

基于遥感生态指数的新疆干旱区博乐市生态变化分析

张乃明¹, 陈冬花^{2,3}, 邢菲⁴, 刘赛赛¹, 栗旭升⁴, 李虎⁵

(1. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054; 2. 滁州学院 计算机与信息工程学院, 安徽 滁州 239000; 3. 乌鲁木齐北辰众星空间信息科技有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000; 4. 新疆农业大学 草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 5. 滁州学院 地理信息与旅游学院, 安徽 滁州 239000)

摘要: [目的] 结合遥感方法分析新疆维吾尔自治区博乐市生态变化, 为该区生态保护提供理论依据。[方法] 以博乐市 1997 年、2007 年和 2016 年 3 期 Landsat 系列影像为数据源, 提取绿色度、湿度、干度和热量 4 个指数, 通过主成分分析耦合出遥感生态指数 (RSEI), 对博乐市生态环境质量进行了监测和评价。[结果] 研究区属于 MODS(山地—绿洲—荒漠) 系统, 总体 RSEI 指数较低, 由差和较差主导; 1997—2016 年博乐市的生态环境质量呈明显改善趋势, 遥感生态指数 RSEI 从 0.250 提高到 0.422, 等级为优和良的比例从 11.24% 上升到 26.20%; 改善的区域面积明显大于变差的面积, 改善的区域主要分布在北部山地、中部绿洲和南部天山西部北麓荒漠区域。生态环境恶化的区域主要集中在中部绿洲的耕地和城镇建设用地区域。[结论] 荒漠生态建设和扩大绿洲面积对生态环境的改善有积极影响, 同时也要合理配置资源和土地利用。

关键词: 生态环境质量; 干旱区; 遥感生态指数; 生态变化; 博乐市

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2019)01-0154-06

中图分类号: X171.1, X87

文献参数: 张乃明, 陈冬花, 邢菲, 等. 基于遥感生态指数的新疆干旱区博乐市生态变化分析[J]. 水土保持通报, 2019, 39(1): 154-159. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2019.01.025; Zhang Naiming, Chen Donghua, Xing Fei, et al. Ecological change analysis of Bole City in arid regions of Xinjiang Wei Autonomous Region based on remote sensing ecological index[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(1): 154-159.

Ecological Change Analysis of Bole City in Arid Regions of Xinjiang Wei Autonomous Region Based on Remote Sensing Ecological Index

Zhang Naiming¹, Chen Donghua^{2,3}, Xing Fei⁴, Liu Saisai¹, Li Xusheng⁴, Li Hu⁵

(1. College of Geography and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830000, China; 2. College of Computing and Information Engineering, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239000, China; 3. Urumqi Beichen Zhongxing Spatial Information Technology Co., Ltd, Urumqi, Xinjiang 830000, China; 4. College of Grassland and Environment Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China; 5. College of Geographic Information and Tourism, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239000, China)

Abstract: [Objective] This study is to analyze the ecological change in Bole City of Xinjiang Wei Autonomous Region by remote sensing method, in order to provide a theoretical basis for ecological protection. [Methods] The Landsat images of Bole City in 1997, 2007 and 2016 were collected as data sources, and four indexes including greenness, humidity, dryness and heat were extracted. The principal component analysis was applied to couple the remote sensing ecological index (RSEI), to monitor and evaluate the ecological environment quality of Bole City. [Results] The research area belongs to the mountain-oasis-desert system (MODS), and the overall RSEI was very low in 1997, 2007 and 2016. The ecological environment quality of Bole City

收稿日期: 2018-07-12

修回日期: 2018-08-19

资助项目: 安徽省高校学科优秀拔尖人才学术培育项目“高分卫星大数据平台建设与产业化应用”(gxbjZD44); 滁州学院科研启动基金项目“基于国产高分辨率卫星数据的西天山云杉林生物量/生产力反演与时空分析关键技术研究”(2017qd09)

第一作者: 张乃明(1992—), 男(汉族), 安徽省滁州市人, 硕士研究生, 研究方向为资源环境遥感研究。E-mail: 1146699283@qq.com.

