

北戴河新区景观生态安全格局源地动态识别

李 静, 朱永明, 张 慧, 张贵军

(河北农业大学 国土资源学院, 河北 保定 071001)

摘 要:源地是构建景观生态安全格局的基础。考虑到时间动态变化,提出了进一步完善源地识别的方法,为更加合理地构建景观生态安全格局奠定基础。借助 Fragstats 3.4, ArcGIS 10.0, Conefor Sensinode 2.2 和 InVEST 2.2.0 软件,对北戴河新区 1991 年、2001 年和 2013 年三期的景观斑块质量进行动态评价,并将各时期评价结果划分为 1—5 五个级别(定义级别数值越小,斑块质量越好),叠加三个时期的分级结果,选取三个时期都为 1 级和 2 级的斑块作为 2013 年的景观生态安全格局源地。结果表明:北戴河新区源地总面积为 73.34 km²,占全区总面积的 14.25%。其中,1 级斑块的面积为 37.44 km²,占全区总面积的 7.27%;2 级斑块的面积为 35.90 km²,占全区总面积的 6.97%。源地主要分布在水产局及周边、七里海及周边、刘台庄镇东南部以及国有林场南部地区,应当对这些区域进行重点管护。

关键词:环境科学;源地识别;动态;北戴河新区

中图分类号:F590

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)06-0340-05

Dynamic Recognition of Source Area of Landscape Ecological Security Pattern in Beidaihe New District

LI Jing, ZHU Yongming, ZHANG Hui, ZHANG Guijun

(College of Land and Resources, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001, China)

Abstract: Source area is the foundation of constructing ecological landscape security pattern. Taking into account the effect of time dynamics, we propose a new methodology to improve source area recognition in order to lay foundations for the reasonable construction of ecological landscape security pattern. With the aid of software such as Fragstats 3.4, ArcGIS 10.0, Conefor Sensinode 2.2 and InVEST 2.2.0, we present a dynamic evaluation of landscape patch quality in three specific periods, respectively 1991, 2001 and 2013 in Beidaihe New District. All the final results of evaluation are divided into five levels, representing with numbers 1 to 5 (the smaller the level, the better the quality of the patch). Afterwards, the classification results of the three years are superimposed, and the patches in level 1 and 2 are selected as the source area for landscape ecological security pattern in 2013. It turns out that the total source area in Beidaihe New District is 73.34 km², accounting for 14.25% of the total area of Beidaihe New District. Among them, the patch of level 1 is 37.44 km², which makes up 7.27% of the total area of Beidaihe New District; the patch of level 2 is 35.90 km², presenting 6.97% of the total area of Beidaihe New District. The patches of source area mainly distribute in Aquatic Bureau and Seven Caspian Sea and surroundings, southeast of Liutaizhuang town and south of State-owned Forest. It is extremely essential to focus on the management and protection of these areas.

Keywords: environmental science; recognition of source area; dynamic; Beidaihe New District

20 世纪 90 年代以来,随着城镇化的快速发展,诸如水土流失、草场退化、土壤盐渍化、土地荒漠化、森林资源危机、水资源短缺、生物多样性减少等各项生态问题也纷纷出现^[1-3],生态系统面临越来越严重的威胁,生态安全问题逐渐引起人们的重视,各界学

者从不同的视角对生态安全展开研究^[4-5]。其中,我国著名学者俞孔坚教授提出的“景观安全格局理论”为生态安全的研究做出了重要贡献。俞孔坚教授提出了通过“确定源—建立阻力面—根据阻力面判别安全格局”的步骤构建景观生态安全格局^[6],这一方法

收稿日期:2015-12-28

修回日期:2016-01-22

资助项目:河北省社会科学基金项目(HB14GL039);河北省社会科学发展研究课题(2014030224)

