

DOI:10.13870/j.cnki.stbxb.2024.05.020

马彦洁, 尹慧慧, 王珊珊, 等. 乌鲁木齐市建设用地扩张与生态用地空间冲突识别[J]. 水土保持学报, 2024, 38(5): 164-174.

MA Yanjie, YIN Huihui, WANG Shanshan, et al. Identification of spatial conflict between construction land expansion and ecological land use in Urumqi[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2024, 38(5): 164-174.

乌鲁木齐市建设用地扩张与生态用地空间冲突识别

马彦洁¹, 尹慧慧⁵, 王珊珊⁴, 王娟娟³, 田柳兰¹, 毋兆鹏^{1,2}

(1. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054; 2. 新疆干旱湖泊环境与资源实验室, 乌鲁木齐 830054;

3. 昌吉回族自治州自然资源局, 新疆 昌吉 831100; 4. 新疆艺术学院附属中等艺术学校, 乌鲁木齐 830054;

5. 夏邑县第一高级中学, 河南 商丘 476400)

摘要: [目的] 分析乌鲁木齐市生态用地的时空演化特征, 特别是识别建设用地扩张与生态用地的冲突区域, 对于干旱区绿洲城市的生态用地保护、生态安全格局优化和区域可持续发展具有重要意义。[方法] 基于乌鲁木齐市 2000 年、2010 年和 2020 年土地利用数据, 利用土地利用动态度、建设用地扩张速度及模式、识别生态源地并构建生态安全空间格局, 对乌鲁木齐市建设用地扩张与生态用地的空间冲突进行分析。[结果] (1) 2000—2020 年, 研究区林地、草地、水域和建设用地面积总体呈增加趋势, 分别增加 160.51, 451.17, 47.58, 805.19 km², 耕地和未利用地面积持续下降。(2) 研究区建设用地面积加速扩张, 其中米东区扩张最为显著, 共增加 230.62 km², 天山区建设用地扩张面积最小。(3) 2000—2020 年, 乌鲁木齐市生态水平整体呈上升趋势, 生态源地面积共增加 611.52 km²。(4) 建设用地扩张与生态用地产生的空间冲突区域面积乌鲁木齐市最大, 其次是米东区、沙依巴克区和水磨沟区, 新市区则是无空间冲突区域。[结论] 研究结果表明 2000—2020 年乌鲁木齐市建设用地扩张与生态用地之间存在空间冲突。

关键词: 建设用地; 生态用地; 生态安全格局; 乌鲁木齐市

中图分类号: X826

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242-(2024)05-0164-11

Identification of Spatial Conflict Between Construction Land Expansion and Ecological Land Use in Urumqi

MA Yanjie¹, YIN Huihui⁵, WANG Shanshan⁴, WANG Juanjuan³, TIAN Liulan¹, WU Zhaopeng^{1,2}

(1. College of Geography and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 2. Xinjiang Laboratory

of Arid Lake Environment and Resources, Urumqi 830054, China; 3. Bureau of Natural Resources, Hui Autonomous

Prefecture, Changji, Xinjiang 831100, China; 4. Secondary Art School Affiliated to Xinjiang University of Arts,

Urumqi 830054, China; 5. Xiayi No. 1 Senior High School, Shangqiu, Henan 476400, China)

Abstract: [Objective] Analyzing the spatial and temporal evolution characteristics of ecological land use in Urumqi city, especially identifying the conflict areas between construction land expansion and ecological land use, is of great significance for the protection of ecological land use, optimization of ecological security pattern and sustainable development of the region in arid zone oasis cities. [Methods] Based on the land use data of Urumqi city in 2000, 2010 and 2020, the spatial conflict between construction land expansion and ecological land use in Urumqi city was analyzed by using the attitude of land use dynamics, the speed and pattern of construction land expansion, identifying ecological sources and constructing a spatial pattern of ecological security. [Results] (1) From 2000 to 2020, the areas of forest land, grassland, watershed and construction land in the study area showed an overall increasing trend, increasing by 160.51, 451.17, 47.58, and 805.19 km² respectively, while the areas of cultivated land and unutilized land continued to decline. (2) The accelerated expansion of construction land area in the study area was the most significant in Middong

收稿日期: 2024-05-17

修回日期: 2024-06-28

录用日期: 2024-07-18

网络首发日期 (www.cnki.net): 2024-08-29

资助项目: 新疆维吾尔自治区高校科研项目(XJEDU2021021); 国家自然科学基金项目(41761113)

第一作者: 马彦洁(1995—), 男, 在读硕士研究生, 主要从事空间信息分析与应用研究。E-mail: 1104109780@qq.com

通信作者: 毋兆鹏(1976—), 男, 博士, 教授, 主要从事 3S 技术与绿洲资源开发研究。E-mail: wuzhaopengxj@sina.com

http://stbxb.alljournal.com.cn

district, with a total increase of 230.62 km², and the smallest expansion of construction land area in Tien Shan district. (3) In 2000—2020, the overall ecological level of Urumqi has shown an upward trend, and the area of ecological sources has increased by a total of 611.52 km². (4) The area of spatial conflict between construction land expansion and ecological land use is the largest in Urumqi county, followed by Midong, Shayibak and Shuimogou districts, while the new urban area is a spatial conflict-free area. [Conclusion] The results of the study show that there is a spatial conflict between construction expansion and ecological land use in Urumqi during 2000—2020.

Keywords: building land; ecological land; ecological security pattern; Urumqi city

Received: 2024-05-17

Revised: 2024-06-28

Accepted: 2024-07-18

Online(www.cnki.net): 2024-08-29

中国共产党第二十次全国代表大会报告提出“正确处理城市经济发展和生态环境保护的关系,形成生态安全的高质量发展格局”的重要方针,加强对生态的保护和高质量发展成为社会经济可持续发展的首要任务。随着社会发展,城市建设用地的急剧扩张导致其与生态用地在空间上的冲突问题日渐突出^[1]。贯彻实施习近平总书记提出的“绿水青山就是金山银山”的发展理念,如何增强经济发展及生态环境的保护是高质量发展和生态文明建设的关键^[2]。近年来,城市快速发展使得建设用地在空间上不断扩张,建设用地的扩张势必侵占生态用地,从而破坏生态系统的稳定性,导致生态环境破坏、环境污染、涵养水源和调节气候能力下降等一系列生态环境问题^[3]。在城市建设用地与生态用地保护的协调方面出现一系列空间冲突问题,随着城镇化进程的加速,这些环境问题愈发凸显,对城市生态安全格局构成日益严重的威胁^[4]。

在新型城镇建设发展推进过程中,生态保护与可持续发展成为关键战略,如何立足城市发展现状,剖析城市建设用地扩张与生态用地空间冲突的特征及形成原因,对城市可持续发展和生态安全空间格局优化尤为重要^[5]。因此,应将区域生态安全和生态用地保护置于优先地位^[6],进行城市建设用地扩张对生态环境影响的研究,处理好建设用地扩张与生态用地保护之间的关系,有利于优化调控城市建设用地合理扩张和提高对生态环境的保护,对区域生态用地安全及可持续发展具有一定现实意义^[7-8]。目前,建设用地的急剧扩张导致生态用地空间不断缩减,使城市生态安全及土地生态系统的结构和功能受到严重影响^[9]。因此,如何协调建设用地扩展和生态保护之间的冲突问题引起诸多学者研究^[10]。生态用地为人类社会提供重要的生态服务和生态功能,对区域的可持续发展有着至关重要的支撑作用^[11]。建设用地扩张与生态安全的关系成为现阶段学术研究的热点问题,近年来,国内外学者针对城市建设用地扩张对生态环境的影响展开广泛研究。国内学者郭强等^[12]研究表

