

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2023.05.029.

刘强, 尉飞鸿, 夏雪, 等. 1980—2020年窟野河流域土地利用景观格局演变及其驱动力[J]. 水土保持研究, 2023, 30(5): 335-341.

LIU Qiang, WEI Feihong, XIA Xue, et al. Landscape Pattern Evolution and Driving Forces of Land Use in Kuye River Basin from 1980 to 2020 [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023, 30(5): 335-341.

1980—2020年窟野河流域土地利用 景观格局演变及其驱动力

刘 强^{1,2}, 尉飞鸿^{1,3}, 夏 雪¹, 张明月¹, 王新民¹, 穆兴民², 徐德华⁴

(1.天水师范学院 资源与环境工程学院, 甘肃 天水 741000; 2.中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3.东华理工大学 地球科学学院, 南昌 330013; 4.太原师范学院 地理科学学院, 山西 晋中 030619)

摘 要: [目的] 探讨 1980—2020 年窟野河流域土地利用景观演变过程及其驱动因素, 为黄河全流域生态系统的管理与高质量发展提供参考。[方法] 选取 Landsat 系列遥感数据为数据源, 利用景观生态学和 GIS 空间分析对窟野河流域土地利用景观格局变化特征进行分析, 并结合气候数据和社会经济数据探讨了窟野河流域土地利用景观格局演变的驱动因素。[结果] 窟野河流域耕地面积从 1980 年的 1677.92 km² 减少到 2020 年的 1365.58 km²; 草地面积从 1980 年的 5144.35 km² 减少到 2020 年的 5038.97 km²; 林地面积和建设用地面积分别增加 86.07 km², 798.96 km², 水域面积和未利用土地面积分别减少 60.25 km², 408.72 km²。1980—2020 年窟野河流域土地利用类型转移主要有未利用土地转向耕地和草地, 占未利用土地面积减少量的 8.63% 和 61.47%; 耕地、草地和未利用土地转向建设用地, 占建设用地面积增加量的 23.07%, 50.98% 和 10.95%, 且 2000—2020 年土地利用类型转移强度高于 1980—2000 年。流域内景观斑块表现出斑块数量增加, 相连度减小, 破碎化程度增加, 分割度升高, 凝聚度降低和复杂度上升的特征。[结论] 气候变化和人类活动都是造成窟野河流域土地利用景观格局演变的影响因素, 其中流域内逐年增强的人类活动是促使景观格局发生演变的主要因素, 而气候变化是次要因素。

关键词: 黄河中游; 窟野河流域; 气候变化; 景观格局; 驱动力

中图分类号: P901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2023)05-0335-07

Landscape Pattern Evolution and Driving Forces of Land Use in Kuye River Basin from 1980 to 2020

LIU Qiang^{1,2}, WEI Feihong^{1,3}, XIA Xue¹, ZHANG Mingyue¹,
WANG Xinmin¹, MU Xingmin², XU Dehua⁴

(1.College of Resources and Environmental Engineering, Tianshui Normal University, Tianshui, Gansu 741000, China; 2.State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3.School of Earth Science, East China University of Technology, Nanchang 330013, China; 4.School of Geography Science, Taiyuan Normal University, Jinzhong, Shanxi 030619, China)

Abstract: [Objective] This study aims to explore the evolution process and driving factors of land use landscape in Kuye River Basin from 1980 to 2020, and to provide reference for the management and high-quality development of ecosystem in the whole Yellow River Basin. [Methods] Landsat series remote sensing data were selected as the data source, and the characteristics of land use landscape pattern change in the Kuye River Basin were analyzed by landscape ecology and GIS spatial analysis. Combined with climate data and socioeconomic data, the driving factors of land use landscape pattern evolution in Kuye River Basin were discussed. [Results] The cultivated land area in the Kuye River Basin decreased from 1677.92 km² in 1980 to

收稿日期: 2022-08-14

修回日期: 2022-09-04

资助项目: 国家自然科学基金“黄土区地表产流机制变化对植被恢复的响应”(42077075)

第一作者: 刘强(1983—), 男, 甘肃兰州人, 博士, 副教授, 研究方向为区域资源与环境。E-mail: guangmingliu1983@163.com

