

李 晶,赵晓霞,任俊涛,等. 市域采煤塌陷地土地利用结构信息熵时空变化[J]. 江苏农业科学,2014,42(5):263-265.

市域采煤塌陷地土地利用结构信息熵时空变化

李 晶,赵晓霞,任俊涛,刘俊廷,孟浩灿,周书俊

[中国矿业大学(北京)土地复垦与生态重建研究所,北京 100083]

摘要:利用信息熵原理,根据山东省济宁市 2004—2020 年采煤塌陷现状和预计情况,从时序和空间 2 个角度分析土地利用结构的信息熵变化特征及其成因。结果表明,在时序上,随着采煤塌陷破坏土地面积的逐年增大,济宁市采煤塌陷区土地利用结构信息熵、均衡度均降低;在空间上,济宁市土地利用结构信息熵表现出区域分异特征,采煤塌陷地面积较大的邹城市和鱼台县各阶段塌陷地的熵值较大,采煤塌陷地面积较小的嘉祥县塌陷地的熵值都较小。

关键词:信息熵;山东省济宁市;采煤塌陷地;土地利用结构;均衡度;优势度

中图分类号: F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)05-0263-03

信息是指接受者预先不知道的通信内容或报道,包括知识、数据、密码、指令等^[1]。信息消除信息来源的不确定性多少称为信息量大小。1948 年,信息论奠基人香农(E. Shannon)将“熵”这一概念引入信息论中,在信息量基础上提出了信息熵的概念,它是信息的数学期望,用以测度信息量,并给出了计算公式^[2]。“熵”这一概念表示是系统的无序程度,随着土地利用的日趋复杂化,我们可以用来描述土地利用结构的变化。周子英等运用信息熵理论对长沙市 1996—2008 年的土地利用变化进行时间序列和空间变异分析^[3];陶金等研究了河北省武安市 1996—2006 年的土地利用结构信息熵变化以及 2006 年各乡(镇)信息熵差异^[4];苏广实等利用遥感影像数据对广西都安县 1977—2005 年土地利用信息熵进行了实例分析^[5],上述研究对我国土地利用结构分析具有重要的意义。

我国是采煤大国,原煤产量居世界首位,煤炭在我国的一次性能源结构中占 70% 以上。在今后相当长的时期内煤炭仍然是我国的主要能源^[6]。煤炭开发和利用为国民经济持续发展作出巨大贡献的同时,也对土地利用造成了严重的破坏,如地表挖损、塌陷、压占和污染等,受煤炭资源赋存条件和开采特点制约,采煤塌陷造成的危害大且分布范围广,在很大程度上影响了一个区域发展,加剧了我国的人地矛盾^[7]。

山东省济宁市是我国平原地区重要的煤炭生产基地之

一,采煤塌陷导致的土地利用结构的变化具有一定的代表性。本研究根据济宁市土地利用现状、采煤塌陷现状和未来一定时期内采煤塌陷预计结果,运用信息熵的方法,从时间和空间 2 个角度分析了济宁市采煤塌陷对土地利用结构变化的影响,研究成果可为类似地区土地资源利用的政策决策提供理论依据。

1 研究区概况

济宁市位于山东省西南部,地处苏鲁豫皖 4 省结合部;地势东高西低,北高南低,济宁市地形以平原洼地为主,地貌较为复杂。济宁市现辖 2 区包括市中区、任城区,3 市包括曲阜市、兖州市、邹城市,7 县包括微山、鱼台、金乡、嘉祥、汶上、泗水、梁山,面积 1.12 km²,人口约 830 万。

煤炭是济宁市最具优势的矿产资源,分布面积 3 900 km² 左右,累计查明煤炭资源储量约 120 亿 t,2009 年年底保有资源储量约 110 亿 t,占山东省保有煤炭资源储量的 51% 以上。丰富的煤炭资源给济宁市发展带来了极大的经济利益,但是煤炭资源的开采和利用对城市生态环境和土地利用等造成了严重破坏。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据类型与预处理

本研究所需基础数据包括各矿采掘工程平面图及相关开采计划数据,采煤塌陷、土地利用现状数据,土地利用规划数据等。各阶段(2010—2015 年、2015—2020 年)塌陷地数据采用 MSPS 软件进行预测获得;塌陷范围内土地利用现状结构通过 GIS 空间叠加分析功能获得,在此基础上,结合塌陷程

收稿日期:2014-01-10

基金项目:国家科技支撑计划重点项目(编号:2012BAC04B03)。

作者简介:李 晶(1975—),女,博士,副教授,主要从事土地资源管理、地理信息工程、土地利用与土地复垦等方面的研究。E-mail:lijing@cumtb.edu.cn。

[23]何佳荣. 农村居民点土地整理及其区域效应分析[D]. 济南:山东师范大学,2010.

