用结构熵值普遍偏低,且结构性较强,也反映了阿克苏地区土地利用处于低水平的发展阶段。信息熵(H)的均值是 0.886 0,这就表明阿克苏地区土地利用结构向均衡状态发展的速度缓慢,土地利用的无序度在增加。高熵值区包括库车县、拜城县和乌什县,其信息熵都在 0.955 0 以上,各土地利用类型的面积相差较小,土地利用结构趋于均衡。中熵值区包括阿克苏市、温宿县、新和县和阿瓦提县,其熵值为 0.717 7~0.955 0,土地利用类型以草地和未利用地为主。低熵值区包括沙雅县和柯坪县,其熵值分别为 0.570 2,0.717 7。

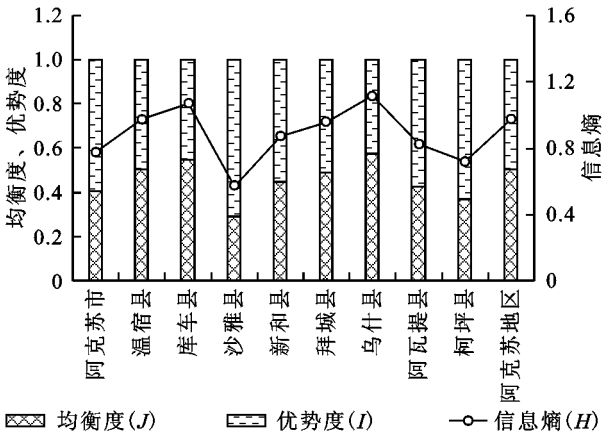


图 1 1996 年阿克苏地区各县(市)土地利用结构信息熵

由图 2 可以看出,2013 年阿克苏地区土地利用结构信息熵为 1.139 5。从总体上看,熵值仍较低,但有平稳上升的趋势,说明土地利用结构发生了比较合理的逐步变化。信息熵(H)的均值是 1.076 1,这就表明阿克苏地区土地利用结构正在向均衡状态发展,土地利用的无序度有所下降。高熵值区包括库车县、新和县和阿瓦提县,其信息熵都在 1.192 5 以上,各土地利用类型的面积比例趋于平衡。中熵值区包括阿克苏市、温宿县、拜城县和乌什县,其熵值为 1.192 5~0.813 1,土地利用类型以草地和未利用地为主。低熵值区包括沙雅县和柯坪县,其熵值分别为 0.742 1,0.813 1。

从整体上看,近 17 a 来阿克苏地区土地利用的信息熵和均衡度的总趋势是逐年增加,但增幅不大,均衡度的变化趋势与信息熵基本相同。1996—2013 年是阿克苏地区土地利用的平稳增长期,各类用地的增减都保持相对平稳的态势。1996 年土地利用结构

信息熵较低,牧草地与未利用地在全地区所占比例较大,随着交通运输用地与城镇村及工矿用地的面积的不断增加,牧草地与未利用地被建设用地占用,面积逐步减少,导致土地利用信息熵的不断增加,由1996年阿克苏地区0.977 8增加到2013年的1.139 5,说明该地区土地利用结构在总体上趋于合理,从另一方面也反映了经济的快速发展。均衡度2013年比1996年增加了0.083 1,说明土地利用的结构性不断增强。1996—2013年信息熵和均衡度不断增加,优势度不断下降,说明阿克苏地区各土地利用结构趋于平衡,土地资源开发利用趋向合理。

