

# 基于 GIS 的太姥山风景区生态敏感性分析

林灼镛,杨巧琦,吴天杰,刘 玲,吴小刚\*

(福建农林大学,福建 福州 350100)

**摘要:**生态敏感性对风景名胜区的保护规划有着重大意义,该文以福建省宁德市福鼎市太姥山风景区作为研究对象,选取海拔、坡度、坡向、水体、土地利用类型、植被覆盖度6个生态因子作为生态敏感性评价指标,将其分为4个评价级别,即不敏感、轻度敏感、中度敏感和高度敏感。利用层次分析法确定权重,通过GIS空间分析技术分析单因子与多因子生态敏感性空间分布。结果表明,太姥山总体生态敏感性程度为高敏感性。高敏感区占总面积的29.40%,中敏感区占总面积的28.32%;低敏感区占总面积的22.65%,分布在景区的西北部;不敏感区占总面积的19.63%,均匀分布在景区。最后结合太姥山景区现状,针对不同敏感区提出相应的建议策略,来推动太姥山生态规划的发展与实践。

**关键词:**GIS;层次分析法;生态敏感性;太姥山;风景区

**中图分类号:**P941.76;P962;Q142;Q948.39.3

**文献标志码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2022.06.007

## GIS-based ecological sensitivity analysis of Taimu Mountain Scenic Area

Lin Zhuorong, Yang Qiaoqi, Wu Tianjie, Liu Ling, Wu Xiaogang\*

(Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350100, China)

**Abstract:** Ecological sensitivity is of great significance to the protection planning of scenic spots. In the article, Taimu Mountain Scenic Area in Fuding, Ningde, Fujian Province was taken as the research object, with six ecological factors including elevation, slope, aspect, water body, land use type and vegetation coverage selected for evaluation. The conclusions were determined as non-sensitive, light sensitive, medium sensitive and highly sensitive. Analytic hierarchy process was used to determine the weight, and GIS spatial analysis was used to deal with the spatial distribution map of single and complex factor ecological sensitivity. The results showed that the overall ecological sensitivity of Taimu Mountain was high, with the area involved accounting for 29.40% of the total area. And medium sensitivity area for 28.32%, low sensitivity area for 22.65%, distributed within the northwest, but non-sensitivity area for 19.63%, evenly distributed. Finally, in combination with the current situation of the Scenic Area, for different sensitive areas, some suggestions and strategies were proposed for developing the ecological planning and practice of Taimu Mountain.

**Key words:** GIS; Analytic hierarchy process; Ecological sensitivity; Taimu Mountain; Scenic area

生态环境敏感性是指生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反映程度,说明研究区域生态环境问题的难易程度和可能性大小<sup>[1]</sup>。生态敏感性评价本质是对现状自然环境背景下潜在的生态问题进行科学的辨识,并在研究区域内进行探

究<sup>[2]</sup>。生态敏感性评价在当前的资源约束趋紧、生态环境保护、生态环境恶化的背景下,在指导生态区划、景观规划、城市规划等领域已得到广泛应用,为区域的生态文明建设、维持生态平衡,实现人与自然的和谐统一发展奠定了坚实基础<sup>[3]</sup>。国内也

收稿日期:2022-08-20;修回日期:2022-09-27

基金项目:福建省科技创新领军人才项目(118/KRC16006A)

作者简介:林灼镛(1997-),女,福建福州人,硕士研究生。主要研究方向为园林与景观设计。E-mail:961096293@qq.com

\*通信作者:吴小刚(1965-),福建建阳人,副教授,硕士生导师。主要从事风景园林规划与设计研究。

日益重视风景名胜区的生态敏感性评价,如李建军等<sup>[4]</sup>基于GIS的空间分析功能并以土壤侵蚀、生境、地质灾害作为指标评价要素,科学评估处于黄土高原生态脆弱的万荣县的生态敏感性,并基于此提出生态区的保护和开发对策;朱东国等<sup>[5]</sup>运用遥感和GIS技术,利用因素加权叠加法选取高程、坡度、植被覆盖、水域和地质灾害易发性等5个生态因子进行分析,得出对张家界市域综合生态敏感性空间分布图,在这基础上提出有关旅游城市的规划措施。孙才志等<sup>[6]</sup>运用GIS空间分析技术,从水量和水质2个角度,对下辽河平原地下水生态敏感性进行评估。刘澜等<sup>[7]</sup>基于GIS的空间分析功能并以地形地貌、土地利用类型、交通状况等为主要指标,对苏南水网地区乡村自然景观生态敏感性进行了科学评价,为乡村自然风景保护性的发展和建设工作提供了依据。

