

基于 GIS 的旅游古镇生态敏感性分析与评价——以兰州市青城古镇为例

李巍, 郭莉盼* (西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃兰州 730070)

摘要 以兰州青城古镇为研究区, 采用 GIS 空间分析技术与 AHP 分析法, 从土壤侵蚀敏感性、水环境敏感性、生境敏感性 3 个方面展开, 共选取 5 个生态因子构建评价指标体系, 对青城古镇的生态敏感性进行综合分析与评价。结果显示: 青城古镇的生态敏感性总体较高, 空间分异较大, 呈北低南高的分异特征。全域综合生态敏感性分为低度敏感区、中度敏感区与高度敏感区 3 个等级, 各区面积占比为 32.51%、25.62%、41.87%。研究显示, 青城古镇生态敏感性程度受地形地貌、植被覆盖度与水系 3 类因子影响较大; 镇域北部黄河谷地与南部黄土梁山区周围敏感性较高, 而北部中心镇区周围及西南部五大坪附近敏感性较低。

关键词 生态敏感性; GIS; 空间分析; 青城古镇

中图分类号 X 321 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)03-0076-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.03.021



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Analysis and Evaluation of Ecological Sensitivity of Tourist Town Based on GIS—Taking Qingcheng Town in Lanzhou City as an Example

LI Wei, GUO Li-pan (College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070)

Abstract The study takes Qingcheng Town of Lanzhou City as the study area, applying GIS spatial analysis and AHP analysis method. Then, selects a total of five ecological sub-factors from the three aspects of soil erosion sensitivity, water environment sensitivity and habitat sensitivity to construct an evaluation index system. Finally, conducts a comprehensive analysis and evaluation of the ecological sensitivity of Qingcheng Town. The results show that the ecological sensitivity of the Qingcheng Town is generally high and reflects the spatial differentiation characteristics of the north low and south high. The ecological sensitivity of the study area is divided into three grades; mildly sensitive, moderately sensitive, highly sensitive, respectively accounting for 32.51%, 25.62% and 41.87% of the total study area. The results show that the ecological sensitivity of Qingcheng Town is greatly affected by three factors, such as geomorphology, vegetation coverage and water system. There is a high ecological sensitivity around the Yellow River valley in the north and the loess ridge mountain area in the south of the town domain, however, the ecological sensitivity is low around the central town area in the northern part of the town and near five big daping land in the southwest.

Key words Ecological sensitivity; GIS; Spatial analysis; Qingcheng Town

党的十九大报告提出了“加快生态文明体制改革, 建设美丽中国”。习近平同志指出“良好生态环境是最公平的公共产品, 是最普惠的民生福祉”。可以看出城镇生态环境治理愈加被重视, 这也突出了乡村振兴战略中提出的“生态宜居”的重要地位。近年来, 全国各地为了响应乡村振兴战略, 旅游城镇开发建设已成为热潮, 这将对乡村经济的发展具有明显的推动作用, 但同时也有系列的生态环境问题出现。因此分析旅游地的生态敏感性, 一方面可以更好地促进旅游开发建设, 为城镇发展带来更高的经济效益, 另一方面能够有效改善生态环境治理现状, 促进区域的可持续发展^[1]。

生态敏感性分析与评价是综合诸多环境因子来显示当地生态系统稳定性的重要途径。旅游地生态敏感性的分析, 主要是以自然资源环境因素为切入点, 分析该地区各系统对生态环境变化以及人类行为活动作出的反应。其在选取分析要素时, 根据当地生态环境现状, 选择影响敏感性的主要生态因子, 最后评价该区的生态敏感性水平^[2]。目前, 国内外关于生态敏感性的研究已在多个领域展开, 诸如土地生态评估^[3]、国土空间规划^[4-5]及功能区划^[6-7]等方面。研究尺度从宏观向中观尺度转变, 且主要还是集中在特殊生态环境敏感区^[8-12]、生态流域^[13-17]、生态保护区^[18-21]等具有明确自然指向性的地区, 而县镇级以下尺度的关于旅游地区生态敏感性的研究较少。