通讯作者: 陈冬花(1981—), 女(汉族), 新疆维吾尔自治区石河子市人, 教授级高级工程师, 硕士生导师, 研究方向为国产卫星应用研究。E-mail: chendonghua1981@sina.com.

showed a significant improvement trend from 1997 to 2016, as the RSEI increased from 0.250 to 0.422 and the proportion of excellent and good levels increased from 11.24% to 26.20%. The improved areas were mainly distributed in the northern mountains, the central oasis, the Southern Tianshan Mountains and the western deserts at the northern foot, which were significantly larger than the degraded area. The deteriorated areas were mainly concentrated in the cultivated land and urban construction areas in the central oasis. [Conclusion] The construction of desert ecology and the expansion of oasis have a positive impact on the improvement of ecological environment. In addition, rational resource allocation and land utilization should be carried out as well.

Keywords: ecological environment quality; arid areas of Xinjiang Wei Autonomous Region; remote sensing ecological index; ecological change; Bole City

新疆干旱区气候恶劣,生态环境脆弱,是山地—绿洲—荒漠系统的典型区域。山地系统是干旱区水资源的主要形成区,对干旱区生态环境具有重要意义;荒漠系统是干旱区面积广布和生态环境恶劣的区域;绿洲则是人类生存和生产活动的重要场所,绿洲生态系统对于干旱区的生态环境和人类的生存发展十分重要^[1-4]。为了了解干旱区生态环境状况,综合、客观有效的监测评价手段十分必要。

随着 3S 技术的不断发展和广泛应用,在生态环境监测和分析评价方面取得了一定成果,能够更加实时、准确和多尺度的对生态环境进行监测评价^[5-6]。尤其是遥感对地观测技术的快速发展,宏观、实时、快速的优点使遥感技术被广泛应用于各个领域,运用遥感技术对生态环境进行监测分析在国内外已有很多学者开展了大量研究^[7-10]。例如,通过水体指数的提取对河流湖泊的生态环境监测评估^[11];利用植被指数对森林或草原生态系统监测^[12-13];提取温度研究城市热岛效应评测城市热环境等^[14]。但这些研究多侧重于单一生态指数的研究,单一生态指数无法对复杂的生态环境进行综合性监测评价,因此利用多个生态因子综合进行区域生态环境的监测评价十分必要。徐涵秋^[15]提出了遥感生态指数(remote sensing based ecological index, RSEI),该指数耦合了绿度、湿度、干度和热度 4 个指标,具有客观性、多指标、大范围的优点^[16-18],可实现对综合性生态环境进行监测评价。

近几十年来,随着西部大开发、城市化的深入以及环境保护政策的推广,在干旱区进行森林资源保护、大面积的荒漠裸地的改造和开垦荒地,新增了大面积的现代绿洲。为了更好地了解干旱区生态环境的变化规律和影响因素,本文拟通过建立 RSEI 指数对新疆博乐市 1997—2016 年的干旱区生态变化进行客观、综合、动态分析,旨在为干旱区生态环境的保护和治理提供科学依据。

1 研究区概况

博乐市是博尔塔拉蒙古自治州的首府,与哈萨克斯坦共和国接壤,是中国西部重要的沿边开放城市和第二座亚欧大陆桥的西桥头堡。全市行政区域面积达到 7 790 km²,总人口 2.64×10⁴。位于干旱区,属大陆性干旱半荒漠和荒漠气候,日照时间长,降水量少,蒸发量大,荒漠广布,生态脆弱。本次研究选取博乐市博尔塔拉河流域作为研究区,位于艾比湖以西,北依阿拉套山,南部为天山西段北麓区域,位于阿拉套山和岗吉格山间谷地,博尔塔拉河从西到东贯穿中部,绿洲沿河分布,呈条带状。研究区包含山地、荒漠和绿洲,属于山地—绿洲—荒漠系统的典型区域,地理位置位于东经 81°31′57″至 82°44′19″,北纬 44°37′54″至 45°14′56″之间,总面积约为 4 564.56 km²。