本研究以福州太姥山风景名胜区中的太姥山主体园区作为研究分析对象,根据实际情况和数据的可获得性,确定海拔、坡度、坡向、水体、土地利用类型、植被覆盖度这6个不同因子作为评价指标,利用GIS的空间分析和层次分析法(AHP),对研究区域进行单因子分析和多因子加权叠加分析,并划分相应敏感等级,对福州太姥山风景名胜区的生态保护措施和景观规划提出一些建议。

## 1 研究区概况

太姥山风景名胜区位于福建省宁德市福鼎市境内(东经120°05′—120°24′,北纬26°55′—27°09′),由太姥山园区、九鲤溪园区和嵛山岛园区3个景区组成,总面积约100 km<sup>2</sup>。太姥山属于亚热带海洋性季风气候,温暖湿润,降水丰富,年平均气温13.6℃,年降水量1 600—2 100 mm;太姥山地形

地貌类型丰富,主要景观有花岗岩峰林地貌与走廊式裂隙岩洞,独具特色,并且因为地壳运动与长期的海蚀风化,逐渐形成海岛自然景观<sup>[8]</sup>。在人文资源方面,许多古建筑,遗迹得到完整保留,民俗风情独特。本次研究区域主要集中在太姥山园区,面积为20.963 km<sup>2</sup>。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据获取与预处理

太姥山园区DEM数字高程模型数据与ETM遥感影像数据来源于地理空间数据云网站,空间分辨率为30 m,其中ETM遥感影像时间为2013年8月;植被覆盖度利用Landsat 8的遥感影像进行归一化植被指数(NDVI)计算而得;土地利用现状数据来源于地学服务平台公众号。

将获得的DEM数据与ETM数据在GIS软件中进行校正、转换,拼接得到基础的分析数据;土地利用现状图也在GIS中属性表内进行分类,方便后续的等级划分。

### 2.2 评价因子的选取与分级

由于生态系统具有复杂性和综合性的特点,考虑到数据的可获得性,结合《生态功能区划暂行规程》<sup>[10]</sup>的生态敏感性评价方法使用指标,以及参考高炎冰等<sup>[11]</sup>、张蜜等<sup>[12]</sup>、黄含吟<sup>[13]</sup>对小尺度区域生态敏感性因子选择,通过查阅相关资料和实地调研太姥山风景区,选择出对该研究区具有较大影响力的生态敏感性评价因子,包括海拔、坡度、坡向、水体、土地利用类型、植被覆盖度6个因子。并且依据太姥山风景区内各个生态系统影响因素的重要性,将单因子在生态敏感性上分为4个等级,分别为不敏感区、低敏感区、中敏感区和高敏感区,具体分级参考表1。

表1 各评价因子分级标准

生态因子	级别				权重
	不敏感区	低敏感区	中敏感区	高敏感区	
海拔/m	0—200	200—400	400—600	>600	0.044 5
坡度/°	0—10	10—20	20—35	>35	0.072 8
坡向	平地、正南	东南、西南	东北、西北、正东、正西	正北	0.102 1
水体缓冲区/m	>150	100—150	50—100	0—50	0.189 2
土地利用类型	建设用地	旱地	疏林地、灌木林地、自然草地	林地、水田	0.216 1
植被覆盖度/%	0—10	10—30	30—50	>50	0.375 3

### 2.3 评价指标权重的确定

由于各因子对生态环境的影响程度不同,所以

需要对生态敏感性进行综合评价<sup>[14]</sup>,除了选择正确的评价指标体系外,还要确定各因子在整个体系中

的相对重要性,即各指标的权重。目前,较为常见的方法主要是专家咨询法和层次分析法(AHP),本次研究采用以上2种方法,各因子的重要性以调查问卷的形式通过专家咨询,再将问卷结果利用层次分析法得出权重,结果见表2。

