

基于韧性理念的舟曲县生态敏感性评价

刘延秀, 王昱之

(兰州交通大学 建筑与城市规划学院, 兰州 730070)

摘要:舟曲县作为典型生态敏感区的高山峡谷型城市,其生态环境可持续发展受到越来越多关注。基于韧性视角,以舟曲县为研究对象,利用地理信息系统和 ENVI 软件,通过选取高程、坡度、坡向、植被覆盖度、土地利用、水环境、公路、农村道路及地质灾害等 9 个指标因子对舟曲县进行生态敏感性分析,将研究区划分为 5 类敏感区。研究结果表明:舟曲县生态敏感区呈现“西北-东南”走向;舟曲县高度敏感区所占比例最大,整体生态敏感性较高。

关键词:生态敏感性;韧性理念;可持续发展;舟曲县

中图分类号:X826 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)17-0178-06

随着城市化进程的加速,持续扩张的城市建设导致生态环境遭到破坏。同时,人们越来越重视赖以生存的绿色生态环境。

1973 年,加拿大生物学家 Holling^[1]对生态系统的韧性进行了总结和归纳,首次将韧性的概念应用到生态领域,描述生态系统在受到干扰后维持或恢复原有功能的能力。薄景山等^[2]从韧性城市的缘起、定义以及主要特征出发,认为韧性城市是指城市在受到干扰时具有吸收和抵抗干扰的能力,并且能够恢复并调整适应新的状态,实现可持续发展的城市。生态敏感性是生态系统对自然环境变化和人类活动干扰的反映程度及生态环境问题发生难易程度和可能性大小的重要因素之一^[3]。赵欣等^[4]运用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)方法对县域尺度生态敏感进行了空间研究。杨柳等^[5]对生态敏感性进行了时间和空间的研究。研究区域主要集中在自然保护区、风景区、各类公园及旅游区^[6-8]。近些年来,学者们从不同角度对于生态敏感性进行了相关研究,从研究尺度出发,大多从国家或者省市层面以及专项研究层面进行生态敏感性分析^[9-11],县域尺度的相关研究较少^[12-13]。

西北高山峡谷区作为我国典型的生态敏感区,舟曲县作为典型的高山峡谷型城市,目前大多数研究围绕地质灾害、土地质量以及植被覆盖方面,较少有学者从舟曲县生态敏感性出发。因此,研究舟曲县生态敏感性可对舟曲县环境保护和可持

续发展提供一定的依据。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

舟曲县位于甘南藏族自治州东南部,地理空间方位为 103°51'E~104°45'E、33°13'N~34°1'N,总面积 3 009.98 km²,辖 15 镇 4 乡(图 1),2021 年舟曲县总人口约 14.36 万人。舟曲县属于温带季风性气候,地处西秦岭山地,境内山峦重叠,沟壑纵横,海拔高度为 1 173~4 504 m,地势西北高、东南低,一江两河(白龙江、拱坝河、博峪河)贯穿其中。舟曲县

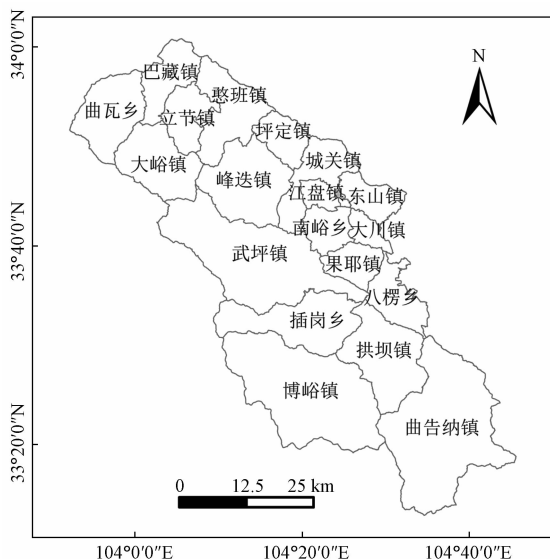


图 1 舟曲县行政区划

收稿日期:2023-05-31

作者简介:刘延秀(1998—),女,山东枣庄人,兰州交通大学建筑与城市规划学院,硕士研究生,研究方向为城乡规划学;通信作者王昱之(1975—),男,甘肃白银人,兰州交通大学建筑与城市规划学院,副教授,博士,注册城市规划师,研究方向为城乡规划设计。