2 材料与方法

2.1 数据的获取与预处理

2.1.1 地形数据 地形数据选择 SRTM(shuttle radar topography mission)数字高程模型,从地理空间数据云中免费下载获得。DEM 数据的空间分辨率为 30 m 与 Landsat 遥感影像数据的分辨率相一致,将多景 DEM 进行镶嵌合并,然后利用 ArcGIS 中的地形水文分析功能,提取流域范围,得到博乐市内博尔塔拉河流域边界,作为研究区。

2.1.2 遥感影像 本文遥感影像数据来自美国地质调查局网站(USGS)3 期 Landsat 系列遥感影像作为数据源,分别为 1997 年 8 月 21 日 Landsat 5 TM 影像、2007 年 9 月 18 日 Landsat 5 TM 影像和 2016 年 8 月 25 日 Landsat 8 影像数据,三景影像空间分辨率为 30 m。影像季节相同,云量较少,季节差异性小。由于影像受地形、光照和大气等方面的差异影响,在使用数据前需对其进行预处理,分别对 3 景影像进行辐射定标、大气校正、几何校正和根据研究区界线进

行裁剪,几何校正采用二次多项式和最近像元法,其均方根误差 RMSE<0.5 个像元。

2.1.3 土地利用类型分类 使用研究区遥感影像,结合土地利用分类标准(GB/T 21010-2007)和研究区区域下垫面具体情况对土地利用类型进行分类,将研究区土地分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和裸地等 6 类。根据外业调查数据建立解译标志,通过 ENVI 软件平台进行支持向量机分类,采取人机交互解译,并参照高分辨率遥感影像和外业采集样点对分类结果进行精度验证。1997 年土地利用分类精度为 88.32%,Kappa 系数为 0.871 1;2007 年分类精度为 91.02%,Kappa 系数为 0.882 3;2016 年分类精度为 92.21%,Kappa 系数为 0.890 4,总体分类精度能够满足研究要求。

2.2 研究方法

2.2.1 遥感生态指数评价模型 遥感生态指数(RSEI)是用于综合反映研究区域生态环境现状的新型遥感生态指数,该指数是通过绿色、湿度、热度和干度 4 个指标来综合反映区域生态环境,其中,绿色、湿度、热度和干度分别用植被指数 NDVI,湿度指数 Wet,地表温度 LST 和裸土指数 NDBSI 来代表^[7]。RSEI 指数主要依靠遥感技术来实现,各个指标的影响是根据数据本身的性质决定的,降低了实际操作中人为主观因素的影响,对研究区生态环境的状况既能实现客观定量评价,同时也能对生态环境的演变进行时空性分析以及可视化展现。

(1) 绿色指标。绿色指标主要是通过植被指数反映,与植物的叶面积指数、覆盖度以及生物量都息息相关。在植被指数中归一化植被指数(NDVI)被广泛使用,在用于检测植被覆盖度、植物的长势、叶面积指数以及其他物理化学性质中发挥着重要作用。

$$NDVI = (N - R) / (N + R) \quad (1)$$

式中: N ——Landsat TM 数据的近红外波段, R ——红色波段。

(2) 湿度指标。RSEI 中的湿度指标反映了水体、土壤和植被中的湿度,是生态环境研究中的一个重要指标。RSEI 中的湿度指标可以通过缨帽变化中的湿度分量来计算^[11]。其表达式为:

$$Wet(TM) = 0.031 5B_1 + 0.202 1B_2 + 0.310 2B_3 + 0.159 4B_4 - 0.680 6B_5 - 0.610 9B_7 \quad (2)$$

$$Wet(OLI) = 0.151 1B_1 + 0.197 3B_2 + 0.328 3B_3 + 0.340 7B_4 - 0.711 7B_5 - 0.455 9B_7 \quad (3)$$

式中:Wet(TM)——Landsat TM 数据计算出的湿度分量;Wet(OLI)——Landsat 8 数据计算出的湿度分量; $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_7$ ——TM 数据的第 1, 2,