明,晋江市建设用地扩张是生态用地减少的主要因素;于溪等^[13]研究发现,中国 320 个地级市建设用地扩张挤占生态用地;邹欣怡等^[14]研究表明,重庆城市建设用地扩张对生态环境有负面效应。而国外学者则多关注于土地利用变化对生态系统服务^[15-16]、生态安全及相关经济政策影响等问题的研究^[17-18]。综上,从研究内容和尺度来看,研究对象多集中在经济发展水平较高的城市群和都市带等宏观尺度^[19],对于干旱区绿洲城市的建设用地扩张与生态用地空间冲突的相关研究相对较少。

随着新型城镇化及经济结构转型的不断发展,乌鲁木齐市土地利用结构变化明显,土地资源的利用方式及其供需矛盾不断涌现,区域经济社会与生态安全的共同进步面临考验。在此背景下,合理规划和调控乌鲁木齐市建设用地扩张对区域生态用地保护与生态安全空间具有现实指导意义^[20]。因此,本文选取乌鲁木齐市为研究区域,通过对建设用地扩张与生态安全空间格局的冲突分析,为处理好城市发展和生态保护二者的协调关系提供科学参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

乌鲁木齐市(86°37'33"—88°58'24"E,42°45'32"—45°00'00"N)位于新疆天山山脉中段北麓地区,北部主要是低山河谷及冲积平原地域,南部是天山山区。海拔 412~5 426 m,起伏较大,兼具山地城市和平原城市属性,属于典型的中温带大陆性干旱气候,昼夜温差大,冬冷夏热,年平均气温 7.4℃,年平均降水量 236 mm,年蒸发量约 2 100 mm,区内以冰雪融水补给为主,河流均为内流河,河道短且分散,降水少,季节性变化明显。水资源时空分布不均衡,呈现西北部多、东南部较少、山区大于平原的分布特点。乌鲁木齐市是新疆维吾尔自治区首府,是全疆的政治、经济、文化中心。区域城镇化率较高,处于城镇化发展后期。截至 2022 年,全市辖 7 个区、1 个县,总面积 1.38×10⁴ km²,常住人

口 408.24 万人,其中建成区面积 536.2 km²(图 1)。乌鲁木齐市是第二亚欧大陆桥经济带上的重要战略节点城市,是中国向西开放的重要门户,战略地位突出。随着社会经济迅速发展,城市建设用地扩张与生态用地产生的冲突日渐加剧。

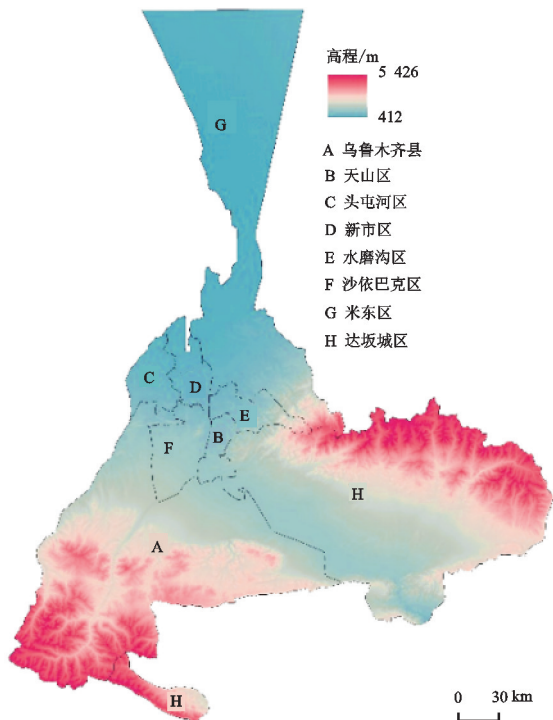


图 1 研究区概况

Fig.1 Study area overview map

1.2 数据来源

本文研究所需空间数据和社会经济数据均统一行政区边界。空间数据主要来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>),云量均<5%,分辨率均为 30 m 的 2000 年、2010 年、2020 年 3 期 Landsat TM 和 OLI 遥感影像,影像均选取植被较为茂盛的 8—9 月。使用 ENVI 软件对遥感影像进行预处理,在根据国家标准《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2017)^[21],结合研究区土地利用特点,将土地利用类型划分为建设用地、耕地、林地、草地、水体、未利用地 6 种土地利用类型,3 期分类结果 Kappa 系数分别为 0.89,0.89,0.88。道路、水域矢量数据均由乌鲁木齐市矢量图层中获取,人口数量、国内生产总值(GDP)及三大产业产值均来自于统计年鉴。

2 研究方法

2.1 土地利用动态度

分别提取统计 2000 年、2010 年和 2020 年研究区林地、草地、耕地、水体、未利用地和建设用地的面积及其变化情况。利用单一土地利用动态度分析 6 大地类的土地利用变化强度^[22]。公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:K 为研究周期内单一土地利用类型的动态度;U_a、U_b分别为研究周期内起始和末期某一土地利用类型的面积(km²);T 为研究时段。在本研究中 T=10,仅表示 2000—2010 年、2010—2020 年每 10 年间的总体变化趋势。

2.2 建设用地扩张速度及模式

为了能使不同时期的建设用地数据具有可对比性,利用年增长率(annual growth rate, AGR)来分析建设用地的年平均时空变化特征^[23]。公式为:

$$AGR = \left[\left(\frac{S_{end}}{S_{star}} \right)^{\frac{1}{d}} - 1 \right] \times 100\% \quad (2)$$

式中:AGR 为建设用地年增长率(%);S_{star}为研究区初期建设用地面积(km²);S_{end}为研究区末期建设用地面积(km²);d 为时间间隔,在本研究中 d=10 年。

建设用地扩张过程需要精度量化分析,因此,利用景观扩张指数^[24]来直接描述城市建设用地的扩张斑块的扩张方式,分析建设用地空间扩张类型。公式为:

$$LEI = 100 \times \frac{A_0}{A_0 + A_v} \quad (3)$$

式中:LEI 为景观扩张指数,取值范围[0~100];A₀为建设用地扩张斑块缓冲区与原建设用地斑块的重合面积(km²);A_v为建设用地扩张斑块缓冲区面积与 A₀ 的差值。根据 LEI 的取值范围,将建设用地空间扩张类型分为 3 种:飞地式、边缘式和填充式(表 1)。

表 1 建设用地空间扩张类型划分

Tab. 1 Classification of urban spatial expansion types

类型	LEI 取值范围	说明
飞地式	0	新增建设用地斑块与原有建设用地斑块分离
边缘式	(0,50]	新增建设用地斑块沿原有建设用地斑块的边缘扩张
填充式	(50,100]	新增建设用地斑块填充在原有建设用地斑块的内部