如今, 兰州市青城古镇的旅游开发建设在不断加强, 旅游人数也在逐年增加。然而旅游发展在产生明显的经济效益的同时, 也对古镇的生态环境带来了一定的挑战。该研究运用 GIS 技术手段, 采用青城古镇 TM 遥感影像与地理信息矢量数据, 同时根据青城古镇生态环境现状以及主要问题, 将水环境敏感性、土壤侵蚀敏感性、生境敏感性作为该研究的主要评价内容, 构建评价指标体系, 综合分析兰州青城古镇的生态敏感性水平, 从而促进青城古镇的“经济—社会—环境”关系系统的协调发展。

1 研究区概况

兰州市青城古镇位于 104° 08' 10" ~ 104° 21' 15" E, 36° 12' 50" ~ 36° 21' 30" N, 东西长约 18.7 km, 南北宽约 18.9 km, 总面积 137.34 km²。地势南高北低, 地形呈狭长带状, 是典型的黄河谷地, 属黄河流域三级区。青城古镇属于温带半干旱大陆性气候, 年均气温为 9.2°C, 年温差与日温差较大。全年气候干燥, 四季分明; 夏季气温高, 无酷暑, 春秋季节凉爽宜人。青城古镇境内有苦水河与清水河, 降雨多集中在 4—9 月, 年日照率大于 60%; 南部山区年均降水量达 300~400 mm, 而北部河谷地带年均降水量为 280 mm。地表水资源为 0.179 0 亿 m³, 地下水资源量为 0.027 3 亿 m³, 水资源总量 0.181 6 亿 m³。青城古镇地处华家岭和铁木山的西延部分, 其基岩经历了长期的地质构造运动和流水侵蚀, 到第四纪初被切割成低山和沟谷, 黄土层覆盖基岩。由于镇域境内西南部本身沟壑纵横, 植被稀疏, 加之近年来西南部五坪的不断开发利用, 区域地表侵蚀愈加严重, 生态环境较为脆弱。

作者简介 李巍(1978—), 男, 甘肃兰州人, 副教授, 硕士, 从事城乡发展及旅游规划研究。* 通信作者, 硕士, 从事城乡发展与空间规划研究。

收稿日期 2020-07-10

2 数据来源与生态评价指标体系

2.1 数据来源 该研究所需的基础数据主要包括 RS 与 GIS 地理信息数据、土地利用规划数据以及调研统计数据等三大方面。具体包括青城古镇 TM 遥感影像、30m×30m 数字高程模型 (DEM) 数据, 青城古镇行政区划矢量数据、主要水系分布数据以及第二次土地调查变更数据等地理信息数据。同时, 查阅与搜集了青城古镇上版城市总体规划、统计年鉴以及《青城志》等数据资料和社会经济资料; 另外现场调研数据作为研究辅助资料。在数据运用过程中, 因所得数据类型不一致, 在 GIS 处理中会有投影信息丢失或空间坐标无法匹配等问题出现, 故在研究前期对获得数据或图像需要进行矢量处理, 对底图需校准或投影变换, 才可运用于后期分析。最后研究通过使用 GIS 技术处理青城古镇镇域土地利用现状图, 得到青城古镇斑块图。

2.2 生态敏感性评价指标体系

2.2.1 指标选取与分级。 依据已有相关研究成果^[22-23], 参考其生态敏感性分级标准, 结合青城古镇生态环境现状, 研究主要从土壤侵蚀敏感性、水环境敏感性、生境敏感性 3 个方面展开, 共选取 5 个生态子因子作为评价指标, 对青城古镇的生态敏感性进行分析与评价。其中影响土壤侵蚀敏感性的要素选取坡度因子和地貌因子; 影响水环境敏感性的因子则用水域缓冲区分析来体现; 影响生态环境敏感性的因子选取土地利用类型因子和植被覆盖因子 (植被覆盖度用归一化植被指数 NDVI 来表征)。首先, 研究采取 AHP 分析法, 对各影响因子进行敏感性分级。将青城古镇生态敏感性分为 5 个等级, 数值 1 表示一般敏感, 数值 3 表示轻度敏感, 数值 5 表示中度敏感, 数值 7 表示高度敏感, 数值 9 表示极度敏感。其分级与赋值情况如表 1 所示。