是典型的高山峡谷地貌,地质灾害频发,生态系统较为脆弱,水土流失较为严重。

1.2 数据来源

研究采用的基础数据包括基于地理空间数据云 30 m 分辨率的含云量低于 10% 的 DEM(数字高程)数据,植被覆盖数据来自地理空间数据云 Landsat8 OLI_TIRS 卫星数字产品数据集,采用 ENVI5.6 对影像数据进行处理得到归一化植被指数(normalized difference vegetation index,NDVI)数据,地质灾害数据来自中国科学院地理科学与资源研究所。

2 研究方法

2.1 评价因子的选取及等级结构划分

依据《生态功能区划暂行规程》及相关研究成果,结合舟曲县地理位置,将地质灾害作为一个生态敏感性评价的影响因子,最终选择 9 个生态环境影响因子作为评价指标。对各因子在地理信息系统(geographic information system,GIS)中进行重分类处理,最终将舟曲县生态敏感性程度划分为极高敏感、高度敏感、中度敏感、轻度敏感、不敏感 5 个等级,并分别赋值为 5、4、3、2、1(表 1)。

2.2 评价因子权重确定

利用 AHP 和专家打分法确定生态敏感性评价指标各因子的单项权重(表 1),根据判断矩阵一致性检验成果,经计算一致性比率 $CR=0.072<0.1$,说明此权重的结果可靠有效,进而在 GIS 中对各单因子权重加权叠加分析,最终得到综合生态敏感性分析结果。

3 研究结果与分析

3.1 单因子生态敏感性分析

3.1.1 高程敏感性分析

舟曲县海拔最高达到 4 504 m,整体地势西北高、东南低,海拔高度不同,气候也会随之变化,进而影响植被和生物的多样性和丰富度。海拔高度越高,生物多样性越低,抗干扰能力越弱,生态敏感性也就越高。由图 2 和表 2 可知,极高敏感区和高度敏感区大约占全域面积的 1/2,主要分布在西北和西南方向山体部分,少量位于东北方向;中度敏感区主要在舟曲县各乡镇沿河流少量分布,占全域面积的 27.77%;轻度和不敏感区域主要沿白龙江流域、拱坝河以及博峪河流域的各乡镇分布,占全域面积的 13.49%、2.41%。

表 1 生态敏感性因子分级

生态因子	高程/ m	坡度/ (°)	坡向	植被覆盖度	水域缓冲区/m	土地利用 类型	距公路 距离/m	距农村道路 距离/m	地质灾害 缓冲区/m	赋值
权重	0.077 9	0.155 6	0.053 7	0.236 5	0.207 7	0.064 5	0.039 2	0.019 9	0.144 9	
极高敏感区	>3 000	>60	正北	>0.8	<50	林地、水域	<500	<500	<500	5
高度敏感区	2 500~3 000	45~60	东北、西北	0.6~0.8	50~200	草地	500~1 000	500~1 000	500~1 000	4
中度敏感区	2 000~2 500	25~45	正东、正西	0.4~0.6	200~500	耕地	1 000~1 500	1 000~1 500	1 000~1 500	3
轻度敏感区	1 500~2 000	10~25	东南、西南	0.2~0.4	500~800	建设用地	1 500~2 000	1 500~2 000	1 500~2 000	2
不敏感区	<1 500	<10	平地、正南	<0.2	>800	未利用地	>2 000	>2 000	>2 000	1

