

DOI: 10.5846/stxb201807091496

何珍珠,王宏卫,杨胜天,方斌,张兆勇,刘香云.渭干河—库车河绿洲景观生态安全时空分异及格局优化.生态学报,2019,39(15): - .

He Z Z, Wang H W, Yang S T, Fang B, Zhang Z Y, Liu X Y. Spatial-temporal differentiation and pattern optimization of landscape ecological security in the Ugan-Kuqa river oasis. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(15): - .

渭干河—库车河绿洲景观生态安全时空分异及格局优化

何珍珠^{1,2}, 王宏卫^{1,2,*}, 杨胜天^{1,3}, 方斌⁴, 张兆勇¹, 刘香云^{1,2}

1. 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046
2. 绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046
3. 北京师范大学水科学研究院 环境遥感与数字城市北京市重点实验室, 北京 100875
4. 南京师范大学新型城镇化与土地问题研究中心, 南京 210023

摘要:渭干河—库车河绿洲(以下简称渭—库绿洲)是我国西北干旱区典型的荒漠绿洲区,维护其生态安全,是实现绿洲可持续发展的重要保障。以 1997 年、2006 年及 2016 年 3 期 Landsat TM 影像数据为主要数据来源,构建渭—库绿洲景观生态安全评价模型,对近 20 年来研究区的景观生态安全时空特征进行分析。利用最小阻力模型,以水域、林草地为生态源地,将生态安全水平、海拔和坡度作为阻力因子生成最小累计阻力面,划分生态功能区,识别生态廊道和生态节点,从点、线、面综合视角进行景观格局优化。结果表明:(1) 1997—2016 年渭—库绿洲生态安全区域面积呈波动变化,相对安全区域面积在不断增加,临界安全、敏感和风险区域面积呈减小趋势,景观生态安全度在空间分布上由高到低呈内向外扩展的态势。(2) 研究区景观生态安全的 Moran's I 值分别为 0.6479、0.7049、0.6587,景观生态安全值的空间集聚性呈先增加后降低的趋势;局部空间自相关主要以高一高聚集和低—低聚集类型为主,呈现出“同质聚集、异质分离”的特点。(3) 景观格局优化中选取的生态源地占绿洲总面积的 12.76%,构建的绿洲生态廊道基本贯穿整个研究区,关键廊道连接了绝大多数的绿洲生态源地,辅助廊道是连接没有与关键廊道连接的源地之间的通道,识别的生态节点主要分布在绿洲生态廊道的薄弱环节处,共计 36 个。将划分的生态缓冲区、生态连通区、生态过渡区、生态边缘区 5 个功能区和生态源地、生态廊道及生态节点景观组分相结合,并提出优化建议,以期为维持及进一步改善该绿洲生态环境提供科学依据。

关键词:渭—库绿洲;景观生态安全;时空分异;最小阻力模型;格局优化

Spatial-temporal differentiation and pattern optimization of landscape ecological security in the Ugan-Kuqa river oasis

HE Zhenzhen^{1,2}, WANG Hongwei^{1,2,*}, YANG Shengtian^{1,3}, FANG Bin⁴, ZHANG Zhaoyong¹, LIU Xiangyun^{1,2}

1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China
2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Ministry of Education, Urumqi 830046, China
3. College of Water Sciences, Beijing Key Laboratory for Remote Sensing of Environment and Digital Cities, Beijing Normal University, Beijing 100875, China
4. New-type Urbanization and Rural Land Issues Research Center, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China

Abstract: The Ugan-Kuqa river oasis, a typical desert oasis area in the northwest arid area, is a vital guarantee for sustainable development of the oasis. In this study, three phases of Landsat TM images obtained in 1997, 2006, and 2016 were used as the main data sources to construct an ecological security evaluation model for the Ugan-Kuqa river oasis landscape, and spatial and temporal differentiation of the landscape ecological security in the last 20 years was analyzed.

基金项目:国家自然科学基金项目(41861037);国家自然科学基金联合项目(U1603241)

收稿日期:2018-07-09; **网络出版日期:**2019-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wanghw_777@163.com

The minimum resistance model was used, with water and forest-grassland as the ecological sources of the oasis. The resistance surface was generated with resistance factors, such as levels of ecological safety, altitude, and slope; the ecological function area was divided; and the ecological corridor and node were identified, which promised that the landscape pattern was optimized from the point, line, and surface. The results were as follows: (1) From 1997 to 2016, the ecological security area of the Ugan-Kuqa river oasis fluctuated as the relative security area increased and the area of critical security, sensitivity, and risk area decreased. The ecological security degree of the Ugan-Kuqa river oasis tended to expand outwards from high to low. (2) Moran's I values for landscape ecological security in the study area were 0.6479, 0.7049, and 0.6587. The spatial clustering of landscape ecological security values first increased and then decreased. Local spatial auto-correlations were mainly high-high and low-low aggregations, presenting the characteristics of "homogeneous aggregation and heterogeneous separation." (3) The ecological source area of the Ugan-Kuqa river oasis accounted for 12.76% of the total area, and the ecological corridor network of the oasis ran through the whole research area. The key corridor connected most of the ecological sources of the oasis, whereas the auxiliary corridors were linked to the rest ecological sources. A total of 36 recognized ecological nodes, which were mainly distributed in the weak link of the oasis ecological corridors. The ecological safety network combined the ecological buffer zone, the ecological connectivity zone, the ecological transition zone, the ecological margin zone, the five functional zones, the ecological source zone, the ecological corridor and the ecological node landscape components. According to the ecological safety network, the optimization proposal was proposed to provide a scientific basis for maintaining and further improving the ecological environment of the oasis.

