

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2019.02.016

旅游型乡村生态敏感性评价 ——以茶陵县卧龙村为例

郑湘明¹, 谢美¹, 彭耀辉¹, 莫振淳¹, 高兴燕²

(1. 湖南工业大学 城市与环境学院, 湖南 株洲 412007; 2. 湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 生态环境的综合评价与保护对旅游型乡村的开发建设具有重要作用。以茶陵县卧龙村为例, 综合考虑研究区的自然生态与人文社会因素, 因地制宜地选取反映旅游型乡村生态特征的6个生态因子: 植被覆盖度、土地利用类型、河流水域、生物多样性、坡向和坡度, 以此构建卧龙村生态敏感性评价指标体系。基于GIS和RS, 采用多因子加权叠加法进行生态敏感性综合评价。评价结果表明, 卧龙村村域具有高度的生态敏感性, 其中极高、高度敏感区累计占区域总面积的47.21%, 不敏感区和低度敏感区极少, 总计占区域总面积的20.15%。综合考虑生态敏感性评价结果与旅游型乡村开发建设需求, 提出“分区建设”的用地策略, 为科学划定生态保护与开发建设区域、保障村域生态安全奠定基础, 实现卧龙村可持续发展。

关键词: 生态敏感性; 评价; 旅游型乡村; 卧龙村; 影响因子

中图分类号: X321

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2019)02-0091-06

引文格式: 郑湘明, 谢美, 彭耀辉, 等. 旅游型乡村生态敏感性评价: 以茶陵县卧龙村为例[J]. 湖南工业大学学报, 2019, 33(2): 91-96.

Ecological Sensitivity Assessment of Tourist Villages: A Case Study of Wolong Village in Chaling County

ZHENG Xiangming¹, XIE Mei¹, PENG Yaohui¹, MO Zhenchun¹, GAO Xingyan²

(1. College of Urban and Environmental, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China;
2. Business School, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: The comprehensive evaluation and protection of the ecological environment plays an important role in the development and construction of tourist villages. Taking Wolong Village of Chaling County as an example, with a comprehensive consideration given to the natural ecology and human social factors of the targeted area, six ecological factors reflecting the tourist villages characteristics has thus been selected according to the local conditions, including vegetation coverage, land use typed, flowing waters, biodiversity, slope direction and inclination, to construct the ecological sensitivity evaluation index system of Wolong Village. Based on GIS and RS, the multi-factor weighted superposition method is used for a comprehensive evaluation. The evaluation results show that the village area of Wolong Village is characterized with a high ecological sensitivity, of which the extremely and relatively highly sensitive areas account for 47.21% of the total area, with very few insensitive areas and low sensitive areas accounting for 20.15% of the total area. Taking into account the results of ecological sensitivity evaluation and the needs of tourist

收稿日期: 2019-02-10

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(18BGL179)

作者简介: 郑湘明(1967-), 男, 湖南耒阳人, 湖南工业大学研究员, 博士, 硕士生导师, 主要从事企业兼并与收购方面的教学与研究, E-mail: xiangmingz@263.net

village development and construction, a proposal has been made of a “zoning construction” strategy, thus laying a foundation for scientifically delineating ecological protection and development areas and ensuring ecological security in villages, so as to realize a sustainable development of Wolong Village.

Keywords: ecological sensitivity; evaluation; tourist village; Wolong Village; influence factor

0 引言

旅游型乡村是指充分利用当地特色资源,以旅游产业推动乡村经济发展,促进社会进步,创新发展旅游服务产业的一类乡村^[1]。在乡村振兴战略背景下,大力发展乡村旅游业成为乡村实现“强、富、美”的有效途径。但大规模的旅游开发、建设,在带动乡村经济发展的同时,也产生了严重的生态环境问题。目前,旅游型乡村现有的研究多倾向于乡村旅游内涵、乡村旅游供给关系、旅游产品设计等^[2-4]方面,在生态环境保护方面的研究内容极少。生态敏感性评价是区域生态系统保护的前提与基础,能表征发生区域生态环境问题的难易程度和概率大小^[5]。

自20世纪60年代Steiver提出生态环境敏感性分析模型以来^[6],国内外对生态敏感性的评价已逐渐从单一因子评价发展到多因子综合的敏感性评价^[7-10],但现有生态敏感性评价指标选取上的随意性较大^[8,11],综合考虑自然因素和人文因素的研究较少^[12-13];研究尺度从国家、流域、省域延伸至市县域范围^[14-15],村域这类小尺度范围的研究很少。