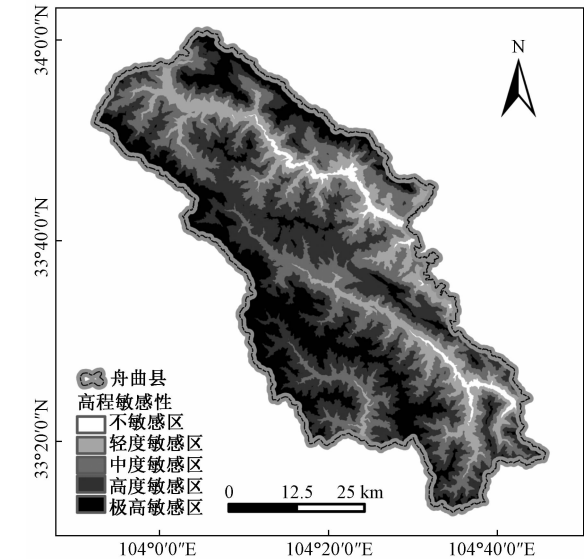


图 2 高程敏感性分布

3.1.2 坡度敏感性分析

坡度大小可反映地势高低,从而影响地表面物质活动和能量转换的强度和规模,呈现出不同的分布差异,坡度越大越容易水土流失,同时制约着土地的使用和建筑布置^[14]。由图 3 和表 2 可知,舟曲县坡度以中度敏感区和轻度敏感区为主,约占全县总面积的 85.31%,主要分布在中部和西南部地区;极高敏感区和高度敏感区分别占全域面积的 0.49%、9.68%,主要分布在东北部巴藏镇、立节镇、憨班镇、坪定镇、城关镇、东山镇等地以及东南部曲告纳镇,坡度较大也是舟曲县容易遭受泥石流、滑坡等地质灾害的主要原因;不敏感区占全域面积的 4.52%,主要分布在河流两侧平坦地区。

表 2 生态敏感性因子分级统计结果

生态因子	占比/%				
	极高敏感区	高度敏感区	中度敏感区	轻度敏感区	不敏感区
高程	23.43	32.90	27.77	13.49	2.41
坡度	0.49	9.68	57.70	27.61	4.52
坡向	12.54	25.95	24.89	24.66	11.96
植被覆盖度	16.49	22.28	32.97	15.19	13.07
水域缓冲区	2.88	8.74	16.05	14.96	57.37
土地利用类型	73.74	14.35	10.49	1.01	0.41
距公路距离	11.65	10.04	9.17	8.33	60.81
距农村道路距离	34.93	19.86	14.51	10.20	20.49
距地质灾害距离	3.20	7.06	8.64	8.84	72.26

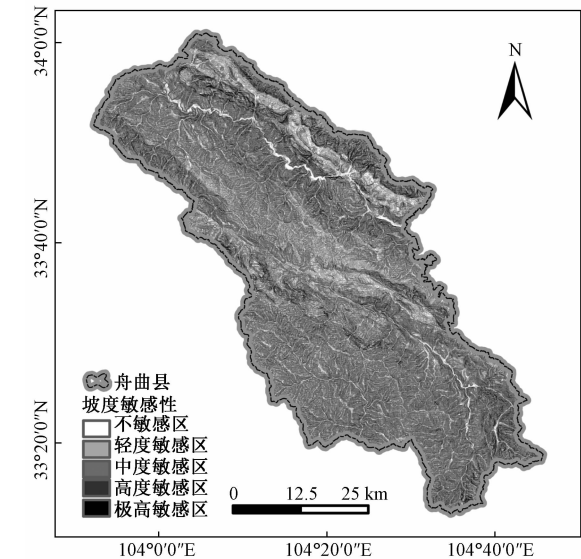


图 3 坡度敏感性分布

3.1.3 坡向敏感性分析

坡向不同,受到太阳辐射时间也会不同,一定程度上会影响降雨量,进而对植物的生长也有一定的影响。舟曲县境内山峦众多,沟壑纵横,错落分布,由图 4 和表 2 可知,高度敏感区、中度敏感区以及轻度敏感区分布较为均匀,分别占全域面积的 25.95%、24.89%、24.66%,光照较充足,植被覆盖度较高;极高敏感区占全域面积的 12.54%,该区域为正北坡向,为阴坡,接受到的太阳辐射较少,植被覆盖度较低;不敏感区占全域面积的 11.96%,主要分布在各乡镇居民点所在区域。

