

山地型县城的生态敏感性评价——以长汀县为例

吴林英, 卢小绿, 艾欣, 余贵, 刘兴诏*, 叶露莹 (福建农林大学园林学院, 福建福州 350000)

摘要 [目的]探究长汀县生态敏感性。[方法]以DEM数字高程数据和Landsat遥感影像数据为基础,选用高程、坡度、坡向、水系、植被5个因子构建生态敏感性评价的指标体系,对长汀县的单因子及综合生态敏感性进行评价。[结果]长汀县整体生态敏感性状态一般,不敏感区及低敏感区占研究区的58%,中度以上敏感区占研究区的42%。长汀县综合生态敏感性分布规律为中部高、四周低。区域中部、北部和东部为主要高敏感区,不敏感区、低敏感区主要分布在研究区西部四都镇、古城镇、管前镇、宣城乡等地区;大同镇等区域大部分为中敏感区;红山乡、铁长乡等地区大部分为高敏感区、极高敏感区。[结论]该研究为长汀县以及类似的山地型县城的可持续发展提供理论参考。

关键词 生态敏感性;评价;指标体系;生态建设;长汀县

中图分类号 X171.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)13-0072-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.13.020



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Ecological Sensitivity Evaluation of Mountainous County—Taking Changting County as an Example

WU Lin-ying, LU Xiao-lv, AI Xin et al (College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350000)

Abstract [Objective]To explore the ecological sensitivity of Changting County. [Method]Based on DEM digital elevation data and Landsat remote sensing image data, the index system of ecological sensitivity evaluation was constructed with five factors, namely elevation, slope, aspect, water system and vegetation, and the single factor and comprehensive ecological sensitivity of Changting County were evaluated. [Result]The ecological sensitivity of Changting County was general, with insensitive and low sensitive areas accounting for 58% and moderately sensitive areas accounting for 42%. The distribution law of comprehensive ecological sensitivity in Changting County was high in the middle and low around. The central, northern and eastern parts of the region were the main high sensitive areas, while the low sensitive areas were mainly distributed in Sidu Town, Ancient Town, Guanqian Town and Xuancheng Township in the west of the study area Datong Town and other areas were mostly sensitive areas. Hongshan Township and Tiechang Township were mostly high and extremely sensitive areas. [Conclusion] This study provides a theoretical reference for the sustainable development of Changting County and similar mountainous counties.

Key words Ecological sensitivity; Evaluation; Index system; Ecological construction; Changting County

社会经济的飞速发展提升了居民的消费水平,导致人类的需求与生态环境品质之间的矛盾愈发尖锐。由于城镇化速度过于迅猛,随之产生的生态环境与经济之间的矛盾冲突已经成为当前社会的重点议题^[1]。我国地域辽阔,生态环境的区域异质性明显,因此环境与经济的矛盾也有明显的地域差异。在生态学研究领域中,土地生态敏感性代表生态系统在外界活动的影响下维持良好状态的敏感水平,通常用来反映环境生态平衡状态与产生环境急剧变化的概率高低。生态敏感性评价实际上是对现有的天然生境背景进行明确分析,将容易发生生态问题的区域落在详细区域的评价^[1-2]。由此可以根据生态环境敏感程度来确定地域开发的合理强度,制订可行的规划方针及划定具有维护价值的区域,为区域的绿色生态建设提供指导和借鉴。

国内对于生态敏感性的研究已有不少案例,主要是针对不同地区开展的土地生态敏感性研究及相关成果展示,其研究通常基于地区的自然灾害即主要生态问题的形成机制,分析其区域内的主要干扰来源及规律,明确其发生的频率范围,从而进行生态敏感性指标评价这一相关步骤,应用定性和定量方法对多种生态环境的敏感程度进行分级评价、全面分析等。生态敏感性研究涉及范围较广、跨度较大,在生态

资源、经济社会、国土空间规划、地质地貌等研究领域均有应用,研究尺度也逐渐由宏观转向微观,且主要研究区域集中于生态保护区、生态功能区、自然流域、特殊生态敏感区等具有明确指向区域,研究县镇及以下尺度案例的较少,这方面的小尺度生态敏感性分析仍有待增补。

福建省长汀县是一座典型的山地型县城,其作为新型生态建设实践创新基地,生态资源维护的必要性不言而喻。一方面,长汀县曾是我国南方红壤区水土流失最严重的县,生态环境一度极为恶化;另一方面,长汀县发展迅猛,致使绿色生态环境与国民经济发展的利害摩擦日益加深,生态敏感性程度持续增大。因此,开展长汀县生态敏感性研究,识别土地敏感性布局,为该区域的国土空间规划和生态环境保护奠定基础。笔者运用GIS技术手段,在构建适应长汀生态敏感性评估指标体系的基础上,分析长汀县的高程敏感性、坡度敏感性、坡向敏感性、河流敏感性、植被因子敏感性和综合生态敏感性,以期对长汀县以及类似的山地型县城的可持续发展提供理论参考^[3]。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 长汀县总面积约3 106 km²,人口约40.2万,地理空间方位为116°00'45"~116°39'20"E,25°18'40"~26°02'05"N,地处福建、广东、江西三省彼此接壤的省域边界^[3]。长汀县县城内绝大部分是山地且山地多跌宕起伏,支脉交错纵横,造成北高南低的地形趋势。长汀县属于亚热带季风性湿润气候,每年平均气温达到18.3℃,年降雨量

