

基于信息熵的芜湖市土地利用结构时空变化分析

彭大雨, 鲁成树, 曹海涛 (安徽师范大学国土资源与旅游学院, 安徽芜湖 241000)

摘要 以芜湖市土地利用结构作为研究对象, 运用信息熵理论对区域土地利用结构的时间变化规律和空间分异特征进行研究, 并对其影响其信息熵变化的因素进行分析。结果表明: 芜湖市土地利用结构信息熵时间上呈现增长的态势, 土地利用结构均衡度均较高; 空间分异上呈现市辖区熵值普遍高于下辖县, 下辖县的农用地单一优势度较高导致熵值偏低; 通过相关性分析, 得出土地利用结构是影响熵值增长的直接因素, 人口经济发展状况、城镇化水平以及产业结构与信息熵的上升有着十分密切的关系。

关键词 土地利用结构; 信息熵; 时空分析; 芜湖市

中图分类号 F301.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)07-0018-04

Temporal-spatial Changes Analysis of Land Use Structure in Wuhu City Based on Information Entropy

PENG Da-yu, LU Cheng-shu, CAO Hai-tao (College of Land Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000)

Abstract Taking the land use structure in Wuhu as the research object, the information entropy theory was applied to study the temporal variation and spatial differentiation characteristics of the regional land use structure, and the factors that affect the information entropy change were analyzed. The results showed that the information entropy of land use structure in Wuhu was increasing in time, and the balance of land use structure was high. The spatial differentiation was generally higher than the entropy of municipal districts, municipal county farmland single high degree of dominance leads to low entropy; It was concluded that the land use structure was the direct factor affecting the entropy growth through correlational analyses, there was a close relationship between the development of population economy, the level of urbanization, the industrial structure and the rise of the entropy of information.

Key words Land use structure; Information entropy; Temporal-spatial analysis; Wuhu City

土地利用结构是土地利用研究和土地利用规划研究的核心问题^[1]。近年来, 随着社会经济的快速发展以及土地需求的不断增长, 土地利用结构变化所涉及的耕地保护、建设用地集约利用及未利用土地的合理开发逐渐引起不同领域专家学者的共同关注^[2], 可以说土地利用结构能否合理配置直接关系到社会经济结构与土地利用的协调程度, 严重影响着区域社会经济的可持续健康发展。因此, 研究土地利用结构时空变化对保持土地系统的良性循环, 提高土地利用效率和效益具有重要意义^[3-4]。

目前关于土地利用变化的研究主要集中于变化过程、空间格局、驱动机制、方法、预测等方面^[5-8]。我国一些学者运用信息熵的基本原理, 对区域土地利用结构变化进行了分析, 他们从不同角度揭示了土地利用的特点和存在的问题, 提出了相应的解决措施, 这些研究对于合理利用土地资源及优化区域布局具有指导意义^[9-10]。因此, 该研究基于信息熵理论, 对芜湖市土地利用结构信息熵时序演化规律和各子区域熵值分异变化进行分析, 以进一步了解芜湖市土地利用系统的演化规律和空间格局, 最后通过相关性系数分析影响土地利用结构信息熵值变化的因素, 以期研究区域优化土地资源结构和布局提供参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况 芜湖市位于安徽省东南部, 地处 117°58'~118°43' E, 30°38'~31°31' N, 下辖 4 区(镜湖、弋江、鸠江、三山)4 县(无为、芜湖、繁昌、南陵), 是安徽省政治、经济、文化次中心, 也是长三角连接中西部的重要节点和内陆地区新一轮开放合作的前沿地带, 其土地利用结构时空演变直接影

响着该区域土地的合理高效配置, 关系到该区域经济社会的可持续发展。到 2016 年末, 芜湖市土地总面积 6 026 km², 年末常住人口 367 万, 其中城镇人口 232.90 万, 城镇化率达 63.46%, 全年实现地区生产总值 2 699.44 亿元。芜湖市经济结构非农化程度高, 农村土地非农化与农业人口城镇化进程不同步, 产业集聚分布现象明显呈现出典型的半城市化地区特点^[11-13]。

1.2 数据来源 土地利用数据选取芜湖市 2010—2016 年土地变更调查数据, 相应的社会经济数据则来源于《芜湖统计年鉴(2010—2016)》、芜湖市国民经济和社会发展统计公报、芜湖市统计局资料等。