通信作者: 穆兴民(1961—), 男, 陕西华阴人, 博士, 研究员, 博士生导师, 研究方向为生态水文。E-mail: xmmu@ms.iswc.ac.cn

<http://stbcyj.paperonce.org>

1 365.58 km² in 2020. The grassland area decreased from 5 144.35 km² in 1980 to 5 038.97 km² in 2020. The forestland area and construction land area increased by 86.07 km² and 798.96 km², respectively, while the water area and unused land area decreased by 60.25 km² and 408.72 km², respectively. From 1980 to 2020, the transfer of land use types was mainly from unused land to arable land and grassland, accounting for 8.63% and 61.47% of the reduction of unused land area. Arable land, grassland and unused land transferred to construction land accounted for 23.07%, 50.98% and 10.95% of the increase of construction land area, and the intensity of land use type transfer from 2000 to 2020 was higher than that from 1980 to 2000. The landscape patches in the watershed showed the characteristics of increasing the number of patches, decreasing the degree of connectedness, increasing the degree of fragmentation, increasing the degree of segmentation, decreasing the degree of cohesion and increasing the complexity. [Conclusion] Climate change and human activities are both the influencing factors of landscape pattern evolution in Kuye River Basin, among which the increasing human activities are the main factor promoting landscape pattern evolution, while climate change is the secondary factor.

Keywords: middle reaches of the Yellow River; Kuye River Basin; climate change; landscape pattern; driving force

土地利用作为一种人类活动的干预系统,是引起地表各种过程变化的主要原因之一^[1]。土地利用的结构、过程和格局发生显著变化^[2],会在一定程度上造成区域水土流失、土地退化等多种生态环境问题^[3-6],所以研究土地利用变化是流域水资源管理、规划与高质量发展的核心问题^[7]。景观格局是大小不一和性状各异的景观要素在空间上的排列,是对各种自然和人类活动要素在复杂时空尺度作用的最终结果,是土地利用最直接的表现形式^[8-11]。景观格局的改变影响着流域生态系统的物质循环和能量流动,决定着流域景观生态系统的循环发展^[12]。目前,由于受到人类活动破坏和气候变化的影响,流域土地利用景观格局正在不断发生变化,因此,进行流域景观格局动态变化与驱动力探究,是促进人地和谐共生的重要途径之一。

窟野河处于半湿润半干旱区向干旱区的过渡带,是黄河全流域最重要的生态屏障之一,也是黄河流域气候变化的敏感区和生态环境脆弱区^[13-16],还是黄河流域水土保持工程建设重点区域^[17-19]。尤其是近60年来,气候变化和水土保持生态建设而引起的土地利用景观格局变化已致使流域景观格局发生显著变化,因此,通过土地利用景观格局分析,找出产生和控制景观格局的影响机制,可为生态环境脆弱区土地资源的可持续利用的研究提供理论基础^[20-23]。目前相关研究大多聚焦于定性分析以及现象描述,研究时间尺度较短,但是土地利用景观格局演变是一个长期的动态变化过程,短期研究难以揭示长期演变规律。基于此,研究定位于水土流失严重的黄河中游典型流域窟野河流域,选取 Landsat 系列遥感数据,利用景

观生态学和 GIS 空间分析对窟野河流域土地利用景观格局变化特征进行分析,并结合气候数据和社会经济数据探讨窟野河流域土地利用景观格局演变的驱动因素,以期优化黄河全流域水资源合理分配,践行黄河流域生态保护与高质量发展的国家战略提供理论指导和科技支撑。

1 研究区概况

窟野河位于黄河中游晋陕交界处的黄土高原丘陵沟壑区,是黄河的一级支流,全长 242 km,流域面积约 8 706 km²,地处中纬度大陆腹地,紧邻毛乌素沙漠,位于黄土丘陵区与鄂尔多斯台地的交错过渡区,地貌类型复杂,地势呈西北高、东南低。窟野河发源于内蒙古自治区东胜区南部,自西北向东南流入陕西省,最终在神木县沙峁头村汇入黄河主河道,地理坐标位于 109°28′—110°52′N, 38°23′—39°52′E,常年受温带大陆性季风气候影响,多年平均气温约 8.97℃,多年平均降水量为 441 mm,降水年内变化大,最大降水量主要出现在每年的 7 月和 8 月,占全年降水量的 55%~65%。

窟野河流域土壤贫瘠,结构松散,多为疏松多孔黄土和稀疏矮灌木为主的地貌景观,土壤抗水性和抗风蚀能力差,流域内植被稀少,上游主要为干草原落叶阔叶灌丛植被和沙生植物,下游多为一年或者多年草本植物,主要以耐干旱的沙蒿、沙柳、蹋郎、沙米等植物为主。窟野河流域耕地主要分布在沿河流域和地势较低的东南部地区,西北部较少;建设用地主要分布在流域的北部和中部,整体上分布于乌兰木伦河和悖牛川河两条支流附近;未利用土地主要