基金项目 福建农林大学艺术学院园林学院学科交叉融合引导项目(YSYL-xkjc-2)。

作者简介 吴林英(1999—),女,福建龙岩人,从事城乡规划研究。
*通信作者,讲师,博士,硕士生导师,从事城乡生态规划方向的研究。

收稿日期 2021-07-06

1 685.6 mm^[3]。县域内水网系统丰富,分别属于闽、韩、赣水系,各水系主要呈南北走向,县域内南部河网密度高于北部,河流类型主要为地表径流和浅层地下水构成。长汀县土地分类中林地占比较大,森林覆盖率超过 70%。近年来,由于城镇的发展,部分林地转变成成为其他用地类型,生态环境面临较大的压力。

1.2 研究方法

1.2.1 生态敏感因子选取。由于研究区地形条件较复杂,生态敏感性容易遭受地域特征的相关影响^[4],因此为了详细分析长汀县生态敏感地带,应进行多种生态敏感因子选择,并利用不同的生态敏感因子对各区域进行生态敏感性单因子分析。生态敏感性受多种生态因素的影响,如河流水量水质、地质灾害、植被、道路等。此外,不同地区主要因子功能占比也具有差异^[4]。

长汀县土地利用类型以林地为主,植被繁茂,主要水系为汀江,还有汀江国家湿地公园这一重要生态功能保护区。由于长汀县易发生滑坡和坍塌等生态问题,考虑到长汀生态环境要素,该研究选取了高程、坡度、坡向、水系、植被这 5 类要素区构建长汀县生态敏感性分析的指标体系^[4]。

1.2.2 数据来源与处理。

(1) 基于地理空间数据云 30 m 分辨率的 DEM 数字高程数据为影像基础,选择长汀县 2017 年云层量≤10%的高质量影像提取高程、坡度和坡向数据。

(2) 归一化植被指数 (NDVI) 数据及归一化水指数 (NDWI) 数据由 Landsat8 的 2017 年 12 月遥感影像处理后,经波段合成后得到。其中 NDWI 值大于 0 为水系,利用欧氏距离计算后重分类得出水系敏感性评价。

(3) 根据长汀生态系统的特点和当地实际,选用高程、坡向、坡度、河流水系和植被这 5 个生态因子,并根据各因子对长汀生态环境影响程度的空间差异,对其赋予不同的评估值(不、低、中、高和极高,分别对应的属性值为 1、2、3、4、5)^[4]。长汀县生态敏感性可表示为^[5]:

$$SS_i = n \sqrt{\prod_{i=1}^n C_i} = \sum (C_i \times W_i)$$

式中,SS_i 为空间单元生态敏感性指数,C_i 为各因子空间单元敏感性指数,W_i 为权重因子。

长汀县综合敏感性空间分布图通过 GIS 空间叠加分析功能得出^[6]。依据敏感值划分等级:>3.4~4.0 为极高度敏感,>2.8~3.4 为高度敏感,>2.2~2.8 为中度敏感,>1.6~2.2 为低度敏感,1.0~1.6 为不敏感。

1.2.3 生态因子汇总量。应用层次分析法,构建指标评价体系,将专家意见引入到层次分析法中。结合长汀县自然生态实际情况,各因子对研究区生态意义及空间分布情况,借助 Yaahp 软件实现计算,得到各因子指标权重(表 1)。各因子权重大小排序依次为植被覆盖率>河流水系>坡度>高程=坡向。

2 结果与分析

2.1 单因子生态敏感性分析

2.1.1 高程因子。长汀县地形以山地为主,区域内最高海

拔为 1 443 m,基于高程因子的生态敏感性总体适中。从表 2 和图 1 可以看出,长汀县中度及以上敏感区占研究区的 44.7%,主要分布在县域边界海拔较高的山脉地带,尤其以铁长乡内的汀江北部山脉带及童坊镇东部海拔较高的乡镇建设区为主;低敏感区和不敏感区占研究区的 55.3%,主要分布在中部河谷地带及南部城镇发展地带,这里地势较为平坦,人类活动较多,适合城市开发建设^[3]。长汀县边界山脉众多,总体地势为东、西、北部三面较高,中部较低,整体呈现北高南低的特点,高程等级由长汀县中心区域向边缘递增,由不敏感区逐渐转变为极高敏感区。

表 1 生态因子汇总
Table 1 Summary of ecological factors

因子 Factor	分区 Partitioning	敏感性类别 Sensitivity category	权重 Weight
地形因子 Topographic factors	高程	<380 m	0.1
		>380~510 m	
		>510~660 m	
		>660~850 m	
		>850 m	
	坡度	0~10%	0.2
		>10%~25%	
		>25%~45%	
		>45%~60%	
		>60%	
	坡向	平地、正南	0.1
		东南、西南	
		正东、正西	
		东北、西北	
		正北	
河流水系 River system	水域周边 1 500 m 范围外	不敏感区	0.3
	水域周边 800~1 500 m	低敏感区	
	水域周边 300~800 m	中敏感区	
	水域周边 300 m 范围内	高敏感区	
	水域区域	极高敏感区	
植被覆盖率 Vegetation coverage	0.15<NDVI≤0.25	不敏感区	0.3
	-0.12<NDVI≤-0.05	低敏感区	
	-0.05<NDVI≤0.05	高敏感区	
	0.05<NDVI≤0.15	极高敏感区	