3.1.4 水域敏感性分析

水作为舟曲县重要组成部分,一江两河贯穿其中,由图 5 和表 2 可知,极高敏感区和高度敏感区分别占全域面积的 2.88%、8.74%,这部分区域距离水体 200 m 之内,地势平坦适宜人类居住;中度敏感区、轻度敏感区分别占全域面积的 16.05%、14.96%,主要分布在 200~800 m 的水域缓冲区

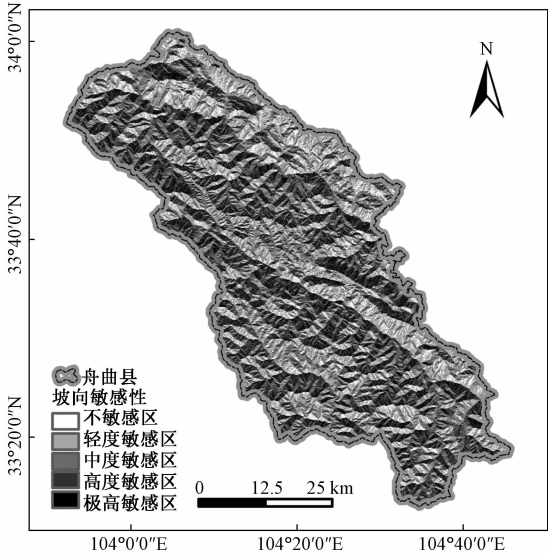


图 4 坡向敏感性分布

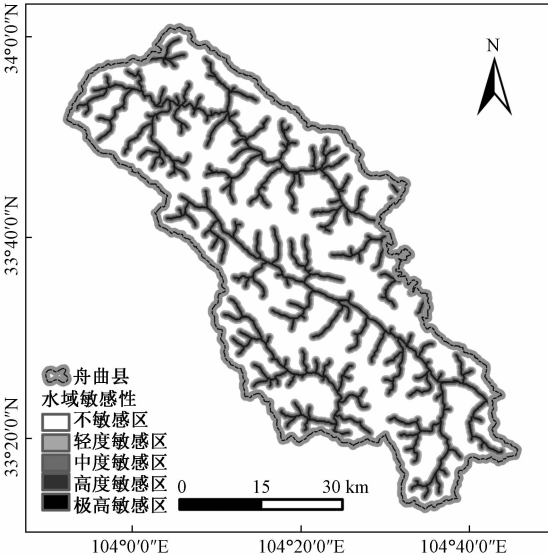


图 5 水域敏感性分布

内;河流缓冲区超过 800 m 为不敏感区域,由于舟曲县特殊的高山峡谷地貌,水域不敏感区占全域面积比例最大,约占全域面积的 53.37%。

3.1.5 植被覆盖度敏感性分析

植被覆盖度是影响生态敏感性的重要指标之一,一定程度上能够影响土壤侵蚀和水土流失。采用 NDVI 值进行植被覆盖度分析。舟曲县植被种类较多,全县林地和经济林果产品丰富,由图 6 和表 2 可知,植被覆盖度总体生态敏感性较高。极高敏感区、高度敏感区、中度敏感区分别占全域面积的 16.49%、22.28%、32.97%,主要分布在中部及南部区域,植被较为丰富,生物多样性较高;轻度敏感区和不敏感区域分别占全域面积的 15.19%、