第一作者:李静(1989—),女,河北保定人,研究生,硕士,从事土地资源利用与规划研究。E-mail:bdlj1989@163.com

通信作者:朱永明(1969—),男,黑龙江绥化人,副教授,硕士,从事土地资源利用与规划研究。E-mail:zhyming2005@126.com

已被众多学者引用来研究景观生态安全格局^[7-10]。源地是现存的乡土物种的栖息地,是物种扩散和维持的源点,具有内部同质性和向四周扩张或向“源”本身汇集的能力,是历史时期生态系统相对稳定的区域^[6,11],是构建景观生态安全格局的基础。因此,对于源地的识别,既应考虑斑块空间上的生态质量优良性,又应考虑斑块时间上的生态质量稳定性。目前的研究,多是从空间尺度进行评价,选取生态质量优良的斑块作为构建景观生态安全格局的源地,而从斑块动态变化的稳定性方面进行评价的较少。本研究从空间和时间两个尺度综合考虑,选取生态质量优良且变化稳定的斑块,作为景观生态安全格局构建的源地。

北戴河新区是我国首批国家智慧城市试点之一,是渤海湾著名的黄金旅游城市,其快速发展的旅游产业为当地经济发展做出了巨大贡献,然而,随之出现的一些生态环境问题阻滞了北戴河新区生态旅游的发展。因此,构建景观生态安全格局,完善生态旅游规划,意义重大。本研究以北戴河新区为例,在借鉴前人研究成果的基础上,尝试从空间和时间两个尺度综合考虑,对景观斑块质量进行评价,探讨景观生态安全格局源地的识别方法,为景观生态安全格局的合理构建奠定基础。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

北戴河新区位于秦皇岛市域滨海地区的西侧,在119°1′—119°24′E、39°25′—39°50′N,总面积514.79 km²。新区地势平坦,海拔较低,年平均气温11℃,属暖温带半湿润大陆性季风气候,降水丰沛,雨热同季。新区产业发展以旅游度假和农业生产为主,有连片的耕地和少量的园地等农业资源,有诸如沙滩海水浴场、海洋大漠、泻湖湿地和连绵林地等丰富的旅游资源,为发展生态农业和生态旅游产业提供了得天独厚的条件。然而,近些年来,人类活动程度的加剧,对北戴河新区的生态环境造成了一定破坏,耕地、水域等生态用地面积不断减少。为维持生态系统稳定运行,为北戴河新区提供一个良好的旅游业发展环境,必须采取措施保护生态用地。

1.2 数据来源

研究所需不同时期土地利用类型分布图由遥感影像解译而来。研究选取了1991年9月的landsat 5 TM影像、2001年9月的landsat 5 TM影像和2013年10月的landsat8 OLI_TIRS影像。此三期遥感影像云量少、成像质量好,有利于解译的精确性。此外,

还获取了Google Earth 历史图像和北戴河新区2013年土地利用现状矢量数据,用于解译标志的建立。其他社会经济数据来自于北戴河新区统计年鉴和北戴河新区整治规划资料。

遥感影像的解译借助ENVI 4.7软件,通过波段叠加、几何校正、图像融合、图像镶嵌、图像裁剪和图像增强等手段对3期遥感影像进行预处理。然后,进行监督分类,根据研究所需数据类别,将研究区土地分为耕地、园地、林地、草地、水体、建设用地和未利用地。最后,对分类结果进行修正,并运用混淆矩阵和Kappa系数分别对1991年、2001年和2013年三期监督分类后的影像进行解译精度检验。经检验,三期研究区遥感影像分类结果的Kappa系数分别为0.862 6、0.863 8、0.870 3,解译精度均在80%以上,能够满足研究需要。将栅格图像转换为可以在ArcGIS 10.0软件中编辑的矢量数据,参考前人对生态用地概念和分类的研究^[12-13],提取耕地、园地、林地、草地、水体作为生态用地,进行源地的识别研究。