1.3 研究方法 信息熵的大小可以反映土地利用类型的多少和土地利用系统的有序程度。假定某一地区的土地总面积为 A , 共分 N 类土地利用类型, 各类型的面积分别为 $A_i (i=1, 2, \dots, N)$, 则各种土地利用类型占该区域土地总面积的比例 $P_i = A_i/A$ 。依照 Shannon 熵公式^[14-15] 定义土地利用结构的信息熵 H :

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

式中, H 为土地利用结构信息熵, 当区域处于未开发状态时, 其土地利用结构信息熵为 0, 即 $H_{\min} = 0$; 当区域已发展成熟, 各种土地利用类型的面积相等时, 即 $P_1 = P_2 = \dots = P_n = 1/N$ 时, 信息熵值达到最大, $H_{\max} = \ln N$ 。可以看出, 土地类型越多, 各类型的面积相差越小, 则熵值越大, 表明土地利用情况越有序, 反之则越无序。基于信息熵公式, 可定义土地利用结构均衡度 J 与优势度 I ^[16]:

$$J = - \sum_{i=1}^N P_i \ln P_i / \ln N \quad (2)$$

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

式中, J 为均衡度, 是实际熵值与信息熵最大值之间的比值,

取值为 $[0, 1]$ 。 J 值越大,表明区域内地类越丰富,土地利用结构的均衡性越强。相反 J 值越小,则区域土地利用的均衡程度就越低。优势度 I 反映区域内1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。

2 结果与分析

2.1 信息熵时间变化分析

根据2010—2016年芜湖市土地利用变更调查数据,统计出2010—2016年芜湖市土地利用结构变化(表1)。根据信息熵的计算公式,综合信息熵、均衡度、优势度3项指标,从宏观上分析芜湖市土地利用结构有序性与均衡程度。

当区域已发展成熟,各土地类型已趋于稳定,各职能内的面积相差越小,则熵值越大,均衡度越高;相反,区域内1

种或几种土地利用类型在该区域处支配地位时,其优势度就越高。结果显示:①2010—2016年芜湖市土地利用结构信息熵总体呈上升的趋势,从2010年的1.6624 Nat增加到2016年的1.6835 Nat,表明研究期间芜湖市的土地利用系统仍处于较大程度的开发中,土地利用的均衡性有所增强,单一类型的优势度有所降低,芜湖市土地利用结构朝无序方向发展;②2010—2016年芜湖市土地利用结构均衡度与信息熵呈现出一致的变化,始末两期相比略有上升,而优势度变化趋势则相反,表明单一或几种土地类型支配该区域土地类型的程度有所减弱,土地利用的均衡性增强,土地利用结构缓慢向均衡状态发展。

表1 2010—2016年芜湖市土地利用结构比例及其信息熵、均衡度与优势度

Table 1 Land use structure and its information entropy, balance degree and dominance degree in Wuhu City during 2010—2016

年份 Year	土地利用结构 Land use structure//%									信息熵 Information entropy Nat	均衡度 Balance degree	优势度 Dominance degree
	耕地 Cultivated land	园地 Garden plot	林地 Forest land	草地 Grass land	其他农用地 Other agricultural land	城镇村及 工矿用地 Urban village and industrial land	交通运输 用地 Land for transporta- tion	水域及水利 设施用地 Water and land for water facilities	其他土地 Other land			
2010	44.821	0.622	15.987	0.003	13.272	14.036	2.464	0.318	8.477	1.662 4	0.693 3	0.306 7
2011	44.507	0.613	15.935	0.003	13.201	14.465	2.577	0.320	8.379	1.671 7	0.697 1	0.302 9
2012	44.477	0.611	15.888	0.003	13.091	14.654	2.655	0.319	8.302	1.675 0	0.698 5	0.301 5
2013	44.489	0.609	15.833	0.003	12.989	14.758	2.765	0.316	8.238	1.676 8	0.699 3	0.300 7
2014	44.429	0.606	15.778	0.003	12.876	14.837	2.990	0.315	8.166	1.680 9	0.701 0	0.299 0
2015	44.462	0.604	15.746	0.003	12.787	14.907	3.073	0.315	8.103	1.681 5	0.701 2	0.298 8
2016	44.420	0.599	15.687	0.003	12.711	15.121	3.086	0.315	8.058	1.683 5	0.702 1	0.297 9