[24]邹亚锋,刘耀林,孔雪松,等. 广西平南县农村居民点整理潜力测算研究[J]. 国土资源科技管理,2011,28(6):16-21.

[25]林常春,李新旺,许 啤,等. 农村居民点整理潜力测算研究——以河北省卢龙县为例[J]. 河北农业大学学报,2010,33(2):46-51.

[26]高晓东,南 灵. 农村居民点整理潜力测算与释放对策研究——以左权县拐儿镇为例[J]. 安徽农业科学,2011,39(36):22661-22663.

[27]张 岐. 县域农村居民点整理现实潜力与时序研究——以浙江省南湖区为例[D]. 北京:中国地质大学,2013.

[28]许 芳,龙 飞. 城乡建设用地增减挂钩政策背景下农村居民点整理潜力分析——以广西桂林市全州县为例[J]. 国土资源科技管理,2012,29(3):31-36.

[29]夏剑琴,刘艳芳,郑延敏. 北海市农村居民点整理潜力测算研究[J]. 广东土地科学,2013,12(3):25-31.

[30]何英彬,陈佑启,姚艳敏,等. 农村居民点土地整理潜力研究方法述评[J]. 地理与地理信息科学,2008,24(4):80-83.

度如下沉值、地表坡度变化、塌陷积水情况和地方土地利用规划,得到 2015 年和 2020 年塌陷范围内土地利用情况。为便于比较,结合采煤塌陷范围内土地利用地域特点,将土地利用类型调整为耕地、园林草地、建设用地、交通水利用地、水域和其他用地 6 类。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用结构的信息熵 土地利用结构是指在一定区域内,不同土地利用类型在数量、质量上的比例关系以及空间上的分布状态。信息熵 $H(X)$ 是信息的数学期望,是信息来源的平均不确定的描述,香农 (E. Shannon) 在信息论中给出了计算公式^[2]:

$$H(X) = E[\ln(1/P_i)] = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (1)$$

式中: $H(X)$ 为信息熵; P_i 为各土地利用类型占区域土地总面积的比例,假设每种土地利用类型的面积为 X_i ,则 $P_i = X_i/X$; n 为土地利用类型的种类。

当区域处于未开发时,信息熵值最小为 0,即 $H_{\min} = 0$;相反,当区域已发展成熟,各土地类型已趋于稳定、均匀,且满足熵最大化条件,即 $P_1 = P_2 = \dots = P_n = 1/n$ 时,其熵值最大,此时 $H_{\max} = \ln(n)$ 。当信息熵介于最大值与最小值之间时,随着熵值由小变大,系统的无序度增大,均匀度增大^[8-10]。

根据熵增加原理,在孤立系统中,一切不可逆过程必然朝着熵不断增加的方向运行;但是,土地利用系统不是一个孤立的系统,会受到自然和经济社会等各方面的影响,所以土地利用结构的信息熵有增有减。通过土地利用结构信息熵的变化规律,我们可以知道区域土地利用的有序和均衡程度^[11]。

2.2.2 土地利用结构的均衡度 土地利用结构的均衡度为土地利用结构信息熵的实际熵值与最大熵值之比,它反映的是区域内各土地利用类型均衡利用的程度。

$$J = H(X)/H_{\max} = - \sum_{i=1}^n (P_i \ln P_i) / \ln(n) \quad (2)$$

式中: J 为土地利用结构的均衡度, H_{\max} 为最大熵值, $H(X)$ 、 P_i 、 n 同公式(1)。

由于 $H(X) \leq H_{\max}$, $0 \leq J \leq 1$ 成立。当 $J = 0$ 时,说明区域内以一种土地利用类型为主,土地利用类型单一,处于最不平衡的状态;当 J 从 0 到 1 逐渐增大时,说明土地利用逐渐由不平衡状态向均衡状态过渡;当 $J = 1$ 时,多种利用类型均衡利用,达到理想的平衡状态。区域内土地多种土地利用类型均衡利用,则均衡度高,反之则低^[12-14]。

2.2.3 土地利用结构的优势度 土地利用结构的优势度表征的是区域土地由一种或几种主要土地利用类型来支配的程度,相比较其他地类来说,占支配地位的土地利用类型更具有优势。

$$U = 1 - J \quad (3)$$

式中: U 为优势度, J 同公式(1)。由公式(3)可知,均衡度越大,优势度越小,反之亦然。

3 结果与分析

3.1 济宁市土地利用结构信息熵时序变化

3.1.1 济宁市采煤塌陷地的数量变化 2004 年济宁市采煤塌陷地面积为 13 600 hm^2 ,2009 年增长到了 23 400 hm^2 ,其中,常年积水面积分别占 30.2% 和 33.5%。预测至 2015 年