2.3 生态源地识别

生态源地是物种维持和扩散的起始点和生态保护的底线,本文以生态源地的属性及功能视角为出发点,确立包含目标层、评价因素层、指标层、参评因子 4 个等级的生态源地识别指标评价体系(图 2)。顶层目标层为生态源地的识别,再根据环境保护部印发的《2015 年生态保护红线划定技术指南》和参考已有研究^[25-27]成果,确定生态系统服务重要性和生态敏感性 2 项生态保护重要性评估指标作为评价要素层。其中,生态系统服务重要性评价层包含生物多样性保护、人类活动干扰、地形和水资源 4 项指标^[28-29];生态敏感性评价层包含土壤侵蚀和水土流失敏感性评价

两项指标^[30],将2种评价结果进行叠加分析得到生态用地分布格局,采用综合取高值的方法和自然断点法,提取生态系统服务重要性和敏感性综合指数最高

的核心型生态用地,通过景观斑块连接度分析^[31],最终将面积 $>10\text{ km}^2$ 且斑块重要性指数 ≥ 0.2 的林地和草地斑块作为生态源地。

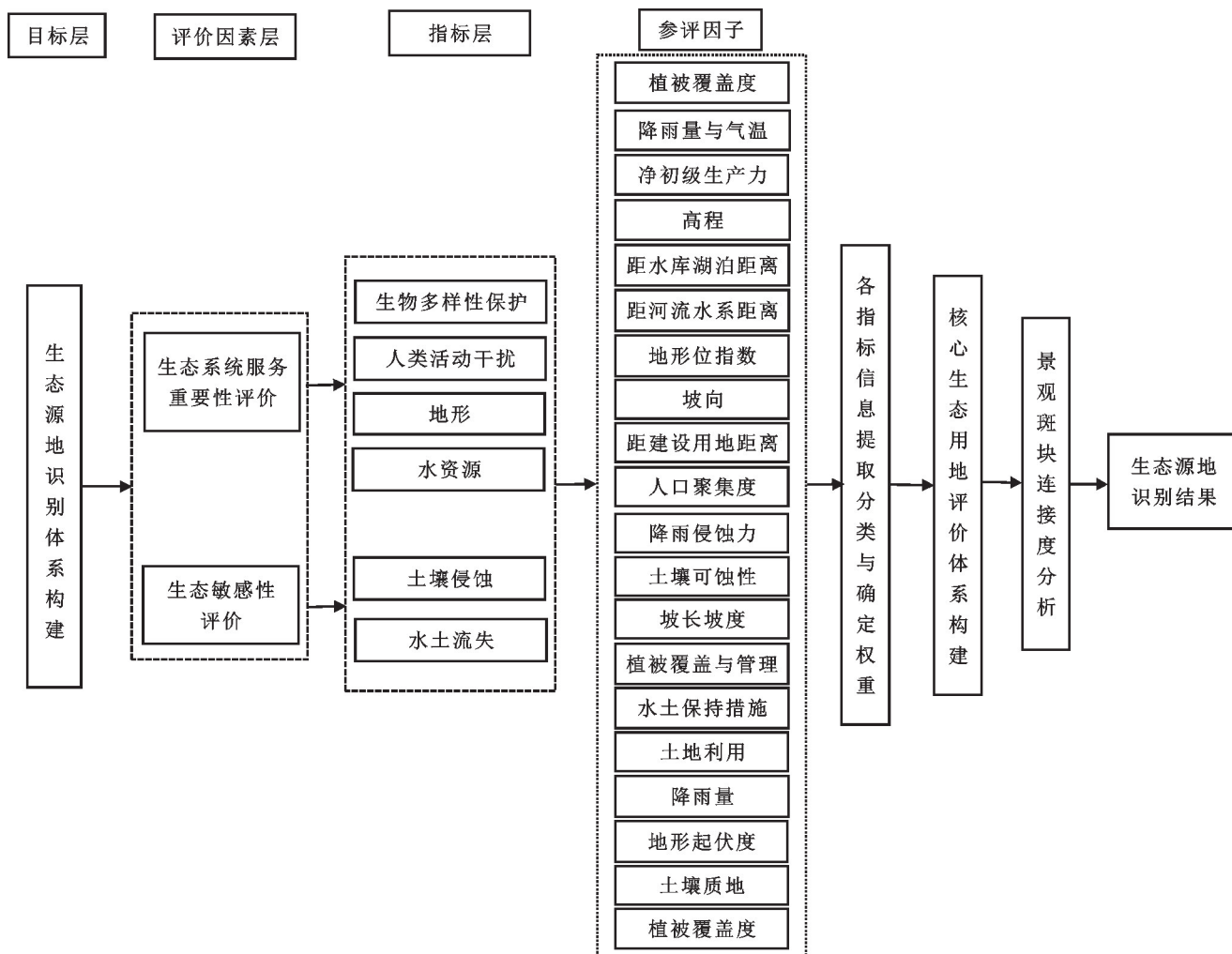


图2 生态源地识别体系

Fig. 2 Ecological source identification system

2.4 生态安全空间格局构建

为了反映物质和能量在生态源地间的迁移态势,本文参考相关研究^[32-33],考虑研究区的实际情况和研究目标,选取坡度、土地利用类型、植被覆盖度和高程4个阻力因子,将每个指标分为6级,相对阻力系数分别赋值为1,2,3,4,5,6;其值越低,表明生态源地间物质和能量在迁移过程中克服的阻力越小,反之越大。利用专家打分法确定4个阻力因子的权重,构建研究区生态阻力面指标体系(表2),并运用“综合加权指数和法”构建生态源地扩张过程中的阻力面。利用MCR模型^[34]构建生态源地扩张最小累积阻力面,统计最小累积阻力值与栅格数目之间的关系,代表生态源地所克服的阻力值,以阻力值的突变拐点作为临界点,运用自然断点法,以生态源地为高生态安全空间,对生态源地以外的区域进行划分,依次为较高生态安全空间、中等生态安全空间、较低生态安全空间和低生态安全空间,构建生态安全格局。

3 结果与分析

3.1 研究区各类土地利用动态变化度分析

从土地利用单一动态度(表3)来看,2000—2020年乌鲁木齐市林地、草地、水域和建设用地的面积在不断增加,耕地和未利用地的面积在不断减少。其中,建设用地面积增加最快,增加 805.19 km^2 ,动态变化度最大为14.25%,2000—2010年动态变化度为8.01%,2010—2020年动态变化度为8.22%,增加速度不断加快;其次是草地,20年面积增加 451.17 km^2 ,2000—2020年动态变化度为1.63%;水域面积增加最少,20年面积增加 47.58 km^2 ,2000—2020年动态变化度为1.69%;耕地和未利用地面积分别减少 287.54 , 130.92 km^2 ,动态变化度分别为-1.39%和-0.18%。

3.2 建设用地扩张速度及模式分析

2000—2020年乌鲁木齐建设用地扩张面积的空间分布见图3,建设用地扩张强度及速度见表4。

表 2 生态阻力面指标体系及分级标准权重

Tab. 2 Index system of ecological resistance surface and weight of classification standard

阻力因子	相对阻力系数						权重
	1	2	3	4	5	6	
坡度/(°)	<2	2~6	6~15	15~20	20~25	>25	0.14
土地利用类型	林地	草地	耕地	水域	建设用地	未利用地	0.52
植被覆盖度	<0.41	0.41~0.47	0.47~0.56	0.56~0.67	0.67~0.79	>0.79	0.18
高程/m	<500	500~1 000	1 000~2 000	2 000~3 000	3 000~4 000	>4 000	0.16

