

网络出版时间:2017-07-07 15:04

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2017.08.020

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.s.20170707.1504.040.html>

基于景观格局的新疆渭干河-库车河三角洲 绿洲的生态风险评价

康璇¹, 王雪梅^{1,2}

(1 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2 新疆维吾尔自治区重点实验室
新疆干旱区湖泊环境与资源实验室, 新疆 乌鲁木齐 830054)

[摘要] **【目的】**评价新疆渭干河-库车河三角洲绿洲生态风险,对绿洲生态环境保护与管理提供参考。**【方法】**以渭干河-库车河三角洲绿洲为研究区,利用 1989,2001,2007,2013 年 4 个时期遥感图像作为数据源,将研究区分为耕地、林地、草地、水体、盐碱地、未利用地及其他 6 种景观类型,计算各类型景观格局指数及生态风险指数,将研究区划分为低、较低、中等、较高、高生态风险区,之后采用地统计学的半方差法对研究区生态风险空间变化特征进行分析。**【结果】**1989—2013 年,耕地和盐碱地面积呈增加趋势,而其他景观类型面积均有所减少。1989 年,研究区低、较低、高风险区域面积所占比例较高,分别为 20.7%,28.1%,20.7%,而 2001,2007,2013 年研究区以低、较低风险区面积所占比例较高,二者之和分别为 55.3%,49.6%,71.8%。**【结论】**1989—2013 年,渭干河-库车河三角洲绿洲的景观类型没有变化,但各类型景观面积都有变化,绿洲的生态风险程度总体上呈现降低的趋势。

[关键词] 生态风险;景观格局;渭干河-库车河绿洲;新疆

[中图分类号] S181;X826

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2017)08-0139-08

Assessment of ecological risk of Weigan-Kuqa River Delta Oasis in Xinjiang based on landscape pattern

KANG Xuan¹, WANG Xuemei^{1,2}

(1 College of Geography Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China; 2 Xinjiang Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Xinjiang Uygur Autonomous Region Key Laboratory, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

Abstract: **【Objective】** The ecological risk in Weigan-Kuqa River Delta Oasis was evaluated to provide reference for environment protection and management. **【Method】** The remote sensing image data of Weigan-Kuqa River Delta Oasis in 1989, 2001, 2007 and 2013 were used to classified the study area into six types, including cultivated land, woodland, grassland, water, saline land, unutilized and other land. On the basis of calculated landscape pattern and ecological risk, the study area was divided into extremely low, low, medium, high, and extremely high ecological risk zones. Then semi-variance method of ground statistics was used to analyze spatial variation characteristics of ecological risk. **【Result】** In 1989—2013, the areas of cultivated land and saline land increased, while other types decreased. In 1989, the low and extremely high risk areas accounted for high proportions of 28.1% and 20.7%, but in 2001, 2007, and 2013, the extremely low and low risk areas accounted for high proportions of 55.3%, 49.6%, and 71.8%, respectively. **【Conclusion】** In 1989—2013, landscape type in Weigan-Kuqa River Oasis did not change, but the areas of

[收稿日期] 2016-06-09

[基金项目] 国家自然科学基金项目(41261051, 41561051)

[作者简介] 康璇(1991—),女,山西岢岚人,硕士,主要从事资源环境地理信息系统研究。E-mail: 429448570@qq.com

[通信作者] 王雪梅(1976—),女,江苏铜山人,副教授,博士,硕士生导师,主要从事干旱区资源环境遥感技术应用研究。
E-mail: 502529672@qq.com

different types changed. The ecological risk degree of the oasis had decreasing trend in general.

Key words: ecological risk; landscape pattern; the Delta Oasis of Weigan-Kuqa River; Xinjiang

生态风险是生态系统暴露在某种危险环境状态下的可能性,指一个种群、生态系统或整个景观的正常功能受外界胁迫,从而在目前和将来减少该系统内部某些要素或其本身的健康、生产力、遗传结构、经济价值和美学价值的可能性^[1]。人类社会的不断发展,人口的极速膨胀以及人类对水土资源的大规模开发利用,使得生态环境不断变化,甚至是不断恶化,进而导致出现了森林覆盖率下降、草场严重退化、土壤盐渍化加剧、土地荒漠化加剧等严重的生态问题,严重制约着区域资源开发、经济可持续发展、生态环境的建设及对人居环境的可持续性改善,所以对生态风险的有效规避、主动适应及综合管理就显得非常重要。而要对生态系统进行有效地管理,首先就需要预测不利生态影响发生的可能性及后果,对特定区域的生态风险进行科学、准确的评价,减小其对于生态系统或某些组分的损害程度。

区域生态风险评价是在区域尺度上描述和评价环境污染、人为活动或自然灾害对生态系统结构和功能等产生不利作用的可能性及危害程度^[2]。国外对于生态风险的研究主要是对景观的危害、价值和风险进行评估^[3-4],研究尺度已经扩展到了流域、矿区及城市,对风险源的探讨也逐步扩大。我国学者对于生态风险评价的研究主要集中在两个方面:水环境化学生态风险评价以及区域与景观生态风险评价^[5]。其中,对水环境中有毒有机化合物、重金属等化学生态风险评价的研究开展较多,且已经较为成熟,如郭广慧等^[6]、曹治国等^[7]分析了多环芳烃的生态风险,王馨慧等^[8]、黄莹等^[9]、陈春霄等^[10]分析了水体重金属的生态风险。区域与景观生态风险评价研究相对起步较晚,着重从景观结构和生态风险空间范围上进行分析,一般针对特殊地区,如高宾等^[11]基于景观格局对锦州湾沿海经济开发区的生态风险分析,巩杰等^[12]对甘肃白龙江流域的生态风险进行评价,为维护流域生态系统功能提供了指导。

新疆渭干河-库车河三角洲绿洲是我国干旱区土地荒漠化的代表性区域。作为我国西北干旱区生态脆弱带的重要组成部分,近年来在气候变化与人为因素的双重压力下,生态环境受到了极大的破坏,变得更为脆弱敏感。本研究综合运用景观生态学原理与空间统计学的方法,分析研究区土地利用及景观格局变化的信息,构建出研究区生态风险指数,对