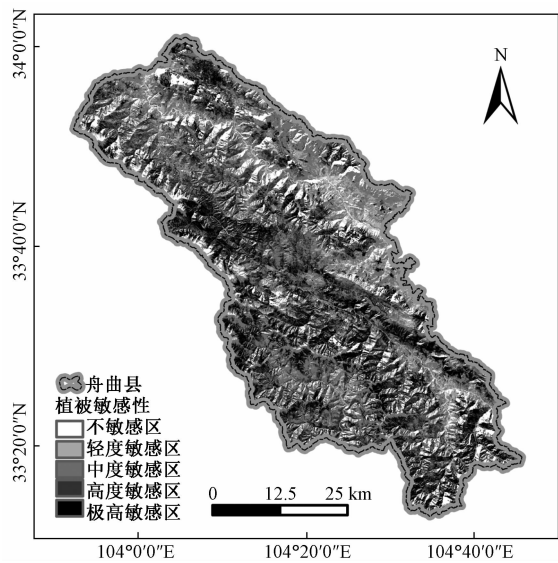


图 6 植被覆盖度敏感性分布

13.07%，主要分布在东部各乡镇居民居住地区，人类活动频繁，植被覆盖度较小。

3.1.6 土地利用敏感性分析

通过相关软件对土地利用数据进行处理，将舟曲县土地利用类型分为水域、林地、草地、耕地、建设用地和未利用地 6 类。由图 7 和表 2 可知，极高敏感区占全域面积的 73.74%，主要是水域和林地，是舟曲县的主要用地类型；高度敏感区和中度敏感区分别占全域面积的 14.35%、10.49%，主要分布在东部及东南部地区；轻度敏感区和不敏感区所占比例较小，主要为建设用地和未利用地，约占全域面积的 1.42%，主要分布在东部及东南部地区，说明该县由于地形地貌影响，建设开发强度较低。

3.1.7 农村道路敏感性分析

由于受地形限制，舟曲县农村道路多为蜿蜒曲折的山路，对居民出行影响较大。由图 8 和表 2 可知，总体来说农村道路生态敏感性较大。极高敏感区占全域面积的 34.93%，主要分布在东部地区；高度敏感区占全域面积的 19.86%，分布在农村道路周边；中度敏感区、轻度敏感区分别占全域面积的 14.51%、10.20%，主要分布在无人居住的山地区域，不敏感区占全域面积的 20.49%。

3.1.8 公路敏感性分析

公路周围会受到噪声、尾气等的影响，生态敏感性较高，距离公路越远，对生态环境的干扰度越低，生态敏感性越小。根据不同缓冲距离进行公路敏感度分析，由图 9 和表 2 可知，极高敏感区、高度敏感区、中度敏感区和轻度敏感区主要分布在东部道路交通比较发达地区，分别占全域面积的