分布在流域中部和西北部地区,其余地区主要分布林地和草地(图 1)。

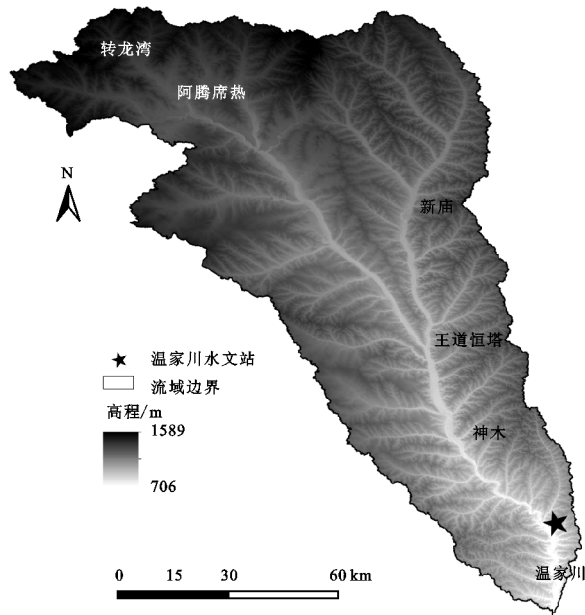


图 1 窟野河流域地理位置及水文站点分布

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

气候数据来自中国气象数据网(<http://data.cma.cn>) 10 个气象站(东胜、包头、鄂托克旗、河曲、兴县、五寨、离石、榆林、横山和绥德)1980—2020 年地面逐日气象观测数据,进行空间插值,取平均值来反映气候变化状况;土地利用数据来自中国科学院资源环境科学与数据中心平台(<https://www.resdc.cn/>)和地理空间数据云平台(<https://www.gscloud.cn/>)的 Landsat 数据进行土地利用分类,遥感图像利用 ENVI5.3 进行预处理并进行模型计算,通过 Arc-Map10.8.1 进行统计分析;社会经济数据来源于历年国民经济统计公报和中国经济社会大数据研究平台(<http://data.cnki.net/New Home/index>)。

2.2 研究方法

2.2.1 景观格局指数 景观格局特征指不同地物景观类型在地面空间结构特征,能反映人类对自然环境的一般干扰程度。不同景观格局特征指数具有不同的物理意义与生态意义^[16]。通过参考关于土地利用景观格局的研究成果^[24-26],选取斑块密度(PD)、最大斑块占景观面积比例(LPI)、最大景观形状指标(LSI)、凝聚度指数(CONTAG)、景观分割度(DIVISION)、香农多样性(SHDI)、聚合度(AI)和斑块结合度(COHESION)等 8 个指标来反映斑块面积、密度、邻近度、多样性和聚散性等景观特征,计算参照

《FRSGSTATS 3.3 操作手册》,具体计算方法与生态学意义如下:

(1) 斑块密度(PD, Patch Density):即单位面积上各个斑块/斑块的个数,能较好反映景观的破碎化程度和人类活动对景观的干扰程度,计算公式如下:

PD=1/C * sum_{i=1}^M N_i (1)

式中:M 为研究区内的整个景观类型总个数面积;C 为研究区内单个景观的数量。

(2) 最大斑块占景观面积比例(LPI, Largest Patch Index):为某一确定区域内最大斑块在整个景观面积中的占比,可衡量区域内物种的丰度、数量等特征,能反映人类活动的力度,计算公式如下:

LPI=max(a_1, a_2, ..., a_n)/A * 100 (2)

式中:A 为景观总面积;a_i 为斑块 i 的面积。

(3) 最大景观形状指标(LSI, Landscape Shape Index):斑块周长与斑块面积的数学比值,一般 LSI 数值越大则斑块的形状越复杂。计算公式如下:

LSI=0.25E/sqrt(A) (3)

式中:E 为斑块的周长;A 为景观总面积。

(4) 凝聚度指数(CONTAG, Contagion Index):反映景观里不同斑块类型的凝聚程度或延展趋势,计算公式如下:

CONTAG=[sum_{i=1}^m sum_{j=1}^n p_i * g_ik / (sum_{k=1}^m g_ik) * ln(p_i) * g_ik / (sum_{k=1}^m g_ik)] / (2ln(m)) * 100 (4)

式中:M 为斑块类型总数;g_ik 为随机选择的两个相邻斑块属于类型 i 和 k 的概率。

(5) 景观分割度(DIVISION, Landscape Division Index):反映景观的分割化、破碎化程度,计算公式如下:

DIVISION=1 - sum_{j=1}^n a_ij / A (5)

式中:a_ij 为第 i 类景观第 j 斑块的面积;A 为景观总面积。

(6) 香农多样性(SHDI, Shannon's Diversity Index):用于调查植物群落局域生境内多样性,计算公式如下:

SHDI=-sum_{i=1}^m [P_i ln(P_i)] (6)

式中:P 为斑块类型所占景观总面积的比例;i 为斑块数量。

(7) 聚合度(AI):反映景观格局的聚合度,一般其数值越大,表示景观格局的聚合度越高,计算公式如下:

$$AI = \left[\frac{g_{ij}}{\max - g_{ij}} \right] \times 100 \quad (7)$$

式中: g_{ij} 为相似斑块*i*与*j*的数量。

(8) 斑块结合度:反映某一斑块类型与周围斑块的空间相连程度,计算公式如下:

$$COHESION = \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^m P_{ij}}{\sum_{j=1}^m p_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right) \left(1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right)^{-1} \times 100 \quad (8)$$

式中: P_{ij} 为*ij*斑块周长; a_{ij} 为*ij*斑块面积; A 为景观总面积。

2.2.2 灰色关联分析 利用灰色关联法计算自然因素、社会经济因素与景观格局指数间的关联度。通过参考序列去映射系统状况,用灰色关联系数来表示参考指标和比较指标之间的关系,关联系数越高,表示比较指标对参考指标的影响越大,反之越小。其计算公式如下:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k |y(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y(k) - x_i(k)|}{|y(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y(k) - x_i(k)|} \quad (9)$$

式中: ρ 为分辨系数,通常取值为0.5; $|y(k) - x_i(k)|$ 为比较列和参考列插值的绝对值; $\min_i \min_k |y(k) - x_i(k)|$ 和 $\max_i \min_k |y(k) - x_i(k)|$ 分别为比较列和参考列差值绝对值的最大值和最小值。

3 结果与分析

3.1 土地利用类型面积变化

由表1可知,1980—2000年窟野河流域土地利用变化总体上呈“三增三减”的变化特征,林地、水域和未利用土地面积在减少,其中未利用土地减少面积最多,为261.97 km²,林地减少面积次之,为9.99 km²,水域减少面积最少,为2.88 km²;耕地、草地和建设用地面积在增加,其中耕地增加面积18.39 km²,草地增加面积250.08 km²,建设用地增加面积6.39 km²。2000—2020年窟野河流域土地利用类型面积变化主要为林地和建设用地面积增加,而草地、耕地、水域和未利用土地面积减少,其中建设用地在1980—2000年几乎无明显变化,但在2000—2020年建设用地增长速率极快,建设用地面积占流域总面积比例由1980年的1.01%升至2020年10.50%,年均增长率为105.79%,在所有土地类型中增幅最高,这表明区域内日渐加强的人类活动对建设用地的扩张产生了

重要影响,尤其是流域内城镇化建设和人口快速增长,将对建设用地产生更多需求,其用地主要为流域内一些平坦而产量很高的沿河耕地转换而来^[7]。此外,窟野河流域内神府等煤田的大规模开采,包括煤炭开采人员居住用地,交通用地和配套服务用地等生产生活配套设施都会引起建设用地面积显著增加^[27-28]。

表1 1980—2020年窟野河流域土地利用变化特征

	km ²		
土地利用类型	1980年	2000年	2020年
耕地	1677.92	1696.31	1365.58
林地	365.50	355.51	451.57
草地	5144.35	5394.43	5038.97
水域	256.16	253.28	195.91
建设用地	78.29	84.68	877.25
未利用土地	831.58	569.61	422.86

由图2可知,1980—2020年窟野河流域土地利用类型上仍以草地和耕地为主,虽面积略有波动,但始终是最有优势的两种土地利用类型。1980年、2000年、2020年窟野河流域草地面积分别为5144.35 km², 5394.43 km², 5038.97 km²,占流域面积的比例都超过了一半,分别为61.58%, 64.57%和60.33%。耕地面积由1980年1677.92 km²减小到2020年的1365.58 km²,面积比例由1980年19.27%降至2020年15.68%;水域面积由1980年256.16 km²减小到2020年的195.91 km²,面积比例由1980年3%降至2020年2.3%;未利用土地由1980年831.58 km²减小到2020年的422.86 km²,面积比例由1980年9.95%降至2020年5.06%;林地面积整体上呈上升趋势,由1980年360.50 km²增加到2020年的451.57 km²,其主要原因一方面是由于窟野河流域降水呈增加趋势,流域内陡坡地和荒地大面积转变为林地,使植被群落层次结构明显改善;另一方面受2000年后国家在流域内实行退耕还林政策的影响^[2]。