渭干河-库车河三角洲绿洲进行生态风险分析,揭示渭-库绿洲生态风险的时空变化特征,以期对此区域生态环境的保护和治理提供依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

渭干河-库车河三角洲绿洲(简称渭-库绿洲)位于新疆天山南麓,塔克拉玛干沙漠北缘,塔里木盆地北部,地理坐标为 $39^{\circ}30'N \sim 42^{\circ}40'N$, $81^{\circ}27'E \sim 84^{\circ}07'E$ 。该地区在行政上隶属阿克苏地区管辖,辖区范围包括库车、沙雅和新和 3 个县,是古丝绸之路东上东西方文化交流的重要通道(图 1)。

该绿洲是渭干河和库车河水系携带天山南麓的冲积、洪积物,逐渐沉积形成的一个典型而完整的扇形平原绿洲。地势北高南低,自西北山地向东南盆地倾斜,东西延伸 194 km,南北跨距 322 km,总面积达 $523.760 \times 10^4 \text{ hm}^2$,其中平原、山地面积各占 52.5%,47.5%。该绿洲位于中纬度地区,年均气温 $10.5 \sim 14.4^{\circ}\text{C}$,为典型大陆性暖温带干旱气候,远离海洋,光热资源丰富^[13]。1960—2010 年来多年平均降水量为 120.3 mm,年均蒸发量为 $1\,992.0 \sim 2\,863.4 \text{ mm}$,干燥系数为 44.37,属于干旱与极端干旱地区^[14]。具有气候干燥、冬冷夏热、降水量少、蒸发量大且气温变化大等特征。

1.2 数据来源

本研究中用到的基础数据是渭干河-库车河三角洲绿洲空间分辨率为 30 m 的 1989-09-25、2001-08-01、2013-10-13 Landsat TM/ETM+ 影像数据及空间分辨率为 10 m 的 2007-09-15 ALOS 影像数据,所用影像数据没有云、雾和积雪等的影响,时相均为自然人工植被均生长茂盛的 8—10 月。其他数据包括研究区地形图、土地利用现状图及与 GPS 点相对应的实地景观图片,近年来野外调查数据以及该地区气象、水文、人口、土壤、社会经济等统计资料。

1.3 数据处理

首先借助 ENVI 5.0 软件对研究区多期遥感影像进行波段合成、统一投影、校正、配准等预处理,然后采用最大似然法对各期影像进行监督分类,根据研究区土地利用资源现状及其景观类型较为单一的特点,并参照全国土地利用分类方法,将研究区划分

为耕地、林地、草地、水体、盐碱地、未利用地及其他 6 类景观类型,结合 Google Earth 提供的高分辨率数据视图和野外实地验证点,最终得到研究区 1989,2001,2007,2013 年的土地类型分类图。结果表明,1989 年图像分类精度为 94.02%,Kappa 系数

为 0.93;2001 年图像分类精度为 94.80%,Kappa 系数为 0.94;2007 年图像分类精度为 95.13%,Kappa 系数为 0.94;2013 年图像分类精度为 96.55%,Kappa 系数为 0.96。可知分类效果较好,满足了本研究要求。

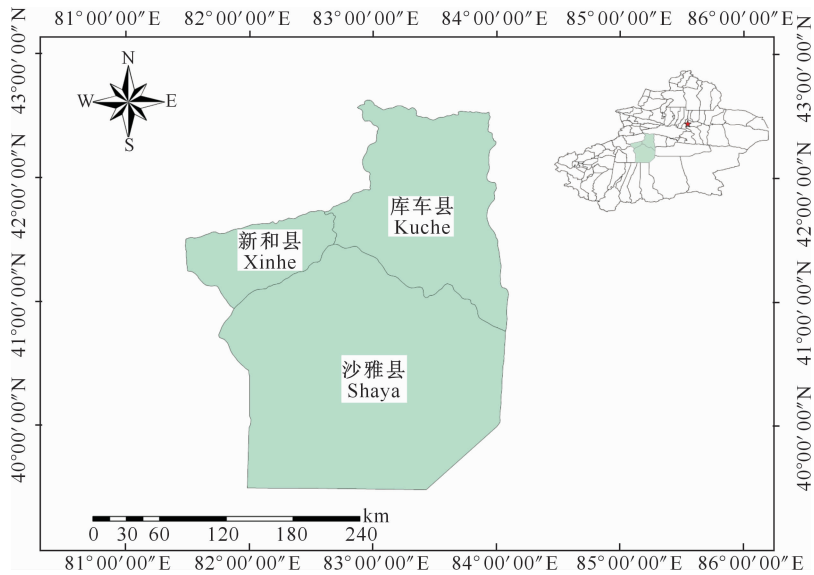


图 1 新疆渭干河-库车河三角洲绿洲位置示意图

Fig. 1 Sketch map of xinjiang Weigan-Kuqa River Delta Oasis

选择有利于生态环境评价及预测,并能量化描述各景观类型受到不确定或危害因素影响的景观指标,可以在某种程度上反映出研究区受干扰后的损失程度^[15]。本研究区是以绿洲景观为主导的、各种景观类型相互交错的、具有明显联系及形态特征的区域。综合考虑以上原因,并借鉴前人研究成果,本研究从景观格局的角度出发,利用 Fragstats 4.2 软件计算得到研究区 1989,2001,2007,2013 年各景观类型的景观格局指数,以此作为生态风险度量的指标。

1.4 研究方法

1.4.1 研究区风险小区的划分 网格地图是结合现代遥感信息技术,以网格为单元描述其中的属性分类、统计分级以及变化参数,在二维空间上表达动态时空变化的规律^[16]。网格化数据具有匹配和融合多源数据的优势,适合空间模型的构建、实现和表达^[17]。