经过深入分析,发现形成以上趋势的主要原因是农业结构调整和建设用地增加。研究期间,随着芜湖市城市化进程的推进,人口向城镇集聚,对城镇建设用地的需求也相应剧增,加剧了对农用地的占用,尤其是对耕地资源的占用,期间芜湖市农用地面积比例由2010年的74.71%减少到2016年的73.42%,减少了1.29个百分点,建设用地面积比例由2010年的16.82%增加到2016年的18.52%,增加了1.70个百分点。城市建成区规模扩展成为必然趋势,农用地转变为非农建设用地的现象在城郊尤为显著。在种种因素的合力作用下,呈现土地利用信息熵和均衡度逐年增加、优势度降低的趋势,也说明了芜湖市土地利用结构进一步变化,从侧面也表明了近年来芜湖市经济的快速发展。

2.2 信息熵空间变化分析

为了进一步了解芜湖市土地利用结构在空间上的变化,利用信息熵原理对芜湖市下辖4区4县的信息熵值进行计算,这些子区域内的经济发展模式、城镇化发展水平以及土地利用方式和利用程度处于不同阶段,各子区域的土地利用结构信息熵值各不相同,即使同一子区域,在研究基期内,其信息熵值亦呈现出动态的变化。2010—2016年芜湖市的4区4县土地利用结构信息熵变化见图1、2。

(1)总体来看,研究期间芜湖市4区的土地利用结构信息熵值普遍高于其所下辖的各县,但变化趋势各异,表明芜湖市下辖4区土地利用类型相较于各县更加稳定,面积相差

更小,单一土地类型支配程度较弱。

(2)芜湖市下辖4区信息熵值在研究期间呈增长态势,但增长速度变缓,这主要是因为城镇用地及交通水利用地的大幅增长,并且耕地、其他农用地的减少速度过快,导致4区土地利用结构趋向均衡,信息熵值上升,而相比下辖4县,4区经济发展更好,部分建设用地利用逐渐表现为集约节约、充分挖潜等,这为土地系统汇入了少量的负熵流,抵消了一部分熵增,导致速度有所放缓。

(3)芜湖市下辖4区中,弋江区的土地利用结构信息熵值在全市最高,2016年达1.8202 Nat,这主要是由于该区自然条件优越,建设用地与农用地都有各自的产业基础,造成了该板块土地利用类型优势度不明显,土地职能类型面积相差不大。三山区与鸠江区信息熵值均呈现逐渐增长态势,始末两期对比分别增长了0.0738、0.0415 Nat。镜湖区作为芜湖市主城区,经济发展程度更高,各土地类型已经达到较为稳定的状态,研究期间其信息熵值仅增长0.0157 Nat。

(4)芜湖市下辖4县属于芜湖市经济社会发展后发区域,城镇化水平不高,经济社会发展落后于市辖区,农用地作为区域中土地利用结构主导类型,其优势度较为突出,是形成该区域信息熵、土地分布均衡度较低的主要原因。研究期间,繁昌县的熵值呈现逐渐增长的趋势,其信息熵值7年间增加了0.0254 Nat。无为县和南陵县熵值的变化趋势呈现出先增长后下降再增加的态势,但总熵值变化是增加的,分