表 3 2000—2020 年土地利用动态度

Tab. 3 Land use dynamics from 2000 to 2020

土地利用类型	变化面积/km ²			动态变化度/%		
	2000—2010 年	2010—2020 年	2000—2020 年	2000—2010 年	2010—2020 年	2000—2020 年
林地	64.74	95.77	160.51	1.06	1.42	1.31
草地	250.83	200.34	451.17	0.95	0.70	1.63
耕地	-67.14	-220.40	-287.54	-0.65	-2.13	-1.39
水域	17.79	29.79	47.58	1.27	2.12	1.69
未利用地	-62.53	-68.39	-130.92	-0.17	-0.18	-0.18
建设用地	282.63	522.56	805.19	8.01	8.22	14.25

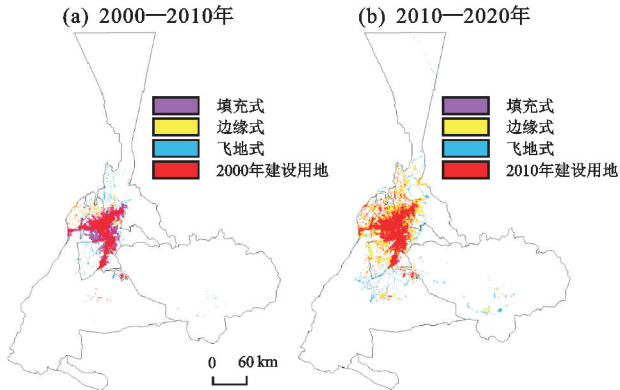


图 3 2000—2020 年建设用地扩张模式空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of construction land expansion patterns from 2000 to 2020

从建设用地扩张空间分布(图 3)来看,2000—2020 年乌鲁木齐市建设用地主要分布在中部地区,分布较为集中,呈南北扩张趋势。从建设用地扩张模式(表 5)来看,2000—2010 年建设用地扩张模式以填充式为主,填

充式扩张面积为 186.00 km²,其中沙依巴克区填充式扩张最为显著;2010—2020 年建设用地扩张模式以边缘式为主,边缘式扩张面积为 386.35 km²,其中米东区边缘式扩张最为显著;2000—2020 年建设用地扩张整体上以边缘式扩张为主,边缘式扩张面积为 419.34 km²。

从建设用地扩张面积和速度(表 4)来看,2000—2020 年建设用地扩张面积呈现不断增长的趋势,扩张速度最快的区域是乌鲁木齐县,扩张速度为 11.45%,建设用地扩张面积为 113.01 km²;其次是达坂城区,扩张速度为 10.73%,建设用地扩张面积为 113.01 km²;米东区和头屯河区扩张速度分别为 8.23%和 8.90%,均高于平均值,建设用地扩张面积分别为 230.62,94.54 km²;建设用地扩张速度最小的是新市区,为 2.84%,扩张面积为 73.17 km²;沙依巴克区、水磨沟区和天山区建设用地扩张速度分别为 6.70%,4.52%和 2.84%,均低于平均值,建设用地扩张面积分别为 153.62,64.34,37.04 km²。

表 4 2000—2020 年建设用地扩张面积和速度

Tab. 4 Area and speed of construction land expansion from 2000 to 2020

行政辖区	2000—2010 年		2010—2020 年		2000—2020 年	
	扩张面积/km ²	扩张速度/%	扩张面积/km ²	扩张速度/%	扩张面积/km ²	扩张速度/%
乌鲁木齐县	17.63	8.24	95.38	14.76	113.01	11.45
米东区	66.54	7.77	164.08	8.68	230.62	8.23
达坂城区	4.74	6.14	34.11	15.52	38.85	10.73
水磨沟区	32.40	5.54	31.94	3.50	64.34	4.52
头屯河区	40.74	11.39	53.80	6.47	94.54	8.90
新市区	31.81	2.81	41.36	2.78	73.17	2.80
沙依巴克区	65.35	7.85	88.27	5.55	153.62	6.70
天山区	23.42	3.96	13.62	1.73	37.04	2.84

表 5 2000—2020 年建设用地扩张模式和面积
Tab. 5 Construction land expansion pattern and area from 2000 to 2020

行政辖区	2000—2010 年			2010—2020 年			2000—2020 年		
	飞地式	边缘式	填充式	飞地式	边缘式	填充式	飞地式	边缘式	填充式
乌鲁木齐县	9.19	2.18	6.26	53.16	42.21	0.01	62.35	44.39	6.27
米东区	26.89	6.59	33.06	31.70	132.34	0.04	58.59	138.93	33.10
达坂城区	2.85	0.55	1.34	22.10	12.00	0.01	24.95	12.55	1.35
水磨沟区	3.05	2.66	26.69	5.40	26.51	0.03	8.45	29.17	26.72
头屯河区	3.81	10.89	26.04	3.95	49.80	0.05	7.76	60.69	26.09
新市区	3.46	9.19	19.16	4.60	36.74	0.02	8.06	45.93	19.18
沙依巴克区	12.73	0.25	52.37	12.29	75.91	0.07	25.02	76.16	52.44
天山区	1.66	0.68	21.08	2.54	10.84	0.24	4.20	11.52	21.32
合计	63.64	32.99	186.00	135.74	386.35	0.47	199.38	419.34	186.47

3.3 生态源地提取及时空演化

结合研究区实际情况,提取 2000—2020 年乌鲁木齐市面积>10 km²的林地和草地斑块,将斑块连通性关键性阈值设定为 2 500 m,可能性连通概率为 0.5,计算源地斑块的重要性指数,最终将斑块重要性指数≥0.2 的 47 个核心林地和草地斑块作为生态源地(图 4)。

从乌鲁木齐市生态源地时空分布(图 4)来看,2000—2020 年生态源地主要集中分布在乌鲁木齐市西南部的乌鲁木齐县和东南部的达坂城区,有较少部分分布在米东区和水磨沟区。其主要原因是乌鲁木齐县和达坂城区受地形条件的影响,且森林和草地等植被覆盖度较广,人类活动干扰较少,生态环境较脆弱,属于重点生态保护区域。随着生态保护政策的精确实施,生态源地有明显的改善。2000—2020 年生态源地面积不断增加,由 2000 年的 2 629.02 km²增加到 2020 年的 3 240.54 km²,共增加 611.52 km²,其中生态源地面积增加最多的是乌鲁木齐县,为 506.11 km²,增加最少的是水磨沟区,为 32.23 km²;2000—2010 年乌鲁木齐县、米东区和水磨沟区生态面积不断增加,乌鲁木齐县生态面积增加最多为 114.13 km²,达坂城区生态面积不断减少,减少 38.26 km²;2010—2020 年乌鲁木齐县和达坂城区生态面积不断增加,分别增加 391.98,56.58 km²,米东区和水磨沟区生态面积不断减少,分别减少 49.27,15.88 km²。