根据研究区面积大小及采样工作量的考虑,本研究采用 10 km×10 km 的正方形单元格网进行等间距采样,覆盖全部研究区,共划分出 121 个风险小区(图 2),将基于景观格局指数所建立的生态风险指数空间化,计算出每个风险小区的生态风险指数,作为每个小区中心点的生态风险值,最后将所有中心点的生态风险值进行空间插值。

1.4.2 景观生态风险指数的计算 不同景观类型生态系统对外界干扰的抵抗能力不同,各种景观类型在维护生物多样性、完善生态系统的结构和功能、促进景观结构自然演替等方面作用也不同^[18]。本研究以景观格局特征为基础,选取具有代表性的景观指数,各指数具体算法如下。

景观破碎度指数(landscape fragmentation index, C_i):该指数表征景观被分割的破碎程度,反映景观空间结构的复杂性,此值越大,表明景观单元内部稳定性越低,对应的景观生态系统稳定性也越低^[19]。具体公式如下:

$$C_i = \frac{n_i}{A_i} \tag{1}$$

式中: n_i 为景观 i 的斑块数, A_i 为景观 i 的总面积。

景观分离度指数(landscape abruption index, N_i):该指数指某一景观类型中不同斑块数个体分布的分离度,其值越大表明景观分布越分散、越复杂。具体公式如下:

$$N_i = l_i \times \frac{A}{A_i} \tag{2}$$

$$l_i = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{n_i}{A}} \tag{3}$$

式中: l_i 为景观类型 i 的距离指数, A 为景观总面积。

景观分维数 (landscape fractal, F_i): 该指数是用来测定斑块形状对内部斑块生态过程影响的指标, 其值在 1~2, 愈靠近 1, 斑块的形状越简单; 越靠近 2, 斑块形状愈复杂^[20]。具体公式如下:

$$F_i = \frac{2 \ln (P_i / 4)}{\ln A_i}.$$

(4)

式中: P_i 为景观类型 i 的周长。

景观干扰度指数 (landscape obstruction index, S_i): 该指数表示人类干扰作用的强度, 其值越小, 越有利于生物的生存。

$$S_i = aC_i + bN_i + cF_i.$$

(5)

式中: a 、 b 、 c 分别表示 C_i 、 N_i 、 F_i 3 个指标的权重, 并且三者之和为 1。通过借鉴前人经验并结合实际情况, 本研究中 a 、 b 、 c 的取值分别为 0.5、0.3、0.2。

景观脆弱度指数 (landscape fragility index, V_i): 该指数表示各个景观在对抵抗外界干扰时表现出来的能力差异, 这种差异与自然演替过程所处的阶段息息相关^[21]。结合渭干河-库车河三角洲绿洲的实际并咨询专家, 得出本区内各景观类型的脆弱度由高到低依次为未利用地及其他、盐碱地、水体、耕地、草地、林地。各景观类型的脆弱度指数采用归

一化法^[22]处理后得到。

景观损失度指数 (landscape damnify index, R_i): 该指数表示在自然与人为因素的干扰下, 某种景观类型的自然属性损失程度, 由各类型景观干扰度指数 S_i 与脆弱度指数 V_i 的综合来计算^[23], 计算公式如下:

$$R_i = S_i \times V_i.$$

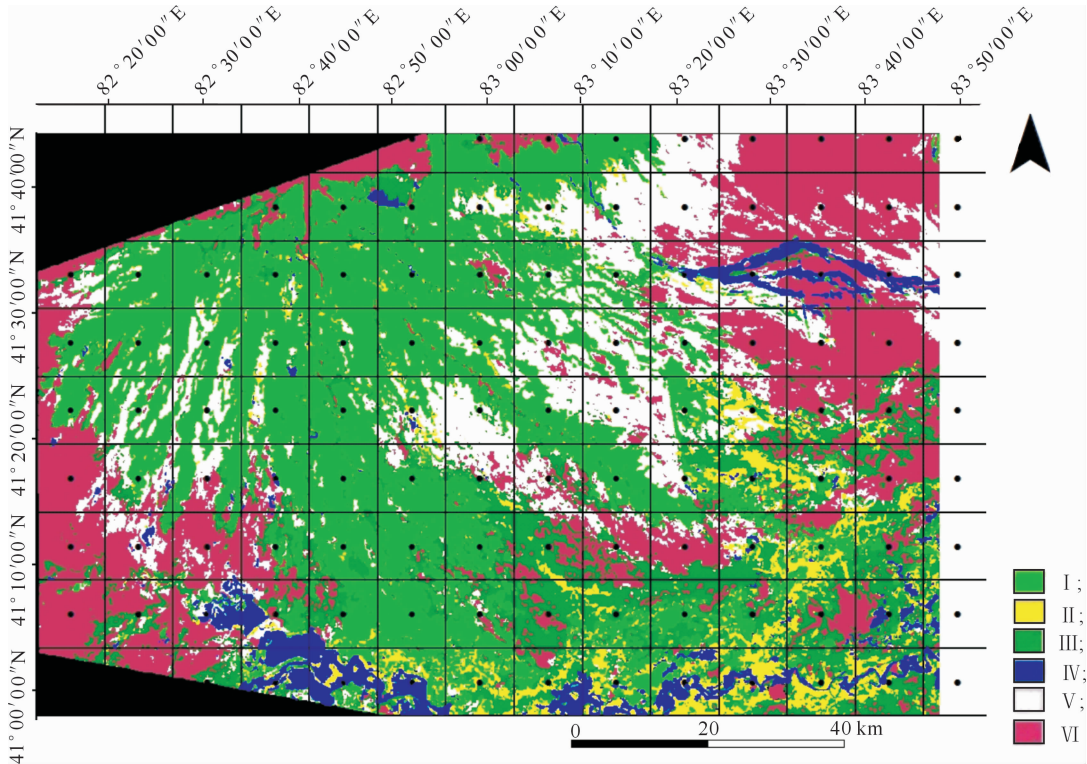
(6)