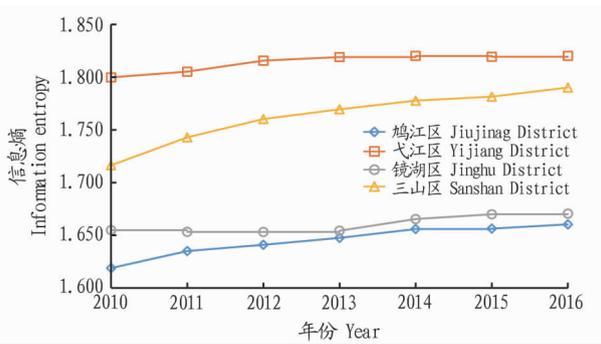


图1 芜湖市辖区信息熵变化

Fig. 1 Information entropy change in municipal district in Wuhu

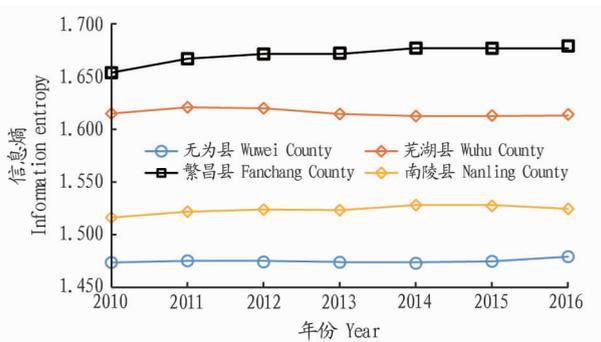


图2 芜湖市下辖县信息熵变化

Fig. 2 Information entropy change in the counties under the jurisdiction in Wuhu

别增加了0.005 5、0.008 3 Nat,通过分析,主要是由于耕地面积的增加突出了单一用地结构的优势,而林地及其他农用地面积的迅速减少、城镇用地的增长以及对未利用地的大量开发更加促进土地利用结构越来越均衡。芜湖县的熵值仅减少了0.000 8 Nat,说明其土地利用结构相对其他县区变化较小。另外,从图2可以看出,无为县土地利用结构信息熵总是低于同样处于市辖区外的南陵县、芜湖县和繁昌县,这与无为县的耕地面积较大有关,多年来其耕地面积占土地总面积53%以上,这一土地类型在所有土地类型中占有绝对优势,而其他土地类型面积在低水平线上保持着相对均衡,使得其土地利用结构信息熵处于较低水平。

2.3 影响因素分析 影响土地利用结构变化的驱动力因素错综复杂,既包括自然驱动因素,也包括人为驱动因素^[17]。由于自然因素相对稳定,对用地结构变化短期影响较小,而对社会经济等人文因素较敏感,影响效果明显。因此,该研究主要就土地利用变化以及社会经济因素与土地利用结构信息熵的相互关系进行分析。

2.3.1 土地利用变化对信息熵的影响。土地利用结构信息熵反映的是土地利用系统的有序性与结构性,所以土地利用变化直接影响其信息熵的变化^[18]。对芜湖市土地利用与信息熵的相关性进行检验(表2),发现:①在显著性水平为0.05时,牧草地与信息熵呈中度相关;②在显著性水平为0.01时,耕地、园地、林地、其他农用地和其他土地的变化与信息熵呈负相关,城乡建设用地、交通水利用地与信息熵呈

正相关。说明农用地的减少,农村居民点的有效整理,城镇规模的扩张,以及对未利用地的开发,直接导致了研究期内信息熵的增长。

表2 芜湖市土地利用与信息熵的相关系数

Table 2 The correlation coefficient of land use and information entropy in Wuhu

序号 No.	土地利用类型 Land use type	相关系数 Correlation coefficient
1	耕地	-0.919***
2	园地	-0.980***
3	林地	-0.950***
4	牧草地	-0.773**
5	其他农用地	-0.939***
6	城乡建设用地	0.989***
7	交通水利用地	0.937***
8	其他土地	-0.970***

注: **、***分别表示0.05、0.01的显著水平

Note: **, *** indicated a significant level of 0.05, 0.01 respectively

2.3.2 社会经济因素对信息熵的影响。根据专家学者以往的研究经验^[19-22],结合芜湖市土地利用变化的实际状况和社会经济统计资料,主要选取与土地利用相关的12个指标作为影响芜湖市土地利用结构信息熵变化的社会经济因素,分别是常住人口、城镇化率、地区生产总值、全社会固定资产投资总额、第二产业增加值、第三产业增加值、财政收入、城镇常住居民人均可支配收入、社会消费品零售总额、财政支出、人均住房建筑面积、粮食产量。运用SPSS软件对影响因素与信息熵相关进行分析,结果见表3。

表3 芜湖市社会经济因素与信息熵的相关系数

Table 3 The correlation coefficient of social and economic factors and information entropy in Wuhu

序号 No.	指标 Index	相关系数 Correlation coefficient
1	常住人口	0.909***
2	城镇化率	0.965***
3	地区生产总值	0.968***
4	全社会固定资产投资总额	0.876***
5	第二产业增加值	0.987***
6	第三产业增加值	0.869**
7	财政收入	0.977***
8	财政支出	0.988***
9	社会消费品零售总额	0.956***
10	人均住房建筑面积	0.950***
11	城镇常住居民人均可支配收入	0.953***
12	粮食产量	0.858**