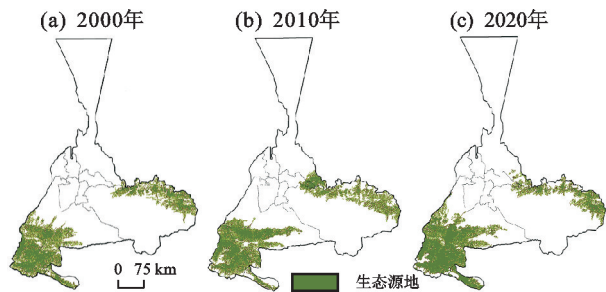


图 4 2000—2020 年生态源地空间分布
Fig.4 Spatial distribution of ecological source areas in 2000—2020

3.4 研究区生态安全空间格局构建

为构建研究区生态安全空间格局,参考相关学者^[35]的研究,以生态源地扩张最小累积阻力值与栅格数目之间的突变情况作为确定阻力阈值的依据,编号由 A1~A20 代表生态源地所克服的阻力值由低到高(图 5),阻力值在 A1、A3、A4、A5、A8 处发生突变,将阻力值的突变作为临界点运用自然断点法,以生态源地为高生态安全空间(A1)、将生态源地以外的区域依次划分为较高生态安全空间(A2~A3)、中等生态安全空间(A4)、较低生态安全空间(A5~A7)和低生态安全空间(A8~A20)5 个生态安全空间格局(图 6)。

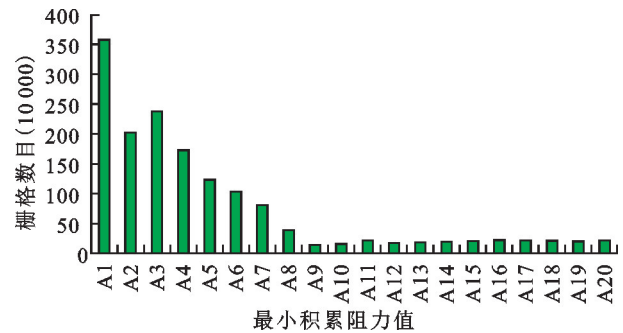


图 5 最小累积阻力值与栅格数目直方图
Fig. 5 Minimum cumulative resistance value and grid number histogram

从乌鲁木齐生态安全空间格局空间分布(图 6)来看,高生态安全空间格局分布在研究区的东北部和西南部,主要集中在达坂城区和乌鲁木齐县,占研究区总面积的 23.47%,该区域是维持生态系统平衡的核心区域,需要维持原生植被,禁止人为开发建设;较高和中等生态安全空间格局围绕高生态安全空间格局,二者占研究区总面积的 39.27%,该区域是生态源地恢复扩展和最容易引发生态保护及建设用地开发之间冲突的区域,需限制人类经济活动的干扰;较低和低生态安全空间格局位于中等生态安全空间格局以外的区域,二者占研究区总面积的 37.26%,该区域

是乌鲁木齐市人类经济活动的聚集区,也是城市建设用地扩张的腹地。

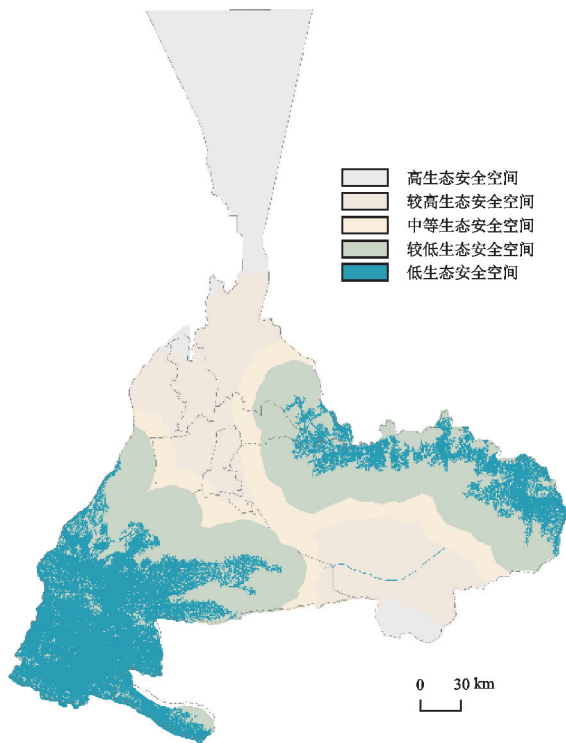


图 6 乌鲁木齐生态安全空间格局空间分布

Fig.6 Spatial pattern and distribution of ecological security in Urumqi

3.5 乌鲁木齐生态用地与建设用地扩张的空间冲突识别

本文的生态用地包括高、较高和中等生态安全空间格局。高生态安全空间格局是生态核心区域,更是生态保护重点区域,禁止人为开发建设;较高和中等生态安全空间格局作为生态核心区的恢复、扩展区和潜在生态基础设施培育区,是生态核心区的保护屏障,需限制人类经济活动对其的干扰程度,因此,高、较高和中等生态安全空间都为生态用地。利用 ArcGIS 软件的叠加分析功能对建设用地扩张与生态用地进行多边形与多边形叠加分析,并提取生态用地区域内扩张的建设用地,将其识别为生态用地与建设用地扩张的空间冲突区域(图 7)。

由表 6 可知,共识别到冲突区域面积 258.29 km², 占高、较高和中等生态安全空间格局总面积的 3.04%。由此可见,2000—2020 年乌鲁木齐市建设用地在扩张过程中对生态用地产生一定的干扰和不利的影

响。屯河区、沙依巴克区和水磨沟区发展速度较快,对建设用地的需求量也在不断增加,冲突区域面积占比分别为 45.11%,25.68%和 13.80%,高于区域的平均水平;达坂城区和天山区冲突区域面积和占比较小,低于区域平均水平;新市区地处较低和低生态安全空间格局,是建设用地扩张的腹地,因此不存在生态用地与建设用地扩张的冲突区域。

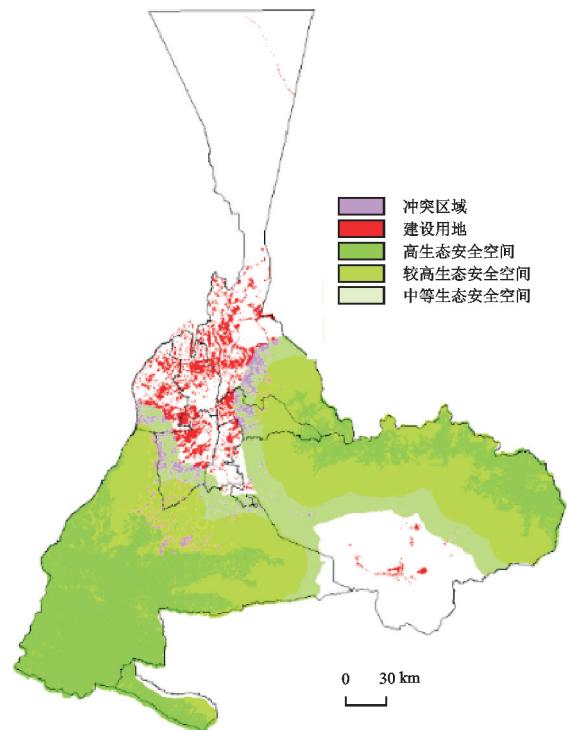


图 7 建设用地扩张与生态用地冲突区域空间分布

Fig.7 Spatial distribution of conflicts between land expansion and ecological land use

