

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2025.01.031; CSTR:32311.14.rswc.2025.01.031.

徐炳先, 彭雨欣, 李兰海, 等. 基于景观格局的玛纳斯河流域生境质量及生态风险研究[J]. 水土保持研究, 2025, 32(1): 328-335.

Xu Bingxian, Peng Yuxin, Li Lanhai, et al. Study on habitat quality and ecological risk in Manas River Basin based on landscape pattern[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2025, 32(1): 328-335.

基于景观格局的玛纳斯河流域生境质量及生态风险研究

徐炳先¹, 彭雨欣¹, 李兰海², 付帅^{1,2,3}, 冯英香¹, 余杰¹

(1 江西财经大学 财税与公共管理学院, 土地资源管理系, 南昌 330013;

2 中国科学院 新疆生态与地理研究所, 新疆干旱区水循环与水利利用重点实验室,

乌鲁木齐 830011; 3.江西财经大学“大宗商品国际价格分析与预测研究”学科创新团队, 南昌 330013)

摘要: [目的]综合分析评价玛纳斯河流域绿洲生境质量并甄别诱因, 为流域生境改善及区域可持续发展提供参考。[方法]以玛纳斯河流域 2020 年高分辨率遥感影像数据为基础, 结合景观生态学方法, 应用 InVEST 模型和景观生态风险评价模型对玛纳斯河流域生境质量和景观生态风险进行综合评价。[结果]2020 年玛纳斯河流域生境质量均值为 0.33, 整体生境质量较差, 防护林的较高退化风险和耕地的广泛分布是区域生境质量较差的主要诱因, 高生境质量地类如湿地、水域等面临较高的退化风险。流域内防护林闭合程度低和林网结构不合理等导致其景观破碎化最为严重, 湿地和水域景观干扰度较高, 受人为影响较深。流域内较高生态风险区占比最大, 达到 37.82%, 其与高生态风险区的总和占比超过 70%, 整体呈现出中部高、边缘低的层叠状分布特征。生境质量与景观生态风险二者存在较强的空间集聚效应, 以高一高集聚和低一低集聚为主。[结论]景观格局的分布对区域生境质量和景观生态风险影响较大, 未来需要重点针对流域内耕地的合理规划利用、防护林维护与建设的进一步加强以使其充分发挥效用、湿地与水域等的切实保护, 以提高玛纳斯河流域生境质量和降低景观生态风险。

关键词: 玛纳斯河流域; 防护林; 生境质量; 景观生态风险; 空间自相关

中图分类号: X821; P901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2025)01-0328-08

Study on habitat quality and ecological risk in Manas River Basin based on landscape pattern

Xu Bingxian¹, Peng Yuxin¹, Li Lanhai², Fu Shuai^{1,2,3}, Feng Yingxiang¹, Yu Jie¹

(1. Department of Land Resource Management, College of Taxation and Public Administration,

Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China; 2 Xinjiang Key Laboratory of

Water Cycle and Water Utilization in Arid Areas, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese

Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. Discipline Innovation Team of 'Commodity International Price Analysis and Forecasting Research' of Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China)

Abstract: [Objective] The aims of this study are to comprehensively analyze and evaluate the quality of oasis ecosystems in the Manas River Basin, and to identify the causative factors, so as to provide a reference for the improvement of basin habitat and the sustainable development of the region. [Methods] Based on the high-resolution remote sensing image data of the Manas River Basin in 2020, combined with the landscape ecology method, InVEST and landscape ecological risk assessment model were applied to comprehensively

收稿日期: 2024-03-27

修回日期: 2024-04-30

资助项目: 国家自然科学基金“典型干旱区绿洲人工防护林网景观格局适宜发展及生态用水合理调配研究”(42361003); 新疆干旱区水循环与水利利用实验室开放课题(XJYS0907-2023-22); 2022 年纯净溪流碳中和实践创新中心项目“碳中和抚州(资溪)评估模型搭建与应用”(2022JDA07); 江西省教育厅科技项目(GJJ190269)

第一作者: 徐炳先(2001—), 男, 江西景德镇人, 硕士研究生, 主要从事土地资源管理研究。E-mail: 2681839133@qq.com

通信作者: 付帅(1984—), 男, 江西樟树人, 博士, 硕士研究生导师, 主要从事生态评价、生态修复和生态水文方面研究。E-mail: fushuai1019@126.com

<http://stbcyj.paperonce.org>

evaluate the habitat quality and landscape ecological risk of Manas River Basin. [Results] In 2020, the average of habitat quality in Manas River Basin was 0.33, and the overall habitat quality was poor. The higher risk of degradation of protective forests and the wide distribution of cropland were the main triggers of the poor regional habitat quality. The high habitat quality land categories, such as wetlands and watersheds, were exposed to a higher risk of degradation. The low degree of closure of protection forests and irrational forest network structure in the watershed had led to the most serious fragmentation of its landscape, with a high degree of wetland and watershed landscape disturbance and deeper anthropogenic impacts. The higher ecological risk area in the watershed accounted for the largest proportion of 37.82%, and the sum of it and the high ecological risk area accounted for more than 70%, with an overall cascading distribution characteristic of high in the center and low at the edges. There was a strong spatial clustering effect of both habitat quality and landscape ecological risk, with high-high clustering and low-low clustering predominating. [Conclusion] The distribution of landscape patterns has a large impact on regional habitat quality and landscape ecological risk. In the future, we need to focus on the rational planning and utilization of arable land in the watershed, the further strengthening of the maintenance and construction of protective forests so that they can give full play to their effectiveness, and the effective protection of wetlands and watersheds in order to improve the quality of the habitats and reduce the ecological risk of landscapes in the Manas River Basin.