表 2 高程因子生态敏感性分析
Table 2 Ecological sensitivity analysis of elevation factors

生态敏感性类别 Ecological sensitivity category	面积 Area/hm ²	占比 Proportion//%
不敏感区 Insensitive area	89 009.93	28.7
低敏感区 Low sensitive area	82 756.30	26.6
中敏感区 Medium sensitive area	75 175.00	24.2
高敏感区 High sensitive area	48 767.01	15.7
极高敏感区 Extremely sensitive area	14 909.66	4.8

2.1.2 坡度因子。坡度是衡量用地开发建设的主要因素之一,坡度越大,建设适宜性越低,生态敏感性也越高^[7]。从图 2 和表 3 可以看出,长汀县地形虽以山地为主,但其山体坡度较缓,基于坡度因子的生态敏感性总体较低。其中,低敏感区和不敏感区占研究区的 79.8%,集中在中部谷地及坡度较缓的乡镇建设地;中度及以上敏感区较少,分布零星,占研究区的 20.2%,为禁止开发或不可成片开发区,主要分布于长汀县东部及北部坡度较大的山脉地带。

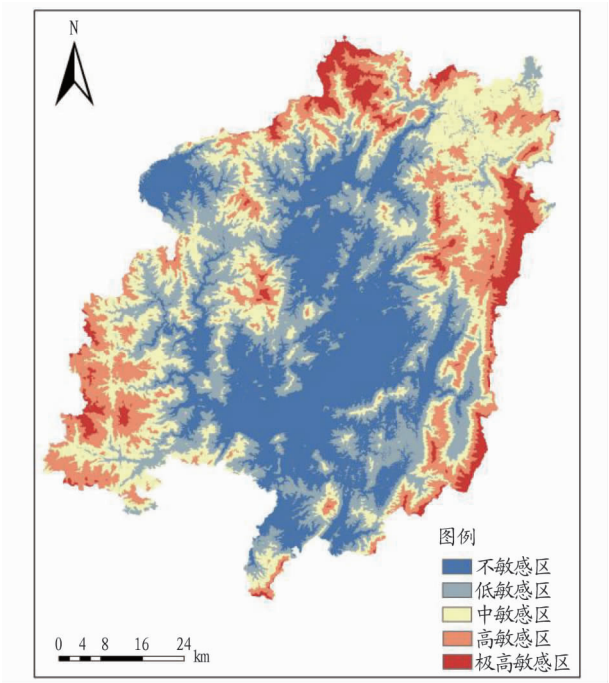


图 1 高程因子生态敏感性空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of elevation factor ecological sensitivity

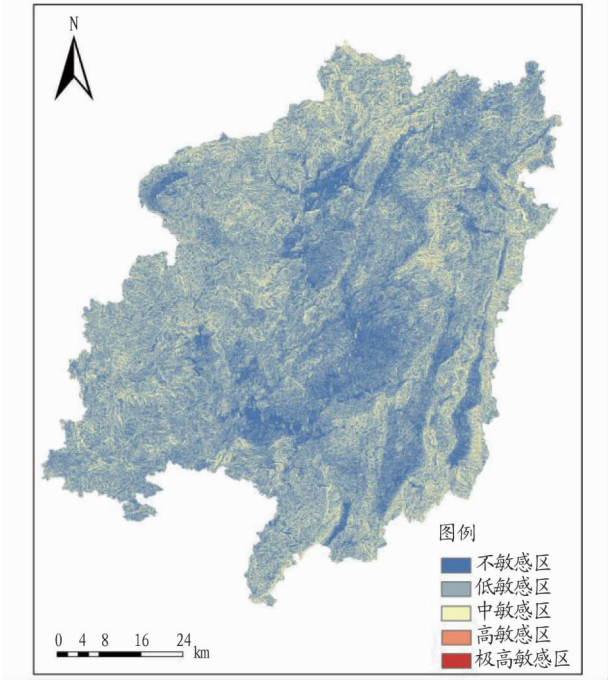


图 2 坡度因子生态敏感性空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of slope factor ecological sensitivity

表 3 坡度因子生态敏感性分析

Table 3 Ecological sensitivity analysis of slope factors

生态敏感性类别 Ecological sensitivity category	面积 Area/hm ²	占比 Proportion/%
不敏感区 Insensitive area	78 275. 71	25. 2
低敏感区 Low sensitive area	169 524. 53	54. 6
中敏感区 Medium sensitive area	61 264. 57	19. 7
高敏感区 High sensitive area	1 242. 47	0. 4
极高敏感区 Extremely sensitive area	310. 62	0. 1