Key Words: Ugan-Kuqa river oasis; landscape ecological security; spatial and temporal differentiation; minimum resistance model; pattern optimization

自 1989 年国际应用系统分析研究所 (IIASA) 提出生态安全这一概念以来,生态安全研究引起国内外学者的高度关注,成为生态学和可持续发展研究的热点^[1-2]。景观既是自然社会资源,又是人类经济活动开发的对象,人类经济开发活动主要是在景观层次上进行^[3],因此从景观生态学的角度对区域生态安全状况进行量化研究,有利于在大、中尺度上科学的认识并解释生态安全的实质^[4]。

近年来,随着景观生态学理论在生态学、地理学等学科的广泛应用,国内外学者们对景观生态安全的研究已开展了大量的工作,并取得了许多重要成果。研究呈现出以下特点:1) 研究尺度更为广阔^[5],主要基于区域、流域、城镇地域等^[6-8]进行研究;2) 研究对象更加多元化^[5],涵盖耕地、草原、湿地等^[9-11];3) 研究内容趋于多样化^[5],已由简单的自然环境评价转变为考虑经济、社会、生态整体系统的评价^[12],许多学者还对其评价体系、影响因素、生态安全格局构建等做了大量研究^[13-15];4) 研究理论及方法更加系统化,主要基于景观的结构功能、空间配置及各类型景观受到的干扰程度和脆弱性来衡量区域生态安全的程度^[16-17]。目前关于景观生态安全的研究正由变化过程、影响因素等方面向结构优化、空间配置转变,但对于景观格局的优化,众多研究重点集中于模型和方法,而缺乏景观生态安全与格局优化的结合。

新疆作为丝绸之路经济带核心区,也是干旱区重要的资源接替区,受自然条件以及不合理开发利用的影响,生态环境脆弱,土壤退化及盐碱化现象严重^[18]。渭—库绿洲是新疆典型的荒漠绿洲区,是阿克苏地区土地开发利用较早的灌溉区及新疆重要的产棉区之一^[19]。近 20 年来,随着城镇的扩展、人口的增加,对绿洲开发利用的强度增加,绿洲景观格局不断发生变化。前人对该绿洲的研究多侧重于绿洲演变过程、土地盐渍化、社会经济发展^[20-22]等,而对绿洲景观生态安全及格局优化研究较为缺乏。基于此,本文运用景观生态学理论方法,在充分认识景观结构及景观生态安全的时空变化特征的基础上,进行格局优化,以增强景观的连通度,为绿洲景观的空间规划及生态安全保障提供建议和对策。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

渭—库绿洲位于新疆塔里木盆地中北部,地理坐标介于 $81^{\circ}28'30''$ — $84^{\circ}05'06''$ E, $39^{\circ}29'51''$ — $42^{\circ}38'01''$ N 之间,海拔 1500—2000 m,是一个典型且完整的山前冲积扇平原绿洲^[5]。该绿洲位于中纬度地区,受大陆性干旱气候的影响,气温日差较大,降水稀少,风沙频繁。年均气温为 10.5 — 11.4°C ,年降水量为 50.5 — 66.5 mm,年均蒸发量为 2000.7 — 2092.0 mm,属于典型的大陆性暖温带极端干旱气候,干旱特征显著。该绿洲主要以发展农业为主,农作物主要有小麦、棉花、玉米、油菜等,工业基础较薄弱。(图 1)。

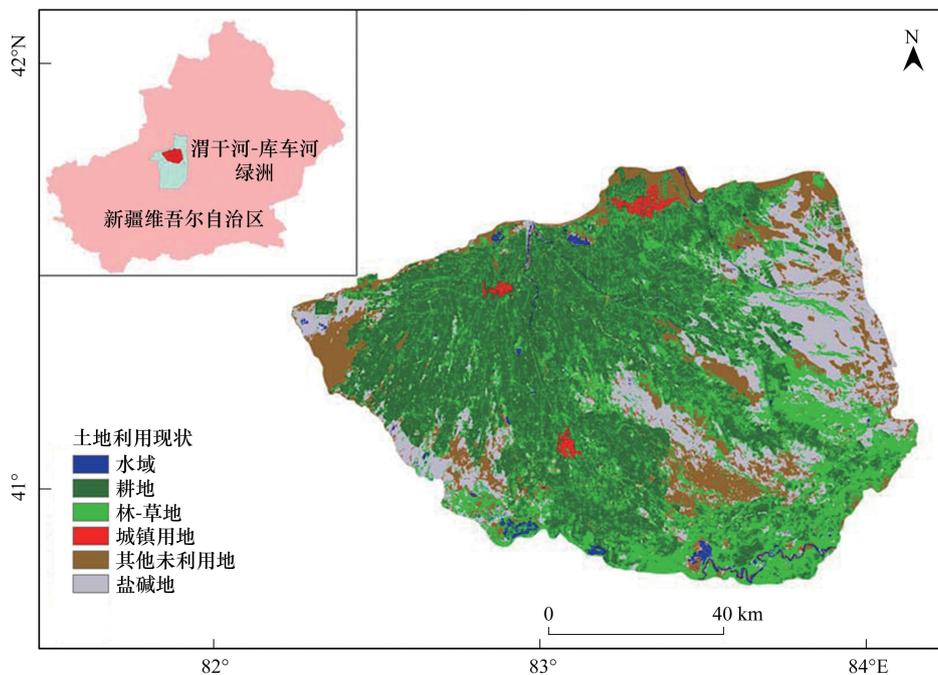


图 1 研究区示意图

Fig.1 Sketch map of location of study area

1.2 数据来源与处理

本文数据来源于 1997 年 8 月、2006 年 7 月、2016 年 8 月 3 期 Landsat TM 影像(分辨率 30m),研究区的 DEM 数据(分辨率 90 m)源自地理空间数据云 90 m。依据全国土地分类标准,结合研究区土地利用/覆盖类型现状,以 ENVI 软件为技术平台,利用最大似然法进行监督分类,将研究区划分为水域、耕地、林草地、城镇用地、盐碱地和其他未利用地共 6 类,结合研究区的地形图及 GoogleEarth 并通过野外实地调查数据对土地利用类型进行精度验证,3 个时期的土地利用/覆盖解译结果的总体精度均在 85%以上,满足研究需要。

