
惠山区土地利用结构信息熵 时间变化规律及驱动因素分析¹

苏俊文¹, 于丹¹, 陕永杰^{1, 2, 3}

(1. 山西师范大学 地理科学学院, 山西 临汾 041004;

2. 南京农业大学 土地资源管理学院, 江苏 南京 210000;

3. 山西师范大学 现代文理学院, 山西 临汾 041004)

【摘要】: 基于信息熵原理, 分析了 2010~2014 年惠山区土地利用结构信息熵时间演变特征, 并运用主成分分析方法对其变化的主要驱动因子进行定量分析。研究表明, 近五年惠山区土地利用结构信息熵呈现出逐年下降的趋势, 土地利用结构逐步向不均衡方向发展; 人口增长、经济发展、城市化进程加快等对土地的需求量不断增加, 是导致惠山区土地利用结构发生变化的主要驱动因素。

【关键词】: 土地利用结构; 信息熵; 时间变化; 驱动因子; 惠山区

【中图分类号】: F301 **【文献标识码】**: A

土地利用系统是由各因子耦合而成的一个庞大且复杂的系统, 包括自然、人类、社会、经济、技术等, 且具有耗散性结构特征, 也可进行调控。信息熵可以用来描述土地利用结构变化, 因此, 很多学者运用信息熵原理对各地区在时间及空间方面的土地利用结构变化进行了大量研究, 并对其反映出的一般性规律进行了总结, 从而提出了均衡度这个概念, 用来反映土地利用结构的合理程度, 同时也在土地利用结构时空变化规律、驱动因子、预测土地利用结构等各方面做出了大量研究成果。以上研究表明, 土地利用结构信息熵可反映某区域在某时间段内土地利用结构的变化情况及变化趋势, 对调整地区土地利用结果有指导意义, 通过对其驱动因子的研究也可为优化地区土地利用结构提供参考意见。无锡市惠山区地处我国长江三角洲腹地, 为无锡市的城乡结合部, 经济发展较为迅速, 较早步入了城镇化, 可以作为苏南地区代表。文章将惠山区作为研究区域, 分析了其土地利用结构信息熵的变化, 并分析了影响其变化的驱动因子, 可以为优化惠山区土地利用结构及保障惠山区土地可持续发展

¹[收稿日期]: 2017-12-01

[基金项目]: 山西省软科学研究一般项目“土地确权背景下的农村土地流转驱动机制及保障措施研究”(编号: 2017041031-3); 江苏省博士后基金项目“土地确权背景下的农村土地流转制度改革”(编号: 1601145B); 山西师范大学现代文理学院高等学校科技创新项目“土地流转适度规模评价指标体系的构建及应用”(编号: 2016KJYJ-5)。

[作者简介]: 苏俊文(1992-), 女, 山西晋城人, 硕士研究生, 研究方向: 为土地利用评价; 于丹(1992-), 女, 山西永济人, 硕士研究生, 研究方向: 土地利用评价。

[通讯作者]: 陕永杰(1978-), 男, 山西临汾人, 博士, 副教授, 研究方向: 土地利用评价与土地管理。

提供依据。

1、研究区概况

惠山区位于江苏省南部的无锡市，属于上海经济区的重要部分，又位于长江三角洲的腹地，是沪宁两地的交通咽喉。惠山区地理位置为 $120^{\circ} 04' \sim 120^{\circ} 24' E$ ， $31^{\circ} \sim 32^{\circ} 46' N$ 之间，气候属于北亚热带季风气候区，光照十分充足，降水也很丰沛，四季分明，雨热同期。常年平均气温为 $16.2^{\circ}C$ ，降水量为 $1121.7mm$ 。

2、数据来源研究方法

2.1 数据来源

文中数据来源于《江苏省统计年鉴》及实地调研，土地利用数据来源于国土资源局统计的 2010~2014 年土地利用变更调查数据。为了方便研究，把土地利用类型划分为了八类：耕地、林地、园地、其他农用地、交通运输用地、居民点及工矿、水利设施用地以及其他用地。

2.2 研究方法

熵最开始是一个物理学概念，后来被运用到控制论、信息论等其他领域中，由此便出现了信息熵。后来被研究者大量运用于研究土地利用结构变化。通过计算信息熵，可得出区域内土地利用结构的有序性，并反映出影响其变化的主要因素。

2.2.1 土地利用结构信息熵。依照 Shannon 熵公式对信息熵 (H) 的定义如下：

$$P_i = A_i / A \quad (1)$$

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (2)$$

式中：A 表示区域土地总面积，某种土地类型的面积为 A_i ($i=1, 2, \dots, n$)； P_i 表示各土地利用类型占该区域土地总面积的比例；H 为土地利用结构信息熵，其大小用来反映各土地类型面积分布的均匀程度。当各土地类型面积相等，即 $A_1=A_2=\dots=A_n=A/n$ 时，熵最大，即 $H_{\max}=\ln N$ 。一般而言，土地类型越多，各类型的百分比相差越小，熵值越大。