3, 4, 5, 7 波段反射率和 OLI 数据的 2, 3, 4, 5, 6, 7 波段反射率。

(3) 热度指标。本文通过地表温度(LST)来代表热度,通过 Landsat 数据中的热红外波段,先计算亮度温度 T_b ,再进行比辐射率 ϵ 校正求得温度。其表达式为:

$$LST = T_b / \{1 + [(\lambda T_b) / \rho] \ln \epsilon\} - 273.15 \quad (4)$$

$$T_b = K_2 / \ln(K_1 / L_6 + 1) \quad (5)$$

$$T_6 = \text{gain} \times \text{DN} + \text{bias} \quad (6)$$

式中: λ ——TM 数据的第 6 波段的中心波长(11.5 μm)和 Landsat 8 数据的第 10 波段的中心波长(10.9 μm)。 ρ —— 1.438×10^{-2} mK; T_b ——亮度温度; ϵ ——比辐射率,通过 Sobrino^[19]提出的 NDVI 阈值进行计算。式 K_1 和 K_2 ——定标参数;gain 和 bias——波段的增益值和偏置值;DN——landsat 数据的灰度值。

(4) 干度指标。根据研究区的具体区域环境情况,选择使用裸土指数 SI 和建筑指数 IBI 来合成代表干度指数(NDSI):

$$NDSI = (SI + IBI) / 2 \quad (7)$$

其中:

$$SI = [(B_5 + B_3) - (B_4 + B_1)] / [(B_5 + B_3) + (B_4 + B_1)] \quad (8)$$

$$IBI = \left\{ \frac{2B_5}{B_5 + B_4} - \left[\frac{B_4}{B_4 + B_3} + \frac{B_2}{B_2 + B_5} \right] \right\} / \left\{ \frac{2B_5}{B_5 + B_4} + \left[\frac{B_4}{B_4 + B_3} + \frac{B_2}{B_2 + B_5} \right] \right\} \quad (9)$$

(5) 构建遥感生态指数。对以上所求得 NDVI, NDSI, LST, Wet 指标分别进行标准化处理,使 4 个指标统一量纲,将指标值统一到 0~1 范围之内,在一定程度上削减因时间差异带来的影响。将 4 个指标进行耦合,通过主成分分析构建遥感生态指数 RSEI。该方式的优点就是在构建 RSEI 指标时,无需通过人为方式对耦合中的各指标赋予权值,而是根据各指标自身的性质以及对第一主成分的贡献率来确定,在很大程度上避免了人为因素的影响而导致结果偏差,使得 RSEI 指标更加具有客观性。各指标标准化的公式为:

$$NI_i = (I_i - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min}) \quad (10)$$

式中: NI_i ——各个指标标准化后的结果; I_i ——各个指标在像元 i 的值; I_{\max} ——各指标中的最大值; I_{\min} ——各指标中的最小值。

由于研究区具有一定范围水域,为了防止水域对主成分的载荷影响,通过 MNDWI 水体指数进行水

体提取,建立掩膜,去掉水体信息^[15]。将标准化后的 4 个指标通过 ENVI 软件合成一幅新的影像,通过主成分分析模块进行主成分分析,得到第一主成分 PC₁ 及相关统计结果。为了使遥感生态指数与生态环境状况成正比,用 1 减去 PC₁ 获得初始生态指数 RSEI₀,为了便于分析,再对结果进行标准化处理获得 RSEI 遥感生态指数。

$$RSEI_0 = 1 - PC_1 \quad (11)$$

$$RSEI = (RSEI_0 - RSEI_{0min}) / (RSEI_{0max} - RSEI_{0min}) \quad (12)$$

式中:RSEI——所求的遥感生态指数,它反应了区域的生态状况,其值越大表示生态质量越好,反之越差;RSEI_{0min},RSEI_{0max}——RSEI₀ 指数的最小值和最大值。