2 研究方法

2.1 景观生态安全评价模型

景观干扰度指数与脆弱度指数是衡量景观生态环境的因果指标^[14]。本文以干扰度指数和脆弱度指数构建渭—库绿洲景观生态安全评价模型^[4]。

2.1.1 景观干扰度指数

景观干扰度指数是表征景观生态环境受到自然、人为活动的影响程度,可以用景观指数中破碎度、分离度与优势度反映^[23]。其公式为:

$$E_i = aC_i + bS_i + cD_i$$

式中, E_i 为景观干扰度指数; C_i 为景观破碎度指数; S_i 为景观分离度指数; D_i 为景观优势度指数; a, b, c , 分别为破碎度、分离度和优势度的权重, 借鉴前人的相关研究成果^[14-15]并结合研究区的实际情况, 对破碎度、分离度和优势度分别赋以权重 0.5、0.3 和 0.2。

2.1.2 景观脆弱度指数

景观脆弱度指数 (F_i) 是衡量各类型景观抵御自然和人类干扰的能力, 反映景观对外界干扰的敏感程度^[14]。区域景观脆弱度指数越大, 表明该区域抗干扰能力越弱, 生态系统越容易受损; 反之, 景观脆弱度指数越小, 表明景观越稳定^[4]。本研究对研究区内 6 种景观的脆弱度采用专家咨询法予以确定。研究区未利用地主要是沙漠、戈壁等景观, 最为敏感, 赋值为 6; 盐碱地植被覆盖度低, 脆弱度较高, 赋值为 5; 水域在外在干扰下反应较为敏感, 赋值为 4; 耕地分布较为集中, 不易受影响, 赋值为 3; 林草地抵御干扰能力较强, 赋值为 2; 干旱区绿洲的城镇用地是该地区人类活动的主体区域, 最稳定, 赋值为 1。将各类型景观赋值进行归一化处理。

2.1.3 景观生态安全指数构建

本研究借鉴相关研究成果^[24]分别以 1、3、5、10 km 的粒度划分采样单元格, 最终对比发现 5 km 的格网可以较为真实合理的表征渭—库绿洲景观格局变化特征, 也不至格网太密集而不能直观刻画空间异质性。因此将研究区划分为 5 km × 5 km 的单元格, 共计 580 个采样区。然后计算每个采样区的景观综合生态安全度, 公式为^[14]:

$$LSES_k = \sum_i^m \frac{A_{ki}}{A_k} (1 - 10 \times E_i \times F_i)$$

式中, $LSES_k$ 为第 k 个格网景观生态安全指数; m 为区域景观总样方数; A_{ki} 为网格内景观类型 i 的面积; A_k 为评价单元 k 区的面积。 $LSES_k$ 越大, 景观生态安全程度越高, 反之生态安全程度低。

2.1.4 评价标准

目前, 由于景观生态安全评价尚无统一的标准, 本文根据已有的研究成果^[25-26]并结合研究区的实际情况, 将研究区景观生态安全分为 5 个等级, 见表 1。

表 1 渭—库绿洲景观生态安全评价等级

Table 1 Evaluation standard of landscape ecological security (LSES) of the Ugan-Kuqa river oasis

景观生态安全值 LSES Value of landscape ecological security	安全等级 Security level	安全状态 Security state	景观生态安全值 LSES Value of landscape ecological security	安全等级 Security level	安全状态 Security state
0 < LSES ≤ 0.29	V	风险级	0.53 < LSES ≤ 0.62	II	相对安全级
0.29 < LSES ≤ 0.4	IV	敏感级	0.62 < LSES ≤ 1	I	安全级
0.4 < LSES ≤ 0.53	III	临界安全级			

2.2 空间统计方法

本研究在利用景观生态安全评价模型计算 1997、2006 和 2016 的各采样单元的景观生态安全度基础上, 通过 OpenGeoDa 软件计算空间关联的局部指标 (LISA, Local Indicators of Spatial Association) 和绘制全局 Moran 散点图相结合, 进行空间自相关分析。

2.3 最小累积阻力模型

最小累积阻力 (minimum cumulative resistance, MCR) 模型的公式为^[17]:

$$MCR = f \times \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (D_{ij} \times R_i) \quad (3)$$

式中, MCR 是从源 j 扩散到空间某点的最小阻力; f 表示 MCR 与生态过程之间的正比关系; D_{ij} 是物种从景观单元 i 到生态源地 j 的距离; R_i 是景观单元 i 对某物种运动的阻力系数; m 是景观类型种类数; n 是单元总数。

2.3.1 “源地”的识别

依据景观生态学的“源—汇”原理, 源景观具有空间扩展性、连续性, 因此源地一般选择生境质量较高, 能

满足已有生态环境变化过程的协调性,发挥生态环境主要的生态服务功能^[17]。本文借助 ArcGIS 空间分析筛选工具,选取面积大于 5 km²林草地斑块及具有空间连续性、斑块面积较大的水域作为生态“源地”^[4]。

2.3.2 阻力面的建立

生态系统中物质循环和能量流动需要克服一定的阻力,阻力面的构建是最小阻力模型的核心,生态阻力因子的选取是生态阻力面构建的关键^[27]。本文借鉴相关研究选取生态安全水平(基于景观指数)、地形和坡度 3 个阻力因子,并对其进行加权求和获取阻力表面,生成最小累积阻力面^[24]。