表 1 青城古镇生态敏感性分级情况

Table 1 The classification of ecological sensitivity of Qingcheng Town

级别 Level	土壤侵蚀因素 Soil erosion factors		水环境因素 Water environmental factors	生态环境因素 Ecological factors		分级赋值 Grade assignment
	坡度 Slope/°	地貌 Landform	水域缓冲区 Water buffer/m	土地利用类型 Land use type	植被覆盖度 (NDVI) Vegetation coverage	
一般敏感 Generally sensitive	≤8	I 级阶地	主要河流>200 m 次要河流>120 m	建制镇、村庄	NDVI≤0	1
轻度敏感 Mildly sensitive	>8~≤15	II 级阶地		裸地、设施农用地、采矿用地	0<NDVI≤0.1	3
中度敏感 Moderately sensitive	>15~≤20	III 级阶地	120 m<主要河流≤200 m 80 m<次要河流≤120 m	旱地、园地、水浇地、水田	0.1<NDVI≤0.2	5
高度敏感 Highly sensitive	>20~≤25	IV 级阶地	50 m<主要河流≤120 m 50 m<次要河流≤80 m	林地、坑塘水面、沟渠	0.2<NDVI≤0.4	7
极度敏感 Extremely sensitive	>25	V 级阶地	主要河流≤50 m 次要河流≤50 m	内陆滩涂、河流水面、风景名胜及特殊用地	NDVI>0.4	9

2.2.2 研究方法。

(1) 层次分析法。层次分析法, 简称 AHP, 是一种定性定量结合的权重决策分析方法。此方法将决策问题按总目标、各层子目标、评价准则, 直到具体的各投方案的顺序, 分解为不同的层次结构, 然后用求解判断矩阵特征向量的办法, 求得每一层次的各元素对上一层次某元素的优先权重, 最后再通过加权求和法递归并各备选方案, 确定总目标的最终权重, 此最终权重最大者即为最优方案。而权属大小能够反映评价指标的重要程度, 对影响因子进行确权能更加科学、合理地生态敏感性作出评价。该研究通过专家座谈的方式, 结合青城古镇生态环境现状, 12 名专家对影响青城古镇生态环境的 5 类因子的重要程度进行打分, 最后结合层次分析法对兰州青城古镇进行生态敏感性分析。

(2) GIS 空间分析法。①缓冲区分析。在 GIS 中对青城古镇水域数据进行多级缓冲区分析, 以镇域北部黄河水域及其向南衍生的各支流为研究实体对象, 对其水域周围进行生态敏感性分区。

②空间叠加分析。将选取的各生态影响因子数据导入到 GIS 软件中, 建立数据库。再依据评价指标体系对各因子进行重分类后分级赋值, 然后运用 ArcToolbox 中加权叠加分析功能, 将得到的多个栅格数据进行加权叠加计算, 其目的是为了探究对象的自身独特属性与其空间特征的相关性, 最

后得出青城古镇的各生态敏感性评价图。

表 2 青城古镇生态敏感性评价因子权重

Table 2 Weights of evaluation factors for ecological sensitivity of Qingcheng Town

一级指标因子 First level indicator	二级指标因子 Secondary indicator	因子权重 Factor weight	总权重 Total weight
土壤侵蚀敏感性 Sensitivity to soil erosion	坡度 地貌	0.58 0.37	0.48
水环境敏感性 Sensitivity to water environment	水域缓冲区	0.21	0.21
生境敏感性 Ecological sensitivity	土地利用类型 植被覆盖度 (NDVI)	0.56 0.35	0.45

3 结果与分析

3.1 单因子敏感性分析

3.1.1 坡度生态敏感性分析。 青城古镇地处属黄土高原梁峁区, 土质疏松, 植被稀疏, 降水少, 因而坡度成为影响该区土壤侵蚀敏感性的重要因子。在 GIS 中由 DEM 高程数据计算得出地形坡度, 其分析结果如图 1 所示。可以看出青城古镇坡度小于 8° 的区域主要分布在北部黄河谷地和“五大坪”区域; 坡度在 20° 以上呈高度与极度敏感的区域主要分布于镇域南部山区, 而其他地形坡度在 8°~20° 的轻度敏感区域以及中度敏感区域较少, 在南部山区分散分布, 同时在河谷