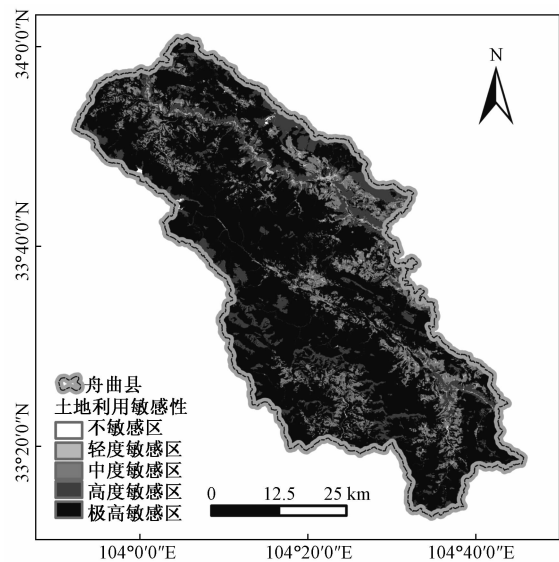


图 7 土地利用敏感性分布

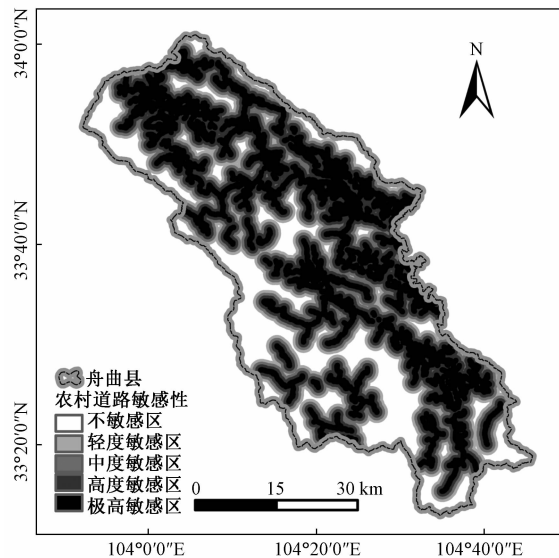


图 8 农村道路敏感性分布

11.65%、10.04%、9.17%、8.33%；由于舟曲县特殊的地形地貌，不敏感区占比较大，主要分布在西部及中部山区位置，约占全域面积的 60.81%。

3.1.9 地质灾害敏感性分析

舟曲县作为地质灾害频发的地域，水土流失严重，生态敏感性较高，将地质灾害作为生态敏感性影响因子考虑非常必要。根据 GIS 进行缓冲分析，由图 10 和表 2 可知，极高敏感区、高度敏感区、中度敏感区分别占全域面积的 3.20%、7.06%、8.64%，主要分布在地质灾害频发的立节镇、峰迭镇、城关镇、大川镇、东山镇等在内的东部地区以及南部拱坝镇、曲告纳镇；轻度敏感区占全域面积的 8.84%，不敏感区占全域面积的 72.26%，主要分布在西南