2.1.3 坡向因子。太阳直射的时数及太阳辐射强度与山体坡向有必然联系,其中正南方向光线最好,正北方向光线最差,其余次之。光线强度会影响植被生长情况和土壤质量,进而影响其生态敏感性的不一致。将 8 个方位分成 5 组:第 1 组为正南,第 2 组为东南、西南,第 3 组为正东、正西,第 4 组为东北、西北,第 5 组为正北;第 1 组为不敏感区,第 2 组为低敏感区,第 3 组为中敏感区,第 4 组为高敏感区,第 5 组为极高敏感区^[7]。从图 3 和表 4 可以看出,由于长汀县山地丘陵较多,受坡向因子影响的区域面积较大,中度以上敏感区占研究区的 62. 4%。中部城区为中低敏感区,高敏感区较少;研究区西部及东部山体众多,且北坡呈现极高敏感状态,南坡呈不敏感状态。

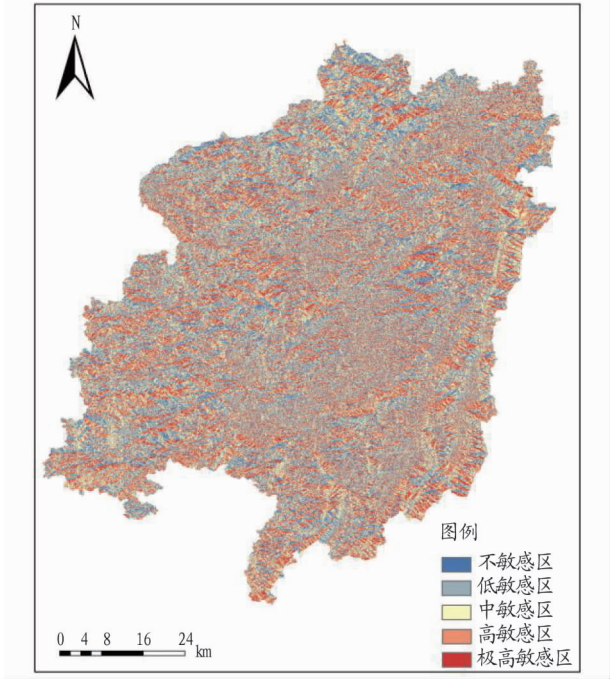


图 3 坡向因子生态敏感性空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of aspect factor ecological sensitivity

表 4 坡向因子生态敏感性分析

Table 4 Ecological sensitivity analysis of aspect factors

生态敏感性类别 Ecological sensitivity category	面积 Area/hm ²	占比 Proportion/%
不敏感区 Insensitive area	37 584. 77	12. 1
低敏感区 Low sensitive area	79 207. 56	25. 5
中敏感区 Medium sensitive area	78 275. 71	25. 2
高敏感区 High sensitive area	80 472. 55	25. 9
极高敏感区 Extremely sensitive area	35 077. 31	11. 3

2.1.4 水系因子。河流水生态系统对维持当地生物多样性、气候调节、补给地下水的作用不可小觑,一旦河流水生态功能失稳,将会对林地、水田、沿河湿地等造成严重影响。长汀县属季风气候,受夏季海陆热力差异影响,每年 3—10 月份容易出现雨季或汛期,距离河道比较近的区域受威胁的可能性较大,因此水系因子生态敏感性区域大小受距离影响较大。研究区主要水系分布在中部及西部河谷地,呈南北走

向,支流较少。根据距水系的距离分为 5 个敏感性等级,其中中度以上敏感区占研究区的 13.2%,主要在天然河道及其周边 800 m 范围内的沿河城镇建设区;其余为低敏感区和不敏感区,占研究区的 86.8%(图 4、表 5)。总体来说,长汀县基于水系因子的生态敏感性总体较低,受水系因子干扰发生生态环境失衡可能性较小。

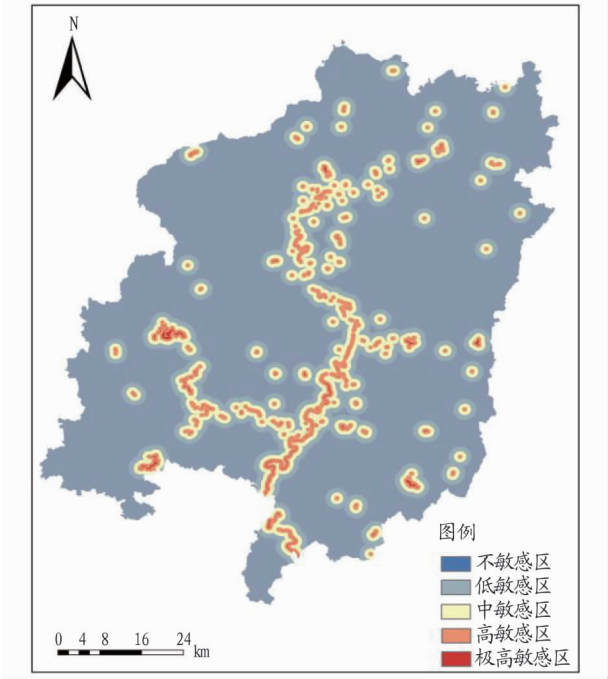


图 4 水系因子生态敏感性空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of water system factor ecological sensitivity