阶地过渡带有零星分布。

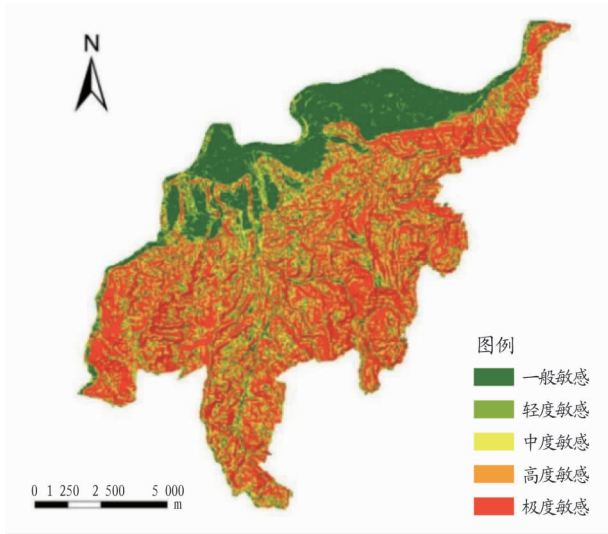


图1 青城古镇坡度生态敏感性分析

Fig. 1 The analysis diagram of the slope ecological sensitivity of Qingcheng Town

3.1.2 地貌生态敏感性分析。青城古镇镇域主体为河谷阶地地貌,呈“西南—东北”趋向沿黄河分布,长 16 km,宽 6.5 km。依据高程及基地的岩石类型和上层覆盖类型不同,河谷两侧发育成V级阶地。各阶地基座分别距黄河水面 5、11、30、45、55 m。VI级阶地外观上已被切割为黄土丘陵,阶地面貌已不复存在,只有从物质结构上才能显示出阶地的存在。因此研究根据青城古镇的V级阶地,对地貌进行了敏感性分区。其地貌敏感性和各级阶地呈对应关系,如表 1 所示。

综合图 2 与图 3,青城古镇地貌从 I 级阶地到 V 级阶地,黄土覆盖层逐渐增厚,土壤侵蚀随着级阶增大越发明显。由于青城古镇镇域北部是主要的城镇建设区,地处黄河谷地,地形地势较平坦,处于 I 级阶地,因此生态敏感性一般;而镇域南部本身沟壑纵横,地貌较复杂,生态环境脆弱,因此生态敏感性较高。

