

基于景观指数的巢湖流域各县区耕地细碎化研究

台晓丽, 肖武, 张建勇, 吕雪娇, 丁晴

(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:选取巢湖流域14个县为研究对象,基于2015年高分一号遥感影像数据提取了巢湖流域耕地的空间分布数据,以景观格局为视角,构建基于6个景观指数的耕地细碎化度量指标体系,并进行了主成分分析,形成两个主成分(F_1 , F_2)的耕地细碎化综合测算模型,以为巢湖流域的土地整治工作提供理论基础和可行建议。结果表明:所选取的6个景观格局指数综合了面积、形状和分布等因素,是度量巢湖流域耕地细碎化程度的重要指标体系;主成分分析法的前两个主成分方差累计贡献率达96.969%,能够表达6个原始景观指数的大部分信息,其中,第一主成分是描述斑块平均面积和分布的综合指标,第二主成分是代表斑块形状信息的综合性指标。巢湖流域各县区耕地细碎化空间差异大,东部细碎程度最低,可大力促进农业规模化发展;西部和南部四个县区细碎程度中等,主要与原始地形起伏较大有关,建议通过平整土地、合并零星地块的方式降低细碎度;北部三个县可以通过土地整治规整田块形状来降低耕地细碎化;合肥市所辖四区耕地细碎程度最大,与城市的扩展对农田的占用具有一定的联系,在城市发展中应当合理考虑城市拓展与耕地保护的关系。

关键词:高分一号;景观指数;耕地细碎度;主成分分析;土地整治

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)04-0094-05

Research of Cultivated Land Fragmentation at the Township Level of Chaohu Basin Based on Landscape Metrics

TAI Xiaoli, XIAO Wu, ZHANG Jianyong, LYU Xuejiao, DING Qing

(Institute of Land Reclamation and Ecological Restoration, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: Selecting 14 counties of Chaohu Basin as the research object, based on high spatial resolution image of 2015, we extracted the Chaohu Lake Basin spatial distribution data of cultivated land, in the perspective of landscape pattern, we built farmland fragmentation measurement index system based on 6 landscape indexes, and had carried out the principal component analysis, formed two principal component (F_1 , F_2) of farmland fragmentation integrated measurement model, in order to provide the theoretical basis and feasible suggestions for the land regulation in Chaohu Basin. The results showed that selected 6 indexes included area, shape, distribution and other factors of cultivated land fragmentation, it was the measurement system of an important indicator of the Chaohu Lake Basin land fragmentation; the cumulative contribution rate of the first two principal components is 96.969%, so they can express most of the information of the 6 original landscape indexes, the first principal component is the comprehensive index about area and distribution, the second is the comprehensive index about shape; the cultivated land fragmentation spatial difference of Chaohu Basin is great, eastern fragmentation is minimum, we can promote the development of agricultural scale, the four counties of west and south are medium, and mainly related to the original topographic relief. We can reduce fragmentation according to leveling land and merging scattered patch, the three counties of north can reduce land fragmentation through land shape regulation, the fragmentation of the four districts of Hefei is serious, and related to cities' occupation to farmland. We should consider the relationship between city extension and farmland protection during the development of city.

Keywords: Gaofen-1; landscape index; cultivated land fragmentation; principal component analysis; land regulation

巢湖流域位于安徽省中部,长江流域下游,是我国著名的五大淡水湖之一,也是周围重要的饮用水源地,流域人口集中,农业历史悠久。随着城市化、工业化的发展,巢湖流域的土地利用结构发生着巨大的变化,出现一系列问题,例如建设用地面积迅速扩张,耕地面积锐减,以及水质污染和富营养化等现象。近几年,相关研究颇多,多从时间尺度入手,以巢湖流域近二三十年来土地利用/覆盖变化为基础,分析其对生态服务价值造成的影响^[1-3],对生态环境质量和生态承载力造成的影响^[4-6],对巢湖流域水质和径流量造成的影响等^[7-8]。缺乏对流域内各县区耕地细碎化的定量度量、研究及横向对比分析。