3.6 合理规划建设用地扩张空间

建设用地的扩张对生态用地的不利影响持续增加,加快二者之间的冲突。要达到保护生态安全的目的,促使生态安全可持续发展,应减少建设用地与生态用地的冲突产生,提高建设用地利用效率,控制建设用地在空间上的扩张区域,为建设用地的扩张空间进行合理规划布局。将生态用地对建设用地的扩张过程中的阻力视为建设用地扩张阻力,高程、坡度和地貌是影响建设用地扩张的重要阻力因素,参考相关研究^[36]并结合研究区特点,选用人口分布、人均 GDP、人均建设用地面积和路网密度 4 个指标,作为影响建设用地扩张可能性的主要因素,假设 4 项指标等权重,并进行标准化均值计算得到建设用地扩张可能性;对高程、坡度和地貌赋值,与建设用地扩张可能性进行叠加分析,运用自然断点法依次将建设用地扩张阻力分为 15 个阻力值(图 8),阻力值越大,建设用地扩张范围越小。

表 6 2000—2020 年乌鲁木齐建设用地扩张与生态用地冲突区域面积及其所占比例

Tab. 6 The area and proportion of conflict between construction land expansion and ecological land use in Urumqi from 2000 to 2020

行政辖区	建设用地扩张面积/km ²	冲突区域/km ²	高生态安全空间/km ²	较高生态安全空间/km ²	中等生态安全空间/km ²	生态用地总面积/km ²	冲突区域占生态用地总面积的比例/%
乌鲁木齐县	113.01	90.24	2 167.59	1 583.51	275.91	4 027.01	2.24
米东区	230.62	59.66	82.04	318.81	173.19	574.04	10.39
达坂城区	38.85	9.18	956.72	1 655.26	798.84	3 410.82	0.27
头屯河区	94.54	9.96	0	2.68	19.40	22.08	45.11
水磨沟区	64.34	32.66	34.19	119.00	83.42	236.61	13.80
新市区	73.17	—	—	—	—	—	—
沙依巴克区	153.62	54.57	0	67.13	145.36	212.49	25.68
天山区	37.04	2.02	—	—	19.29	19.29	10.47
合计	805.19	258.29	3 240.54	3 746.39	1 515.41	8 502.34	107.96

当建设用地扩张阻力值为 5 时,所占最多的地貌类型是平原、中低海拔台地和低海拔丘陵,地形较为平缓,但部分地区已经出现建设用地与生态用地的冲突区域;当扩张阻力值>5 时,地貌类型以中海拔丘陵和山地为主,地形起伏较大,坡度达到 14°以上,此时生态用地的整体性在建设用地的扩张下遭到破坏,逐渐碎片化。因此,依据建设用地扩张阻力空间分布,要保障生态用地完整性和生态安全空间格局,应保持建设用地扩张在阻力值 5 级以下的区域范围内,合理划定建设用地开发边界,以“渐进式、可持续”的有机更新模式,引导形成紧凑集约的城镇空间格局。

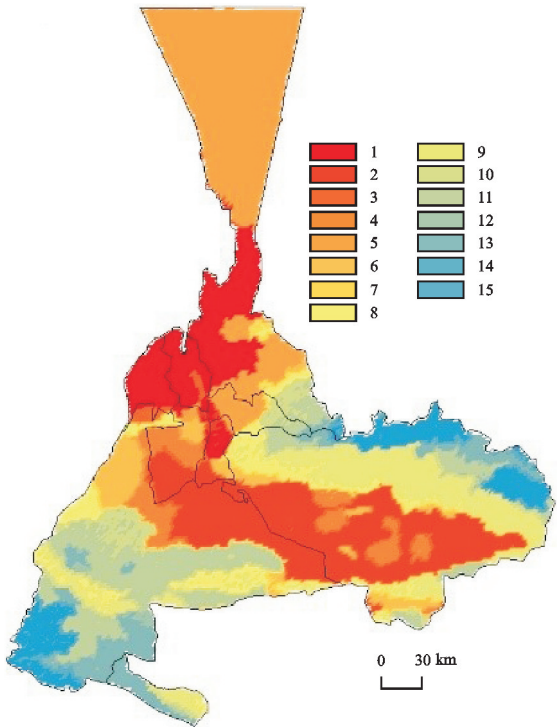


图 8 建设用地扩张阻力面空间分布

Fig.8 Spatial distribution of construction land expansion resistance surface

4 讨论

本文以典型干旱区绿洲城市为研究区,为小尺度区域建设用地扩张、保护生态安全及可持续发展提供一种新思路,拓展研究多集中在经济发展水平高的城市群和都市带等宏观尺度的局限。结果表明,《乌鲁木齐市城市总体规划(2000—2020 年)》中,实施对生态保护红线的核心管控,以更好实现区域内生态文明建设和社会经济的可持续,研究区生态用地面积不断增加,与哈力木拉提·阿布来提等^[37]的研究结果相互印证。生态安全空间格局整体分布特征变化,与田柳兰等^[38]的研究结果一致。

通过土地利用和生态源地变化结果得出,2000—2020 年建设用地扩张面积最大为 805.19 km²,在此期间生态源地面积增加 611.50 km²,显然生态源地面积的增加速度小于建设用地扩张的速度,建设用地的急速扩展导致生态用地面积减小,使得建设用地与生态用地在空间上的冲突日益凸显,对于干旱区绿洲城市来讲,生态环境极其脆弱,一旦被破坏,很难重建起原有的生态体系,同时影响生态安全屏障建设,随之引发一系列的环境问题,影响生态安全和城市发展。维护生态安全,平衡好经济发展和生态安全的关系,为生态补偿、生态治理修复提供坚实的物质保障,是筑牢生态安全的重要基石。干旱绿洲区面临着经济社会发展和生态环境保护的双重压力,对区域内的人地关系协调和可持续发展提出巨大挑战。因此,在经济发展的同时,应保持清醒的头脑,以保护生态安全为前提,“生态环境没有替代品,用之不觉,失之难存,良好生态环境是普惠的民生福祉,绿水青山就是金山银山”。遵循这一绿色发展理念,严格规划城市发展边界,限制人为开发的强度和规模,避免人类活动占用,加强生态环境保护,强化绿洲生态安全空间

格局,对已开发区域开展自然恢复改善生态环境。为保护乌鲁木齐市生态用地安全格局,本研究提出生态安全格局优化策略:一是科学规划与严格管理建设用地的扩张空间,集约利用建设用地,保持建设用地扩张在阻力值 5 级以下的范围内;二是加强生态用地的保护与修复,合理规划生态源地新增,引入生态修复工程对已破坏的生态系统进行生态修复,保障乌鲁木齐生态安全保护红线,维护生态系统服务功能;三是加强生态廊道建设,将生态源地通过廊道相连接,形成生态廊道网络,促进生态安全格局的构建,对维持生态环境和支撑区域生态平衡具有促进作用。

建设用地扩张与生态空间冲突研究的核心旨趣在于预防与缓解潜在的空间冲突,然而,本研究对新增建设用地分析和生态安全格局构建评价指标体系的选取存在一定的主观性和局限性,因此使得研究结果可能存在一定的误差。需要在今后不断参考相关研究完善相应的参数,以提高本研究的精确度。