近年来,茶陵县卧龙村利用优美的山水环境,大力发展乡村旅游,开展乡村旅游建设,实现了经济发展,但旅游设施建设随意占用耕地、破坏森林,同时游客的大量增加间接带来的水体和空气污染等生态环境破坏问题日渐凸显。本研究以旅游型乡村与生态敏感性为结合点,以茶陵县卧龙村为例,借助GIS空间分析技术,进行生态敏感性评价与分析,指导旅游型乡村科学合理地开发与建设,实现社会经济与生态环境的协调发展。

1 研究区域概况与数据来源

1.1 研究区域概况

卧龙村属株洲市茶陵县火田镇,由原卧龙村与沛江村行政区合并而成,村庄东邻大英村、白石村,南靠贝水村,西接腰潞镇泰和村,北与攸县接壤,村域总面积2 165.90 hm²。卧龙村位于亚热带季风性湿润气候区,气候温和,四季分明,日照适中。又因其地处高山地区,森林等旅游资源极为丰富,负氧离子浓度高达86 000个/cm³,特别适宜养生、度假。卧

龙村先后获得湖南省“省级生态村”、“特色旅游名村”、株洲市“两型示范村”、“绿色村庄”的称号,2015年被评选为农业部年度“中国最美休闲乡村”,2017年被评为国家3A级旅游景区。近20a,村民逐渐从海拔400~600m的深山搬迁至山下卧龙沟边集中居住,基础设施不断改善,旅游开发建设步伐日益加快,经济产业得到了有效发展,但是林地和耕地面积却逐年减少,生态环境遭到破坏。

1.2 数据来源与预处理

1) 数据来源。选取EARTHDATA官网15m分辨率的DEM高程数据、USGS官方网站2018年10月地面全色波段分辨率为15m×15m的Landsat 8遥感影像以及Google Earth 2017年2月的18级卫星影像图、生态重要性敏感性评估数据、茶陵县行政区划图为主要数据源(见表1)。

2) 遥感影像预处理。选用ENVI5.1平台,对研究区的Landsat 8遥感影像数据进行大气校正后使用NDVI计算器工具,选择4、5波段,计算卧龙村NDVI值,以NDVI的累计百分比95%、5%为其最大与最小值。运用波段计算工具,根据植被覆盖度模型: $FC=(NDVI-NDVI_{min})/(NDVI_{max}-NDVI_{min})$,得到区域的植被覆盖度矢量图。

3) 卫星影像预处理。综合参考卧龙村2016年村庄规划的用地现状图和2018年10月的现状调研情况,在AutoCAD中通过目视解译2017年2月的谷歌卫星影像图,获得卧龙村的现状土地利用类型图。

最后,统一将数据导入ArcGIS10.2进行地理配准,并裁剪研究区范围内相对应数据。

表1 卧龙村生态敏感性评价数据源汇总

Table 1 Data source summary of the ecological sensitivity assessment in Wolong Village

序号	名称	来源	分辨率	格式
1	DEM高程数据	www.asf.alaska.edu	15 m	Tiff
2	遥感影像数据	https://earthexplorer.usgs.gov	15 m	Tiff
3	卫星影像数据	全能电子地图下载器软件	2 m	Tiff
4	生态重要性敏感性评估数据	株洲市生态保护红线划定技术方案	-	Shp
5	行政边界图	茶陵县土地利用总体规划(2006—2020)	-	Shp

2 生态敏感性评价

2.1 评价指标选取与权重确定

2.1.1 评价指标的选取

评价指标的选取是生态敏感性评价的核心, 大多数学者根据研究区域与研究问题的不同选取不同的影响因子, 主要分为自然因素(高程、坡度、坡向、植被、气候、河流域、地质灾害)、人文因素(土地利用分类、土壤污染、道路交通)、生态因素(水源涵养、自然保护区)和特殊因素(历史文化价值、生态保护、美学价值、娱乐价值)等^[6, 12]。