耕地细碎化,是指由于自然或者人为因素,耕地被分割为零碎的、分散的、大小不一的斑块,呈现出分散无序状态。它是与土地规模化经营相悖的土地利用格局,会导致耕地的有效面积减少和分散化,使土地的产出效率降低。土地整治作为保护耕地和节约用地、促进新农村建设和城乡统筹发展的重要手段,能合理规划田、水、路、林、村布局,避免耕地细碎化现象。巢湖流域人口和产业密集,人地矛盾突出,耕地细碎化严重,摸清各县区耕地细碎化现状及其原因,对因地制宜地开展土地整治工作、提高农业生产效率具有积极的指导意义。本研究以高分影像为数据源,基于主成分分析法,利用景观格局指数量化巢湖流域各县区耕地细碎度,并进行横向对比分析,以期对巢湖流域土地利用规划以及土地整治提供理论基础和可行建议。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

巢湖流域位于安徽省中部,所辖行政区域包括庐阳区、瑶海区、蜀山区、包河区、金安区、居巢区、长丰县、肥西县、肥东县、舒城县、庐江县、无为县、和县和含山县 14 个县区。气候属亚热带和暖温带过渡性的副热带季风气候区,气候温和湿润,年平均气温 15~16℃,多年平均降水量为 1 100 mm,流域内夏季降水丰富,冬季较少。流域主导风向夏季为东南风,冬季为东北风。巢湖流域地处江淮丘陵地带,有银屏山、冶父山、大别山、防虎山等低山丘陵分布四周,地形为西高东低、中间低洼平坦。巢湖市、合肥市、肥东县、肥西县和庐江县环湖体分布,各县区随着社会经济的快速发展,城市建设用地迅速扩张,耕地面积锐减、形状变化、分布零散,细碎化现象加剧。

1.2 数据来源和预处理

本研究以研究区的高分一号 16 m 分辨率遥感影像作为数据源,数据来自中国资源卫星应用中心。选择 2015 年 8 月 3 日的影像,影像质量良好,云量很少,便于数据处理和土地利用信息的提取。利用 EN-

VI 5.1 软件,对影像进行辐射定标、大气校正、几何校正和镶嵌后,裁剪提取研究区的影像,利用最大似然法进行监督分类^[9-10]。之后选取验证样本进行精度评价,总精度在 93% 以上,总 Kappa 系数为 0.936 6,分类效果较好。将分类结果保存为栅格数据后,在 ArcGIS 中提取出 14 个区县的耕地数据(图 1)。将提取的数据分别导入 Fragstats 4.2 软件,计算景观指数和景观细碎度。

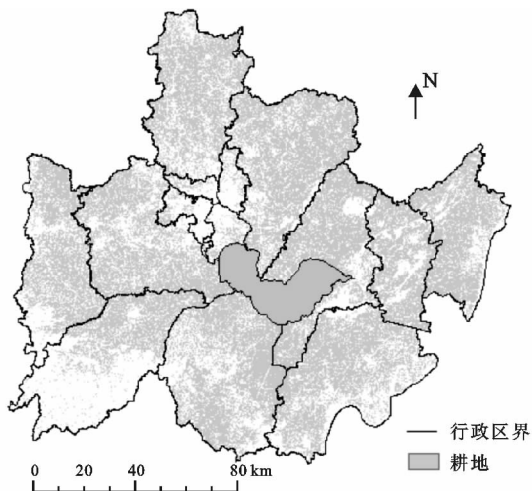


图 1 巢湖流域各县区 2015 年耕地分布

1.3 研究方法

景观格局指数能高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置等方面的信息和特征。一般分为单个斑块、斑块类型和景观三个水平^[11],目前,被广泛应用于土地利用^[12-14]、城市景观^[15-16]等研究。本文通过计算巢湖流域各县区耕地斑块类型指数,试图定量衡量各县区耕地细碎度,在借鉴已有研究成果的基础上^[17-19],综合考虑耕地平均面积、形状、分布等方面的因素。首先,斑块面积和细碎化程度有密切关系,一般情况下,斑块平均面积越小,细碎化程度越高,平均面积越大,细碎化程度越低;其次,细碎化与斑块形状有关,斑块面积相同条件下,形状越简单,细碎化程度越低,形状越复杂,细碎化程度越高;再者,地块分布因素也会影响细碎化,斑块分布的越分散,说明被分割程度越高,其细碎化程度越高,斑块分布聚集,则细碎化程度低。所以本文在耕地类型尺度上,选择斑块平均面积(MPS)、斑块密度(PD)、边界密度(ED)、面积加权形状指数(AWMSI)、面积加权分维数(AWMPFD)和斑块聚集度指数(AI)6 个指标来衡量细碎化程度。