2.2.2 均衡度与优势度。为了更直观地表现出土地利用结构的合理度，研究者在信息熵的基础上引进均衡度的概念，为实际熵值与最大熵值（即 $\ln N$ ）之比，即公式 (3)。

$$J = H / H_{\max} = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i / \ln n \quad (3)$$

由公式 (3) 可看出，均衡度 J 的变化范围是 $[0, 1]$ ，均衡度越大，表明土地利用结构越合理。同理，引入优势度的概念，见公式 (4)。

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

式中：I 为优势度，用来表示区域内某一种或几种土地利用类型对该区域土地利用结构的支配程度，与均衡度的意义相反。

3、结果与分析

3.1 惠山区土地利用结构信息熵时序变化分析

表1 惠山区 2010~2014 年度土地利用结构变化 (%)

年份	耕地	林地	园地	其他农用地	交通运输用地	居民点及工矿	水利设施用地	其他土地
2010	30.15	0.9	4.93	9.88	5.21	39.53	0.59	8.81
2011	29.82	0.9	4.77	9.56	5.46	40.18	0.58	8.73
2012	30.16	0.9	4.65	9.28	5.49	40.32	0.58	8.61
2013	29.77	0.9	4.5	8.96	5.81	40.98	0.58	8.51
2014	29.49	0.9	4.45	8.76	5.87	41.53	0.58	8.43

通过以上方法, 计算出了惠山区 2010~2014 年土地利用结构信息熵、均衡度及优势度, 计算结果如表 2 所示: 研究期间, 惠山区土地利用结构信息熵表现为不断下降的趋势, 各类土地利用面积差距变大。均衡度逐渐减小, 优势度逐渐增大, 说明各土地类型利用面积不均衡, 原因主要是人口增加、经济发展及城市化进程加快导致人们对土地的需求增加, 居民点及工矿和交通运输用地面积增加, 耕地和园地面积减少。

表2 惠山区 2010~2014 年度土地利用结构信息熵、均衡度及优势度变化

年份	信息熵	均衡度	优势度
2010	1.5461	0.6715	0.3285
2011	1.5407	0.6691	0.3309
2012	1.5337	0.6661	0.3339
2013	1.5293	0.6642	0.3358
2014	1.524	0.6619	0.3381

3.2 驱动因素主成分分析

文章根据已有研究成果, 选取了 14 个与土地利用结构信息熵变化相关的指标作为驱动因子进行了分析: X_1 为常住人口数 (万人), X_2 为城镇化比例 (%), X_3 为 GDP (亿元), X_4 为农业生产值 (亿元), X_5 为第一产业所占比例 (%), X_6 为农作物播种面积 (千 hm^2), X_7 为农村人均纯收入 (元/人), X_8 为工业增加值 (亿元), X_9 为第二产业所占比例 (%), X_{10} 为城镇居民可支配收入 (元/人), X_{11} 为全社会固定资产投资额 (亿元), X_{12} 为社会消费品零售总额 (亿元), X_{13} 为财政收入 (亿元), X_{14} 为第三产业所占比例 (%) (表 3)。

表3 惠山区土地利用结构变化驱动因子指标数据

年份	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
2010	637.26	70.3	5793.3	104.28	1.8	165.31	14002	2986.52	55.4	27750	2985.65	1809.08	511.89	42.8
2011	643.22	72.23	6880.15	123.84	1.8	178.15	16438	3463.12	54.2	31638	3169.18	2122.72	615	44

201	646.5	72.9	7568.1	136.2	1.8	178.6	1850	3717.8	53	3566	3618.0	2427.9	658.0	45.2
2	5		5	3		6	9	8		3	7	4	3	
201	648.4	73.7	7770.2	142.9	1.8	178.6	2022	3722.6	52.1	3842	3973.5	2740.9	710.9	46.0
3	1		3	7		4	7	3		2	4	0	2	
201	650.0	74.5	8205.3	137.8	1.6	178.6	2226	3747.5	49.9	4173	4610.7	2607.9	768.0	48.4
4	1		1	5		8	6	6		9	2	1	7	

采用主成分分析进行分析（表 4、表 5）。第一主成分贡献率为 87.248%，与 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_6 、 X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{11} 、 X_{13} 、 X_{14} 存在较大的正相关性，与 X_{12} 存在较大的负相关性，说明土地利用结构变化与经济发展、城市化水平密切相关。第二主成分与第一产业所占比例存在较大正相关性，说明第一产业对土地利用结构变化影响较大；从结果可以看出，选取的 14 个指标都在某种程度影响着土地利用结构变化，可将其归结为四类：人口增长、城市化进程加快、经济发展、产业结构比重。