表 2 生态敏感性评价因子权重

因子	海拔	坡度	坡向	水体	土地利用类型	植被覆盖度	权重
海拔	1	1月3日	1月4日	1月5日	1月2日	1月7日	0.044 5
坡度	3	1	1月2日	1月5日	1月3日	1月4日	0.072 8
坡向	4	2	1	1月2日	1月3日	1月5日	0.102 1
水体	5	5	2	1	1月3日	1月2日	0.189 2
土地利用类型	2	3	3	3	1	1月3日	0.216 1
植被覆盖度	7	4	5	2	3	1	0.375 3

注:最大特征根 $\lambda_{\max}=6.628\ 5$ ;一致性检验, $CI=0.099\ 8<0.15$ , $CR=0.099\ 8/1.24=0.080\ 5<0.1$ ,说明次权重的判断结果可用。

2.4 GIS 空间分析

根据单因子生态敏感性综合评价和层次分析法确定的权重,利用GIS软件对获取的数据进行处理转为栅格、掩膜提取、以单因子的分级标准进行重分类之后,得到各单因子生态敏感性研究结果。将各个单因子结果在GIS软件中利用栅格计算器,将各因子按照AHP法得到的权重进行计算,得出太姥山生态敏感性综合评价结果,之后再通过重分类自然间断点分级法,得到不敏感区、低敏感区、中敏感区、高敏感区4个等级区。

3 结果与分析

3.1 单因子生态敏感性分析

3.1.1 海拔敏感性分析 太姥山主体园区总体地势西南高,东北低,西北部为花岗岩与火山岩构成的山地和丘陵,海拔高度一般在400—800 m,由图1-a及表3可看出高敏感区主要分布在西南部,占总面积的26.28%,该区为天然林地,植物种类众多;中敏感区主要分布在地区中部,围绕着高敏感区分散开,占总面积的30.52%;低敏感区和不敏感区主要分布在东部和东北部,分别占总面积的24.18%和19.01%。

3.1.2 坡度敏感性分析 坡度可以影响地表物质流动和承受能力,影响人类活动空间布局,坡度越大,生态敏感性就会越弱<sup>[15]</sup>。如图1-b及表3所示,园区内高敏感区主要分布在园区的西北部,该敏感区所分布的位置坡度较大,占总面积的14.66%;中敏感区占总面积的26.92%,分布在园区的各个地区,主要坡度在20—35°;低敏感区和不敏感区主要分布在园区的东部和西南部,坡度主要在10—20°和0—10°,分别占总面积的33.91%和24.51%。太姥山风景区从西北到东南坡度减缓,在进行景观规划时需注意西北部的坡向因素。

3.1.3 坡向敏感性分析 坡向的不同,对山地的日照时间,太阳辐射的强弱和降雨量的多少也会有所影响<sup>[16]</sup>。而山地的日照、辐射、降雨对于植被以及气温都有所影响,进而影响整个研究区的生态环境。中国位于北半球,其光照、降雨位于南坡、东南坡、东坡和西南坡相对较多。由图1-c及表3可知高敏感区和中敏感区主要分布在园区的西北部和东部,占总面积的18.49%和43.56%,该地区因为坡向原因,植被的生长会间接受到影响。低敏感区和不敏感区主要分布在园区西南部,占总面积的23.05%和14.90%。

表 3 各生态敏感性分子分级面积比例

生态因子	不敏感区		低敏感区		中敏感区		高敏感区	
	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%	面积/km <sup>2</sup>	占比/%
海拔	4.204	19.01	5.346	24.18	6.751	30.53	5.812	26.28
坡度	5.153	24.51	7.130	33.91	5.66	26.92	3.082	14.66
坡向	3.296	14.90	5.097	23.05	9.633	43.56	4.088	18.49
水体	>21	>99	<0.000 1	<1	<0.000 1	<1	<0.000 1	<1
土地利用类型	1.274	5.78	0.915	4.15	1.700	7.71	18.158	82.36
植被覆盖度	3.578	16.22	4.940	22.40	6.529	29.61	7.006	31.77