2.3.3 生态廊道的识别

生态廊道是相邻生态源地的链接通道,也是两源地之间的阻力低谷,有利于生态流在源与源之间及源与基质间的流动^[24]。本研究在最小累积阻力面的基础上通过 ArcGIS 中的 Cost Path 工具,生成每两个生态源地之间的最小阻力路径,即生态廊道。采用 ArcGIS 中的密度分析工具,将生态生态廊道分为关键廊道和辅助廊道^[4]。

2.3.4 生态节点的识别

生态节点位于生态廊道最薄弱之处,对生态流的联系具有控制意义和关键作用^[28]。本文借鉴 GIS 空间分析工具中的水文分析模块,以最小累积阻力面为基础,提取阻隔生态流和物种扩散的最大阈值,然后矢量化并对矢量化的线条进行平滑处理,获取阻力面的“山脊线”^[4]。通过栅格计算,获取“山脊线”与生态廊道的交点,即生态节点。

2.3.5 生态功能分区

本研究通过分析最小累计阻力面栅格空间频率分布图结合相关研究^[29],利用最小累计阻力值曲线的突变点划分阻力值区间,同时综合考虑研究区生态源地、生态廊道和生态节点的空间分布规律,确定生态功能区,分别为生态缓冲区、生态连通区、生态过度区和生态边缘区。

3 结果与分析

3.1 景观生态安全时空变化

本文基于采样单元中心点的景观生态安全值,采用克里金法进行插值,得到 1997、2006 和 2016 年研究区生态安全时空分布图(图 2)。

渭—库绿洲景观生态安全值较高的区域主要集中在绿洲中部,此区域内的景观大多为耕地、林草地和水域;景观生态安全值低的区域主要分布在绿洲西部和东部,此区域主要是盐碱地及戈壁、荒漠等其他未利用地,生态环境较为恶劣。1997—2016 年渭—库绿洲生态安全度由高到低大体上是从内向外扩展,空间差异相对较小,见图 2。

为了进一步说明渭—库绿洲生态安全的时间变化特征,在 1997、2006、2016 渭—库绿洲生态安全克里金插值的基础上,计算绿洲景观生态安全个等级占总面积的比例,并绘制面积百分比柱状图,结果见图 3。

1997—2006 年间渭—库绿洲景观生态安全区域面积由 0.45%减少到 0.34%,相对安全区域面积比例由 18.12%增加至 30.19%,临界安全区域、敏感区域、风险区域面积比例有所下降。主要由于这一时期该绿洲土地利用的重点是土地荒漠化的整治及大规模土地开垦,大量的林草地开垦为耕地,景观破碎化较为严重。2006—2016 年间研究区景观生态安全区域、相对安全区域面积比例都呈上升趋势,这期间,水域面积由 150.54 km²减少到 130.36 km²,呈现缓慢下降趋势,林草地面积由 2775.81 km²增加至 2884.20 km²,其中由耕地转化成林草地的面积为 622.88 km²。由此可说明 2006 年以来渭—库绿洲节水滴灌模式的不断普及土地利用模式的转变、“退耕还林还草”工作的进一步落实,使得研究区域生态环境得到改善^[30]。

3.2 景观生态安全指数空间自相关分析

运用 Geoda 软件,计算 1997 年、2006 年及 2016 年 3 个不同时空尺度下渭—库绿洲景观生态安全度的 Moran's I 值,结合 3 期绿洲景观生态安全值的散点图及 LISA 分布图(z 检验 $P < 0.05$),分析该时期整个绿洲

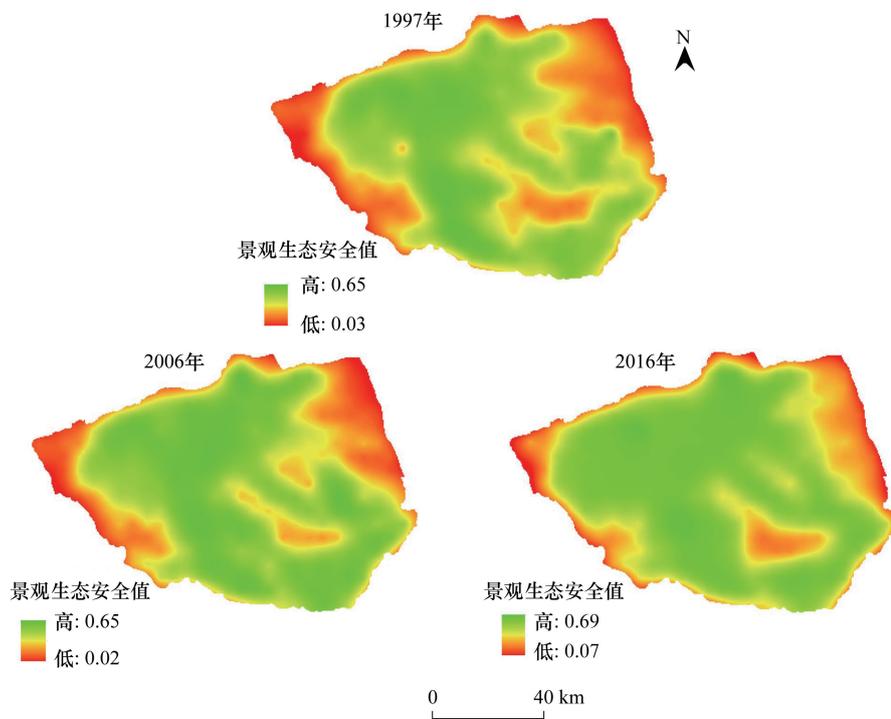


图2 渭—库绿洲景观生态安全值空间分布

Fig.2 Spatial distribution of LSES values of the Ugan-Kuqa river oasis in year of 1997, 2006 and 2016