和 2020 年,采煤塌陷面积将分别达到 35 500、48 300 hm^2 ,其中,常年积水面积分别占 37.6% 和 39.7% (图 1)。

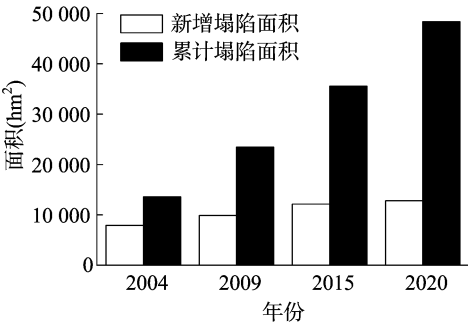


图1 济宁市各阶段新增和累计采煤塌陷地面积

3.1.2 济宁市土地利用结构信息熵时序分析 根据公式(1)、(2)和(3),计算济宁市不同阶段土地利用结构的信息熵、均衡度和优势度,结果见表 1、表 2。

表 1 济宁市采煤塌陷地土地利用比例结构及变化

土地利用类型	比例 (%)			
	2004 年	2009 年	2015 年	2020 年
耕地	38.59	41.32	42.19	41.29
园林草地	5.60	4.50	4.41	4.29
建设用地	11.97	11.81	9.61	7.94
交通水利用地	1.99	2.67	2.44	2.24
水域	32.22	34.50	36.21	39.31
其他用地	9.63	5.20	5.14	4.93

表 2 济宁市采煤塌陷地土地利用信息熵、均衡度和优势度及变化

年份	信息熵	均衡度	优势度
2004	1.451 4	0.810 0	0.189 9
2009	1.374 7	0.767 3	0.232 7
2015	1.337 8	0.746 6	0.253 4
2020	1.301 9	0.726 6	0.273 4

从表 2 可以看出,2004 年和 2009 年济宁市采煤塌陷地的土地利用结构信息熵分别为 1.451 4 和 1.374 7,至 2015 年和 2020 年将演变为 1.337 8 和 1.301 9,随着采煤塌陷面积的增大,信息熵逐渐降低,且降低的速度逐渐变缓,说明济宁市采煤塌陷地的土地利用结构无序度降低。2004—2009 年,济宁市采煤塌陷地的土地利用结构信息熵快速降低,从 2004 年的 1.4514 快速降低至 2009 年的 1.374 7。在采煤塌陷地土地利用结构中,占比重最大的耕地比例增加了 2.73 百分点,比重较大的水域也增加了 2.28 百分点,而除占比重最小的交通水利用地的比例有少量增加外,园林草地、建设用地、水域、其他用地等土地利用类型所占的比例均在降低。导致了耕地和水域与其他地类的比例差距增大,采煤塌陷地的土地利用结构信息熵快速降低。

2009—2020 年,济宁市采煤塌陷地土地利用结构信息熵缓慢降低,从 2009 年的 1.374 7 到 2015 年预计降低为 1.337 8,至 2020 年降为 1.301 9。该阶段耕地所占比例先增大后降低,但总体变化不大;水域所占比例分别增加 1.71 和 3.1 百分点,相对其他地类变化较大;建设用地的比例分别降低

2.20 和 1.67 百分点,比上一阶段降低幅度大;其他土地利用类型所占比例均在降低,且幅度较小。导致了采煤塌陷地土地利用结构信息熵缓慢降低。

通过各阶段土地利用结构信息熵、均衡度、优势度的比较,可以看出采煤塌陷后塌陷地的土地利用结构信息熵降低了,且降低速度逐渐变缓。表明采煤塌陷导致塌陷地的土地利用结构信息熵降低,土地利用无序度降低,各地类间的比例差距增大。

3.2 济宁市土地利用结构信息熵空间变化

选取各时间段塌陷地面积较大的邹城市、中等的鱼台县和较小的嘉祥县等 3 个区域,根据公式(1)、(2)和(3)的计算方法,计算不同区域土地利用结构的信息熵、均衡度和优势度,结果见表 3、表 4、表 5。

表 3 济宁市不同区域各阶段土地利用结构信息熵

地区	结构信息熵			
	2004 年	2009 年	2015 年	2020 年
邹城市	1.482 7	1.364 9	1.329 9	1.292 1
鱼台县	1.329 6	1.375 9	1.356 3	1.304 3
嘉祥县	1.311 1	1.366 8	1.268 2	1.210 8

表 4 济宁市不同区域各阶段土地利用结构均衡度

地区	结构均衡度			
	2004 年	2009 年	2015 年	2020 年
邹城市	0.827 5	0.761 8	0.742 2	0.721 1
鱼台县	0.742 1	0.767 9	0.757 0	0.728 0
嘉祥县	0.731 7	0.762 8	0.707 8	0.675 8