在进行景观生态风险评价时, 因景观格局指数高度浓缩了景观格局信息, 可以定量地描述和监测景观结构组成及空间配置等特征^[24-25], 所以本研究利用景观格局指数计算的生态风险指数 (ERI) 来描述每个风险小区综合生态环境损失的程度, 将景观的空间结构转化为空间化的生态风险变量, 其表达式为:

$$ERI = \sum_{i=1}^N \frac{A_{ki}}{A_k} R_i.$$

(7)

式中: ERI 为生态风险指数, 其值越大表示生态风险程度越高, 反之生态风险程度越低; N 为景观类型的数量; A_{ki} 为第 k 个风险小区中第 i 类景观类型的面积; A_k 为第 k 个风险小区的总面积; R_i 为第 i 类景观类型的损失度指数。



I. 耕地 Cultivated land; II. 林地 Woodland; III. 草地 Grassland; IV. 水体 Water;
V. 盐碱地 Saline land VI. 未利用地及其他 Unutilized and other land

图 2 新疆渭干河-库车河三角洲绿洲生态风险小区的划分

Fig. 2 Division of Xinjiang Weigan-Kuqa River Delta Oasis ecological risk areas

为了便于比较生态风险的大小, 直观地分析生态风险等级的空间分布特征, 本研究参考前人的研

究成果^[26-27],将计算出的各风险小区的生态风险指数进行等级划分,划分标准为:低生态风险区($ERI < 0.0386$)、较低生态风险区($0.0386 \leq ERI < 0.0514$)、中等生态风险区($0.0514 \leq ERI < 0.0577$)、较高生态风险区($0.0577 \leq ERI < 0.0705$)、高生态风险区($ERI \geq 0.0705$)。

1.4.3 景观生态风险空间分析方法 本研究运用半方差法^[28]对研究区的生态风险进行空间特征分析,具体计算公式如下:

$$\gamma(h)=\frac{1}{2n(h)}\sum_{i=1}^{n(h)}[Z(x_i+h)-Z(x_i)]^2。$$

(8)

式中: $\gamma(h)$ 为变异函数, h 为步长, x 为空间位置, $n(h)$ 为样本步长为 h 时样点的对数, $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i+h)$ 分

别为景观生态风险指数在 x_i 和 (x_i+h) 点的取值。

以 $\gamma(h)$ 为纵坐标,样本间步长 h 为横坐标,获得半方差图,然后利用 ArcGIS 10.0 的空间分析和地统计功能,通过求和、采样、克里格插值,将所得的实际半方差图用球状模型(不同模型比较后最优模型)拟合,进而得到生态风险指数空间分布图。

2 结果与分析

2.1 景观格局指数的时序变化

利用景观格局分析软件 Fragstats 4.2 与 Excel 2010 的统计分析功能,得到研究区 1989,2001,2007 和 2013 年各景观类型的景观格局指数,结果见表 1。

表 1 新疆渭干河-库车河三角洲绿洲各地类的景观格局指数

Table 1 Landscape pattern indexes of different types in the Xinjiang Weigan-Kuqa River Delta Oasis

景观类型 Landscape type	年份 Year	面积/ ($\times 10^4 \text{ hm}^2$) Area	斑块数量 Patch number	景观破碎 度指数 Fragmentation index	景观分维数 Fractal dimension	景观分离 度指数 Fractal dimension	景观干扰 度指数 Obstruction index	景观脆弱 度指数 Fragility index	景观损失 度指数 Damnify index
耕地 Cultivated land	1989	20.48	1 886	0.009 2	1.197 3	0.108 6	0.276 6	0.143 7	0.039 6
	2001	33.17	1 684	0.005 1	1.207 8	0.063 2	0.263 1	0.143 7	0.037 8
	2007	32.63	1 152	0.003 5	1.232 4	0.053 4	0.264 2	0.143 7	0.038 0
	2013	41.81	833	0.002 0	1.214 6	0.035 4	0.254 5	0.143 7	0.036 6
林地 Woodland	1989	7.72	837	0.010 8	1.244 2	0.191 6	0.311 7	0.046 3	0.014 4
	2001	5.87	2 316	0.039 5	1.223 1	0.420 0	0.390 4	0.046 3	0.018 1
	2007	5.70	1 902	0.033 4	1.204 8	0.392 3	0.375 4	0.046 3	0.017 4
	2013	5.02	787	0.015 7	1.278 0	0.286 4	0.349 4	0.046 3	0.016 2
草地 Grassland	1989	37.73	2 468	0.006 5	1.265 9	0.067 6	0.276 7	0.093 2	0.025 8
	2001	18.43	3 533	0.019 2	1.257 4	0.165 0	0.310 6	0.093 2	0.028 9
	2007	19.61	5 363	0.027 3	1.252 7	0.191 0	0.321 5	0.093 2	0.030 0
	2013	27.45	2 004	0.007 3	1.274 9	0.083 7	0.283 7	0.093 2	0.026 4
水体 Water	1989	3.13	630	0.020 2	1.195 5	0.412 8	0.373 0	0.150 1	0.056 0
	2001	4.56	528	0.011 6	1.256 3	0.257 5	0.334 3	0.150 1	0.050 2
	2007	3.03	649	0.021 4	1.226 3	0.428 7	0.384 6	0.150 1	0.057 7
	2013	2.75	346	0.012 6	1.251 3	0.346 6	0.360 5	0.150 1	0.054 1
盐碱地 Saline land	1989	7.28	1 304	0.018 0	1.222 7	0.253 8	0.329 7	0.228 1	0.075 2
	2001	17.02	1 959	0.011 5	1.237 1	0.133 1	0.293 1	0.228 1	0.066 9
	2007	12.28	2 555	0.020 8	1.221 4	0.211 0	0.318 0	0.228 1	0.072 5
	2013	12.88	1 706	0.013 2	1.220 0	0.164 5	0.300 0	0.228 1	0.068 4
未利用地 及其他 Unutilized and others	1989	28.62	1 926	0.006 7	1.207 5	0.078 4	0.268 4	0.286 9	0.077 0
	2001	25.81	1 664	0.006 5	1.234 2	0.080 9	0.274 4	0.286 9	0.078 7
	2007	31.60	3 642	0.011 5	1.245 4	0.098 0	0.284 2	0.286 9	0.081 5
	2013	15.03	1 336	0.008 9	1.225 0	0.124 2	0.286 8	0.286 9	0.082 3