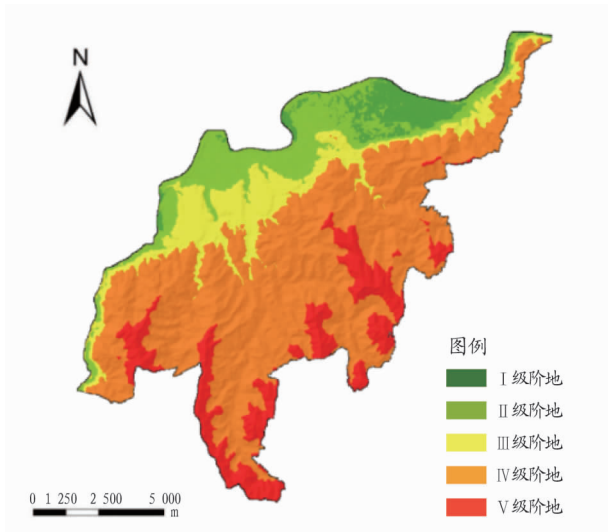


图2 青城古镇阶地分级

Fig. 2 Terrace classification of Qingcheng Town

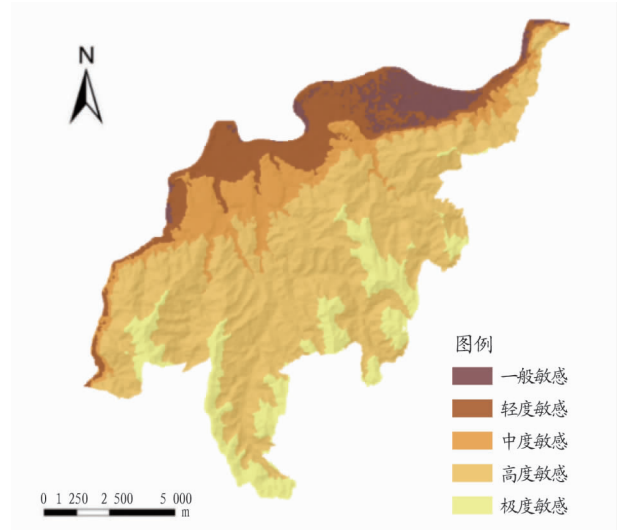


图3 青城古镇地貌生态敏感性分析

Fig. 3 Analysis of ecological sensitivity of landforms

3.1.3 水系生态敏感性分析。水域是重要的生态系统有机组成部分,在干旱地区河流的生态功能性更加突出,同时由于干旱地区人类生产生活对河流的依赖性较强,因此对河流等水域的干扰也越大。参考相关研究,再结合青城水域实际情况,依据表 1 划分标准,在 GIS 中对青城古镇全域水系进行多级缓冲区分析,对主要河流与次要河流等水域周围进行敏感性分区,分析结果如图 4 所示。

青城古镇境内主要河流为黄河,境内流经 10 km,其间吸纳麋鹿沟、红岷沟等水流。镇区东部有东滩万亩湿地,生态效益显著,但由于地势较低,存在较大的洪涝灾害威胁,因此以设立缓冲区的方式加强对水域环境及城镇建设环境的保护显得尤为重要。据图 4 可看出,青城古镇镇域内水域的高、极高生态敏感区主要是分布在境内的黄河及其几大支流,以及纳麋鹿沟、红岷沟等水流周围 50~120 m 内,且距离水体越近,则其生态敏感性越高。

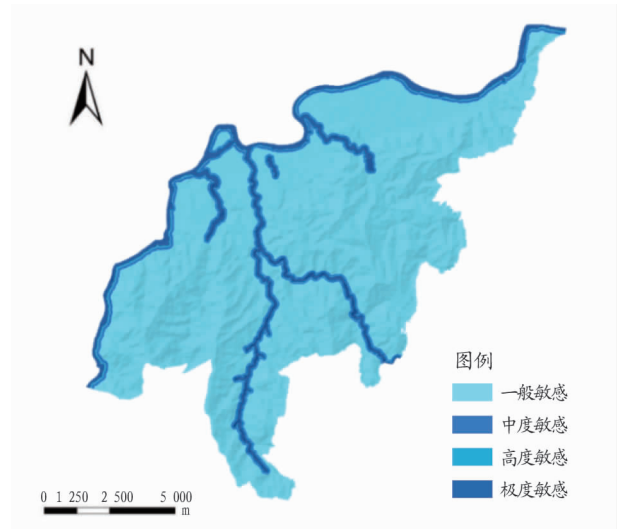


图4 青城古镇水系生态敏感性分析

Fig. 4 Analysis of ecological sensitivity of water system in Qingcheng Town

3.1.4 土地利用生态敏感性分析。不管是生产、生活,还是生态,都以土地为载体,而土地承载能力在一定程度上约束与限制了人类对土地的开发利用方式及程度。在自然作用的影响下,以及人类在土地上进行各种开发建设活动,又产生了不同的土地利用类型。土地利用类型在一定程度上也是对人类生产生活行为在空间上的划分。

青城古镇土地总面积 13 734.35 hm^2 ,截至 2017 年底,青城古镇农用地 2 538.64 hm^2 ,占土地总面积 18.48%;建设用地 370.81 hm^2 ,占土地总面积 2.70%;其他土地 10 824.90 hm^2 ,占土地总面积 78.82%。青城古镇全域范围内各土地利用类型现状中,自然保留地占比最大,高达 75.48%,其次为耕地,占比 15.45%。

青城古镇的土地利用类型多样,主要包括建筑用地、水体、耕地、园地、林地、草地和未利用地等,用地类型生态敏感性分析见图 5。青城古镇土地利用类型的高、极高生态敏感区域主要分布在镇区南部五大坪上,因为在此存在大量耕地和林地;中度生态敏感区主要分布在镇区北部的黄河沿岸一带,此区域多滩涂湿地,土地较脆弱;轻度敏感区主要分布在镇域南部边缘,此区域开发建设活动较少,土地利用程度较低;而一般敏感区集中分布在镇域北部的中心城区以及各村庄建设区,包括道路,设施用地及居住用地等。总体而言,青城古镇土地利用类型敏感性水平整体较高,在城镇开发建设规划中,必须遵循“生态优先”的原则,守住青城国土底线,实现高质量发展。