2 研究思路与方法

源地的选取通过景观斑块质量的评价来实现。景观斑块质量的优劣既表现在斑块自身的特征属性方面,又表现在斑块对外界环境的响应方面^[14]。本研究从这两个方面构建景观斑块质量评价体系,采用层次分析法确定权重,建立评价模型,分别对北戴河新区1991年、2001年和2013年的生态用地景观斑块质量进行评价,并将结果划分为五个级别,定义级别数值越小,景观斑块质量越好。在此基础上,叠加三期景观斑块质量评价结果,选取三期都为1级和2级的斑块作为2013年景观生态安全格局的源地。

2.1 评价体系构建

研究基于维持景观过程完整性、维持生物多样性和维持生态系统稳定性的目的,从斑块自身特征属性和斑块对外界环境的响应两方面选取6项指标,运用层次分析法确定指标权重,构建景观斑块质量评价体系(表1)。

2.2 评价指标计算

本研究以斑块为评价单元,计算各指标分值,并采用自然间断点分级法将各指标分值划分为1—5五个级别数值,定义级别数值越小,斑块质量越高,以此实现指标的无量纲化。各指标的计算方法如下:

(1) 斑块面积、分维数、边界破碎度的计算。斑块面积、分维数和边界破碎度的计算,借助Fragstats 3.4景观分析软件进行,并运用ArcGIS 10.0软件将计算结果转换为栅格格式。

表 1 北戴河新区景观斑块质量评价指标体系与权重

目标层	准则层	指标层	指标层对目标层的综合权重	指标生态学意义
景观 斑块 质量 评价	斑块自身 特征属性	斑块面积	0.1371	影响生物活动的扩散和生物多样性的保护,属正向指标
		分维数	0.0527	反映斑块形状的复杂程度和人类活动对斑块的干扰程度,属负向指标
		边界破碎度	0.0602	景观破碎化程度的直接反映,属负向指标
	斑块对外 界的响应	斑块重要值	0.2500	斑块在维持景观连通性上的重要程度,属正向指标
		生境质量	0.2500	生态系统对人类活动的适宜程度,属正向指标
		生态服务价值	0.2500	生态系统服务的效用价值,是维持生物多样性能力的反映,属正向指标

(2) 斑块重要值的计算。斑块重要值通过景观连通性指数来实现,本研究选取可能连通性指数 PC 来进行斑块重要值 dPC 的衡量。可能连通性指数是一种可能性模型,反映斑块之间连通性的可能性与斑块之间的距离有关^[15]。计算公式如下:

$$PC=\frac{\sum_{i=0}^n\sum_{j=0}^na_i\cdot a_j\cdot p_{ij}^*}{A_L^2}(0<I_{PC}<1)$$
 (1)

式中:PC 为可能连通性指数;*n* 为景观中斑块总数;*a_i* 和 *a_j* 分别表示斑块 *i* 和斑块 *j* 的面积;*A_L* 是研究区的总面积;*p_{ij}^{*}* 是物种在斑块 *i* 和斑块 *j* 直接扩散的概率。

斑块的重要值指在此点处断裂(或者移除后)整个区域景观连通性的变化量,斑块重要值的计算公式如下:

$$dPC=\frac{I-I_{remove}}{I}\times 100\%$$
 (2)

式中:dPC 为斑块重要值;*I* 表示景观中所有斑块的整体指数值;*I_{remove}* 是去除某单个斑块后剩余斑块的整体指数值。

斑块重要值的计算借助 ArcGIS 10.0 软件、Conefor Inputs for ArcGIS 10 插件模块和 Conefor Sensinode 2.2 软件共同完成。先计算斑块节点数据和各斑块之间的距离数据,再计算斑块重要值,并将结果转换为栅格格式。

(3) 生境质量的计算。生境质量的评估借鉴由美国斯坦福大学、世界自然基金会和大自然保护协会联合开发的生态系统服务功能评估工具 InVEST 模型来实现。InVEST 模型通过分析生境斑块受周围环境的威胁程度来实现生境质量的评估^[16],其执行需要土地覆盖图、各威胁因子的影响程度及最大影响距离、土地覆盖类型对各威胁因子的敏感度数据以及土地能够受到合法保护的程度数据。土地覆盖图来自遥感解译的 30×30 m 土地利用类型分布栅格图,耕地、园地、林地、草地和水体为生境数据,生境适宜度(Habitat)赋值为 1,其他土地为非生境数据,生境适宜度(Habitat)赋值为 0。威胁源包括高速公路、铁路、主要公路、其他建设用地和工矿用地五种,通过在土地利用类型分布图中提取得到。各威胁因子的影响程度和最大影响距离