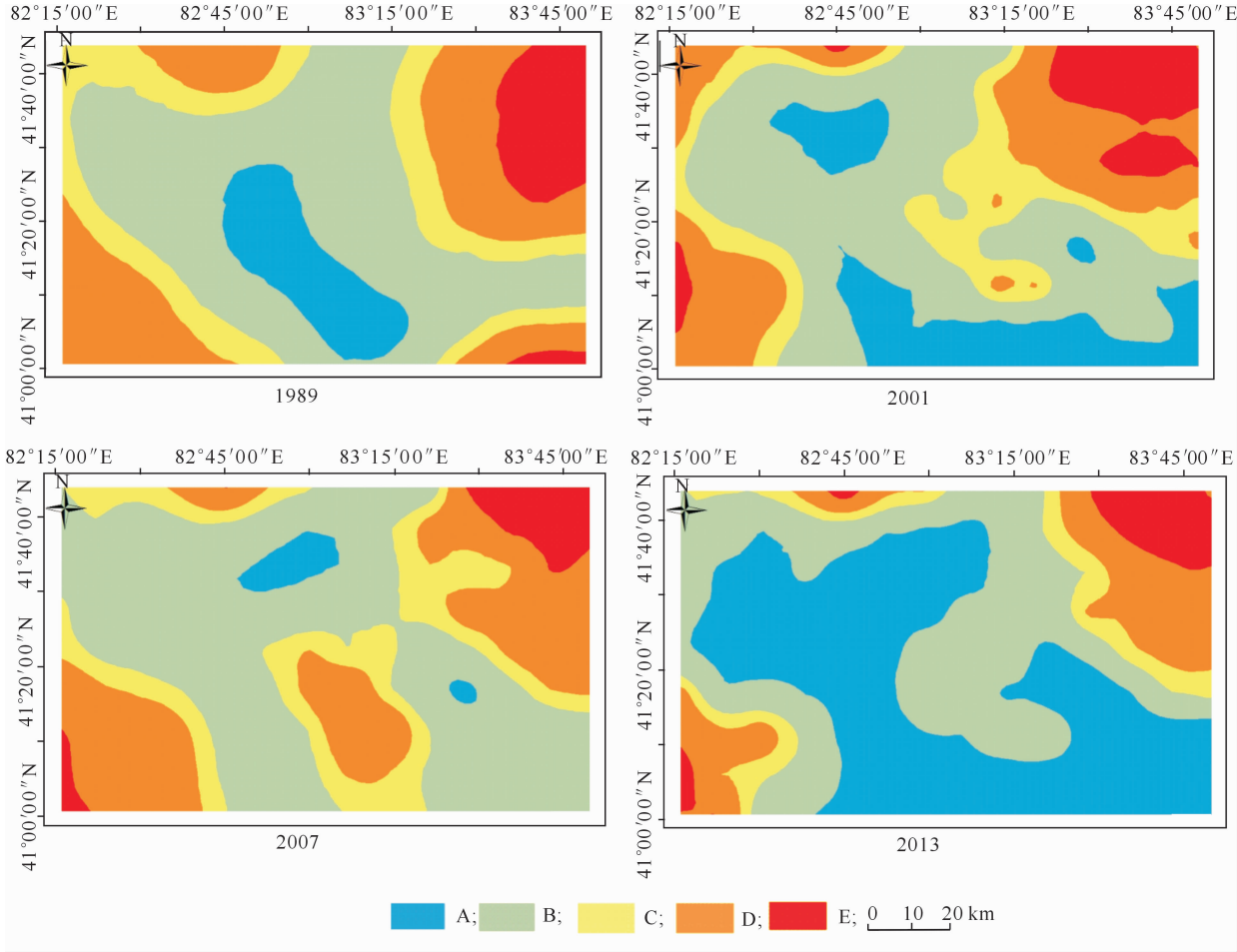
从表 1 可以看出,1989—2013 年景观类型没有变化,但各类型景观面积都有变化。1989—2013 年,耕地景观面积由 $20.48 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 增加到 $41.81 \times 10^4 \text{ hm}^2$,斑块数量从 1 886 降低到 833,导致主要由斑块数量与景观面积决定的破碎度指数与分离度指数越来越小,说明耕地景观的破碎化程度逐渐减弱,分离度减小。因此耕地的损失度指数也由 0.0396 减小到 0.036 6。研究区处于干旱半干旱地区,1989—2013 年,草地、林地、水体等景观分布

相对较少,其面积及斑块数量总体上呈现减少的趋势;而盐碱地景观的斑块数量从 1 304 增加到 1 706,由于其面积总体呈增加趋势,故使其破碎度指数与分离度指数总体减小。随着人口的增加及科学技术发展,未利用地及其他景观更多地转化为了人们可利用的景观类型,所以其面积和斑块数量总体减少,但由于面积减少的速率更快,所以景观破碎度指数与干扰度指数总体仍缓慢增加。此外,未利用地及其他景观的脆弱度较高,导致其损失度指数偏大。

2.2 景观生态风险的空间分布特征

所得数据经 SPSS 软件检验均符合正态分布,利用 ArcGIS 10.0 的空间分析方法,在生态风险小区的基础上,计算变异函数,并用不同模型进行理论

变异函数的拟合,发现高斯模型拟合结果较理想。在此基础上,利用普通克里格插值法得到研究区生态风险指数空间分布(图 3),并分析各级生态风险区域面积所占比例,结果见图 4。