3.1.4 水体敏感性分析 一般来说,距离水体越近,敏感性越高。太姥山园区内部河流、湖泊较少,水体连通性差,水域面积小。以距离水体本身 50, 100, 150 m 和 150 m 以外划分相应缓冲区。高敏感区、中敏感区和低敏感区占总面积的不到 1%。在太姥山园区内水体敏感性总体处于不敏感区(见图 1-d 及表 3)。

3.1.5 土地利用类型敏感性分析 太姥山园区内部土地利用类型主要为自然林地、灌林草地、水体、建设用地 4 大类。由图 1-e 及表 3 可知,高敏感区占总面积 82.36%,主要分布在园区的各个区域。该处大多都是自然林地,体现出太姥山的植被繁茂;中敏感区占总面积 7.70%,主要分布在东部;低敏感区占总面积 4.15%,主要分布在东北部;不敏感区占总面积 5.78%,零散分布在中部与南部,主

要为建设用地,是景观规划的重点区域。从图 1-e 中可看出,太姥山景区还是主要以林地,水田为主,处于高敏感区。

3.1.6 植被覆盖度敏感性分析 植被覆盖度因子对生态系统有着重要作用同时也能反映区域生态环境内的变化。太姥山地形地貌大多数为山地,丘陵,景观丰富,植被覆盖率高。因此,如图 1-f 及表 3 所示,高敏感区占总面积的 31.77%,主要分布在高海拔,坡向为南的地区;中敏感区占总面积的 29.60%,有林地和灌木林地分布;低敏感区占总面积 22.40%;不敏感区占总面积的 16.22%,主要分布在西北部。该区主要是一些坡向处于高度敏感区的地方,相对于其他地区,植物的生长环境不是很好。