Keywords: Manas River Basin; shelterbelts; habitat quality; landscape ecological risk; spatial autocorrelation

生境质量是一定时空范围内生态系统为个体和种群提供的可持续发展能力,是人类生存的基本保障和社会发展的基础^[1]。近年来全球气候的剧烈变化以及人类活动的剧烈干扰,全球生境退化加剧^[2]。科学评估区域生境质量,对生境本底的全面掌握和自然资源保护具有重要意义^[3]。生态风险是生态系统及其组分在自然或人为因素干扰下所承受的风险^[4]。景观生态风险评价是生态风险评价的重要组成部分,是对生态风险评价的补充和拓展,对区域生境质量的提高和发展具有重要参考价值^[5]。综合分析区域生境质量与景观生态风险对整个区域的生境保护和可持续发展具有重要意义。

目前,关于生境质量的评价方法主要包括基于评价体系的定性法和利用模型计算的定量法等^[6],其中,定量法模型包括 SolVES 模型^[7]、GUMBO 模型^[8]和 InVEST 模型等^[9]。InVEST 模型因具有操作灵活和理论体系成熟等优点而广泛应用于生境质量的评价中。夏哲一等^[10]综合 InVEST 模型和 SolVES 模型对上海城市边缘区生境质量进行评估,发现研究区生境质量整体水平较低,空间上呈“西高东低”格局,且社会经济因素为主要驱动因素;Wang 等^[11]整合 PLUS 和 InVEST 模型对汉江流域 2050 年的水资源与生境质量进行分析,发现流域整体需水量显著增加且生境质量较低的区域产水量更大。此外,由于研究区域以及研究目的的差异性,不同学者对构建的景观生态风险评价模型有不同的解释。目前,学界主要通过“源—汇”

解析法^[12]、景观指数等^[13]方法重点针对流域^[14]、城市群^[13]及沿海地区等^[15]人类活动密集区开展景观生态风险评价。其中,景观指数法由于更为注重风险的时空分异和尺度效应,在揭示风险的演化机制等方面具有显著优势,已成为分析区域尺度风险特征的重要手段。杨帆等^[16]构建了“历史—现期—未来”视角下的景观生态风险评价,对江阴市景观生态风险的时空演变特征、未来趋势等进行了探讨;Xie 等^[17]利用景观生态风险评价模型探索典型干旱内陆河流域石羊河流域景观生态风险评价的最优尺度,发现流域景观生态风险具有明显的尺度依赖性。可见,生境质量评价以及景观生态风险评价可以综合评估区域景观格局,对于保护和维持生态系统多样性和生境高质量、降低生态风险具有重要意义。

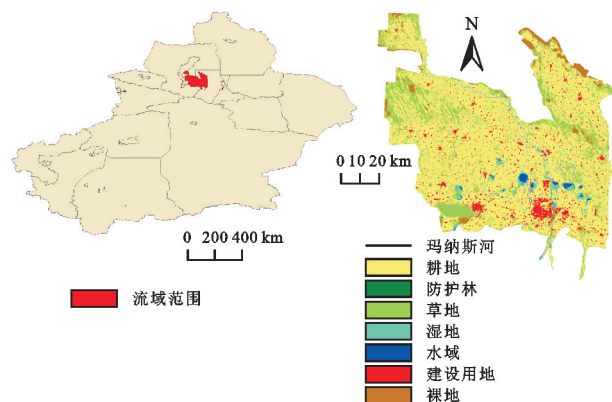
玛纳斯河流域作为新疆地区典型干旱区绿洲景观,其地形地貌、气候特征、生态环境等特点在干旱区均具有代表性^[18]。由于其天然存在的生态脆弱性,加之近年来农业开发、水资源短缺、绿洲防护林衰败等人为或自然因素的综合影响,流域生境趋于恶化^[19]。干旱区绿洲防护林作为玛纳斯河流域内农田和居民区的保护屏障,其质量高低及景观格局的合理性对整个区域的作物生产及生境的保护具有重要作用,但林带中林木稀疏、断带等现象会严重影响防护林的质量,降低区域生境质量。目前,有关玛纳斯河流域生境质量的研究较少,且鲜有针对区域内防护林对整个区域的影响研究^[20]。所以,本研究以 2020 年玛纳斯河流域高

分辨率土地利用数据为基础,利用 InVEST 模型和景观格局指数对区域生境质量和景观生态风险进行综合评价,辨析干旱区绿洲防护林景观格局对生境质量所产生的影响,为整个区域的防护林建设、生境的改善和区域可持续发展提供一定的参考依据。