表 5 水系因子生态敏感性分析

Table 5 Ecological sensitivity analysis of water system factors

生态敏感性类别 Ecological sensitivity category	面积 Area/hm ²	占比 Proportion/%
不敏感区 Insensitive area	225 199.89	72.5
低敏感区 Low sensitive area	44 664.48	14.3
中敏感区 Medium sensitive area	28 106.46	9.1
高敏感区 High sensitive area	11 827.53	3.8
极高敏感区 Extremely sensitive area	819.54	0.3

2.1.5 植被因子。植被对维持当地生物多样性、生态功能及生态系统结构起到重要作用。植被能够极大程度地削弱外界对某一地区的影响程度,一个地区天然植被密度大、生物多样性稳定,则受外界环境和人类活动影响而发生环境变化的可能性较低^[4]。一旦植被被破坏,将会造成水土流失、土地沙化等环境问题。从图 5 和表 6 可以看出,研究区自然资源丰富,天然植被分布广泛,整体而言,基于植被因子的生态敏感性不高。其中不敏感区占研究区的 57.5%,主要分布在县域西部武夷山脉及东南部天然植被林区,其生态系统稳定,不易受外界干扰;低敏感区占研究区的 9.0%,主要为人工植被林区,如农作物、工业原料作物、经济树种等以及城建工业用地;高敏感区和极高敏感区占研究区的 33.5%,主要为城建范围内裸露的荒地及部分工

业用地^[7]。

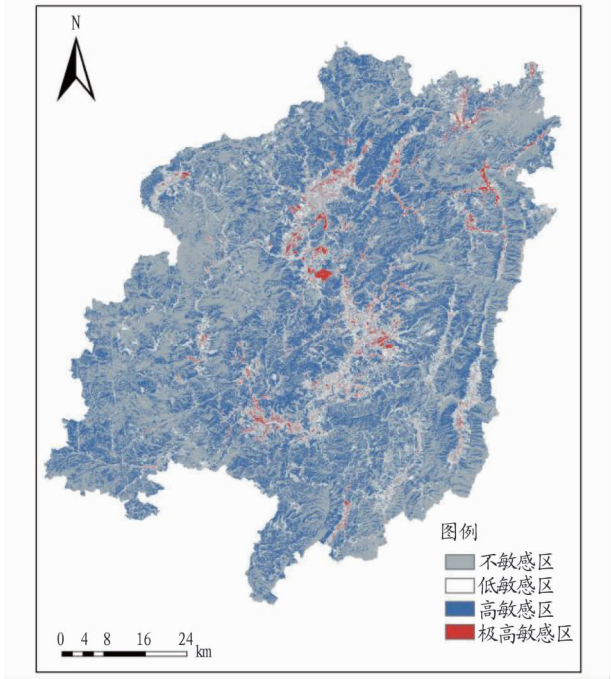


图 5 植被因子生态敏感性空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of vegetation factor ecological sensitivity

表 6 植被因子生态敏感性分析

Table 6 Ecological sensitivity analysis of vegetation factors

生态敏感性类别 Ecological sensitivity category	面积 Area/hm ²	占比 Proportion/%
不敏感区 Insensitive area	178 590.60	57.5
低敏感区 Low sensitive area	27 941.40	9.0
高敏感区 High sensitive area	99 291.51	32.0
极高敏感区 Extremely sensitive area	4 794.39	1.5

2.2 综合生态敏感性分析 根据各个单因子的生态敏感性空间分布数据,将各个单因子的权重在 ArcGIS 中进行叠加处理,得到综合生态敏感性的分值在 1~4,参照长汀县综合生态敏感性评价标准对综合生态敏感性图进行重新分类,得出 5 个敏感等级(极高敏感、高敏感、中敏感、低敏感、不敏感),最后得出长汀县综合生态敏感性评价图。

从图 6 和表 7 可以看出,长汀县综合敏感性状态一般,总的分布规律为中部沿河区域高、四周低。由于受因子权重的影响,综合敏感性分布受高程和水系因子影响较大,其他因子的影响会被抵消,整体呈现高程与水系因子的叠加分布。高敏感区和极高敏感区占研究区的 22.2%,主要分布在县域中部、东部及北部,主要为红山乡、濯田镇、策武镇等镇域内面积较大的湖泊、池塘和河流周边、靠近城建范围的林地丘陵等。中敏感区占研究区的 19.8%,主要分布在县域中部大同镇建设区域及河流周边。不敏感区和低敏感区占研究区的 58.0%,主要分布在县域西部四都镇、古城镇、武夷山脉带及东南部才元山一带。