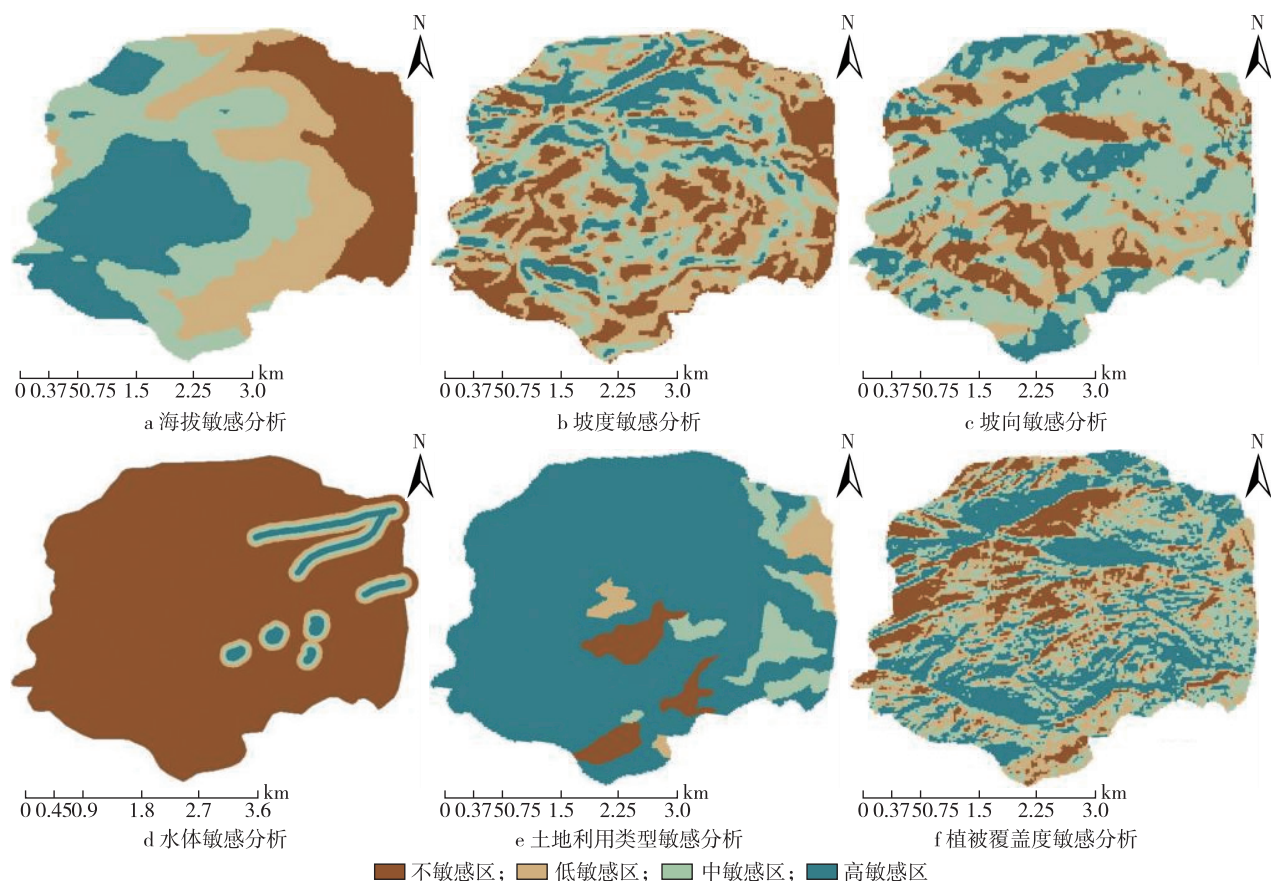


图1 太姥山各个因子生态敏感性评价分析

### 3.2 生态敏感性综合分析

由图 2 可知,高敏感区和中敏感区面积为 12.1 km<sup>2</sup>,2 者占总面积的 57.72%,主要分布在北部地区和西南地区,该地区主要分布着大面积的林地、耕

地,林木茂盛,植被覆盖度高。低敏感区面积 4.748 km<sup>2</sup>,占总面积的 22.65%,均匀分布在太姥山园区,该地区坡度较低,坡向为东南、西南,存在一些古建筑遗迹。不敏感区面积为 4.115 km<sup>2</sup>,占总面积的

19.63%, 主要分布在西北地区。由于高、中敏感区是占比最大的 2 个区域, 而不敏感区占比 19.63%, 可以认为太姥山景区敏感性总体较高。

表 4 综合生态敏感性分析结果

敏感性等级	敏感性指数 分级赋值	面积/km <sup>2</sup>	占比/%
不敏感区	1	4.115	19.63
低敏感区	3	4.748	22.65
中敏感区	5	5.936	28.32
高敏感区	7	6.164	29.40

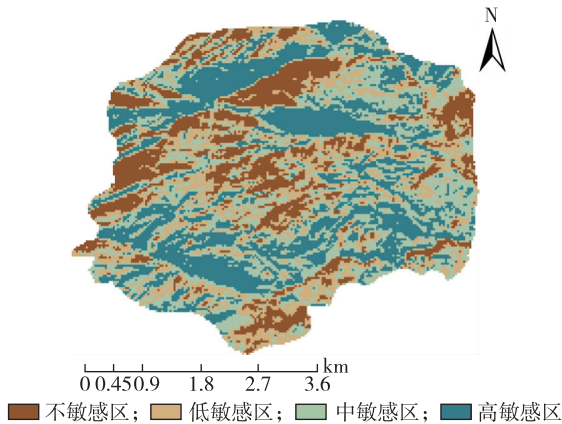


图 2 生态敏感性综合评价

4 结论与讨论

4.1 结论

在选择有代表性的生态因子基础上, 针对太姥山风景名胜区, 构建了生态敏感性评价体系, 对研究区进行了识别与分析。太姥山园区生态敏感性分为高敏感区、中敏感区、低敏感区和不敏感区 4 个敏感区域, 分别占研究区面积的比例为 29.40%, 28.32%, 22.65%和 19.63%。

可以认为太姥山生态敏感性较高, 以高敏感区与中敏感区为主。高敏感区面积占比较大的因子主要集中在海拔和植物覆盖度上, 太姥山景区植物覆盖率高, 坡度和坡向在一定程度上也影响植被的生长。不敏感区主要分布在植被覆盖率低、坡向敏感性高、离水体缓冲区较远、多为地势平坦的建设用地的区域。虽然水体区域的面积比较小, 水系交汇少, 但也是影响综合评价图的重要因子。