1 研究区域

1.1 研究区概况

玛纳斯河流域(43°57′—45°16′N,84°58′—86°32′E)地处新疆准噶尔盆地南缘,且与准噶尔盆地和天山山脉部分相邻,总面积约 9 474.42 km²(见图 1)。由于位于亚欧大陆腹地,离海较远,因而具有典型的温带大陆性气候特征,如干旱,光照充足,热量充沛,降水稀少,蒸发量大等。年平均气温为 4.7~5.7℃,年均降水量 110~200 mm,年均蒸发量为 1 500~2 000 mm^[21]。同时它还是新疆重要的绿洲农业区,我国第四大灌溉农业区^[22]。多年平均径流量为 12.95 亿 m³,2020 年农田面积约为 5 830.36 km²,防护林总面积约为 784.68 km²,农业灌溉用水 11.89 亿 m³,工业、生活及城市绿化用水 1.64 亿 m³。



注:基于标准地图服务系统下载的审图号 GS(2023)2767 号的标准地图制作,底图未做修改,下同。

图 1 玛纳斯河流域地理位置

Fig. 1 Geographic location of the Manas River Basin

1.2 数据来源

研究区土地利用数据来自遥感影像解译,选取 2020 年哨兵 2 号遥感影像数据,分辨率为 10 m,云量均小于 10%,数据来源于欧空局(<https://dataspace.copernicus.eu/>),先由 Sen2cor 软件将原始数据辐射定标和大气校正,而后利用 SNAP 软件进行波段选取,本研究主要为遥感地物的识别,因而选取 B2, B3, B4 和 B8 波段,完成后导入 ENVI 5.3 软件中进行波段融合,最后进行拼接和裁剪得到研究区 2020 年遥感影像数据。在土地利用现状分类标准(GB/T21010-2007)的基础上,结合 Google Earth 平台进行目视解译,将研究区内地物划分为耕地、防护林、草

地、湿地、水域、建设用地和裸地。由于研究区内防护林在整个林地中占比在 95% 以上,因此为研究方便将区域内林地统一视为防护林。解译结果精度在 83% 以上,达到研究需求。

2 研究方法

2.1 InVEST 模型

InVEST 模型作为综合性的生态系统服务功能评价模型,能够为自然资源管理与生态环境的保护提供参考^[23]。本研究利用 InVEST 模型的 Habitat Quality 模块,结合研究区内土地利用情况以及胁迫因子对生境的最大影响距离与权重、各地类的生境适宜度及其受胁迫因子干扰的敏感程度对玛纳斯河流域生境质量和生境退化度进行分析^[6],计算公式如下:

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^{Y_r} \left(\frac{w_r}{\sum_{r=1}^R w_r} \right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr} \quad (1)$$

$$Q_{xj} = H_j \left[1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^z} \right) \right] \quad (2)$$

式中: D_{xj} 为第 j 类土地中单元 x 的生境退化程度; R 为胁迫因子总数; w_r 为胁迫因子 r 的权重值; Y_r 为胁迫因子 r 中的单元数量; r_y 为图层范围内胁迫因子强度; β_x 为单元 x 的受保护水平; S_{jr} 为生境 j 对胁迫因子 r 的敏感强度; i_{rxy} 为胁迫因子与生境间的距离衰减函数; Q_{xj} 为生境质量,其值介于 (0, 1), 值越大,生境质量越高; H_j 为生境适宜度; k 为半饱和常数,一般取值为生境退化度最大值的 1/2; z 为归一化常数,一般取值 0.5。参考新疆地区类似环境和相关地区的已有研究^[24-25],结合研究区实际情况,得到研究区内威胁源最大距离及其权重、衰减方式、生境适宜度和敏感程度。

2.2 生态风险格网化

为了更好地使研究区景观生态风险在空间上直观化,利用网格法对区域内进行系统采样,将研究区划分为不同的生态风险网格,利用 ArcGIS 10.2 的 create fishnet 功能创建 3 km×3 km 网格作为采样基础单元,通过系统采样法划分出风险网格 1 201 个。

2.3 景观生态风险模型构建

根据景观生态学研究方法,采用景观干扰度、景观脆弱度和景观损失度构建景观生态风险模型^[26]。其中景观损失度指数 R_i 由景观干扰度指数 E_i 和景观脆弱度指数 V_i 构建,公式如下:

$$R_i = E_i \times V_i \quad (3)$$

式中: R_i 为景观损失度指数; E_i 为景观干扰度指数; V_i 为景观脆弱度指数。景观脆弱度指数根据景观类型的不同而存在一定的等级差异。在参考前人研

究^[19,27]的基础上,结合研究区实际情况,采用专家打分法得到不同景观类型的脆弱性等级,由此可以得到各景观类型的脆弱性权重。

景观干扰度指数由景观破碎度指数、景观分离度指数和景观分维度指数进行加权计算得到,各指数计算公式及参数解释见表 1。

表 1 景观格局指数及解释

Table 1 Landscape pattern index and interpretation

指数名称	计算公式	参数解释
景观破碎度指数	$C_i = \frac{n_i}{A_i}$	C_i 为景观破碎度指数; A_i 为景观类型 i 的面积; n_i 是景观类型 i 斑块数量
景观分离度指数	$D_i = \frac{A}{2A_i} \sqrt{\frac{n_i}{A_i}}$	D_i 为景观分离度指数; A_i 为景观 i 的总面积; A 为景观总面积; n_i 为景观 i 的斑块数量
景观分维度指数	$F_i = \frac{2\ln(p_i/4)}{\ln A_i}$	F_i 为景观分维度指数; p_i 是景观类型 i 的周长; A_i 为景观 i 的总面积
景观干扰度指数	$E_i = aC_i + bD_i + cF_i$	E_i 为景观干扰度指数; a, b, c 为相应各景观指数的权重,且三者之和为 1,根据相关研究 ^[28] ,结合研究区的实际情况,将 a, b, c 分别赋值为 0.5, 0.3, 0.2