5 结 论

(1) 2000—2020 年,研究区草地、耕地和未利用地面积持续下降,分别减少 451.17, 287.54, 130.92 km²,林地、水域和建设用地面积总体呈增加趋势。

(2) 研究区建设用地面积加速扩张,其中米东区扩张最为显著,共增加 230.62 km²,天山区建设用地扩张面积最小。

(3) 2000—2020 年,乌鲁木齐市生态水平整体呈上升趋势,生态源地面积共增加 611.52 km²。

(4) 建设用地扩张与生态用地产生的冲突区域面积乌鲁木齐县最大,其次是米东区、沙依巴克区和水磨沟区,新市区则是无冲突区域。

参考文献:

- [1] 邹利林,刘彦随,王永生.中国土地利用冲突研究进展[J].地理科学进展,2020,39(2):298-309.
- ZOU L L, LIU Y S, WANG Y S. Research progress and prospect of land-use conflicts in China[J]. Progress in Geography, 2020, 39(2): 298-309.
- [2] 郭婧,周学斌,任君,等.青海省湟水谷地经济发展与生态环境耦合协调度的时空分异[J].水土保持研究,2018, 25(6):242-250.
- GUO J, ZHOU X B, REN J, et al. Spatiotemporal difference of coupling coordinative degree of economic development and ecological environment in Huangshui valley, Qinghai province[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2018, 25(6): 242-250.
- [3] 孙泽祥,刘志锋,何春阳,等.中国北方干燥地城市扩展过程对生态系统服务的影响:以呼和浩特—包头—鄂尔多斯城市群地区为例[J].自然资源学报,2017,32(10): 1691-1704.
- SUN Z X, LIU Z F, HE C Y, et al. Impacts of urban expansion on ecosystem services in the drylands of Northern China: A case study in the Hohhot—Baotou—Ordos urban agglomeration region[J]. Journal of Natural Resources, 2017, 32(10): 1691-1704.
- [4] 陈竹安,陈乐平,危小建,等.基于生态格局结构响应的快速城市化地区空间冲突测度[J].测绘地理信息,2023, 48(3):105-110.
- CHEN Z A, CHEN L P, WEI X J, et al. Spatial conflict measurement of rapid urbanization area based on the response of ecological pattern structure[J]. Journal of Geomatics, 2023, 48(3): 105-110.
- [5] 朱亚楠,闫志明,蒲春玲,等.乌鲁木齐市土地利用/覆被变化及生态安全评价[J].林业资源管理,2020(1):79-91.
- ZHU Y N, YAN Z M, PU C L, et al. Land use/cover change and ecological security evaluation in Urumqi[J]. Forest Resources Management, 2020(1): 79-91.
- [6] 王雪微,于立,王士君,等.基于建设用地扩张的皖江地区生态用地格局演化与优化[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2021,49(8):120-132.
- WANG X W, YU L, WANG S J, et al. Evolution and optimization of ecological land pattern in the Wanjiang Area based on expansion of construction land[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2021, 49(8): 120-132.
- [7] 郭旭东,谢俊奇.新时代中国土地生态学发展的思考[J].中国土地科学,2018,32(12):1-6.
- GUO X D, XIE J Q. Thoughts on the recent development of land ecology in the new era of China[J]. China Land Science, 2018, 32(12): 1-6.
- [8] 李国煜,林丽群,罗栋桑,等.福州市生态用地保护格局的优化途径[J].水土保持通报,2019,39(2):234-241.
- LI G Y, LIN L Q, LUO D S, et al. Optimization of ecological land conservation pattern in Fuzhou city[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(2): 234-241.
- [9] 刘希朝,李效顺,陈鑫,等.江苏省城镇化与生态环境耦合测度及空间冲突诊断[J].农业工程学报,2023, 39(13):238-248.
- LIU X Z, LI X S, CHEN X, et al. Coupling measurement and spatial conflict diagnosis between urbanization and ecological environment in Jiangsu Province of China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2023, 39(13): 238-248.
- [10] 刘洋,蒙吉军,朱利凯.区域生态安全格局研究进展[J].生态学报,2010,30(24):6980-6989.

- LIU Y, MENG J J, ZHU L K. Progress in the research on regional ecological security pattern[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(24): 6980-6989.
- [11] 赖勇, 林少涛, 黄光庆, 等. 快速城镇化背景下生态系统服务价值时空变化及空间特征研究: 以潮州市潮安区为例[J]. *生态科学*, 2023, 42(4): 18-28.
- LAI Y, LIN S T, HUANG G Q, et al. Spatial-temporal dynamics of ecosystem services value in a rapidly urbanization process: A case study of Chao'an District, Chaozhou City[J]. *Ecological Science*, 2023, 42(4): 18-28.
- [12] 郭强, 戴文远, 苏木兰, 等. 快速城镇化地区建设用地扩张对生态用地及生态服务价值的影响: 以福建省晋江市为例[J]. *福建师范大学学报(自然科学版)*, 2015, 31(5): 91-98.
- GUO Q, DAI W Y, SU M L, et al. Construction land expansion and its impact on ecological land use in rapid urbanization area: A case study in Jinjiang city of Fujian Province[J]. *Journal of Fujian Normal University (Natural Science Edition)*, 2015, 31(5): 91-98.
- [13] 于溪, 李强, 肖逸雄, 等. 基于 GlobeLand30 的中国城市扩张模式及其对生态用地的影响[J]. *地理与地理信息科学*, 2018, 34(3): 5-12.
- YU X, LI Q, XIAO Y X, et al. Urban expansion patterns of China and their impact on ecological land: A comprehensive analysis based on GlobeLand30[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2018, 34(3): 5-12.
- [14] 邹欣怡, 赵伟, 蒲海霞, 等. 重庆市南岸区城市边界扩张及生态环境效应研究[J]. *水土保持研究*, 2019, 26(4): 252-258.
- ZOU X Y, ZHAO W, PU H X, et al. Study on urban boundary expansion and ecological environment effect in Nan'an district of Chongqing city[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2019, 26(4): 252-258.
- [15] MOILANEN A, ARPONEN A. Administrative regions in conservation: Balancing local priorities with regional to global preferences in spatial planning[J]. *Biological Conservation*, 2011, 144(5): 1719-1725.
- [16] LI C, WU Y M, GAO B P, et al. Multi-scenario simulation of ecosystem service value for optimization of land use in the Sichuan-Yunnan ecological barrier, China[J]. *Ecological Indicators*, 2021, 132: e108328.
- [17] ULRICH B, ALICE V. Epistemic selectivities and the valorisation of nature: The cases of the Nagoya Protocol and the Intergovernmental Science-Policy Platform for Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) [J]. *Law*, 2013, 12: 204-218.
- [18] KORNE R. Ecological security of communities in Polish Cities[J/OL]. *Journal of Human Security*, 2020, 16(1). DOI: 10.12924/johs2020.16010041.
- [19] 魏家星, 倪雨淳, 寿田园, 等. 基于水—陆耦合生态系统服务的生态安全格局构建研究: 以长三角生态绿色一体化发展示范区为例[J]. *生态学报*, 2023, 43(13): 5305-5319.
- WEI J X, NI Y C, SHOU T Y, et al. Construction of ecological security pattern based on land-water coupling ecosystem services: A case study of Yangtze River Delta Ecological Greening Development Demonstration Area [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2023, 43(13): 5305-5319.
- [20] 马轩凯, 高敏华. 西北干旱地区绿洲城市土地生态安全动态评价: 以新疆库尔勒市为例[J]. *干旱区地理*, 2017, 40(1): 172-180.
- MA X K, GAO M H. Dynamic assessment of land ecological safety of oasis city in arid Northwest China: A case of Korla City in Xinjiang[J]. *Arid Land Geography*, 2017, 40(1): 172-180.
- [21] 中华人民共和国自然资源部. 土地利用现状分类: GB/T 21010—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. Current land use classification: GB/T 21010—2017 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [22] 凌越, 于君宝, 杨继松, 等. 1991—2021 年现代黄河三角洲土地利用/覆被时空变化及其对人类活动强度的响应[J]. *生态学杂志*, 2023, 42(10): 2384-2393.
- LING Y, YU J B, YANG J S, et al. Spatial-temporal variations of land use/cover and its responses to human activity intensity in the Modern Yellow River Delta during 1991-2021[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2023, 42(10): 2384-2393.
- [23] 张亚萍, 张平, 孙丹峰, 等. 成渝城市群城市建设用地扩张格局及规模体系分析[J]. *测绘通报*, 2020(7): 103-107.
- ZHANG Y P, ZHANG P, SUN D F, et al. Analysis of urban construction land expansion pattern and scale system in Chengdu-Chongqing urban agglomeration [J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2020(7): 103-107.
- [24] 车通, 李成, 罗云建. 城市扩张过程中建设用地景观格局演变特征及其驱动力[J]. *生态学报*, 2020, 40(10): 3283-3294.
- CHE T, LI C, LUO Y J. Changes in landscape pattern of built-up land and its driving factors during urban sprawl[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(10): 3283-3294.
- [25] 韩鹏冉, 严成, 孙永秀, 等. 克拉玛依市中部城区外围生态敏感性评价[J]. *干旱区研究*, 2018, 35(5): 1217-1222.
- HAN P R, YAN C, SUN Y X, et al. GIS-based assessment of eco-environmental sensitivity in peripheral regions of Karamay central urban area [J]. *Arid Zone*