为建立一个科学易懂、可获取性强、透明度高的评价体系, 迅速高效地为卧龙村生态环境管理提供服务, 结合实地调研情况和旅游型乡村的生态环境特点, 把握住当地最主要的生态环境问题, 根据可操作性原则与因地制宜原则, 初步选取高程(X_1)、坡度(X_2)、坡向(X_3)、河流域(X_4)、植被覆盖度(X_5)、土地利用类型(X_6)、水源涵养重要性(X_7)、生物多样性(X_8)和水土流失敏感性(X_9)共9个对卧龙村生态敏感性影响较大的因子作为评价的备选因子。

为提取最主要影响因子与减小指标之间的相关性, 在 ArcGIS10.2 平台使用波段集统计工具, 对9个备选因子评价结果的栅格数据分别做相关性分析, 得到各个因子之间的相关度, 选取各个备选因子相关度之和最大的因子为主要影响因子(表明此因子为对生态敏感性影响最大), 再选取与主要影响因子相关度最小的前5个备选因子与主要影响因子一起共同组成最终的生态敏感性评价指标体系。

2.1.2 评价因子权重的确定

不同的评价因子对生态环境产生的影响不同, 因而需要科学合理地确定各因子的权重。首先, 对确定好的6个影响因子建立判断矩阵, 综合对比各类文献资料, 对因子间两两重要性进行比较和分析判断, 确定判断矩阵的数值, 求得判断矩阵的最大特征值

表3 生态敏感性评价因子分级与权重

Table 3 Grading and weights of ecological sensitivity factors

生态因子	权重	极度敏感(9)	高度敏感(7)	中度敏感(5)	低度敏感(3)	不敏感(1)
植被覆盖度	0.277 7	(0, 0.52]	(0.52, 0.72]	(0.72, 0.83]	(0.83, 0.93]	(0.93, 1]
土地利用类型	0.244 9	林地、水域	耕地、旅游用地	废弃工矿用地、环卫设施用地	非硬化道路	村民住宅用地、硬化道路
河流域	0.150 7	(0, 30]m	(30, 80]m	(80, 150]m	(150, 300]m	>300 m
生物多样性	0.122 9			重要区(5)		非重要区(1)
坡向	0.110 3	正北	东北、西北	正东、正西	东南、西南	平地、正南
坡度	0.093 5	>35°	(25, 35]°	(15, 25]°	(8, 15]°	(0, 8]°

2.3 评价结果

2.3.1 单因子生态敏感性评价结果

植被覆盖度因子生态敏感性空间分布图(图1a、表4)显示, 基于植被覆盖度的生态敏感性总体

和特征向量; 然后, 对其特征向量进行归一化处理, 得到权重值; 最后, 进行一致性检验, 判断所确定的权重值是否接近客观实际。

2.2 数据处理

本研究借助 ArcGIS10.2 软件平台完成9类单因子的生态敏感性评价, 步骤如下: 数据导入→数据栅格化→派生数据集→重分类数据集→图形输出。

按照上述相关性分析方法确定9个备选因子的相关性矩阵, 取各指标与其它指标的相关性指数之和为总相关性, 发现 X_5 植被覆盖度的总相关性最高, 表明从不同的角度综合分析, 植被覆盖度对于生态敏感性的影响最大, 选取其作为最主要影响因子, 按照从小到大排序, 选取前5个因子: X_2 坡度、 X_3 坡向、 X_4 河流域、 X_6 土地利用类型、 X_8 生物多样性, 与 X_5 植被覆盖度共同作为最终的生态敏感性评价指标(见表2)。

表2 生态敏感性评价备选因子相关度

Table 2 Relevance of alternative factors in ecological sensitivity assessment

评价因子	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
X_1	1.00	0.32	-0.06	-0.43	3.01	0.12	0.44	0.69	0.29
X_2	0.32	1.00	-0.01	-0.12	2.88	0.06	0.09	0.31	0.36
X_3	-0.06	-0.01	1.00	-0.15	1.50	0.06	-0.08	0.07	0.02
X_4	-0.43	-0.12	-0.15	1.00	1.04	-0.26	-0.20	-0.32	-0.06
X_5	3.01	2.88	1.50	1.04	1.00	2.02	2.91	1.72	3.37
X_6	0.12	0.06	0.06	-0.26	2.02	1.00	0.14	0.09	0.01
X_7	0.44	0.09	-0.08	-0.20	2.91	0.14	1.00	0.23	0.05
X_8	0.69	0.31	0.07	-0.32	1.72	0.09	0.23	1.00	0.14
X_9	0.29	0.36	0.02	-0.06	3.37	0.01	0.05	0.14	1.00
总相关性	5.38	4.91	2.35	0.51	19.46	3.25	4.58	3.92	5.18