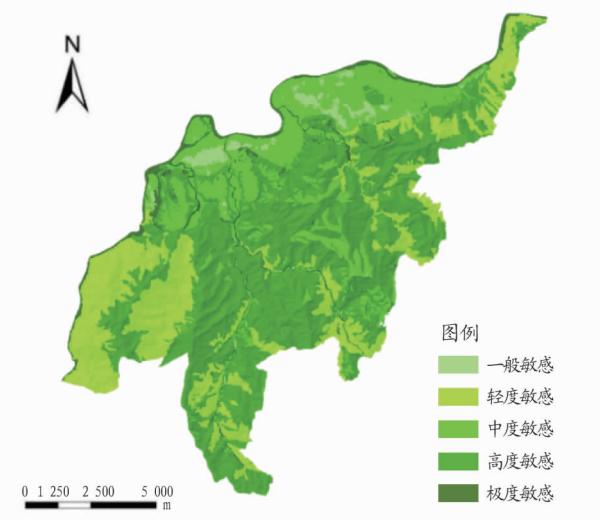


图 5 青城古镇土地利用生态敏感性分析

Fig. 5 Analysis of ecological sensitivity of land use types in Qingcheng Town

3.1.5 植被覆盖度生态敏感性分析。青城古镇处于半干旱地区,植被覆盖度对于区域整体生态系统稳定性有着重要作用,植被覆盖度越高的区域生态环境越好。半干旱地区自然本底条件原本就不优越,植被一旦被破坏,自然恢复能力较弱,土地承载力降低。研究通过影像数据计算得到的归一化植被指数 NDVI 来表征植被覆盖度,再依据植被指数对植被覆盖度敏感性进行分级。

青城古镇整体植被覆盖度较好,但在小区域内山的阴面和阳面植被覆盖度差距较大。从图 6 可以看出青城古镇植被覆盖因子敏感性最强的区域主要分布于镇域北部的镇中心区及其周边地区,其他区域敏感性较低。因此在城市建设中应注重对植被覆盖度较高地区的保护,同时应采取一定措施恢复植被覆盖度较低区域的植被,调节小区域气候,减少水土流失的发生。

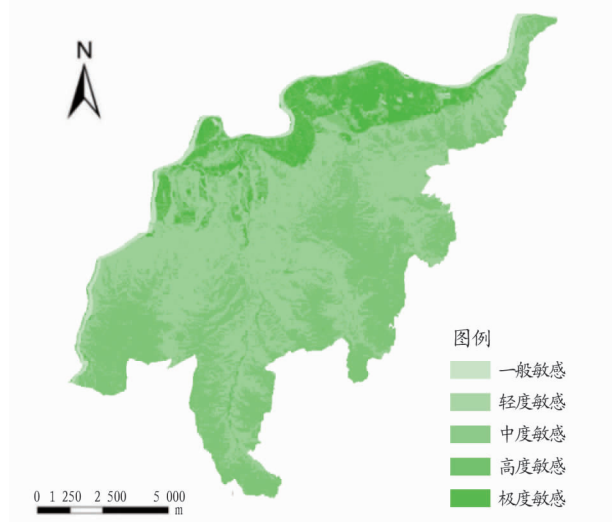


图 6 青城古镇植被覆盖度生态敏感性分析

Fig. 6 Analysis of ecological sensitivity of vegetation coverage in Qingcheng Town

3.2 青城古镇生态敏感性综合评价 综合考虑青城古镇自然环境特征,运用 GIS 将以上 5 个单因子生态敏感性分析结果进行加权叠加,得出青城古镇综合生态敏感性分析图(图 7)。然后计算各单元的综合生态敏感性评价价值,根据评价价值的空间分布情况,将其划分为低敏感性、中度敏感性与高度敏感性 3 个等级的敏感区。