LSES: 景观生态安全, Landscape ecological security

景观生态安全度的空间分布特征(图4)。

1997年、2006年和2016年的Moran'I值分别为0.6479、0.7049、0.6587,3个时期的Moran'I值均为正值且通过 $P=0.05$ 的显著性检验,散点主要集中分布在第一象限(High—High)和第三象限(Low—Low),大部分分布在回归线附近。说明研究区域景观生态安全度在空间上呈现较强的正相关关系且空间全局集聚效应比较显著。对比研究区3期Moran'I散点图可知,第一象限(High—High)内的样本单元生态安全值差距较小,散点较集中,即高安全区域内部差异较小;第三象限(Low—Low)内的样本单元生态安全值差距较大,散点较分散,即低生态安全区域内部差异较大;第二象限(Low—High)内的散点低高离群现象较明显,第四象限(High—Low)内的散点较少且高低离群程度较低。

通过对LISA指数进行分析可知(图5),1997—2016年景观生态安全分布的热点(High—High)区域和冷点(Low—Low)区域呈现出显著的空间集群特征。热点区域主要集中分布于渭—库绿洲中部及西南地区,形成高生态安全度的区域,由于此区域的景观类型主要是大面积的林草地及水域,结然力克水库、帕满水库及塔里木河中游部分地段位于该区域,提供充沛水源,生态环境较好;冷点区域主要集中于绿洲的西部与东部此区域主要以盐碱地、其他未利用地(戈壁、荒漠等)景观类型为主^[4]。1997—2006年期间,由于绿洲中部农区不断进行小规模的开荒,加之绿洲农业用水的灌溉方式主要以大水漫灌为主,使区域资源环境承载力出现超载现象,景观生态安全度H—H区面积比例有所下降^[21,31]。到2016年,绿洲热点区域面积比例上升至17.89%,

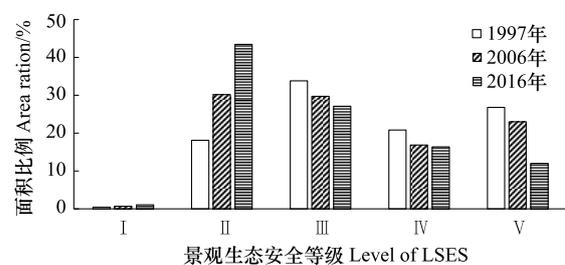


图3 1997—2016年渭库—绿洲景观生态安全等级面积比例时间变化

Fig.3 Change of area ratio of LSES level in Ugan-Kuqa river oasis from 1997 to 2016

I: 安全级, Secure; II: 相对安全级, Relatively secure; III: 临界安全级, Critically Secure; IV: 敏感级, Sensitive; V: 风险级, Risky; LSES: 景观生态安全, Landscape ecological security

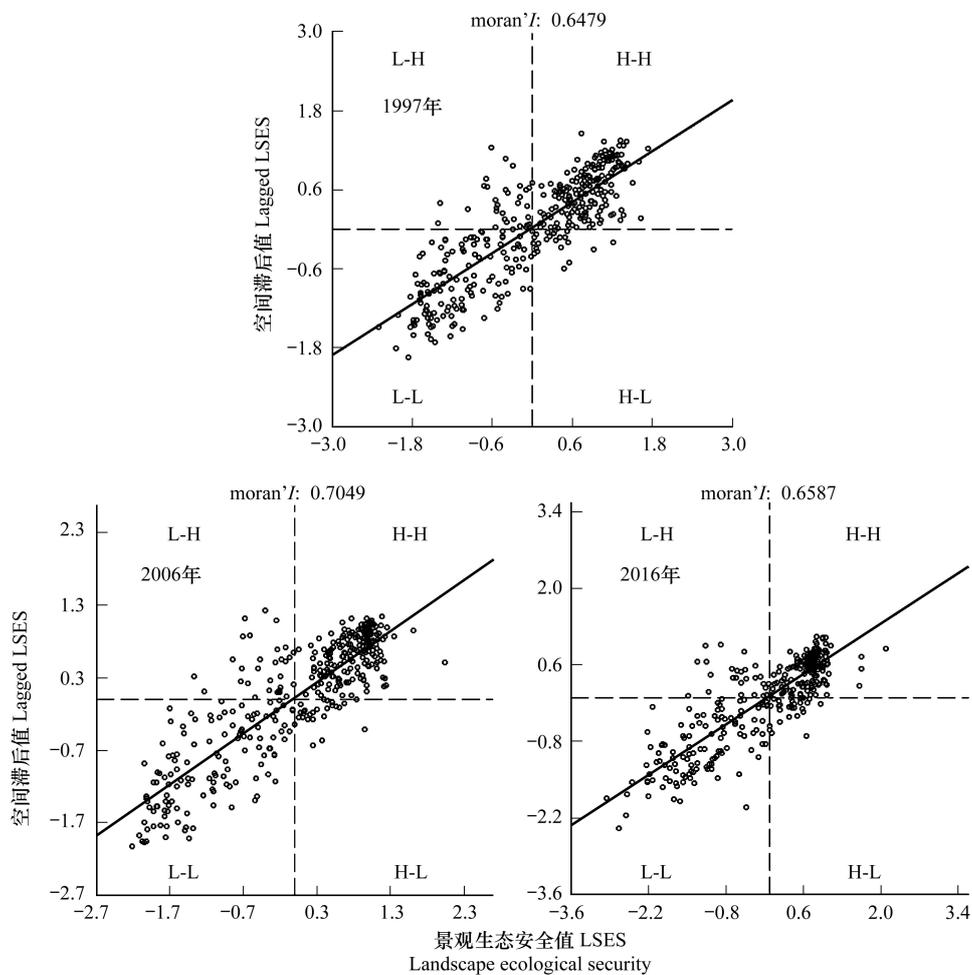


图4 1997、2006、2016年渭—库绿洲景观生态安全度 Moran'I 散点图

Fig.4 Moran'I scatterplot of landscape ecological security degrees in Ugan-Kuqa river oasis in 1997,2006 and 2016