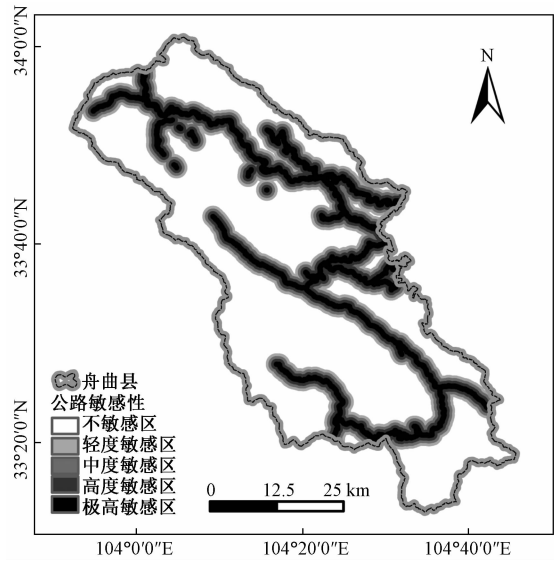


图 9 公路敏感性分布

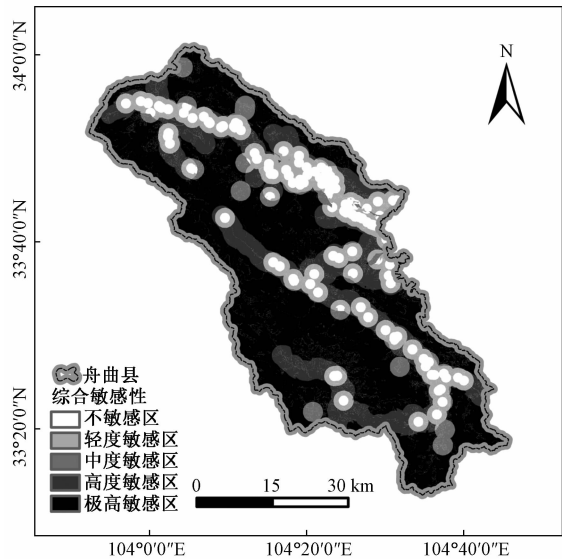


图 11 综合生态环境敏感性等级分布

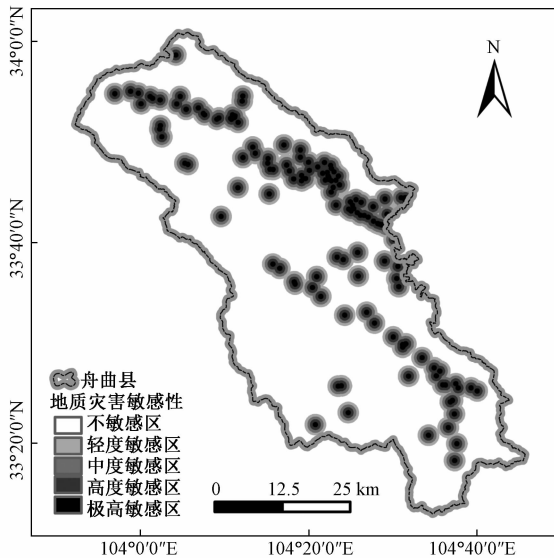


图 10 地质灾害敏感性分布

表 3 各等级生态敏感区面积及占比

生态敏感性评价等级	面积/km ²	占比/%
极高敏感区	1 671.15	56.80
高度敏感区	461.02	15.67
中度敏感区	139.47	4.74
轻度敏感区	408.59	13.89
不敏感区	261.80	8.90

系统的连通。

高度敏感区占全域面积的 15.67%，主要分布在东部河流沿岸。根据单因子生态敏感性分布图发现，该分布区域水土流失严重，容易受到地质灾害风险，应采用相应的生态保护措施，增加植被覆盖率，进行地质灾害预警响应。

中度敏感区占全域面积的 4.74%，占比最小，主要为耕地和草地部分，还包含少量河流部分，受环境干扰程度较小。该区域应该加大发展农业的力度，加强生态农业的建设，增加绿化建设面积，限制城镇建设的发展，及时清理河道，保护水域生态环境。

轻度敏感区占全域面积的 13.89%，大致分布在各乡镇居民点外围，主要为耕地和建设用地区部分，人口相对城区较少，生态环境相对较好，对外界的抗干扰能力较强。

不敏感区占全域面积的 8.9%，主要分布在各乡镇政府和中心城区，人口密度较高，经济发展较好，生态敏感性较低，是城市进行建设和开发的主要区域。该区域在发展时应该注意适度开发和建设，遵循统筹规划，注重经济开发和环境保护相协调，加强水域环境的保护和治理，促进经济和生态环境可持续发展。

及中部地区，植被覆盖度较高，生态敏感性较弱，不易发生滑坡、泥石流灾害。

3.2 生态敏感性综合评价

基于选取的 9 个生态敏感性因子及指标权重，结合 GIS 工具进行加权分析综合，从而得到舟曲县综合生态敏感性等级面积和比例。由图 11 和表 3 可知，舟曲县生态敏感性总体较高，由西南向东北部敏感性逐渐降低。

极高敏感区占全域面积的 56.80%，主要分布在西南方向山区以及水源地周围，虽然植被覆盖度较高，但是由于海拔高、坡度大，生态环境破碎化严重，因此应该加强山体和水源的保护，禁止或减少人类建设活动，建立生态廊道，保证绿色生态网络

4 结论

舟曲县地形地貌较为复杂,生态敏感性容易受到扰动。基于舟曲县特殊的地理位置和地形地貌,综合选取 9 个指标体系,利用 ArcGIS 和 ENVI 软件对该地区进行生态敏感性单因子和多因子叠加分析,研究结果表明:

1)坡度、植被覆盖度、水域缓冲区、地质灾害点为舟曲县生态敏感性主要影响因素。

2)舟曲县整体生态敏感性较高,极高敏感区和高度敏感区占比较大。

3)舟曲县生态敏感性空间分布呈现“西南-东北”走向。极高敏感区和高度敏感区主要集中在地势较高、坡度较大、植被覆盖度较高的西南部;不敏感区域主要分布在东部及东北部地势平坦区。