及土地覆盖类型对各威胁因子的敏感度数据参考相关文献^[14,17-19]并结合研究区实际得到(表 2,表 3)。考虑到土地合法保护程度数据的难获取性,本研究不将此指标考虑在生境质量的评估指标体系中。在 ArcGIS 10.0 软件中添加 InVEST 2.2.0 工具,导入相应数据,评估斑块生境质量。

表 2 北戴河新区生境威胁因子影响程度与最大影响距离

名称	影响程度	最大影响距离/km
高速公路	0.5	0.75
铁路	0.4	0.50
主要公路	0.6	0.50
其他建设用地	0.7	2.00
工矿用地	1.0	3.00

表 3 北戴河新区生境类型对各威胁因子的敏感度

威胁因子 生境类型	高速 公路	铁路	主要 公路	其他建 设用地	工矿 用地
耕地	0.5	0.4	0.6	0.8	0.7
园地	0.4	0.3	0.5	0.7	0.6
林地	0.7	0.6	0.8	1.0	0.9
草地	0.6	0.5	0.7	0.9	0.8
水体	0.8	0.7	0.9	1.0	0.9

(4) 生态服务价值的计算。生态服务价值的评估借鉴谢高地等人制定的中国生态系统单位面积生态服务价值当量表来实现^[20]。依据此表,得到耕地、园地、林地、草地和水体的生态服务价值,其中,园地的生态服务价值取林地与草地的平均值(表 4)。将结果转换为栅格格式。

表 4 北戴河新区不同生态用地类型生态服务价值

用地类型	耕地	园地	林地	草地	水体
生物多样性服务价值	1.02	3.19	4.51	1.87	3.43

2.3 评价模型构建与源地识别

综合评价在权重确定和指标无量纲化的基础上,按加权模型来运算(公式 3),结果为五个级别,级别数值越小,斑块质量越好。

$$F_i=\sum_{j=1}^np_{ij}w_{ij}$$
 (3)

式中:*F_i* 为第 *i* 个评价单元的质量总分值;*p_{ij}* 为第 *i* 个评价单元第 *j* 个指标的级别数值;*w_{ij}* 为第 *i* 个评价

单元第 j 个指标的综合权重。

叠加 1991 年、2001 年和 2013 年三个时期的景观斑块质量综合评价结果,选取三期都为 1 级和 2 级的斑块,作为 2013 年景观生态安全格局的源地。

3 结果与分析

根据上述研究方法,分别计算 1991 年、2001 年和 2013 年的各评价指标分值,并采用自然间断点分级法分为五个级别(图 1—6),然后计算 3 个时期的综合评价结果(图 7),最后叠加得到源地分布图(图 8)。