注: **、***分别表示0.05、0.01的显著水平

Note: **, *** indicated a significant level of 0.05, 0.01 respectively

由表3可知:

(1)在显著性水平为0.01时,芜湖市地区生产总值、全社会固定资产投资总额、财政收入、第二产业增加值均与信息熵高度相关;在显著性水平为0.05时,第三产业增加值与信息熵呈正相关,相关系数为0.869,相关性低于地区生产总值和第二产业增加值。分析表明,随着芜湖市经济的发展,尤其是第二、三产业的迅速发展,建设用地需求不断扩大,使

得芜湖市土地利用结构发生较大改变,其信息熵增大。今后,芜湖市应当进一步发展第二产业,努力做大做强第三产业,促进芜湖市土地利用结构的优化。

(2)人口以及城镇化因素是影响土地利用变化的重要社会因素。在显著性水平为0.01时,芜湖市的总人口、城镇化率与信息熵同样呈现高度正相关,相关系数分别为0.909、0.965,说明随着新型城镇化的推进,总人口的增加、城镇人口的增多、城镇化水平的提高使信息熵值增加。

3 结论与讨论

3.1 结论 土地利用结构信息熵结果表明,在时间上,芜湖市土地利用结构信息熵值呈现逐年增长但增长速度逐渐放缓的态势,均衡度呈上升趋势,优势度则是不断减小,成因主要是农业结构调整和建设用地的增加导致芜湖市单一地类的优势度降低,土地利用结构缓慢向均衡状态发展。在空间上表现出市辖区的信息熵普遍高于下辖4县,4区信息熵值呈现逐渐增加或波动上升的态势,而下辖4县呈现波动上升或减少趋势,但波动较小,相对来说经济结构更为单一,土地利用结构较不均衡。芜湖市土地利用结构信息熵的空间差异反映了其所下辖的4区4县的土地利用系统的结构性、有序性和均衡度存在较大差异。

相关性分析结果显示,土地利用结构变化是导致研究期间芜湖市土地利用结构信息熵增加的直接原因。而人口经济发展状况、城市化、产业结构也与信息熵的上升有着十分密切的关系。芜湖市在实施相关的新型城镇化、工业化战略的过程中,应以土地资源结构效率为依据,以现状为基础,对一定时期内的土地资源利用方式、数量结构和空间布局做出战略性的部署与调整,同时应兼顾土地利用结构的有序性和效率,以防止城市规模的快速扩张所引起的土地利用结构的不合理和土地利用系统无序的现象。

3.2 讨论 信息熵的动态演变,可以较好地反映土地利用类型的变化,对具体区域的土地资源的配置具有指导作用。但是由于不同区域经济发展程度有所差别,究竟其土地利用信息熵应该为多少才适合该区域并没有进行深一层的讨论分析。此外,由于获取土地数据的有限性,该研究区段仅有7年且无法通过图件叠加从空间角度进行差异性分析,在这方