H—H: 高一高, High—High; L—H: 低—高, Low—High; L—L: 低—低, Low—Low; H—L: 高一低, High—Low

冷点区域面积比例下降至 11.90%, 其中 355.25km² 盐碱地转化为耕地及林草地; 其他未利用地面积减少了 581.85km², 表明在政府主导、政策扶持和全民生态保护意识的逐年提高的情况下, 绿洲防沙治碱工作卓有成效, 绿洲生态向好发展。

3.3 景观生态格局优化

3.3.1 生态安全网络构建

生态安全网络构建的目标是通过调整优化景观组分的空间分布, 使区域生态格局更为合理, 生态环境更加健康。本文以采用 MCR 模型, 识别生态廊道、生态节点并划分生态功能区, 形成渭—库绿洲生态安全网络 (图 6)。

本研究选取面积大于 5km² 林草地斑块及具有空间连续性、面积较大的水域斑块作为生态源地, 共有 17 块, 面积为 1168.59km², 占总面积的 12.76%; 渭—库绿洲生态廊道贯穿整个研究区, 其中关键廊道连接绝大多数生态源地, 由此成为生态流运行的主要通道; 辅助廊道主要作用是保障关键廊道生态功能的发挥及增加生态流运行和物种扩散的通道; 渭—库绿洲生态节点共 36 个, 多分布在北部区域, 处于人类主要活动范围之内, 是生态环境重点保护和加强管理的区域; 本研究划分的生态缓冲区, 占绿洲总面积的 39.96%, 大部分生态源地分布于其中, 阻力水平较低, 作为生态源地的保护屏障, 是生态源地扩展和演替的潜在区域; 生态连通区, 占总面积的 34.91%, 由于此区域能够连接相距较远的源地, 但对于物种扩散的阻力随之增加, 不太适宜源地的

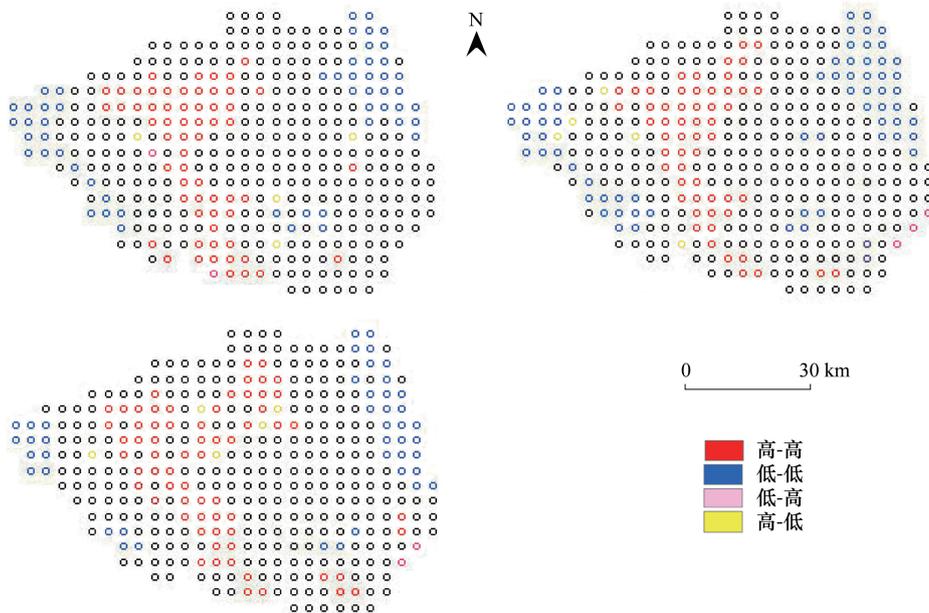


图5 1997—2016年渭—库绿洲景观生态安全值LISA指数空间分布图

Fig.5 LISA cluster map of landscape ecological security in Ugan-Kuqa river oasis from 1997 to 2016

LISA:局部空间关联指数,Local Indicators of Spatial Association

发展;生态过渡区,占总面积的16.32%,主要位于绿洲与荒漠的过渡地带,土地盐渍化较严重,生态阻力值较高,生态环境较脆弱;生态边缘区,占绿洲总面积的8.81%,主要为其他未利用地(戈壁、沙漠等),生态环境较差,阻力值达到最大,对生态流运行及物种扩散具有阻碍作用。

3.3.2 景观格局优化方案

基于生态安全网络的构建,对渭—库绿洲生态源地、生态廊道和生态节点提出保护策略。

1)保护生态源地。绿洲生态源地主要由水域及林草地构成,生态源地周围是耕地分布较集中的区域,而渭—库绿洲主要以发展农业为主^[19],应当防止耕地扩张对生态源地的侵占;调整农业种植结构,发展节水产业,加强防护林建设。

2)建设生态廊道。为增强廊道的生态效应,绿洲生态廊道需要有重点、分层次的规划建设,增加绿洲关键廊道上的林草地面积,提升关键廊道的连通性,绿洲辅助廊道数量较多,长度较短,但能够将未与关键廊道连接的源地与其他源地相连接,保障生态廊道网络的完整性,在规划建设中应避免人为干扰切断辅助廊道、孤立生态源地^[4]。

3)修复生态节点。分布在耕地、建设用地区域的生态节点,受人类干扰程度较大,可以通过退耕还林还草和人口外迁进行生态节点建设;处于荒漠与绿洲过度地带的生态节点,可以通过种植耐旱植被,低覆盖灌木、草地构建。