在景观干扰度指数和景观脆弱度指数的基础上所得到的景观损失度指数最终可以构建景观生态风险指数 ERI,公式如下:

$$ERI_i = \sum_{k=1}^n \frac{A_{ki}}{A_k} \times R_i \quad (4)$$

式中: ERI_i 为风险网格 i 的景观生态风险指数; R_i 为景观损失度指数; A_{ki} 为第 k 个风险网格中景观类型 i 的面积; A_k 为第 k 个风险网格的总面积; n 为景观类型数量。ERI_i 值的大小可以反映风险网格 i 的景观生态风险的高低。

2.4 空间自相关分析

空间自相关分析通过刻画元素的属性数值与其邻近元素的属性数值有无相关性,从而反映出空间参照元素及其邻近元素的空间相关性。全局 Moran's I 指数可以检验区域尺度上某要素属性值的空间相关性,局部 Moran's I 指数则能够反映其在具体空间上以及邻近空间单元的相关性。指数值的正负情况能够在一定程度上表明空间相关性的正负状况,且数值越大,相关性越显著。还可利用 LISA 集聚图来探究其在具体的地区是否存在显著的集聚情况。

3 结果与分析

3.1 玛纳斯河流域生境质量及退化度分析

通过 InVEST 模型获得玛纳斯河流域 2020 年生境质量及生境退化度空间分布特征,利用自然断点法将研究区内生境质量和生境退化度分别分为低质量(0~0.25)、较低质量(0.25~0.33)、中等质量(0.33~0.38)、较高质量(0.38~0.46)、高质量(0.46~0.94)和低退化度(0~0.14)、较低退化度(0.14~0.31)、中等退化度(0.31~0.45)、较高退化度(0.45~0.60)、高退化度(0.60~0.78)5 个等级(图 2)。2020 年玛纳斯河流域生境质量均值为 0.33,各等级区分布有明显异质

性。其中,高质量区占比最小,仅为 1.63%,主要集中在区域西南部以及中部部分地区,与草地和湿地、水域等位置重叠;低质量区和较低质量区集中在区域南部以及东北部边缘地带,与建设用地和裸地位置相关性高,部分较低质量区和低质量区与防护林位置极为吻合;中等质量区占比最大,达到 39.72%,其次是较高质量区,为 27.22%,二者分布广泛,主要与区域内大量存在的耕地、草地和防护林有关。从生境退化度来看,高退化度区和较高退化度区集中在区域西南部和东南部,少部分零散分布在区域西北部和东北夹角处,多呈环状聚集,主要为水域和湿地;低退化度区与低生境质量区类似,主要集中在区域南部两块地区,与建设用地位置较为吻合;其他退化度区在全区域分布较为均匀,无明显特征。二者对比来看,生境质量高等级区一般与退化度的低等级区相呼应,但低等级生境质量区却并不一定对应高等级退化度区。

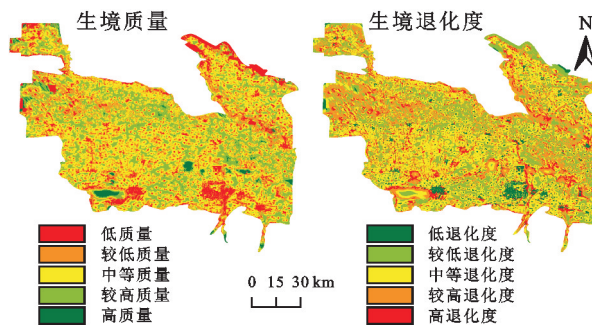


图 2 玛纳斯河流域 2020 年生境质量及退化度
Fig. 2 Habitat Quality and Degradation in the Manas River Basin in 2020

3.2 玛纳斯河流域绿洲防护林景观指数分析

利用 Fragstats 4.2 软件和 Excel 软件计算得到研究区 2020 年各景观格局指数(表 2)。由表可知,防护林景观破碎度最大,是第二位草地的 2.17 倍,远超其他景观类型,说明防护林斑块最为破碎,生态风

险较高;其他景观类型破碎度较小,斑块较为完整。从景观分离度、分维度以及干扰度来看,湿地与水域数值较大,其中水域的景观分离度和干扰度最大,分别是第二位湿地的 1.65 倍和 1.55 倍,相较于其他景观类型更为明显;其他景观类型的分离度、分维度以及干扰度则相对较小。

表 2 玛纳斯河流域各景观格局指数
Table 2 Indices for each landscape pattern in the Manas River Basin