表 5 济宁市不同区域各阶段土地利用结构优势度

地区	结构优势度			
	2004 年	2009 年	2015 年	2020 年
邹城市	0.172 5	0.238 2	0.257 8	0.278 9
鱼台县	0.257 9	0.232 1	0.243 0	0.272 0
嘉祥县	0.268 3	0.237 2	0.292 2	0.324 2

从表 3 到表 5 可以看出,总体上采煤塌陷地面积较大的区域塌陷地的土地利用结构信息熵较大,反之较小。采煤塌陷地面积较大的邹城市,塌陷地的土地利用结构信息熵的变化趋势与济宁市的变化趋势接近,总体在降低,且降低速度逐渐变缓:从 2004 年的 1.482 7 快速降低到 2009 年的 1.364 9,之后缓慢降低,至 2020 年预计降低到 1.292 1。鱼台县和嘉祥县采煤塌陷地的土地利用结构信息熵变化波动都不大,呈现先增大后降低的趋势:鱼台县从 2004 年的 1.329 6 增大到 2009 年的 1.375 9,之后预计降低,至 2020 年将降低到 1.304 3;嘉祥县从 2004 年的 1.311 1 到 2009 年增大到 1.366 8,之后预计降低,至 2020 年将降低到 1.210 8。分析结果表明,采煤塌陷对于塌陷地土地利用结构具有一定的影响,且塌陷面积不同影响结果也不同。相对于塌陷地面积较小的区域,塌陷地面积较大区域的土地利用结构信息熵略大。

4 结论与建议

在 2004—2020 年期间,随着采煤塌陷面积的增大,济宁市采煤塌陷土地利用结构信息熵趋于下降,且信息熵降低的速度在逐渐减缓。从时序上看,济宁市采煤塌陷地的土地利用结构无序度和均衡度逐渐降低,优势度逐渐升高。在空间上,塌陷土地利用结构信息熵呈现出区域分异特征,采煤塌陷地面积较大的区域相对于塌陷地面积较小的区域信息熵略大。

土地利用结构信息熵的大小反映了土地利用无序度的大小,但并不能直接用于说明土地利用结构是否合理。如果不同土地利用类型之间空间位置互换,各土地利用类型的比例不变,熵值亦不变,但是土地利用的效用却发生了变化^[15],即信息熵仅从土地利用类型比例关系出发分析土地利用结构,并没有考虑土地利用类型空间结构和布局的影响。信息熵的大小合理与否,还应与不同采煤塌陷区的土地功能定位有关,在信息熵应用过程中同样不能忽略这一前提。

参考文献:

[1] 石培基,董翰蓉,潘竟虎. 甘州区土地利用结构信息熵时空变化分析[J]. 土壤通报,2012,43(2):263-268.

[2] 杨杰. 基于信息熵和分形维的县域土地利用结构分析——以湖南省汉寿县为例[D]. 长沙:中南大学,2011.

[3] 周子英,段建南,梁春风. 长沙市土地利用结构信息熵时空变化研究[J]. 经济地理,2012,32(4):124-129.

[4] 陶金,付梅臣,田迪,等. 武安市土地利用结构信息熵时空变化分析[J]. 资源开发与市场,2009,25(4):298-300.

[5] 苏广实,王世杰,胡宝清,等. 喀斯特县域土地利用结构信息熵时空变化分析——以广西都安为例[J]. 安徽农业科学,2009,37(26):12874-12877.

[6] 李金柱. 煤炭工业可持续发展的开发与利用技术[M]. 北京:煤炭工业出版社,1998.

[7] 李晶,胡振琪,李立平. 中国典型市域煤粮复合区耕地损毁及其影响[J]. 辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2008,27(1):148-151.

[8] 耿海青,谷树忠,国冬梅. 基于信息熵的城市居民家庭能源消费结构演变分析[J]. 自然资源学报,2004,19(2):257-262.

[9] 赵晶,徐建华,梅安新,等. 上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析[J]. 地理研究,2004,23(2):137-146.

[10] 杨武,童小华,刘妙龙. 土地利用结构熵变化分析[J]. 同济大学学报:自然科学版,2007,35(3):422-426.

[11] 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.

[12] 周晖子. 基于信息熵理论的流域地形和土地利用变化及其对径流的影响[D]. 北京:北京林业大学,2011.

[13] 赵京,杨钢桥. 基于信息熵的土地利用结构演变分析——以湖北省为例[J]. 湖北农业科学,2010,49(4):1016-1019.

[14] 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,2009.

[15] 魏丽娜. 基于信息熵-模糊综合评判法的甘肃省土地利用结构分析[D]. 兰州:甘肃农业大学,2007.