A. 低风险;B. 较低风险;C. 中等风险;D. 较高风险;E. 高风险。下同

A. Extremely low risk;B. Low risk;C. Medium risk;D. High risk;E. Extremely high risk. The same below

图 3 1989—2013 年新疆渭干河-库车河三角洲绿洲生态风险指数的空间分布

Fig. 3 Distribution map for ecological risk of Weigan-Kuqa River Delta Oasis in 1989—2013

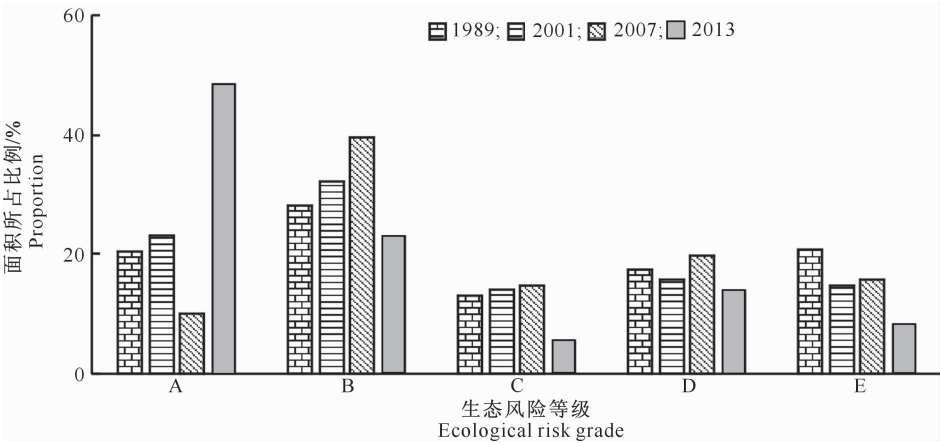


图 4 1989—2013 年新疆渭干河-库车河三角洲绿洲各级生态风险区域面积所占比例

Fig. 4 Contributions of ecological risk grades in the Weigan-Kuqa River Delta Oasis in 1989—2013

结合图3与图4可以看出,1989年研究区处于低、较低风险的区域面积分别为 21.68×10^4 和 $29.49 \times 10^4 \text{ hm}^2$,约占总面积的20.7%和28.1%,主要出现在渭干河-库车河三角洲绿洲耕地集中并夹杂有水体、草地、林地景观类型分布的区域,这些景观的脆弱度相对较低,所以生态风险程度也相对较低;中等生态风险区域主要分布于耕地与其他景观类型的交界处,约占总面积的13.1%;较高、高风险区域主要集中在以未利用地、沙地、裸岩、少部分盐碱地等为主要景观类型的东北、西南、东南方向,约占总面积的38.1%,这些区域虽然有少部分林地与草地分布,但是由于自然条件的影响,景观类型单一,人类活动相对较少,所以景观较为脆弱,生态风险大。

图3与图4显示,与1989年相比,2001年低、较低及中等风险区域面积都有所增加,其中,较低风险区域的面积增加最多,达到了 $4.31 \times 10^4 \text{ hm}^2$,风险等级的空间分布也有一些变化,较低风险等级的区域向外扩展,中等风险区域向研究区中部扩展。2007年,较低风险区域面积占总面积比例最多为39.7%,中等与较高生态风险区域面积较2001年分别增加了 0.89×10^4 与 $4.30 \times 10^4 \text{ hm}^2$,这是因为:一方面由于自然环境及气候的影响,少量草地以及被开垦过的耕地转化为了盐碱地或未利用地及其他景观类型,使生态风险值有所增加;另一方面是由于当地居民的开荒行为导致原本的草地、林地等植被类型遭到破坏,生态风险值增加。2013年,研究区处于低、较低风险区域的面积均较高,二者面积之和达到了 $75.35 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占总面积的71.8%。

图3与图4还显示,1989年—2013年,低风险区域面积明显增加,达到了 $51.11 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占总面积的48.7%,其余风险等级区域的面积均不同程度的减小,较高、高风险区域面积分别减小了 12.97×10^4 和 $14.80 \times 10^4 \text{ hm}^2$,生态风险程度总体上呈现降低的趋势。究其原因,一方面是经济的发展导致对绿洲土地的开发利用强度不断加深,人为因素对土地利用类型变化的影响越来越显著,耕地面积的快速增加,整体降低了生态风险程度;另一方面,吸取前期遭受自然灾害的经验教训,当地居民的环保意识显著增强,加上国家及自治区对环境保护的逐年重视,进行了退耕还林还草等环境保护活动,一定程度上改善了研究区整体的生态环境。

3 结 论

生态风险评价是环境风险评价的重要组成部分

分,是一个需要综合考虑很多不确定因素并结合实际情况进行评价的复杂过程。本研究利用1989,2001,2007,2013年四期遥感影像并结合研究区实地的野外调查数据及统计资料,基于景观格局指数,建立研究区生态风险指数,利用Fragstats 4.2软件与Excel 2010对渭干河-库车河三角洲绿洲的景观格局指数进行计算,并借助ArcGIS 10.0地统计分析模块进行空间插值,所得主要结论如下:

1)渭干河-库车河三角洲绿洲是以耕地为主要景观类型的区域,1989—2013年,绿洲的耕地、盐碱地面积增加明显,其余景观类型的面积均有所减少,其中草地面积减少最多,为 $10.28 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

2)1989—2013年,研究区生态风险程度总体上呈现降低的趋势,低及较低风险区域集中分布在研究区以耕地为主的绿洲区域,而较高及高风险区域主要分布在未利用地、沙地、裸岩、少部分盐碱地等景观类型单一、又无法进行人类活动的区域,低风险区域面积所占比例由1989年的20.7%增加到2013年的48.7%,高风险区域面积所占比例由1989年的20.7%降低至2013年的8.3%。

[参考文献]