景观类型	景观破碎度	景观分离度	景观分维度	景观干扰度
耕地	2.4964	0.0834	1.7966	0.3853
防护林	16.8896	0.8429	2.2091	0.7232
草地	7.7735	0.7915	2.0337	0.6556
湿地	1.5829	7.3666	2.4675	2.7471
水域	0.5934	12.1451	2.5855	4.2187
建设用地	1.0430	2.0634	2.0764	1.0467
裸地	0.8601	5.7629	2.2512	2.2081

结合研究区防护林景观现状图(图 3),可以认为防护林景观的破碎化,主要由于防护林建设的不完善以及后期维护不合理等原因,区域内防护林条带呈现出明显的闭合程度低、林网结构不合理等特征^[20],这直接导致了其斑块破碎化严重。这一现象与上述生境质量以及退化度的分析相对应,即该区域防护林存在较为明显的生态风险。此外,湿地及水域的景观分离度、分维度以及干扰度较大说明这两种景观类型受干扰较为严重,主要由于区域内依水而建、以水建城,在水域及湿地周遭存在较多的人类活动迹象,因而受干扰情况较为严重,相应指数较高,这也是该区域生态风险增加的重要原因。

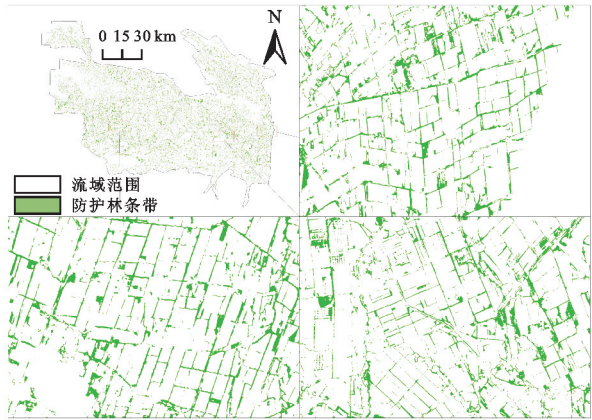


图 3 玛纳斯河流域 2020 年防护林景观现状
Fig. 3 Status of protected forest landscapes in the Manas River Basin in 2020

3.3 玛纳斯河流域景观生态风险评价

根据各个风险网格的景观生态风险指数,利用克

里金插值法得到整个流域的景观生态风险,通过自然断点法将研究区景观生态风险分为低风险区(0.041~0.096)、较低风险区(0.096~0.128)、中等风险区(0.128~0.151)、较高风险区(0.151~0.170)和高风险区(0.170~0.196)5 个等级(图 4),玛纳斯河流域 2020 年整体景观生态风险呈层叠状分布,其中较高生态风险区占比最大,达到 37.82%;其次为高生态风险区,为 34.04%;低生态风险区占比最小,只有 1.26%。从空间分布来看,高生态风险区主要集中在区域中部,少部分位于西北、东北部,较高生态风险区分布较为广泛,高生态风险区则嵌在其中;中等生态风险区和较低生态风险区呈环状将较高生态风险区包围,主要分布在流域边缘地区;低生态风险区零星分布在区域东南角和东北边缘地区,与裸地以及草地等位置较为吻合。

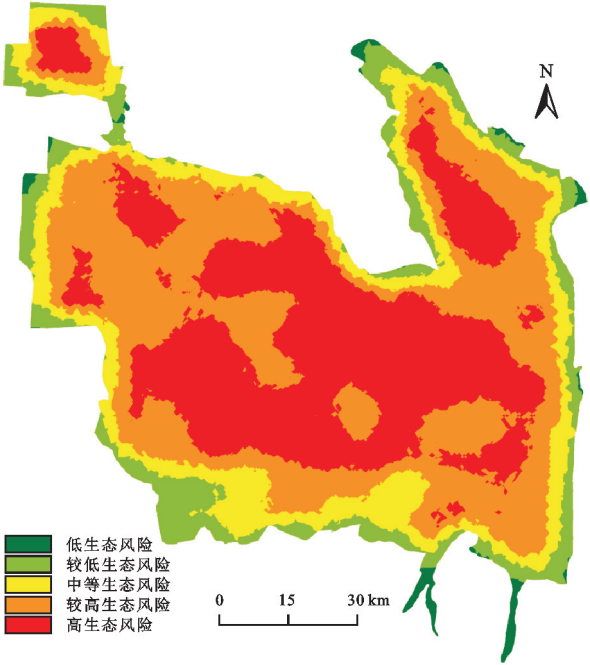


图 4 玛纳斯河流域 2020 年景观生态风险空间分布
Fig. 4 Spatial distribution of landscape ecological risks in the Manas River Basin in 2020

3.4 玛纳斯河流域生境质量与生态风险空间相关性分析

利用 GeoDa 1.12 软件计算 2020 年研究区景观生态风险以及生境质量数据可以得到各自的全局莫兰指数,玛纳斯河流域 2020 年生境质量与景观生态风险 Moran's I 指数分别为 0.470,0.438,均大于 0,表明研究区内景观生态风险值与生境质量均存在空间正相关关系,即邻近单元在空间上呈现出较高程度的相似性,存在一定的集聚趋势。