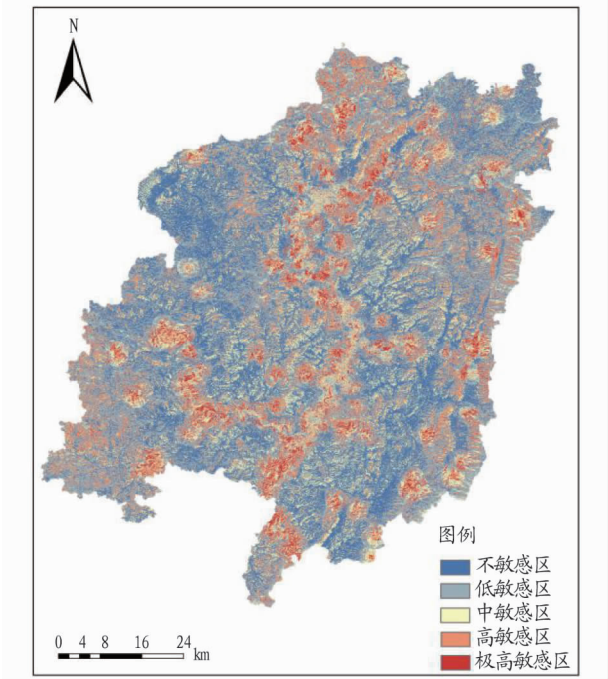


图 6 综合生态敏感性空间分布

Fig. 6 Spatial distribution of comprehensive ecological sensitivity

表 7 综合生态敏感性分析

Table 7 Analysis of comprehensive ecological sensitivity

生态敏感性类别 Ecological sensitivity category	面积 Area/hm ²	占比 Proportion/%
不敏感区 Insensitive area	91 644. 93	29. 5
低敏感区 Low sensitive area	88 579. 89	28. 5
中敏感区 Medium sensitive area	61 440. 84	19. 8
高敏感区 High sensitive area	53 601. 03	17. 3
极高敏感区 Extremely sensitive area	15 351. 21	4. 9

3 结论与讨论

生态环境是一个庞大的系统,作为权衡生态环境稳定性的指标之一,生态敏感性评价体系的构建极其多样复杂。该研究结合相关文献和实地资料,从中构建适宜研究区的生态敏感性评估与衡量体系,探究高程、坡度、坡向、水系、植被这 5 个评价因子对研究区生态敏感性的影响,得到以下结论:

- (1)长汀县整体生态敏感性状态一般,以不敏感和低敏感为主。其中不敏感区、低敏感区主要分布在四都镇、古城镇、管前镇、宣城乡等地区;中敏感区大部分在大同镇等地区;极高敏感区和高敏感区主要分布在红山乡、铁长乡、策武镇、濯田镇等地区^[8]。
- (2)长汀县生态敏感性分布具有明显的空间分布规律,高敏感和极高敏感区域兼有集中与散布的特点,区域生态敏感性中部河谷地及西部分布较为集中。高敏感区和极高敏感区受高程及水系因子影响较多,主要分布在汀江北部、南部沿河城镇建设区和东部靠近海拔较高的山体的乡镇建设区。中敏感区域主要沿汀江河道分布,不敏感区集中分布在长汀县西部武夷山脉及东南部天然植被林区。
- (3)在极敏感区域,并非所有因子都表现出敏感的特征,如研究区北部极高敏感区,水系因子敏感性呈现平稳状态;在不敏感区,除高程和坡向因子外,都表现出较为安全稳定

- 的状态,因各因子权重设定不一致,导致这 2 种因子的作用被弱化了。
- (4)该研究选用 GIS 技术与层次分析法相结合的研究方法。层次分析法能够达到将对象分解成多个层次,简化复杂的评价系统,并反映较为客观的评价结果。但其评价指标的构建存在一定的主观因素,且层次分析法对于各因子的权重设置均会对结果造成影响,因此相关权重的确定仍需要进行仔细考量。
- 长汀县生态敏感性状态一般,中度以上敏感区占研究区面积的 42. 0%,政府各部门应重视这一情况,践行生态文明建设^[9],将研究区综合生态敏感性结果对应现实生态敏感分区制定策略,将策略落实到具体实际。根据此次分析制定以下几点应对措施:①长汀县生态高和极高敏感区属于生态环境极脆弱区域,生态系统极易受到干扰,且一旦遭到破坏短期内难以恢复,此区域应禁止开发建设活动,保持其生态系统的稳定性。如对研究区北部汀江源龙门风景区的合理规划,避免人为干扰;对铁长乡、庵杰乡等区域的建设活动进行合理控制。②生态中度敏感区是生态环境较脆弱区域,生态系统较容易受到人为因素及自然灾害干扰,此区域应作为控制发展区。长汀县生态中敏感区是主要的粮食及农产品主产区,主要为农业、畜牧业、水库养殖捕捞区等,在注重环境保护的前提下保障产品产出,提高资源利用率,重视工业生产污染,建立严格的环境标准。长汀县中部沿水系的城市建设区为中度敏感区域,如河田镇、大同镇等,应尽量提高此区域植被覆盖率,加大汀江国家湿地公园的环境保护力度。③长汀县生态低敏感区和不敏感区又可称为资源开发区。低敏感区拥有能够抵抗较为频繁的外界干扰的能力,可作为适宜发展区,如古城镇、四都镇、管前镇、宣城乡等区域。低敏感及不敏感区域可进行强度较大的开发,充分利用原有植被、地形、水系及历史文化等条件进行开发建设,遵循可持续发展原则,严禁造成资源浪费及对生态系统造成伤害的开采行为^[9]。
- 整体而言,长汀县的生态建设要遵守绿色环保理念,做到国民经济规模与生态文明建设统筹兼顾,增进民生福祉。在社会方面,政府应重视环保事业,积极举办低碳专题教育和生态学习活动,提高市民的生态系统环境保护意识;在创新方面,发展绿色环保的农业、工业技术,做到合理利用资源,提高经济效益;在政策方面,应充分把握长汀县生态敏感性特点,在环境承载力的基础上优化土地利用结构,做到人、自然、社会多方面之间的协调联合,统一发展;在经济方面,根据改进后的土地利用系统完善产业规划,降低能耗与环境污染,推动国民经济与生态环境的可持续发展^[10]。
- 参考文献
- [1] 杨启池,李亭亭,汪正祥,等. 神农架国家公园生态敏感性综合评价[J]. 湖北大学学报(自然科学版),2017,39(5):455-461.
- [2] 徐有钢,蒋鸣. 滨海地区空间管制研究:以北戴河生态新区为例[C]//中国城市规划学会. 城市时代,协同规划——2013 中国城市规划年会论文集(14-园区规划). 北京:中国城市规划学会,2013:506-514.
- [3] 付宝宝,武国胜. 长汀县生态系统服务价值时空演变特征研究[J]. 高师理科学刊,2016,36(12):45-50.