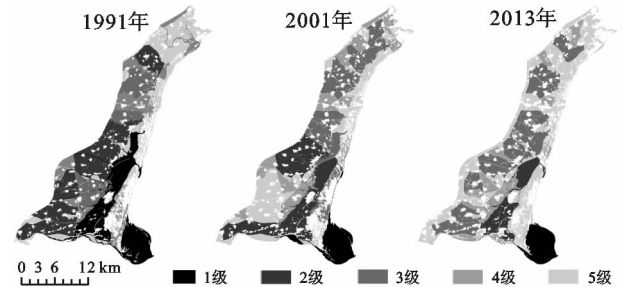


图 1 北戴河新区 1991 年、2001 年和 2013 年斑块面积级别

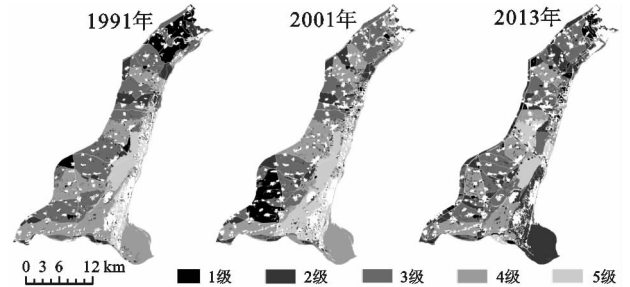


图 2 北戴河新区 1991 年、2001 年和 2013 年分维数级别

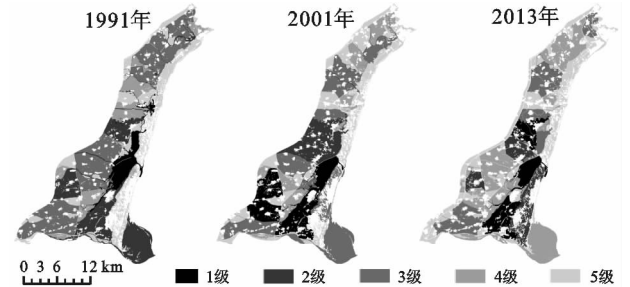


图 3 北戴河新区 1991 年、2001 年和 2013 年边界破碎度级别

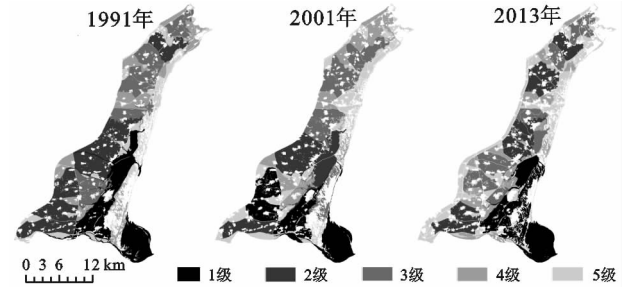


图 4 北戴河新区 1991 年、2001 年和 2013 年斑块重要值级别

根据景观斑块质量综合评价结果,结合各年各级别斑块的面积统计数据(表 5),得到其时间变化和空间分布上的特征。

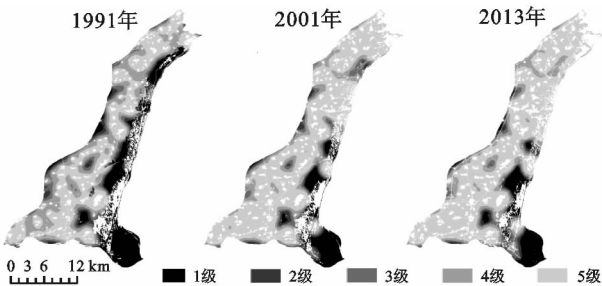


图 5 北戴河新区 1991 年、2001 年和 2013 年生境质量级别

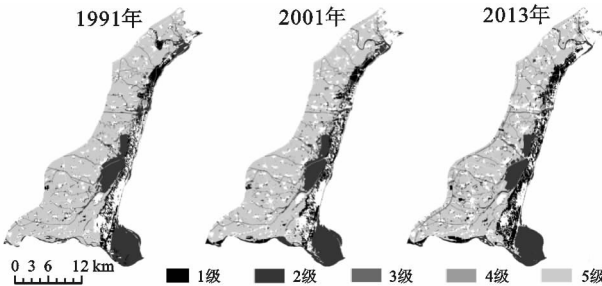


图 6 北戴河新区 1991 年、2001 年和 2013 年生态服务价值级别

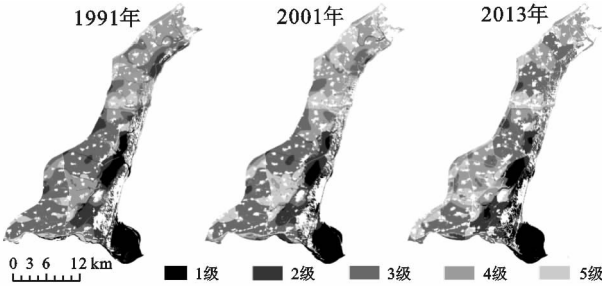


图 7 北戴河新区 1991 年、2001 年和 2013 年景观斑块质量综合评价结果级别

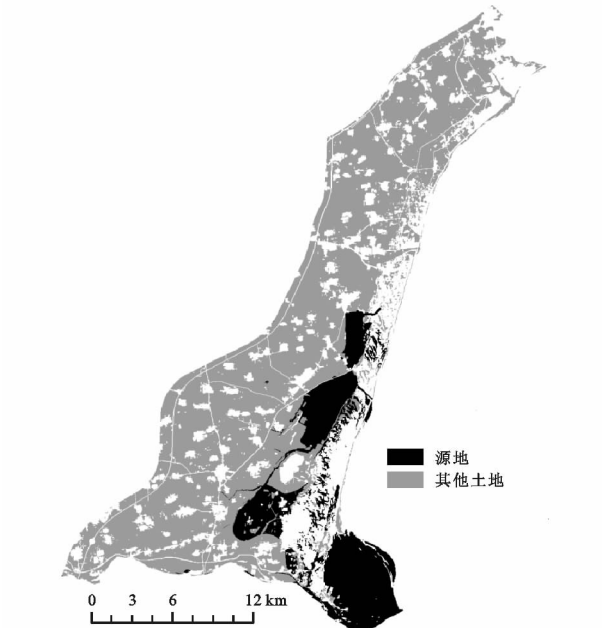


图 8 北戴河新区 2013 年景观生态安全格局源地动态识别

3.1 1991—2013 年,北戴河新区景观斑块质量呈现先下降后上升的时间变化规律

从时间动态变化来看,1 级斑块的面积 1991 年为 53.24 km²,2001 年为 47.10 km²,较 1991 年下降了