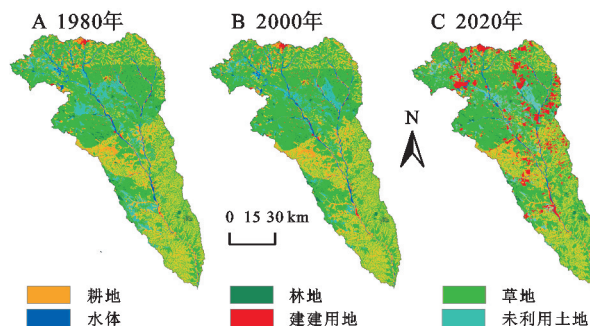


图2 窟野河流域土地利用类型空间分布

3.2 土地利用类型转化特征分析

由图3可知,1980—2000年窟野河流域土地利用类型转移主要以未利用土地转向耕地和草地面积

转移为主,分别占未利用土地面积减少量的 5.01%和 91.97%。2000—2020 年窟野河流域土地利用类型转移主要以耕地和草地向建设用地面积转移为主,分别占建设用地面积增加量的 21.77%和 48.62%。1980—2020 年窟野河流域土地利用类型转移主要有未利用土地转向耕地和草地,分别占未利用土地面积减少量的 8.63%和 61.47%;耕地、草地和未利用土地转向建设用地,分别占建设用地面积增加量的 23.07%, 50.98%和 10.95%。通过对 1980—2000 年和 2000—2020 年两期土地利用转移数据比较,得出 2000—2020 年流域土地利用转移强度明显高于 1980—2000 年,土地利用类型转化更加复杂。