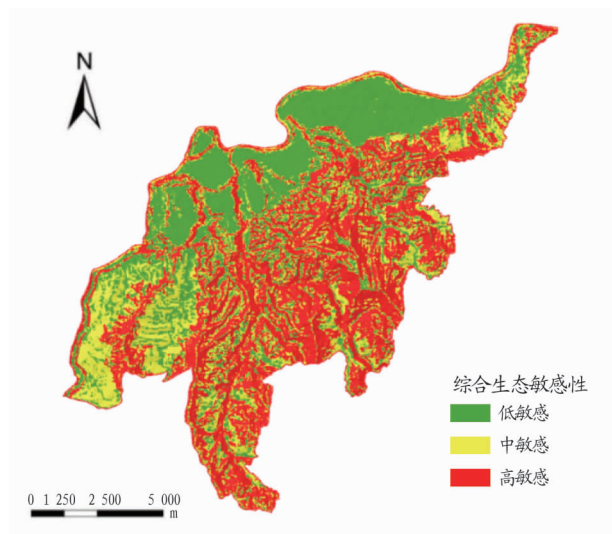


图 7 青城古镇生态敏感性综合评价分析

Fig. 7 Comprehensive evaluation diagram of ecological sensitivity of Qingcheng Town

图 7 显示,生态高度敏感区域主要分布在青城古镇南部黄土梁峁山区,以及沟谷底部及周边坡度较大区域;其次分

布在海拔较高、坡度较大的V级阶地的山地丘陵区域及黄河沿线。青城古镇镇域生态敏感性整体较高,境内高度敏感区有5 750 hm²,占总面积的41.87%,这与青城古镇地形地貌复杂,以传统农业与旅游业为主的发展模式有关,一定程度上土地利用开发受限。青城古镇高度生态敏感性区域将接近总面积的一半,该区域应该尽量限制建设开发,对于部分敏感性指数较高区域应禁止开发。

青城古镇生态中度敏感性区域面积为3 519 hm²,占总面积的25.62%,主要集中在分布于镇域西南部的五大坪周围,该区域已进行旅游开发建设,后续发展应该合理规划与管理。其余零散分布于全域坡度较小、海拔较低的山区。

青城古镇生态低敏感性地区主要分布在黄河河谷的一二三级阶地上,可以考虑作为发展备用地;其次主要集中分布在镇域北部的中心镇区及其周边城镇建设区域。低敏感性区域面积总计4 465 hm²,约占总面积的32.51%,在不考虑其他管制因素的情况下,发展空间相对充足。各级敏感性区域具体面积及所占百分比如表3所示。

表3 青城古镇生态敏感性综合评价分级

Table 3 Grading table of comprehensive evaluation of ecological sensitivity of Qingcheng Town

敏感性等级 Sensitivity level	面积 Area/hm ²	面积比 Area ratio/%
低敏感性 Low sensitivity	4 465	32.51
中度敏感性 Moderate sensitivity	3 519	25.62
高度敏感性 High sensitivity	5 750	41.87
合计 Total	13 734	100

4 结论与讨论

该研究从土壤侵蚀敏感性、水环境敏感性、生境敏感性3个方面展开,共选取5个生态因子构建评价指标体系,对青城古镇的生态敏感性进行综合分析评价。全域综合生态敏感性分为低度敏感区、中度敏感区与高度敏感区3个等级,各区面积占比为32.51%、25.62%、41.87%。研究显示青城古镇生态敏感性的空间分异较大,呈北低南高的分异特征,敏感性总体较高。青城古镇生态敏感性程度受地形地貌、植被覆盖度及水体因子影响较大;镇域北部黄河谷地与南部黄土梁峁山区周围生态敏感性较高,环境一旦破坏,很难在短时间恢复;而北部中心镇区周围及西南部五大坪附近生态敏感性较低。

青城古镇是以类型多样的古镇文化为基础的旅游小镇,位于黄河南岸,南北各有山脉。伴随古镇旅游开发日渐成熟,现代的生活生产方式和自主建设性活动却对古镇生态环境带来了一定挑战。在未来全域旅游开发建设过程中,需考