利用局部自相关分析得到二者的 LISA 集聚图(图 5)。由图可知,2020 年玛纳斯河流域生境质量与

景观生态风险均以高一高聚集和低一低聚集为主。其中,生境质量的低一低集聚区主要分布在区域南部及东北部,高一高集聚区主要分布在区域中部和东部。景观生态风险高一高集聚区主要集中在区域中部,少量分布在西北和东北部;低低集聚区则主要分布在区域边缘地带。结合景观类型来看,生境质量低一低集聚区主要为建设用地和裸地,与低生境质量主要景观类型相符;生境质量高一高集聚区则主要为湿地和水域,与高生境质量主要景观类型相符。生态风险高一高集聚区则主要为耕地、防护林、湿地和水域;低一低集聚区则主要为裸地和草地。

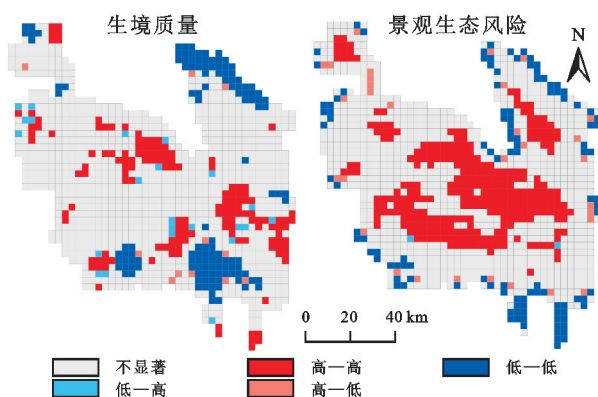


图 5 玛纳斯河流域 2020 年生境质量与景观生态风险 LISA 集聚图

Fig. 5 Manas River Basin 2020 Habitat Quality and landscape ecological risk LISA cluster map

4 讨论

区域生境质量的保持和提高是人民生活 and 生产的保障,景观生态风险的维持与降低是区域生态环境稳定和可持续发展的重要基础。本研究对玛纳斯河流域绿洲区域 2020 年生境质量与景观生态风险进行了综合分析评价。从结果来看,研究区生境质量较差,生境斑块较为破碎,抵抗力和稳定性较弱,容易受到破坏而出现生态安全事故^[29],这主要与区域内耕地的以及防护林条带的广泛分布有关,作为区域改善环境质量的防护林条带有相当部分呈现出较低的生境质量和高退化度,说明玛纳斯河流域的防护林的防护功能未能充分展现^[20]。并且,部分高生境质量的湿地、水域等还表现出较高的退化度同样值得关注。此外,流域内景观生态风险分布空间差异性明显,高生态风险区主要集中在区域中部,结合表 2 中各景观类型的景观格局指数可以认为,区域内大量存在的农田、防护林以及受干扰程度较高的湿地和水域是流域景观生态风险较高主要诱因^[16,30]。值得注意的是,研究区边缘地带以较低生态风险区和低生态风险区为主,这些地区主要为

裸地和草地,这两种景观类型多年来已经形成较为稳定的景观结构,景观破碎度以及敏感程度均较低。综上所述,研究区内生境质量和景观生态风险的分布与景观格局息息相关,呈现出较强的空间聚集现象,因此,合理规划耕地,加强防护林建设与维护以使其充分发挥防护作用,切实保护湿地与水域等,有利于提高玛纳斯河流域生境质量与降低景观生态风险。

本研究基于玛纳斯河流域绿洲区域的景观类型,利用模型对研究区的生境质量和景观生态风险进行了分析,并对主要诱因进行了甄别,能够为流域生态环境的改善和区域可持续发展提供理论依据,但在某些方面仍然存在局限性。首先,利用模型对区域生境质量和景观生态风险进行测算,在相关参数的设定上通常是在前人类类似地域的研究基础上所确定的,难免会存在一定的主观性;其次,区域生境质量和景观生态风险在不同特征性地区存在较大的差异性,其受到多种因素影响,并且二者与景观类型间的具体耦合过程尚不明晰,未来需要结合多种可能因素及影响机理进行综合探讨;最后,本文选取研究区一年的数据进行分析,年际间对比分析欠缺,从研究的连续性上看,后续需要从长时间序列的角度进行综合分析评价。

5 结论

2020 年玛纳斯河流域整体生境质量较低,生境质量较高的湿地及水域等面临较高的退化风险;流域内防护林条带的破碎程度较高导致流域内景观破碎化严重;设用地的空间格局改变导致湿地及水域的景观分离度、分维度和干扰度指数较高;流域景观生态较高和高生态风险区分布较广,低生态风险区分布最少;且生境质量与景观生态风险呈现出较为明显的空间集聚效应,均以高一高聚集和低一低聚集结构为主,呈现出较强的空间正相关性。阐明玛纳斯流域景观格局对生境质量和景观生态风险的影响,有利于绿洲农业开发、防护林合理规划保护、城市规划布局的实施,为流域生态环境的改善和区域可持续发展提供参考建议。

参考文献 (References):

- [1] 牛铮,李加洪,高志海,等.《全球生态环境遥感监测年度报告》进展与展望[J].遥感学报,2018,22(4):672-685.
Niu Z, Li J H, Gao Z H, et al. Progress and future of China's annual report on remote sensing monitoring of global ecosystem and environment[J]. National Remote Sensing Bulletin, 2018,22(4):672-685.
- [2] Chen M J, Bai Z K, Wang Q R, et al. Habitat quality effect and driving mechanism of land use transitions: A case study of Henan water source area of the middle route of the south-to-north water transfer project[J].