表 4 驱动因子特征值及主成分贡献率

主成分	特征值	贡献率%	累计贡献率%
1	12.215	87.248	87.248
2	1.402	10.011	97.259
3	0.349	2.489	99.748
4	0.035	0.252	100
5	1.875E-015	1.339E-014	100
6	-2.974E-016	-2.125E-015	100
7	-2.198E-016	-1.570E-015	100
8	9.903E-017	7.074E-016	100
9	3.683E-016	2.630E-015	100
10	-1.224E-016	-8.742E-016	100
11	1.578E-017	1.127E-016	100
12	-6.714E-016	-4.795E-015	100
13	-1.870E-015	-1.336E-014	100
14	2.432E-016	1.737E-015	100

表 5 驱动因子载荷矩阵

驱动因子	1	2
X_1	0.993	0.115
X_2	0.996	0.029
X_3	0.994	0.079
X_4	0.934	0.353
X_5	-0.465	0.84
X_6	0.833	0.4
X_7	0.993	-0.087
X_8	0.941	0.291

X ₉	-0.964	0.26
X ₁₀	0.983	-0.095
X ₁₁	0.944	-0.289
X ₁₂	0.946	0.247
X ₁₃	0.997	-0.03
X ₁₄	0.959	-0.279

4、讨论与结论

信息熵可用来反映土地利用结构的有序性及其发生的变化，很多国内外学者在研究土地利用过程中也广泛应用。无锡市惠山区属于上海经济区的重要部分，又位于长江三角洲的腹地，是沪宁两地的交通咽喉，经济发展较为迅速，较早步入了城镇化，在苏南地区具有代表性。人类行为是导致土地利用发生变化的显著因素。尤其是因为近些年以来，城镇化、工业化的步伐加进，城镇的建设进程不断加快，其发展模式在苏南地区具有普遍性。可以把惠山区土地利用结构所发生的变化、变化趋势及反映出的问题作为苏南地区的代表，以此来反映苏南地区的土地利用变化及变化趋势。

文中分析了惠山区 2010~2014 年间土地利用结构信息熵在时间上的变化规律，并运用主成分分析方法定量分析了引起惠山区土地利用信息熵变化的 14 个驱动因子，通过分析得出了影响其变化的主要驱动因子，但是没有对引起其变化的自然地理要素、政府决策等因素进行分析，因为这些因素不易量化，所以这也是下一步需要展开的重点研究内容。

文章通过研究得出两个结论：①2010~2014 年，惠山区土地利用结构信息熵表现出的趋势为逐渐下降。其表现为耕地、园地的面积不断减少，居民点及工矿、交通运输用地的面积不断增加，使得土地利用结构均衡度降低，趋势向无序发展。②人口增长、经济发展、城市化进程加快等原因使得人们对土地的需求量不断增加，是导致惠山区土地利用结构发生变化的主要驱动因素。惠山区在近年来对土地利用规划过程中，应合理安排各类型土地利用面积，协调好土地利用与经济发展之间的关系，从而保障土地利用系统能够有序、均衡、可持续发展。

[参考文献]:

[1]胡 源, 王秀兰. 武汉市土地利用结构变化及其驱动因素分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21 (06) : 234-239.

[2]王海涛, 衣九妹. 辽宁省土地利用结构变化轨迹及驱动机制分析[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2014, 16 (03) : 256-262.

[3]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 (01) : 112-117.

[4]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 (02) : 146-152.

[5]董 杰, 杨春德, 周秀慧, 等. 山东省土地利用结构时空变化及其驱动机制分析[J]. 水土保持研究, 2006, 13(4): 206-210.

[6]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(自然科学版), 2004, 29 (6) : 1062-1065.

[7]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.

-
- [8] 司慧娟, 付梅臣, 袁春, 等. 青海省土地利用结构信息熵时空分异规律及驱动因素分析[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(06): 38-42.
- [9] 刘敬财, 周宝同, 赵昆昆, 等. 基于信息熵的土地利用结构变化影响因素分析——以重庆市丰都县为例[J]. 中国农学通报, 2011, 27(32): 221-225.
- [10] 谢正峰. 浅议信息熵在区域土地利用空间结构研究应用中的问题[J]. 国土与自然资源研究, 2008(01): 44-45.
- [11] 陶金, 付梅臣, 田迪, 杨阳, 李洪曜. 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(04): 298-300.
- [12] 钱李. 基于RS和GIS的区域土地利用变化预测研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2010.