11.53%, 2013 年为 62.26 km², 较 2001 年上升了 35.19%, 可见, 1991—2013 年, 1 级斑块的面积总体呈现先下降后上升的态势。2 级斑块的面积 1991 年为 67.04 km², 2001 年为 53.26 km², 较 1991 年下降了 20.55%, 2013 年为 47.02 km², 较 2001 年下降了 11.72%, 可见, 1991—2013 年, 2 级斑块的面积总体呈现下降的态势, 但下降幅度逐渐降低。1 级斑块和 2 级斑块的总面积 1991 年为 120.28 km², 2001 年为 100.36 km², 较 1991 年下降了 16.56%, 2013 年为 109.28 km², 较 2001 年上升了 8.89%, 可见, 1991—2013 年, 1 级斑块和 2 级斑块的总面积总体呈现先下降后上升的态势。总体来说, 1991—2001 年, 景观斑块质量呈现下降的态势, 景观破碎化加剧, 人为活动对景观的干扰加强, 生态安全受到威胁; 2001—2013 年, 景观斑块质量逐渐提高, 主要是因为这 12 a 间, 新区经过河道疏浚、沿海防护林培育、土地整治等有利于生态防护措施的实施, 生态环境得到改善, 总体斑块质量得到一定提升。

3.2 2013 年, 北戴河新区源地呈现向连片的水体及林地附近散布的空间分布规律

从空间分布来看, 2013 年源地的总面积为 73.34 km², 占北戴河新区总面积的 14.25%。其中, 1 级斑块的面积为 37.44 km², 占新区总面积的 7.27%; 2 级斑块的面积为 35.90 km², 占新区总面积的 6.97%。源地主要分布在水产局及周边、七里海及周边、刘台庄镇东南部以及国有林场南部地区, 国有林场所占比例最大, 约有 73.07%。水产局以及七里海周边生态用地类型主要为水体, 平均斑块面积较大, 斑块连通性和生态系统服务价值较高, 七里海属于黄金海岸国家级自然保护区的核心区范畴, 水生动植物资源丰富, 其中有国家二级保护动物文昌鱼。刘台庄镇东南部分布有面积较大的成片水田, 景观连通性比较好; 国有林场是国家级自然保护区, 其南部地区有较大面积的水体资源和森林资源, 动植物物种丰富, 其中有国家二级保护植物狭叶瓶尔小草和世界濒危动物黑嘴鸥, 生态系统服务价值非常高。应当加强景观生态安全格局源地的保护力度, 降低人为活动对生态环境的不良干扰。