2 结果与分析

2.1 耕地景观指数分析

表 1 为利用 Fragstats 4.2 软件得到的各县区的景观指数。斑块平均面积最小的是蜀山区,只有

2.368 1,最大的是含山县,为 30.196 1,相差 27.828,区域差异显著。合肥市所辖四个区,蜀山区、包河区、瑶海区、庐阳区的斑块平均面积为 2.368 1~3.303 1,是平均斑块面积最小的四个县区,斑块密度和边界密度最大,与其他县区差距大,这与区域总面积小有关,更主要是因为城市的发展导致建设用地无序扩张,占用大量耕地,耕地斑块被分割,面积减小;东北的含山县、居巢区和肥东县平均面积最大,大于 22.659 3,对应的斑块密度是最小的,边界密度也很小,这除了由于东部地区地形平坦,便于耕地连片使用外,还得力于

对土地整治项目的重视,特别是近几年通过工矿废弃地复垦项目,使耕地面积增加,形状更加规整。面积加权形状指数和面积加权分维数最大的区县为肥东县、长丰县、无为县、肥西县和金安区,说明这些县区耕地形状复杂、不规则;而合肥市所辖四个区的形状指数是最小的,耕地形状更加接近正方形,说明合肥市在城市发展过程中,虽然耕地被分割,斑块面积减小,但是保持了比较规则的形状。斑块聚集度指数,除包河区、庐阳区、蜀山区、瑶海区的较小,其余的均大于 90,说明这 4 个区由较多的小斑块组成,跟前面的分析相吻合。

表 1 巢湖流域各县区耕地细碎化指标指数

行政区	斑块平均面积	斑块密度	边界密度	面积加权形状指数	面积加权分维数	斑块聚集度指数
包河区	2.5979	38.4919	286.5409	7.9782	1.2379	88.7209
长丰县	13.1695	7.5933	166.2429	69.7002	1.4079	93.3928
肥东县	22.6593	4.4132	134.5925	74.7711	1.4108	94.6552
肥西县	14.4951	6.8989	164.2884	51.5277	1.3804	93.4698
含山县	30.1961	3.3117	106.0556	40.8778	1.3701	95.8162
和县	19.8443	5.0392	106.9978	24.7711	1.3294	95.7706
居巢区	28.1632	3.5507	112.5922	47.4630	1.3760	95.5429
金安区	18.5074	5.4033	158.0406	47.7394	1.3842	93.7253
庐江县	8.4942	11.7727	187.8787	32.3095	1.3451	92.5267
庐阳区	3.3031	30.2747	298.1526	8.7981	1.2672	88.3003
舒城县	18.3976	5.4355	167.8165	36.9574	1.3746	93.3438
蜀山区	2.3681	42.2279	320.7425	9.9206	1.2600	87.3459
无为县	11.3330	8.8238	161.4134	52.1768	1.3903	93.5849
瑶海区	2.7308	36.6198	315.0344	6.6686	1.2413	87.5873

2.2 耕地景观指数的主成分分析

在 SPSS 软件中对 6 组数据进行两两间的相关分析,相关系数见表 2(只写出下三角部分)。由表 2 可见,MPS 和 AWMSI 的相关系数最低,为 0.639,但在 0.05 水平下达显著性相关,其余指数间在 0.01 水平下均达到显著性相关;6 个指标两两间均存在显著相关性,尤其是 ED 和 AI 的相关系数为 -1,几乎完全负相关;同样描述斑块形状信息的 AWMSI 和 AWMPFD 的相关性系数为 0.95,相关性高,且呈正相关,但 AWMSI,AWMPFD 分别和 MPS,AI 呈正相关,和 PD,ED 呈负相关,说明巢湖流域耕地面积小、分布离散的地区,斑块形状反而简单、规则,而平均面积大,分布聚集的地区,斑块形状反而复杂、不规则。

各指数相关性的存在,必然导致信息的重复和冗余,为消除相关性,避免主观赋权重带来的偏差,并达到降维的目的,本文采用主成分分析法对数据进行处理。主成分分析是通过构造原变量的一系列线性组合,使各线性组合在彼此不相关的前提下,尽可能多地反映原变量的信息。它以分析变量的相关矩阵作为提取主成分的依据,对主成分的筛选,要考虑特征值和累计方差贡献率,在实际应用时,通常选取累计贡献率较高的(80%到 90%)前几个主成分^[20-22]。由表 3 可知,第一、第二主成分的特征值分别为 5.305,