参考文献

[1] DEMEREC M. A case of pollen dimorphism in maize[J]. American journal of botany, 1924, 11(7): 461-464.

[2] WEATHERWAX P. A rare carbohydrate in waxy maize[J]. Genetics, 1922, 7(6): 568-572.

[3] KLÖSGEN R B, GIERL A, SCHWARZ-SOMMER Z, et al. Molecular analysis of the *waxy* locus of *Zea mays* [J]. Molecular and general genetics, 1986, 203(2): 237-244.

[4] FAN L J, BAO J D, WANG Y, et al. Post-domestication selection in the maize starch pathway[J]. PLoS One, 2009, 4(10): 1-9.

[5] FAN L J, QUAN L Y, LENG X D, et al. Molecular evidence for post-domestication selection in the *Waxy* gene of Chinese waxy maize[J]. Molecular breeding, 2008, 22(3): 329-338.

[6] 田孟良, 黄玉碧, 谭功燮, 等. 西南糯玉米地方品种 *waxy* 基因序列多态性分析[J]. 作物学报, 2008, 34(5): 729-736.

[7] WU X Y, CHEN D, LU Y Q, et al. Molecular characteristics of two new *waxy* mutations in China waxy maize[J]. Molecular breeding, 2017, 37(3): 1-7.

[8] WU X Y, WU S Y, LONG W J, et al. New *Waxy* allele *wx-Reina* found in Chinese waxy maize [J]. Genetic resources and crop evolution, 2019, 66(4): 885-895.

[9] 武晓阳, 隆文杰, 陈丹, 等. 云南糯玉米地方品种糯性位点基因 *wx-xuanwei* 的分子特征[J]. 江西农业学报, 2020, 32(3): 35-41.

[10] WU X Y, LONG W J, CHEN D, et al. *Waxy* allele diversity in waxy maize landraces of Yunnan Province, China [J]. Journal of integrative agriculture, 2022, 21(2): 578-585.

[11] HUANG B Q, TIAN M L, ZHANG J J, et al. *waxy* locus and its mutant types in maize *Zea mays* L. [J]. Agricultural sciences in China, 2010, 9(1): 1-10.

[12] WICKER T, SABOT F, HUA-VAN A, et al. A unified classification system for eukaryotic transposable elements [J]. Nature reviews genetics, 2007, 8(12): 973-982.

[13] FESCHOTTE C, JIANG N, WESSLER S R. Plant transposable elements: Where genetics meets genomics [J]. Nature reviews genetics, 2002, 3(5): 329-341.

[14] CHEN J J, HU Q, ZHANG Y, et al. P-MITE: A database for plant miniature inverted-repeat transposable elements [J]. Nucleic acids research, 2013, 42: D1176-D1181.

[15] 雷涌涛, 隆文杰, 周国雁, 等. 云南糯玉米种质资源的研究与利用[J].

河南农业科学, 2016, 45(1): 1-7.

[16] 曾孟潜, 杨太兴, 王璞. 勐海四路糯玉米品种的亲缘分析[J]. 遗传学报, 1981, 8(1): 91-96.

[17] 李智海, 祖文龙, 魏明, 等. 西双版纳特色鲜食小糯玉米育种策略[J]. 农业科技通讯, 2019(5): 13-15.

[18] YANG C, TANG D G, ZHANG L, et al. Identification of QTL for ear row number and two-ranked versus many-ranked ear in maize across four environments [J]. Euphytica, 2015, 206(1): 33-47.

[19] 焦付超, 李永祥, 陈林, 等. 特异玉米种质四路糯的穗行数遗传解析[J]. 中国农业科学, 2014, 47(7): 1256-1264.

[20] 白娜, 李永祥, 焦付超, 等. 玉米穗行数主效位点 *qKRN5. 04* 精细定位与遗传效应解析[J]. 作物学报, 2017, 43(1): 63-71.

[21] LIU H M, WANG X W, WEI B, et al. Characterization of genome-wide variation in Four-row Waxy, a waxy maize landrace with a reduced kernel row phenotype [J]. Frontiers in plant science, 2016, 7: 1-12.