4)在轻度敏感区和不敏感区内,除了水域、公路、地质灾害敏感性较高,其他因子较为稳定。

本文中对于生态敏感因子的选取,仅仅采用了 9 个因子,未充分考虑到人口、社会经济方面的因素,可能存在一定的偏差。由于各因子划分敏感性程度没有统一标准,只能结合现有成果进行生态敏感性分级,缺少一定的客观性。

研究结果一定程度上可为舟曲县下一步城市规划可持续发展提供理论依据,对相似地域的生态环境可持续发展具有一定的参考意义。

参考文献

[1] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual Review of Ecology & Systematics, 1973, 4(4):1-23.

[2] 薄景山,王玉婷,薄涛,等. 韧性城市的研究进展和韧性城乡建设的建议[J]. 世界地震工程, 2022, 38(3): 90-100.

[3] 李振亚,魏伟,周亮,等. 基于空间距离指数的中国西北干旱内陆河流域生态敏感性时空演变特征:以石羊河流域为例[J]. 生态学报, 2019, 39(20): 7463-7475.

[4] 赵欣,付蓉洁,辛存林,等. 基于 AHP 的民勤县生态敏感性评价[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2022, 58(6): 38-46.

[5] 杨柳,索萌萌,柴娇娇,等. 2000—2020 年喀斯特地区煤矿资源城市生态敏感性的时空演变[J]. 水土保持通报, 2022, 42(4): 338-346.

[6] 杨泽鹏,范仕祥,史兴惠,等. 云南大围山国家级自然保护区生态敏感性评价及保护对策分析研究[J]. 山东林业科技, 2023, 53(1): 21-28.

[7] 林灼镛,杨巧琦,吴天杰,等. 基于 GIS 的太姥山风景区生态敏感性分析[J]. 江苏林业科技, 2022, 49(6): 38-43.

[8] 王欣. 基于 GIS 的武夷山国家公园生态敏感性分析[J]. 福建林业科技, 2022, 49(2): 42-48, 57.

[9] 李效荣,谢育珽,刘萍. 基于 GIS 和 RS 的北海市生态敏感性分析[J]. 人民珠江, 2023, 44(5): 59-66.

[10] 蒋俊伟,沈成,宋艳伟,等. 基于 GIS 和 AHP 的生态敏感性评价:以万宁市为例[J]. 现代信息科技, 2022, 6(15): 84-87, 92.

[11] 陈艳君. 长株潭城市群生态敏感性时空演变及其驱动因子研究[J]. 广东蚕业, 2023, 57(2): 12-15.

[12] 雷沙,魏龙,肖琳,等. 基于 GIS 的县域生态敏感性评价:以河源市东源县为例[J]. 林业与环境科学, 2022, 38(6): 63-73.

[13] 万松,范祝连,邓双,等. 基于 GIS 的山地生态县域生态敏感性研究:以闽侯县为例[J]. 南方林业科学, 2022, 50(2): 58-63.

[14] 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), 2021, 15(4): 148-155.

Ecological Sensitivity Assessment of Zhouqu County Based on Resilience Concept

LIU Yanxiu, WANG Yuzhi

(School of Architecture and Urban Planning, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: As a typical ecologically sensitive area of alpine and valley-type city, the sustainable development of the ecological environment in Zhouqu County has got more and more attention. Based on the perspective of resilience, taking Zhouqu County as the research object, geographic information system and ENVI software are used to analyze the ecological sensitivity of Zhouqu County by selecting nine index factors such as elevation, slope, aspect, vegetation coverage, land use, water environment, highway, rural road and geological disaster, and the study area was divided into five sensitive areas. The results show that the ecologically sensitive area of Zhouqu County shows a “northwest-southeast” trend. Zhouqu County has the largest proportion of highly sensitive areas, and the overall ecological sensitivity is high.

Keywords: ecological sensitivity; resilience concept; sustainable development; Zhouqu County