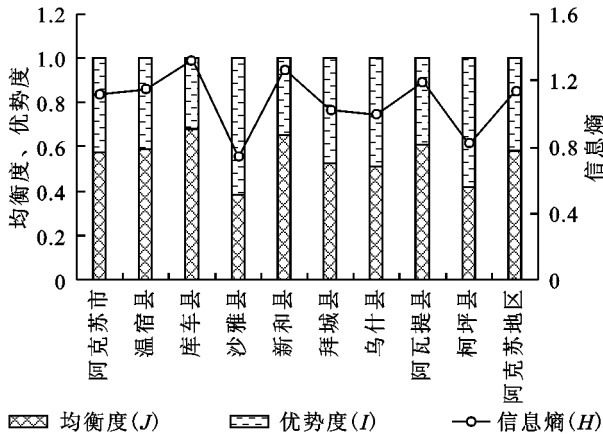


图2 2013年阿克苏地区各县(市)土地利用结构信息熵

3.2 洛伦茨曲线的分析结果

根据土地利用变更数据绘制出1996年阿克苏地区各土地利用类型洛伦茨曲线(图3)。由图中曲线可以看出,耕地、城镇村及工矿用地与未利用地的洛伦茨曲线比较靠近绝对均匀性,说明这三种用地类型在阿克苏地区土地利用中比较分散,即其分布在各乡镇的面积比例大致相同。林地其次,园地和草地距离绝对均匀线最远,这两种用地类型在阿克苏地区较不均衡,分布在各乡镇的面积比例差异较大。

空间洛伦茨曲线法分析得到的结果和实际情况基本相符。依据1996年土地利用现状数据表明,新和县约占全区4.66%的土地上分布了全区12.45%的园地,柯坪县约占全区7.08%的土地上分不了全区0.80%的园地。草地方面,沙雅县约占全区25.35%的土地上分布了全区5.16%的草地,乌什县约占全区6.96%的土地上分布了全区16.54%的草地。

在2013年阿克苏地区各土地利用类型洛伦茨曲线(图4)中类似的情况也有所体现。2013年园地、林地、草地的曲线仍然离绝对均匀线较远,这反映了这些地类在全区分布较聚集,即有些县(市)的园地、林地、草地数量所占比重仍然高于其他县(市)平均水平,耕地、城镇村及工矿用地与未利用地距绝对均匀

线仍然较近,说明这三种土地类型在阿克苏地区土地利用中分布比较均衡。

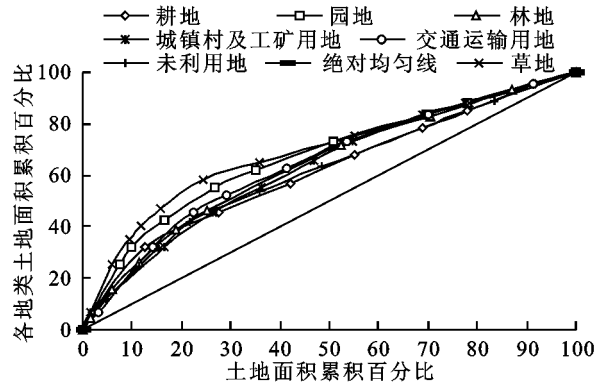


图3 1996年阿克苏地区各土地利用类型洛伦茨曲线

通过对阿克苏地区各县(市)17 a间的土地利用结构分析,各地类在全区分布均有不均衡性,且有继续增长的趋势,如园地和林地,但有些地类仍旧保持良好的均衡性,如耕地和未利用地。因此,在推动区域经济协调发展的前提下,合理配置各区域用地结构,促进区域经济健康稳定的发展尤为重要。立足区域优势,大力推进特色产业发展,在促进土地节约集约利用基础上,优化阿克苏地区土地利用结构。

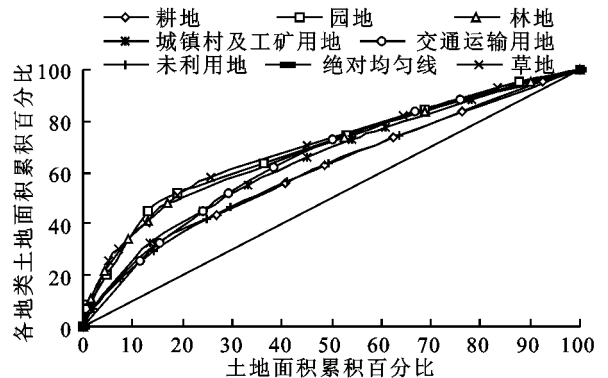


图4 2013年阿克苏地区各土地利用类型洛伦茨曲线

4 结论与讨论

本文应用信息熵和洛伦茨曲线的方法,对阿克苏地区各县(市)土地利用结构进行分析研究,所得结论如下:

(1) 土地利用结构信息熵描述了土地利用系统内部结构状态,其熵值越大,土地利用系统越无序,反之则越有序。由于不同县(市)自然社会经济的发展程度不同,其土地的职能也有很大的差异,用单一的信息熵值来反映土地利用结构的有序程度,其结果不具有可比性,均衡度和优势度能很好的弥补信息熵分析的这一不足,均衡度与优势度的意义在于分析土地职能数据量的影响^[16]。由1996年与2013年的信息熵、均衡度与优势度可以看出,总体上阿克苏地区土地利用结构处于低水平的有序发展状态,信息熵区域差异明显,