虑在“生态优先”的原则下,如何进行高质量与高品质的旅游发展建设问题。因此对于青城古镇镇域内的过境河流,宜建立河流缓冲区,合理规划调整水系河网,依托黄河以及境内各支流与沟渠等营造全域绿色生态廊道;同时,提高青城古镇整体植被覆盖率,对水域及其周边环境建立保护屏障,保证青城古镇全域生态系统的稳定性与完整性,促进城镇健康持续发展。

参考文献

- [1] 李霞,林丽丽,吴元晶,等. GIS支持下旅游小镇生态敏感性评价:以福建省湖坑镇为例[J]. 中国城市林业,2019,17(6):63-69.
- [2] 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.
- [3] 殷格兰,邵景安,郭跃,等. 南水北调中线核心区土地利用变化及其生态环境响应研究[J]. 地球信息科学学报,2017,19(1):59-69.
- [4] 李广娣,冯长春,曹敏政. 基于土地生态敏感性评价的城市空间增长策略研究:以铜陵市为例[J]. 城市发展研究,2013,20(11):69-74.
- [5] 陈鹏,庄孔造,蔡鹭春. 厦门城市空间拓展的生态敏感性评价[J]. 地球信息科学学报,2013,15(3):389-394.
- [6] 欧阳志云,郑华,高吉喜. 区域生态环境质量评价与生态功能区划[M]. 北京:中国环境科学出版社,2009.
- [7] 贾良清,欧阳志云,赵同谦,等. 安徽省生态功能区划研究[J]. 生态学报,2005,25(2):254-260.
- [8] 李阳兵,邵景安,王世杰,等. 基于岩溶生态系统特性的水土流失敏感性评价[J]. 山地学报,2007,25(6):671-677.
- [9] 肖荣波,欧阳志云,王效科,等. 中国西南地区石漠化敏感性评价及其空间分析[J]. 生态学报,2005,24(5):551-554.
- [10] 陈亚宁,李稚,范煜婷,等. 西北干旱区气候变化对水文水资源影响研究进展[J]. 地理学报,2014,69(9):1295-1304.
- [11] 简卿,张立强,崔海宁,等. 青龙满族自治县生态敏感性评价及区划[J]. 中国农业资源与区划,2017,38(11):171-178.
- [12] 殷格兰,邵景安,郭跃,等. 南水北调中线核心区土地利用变化及其生态环境响应研究[J]. 地球信息科学学报,2017,19(1):59-69.
- [13] 裴志林,杨勤科,王春梅,等. 黄河上游植被覆盖度空间分布特征及其影响因素[J]. 干旱区研究,2019,36(3):546-555.
- [14] 周雨露,杨永峰,袁伟影,等. 基于GIS的济南小清河流域生态敏感性分析与评价[J]. 西北林学院学报,2016,31(3):50-56,62.
- [15] 李益敏,管成文,朱军. 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.
- [16] 潘亮虎,董晓峰. 基于GIS的黑河流域生态环境敏感性评价与分区[J]. 自然资源学报,2006,21(2):267-273.
- [17] 甘琳,陈颖彪,吴志峰,等. 近20年粤港澳大湾区生态敏感性变化[J]. 生态学杂志,2018,37(8):2453-2462.
- [18] 孟佩,万龙,赵一臣. 京津冀地区国家公园规划的生态敏感性评价[J]. 林业资源管理,2018(2):98-102,124.
- [19] 何英彬,陈佑启,常欣,等. 基于GIS的自然生态与社会经济综合区划:以黄土高原延河流域为例[J]. 中国农业资源与区划,2004,25(4):36-40.
- [20] 禹艺娜,王中美. 基于GIS和AHP的贵阳市环城林带生态敏感性评价[J]. 中国岩溶,2017,36(3):359-367.
- [21] 孙苑苑,王琳,王晋. 黄河三角洲自然保护区生态敏感性评价[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2017,47(11):96-102.
- [22] 王浩程,王琳,卫宝立. 基于GIS的特色小镇生态敏感性研究:以山东营丘镇为例[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2019,49(8):100-107.
- [23] 陈艳红,于婧,于兴修,等. 山岳型风光旅游地生态敏感性研究:以武陵源区为例[J]. 湖北大学学报(自然科学版),2019,41(4):356-363.