0.513,方差贡献率分别为 88.418%和 8.551%,累计方差贡献率为 96.969%,大于 90%,能够阐释原始数据的大部分信息,所以选取前两个主成分 F_1 和 F_2 代替 6 个景观指数。

由主成分得分矩阵不难看出,第一主成分在 MPS,PD,ED 和 AI 四个指标上具有较大的载荷,第二主成分在 AWMSI 和 AWMPFD 上具有较大载荷。MPS 和 AI 在第一主成分中的系数为正值,PD 和 ED 的系数为负值,说明当一个县区的第二主成分得分较大时,它的耕地斑块平均面积和聚集度指数会较大,斑块密度和边缘密度会较小;第一主成分是反映耕地平均面积和分布的综合指标。在第二主成分中,AWMSI 和 AWMPFD 的系数均为正值,说明如果一个县区的第二主成分较大,则它的面积加权形状指数和面积加权分维数较大,即斑块形状较复杂、不规则;因此第二主成分是反映耕地形状方面信息的综合性指数。

通过得分矩阵得到两个主成分的得分公式:

$$F_1 = 0.567X_1 - 0.179X_2 - 0.369X_3 - 0.477X_4 - 0.248X_5 + 0.377X_6$$

$$F_2 = -0.41X_1 - 0.075X_2 + 0.152X_3 + 0.818X_4 + 0.57X_5 - 0.162X_6$$

考虑两个主成分与耕地细碎度的关系,根据方差

贡献率对两个主成分求权重,综合得分公式如下:

$$F=-91.18\%F_1+8.82\%F_2$$

式中: F_1 表示第 1 主成分得分; F_2 表示第 2 主成分得分; F 表示综合得分; X_1 表示斑块平均面积; X_2 表

示斑块密度; X_3 表示边界密度; X_4 表示面积加权形状指数; X_5 表示面积加权分维数; X_6 表示斑块聚集度指数。 F 值越大的县区,表明耕地细碎化程度越高;反之,细碎化程度越低。

表 2 6 个景观指数的 Spearman 秩相关系数矩阵

景观指数	MPS	PD	ED	AWMSI	AWMPFD	AI
MPS	1.000					
PD	-0.853**	1.000				
ED	-0.909**	0.966**	1.000			
AWMSI	0.639*	-0.806**	-0.750**	1.000		
AWMPFD	0.739**	-0.927**	-0.862**	0.950**	1.000	
AI	0.911**	-0.965**	-1.000**	0.746**	0.859**	1.000

注:*表示在 0.05 水平上显著性相关,**表示在 0.01 水平上显著性相关。

将各县区指数值代入公式,得到主成分得分及排序,见表 3。第 1 主成分得分高的县区,有含山县、和县、居巢区、舒城县、金安区、肥东县等,主要分布在巢湖流域的东北部和西部,其斑块平均面积大,耕地分布聚集。这是因为这些县区地形较为平坦、起伏度小,便于耕地集中连片耕作,所以耕地有较大的平均面积和聚集度;另外,近 10 a 来,这些地区不断加大土地整治力度,也使耕地斑块面积增大,更具有现代农业的特点。反之,得分低的长丰县、包河区、庐阳区、瑶海区、蜀山区等,被合肥市所辖或与其邻接,县区

内耕地斑块平均面积小,分布分散。因为在城市化和工业化进程中,人们对建设用地的需求增加,导致城市外延式扩张,建设用地大量占用耕地,耕地面积减小,分布格局分散。综上所述,巢湖流域东北部和西部耕地的斑块平均面积较大且分布较聚集,而合肥市所辖四个区,存在严重的耕地面积小、分布分散等问题。

表 3 巢湖流域各县区耕地景观指数主成分分析得分

行政区	F ₁		F ₂		F	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名
包河区	-0.856	11	-1.218	14	0.673	5
长丰县	-0.686	10	1.780	1	0.782	4
肥东县	0.108	6	1.467	2	0.031	9
肥西县	-0.086	7	0.811	4	0.150	8
含山县	1.728	1	-0.568	9	-1.626	14
和县	1.576	2	-1.075	12	-1.531	13
居巢区	1.376	3	-0.161	8	-1.270	12
金安区	0.299	5	0.516	5	-0.227	10
庐江县	-0.187	8	0.126	6	0.182	7
庐阳区	-0.954	12	-0.866	11	0.793	3
舒城县	0.465	4	0.082	7	-0.417	11
蜀山区	-1.373	14	-0.817	10	1.180	1
无为县	-0.325	9	1.040	3	0.388	6
瑶海区	-1.084	13	-1.116	13	0.890	2