- [1] 张小飞,王如松,李峰,等.城市综合生态风险评价:以淮北市城区为例[J].生态学报,2011,31(20):6205-6214.
Zhang X F, Wang R S, Li F, et al. Comprehensive assessment of urban ecological risks: the case of Huaibei City [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(20): 6205-6214.
- [2] 刘爽. GIS支持的农业景观土地利用变化及其生态风险评价:以天津市宁河县七里海国家级湿地自然保护区及其周边地区为例[D].天津:南开大学,2001.
Liu S. Land use change and ecological risk assessment based on GIS in agricultural landscape: a case of Qilihai National Nature Reserve and its surrounding area in Tianjin Ninghe County [D]. Tianjin: Nankai University, 2001.
- [3] Landis W G. Twenty years before and hence ecological risk assessment at multiple endpoints [J]. Human and Ecological Risk Assessment, 2003, 9: 1317-1326.
- [4] Rosa D L, Martinico F. Assessment of hazards and risks for landscape protection planning in Sicily [J]. Journal of Environmental Management, 2013, 127: S155-S167.
- [5] 孙洪波,杨桂山,苏伟忠,等.生态风险评价研究进展[J].生态学报,2009,28(2):335-341.
Sun H B, Yang G S, Su W Z, et al. Research progress on ecological risk assessment [J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(2): 335-341.
- [6] 郭广慧,吴丰昌,何宏平,等.中国地表水体多环芳烃含量分布特征及其生态风险评价[J].中国科学:地球科学,2012(5):680-691.

- Guo G H, Wu F C, He H P, et al. Distribution characteristics and ecological risk assessment of PAHs in surface water of China [J]. *Sci China: Earth Science*, 2012(5): 680-691.
- [7] 曹治国, 刘静玲, 栾 芸, 等. 滦河流域多环芳烃的污染特征、风险评价与来源辨析 [J]. *环境科学学报*, 2010, 30(2): 246-253.
- Cao Z G, Liu J L, Luan Y, et al. Pollution characteristics risk assessment and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) in sediments and water of the Luan River, China [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2010, 30(2): 246-253.
- [8] 王馨慧, 单保庆, 唐文忠, 等. 典型城市河流表层沉积物中汞污染特征与生态风险 [J]. *环境科学学报*, 2016(4): 1153-1159.
- Wang X H, Shan B Q, Tang W Z, et al. Pollution characteristics and ecological risk of mercury in the surface sediment of a typical urban river [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2016(4): 1153-1159.
- [9] 黄 莹, 李永霞, 高甫威, 等. 小清河表层沉积物重污染区重金属赋存形态及风险评价 [J]. *环境科学*, 2015, 36(6): 2046-2053.
- Huang Y, Li Y X, Gao F W, et al. Speciation and risk assessment of heavy metals in surface sediments from the heavily polluted area of Xiaoqing River [J]. *Environmental Science*, 2015, 36(6): 2046-2053.
- [10] 陈春霄, 姜 霞, 战玉柱, 等. 太湖表层沉积物中重金属形态分布及其潜在生态风险分析 [J]. *中国环境科学*, 2011, 31(11): 1842-1848.
- Chen C X, Jiang X, Zhan Y Z, et al. Speciation distribution and potential ecological risk assessment of heavy metals in sediments of Taihu Lake [J]. *China Environmental Science*, 2011, 31(11): 1842-1848.
- [11] 高 宾, 李小明, 李志刚, 等. 基于景观格局的锦州湾沿海经济开发区生态风险分析 [J]. *生态学报*, 2011, 31(12): 3441-3450.
- Gao B, Li X Y, Li Z G, et al. Assessment of ecological risk of coastal economic developing zone in Jinzhou Bay based on landscape pattern [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(12): 3441-3450.
- [12] 巩 杰, 赵彩霞, 谢余初, 等. 基于景观格局的甘肃白龙江流域生态风险评价与管理 [J]. *应用生态学报*, 2014, 25(7): 2041-2048.
- Gong J, Zhao C X, Xie Y C, et al. Ecological risk assessment and its management of Bailongjiang watershed, southern Gansu based on landscape pattern [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014, 25(7): 2041-2048.
- [13] 满苏尔·沙比提, 楚新正. 新疆渭干河-库车河三角洲绿洲土地利用时空变化特征分析 [J]. *干旱区农业研究*, 2007, 25(4): 12-18.
- Shabiti M, Chu X Z. Analysis on the characteristics of space-time change of landuse in the oasis on the Ugan-Kuqa River Delta, Xinjiang [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2007, 25(4): 12-18.
- [14] 叶柏生, 杨大庆, 丁永建, 等. 中国降水观测误差分析及其修正 [J]. *地理学报*, 2007, 62(1): 3-13.
- Ye B S, Yang D Q, Ding Y J, et al. A bias-corrected precipitation climatology for China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(1): 3-13.
- [15] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- Wu J G. Landscape ecology: pattern, process, scale and hierarchy [M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2007.
- [16] 陈述彭, 陈秋晓, 周成虎. 网格地图与网格计算 [J]. *测绘科学*, 2002, 27(4): 1-6.
- Chen S P, Chen Q X, Zhou C H. Grid mapping and grid computing [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2002, 27(4): 1-6.
- [17] 范一大, 史培军, 辜智慧, 等. 行政单元数据向网格单元转化的技术方法 [J]. *地理科学*, 2004, 24(1): 105-108.
- Fan Y D, Shi P J, Gu Z H, et al. A method of data gridding from administration cell to gridding cell [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2004, 24(1): 105-108.
- [18] 张 月, 张 飞, 周 梅, 等. 干旱区内陆艾比湖区域景观生态风险评价及时空分异 [J]. *应用生态学报*, 2016, 27(1): 233-242.
- Zhang Y, Zhang F, Zhou M, et al. Landscape ecological risk assessment and its spatio-temporal variations in Ebinur Lake region of inland arid area [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(1): 233-242.
- [19] 李谢辉, 李景宜. 基于 GIS 的区域景观生态风险分析: 以渭河下游河流沿线区域为例 [J]. *干旱区研究*, 2008, 25(6): 899-903.
- Li X H, Li J Y. Analysis on regional landscape ecological risk based on gis: a case study along the lower reaches of the Weihe River [J]. *Arid Zone Research*, 2008, 25(6): 899-903.
- [20] 吴文婕, 石培基, 胡 巍. 基于土地利用/覆被变化的绿洲城市土地生态风险综合评价(以甘州区为例) [J]. *干旱区研究*, 2012, 29(1): 122-128.
- Wu W J, Shi P J, Hu W. Study on land ecological risk in oasis city based on LUCC: a case study in the Ganzhou District [J]. *Arid Zone Research*, 2012, 29(1): 122-128.
- [21] 王介勇, 赵庚星, 杜春先. 基于景观空间结构信息的区域生态脆弱性分析: 以黄河三角洲垦利县为例 [J]. *干旱区研究*, 2005, 22(3): 317-321.
- Wang J Y, Zhao G X, Du C X. Analysis on the regional ecological environment vulnerability based on the information of spatial structure of landscape: a case study in Kenli Country Locted in the Yellow River Delta [J]. *Arid Zone Research*, 2005, 22(3): 317-321.
- [22] 谢 霞. 艾比湖区域生态脆弱性评价遥感研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2010.
- Xie X. Assessment on the ecological environment vulnerability based on remote sensing in Ebinur Lake Region [D]. Urumqi: Xinjiang University, 2010.