运用 yaahp10.1 软件对卧龙村生态敏感性指标进行权重调整与确定, 确定6个评价指标权重。根据国家环保总局关于《生态功能区划技术暂行规程》中生态敏感性指标体系的分级标准, 将单因子敏感性分为极度、高度、中度、低度和不敏感5个等级, 并分别赋值9, 7, 5, 3, 1, 最后对各单因子生态敏感性指数按权重值进行空间叠加, 完成综合评价(见表3)。

较高, 中度、高度到极度敏感区(植被覆盖度大于0.72)的总面积高达1 887.71 hm², 占研究区总面积的87.15%, 不敏感区和低度敏感区(植被覆盖度不大于0.72)仅占研究区总面积的12.85%。

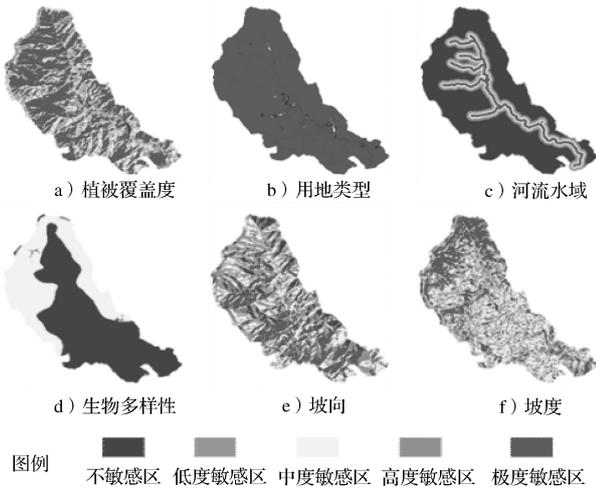


图1 单因子生态敏感性空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of single factor ecological sensitivity

用地因子评价中,林地和水域为极度敏感区,总面积高达 2 115.96 hm², 占总用地的 97.69%, 不敏感区占比比例很小, 仅为总用地的 0.79%, 主要是村民住宅用地与硬化道路(见图 1b、表 4)。

河流水域因子的极度敏感区仅占总量的 3.62%, 主要是河流 30 m 范围内的区域; 不敏感区和低度敏感区面积所占比例为总量的 84.39%(见图 1c、表 4)。

生物多样性因子的敏感性分两级, 分别赋值 1 和 5, 分布集中, 中度敏感区面积为 817.15 hm², 占研究区总用地的 37.73%, 不敏感面积较大, 占总用地的 62.27%(见图 1d、表 4)。

从坡向因子的生态敏感性来看, 各级敏感区域空间分布较为均衡, 敏感性从低到高分区分别占研究区用地的 10.77%, 28.06%, 25.61%, 22.44%, 13.12%(见图 1e、表 4)。

表 4 生态敏感性评价结果汇总表

Table 4 Summary of ecological sensitivity evaluation results

评价因子	不敏感区	低度敏感区	中度敏感区	高度敏感区	极度敏感区	
植被覆盖度	面积 / hm ² 比例 / %	33.30 1.54	244.89 11.31	503.91 23.26	639.90 29.54	743.90 34.35
土地利用类型	面积 / hm ² 比例 / %	17.04 0.79	7.22 0.33	6.82 0.32	18.86 0.87	2 115.96 97.69
河流水域	面积 / hm ² 比例 / %	1 523.18 70.32	304.76 14.07	160.63 7.42	98.92 4.57	78.41 3.62
生物多样性	面积 / hm ² 比例 / %	1 348.75 62.27	-	817.15 37.73	-	-
坡向	面积 / hm ² 比例 / %	233.23 10.77	607.77 28.06	554.74 25.61	485.92 22.44	284.24 13.12
坡度	面积 / hm ² 比例 / %	29.05 1.34	293.23 13.54	794.84 36.70	793.95 36.66	254.83 11.76
综合	面积 / hm ² 比例 / %	75.21 3.47	361.22 16.68	706.83 32.64	682.76 31.52	339.88 15.69