表 5 北戴河新区 1991 年、2001 年和 2013 年各级别景观斑块面积及其占新区总面积的比例

级别	1991 年		2001 年		2013 年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
1 级	53.24	10.34	47.1	9.15	62.26	12.09
2 级	67.04	13.02	53.26	10.35	47.02	9.13
3 级	161.14	31.30	138.28	26.86	130.85	25.42
4 级	112.91	21.93	100.21	19.47	102.28	19.87
5 级	41.72	8.10	82.41	16.01	68.6	13.33

4 结论与讨论

本研究以北戴河新区为例, 探讨了景观生态安全格局源地的动态识别方法, 为更加合理地构建景观生态安全格局提供基础。研究从斑块自身特征属性和斑块对外界环境的响应两个方面选取指标, 对北戴河新区景观斑块质量进行了动态评价和分级, 在此基础上, 选取质量良好且生态系统稳定的斑块作为景观生态安全格局构建的源地。源地分布在景观连通性好、生态服务价值高、生物多样性丰富、生态系统较稳定的区域, 这些区域不仅对新区的生态安全格局有重要的影响, 也对新区产业尤其旅游业的发展有重大影响, 因此, 应当加强对这些区域的保护, 合理限制人为活动对其景观的干扰。

本研究从空间和时间两个层面识别源地, 比单单考虑空间层面更能相对准确地定位源地的位置与规模。由于数据获取方面的限制性, 本研究对某些一定程度上影响源地识别的指标如生境质量评估中的土地合法保护程度等未加考虑, 今后的研究中, 应当进一步探索调查源地识别的影响因素, 完善指标体系, 以更加准确地定位源地的位置与规模。

参考文献:

[1] 李秉成. 中国城市生态环境问题及可持续发展[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(2): 2-6.

[2] 姬晓娜, 朱泮民. 生态旅游区的景观生态问题及其调控[J]. 生态学杂志, 2007, 26(11): 1884-1889.

[3] 蒋欣. 试论城市化发展进程中的生态环境问题及对策: 以长株潭城市群为例[J]. 生态经济, 2009(9): 167-170.

[4] 崔胜辉, 洪华生, 黄云凤, 等. 生态安全研究进展[J]. 生态学报, 2005, 25(4): 861-868.

[5] 张虹波, 刘黎明. 土地资源生态安全研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2006, 25(5): 77-85.

[6] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. 生态学报, 1999, 19(1): 8-15.

[7] 李绥, 石铁矛, 付士磊, 等. 南充城市扩展中的景观生态安全格局[J]. 应用生态学报, 2011, 22(3): 734-740.

[8] 王亮. 崇明岛景观生态安全格局分析[J]. 国土与自然资源研究, 2007(2): 54-55.

[9] 王建英, 李江凤, 邹利林, 等. 生态约束下的湖泊旅游用地布局[J]. 应用生态学报, 2012, 23(10): 2871-2877.

[10] 李咏红, 香宝, 袁兴中, 等. 区域尺度景观生态安全格局构建: 以成渝经济区为例[J]. 草地学报, 2013, 21(1): 19-24.

[11] Adriaansen F, Chardon J P, De Blust G, et al. The application of ‘least-cost’ modeling as a functional landscape model[J]. Landscape and Urban Planning, 2003, 64(4): 233-247.