2.2.2 评价模型检验 相关度是反映事物之间联系程度的重要指标,通过相关系数可以表示事物之间的密切程度。通过 ENVI 软件对主成分分析结果进行相关性分析,得出各个指标与遥感生态指数得相关系数矩阵,并计算各种指标的平均相关度,通过平均相关度来检验评价模型的适宜性。相关系数越接近 1,表示相关度越高,RSEI 的综合代表度也就越高,则模型适宜性越强。平均相关度公式为:

$$P = \frac{|P_Q| + |P_R| + \dots + |P_S|}{n} \quad (13)$$

式中:P——平均相关度;P_Q,P_R,P_S——同一时期的 Q,R,S 指标的相关系数;n——指标个数。

3 结果与分析

3.1 遥感生态指数评价模型检验分析

从表 1 中可以看出,就绿度、湿度、干度和热度 4 个指标来说,干度指标相关度最高,3 期平均值达到 0.784;湿度指标相关度最低,值为 0.649。符合干旱区气候干旱的特点。3 期的 RSEI 与各个指标的相关系数值为 0.819,相比单指标中值最高的干度指标高出 3.5%,比单指标中值最低的湿度指标高出 17%,比各个单指标的平均值(0.735)高出 8%。显然,RSEI 的相关度高于其他单指标,所以 RSEI 可用来综合反映研究区的生态环境质量。

3.2 博乐市生态环境质量分析

表 2 是各年份绿度、湿度、干度和热度指标以及遥感生态指数 RSEI 的均值变化情况。从表 2 中可以发现,1997—2016 年 3 期 RSEI 均值分别为 0.250,0.302,0.422,呈上升的趋势,说明研究区的生态环境质量在不断改善。1997—2007 年 RSEI 增长幅度与 2007—2016 年的增长幅度相比,2007—2016 年的增长幅度较大,说明在 2007—2016 年生态环境改善程

度较大。分析表 2 中 4 个指标值对 PC₁ 的贡献度发现,绿度和湿度指标为正值,说明绿度和湿度与生态环境质量成正相关;干度和热度成负值,则干度和热度与生态环境质量成负相关。同时 3 期 4 个指标中湿度指标的贡献度始终是最小的,这符合干旱区的实际情况。近 20 a,研究区绿度指标总体呈上升趋势,而干度和热度总体呈下降趋势,绿度指标与 RSEI 指标趋势变化相同。

表 1 博乐市遥感生态指数各指标与 RSEI 的相关系数矩阵

年份	指标	NDVI	Wet	NDSI	LST	RSEI
1997	NDVI	1	0.560	-0.890	-0.862	0.861
	Wet	0.560	1	-0.795	-0.563	0.798
	NDSI	-0.890	-0.795	1	0.806	-0.822
	LST	-0.862	-0.563	0.806	1	-0.811
	MC	0.771	0.639	0.830	0.744	0.823
2007	NDVI	1	0.577	-0.901	-0.774	0.784
	Wet	0.577	1	-0.817	-0.572	0.806
	NDSI	-0.901	-0.817	1	0.737	-0.816
	LST	-0.774	-0.572	0.737	1	-0.836
	MC	0.751	0.655	0.763	0.694	0.811
2016	NDVI	1	0.615	-0.936	-0.838	0.876
	Wet	0.615	1	-0.775	-0.567	0.813
	NDSI	-0.936	-0.775	1	0.795	-0.821
	LST	-0.838	-0.567	0.795	1	-0.786
	MC	0.796	0.652	0.759	0.733	0.824
平均	MC _均	0.773	0.649	0.784	0.734	0.819

注:MC 为平均相关度;MC_均 为平均相关度的 3 期平均值。

表 2 博乐市各年份 4 个指标和遥感生态指数 RSEI 均值变化

年份	项目	绿度	湿度	干度	热度	RSEI
1997 年	指标值	0.503	0.645	0.715	0.696	0.250
	贡献度	0.526	0.237	-0.565	-0.590	
2007 年	指标值	0.511	0.614	0.702	0.673	0.302
	贡献度	0.618	0.279	-0.571	-0.463	
2016 年	指标值	0.671	0.630	0.606	0.598	0.422
	贡献度	0.651	0.232	-0.618	-0.454	

注:贡献率指对 PC₁ 的贡献度。

3.3 博乐市遥感生态环境质量变化动态分析

为了对 RSEI 进行可视化和定量化分析,将 3 期 RSEI 的结果以 0.2 为间隔划分为 5 个等级,为差、较差、中、良、优(见图 1),并对各等级的面积和所占比例进行统计(见表 3)。统计结果如下:①总的来看,研究区生态环境质量为差和较差的等级居于主导地位,各年份所占面积比重分别为 80.24%,71.69%和 61.59%,整体生态环境质量较差。②1997 年 RSEI 等级为良和优的面积比例为 11.24%,2007 年增长到 14.34%,到了 2016 年所占比例为 26.20%,从中可以看出 1997—2016 年 RSEI 呈上升状态,说明博乐