土地利用的无序程度随着时间逐渐减低,土地利用结构趋于平衡,土地资源开发利用趋向合理。

(2) 信息熵是在宏观上分析土地利用结构的动态变化,但不能具体的反映小区域土地利用结构均衡程度。利用空间洛伦茨曲线可以直观地表征小区域土地利用结构的配置及彼此关系。阿克苏地区各类型土地利用中,园地、林地和草地分布比较集中,耕地、城镇村及工矿用地和未利用地分布比较均衡。从时间尺度上看阿克苏地区土地利用结构,耕地和未利用地在过去 17 a 中变化不大,而林地与城镇村及工矿用地较大,并且是随着林地的减少与居民及独立工矿用地的增加的趋势发展。

(3) 近年来规划土地利用结构发展方向与上述现状相反,耕地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、未利用地在阿克苏地区各县(市)分布较分散,而园地、林地和草地趋向集中,说明土地利用的自我调节能力在加强。针对阿克苏地区土地结构的现状及变化趋势,应发挥区域土地的区位和功能优势保持合理的土地开发程度和土地投入强度,保持人地系统的协调运行和可持续发展。

参考文献:

[1] 刘立诚. 新疆土地类型结构及其合理利用[J]. 新疆大学学报:自然科学版,1994,11(1):91-96.

[2] 许学强,周一星,宁越敏,等. 城市地理学[M]. 北京:高等教育出版社,1996.

[3] 陈彦光,刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述:从信息熵到分数[J]. 地理研究,2001,20(2):146-152.

[4] 张海龙,蒋建军,解修平,等. 近 25 年来西安地区土地利用变化及驱动力研究[J]. 资源科学,2006,28(4):71-77.

[5] 姜鲁光,聂晓红,刘恩峰. 基于 GIS 的济南市城市土地利用空间结构分析[J]. 经济地理,2003,23(1):70-73.

[6] 刘彦随. 土地利用优化配置中系列模型的应用:以乐清市为例[J]. 地理科学进展,1999,18(1):26-31.

[7] 张裕凤,王凤玲. 乡域土地利用结构变化分析[J]. 干旱区资源与环境,2004,18(6):90-94.

[8] 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.

[9] 张洁. 东京城市土地利用结构分析及其对中国大城市的启示[J]. 经济地理,2004,24(6):812-815.

[10] 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.

[11] 贾科利,张俊华,常庆瑞. 基于信息熵与分形理论的土地利用景观格局变化研究:以陕北农牧交错带为例[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(5):235-239.

[12] 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.

[13] 陈彦光,刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述:从信息熵到分数维[J]. 地理研究,2001,20(2):146-152.

[14] 刘筱非,周宝同. 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.

[15] 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.

[16] 边静,何多兴,田永忠,等. 基于信息熵与空间洛伦茨曲线的土地利用空间结构分析:以重庆市合川区为例[J]. 水土保持研究,2011,18(5):201-204.

(上接第 306 页)

[11] 孙东琪,张京祥,张明斗,等. 长江三角洲城市化效率与经济发展水平的耦合关系[J]. 地理科学进展,2013,32(7):1060-1071.

[12] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系:以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理,1999,19(2):171-177.

[13] 刘浩,张毅,郑文升. 城市土地集约利用与区域城市化的时空耦合协调发展评价:以环渤海地区城市为例[J]. 地理研究,2011,30(10):1805-1817.

[14] Vefie L. The Penguin dictionary of physics[M]. 北京:外语教学与研究出版社,1996.

[15] Von Bertalanffy L, Sutherland J W. General systems

theory: Foundations, developments, applications[M]. New York:Braziller, 1968.

[16] 任继周,万长贵. 系统耦合与荒漠—绿洲草地农业系统:以祁连山—临泽剖面为例[J]. 草业学报,1994,3(3):1-8.

[17] 哈肯,纪岳,物理学研究者,等. 协同学导论[M]. 西北大学科研处,1981.

[18] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research,1978,2(6):429-444.

[19] 陈桂龙. 2013 中国城市群发展状况与研判[J]. 中国建设信息,2013(21):62-65.