4)划分生态功能区

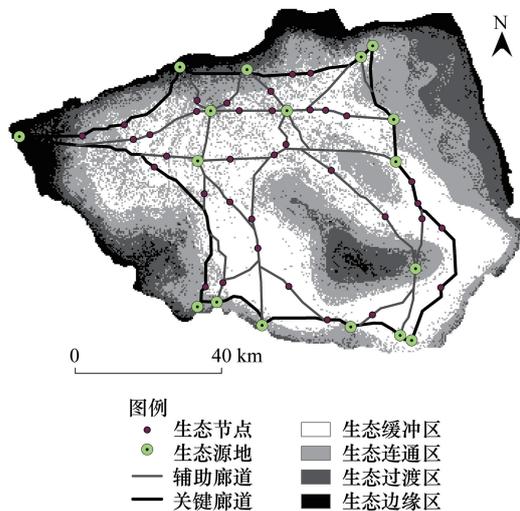


图6 渭—库绿洲景观生态安全格局

Fig.6 Landscape ecological security pattern of the Ugan-Kuqa river oasis

绿洲生态缓冲区主要是生态源地及农业用地的集中区域,也是生态安全值较高的区域,应以生态保护为主,严格控制垦荒规模及水资源的开发利用强度^[4];生态连通区域内分布少量的生态源地斑块及耕地斑块,连接远距离的源地,为保障生态缓冲区生态过程的稳定运行,农业生产过程应注重土壤盐渍化和沙化现象;生态过渡区土壤盐渍化较严重,生态环境较脆弱,应以生态修复为主,对区域内破碎度较高的耕地进行退耕还林草,加强水利工程、排水排盐等生态基础设施的建设^[4];生态边缘区景观类型主要以荒漠和戈壁为主,土地沙化较严重,应在风沙地带大范围种植乔、灌、草相结合的抗旱复合防护植被,完善绿洲防护林体系。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文运用景观干扰度指数和景观脆弱度指数构建渭—库绿洲景观生态安全评价模型,分析绿洲景观生态安全度时空分异特征,结合生态学理论与 GIS 技术,通过 MCR 模型,构建绿洲生态安全网络,主要结论如下:

(1)1997—2016 年,渭—库绿洲景观生态安全区域面积比例先减少后增加,相对安全区域面积比例不断增加,临界安全、敏感和风险区域面积比例不断减小;总体上,渭—库绿洲景观生态安全度由高到低呈内向外扩展的态势。

(2)1997—2016 年,渭—库绿洲景观生态安全空间分异特征显著,全局自相关值 Moran's I 值分别为 0.6479、0.7049、0.6587,呈现较强的正相关关系,空间集聚效应比较显著;局部空间自相关集聚主要以高一高聚集和低—低聚集类型为主,高一高值主要集中分布于渭—库绿洲中部及西南地区,低—低值主要分布于绿洲的西部与东部。

(3)渭—库绿洲生态源地主要分布在绿洲的北部及南部,占总面积的 12.76%;绿洲生态廊道网络基本遍及整个研究区,关键廊道连接了绝大多数的绿洲生态源地,辅助廊道主要是连接没有与关键廊道连接的源地之间的通道;生态节点位于生态廊道最薄弱处,共有 36 个;绿洲的生态功能区有:生态缓冲区、生态连通区、生态过渡区和生态边缘区。渭—库绿洲景观生态安全格局的建设以保护现有的生态源地为主,有重点、分层次的规划建设生态廊道,并不断维护和修复生态节点和生态功能区。

4.2 讨论

本研究通过构建景观生态安全评价模型,分析渭—库绿洲的生态安全时空动态变化,利用最小阻力模型,将水域和林草地作为生态源地,基于绿洲生态安全水平、地形和坡度构建累计阻力表面和耗费距离,明确了绿洲生态功能区、生态廊道和生态节点,实现了绿洲区域生态安全时空动态评价与优化相结合。对于我国西北干旱区绿洲来说,生态脆弱性及水资源短缺是其共性,对其进行生态安全评价具有重要意义^[32]。陈亚宁等^[33]研究指出水是绿洲生存的基础,是维持干旱区经济发展、社会稳定及改善生态环境的重要基石。随着引水、蓄水、灌溉与排水等工程的相继投入运行有效降低了地下水位,渭—库绿洲部分地区盐渍化得到改善,同时保障了农业用地的连续灌溉^[19],水资源利用趋于合理,生态环境有所改善。

此外,本研究利用景观指数构建生态安全评价模型,从景观空间结构角度来分析绿洲生态安全时空变化情况,没有考虑绿洲的社会经济因素,所得结果具有相对性;其次,由于数据及方法的限制,本文构建最小累计阻力面时,只是基于景观生态安全度、地形、坡度 3 个因子获取阻力表面,因此阻力面的模拟效果可能略显不足,以上都是今后研究中仍需深化和完善的方面。

参考文献 (References):

- [1] Huang J F, Wang R H, Zhang H Z. Analysis of patterns and ecological security trend of modern oasis landscapes in Xinjiang, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2007, 134(1/3): 411-419.
- [2] Ezeonu I C, Ezeonu F C. The environment and global security. *Environmentalist*, 2000, 20(1): 41-48.
- [3] 游巍斌,何东进,巫丽芸,洪伟,詹仕华,覃德华,游惠明. 武夷山风景名胜區景观生态安全度时空分异规律. *生态学报*, 2011, 31(21): 6317-6327.