- [9] 乔婷,张怀清,陈永富,等. 基于 NDVI 分割与面向对象的东洞庭湖湿地植被信息提取技术[J]. 西北林学院学报,2013,28(4):170-175.
- [10] Martha T R, Kerle N, Jetten V, et al. Characterising spectral, spatial and morphometric properties of landslides for semi-automatic detection using object-oriented methods [J]. *Geomorphology*, 2010,116(1):24-36.
- [11] Lahousse T, Chang K T, Lin Y H. Landslide mapping with multi-scale object-based image analysis: A case study in the Baichi watershed, Taiwan [J]. *Natural Hazards and Earth System Science*, 2011, 11 (10): 2715-2726.
- [12] Martha T R, Kerle N, Van Westen C J, et al. Segment optimization and data-driven thresholding for knowledge-based landslide detection by object-based image analysis [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2011, 49(12): 4928-4943.
- [13] 张毅,谭龙,陈冠,等. 基于面向对象分类法的高分辨率遥感滑坡信息提取[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2014,50(5):745-750.
- [14] 郑利娟,李小娟,胡德勇,等. 基于对象和 DEM 的湿地信息提取:以洪河沼泽湿地为例[J]. 遥感技术与应用,2009,24(3):346-351.
- [15] Frohn R C, Reif M, Lane C, et al. Satellite remote sensing of isolated wetlands using object-oriented classification of Landsat-7 data [J]. *Wetlands*, 2009, 29 (3):931-941.
- [16] 买凯乐,张文辉. 黄土丘陵沟壑区遥感影像信息面向对象分类方法提取[J]. 农业机械学报,2011,42(4):153-158.
- [17] 祖琪,袁希平,莫源富,等. 基于面向对象分类方法在 SPOT 影像中的地物信息提取[J]. 中国岩溶,2011,30 (2):227-232.
- [18] 常春艳,赵庚星,王凌,等. 滨海光谱混淆区面向对象的土地利用遥感分类[J]. 农业工程学报,2012,28(5): 226-231.
- [19] 江华. 基于 eCognition 面向对象技术的高分辨率遥感影像土地利用分类:以福州琅岐岛为例[J]. 海峡科学,2014(8):12-17.
- [20] 党丽娟,徐勇,高雅. 土地利用功能分类及空间结构评价方法:以燕沟流域为例[J]. 水土保持研究,2014,21 (5):193-197,203.
- [21] 陈秋晓,骆剑承,周成虎,等. 基于多特征的遥感影像分类方法[J]. 遥感学报,2004,8(3):239-245.
- [22] 胡玉福,邓良基,匡先辉,等. 基于纹理特征的高分辨率遥感图像土地利用分类研究[J]. 地理与地理信息科学,2011,27(5):42-45,68.

~~~~~  
(上接第 344 页)

- [12] 董雅文,周雯,周岚,等. 城市化地区生态防护研究:以江苏省,南京市为例[J]. 城市研究,1999,2(2):6-10.
- [13] 邓红兵,陈春娣,刘昕,等. 区域生态用地的概念及分类[J]. 生态学报,2009,29(3):1519-1524.
- [14] 吴健生,张理卿,彭建,等. 深圳市景观生态安全格局源地综合识别[J]. 生态学报,2013,33(13):4125-4133.
- [15] 熊春泥,魏虹,兰明娟. 重庆市都市区绿地景观的连通性[J]. 生态学报,2008,28(5):2237-2244.
- [16] Heather Tallis, Taylor Ricketts, Anne Guerry, et al. InVEST 2.2.0 User's Guide[Z]. The Natural Capital Project, Stanford, 2011.
- [17] 吴季秋. 基于 CA-Markov 和 InVEST 模型的海南八门湾海湾生态综合评价[D]. 海口:海南大学,2002.
- [18] 刘志伟. 基于 InVEST 的湿地景观格局变化生态响应分析:以杭州湾南岸地区为例[D]. 杭州:浙江大学,2014.
- [19] 唐蜜. 县域生态系统非木材林木产品服务功能评估研究:以四川省宝兴县为例[D]. 四川雅安:四川农业大学,2010.
- [20] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报,2008,23(5): 911-919.