研究区坡度因子的敏感性分布较为零散, 整体敏感性相对偏高, 极度和高度敏感区两者的总面积达 1 048.78 hm², 占总面积的 48.42%(见图 1f、表 4)。

2.3.2 综合生态敏感性评价结果

单因子生态敏感性分析完成后, 利用 GIS10.2 空间分析模块中的栅格计算器工具对各单因子的敏感性进行加权叠加, 得到茶陵县卧龙村生态敏感性综合评分。运用自然间断点分级法将其评价结果划分为生态极度敏感区、高度敏感区、中度敏感区、低度敏感区和不敏感区 5 级。最后, 通过众数滤波和边界清理工具对分析结果进行聚类处理, 以消除小图斑获得平滑的分区边界, 得到最终的生态敏感性空间分布图(见图 2)。

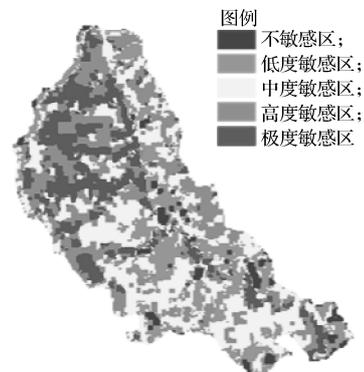


图 2 综合生态敏感性空间分布图

Fig. 2 Spatial distribution of comprehensive factor ecological sensitivity

由图 2 和表 4 可知, 卧龙村村域整体具较高生态敏感性, 极度敏感区面积为 339.88 hm², 占研究区总面积的 15.69%; 高度敏感区面积为 682.76 hm², 占研究区总面积的 31.52%; 中度敏感区面积为 706.831 hm², 占研究区总面积的 32.64%; 低度敏感区面积为 361.22 hm², 占研究区总面积的 16.68%; 不敏感区域所占比例很小, 仅为 3.47%。

3 结果分析与应用

3.1 评价结果分析

3.1.1 植被覆盖度对综合生态敏感性评价影响

结合植被覆盖度因子与综合敏感性评价结果发现, 植被覆盖度对卧龙村生态敏感性的影响最大, 卧龙村用地因以大面积连片的林地为主, 所以区域的植被覆盖度整体较高, 植被覆盖度大于 0.72 的总面积占研究区总面积的 87.15%, 但也存在自然条件较差或旅游建设侵蚀林地与农田等情况, 使林地中的部分区域表现出低植被覆盖度, 良好的植被覆盖对区域生物多样性保护和水土流失防治具有重要的作用, 因此要加强保护。

3.1.2 单因子生态敏感性评价结果之间的关联

通过对比坡向因子与植被覆盖度因子,坡向敏感性与植被覆盖度敏感性呈明显负相关,坡向敏感性具有明显的南北差异。村域东北部坡向以南向为主,敏感性较低,而植被覆盖度较高,敏感度较高;西南部坡向以北向为主,植被覆盖度较低。这说明坡向会影响日照时数和太阳辐射强度,从而影响植被覆盖度,对于山地生态价值有着较大的作用。

对比生物多样性、坡度因子的敏感性评价结果和高程因子分布图,可知生物多样性因子的中度敏感区、坡度因子的极度和高度敏感区区域的高程主要集中在大于500 m的范围,由于高程越高且坡度越大的区域受到的人为干预越小,生物多样性得以更好的保护,因此高程大于500 m的区域不适宜开发建设。

3.1.3 综合生态敏感性布局特征与规律

根据整体生态敏感性评价的结果,卧龙村村域整体具有较高的生态敏感性,且具有北高南低、西高东低的布局特点。极度与高度敏感区占总研究区面积的47.21%,主要位于卧龙村西北部坡度较大、高程较高、植被覆盖度较大的林地以及卧龙沟两侧;中度敏感区域分布在研究区西南部,是村域内高程较低、坡度较小的低山地带;低度敏感区与不敏感区占研究区总面积的20.15%,主要分布在村民住宅用地、占用耕地的旅游用地、低植被覆盖的林地和耕地,其大部分植被或土壤都经过了不同程度的人为改造。

综合生态敏感性变化的基本规律是:人工改造用地较自然用地的综合生态敏感性低;在林地区域,综合生态敏感性沿等高线的上升而逐渐增强;在水域区域,综合生态敏感性随着水域增大而逐渐降低,综合生态敏感、极度敏感区分布与河流水域因子的生态敏感性的极度敏感区一致性最高。