[22] 武晓阳, 隆文杰, 陈丹, 等. 云南不同来源四路糯玉米 *waxy* 和 *tb1* 基因分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(6): 25-29.

[23] DOYLE J J, DOYLE J L. Isolation of plant DNA from fresh tissue [J]. Focus, 1990, 12(1): 13-15.

[24] SCHNABLE P S, WARE D, FULTON R S, et al. The B73 maize genome: Complexity, diversity, and dynamics [J]. Science, 2009, 326(5956): 1112-1115.

[25] ALTSCHUL S F, MADDEN T L, SCHÄFFER A A, et al. Gapped BLAST and PSI-BLAST: A new generation of protein database search programs [J]. Nucleic acids research, 1997, 25(17): 3389-3402.

[26] REUTER J S, MATHEWS D K. RNAstructure: Software for RNA secondary structure prediction and analysis [J]. BMC bioinformatics 2010, 11: 1-9.

[27] THOMPSON J D, HIGGINS D G, GIBSON T J. CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice [J]. Nucleic acids research, 1994, 22: 4673-4680.

[28] NICHOLAS K B. GeneDoc: Analysis and visualization of genetic variation [R]. Embnew News, 1997-04-14.

[29] TAMURA K, PETERSON D, PETERSON N, et al. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods [J]. Molecular biology and evolution, 2011, 28(10): 2731-2739.

[30] 曹玲. 明清美洲粮食作物传入中国研究综述[J]. 古今农业, 2004(2): 95-103.

(上接第 51 页)

识别、采摘比赛, 不定期推出野生蔬菜烹饪、品尝活动, 逐步形成凉都野生蔬菜特色游。

4 结论

六盘水拥有丰富的野生蔬菜资源, 为人们提供了饮食类别选择的多样性。但在开发利用、资源研究、食用安全、产业发展等方面还需要进一步研究。加强野生蔬菜的基础性研究与技术设备的升级, 才能为六盘水野生蔬菜的产业化发展提供更加有利的保障。

参考文献

[1] 杨爱民, 宋荣晶, 肖渊. 六枝野生蔬菜资源利用调查与分析[J]. 农家参谋, 2018(13): 43.

[2] 吴康云, 陶莲, 崔德祥, 等. 贵州野生蔬菜可持续开发与利用的思考[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(S1): 101-102.

[3] 杨静, 邓英, 吴康云, 等. 贵州特色野生蔬菜开发利用价值[J]. 农技服

务, 2016, 33(16): 133, 127.

[4] 周江菊. 凯里地区野菜资源的开发利用[J]. 黔东南民族师范高等专科学校学报, 2002, 20(6): 42-43.

[5] 李元亭, 赵京岚. 栽培蔬菜与野菜营养物质含量的比较研究[J]. 北方园艺, 2011(2): 30-32.

[6] 姚玉霞, 李泽鸿. 几种山野菜营养成分分析[J]. 中国食品学报, 2003, 3(4): 86-88.

[7] 孙晓慧, 廖莉玲. 黔产 8 种野菜主要营养成分比较分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(2): 751-752, 755.

[8] 蹇黎. 野菜与栽培蔬菜维生素 C 和蛋白质含量的比较分析[J]. 种子, 2007, 26(3): 61-63.

[9] 蹇黎, 朱利泉. 贵州几种常见野菜营养成分分析[J]. 北方园艺, 2008(9): 45-47.

[10] 崔彩娟, 梁斌, 岳洁莹, 等. 1 例重症灰菜日光性皮炎伴疼痛性晕厥患者的护理干预[J]. 空军医学杂志, 2018, 34(6): 442-443.

[11] 郑宝智, 李红梅, 车寒梅, 等. 我国野生蔬菜产业发展前景展望[J]. 现代农村科技, 2018(10): 93-94.

[12] 奚燕. 吃野菜应“浅尝辄止”[J]. 中医健康养生, 2021, 7(4): 20-22.

[13] 雷蕾, 张道模, 杨琦凤, 等. 重庆、四川、贵州野生蔬菜资源考察收集[J]. 西南农业学报, 2008, 21(4): 1054-1058.

(上接第 76 页)

[4] 尹海伟, 徐建刚, 陈昌勇, 等. 基于 GIS 的吴江东部地区生态敏感性分析[J]. 地理科学, 2006, 26(1): 64-69.

[5] 曹建军, 刘永娟. GIS 支持下上海城市生态敏感性分析[J]. 应用生态学报, 2010, 21(7): 1805-1812.

[6] 付娟, 薛龙义. 翼城县生态功能区划研究[J]. 山西师范大学学报(自然科学版), 2013, 27(1): 120-125.

[7] 萧满红, 黄曼, 刘兴诏. 基于生态敏感性的乡村景观分析: 以福州市连江县文新村为例[J]. 南方园艺, 2020, 31(3): 71-77.

[8] 李进, 万军伟, 黄琨, 等. 福建省长汀县地质灾害的形成条件与防治对策[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 192-196, 201.

[9] 赵萌萌. 基于 GIS 的区域生态敏感性综合评价实例分析[D]. 开封: 河南大学, 2017.

[10] 王婷雅. 马克思主义自然观视域下我国生态文明建设研究[D]. 南充: 西华师范大学, 2020.