Geng W D. The research of the quantity of tunable water on the Danjiangkou reservoir [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2007.

[14] 李国英. 基于空间尺度的黄河调水调沙 [J]. 人民黄河, 2004, 26(6): 15-19.

Li G Y. Spatial scale based Yellow River water and sediment regulation [J]. Yellow River, 2004, 26(2): 15-19.

[15] 白 夏, 吴成国, 黄 强, 等. 黄河上游不同用水情景下可调输沙水量概念探析与估算分析 [J]. 水力发电学报, 2015, 34(3): 96-102.

Bai X, Wu C G, Huang Q, et al. Discussion and analysis on concept and estimation of regulatable water volumes for sediment transporting the upper Yellow in different water demand scenarios [J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2015, 34(3): 96-102.

[16] 阮本清, 王 浩. 西线调水区水资源分析及可调水量商榷 [J]. 清华大学学报(自然科学版), 2001, 40(S1): 101-106.

Ruan B Q, Wang H. Resource conditions and discussion on possible quantity of water transferred from the southwest to north China [J]. J Tsinghua Univ (Sci & Tech), 2001, 40(S1): 101-106.

[17] 彭少明, 黄 强, 畅建霞, 等. 黄河水量分配的经济综合模式研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(4): 125-129.

Peng S M, Huang Q, Chang J X, et al. Study on economic synthetic model of water resources allocation in the Yellow River [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2006, 34(4): 125-129.

[18] 薛松贵. 黄河流域水资源综合规划概要 [J]. 中国水利, 2011(23): 108-110.

Xue S G. Summary of Yellow River basin integrated water resources plan [J]. China Water Resources, 2001(23): 108-110.

[19] 白 涛, 黄 强, 陈广圣, 等. 基于水库群优化调度的黄河干流梯级补偿效益分析 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(5): 189-195.

Bai T, Huang Q, Chen G S, et al. Reservoirs optimal operation based analysis of cascade compensation benefits in main stream of the Yellow river [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2013, 41(5): 189-195.

[20] 白 涛, 王义民, 金文婷, 等. 黄河上游沙漠宽谷河段水沙调控初步研究 [J]. 水利水电快报, 2015, 36(4): 34-37.

Bai T, Wang Y M, Jin W T, et al. The Yellow River upstream desert valley wide river water and sediment regulation preliminary study [J]. Express Water Resources and Hydropower Information, 2015, 36(4): 34-37.

[21] 张晓华, 郑艳爽, 尚红霞. 宁蒙河道冲淤规律及输沙特性研究 [J]. 人民黄河, 2008, 30(11): 42-44.

Zhang X H, Zheng Y S, Shang H X. Study on the law of deposition and sediment transport in Ningxia-Inner Mongolia [J]. Yellow River, 2008, 30(11): 42-44.

[22] 李国英. 黄河调水调沙 [J]. 人民黄河, 2002, 24(11): 1-5.

Li G Y. The Yellow River water and sediment regulation [J]. Yellow River, 2002, 24(11): 1-5.

(上接第 146 页)

[23] 许学工, 林辉平, 付在毅, 等. 黄河三角洲湿地区域生态风险评价 [J]. 北京大学学报(自然科学版), 2001, 37(1): 111-120.

Xu X G, Lin H P, Fu Z Y, et al. Regional ecological risk assessment of wet land in the Huanghe River Delta [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2001, 37(1): 111-120.

[24] 宇振荣. 景观生态学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.

Yu Z R. Landscape ecology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.

[25] 孙洪波, 杨桂山, 苏伟忠, 等. 沿江地区土地利用生态风险评价: 以长江三角洲南京地区为例 [J]. 生态学报, 2010, 30(20): 5616-5626.

Sun H B, Yang G S, Su W Z, et al. Ecological risk assessment of land use in the area along Changjiang River: a case study of Nanjing China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(20): 5616-5626.

[26] 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): 410-418.

Zhang X B, Shi P J, Luo J, et al. The ecological 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): 410-418.

[27] 许 妍, 高俊峰, 高永年. 基于土地利用动态变化的太湖地区景观生态风险评价 [J]. 湖泊科学, 2011, 23(4): 642-648.

Xu Y, Gao J F, Gao Y N. Landscape ecological risk assessment in the Taihu region based on land use change [J]. Journal of Lake Sciences, 2011, 23(4): 642-648.

[28] 肖 琳, 田光进. 天津市土地利用生态风险评价 [J]. 生态学杂志, 2014, 33(2): 469-476.

Xiao L, Tian G J. Eco-risk assessment of land use in Tianjin City [J]. Chinese Journal of Ecology, 2014, 33(2): 469-476.