- Land, 2021, 10(8):796.
- [3] 勾蒙蒙, 刘常富, 李乐, 等. 三峡库区典型流域生境质量时空演变特征与情景模拟[J]. 生态学杂志, 2023, 42(1): 180-189.
- Gou M M, Liu C F, Li L, et al. Spatiotemporal variations and scenario simulation of habitat quality in a typical basin of the Three Gorges Reservoir Area[J]. Chinese Journal of Ecology, 2023, 42(1):180-189.
- [4] Wang Q X, Zhang P Y, Chang Y H, et al. Landscape pattern evolution and ecological risk assessment of the Yellow River Basin based on optimal scale[J]. Ecological Indicators, 2024, 158:111381.
- [5] Mo W B, Wang Y, Zhang Y X, et al. Impacts of road network expansion on landscape ecological risk in a megacity, China: a case study of Beijing[J]. Science of the Total Environment, 2017, 574:1000-1011.
- [6] 许宝荣, 刘一川, 董莹, 等. 基于 InVEST 模型的兰州地区生境质量评价[J]. 中国沙漠, 2021, 41(5):120-129.
- Xu B R, Liu Y C, Dong Y, et al. Evaluation of habitat quality in Lanzhou Region based on InVEST model[J]. Journal of Desert Research, 2021, 41(5):120-129.
- [7] Zhang Z C, Zhang H J, Feng J, et al. Evaluation of social values for ecosystem services in urban riverfront space based on the SolVES model: a case study of the Fenghe River, Xi'an, China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(5):2765.
- [8] Boumans R, Costanza R, Farley J, et al. Modeling the dynamics of the integrated earth system and the value of global ecosystem services using the GUMBO model[J]. Ecological Economics, 2002, 41(3):529-560.
- [9] 刘孟竹, 张红娟, 王彦芳, 等. 基于土地利用的北方农牧交错带生境质量研究[J]. 水土保持研究, 2021, 28(3): 156-162.
- Liu M Z, Zhang H J, Wang Y F, et al. Characteristics of habitat quality in the agro-pastoral ecotone of northern China based on land uses[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 28(3):156-162.
- [10] 夏哲一, 刘黎明, 袁承程, 等. 基于社会-生态耦合视角的城市边缘区生境服务评估与分区[J]. 生态学报, 2024, 44(4):1501-1513.
- Xia Z Y, Liu L M, Yuan C C, et al. Assessment and zoning of habitat services in urban fringe areas from the perspective of social-ecological coupling[J]. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(4):1501-1513.
- [11] Wang H X, Yuan W Q, Ma Y J, et al. Spatiotemporal dislocation of ecosystem supply and demand services from habitat quality under different development scenarios[J]. Ecological Indicators, 2023, 157:111230.
- [12] 孙琦, 白中科, 曹银贵, 等. 特大型露天煤矿土地损毁生态风险评价[J]. 农业工程学报, 2015, 31(17):278-288.
- Sun Q, Bai Z K, Cao Y G, et al. Ecological risk assessment of land destruction in large open-pit mine[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2015, 31(17):278-288.
- [13] 杨磊, 刘凤莲. “三生空间”视角下滇中城市群景观生态风险评价及驱动因素研究[J]. 西南林业大学学报: 自然科学, 2024, 44(4):1-13.
- Yang L, Liu F L. Landscape ecological risk assessment and driving factors of urban agglomeration in central Yunnan from the perspective of production-living-ecological space[J]. Journal of Southwest Forestry University: Natural Sciences, 2024, 44(4):1-13.
- [14] 田雅楠, 马龙, 吴全. 黄河流域内蒙古段土地利用演变与景观生态风险评价[J]. 生态科学, 2023, 42(5):103-113.
- Tian Y N, Ma L, Wu Q. Landscape ecological risk assessment in Inner Mongolia reach of Yellow River based on land use evolution[J]. Ecological Science, 2023, 42(5):103-113.
- [15] Xu M L, Matsushima H. Multi-dimensional landscape ecological risk assessment and its drivers in coastal areas[J]. Science of the Total Environment, 2024, 908:168183.
- [16] 杨帆, 金晓斌, 刘晶, 等. 时空动态视角下快速城市化地区景观生态风险评价与分区[J]. 农业工程学报, 2023, 39(18):253-261.
- Yang F, Jin X B, Liu J, et al. Assessing landscape ecological risk in rapidly urbanized areas from the perspective of spatiotemporal dynamics[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2023, 39(18):253-261.
- [17] Xie J F, Zhao J, Zhang S S, et al. Optimal scale and scenario simulation analysis of landscape ecological risk assessment in the Shiyang River Basin[J]. Sustainability, 2023, 15(22):15883.
- [18] Ling H B, Yan J J, Xu H L, et al. Estimates of shifts in ecosystem service values due to changes in key factors in the Manas River basin, northwest China[J]. Science of the Total Environment, 2019, 659:177-187.
- [19] 梁二敏, 张军民, 胡蒙蒙, 等. 新疆玛纳斯河流域景观生态风险评价[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2017, 35(6):759-765.
- Liang E M, Zhang J M, Hu M M, et al. Assessment of landscape ecological risk in Manas River Basin of Xinjiang[J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 2017, 35(6):759-765.
- [20] 杨书雅, 杨会巾, 刘丽娟, 等. 玛纳斯河流域绿洲农田防护林景观格局评价[J]. 生态学杂志, 2017, 36(6):1690-1698.
- Yang S Y, Yang H J, Liu L J, et al. Evaluating the landscape pattern of the farmland windbreaks in the Manas River Basin oasis[J]. Chinese Journal of Ecology, 2017, 36(6):1690-1698.