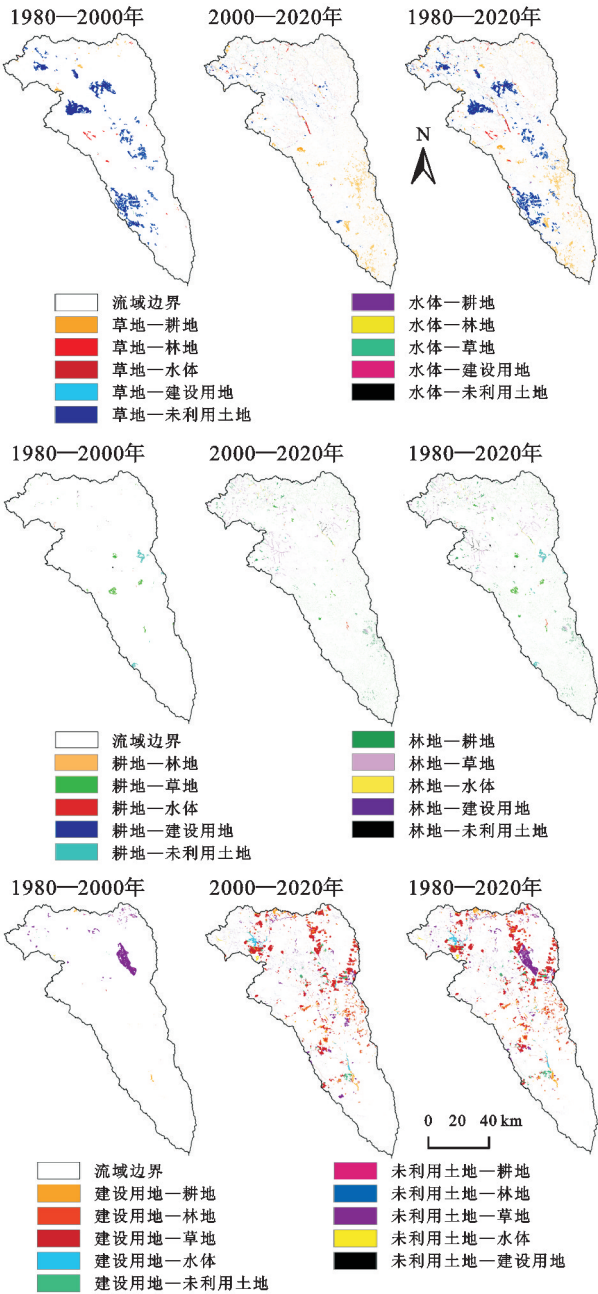


图 3 1980—2020 年窟野河流域土地利用类型面积转移特征

3.3 景观格局指数演变特征分析

由表 2 可知,1980—2020 年窟野河流域景观指数 PD 值总体在增大,表明土地利用破碎度升高,人类活动对景观的干扰程度不断增强,这与窟野河流域人口快速增长以及流域内积极贯彻实施退耕还林等生态环境保护政策导致斑块密度不断增加有关。COHESION 和 CONTAG 周围斑块的空间相连程度不断减小,这表明相同地理景观类型经过人类活动或其他生态环境过程,会造成离散程度不断增大,这与窟野河流域煤炭开采力度不断加大,造成建设用地更加分散有关,还与窟野河流域积极施行退耕还林还草政策,使得林地、草地斑块对耕地、未利用土地斑块的入侵,造成斑块的空间聚集程度更加分散有关。LSI 与 DIVISION 呈增大趋势,表明景观形状、植物群落多样性和景观分割化、破碎化程度逐渐复杂,其主要原因是流域内的人类活动导致建设用地对其他用地类型侵占不断加强,使得斑块形状愈加复杂和不规则。LPI 呈增大趋势,表明流域的景观分割度升高,AI 凝聚度降低,表明流域内相同的景观斑块经过人类活动作用后,致使景观破碎化程度升高,凝聚连通性降低。SHDI 呈减小趋势,表明研究区内土地利用类型多样,物种丰富且各类型斑块的分布状况越来越复杂,土地利用变化程度明显。

3.4 土地利用景观格局变化的驱动因素分析

利用灰色关联分析进行景观格局指数与驱动因子之间的关联度计算,各驱动因子关联度越高,比较序列对参考序列的影响越大,反之,比较序列对参考序列的影响越小。研究选取年平均降水量(X_1)、年平均气温(X_2)、总人口(X_3)、城镇人口(X_4)、农村人口(X_5)、地区生产总值(X_6)、人均 GDP(X_7)、第二产业生产总值(X_8)、第三产业生产总值(X_9)、年末耕地面积(X_{10})等指标数据,来反映自然环境状况和人类活动与景观格局指数之间的关联度。

由表 3 可知,选取的气温指标与流域景观格局指数的关联度分布在 0.211~0.372,降水指标与流域景观格局指数的关联度分布在 0.233~0.435,气温指标与流域景观格局指数整体上大于降水指标与流域景观格局指数的关联度,表明年均气温比年均降水量对景观格局变化的影响大。人类活动指标(X_3 — X_{10})与景观格局指数的关联度分布在 0.414~0.834,人类活动与景观格局的关联度大于气候因素与景观格局指数的关联度,表明窟野河流域内土地利用景观格局变化与人类活动有密切联系。

表 2 窟野河流域景观格局指数变化特征

年份	PD	LPI	LSI	CONTAG	DIVISION	AI	SHDI	COHESION
1980	0.513	12.483	86.613	64.145	0.957	94.461	1.138	99.325
1990	0.525	13.546	86.672	64.117	0.943	94.459	1.139	99.326
2000	0.555	13.816	87.579	65.941	0.938	94.591	1.126	99.326
2005	0.556	14.487	87.674	64.652	0.941	94.332	1.123	99.292
2010	0.564	14.534	88.042	64.726	0.948	94.435	1.122	99.243
2015	0.633	15.117	88.916	63.137	0.962	94.442	1.117	99.236
2020	0.744	15.516	89.285	63.085	0.970	94.302	1.114	99.231

表 3 景观格局指数与驱动因素关联度

项目	景观格局指数	驱动因素									
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
破碎度	PD	0.372	0.322	0.733	0.827	0.757	0.414	0.446	0.677	0.437	0.522
	LPI	0.335	0.208	0.727	0.834	0.744	0.448	0.488	0.682	0.426	0.509
	LSI	0.307	0.424	0.715	0.802	0.783	0.433	0.463	0.689	0.472	0.512
	DIVISION	0.299	0.211	0.722	0.811	0.782	0.425	0.477	0.692	0.498	0.508
	CONTAG	0.305	0.255	0.699	0.807	0.801	0.432	0.472	0.671	0.484	0.515
多样性	AI	0.325	0.435	0.624	0.832	0.813	0.496	0.481	0.721	0.477	0.496
	SHDI	0.211	0.422	0.647	0.831	0.822	0.485	0.436	0.733	0.512	0.499
连通性	COHESION	0.299	0.377	0.634	0.825	0.822	0.443	0.452	0.736	0.504	0.501