从太姥山景区综合生态敏感性评价结果上看, 与海拔、水体、植物覆盖度等因子的评价结果大致相同; 与坡度、坡向评价结果不同, 主要原因是在坡

度坡向敏感的地区本身不利于植被生长, 而植被覆盖又是在整个评价体系中影响力较高的一个因子。

根据太姥山生态敏感性的分布差异, 对于不同的敏感区域应提出不同的改善规划策略, 以生态保护、因地制宜、合理规划为原则, 将高敏感区至不敏感区划定为生态保育区、生态适度发展区、生态游览建设区, 维护生态环境的稳定性以及风景区生态的可持续发展。①高敏感区主要分布在景区北部和西南部的延绵山脉以及各类奇异山峰, 属于海拔较高、植被覆盖度较高的地区, 人为干扰性较低, 可划定为森林生态保育区。该部分作为生态核心保护区域, 物种多样、生物群落丰富、生态系统完整。需要对区域内被破坏的环境进行修复, 包括对坡度较陡和地质不稳定区域进行稳定修复; ②中敏感区分布较为均匀, 海拔适中、坡度较缓的区域, 并且该区域分布在高敏感区附近, 也需重视其生态环境, 平衡好生态保护和景观开发之间的关系, 在景观规划中要顺应地形地势, 减少人为设施的建设, 主要开发一些人与自然环境结合的活动; ③低敏感区和不敏感区主要分布在景区的中西地区, 这 2 个区域资源承载能力最强, 可以进行开发建设。进行景区建设时, 要科学规划, 节约集约用地, 提高土地利用率。这 2 个区域中还留存丰富的历史遗迹、古建筑, 可加强基础设施建设, 提高对游客的整体接待能力。

4.2 讨论

本文利用层次分析法和 GIS 空间分析技术对太姥山风景名胜区进行定性、定量生态敏感性研究, 为太姥山日后的旅游开发、景观规划提供了一定的科学性。对比其他风景区<sup>[12]</sup>的研究发现, 这类小尺度的综合高敏感区往往分布在区域内的较高海拔以及植物覆盖度高的地区, 这与本研究结果一致, 高程和植被在评价指标中占着较高的权重, 但是相比于一些专类保护公园, 例如湿地公园<sup>[17]</sup>高敏感因子是水域湿地和植被覆盖度; 2 者相较, 虽然都是小尺度研究其差异性主要归于不同地势地貌, 不同优势景观类型。

必须指出, 本研究还存在一些不足: ①在对于生态影响因子的选择上, 主要为自然地理因素, 缺乏对景区内已有景点、必要的交通路线以及人物活动范围等人为景观因素对生态影响进行的思考与选择。在今后对于区域的生态敏感性研究中, 需要将自然因素与人文因素相结合, 以便更全面科学地研究区域的生态敏感性特点。②对于层次分析法

(AHP)中的评价加权,虽然邀请相关领域的专家对风景名胜生态敏感性影响因子进行打分评价,但专家们的主观偏好还是会在一定程度上影响着权重结果的公正性、科学性。今后在类似的研究中,应多增加打分专家的人数,通过提高样本数据,或许能有所改善。