- [21] 何颖,马松梅,张林,等.玛纳斯河流域 NPP 时空变化及其生物多样性维护功能重要性评价[J].生态学报,2023,43(11):4664-4673.
He Y, Ma S M, Zhang L, et al. Spatio-temporal change of net primary productivity and the evaluation of the importance of biodiversity maintenance functions in Manas River Basin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(11):4664-4673.
- [22] 范文波,吴普特,马枫梅.膜下滴灌技术生态-经济与可持续性分析:以新疆玛纳斯河流域棉花为例[J].生态学报,2012,32(23):7559-7567.
Fan W B, Wu P T, Ma F M. Socio-economic impacts of under-film drip irrigation technology and sustainable assessment: A case in the Manas River Basin, Xinjiang, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012,32(23):7559-7567.
- [23] Xu H T, Song Y C, Tian Y. Simulation of land-use pattern evolution in hilly mountainous areas of North China: A case study in Jincheng[J]. Land Use Policy, 2022,112:105826.
- [24] 师君银,马勇刚,许仲林.喀什地区土地利用变化对生境质量的影响[J].西南农业学报,2023,36(11):2480-2490.
Shi J Y, Ma Y G, Xu Z L. Impact of land use changes on habitat quality in Kashgar region [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2023,36(11): 2480-2490.
- [25] 隋露,闫志明,李开放,等.人类活动及气候变化影响下伊犁河谷生境质量预测研究[J].干旱区地理,2024,47(1):104-116.
Sui L, Yan Z M, Li K F, et al. Prediction of habitat quality in the Ili River Valley under the influence of human activities and climate change[J]. Arid Land Geography, 2024,47(1):104-116.
- [26] 吕乐婷,张杰,孙才志,等.基于土地利用变化的细河流域景观生态风险评估[J].生态学报,2018,38(16): 5952-5960.
Lü L T, Zhang J, Sun C Z, et al. Landscapeecological risk assessment of Xi river Basin based on land-use change[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018,38(16):5952-5960.
- [27] 康紫薇,张正勇,位宏,等.基于土地利用变化的玛纳斯河流域景观生态风险评价[J].生态学报,2020,40(18): 6472-6485.
Kang Z W, Zhang Z Y, Wei H, et al. Landscape ecological risk assessment in Manas River Basin based on land use change[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(18):6472-6485.
- [28] 张学斌,石培基,罗君,等.基于景观格局的干旱内陆河流域生态风险分析:以石羊河流域为例[J].自然资源学报,2014,29(3):410-419.
Zhang X B, Shi P J, Luo J, et al. The ecological risk assessment of arid inland river basin at the landscape scale: A case study on Shiyang River Basin[J]. Journal of Natural Resources, 2014,29(3):410-419.
- [29] 于航,刘学录,赵天明,等.基于景观格局的祁连山国家公园景观生态风险评价[J].生态科学,2022,41(2):99-107.
Yu H, Liu X L, Zhao T M, et al. Landscape ecological risk assessment of Qilian Mountain National Park based on landscape pattern [J]. Ecological Science, 2022,41(2):99-107.
- [30] An L, Shen L, Zhong S, et al. Transboundary ecological network identification for addressing conservation priorities and landscape ecological risks: Insights from the Altai Mountains[J]. Ecological Indicators, 2023,156:111159.

~~~~~  
(上接第 327 页)

- [27] 吕文宝,徐占军,郭琦,等.黄土高原陆地生态系统碳储量的时间演进与空间分异特征[J].水土保持研究,2024,31(2):252-263.  
Lü W B, Xu Z J, Guo Q, et al. Research on the temporal evolution and spatial differentiation characteristics of carbon storage in terrestrial ecosystems on the Loess Plateau[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2024,31(2):252-263.
- [28] Li Y L, He Y, Liu W Q, et al. Evaluation and prediction of water yield services in Shaanxi Province, China [J]. Forests, 2023,14(2):229.
- [29] 赵雪雁,马平易,李文青,等.黄土高原生态系统服务供需关系的时空变化[J].地理学报,2021,76(11):2780-2796.  
Zhao X Y, Ma P Y, Li W Q, et al. Spatiotemporal changes of supply and demand relationships of ecosystem services in the Loess Plateau[J]. Acta Geographica Sinica, 2021,76(11):2780-2796.
- [30] 石金鑫,梁小英,李辉蕾,等.陕北黄土高原景观格局对生态系统服务权衡关系的影响[J].生态学报,2023,43(21):8958-8972.  
Shi J X, Liang X Y, Li H Q, et al. Impact of landscape pattern on ecosystem service trade-offs in the Loess Plateau of northern Shaanxi[J]. Acta Ecologica Sinica, 2023,43(21):8958-8972.