第 2 主成分值高的县区,有长丰县、肥东县、无为县、肥西县等,分布在巢湖流域的北部和东南部,这些地区耕地斑块形状复杂、不规律,不利于大面积机

械耕作,除了与地势不平坦有关外,还与缺少土地利用规划和整治规划的指导有关。反之,如含山县、蜀山区、庐阳区、和县、瑶海区、包河区,斑块形状简单、规律,便于机械耕作,除了得力于平坦的地势外,还得力于土地整治规划的实施,尤其合肥市所辖四个县区,在城市化扩张中仍能保持耕地斑块形状的规则,土地规划的作用不可小觑。

耕地细碎化综合得分中,9 个县区为正值,表明细碎化程度在平均水平以上,5 个县区的综合得分为负值,表明细碎化程度在平均水平以下,最高值 1.179 59 和最低值-1.625 61,相差 2.805 2,说明各县区间耕地细碎化程度存在很大差异性。得分为负且绝对值较大的县区,如含山县、和县、居巢区等,耕地平均面积最大,分布较聚集,斑块形状较简单规则,耕作便利,效率高,利于农业现代化的发展。得分为正值且越高的县区,如蜀山区、瑶海区、庐阳区、长丰县等,耕地细碎化严重,不利于耕地规模化经营和农业现代化的发展。由图 2 可见,巢湖流域东部地区耕地细碎度低,细碎化严重的地区主要分布在北部和南部,在土地整治过程中,应针对各县区存在的具体问题,选取合适的整治措施,以改善耕地细碎化严重的现象。

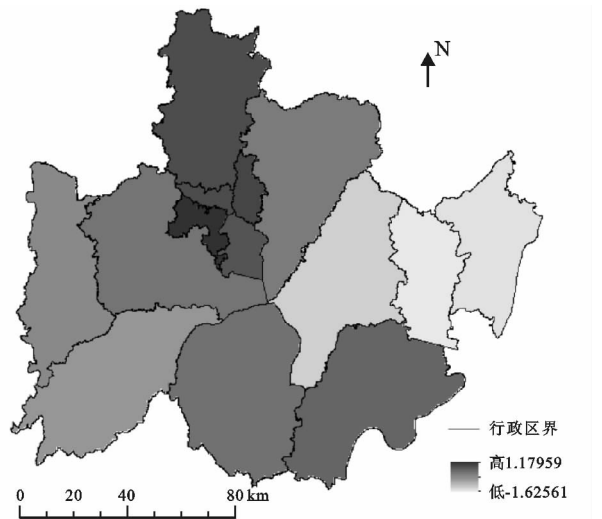


图 2 巢湖流域各县区耕地细碎度分布

3 结论与讨论

(1) 斑块平均面积(MPS)、斑块密度(PD)、边界密度(ED)、面积加权形状指数(AWMSI)、面积加权分维数(AWMPFD)和斑块聚集度指数(AI),是衡量巢湖流域耕地细碎度的重要指标。

(2) 衡量耕地细碎度的景观指数存在一定相关性,主成分分析的前两个主成分累计贡献率为96.969%,足以表达原始变量承载的大部分信息。第一主成分是反映耕地面积、分布的综合指标;第二主成分是反映耕地斑块形状信息的综合性指标。

(3) 巢湖流域耕地细碎化现象是由自然因素和人为因素共同造成的。自然因素主要是地形,地形起伏度大,不便于耕地的集中连片使用,容易导致耕地斑块面积小、形状不规则、分布格局分散,引起耕地细碎化现象的发生。人为因素主要包括城市化进程和土地整治活动两方面,城市化进程中,建设用地对耕地的占用,导致耕地面积减小,从而引起细碎化问题;而土地整治项目,通过合并细小斑块、不规则斑块和合理规划耕地布局,可以消除细碎化问题。