面还有待进一步完善。

参考文献

- [1] 王群,王万茂. 中国大陆地区土地利用结构研究进展[J]. 中国土地科学, 2015, 29(8): 10-15.
- [2] 陈红蕾,彭开丽,黄珂. 武汉城市圈土地利用结构与社会经济结构相关性及其区域差异性研究[J]. 中国土地科学, 2014, 28(11): 66-73.
- [3] 徐丽华,王欢欢,张结存,等. 近15年来杭州市土地利用结构的时空演变[J]. 经济地理, 2014, 34(7): 135-142.
- [4] 谢汀,刘爱宁,高雪松,等. 基于信息熵和灰色关联的成都市建设用地结构时空变化及驱动力分析[J]. 农业现代化研究, 2015, 36(1): 118-125.
- [5] 赵菲菲,刘东,刘萌. 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[J]. 水土保持研究, 2012, 19(3): 250-258.
- [6] 郭荣中,杨敏华. 基于信息熵的长株潭区域土地利用结构分析[J]. 农业现代化研究, 2013, 34(1): 72-76.
- [7] 罗妮,刘耀林,孔雪松. 武汉市城乡建设用地时空演变及驱动机制研究:基于城乡统筹视角[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(4): 461-467.
- [8] 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.
- [9] 王晓娇,陈英,齐鹏,等. 基于信息熵的张掖市土地利用结构分析及其灰色预测[J]. 干旱区研究, 2011, 28(1): 92-97.
- [10] 周生路,朱青,赵其国. 近十几年来南京市土地利用结构变化特征研究[J]. 土壤, 2005, 37(4): 394-399.
- [11] 张群,张雯,李飞雪,等. 基于信息熵和数据包络分析的区域土地利用结构评价:以南京市武进区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(9): 1149-1155.
- [12] 黄云凤,崔胜辉,石龙宇. 半城市化地区生态系统服务对土地利用/覆被变化的响应:以厦门市集美区为例[J]. 地理科学进展, 2012, 31(5): 551-560.
- [13] 刘盛和,张擎. 杭州市半城市化地区空间分布变化[J]. 地理研究, 2008, 27(5): 982-992.
- [14] 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:以无锡市为例[J]. 自然资源学报, 2004, 19(2): 257-262.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 刘庆,陈利根,何长元,等. 长株潭城市群耕地动态变化及驱动力实证研究[J]. 地域研究与开发, 2010, 29(4): 122-126.
- [18] 王海鸿,常艳妮,杜茎深,等. 甘肃省建设用地结构演变及其驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(8): 1-6.
- [19] 刘修远,张增祥,徐新良,等. 21世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报, 2009, 64(12): 1411-1420.
- [20] 汪小钦,王钦敏,励惠国,等. 黄河三角洲土地利用/覆盖变化驱动力分析[J]. 资源科学, 2007, 29(5): 175-181.
- [21] 李平,李秀彬,刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 129-138.
- [22] 摆万奇,赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析[J]. 资源科学, 2001, 23(3): 39-41.

(上接第12页)

参考文献

- [1] 张晗,赵小敏,匡丽花,等. 基于空间自相关的耕地质量空间分布特征研究:以江西省南昌县为例[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(8): 1365-1374.
- [2] 康雄华,张安录. 我国农地整理制约因素分析[J]. 中国土地科学, 2003, 17(5): 50-53.
- [3] 刘闻,曹明明,邱海军,等. 陕西省靖边县农用地整治潜力分区研究[J]. 水土保持通报, 2013, 33(1): 196-200.
- [4] 刘巧芹,张敏波,阮松涛,等. 我国农用地整治潜力评价的研究进展及展望[J]. 水土保持研究, 2014, 21(2): 327-332.
- [5] 张正峰,赵伟. 北京市大兴区耕地整理潜力模糊评价研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 83-88.
- [6] 杨伟,谢德体,廖和平,等. 基于高标准基本农田建设模式的农用地整治潜力分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(7): 219-229.
- [7] 胡学东,王占岐,童秋英,等. 基于生态和社会经济约束的区域土地整治潜力评价研究[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(5): 804-812.
- [8] 江一波,胡守庚,刘越岩,等. 基于GIS的丘陵山区可持续耕地整理潜力综合评价[J]. 中国土地科学, 2012, 26(6): 42-48.
- [9] 刘晓东. 基于GIS的仁怀市农用地整治潜力评价研究[D]. 贵阳:贵州师范大学, 2016.
- [10] 杨俊,王占岐,金贵,等. 三维模型与空间分析在丘陵山区土地整理工程布局中的应用[J]. 中国农学通报, 2012, 28(23): 196-201.
- [11] 唐秀美,陈百明,张蕾娜,等. 新形势下全国农用地整理潜力测算方法探讨[J]. 中国土地科学, 2011, 25(9): 67-71.
- [12] 高星,吴克宁,陈学砧,等. 土地整治项目提升耕地质量可实现潜力测算[J]. 农业工程学报, 2016, 32(16): 233-240.
- [13] 郇文聚,宇振荣. 中国农村土地整治生态景观建设策略[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 1-6.
- [14] 周建,张凤荣,张佰林,等. 规模效应、生态安全、限制因素耦合的农用地整治研究:以天津市蓟县为例[J]. 资源科学, 2014, 36(4): 758-765.
- [15] 臧波,吕萍,杨庆媛,等. 基于现代农业发展的丘陵山区农用地整治分区与发展策略:以重庆市云阳县为例[J]. 资源科学, 2015, 37(2): 272-279.