- [4] 何珍珍. 基于景观格局的塔里木盆地北缘绿洲生态安全研究. 新疆大学, 2018.
- [5] 何珍珍, 王宏卫, 杨胜天, 刘香云, 王盼, 王慧. 塔里木盆地中北部绿洲生态安全评价. 干旱区研究, 2018, 35 (4): 963-970.
- [6] 李咏红, 香宝, 袁兴中, 刘孝富. 区域尺度景观生态安全格局构建——以成渝经济区为例. 草地学报, 2013, 21(1): 18-24.
- [7] 吉冬青, 文雅, 魏建兵, 吴志峰, 程炯, 刘庆. 流溪河流域土地利用景观生态安全动态分析. 热带地理, 2013, 33(3): 299-306.
- [8] Cen X T, Wu C F, Xing X S, Fang M, Garang Z, Wu Y Z. Coupling intensive land use and landscape ecological security for urban sustainability: an integrated socioeconomic data and spatial metrics analysis in Hangzhou City. Sustainability, 2015, 7(2): 1459-1482.
- [9] Peng J, Pan Y J, Liu Y X, Zhao H J, Wang Y L. Linking ecological degradation risk to identify ecological security patterns in a rapidly urbanizing landscape. Habitat International, 2018, 71: 110-124.
- [10] 彭文君, 舒英格. 喀斯特山区县域耕地景观生态安全及演变过程. 生态学报, 2018, 38(3): 852-865.
- [11] 赵军, 郑珊, 胡秀芳. 基于 GIS 的天祝高寒草原生态安全模糊评价研究. 干旱区资源与环境, 2010, 24(4): 66-71.
- [12] de Groot R S, Alkemade R, Braat L, Hein L, Willemen L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity, 2010, 7(3): 260-272.
- [13] 李新琪, 金海龙, 朱海涌. 干旱区内陆艾比湖流域平原区景观生态安全评价研究. 干旱环境监测, 2010, 24(2): 84-88, 93-93.
- [14] 时卉, 杨兆萍, 韩芳, 石天戈, 栾福明. 新疆天池景区生态安全度时空分异特征与驱动机制. 地理科学进展, 2013, 32(3): 475-485.
- [15] 梁二敏, 张军民. 新疆玛纳斯河流域景观格局变化的生态安全分析. 水土保持研究, 2016, 23(3): 170-175.
- [16] Kline J D, Moses A, Alig R J. Integrating urbanization into landscape-level ecological assessments. Ecosystems, 2001, 4(1): 3-18.
- [17] 王鹏, 王亚娟, 刘小鹏, 陈晓, 孔福星. 基于景观结构的生态移民安置区生态风险评价——以宁夏红寺堡区为例. 生态学报, 2018, 38(8): 2672-2682.
- [18] 范兆菊, 张永福, 许萌. 新疆后备耕地资源的开发利用研究. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 177-181.
- [19] 麦尔耶姆·亚森, 买买提·沙吾提, 吐尔逊·艾山, 如则麦提·米吉提, 依克丽曼·阿布都米提, 马依拉·热合曼. 新疆渭干河—库车河三角洲绿洲耕地时空变化特征分析. 中国农业科学, 2017, 50(18): 3506-3518.
- [20] 满苏尔·沙比题, 陈冬花. 渭干河—库车河三角洲绿洲形成演变和可持续发展研究. 资源科学, 2005, 27(6): 118-124.
- [21] 陈小兵, 杨劲松, 杨朝晖, 胡顺军, 刘广明. 渭干河灌区灌排管理与水盐平衡研究. 农业工程学报, 2008, 24(4): 59-65.
- [22] 王宏卫, 刘勤, 柴春梅, 赵喆. 新疆渭干河库车河绿洲人口-经济-环境耦合协调发展研究. 生态经济, 2015, 31(3): 78-83.
- [23] 张月, 张飞, 王娟, 任岩, Abduwasit Ghulam, Hsiang-te KUNG, 陈芸. 近 40 年艾比湖湿地自然保护区生态干扰度时空动态及景观格局变化. 生态学报, 2017, 37(21): 7082-7097.
- [24] 潘竟虎, 刘晓. 疏勒河流域景观生态风险评价与生态安全格局优化构建. 生态学杂志, 2016, 35(3): 791-799.
- [25] 郭明, 肖笃宁, 李新. 黑河流域酒泉绿洲景观生态安全格局分析. 生态学报, 2006, 26(2): 457-466.
- [26] 李月臣. 中国北方 13 省市区生态安全动态变化分析. 地理研究, 2008, 27(5): 1150-1160.
- [27] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. 生态学报, 1999, 19(1): 8-15.
- [28] 蒙吉军, 王晓东, 周朕. 干旱区景观格局综合优化: 黑河中游案例. 北京大学学报: 自然科学版, 2017, 53(3): 451-461.
- [29] 潘竟虎, 刘晓. 基于空间主成分和最小累积阻力模型的内陆河景观生态安全评价与格局优化——以张掖市甘州区为例. 应用生态学报, 2015, 26(10): 3126-3136.
- [30] 王丹丹, 程猛, 杨瑞红, 赵成义, 丁建丽, 张小雷. 近 20a 渭干河绿洲土壤盐分变化特征. 干旱区研究, 2015, 32(6): 1076-1081.
- [31] 李晓东, 塔西甫拉提·特依拜, 范卓斌, 范丽丽, 谢霞, 李恩. 基于适宜性和安全性评价的干旱区绿洲后备耕地资源开发——以渭干河—库车河三角洲绿洲为例. 地理研究, 2016, 35(1): 163-172.
- [32] 孟优, 周益民, 侯秀玲, 梅鹏蔚. 干旱区绿洲生态安全评价研究——以新疆生产建设兵团为例. 干旱区地理, 2014, 37(1): 163-169.
- [33] 陈亚宁, 陈忠升. 干旱区绿洲演变与适宜发展规模研究——以塔里木河流域为例. 中国生态农业学报, 2013, 21(1): 134-140.