#### 参考文献:

- [1] 欧阳志云,王效科,苗 鸿.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):9-12.
- [2] 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.
- [3] 徐华连,高伟龙,陈 思,等.基于 GIS 的苏南地区城市生态空间划定——以苏州市为例[J].生态学杂志,2020,39(2):614-624.
- [4] 李建军,苏志珠,王言荣.基于 GIS 的万荣县生态敏感性评价与区划[J].中国农业资源与区划,2014,35(5):48-54.
- [5] 朱东国,谢炳庚,陈永林.基于生态敏感性评价的山地旅游城市旅游用地策略——以张家界市为例[J].经济地理,2015,35(6):184-189.
- [6] 孙才志,杨 磊,胡冬玲.基于 GIS 的下辽河平原地下水生态敏感性评价[J].生态学报,2011,31(24):7428-7440.
- [7] 刘 澜,唐晓岚,熊 星,等.基于 GIS 的苏南乡村自然景观的生态敏感性分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2018,42(4):159-164.
- [8] 卞莉莉,洪 滔,何东进,等.太姥山风景名胜生态旅游资源模糊综合评判法[J].华侨大学学报(自然科学版),2008,29(1):129-132.
- [9] 张 伟,王家卓,任希岩,等.基于 GIS 的山地城市生态敏感性分析研究[J].水土保持研究,2013,20(3):44-47.
- [10] 国家环境保护总局.生态功能区划技术暂行规程[S].北京:中国科学院生态环境研究中心,2002.
- [11] 高炎冰,陶洪波,张玉娇,等.哈尔滨市曙光滨水公园的生态敏感性分析[J].北方园艺,2019(16):90-97.
- [12] 张 蜜,陈存友,胡希军.苍南县玉苍山风景区生态敏感性评价[J].林业资源管理,2019(4):92-100.
- [13] 黄含吟.基于 GIS 的惠东县赛场山森林公园生态敏感性分析[D].长沙:中南林业科技大学,2016.
- [14] 林涓涓,潘文斌.基于 GIS 的流域生态敏感性评价及其区划方法研究[J].安全与环境工程,2005(2):23-26.
- [15] 汤巧英,戚德辉,宋立旺,等.基于 GIS 和 RS 的延河流域植被覆盖度与地形因子的相关性研究[J].水土保持研究,2017,24(4):198-203.
- [16] 周晓玉,蔡 俊,张文文.基于 GIS 的国家级生态县的生态敏感性评价——以安徽省霍山县为例[J].云南农业大学学报(社会科学),202115(4):148-155.
- [17] 鲁 敏,穆回港,谭 蕾,等.基于 GIS 的济西国家湿地公园生态敏感性评价[J/OL].中国海洋大学学报(自然科学版),2022,52:1-9[2021-12-05].<https://doi.org/10.16441/j.cnki.hdx.20210306>.
- (上接第 37 页)
- [6] 曹蓉芬,孙中元,曲宏辉,等.浅析我国林草湿荒资源调查存在问题及对策[J].内蒙古林业调查设计,2021,44(6):81-83.
- [7] 刘晓瑜,刘燕红,余俊辰,等.国土三调与林地管理数据融合研究——以重庆市梁平区为例[J].农业与技术,2020,40(22):76-79.
- [8] 张俊鑫,魏福生.国土“三调”与森林资源“一张图”数据快速融合技术研究——以台山市为例[J].经纬天地,2022(4):70-72.
- [9] 梁志强,从喜东.林草湿数据与三调对接融合图斑边界重合方法的研究[J].林业勘察设计,2022,51(5):44-47.
- [10] 路 飞,吴落军,鲜明睿,等.东川区第三次全国国土调查与森林资源管理“一张图”数据对比研究[J].林业建设,2021(3):43-47.
- [11] 程伟亚,张镛漫,王 涵,等.森林资源管理“一张图”与国土“三调”差异分析及整合探讨[J].林业资源管理,2021(6):6-11.
- [12] 国家林业和草原局.林草湿数据与第三次全国国土调查数据对接融合技术指南[Z].2021.
- [13] 江苏省质量技术监督局.DB32/T 2168-2012,森林资源规划设计调查技术规程[S].2012.
- [14] 国家林业局.LY/T1812-2009,林地分类[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [15] 国土资源部.TD/T1055-2019,第三次全国国土调查技术规程[S].北京:地质出版社,2019.
- [16] 国家林业局.LY/T1956-2011,县级林地保护利用规划编制技术规程[S].2011.
- [17] 吴杨青,唐 华,李梅香.南京市林地调查数据整合分析[J].测绘通报,2020(12):83-86.
- [18] 邱尧荣.林地保护利用规划理论与实践[M].北京:中国林业出版社,2022.
- [19] 姜文龙,李 炎.林草湿数据与“三调”数据融合研究——以江苏省淮安市清江浦区为例[J].安徽林业科技,2022,48(3):15-18.