3.2 生态敏感性评价的应用

加大对生态敏感地区的保护力度、强化生态建设,对确保旅游型乡村的生态安全具有至关重要的作用。通过结合生态敏感性分析的结果、旅游资源的优劣以及旅游型乡村生态发展的理念,达到自然生态保护与旅游开发相协调的目的,提出“分区建设”的用地策略,将研究区分为生态重点保护区、生态缓冲培育区、生态恢复重建区、生态旅游拓展区及生态人居建设区,并分别提出合理的保护措施与建设意见。

生态极度敏感区应划入生态重点保护区,属于生态保护的核心区域,在该区应严格遵守生态保护优先的原则,建立生态良性循环,除建设休息平台、游步道、防护栏等必要的基础和安全设施外,严禁对该区域进行开发建设。

生态高度敏感区应划入生态缓冲培育区,一般位于生态重点保护区的周边,作为人类直接影响空间与自然空间之间的缓冲地带,与生态极度敏感区共同组成承载生态旅游、观光旅游活动的基底环境。为确保生态环境的完整性和稳定性,生态重点培育区的保护力度应仅次于生态重点保护区,以保护培育为主。

生态恢复重建区包括生态中度敏感区,该区应以适度开发为指导原则,适当发展低干扰强度的生态乡村休闲旅游,同时积极采取生态修复措施,对当前的污染情况(垃圾填埋场和废弃矿洞及其尾沙库)进行控制;对诸如废弃矿洞等区域,在保证其安全的前提下,可适度开发,作为特色景点对游客开放,注重人工生态空间与自然生态空间的协调。

生态旅游拓展区主要包含生态低度敏感区,是未来旅游发展的主要拓展区,旅游建设用地应以集约高效为原则,科学规划、合理布局旅游功能区,优化配置各类用地,加强对旅游地环境容量研究,保证不突破生态环境的承载能力,确保生态旅游可持续发展。

生态人居建设区即生态不敏感区,主要用地类型为现状建设用地,应采用生态环保的改造方式,对现状用地、景点、建筑等进行生态化改造,尽可能地将旅游活动对卧龙村整体生态环境的影响降到最低。

4 结论与讨论

本文以旅游型乡村——卧龙村为研究对象,选取植被覆盖度、土地利用类型、河流水域、生物多样性、坡向和坡度6个反映旅游型乡村生态特征的因子,构建了生态敏感性评价指标体系,并运用GIS的空间分析功能对卧龙村域生态敏感性空间分布进行了评价与分析,并提出了旅游型乡村的用地策略,具体结论如下:

第一,基于研究区突出的生态环境特点与旅游特色,评价指标体系的选择在考虑自然生态因子的同时,兼顾了人文社会因子,避免了单纯考虑自然生态因素导致的结果失衡;

第二,在因子的筛选过程中,对主要影响因子与其他备选因子进行了相关度指数计算,筛选出更能客观准确地反映区域生态敏感性的因子;

第三,旅游型乡村的开发建设应立足于生态保护,生态敏感性评价是乡村旅游开发的前提与基础,需高度重视。

本文结合卧龙村生态敏感性评价的结果与旅游发展实际,提出了“分区建设”的用地策略,为卧龙村土地利用优化调控与生态环境保护提供了科学

引导。但受限于研究资料与个人经验,存在对指标因子主观分级、简单赋值,对权重确定把握不够全面等问题,可能导致评价结果存在一定误差,需在今后的研究中加以改善,力争使评价结果更加客观精确。

参考文献:

- [1] [佚名]. 科学制定标准 促进旅游型村镇健康发展:《中国旅游·建设名镇(村)评定标准》(暂定名)编制中的一些思考[J]. 小城镇建设, 2006(7): 35-37.
[Anonymous]. Setting Standards Scientifically, Promoting the Healthy Development of Tourism-type Villages and Towns: Some Thoughts on the Compilation of *China Tourism-Building Towns (Villages) Evaluation Standards* (tentative name)[J]. *Development of Small Cities & Towns*, 2006(7): 35-37.
- [2] 黄细嘉, 赵晓迪. 旅游型乡村建设要素与乡村振兴战略要义[J]. 旅游学刊, 2018, 33(7): 5-6.
HUANG Xijia, ZHAO Xiaodi. The Elements of Tourism-Oriented Rural Construction and the Strategy of Rural Revitalization[J]. *Tourism Tribune*, 2018, 33(7): 5-6.
- [3] 吕连琴, 刘爱荣. 我国乡村旅游高级化的产品设计导向[J]. 地域研究与开发, 2002, 21(4): 69-72.
LÜ Lianqin, LIU Airong. Guiding of the Advanced Design of Country Tourism Production in China[J]. *Areal Research and Development*, 2002, 21(4): 69-72.
- [4] 李德明, 程久苗. 乡村旅游与农村经济互动持续发展模式与对策探析[J]. 人文地理, 2005, 20(3): 84-87.
LI Deming, CHENG Jiumiao. An Investigation into the Patterns and Strategies of Mutual Sustainable Development of Rural Tourism and Economy[J]. *Human Geography*, 2005, 20(3): 84-87.
- [5] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 等. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J]. 生态学报, 2000, 20(1): 10-13.
OUYANG Zhiyun, WANG Xiaoke, MIAO Hong, et al. China's Eco-Environmental Sensitivity and Its Spatial Heterogeneity[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(1): 10-13.
- [6] 刘爱华, 谢正观, 王家卓. GIS技术在山地城市生态敏感性分析中的应用[J]. 中国科学院研究生院学报, 2012, 29(4): 455-460.
LIU Aihua, XIE Zhengguan, WANG Jiazhao. Application of GIS to Analysis of the Ecological Sensitivity of Mountain Cities: A Case Study of Shiyang City[J]. *Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences*, 2012, 29(4): 455-460.
- [7] 鲁敏. 环境生态学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 168-184.
LU Min. *Environmental Ecology*[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2012: 168-184.
- [8] 康秀亮, 刘艳红. 生态系统敏感性评价方法研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(33): 10569-10571, 10574.
KANG Xiuliang, LIU Yanhong. Study on Ecological Sensitivity Evaluation Method[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35(33): 10569-10571, 10574.
- [9] EGGERMONT H, VERSCHUREN D, AUDENAERT L, et al. Limnological and Ecological Sensitivity of Rwenzori Mountain Lakes to Climate Warming[J]. *Hydrobiologia*, 2010, 648(1): 123-142.
- [10] RODRIGUEZ E, VILA L. Ecological Sensitivity Atlas of the Argentine Continental Shelf[J]. *International Hydrographic Review*, 1992(2): 47-53.
- [11] 郭彬. 基于GIS的旅游地生态敏感性与生态适宜性评价研究[D]. 重庆: 西南大学, 2009.
WU Bin. An Evaluative Study of Ecological Sensitivity and Ecological Suitability of Scenic Area Based on GIS[D]. Chongqing: Southwest University, 2009.
- [12] 屈赛, 林爱文, 黎斌, 等. 基于生态敏感性的庐山区生态旅游用地策略[J]. 生态科学, 2018, 37(1): 164-170.
QU Sai, LIN Aiwen, LI Bin, et al. The Strategy of Tourism Land in Lushan Area Based on Evaluation of Ecological Sensitivity[J]. *Ecological Science*, 2018, 37(1): 164-170.
- [13] 黄静, 崔胜辉, 李方一, 等. 厦门市土地利用变化下的生态敏感性[J]. 生态学报, 2011, 31(24): 7441-7449.
HUANG Jing, CUI Shenghui, LI Fangyi, et al. Ecological Sensitivity of Xiamen City to Land Use Changes[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(24): 7441-7449.
- [14] 吴金华, 李纪伟, 朱鸿儒. 基于ArcGIS区统计的延安市土地生态敏感性评价[J]. 自然资源学报, 2011, 26(7): 1180-1188.
WU Jinhua, LI Jiwei, ZHU Hongru. Land Ecological Sensitivity Evaluation of Yan'an Based on Zonal Statistics of ArcGIS[J]. 2011, 26(7): 1180-1188.
- [15] 李益敏, 管成文, 朱军, 等. 基于GIS的星云湖流域生态敏感性评价[J]. 水土保持研究, 2017, 24(5): 266-271, 278.
LI Yimin, GUAN Chengwen, ZHU Jun, et al. GIS-Based Ecological Sensitivity Analysis in Xingyun Lake Basin[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2017, 24(5): 266-271, 278.

(责任编辑: 廖友媛)