- Research, 2018, 35(5): 1217-1222.
- [26] 何浩天, 姜云璐, 曹月娥, 等. 干旱绿洲区生态安全格局研究: 以喀什地区为例[J]. 西南农业学报, 2023, 36(1): 159-168.
- HE H T, JIANG Y L, CAO Y E, et al. Ecological security pattern of arid oasis area: Taking Kashi prefecture as an example[J]. Southwest China Journal of Agriculture, 2023, 36(1): 159-168.
- [27] 刘枝军, 王宏卫, 杨胜天, 等. 极端干旱区绿洲生态用地规划[J]. 生态学报, 2018, 38(22): 7950-7959.
- LIU Z J, WANG H W, YANG S T, et al. Ecological land use planning of an oasis in an extremely arid area [J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(22): 7950-7959.
- [28] 王一山, 张飞, 陈瑞, 等. 乌鲁木齐市土地生态安全综合评价[J]. 干旱区地理, 2021, 44(2): 427-440.
- WANG Y S, ZHANG F, CHEN R, et al. Comprehensive ecological security assessment: A case study of Urumqi City [J]. Arid Land Geography, 2021, 44(2): 427-440.
- [29] 王云, 潘竞虎. 基于生态系统服务价值重构的干旱内陆河流域生态安全格局优化: 以张掖市甘州区为例[J]. 生态学报, 2019, 39(10): 3455-3467.
- WANG Y, PAN J H. Establishment of ecological security patterns based on ecosystem services value reconstruction in an arid inland basin: A case study of the Ganzhou District, Zhangye City, Gansu Province [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(10): 3455-3467.
- [30] 田浩, 刘琳, 张正勇, 等. 天山北坡经济带关键性生态空间评价[J]. 生态学报, 2021, 41(1): 401-414.
- TIAN H, LIU L, ZHANG Z Y, et al. Evaluation on the critical ecological space of the economic belt of Tian-shan northslope [J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(1): 401-414.
- [31] 蒙吉军, 王雅, 王晓东, 等. 基于最小累积阻力模型的贵阳市景观生态安全格局构建[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(7): 1052-1061.
- MENG J J, WANG Y, WANG X D, et al. Construction of landscape ecological security pattern in Guiyang based on mcr model [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(7): 1052-1061.
- [32] 张学渊, 魏伟, 颀斌斌, 等. 西北干旱区生态承载力监测及安全格局构建[J]. 自然资源学报, 2019, 34(11): 2389-2402.
- ZHANG X Y, WEI W, XIE B B, et al. Ecological carrying capacity monitoring and security pattern construction in arid areas of Northwest China [J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(11): 2389-2402.
- [33] 如克亚·热合曼, 阿里木江·卡斯木, 哈力木拉提·阿布来提. 基于 MSPA 和 MCR 模型的图木舒克市生态安全格局构建[J]. 环境科学与技术, 2021, 44(5): 229-237.
- REHEMAN R, KASIM A, ABLAT H. Construction of ecological security pattern in tumshuk city based on MSPA and MCR model [J]. Environmental Science and Technology, 2021, 44(5): 229-237.
- [34] 李怡欣, 李菁, 陈辉, 等. 基于 MSPA 和 MCR 模型的贵阳市 2008—2017 年景观连通性评价与时空特征[J]. 生态学杂志, 2022, 41(6): 1240-1248.
- LI Y X, LI J, CHEN H, et al. Landscape connectivity evaluation and temporal-spatial characteristics of Guiyang City from 2008 to 2017 based on MSPA and MCR models [J]. Chinese Journal of Ecology, 2022, 41(6): 1240-1248.
- [35] 李倩瑜, 唐立娜, 邱全毅, 等. 基于形态学空间格局分析和最小累积阻力模型的城市生态安全格局构建: 以厦门市为例[J]. 生态学报, 2024, 44(6): 2284-2294.
- LI Q Y, TANG L N, QIU Q Y, et al. Construction of urban ecological security pattern based on MSPA and MCR Model: A case study of Xiamen [J]. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(6): 2284-2294.
- [36] WANG K, LI Z Y, ZHANG J J, et al. Built-up land expansion and its impacts on optimizing green infrastructure networks in a resource-dependent city [J]. Sustainable Cities and Society, 2020, 55: e102026.
- [37] 哈力木拉提·阿布来提, 阿里木江·卡斯木, 祖拜旦·阿克木. 基于形态学空间格局分析法和 MCR 模型的乌鲁木齐市生态网络构建[J]. 中国水土保持科学(中英文), 2021, 19(5): 106-114.
- HALIMULATI · A, ABULAITI · K, ZUBAIDAN · A. Construction and optimization of Urumqi ecological network based on the morphological spatial pattern analysis and MCR model [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2021, 19(5): 106-114.
- [38] 田柳兰, 王珊珊, 毋兆鹏. 基于多时相遥感数据的乌鲁木齐市生态安全格局构建[J]. 干旱区地理, 2023, 46(7): 1155-1165.
- TIAN L L, WANG S S, WU Z P. Construction of ecological security pattern in Urumqi based on multi-temporal remote sensing data [J]. Arid Land Geography, 2023, 46(7): 1155-1165.