4 讨论

土地利用景观格局演变是自然因素和人类活动的综合反映。自然因素作为长期影响因素,时刻影响着景观格局的变化。窟野河流域地处干旱区,远离海洋,靠近沙漠,具有典型的大陆季风气候特征,气候变化过程会在一定程度上影响流域自然环境,进而影响流域土地利用景观格局。通过对 1980—2020 年流域年平均气温和年平均降水量统计分析发现,年降水量增加速度为 0.543 mm/a($p>0.1$),年均气温增加速度为 0.026℃/a, ($p>0.1$),气候总体呈现变暖特征^[4]。气温升高会造成流域气温升高,蒸发量增加,土壤含水量降低,地下水位降低,调节径流能力减低,土壤质量降低,进而影响流域生态平衡,引起景观格局复杂化和破碎化。利用灰色关联分析,得出气候因素整体上与景观格局平均关联度较低,表明气候因素是流域生态环境恢复和实现高质量发展的动力源泉,但不是影响景观格局演变的唯一因素,还有其他因素对土地利用景观格局演变产生影响^[27]。

人类活动是短时间内驱动区域景观格局发生变化的重要因素,决定着景观格局变化的方向。在土地利用景观格局驱动因素分析中,人类活动与景观格局的关联度大于气候因素与景观格局指数的关联度,表明人类活动比气候因素对景观格局演变具有更强影响,是景观格局演变最具活力的驱动因素。1980—2020 年窟野河流域总人口由 1980 年的 37.5 万人增

加至 2020 年的 120 万人,城镇人口由 1980 年的 10 万人增加至 2020 年的 108 万人,农村人口由 1980 年的 27.5 万人减少至 2020 年的 12 万人。城镇人口数量的急剧增长以及在总人口中结构的变化,需要开垦新的土地来维持城市人口生存,这将使得原有的土地利用结构被破坏,对流域地表径流、土壤水分下渗和土壤含水量等土壤质量产生影响,造成地表植被覆盖度降低,景观破碎的风险情景越容易发生^[2]。2000 年窟野河流域开始了大规模的退耕还林草工程,造成流域内的耕地变为草地、林地,在一定意义上起到水土保持、防风固沙的作用,而流域内造成景观演变主要是未利用土地变为草地、耕地和建设用地,以及耕地和草地变为建设用地而造成的景观变化,尤其是林地和草地景观破碎化不利于景观发挥其生态功能作用,加大了景观破碎的风险^[4]。此外,窟野河流域煤炭开采会诱发地下水位下降,土壤含水量锐减和干涸,造成流域径流减少甚至断流,原有的土壤结构被破坏,地表植被覆盖度降低,景观破碎的情景越容易发生^[28]。

5 结论

(1) 窟野河流域耕地面积从 1980 年的 1 677.92 km²减少到 2020 年的 1 365.58 km²;草地面积从 1980 年的 5 144.35 km²减少到 2020 年的 5 038.97 km²;林地面积和建设用地面积分别增加了 86.07 km²,798.96 km²,水域面积和未利用土地面积分别减少了 60.25 km²,408.72 km²。

(2) 1980—2020年土地利用类型转移主要有未利用土地转向耕地和草地,占未利用土地面积减少量的8.63%和61.47%;耕地、草地和未利用土地转向建设用地,占建设用地面积增加量的23.07%,50.98%和10.95%,且2000—2020年土地利用类型转移强度高于1980—2000年。

(3) 流域内景观斑块表现出斑块数量增加,相连度减小,破碎化程度增加,分割度升高,凝聚度降低和复杂度上升的特征。流域内造成景观演变主要原因是未利用土地变为草地、耕地和建设用地,以及耕地和草地变为建设用地而造成景观格局的破碎化。

(4) 气候变化和人类活动都是造成窟野河流域景观格局演变的影响因素,其中流域内逐年增强的人类活动是促使景观演变的主要因素,而气候变化是次要因素。

参考文献:

- [1] 申红彬,曹兵,吴华莉,等.黄河下游水沙关系模型参数随河段距离变化规律[J].地理学报,2022,77(3):635-649.
- [2] Guo Q, Su N, Yang Y, et al. Using hydrological simulation to identify contribution of coal mining to runoff change in the Kuye river basin, China [J]. Water Resources, 2017,44(4):586-594.
- [3] Zhou Y, Yang Z, Zhang D, et al. Inter-catchment comparison of flow regime between the Hailiutu and Huangfuchuan rivers in the semi-arid Erdos Plateau, Northwest China [J]. International Association of Scientific Hydrology Bulletin, 2015,60(4):688-705.
- [4] 刘强,蔡学娅,刘君怡,等.黄河中游窟野河流域水沙关系变化特征及其成因分析[J].水土保持研究,2022,29(4):68-74.
- [5] 顾朝军,穆兴民,孙文义,等.极端暴雨洪水及侵蚀产沙对延河流域植被恢复响应的比较研究[J].自然资源学报,2017,32(10):1755-1767.
- [6] 宁怡楠,杨晓楠,孙文义,等.黄河中游河龙区间径流量变化趋势及其归因[J].自然资源学报,2021,36(1):256-269.
- [7] Hou S Z, Wang P, Quo Y, et al. Response of bankfull discharge of the Inner Mongolia Yellow River to flow and sediment factors[J]. Journal of Earth System Science, 2014,123(6):1307-1316.
- [8] 魏静,刘丽丽,王红云,等.1990—2020年太行山区土地利用景观格局时空变化[J].中国生态农业学报:中英文,2022,30(7):1123-1133.
- [9] 王颖慧,丁建丽,李晓航,等.伊犁河流域土地利用/覆被变化对生态系统服务价值的影响:基于强度分析模型[J].生态学报,2022,42(8):3106-3118.
- [10] 刘根林,闫冰,赵东升,等.2003—2018年瑞兴于地区土地利用景观格局时空演变及驱动因[J].水土保持研究,2022,29(3):235-243.
- [11] 张华玉,秦年秀,汪军能,等.广西海岸带土地利用时空格局及其驱动因子[J].水土保持研究,2022,29(3):367-374.
- [12] 王波,潘琨.1980—2018年银川市景观格局与生态安全分析[J].兰州大学学报:自然科学版,2022,58(1):27-38.
- [13] 叶书朝,冯微微,邹滨,等.近40年洞庭湖区地表景观演变及气候潜在响应特征[J].环境监测管理与技术,2021,33(4):13-18.
- [14] 汪红,刘兴明,赵传燕,等.基于面向对象的RF算法白水江自然保护区土地利用及景观格局时空演变特征分析[J].兰州大学学报:自然科学版,2021,57(4):427-436,446.
- [15] 刘强,穆兴民,赵广举,等.延河流域水沙变化及其对降水和土地利用变化的响应[J].干旱区资源与环境,2021,35(7):129-135.
- [16] 刘蓓蕾,李鹏,杨媛媛,等.皇甫川流域水沙变化对景观格局的响应[J].水土保持研究,2021,28(5):102-107,120.
- [17] 胡琳,李思悦.不同空间尺度土地利用结构与景观格局对龙川江流域水质的影响[J].生态环境学报,2021,30(7):1470-1481.
- [18] 杨阳,唐晓岚,李哲惠,等.长江流域土地利用景观格局时空演变及驱动因子:以2008—2018年为例[J].西北林学院学报,2021,36(2):220-230.
- [19] 刘强,尉飞鸿,常康飞,等.皇甫川流域水沙变化特征及其影响因素[J].干旱区研究,2021,38(6):1506-1513.
- [20] 杨强强,徐光来,杨先成,等.青弋江流域土地利用/景观格局对水质的影响[J].生态学报,2020,40(24):9048-9058.
- [21] 刘盼盼,肖华,陈浒,毕节市撒拉溪示范区石漠化治理景观格局的时空演变特征[J].西南农业学报,2020,33(10):2316-2324.
- [22] 宁启蒙,欧阳海燕,汤放华,等.土地利用变化影响下洞庭湖地区景观格局的时空演变[J].经济地理,2020,40(9):196-203.
- [23] 李明珍,李阳兵,冉彩虹.土地利用转型背景下的乡村景观格局演变响应:基于草堂溪流域的样带分析[J].自然资源学报,2020,35(9):2283-2298.
- [24] 燕守广,李辉,李海东,等.基于土地利用与景观格局的生态保护红线生态系统健康评价方法:以南京市为例[J].自然资源学报,2020,35(5):1109-1118.
- [25] 薛晓玉,王晓云,段含明,等.基于土地利用变化的祁连山地区生境质量时空演变分析[J].水土保持通报,2020,40(2):278-284,325.
- [26] 李敏,唐剑锋,赵方凯,等.典型城郊土地利用格局对水体抗生素的影响研究[J].环境科学学报,2020,40(3):880-889.
- [27] 王童,何海,吴志勇.近30年来窟野河流域土地利用与植被覆盖度变化分析[J].水电能源科学,2017,35(11):127-130,83.
- [28] 蒋晓辉,高昊祺,雷宇昕.近40年来窟野河流域土地利用类型变化及驱动因素[J].南水北调与水利科技:中英文,2020,18(4):17-38.