(4) 总体而言,巢湖流域各县区的耕地细碎度空间差异性大。东部三个县区耕地细碎化程度最低,可以充分利用其有利的现状,大力促进农业规模化经营,充分发挥农业机械的作用,以降低平均成本,获得更高效益。西部和南部的金安区、舒城县、庐江县和无为县,耕地细碎程度中等,但是因原始地形起伏较大,丘陵、山地较多,给耕地连片使用带来一定的困难,可以通过土地整治将零星分布、条块分割、高低不平的耕地进行归并平整,集成成相对集中成片、田块大小面积相对均衡的耕地,对于地势起伏太大难以平整的地区,可大力促进林业发展。北部长丰县、肥西县和肥东县三县,耕地细碎化较为严重,主要是由于斑块形状不规则造成的,要通过土地整治将形状复杂的耕地变为形状简单、规则的斑块。合肥市所辖四个区的细碎化程度最严重,主要是由于耕地平均面积小、分布离散引起的,这与城市的拓展对农田的占用有一定的联系,在城市发展中应当合理考虑城市拓展与耕地保护的关系,保证耕地不因城市化而产生细碎化问题。

参考文献:

[1] 吴开亚. 巢湖流域农业循环经济发展的综合评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(1): 94-98.

[2] 李云生, 周广金, 梁涛. 巢湖流域的土地利用变化及其生态系统功能损益[J]. 地理研究, 2009, 28(6): 1656-1663.

[3] 周广金, 吴连喜. 近 30 a 巢湖流域土地利用变化及其驱动力研究[J]. 华东理工大学学报: 自然科学版, 2009, 32

(3): 265-270.

[4] 李如忠. 巢湖流域生态环境质量评价初步研究[J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2001, 24(5): 987-990.

[5] 徐强, 陈来. 巢湖流域生态承载力定量评价研究[J]. 中国水土保持, 2010(6): 52-55.

[6] 王传辉, 郭振亚, 高超. 基于遥感的巢湖流域景观格局变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(12): 1586-1592.

[7] 高超, 翟建青, 陶辉. 巢湖流域土地利用/覆被变化的水文效应研究[J]. 自然资源学报, 2009, 24(10): 1794-1801.

[8] 张殷俊, 陈爽, 相景昌. 河流近域土地利用格局与水质相关性分析: 以巢湖流域为例[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(9): 1054-1060.

[9] 孟岩, 赵庚星, 程晋南. 基于 MODIS 遥感数据和 GIS 的山东省生态环境状况评价[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(4): 1020-1024.

[10] 张明阳, 王克林, 刘会玉. 基于遥感影像的桂西北喀斯特区植被碳储量及密度时空分异[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(12): 1545-1553.

[11] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度和等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.

[12] 孔祥丽, 王克林, 陈洪松. 基于 GIS 的喀斯特地区土地利用景观空间格局研究: 以广西壮族自治区河池市为例[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(4): 134-138.

[13] 梁右嘉, 钟方雷, 徐忠民. 基于 RS 和 GIS 的张掖市土地利用景观格局变化及驱动力[J]. 兰州大学学报, 2010, 46(5): 25-30.

[14] 张军, 陈英, 程文仕. 榆中县土地利用的景观格局分析[J]. 甘肃农业科技, 2008(6): 3-7.

[15] 孙艳玲, 郭鹏. 基于 GIS 和 RS 的天津市城市景观演变分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(13): 7949-7951.

[16] 贾琦, 运迎霞, 黄焕春. 快速城市化背景下天津市城市景观格局时空动态分析[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(12): 14-21.

[17] 王道骏, 陈英, 贾守杰. 基于景观格局指数的耕地细碎化研究: 以甘肃省临夏北塬地区为例[J]. 中国农学通报, 2014, 30(32): 184-188.

[18] 黄思琴, 陈英. 基于景观指数的耕地细碎化与农业经济水平的空间相关性分析[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3): 238-244.

[19] 李鑫, 欧名豪, 马贤磊. 基于景观指数的细碎化对耕地利用效率影响研究: 以扬州市里下河区域为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(10): 1758-1767.

[20] 董家华. 生态农业土地综合指标评价体系研究: 以山东省为例[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 25-28.

[21] 王明全, 王金达, 刘景双. 基于集对分析和主成分分析的吉林西部生态承载力演变研究[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(4): 795-799.

[22] 范金城, 梅长林. 数据分析[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 124-136.