市近 20 a 生态环境质量得到了很大的改善。③1997—2007 年优和良等级比例增长了 3.1%，2007—2016 年增长了 11.86%，1997—2007 年差和较差等级比例减

少了 8.55%，2007—2016 年减少了 10.1%，2007—2016 年的 RSEI 增长幅度较大，生态环境质量改善的幅度较大。

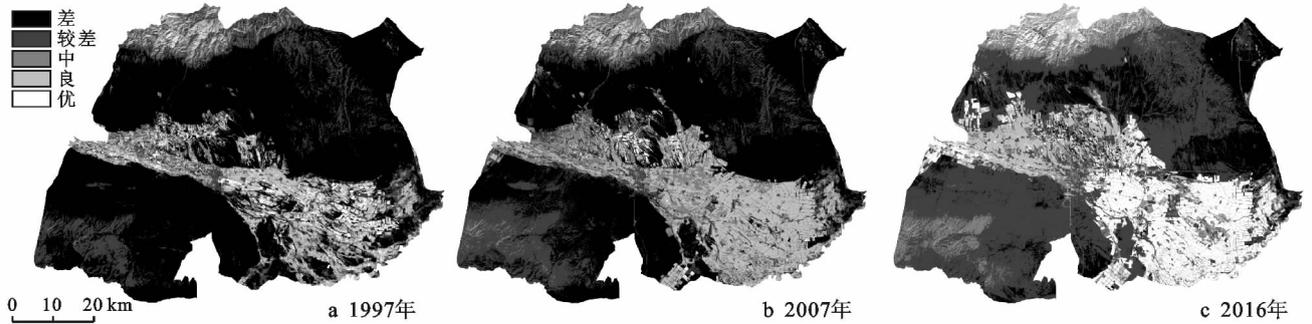


图 1 博乐市 1997—2016 年遥感生态指数变化

表 3 博乐市 1997—2016 年生态等级和面积变化

RSEI 等级	1997 年		2007 年		2016 年	
	面积/km ²	百分比/%	面积/km ²	百分比/%	面积/km ²	百分比/%
差	2 863.01	62.72	2 223.81	48.72	779.83	17.08
较差	799.85	17.52	1048.7	22.97	2 031.86	44.51
中	388.84	8.52	637.6	13.97	557.08	12.21
良	434.55	9.52	635.48	13.92	543.88	11.92
优	78.31	1.72	18.97	0.42	651.91	14.28

图 1 是 1997 年、2007 年和 2016 年 3 期的遥感生态指数 RSEI 图，从图上可以直观地看出研究区近 20 a 遥感生态指数的变化情况。从 3 期 RSEI 图像比较来看，RSEI 等级为差的面积在不断减少，良和优的面积在不断增加，说明研究区生态环境质量在不断的改善。受干旱区 MODIS 系统影响，研究区整体生态环境质量较差。研究区北部主要为山地，生态环境质量较好，林地面积分布较广，RSEI 等级以优和良为主；研究区中部主要为绿洲，具有良好的水源，耕地较多，生态环境质量较好；绿洲和山地之间主要为荒漠，分布较广，生态环境质量较差。

3.4 博乐市遥感生态环境质量时空差异分析

为了分析博乐市近 20 a 生态环境质量的时空差异变化，在基于 RSEI 指数 5 个等级划分的基础上，对博乐市 1997 年和 2016 年 RSEI 指数进行差值变化检测，得到图 2 和表 4。

由表 4 可知，自 1997—2016 年博乐市生态环境状况改善的面积为 1 712.79 km²，占总面积的 37.52%；变差的面积为 101.35 km²，所占比例为 2.22%，没有明显变化的面积为 2 750.42 km²，所占比例为 60.26%，改善的面积明显大于恶化的面积，研究区生态环境质量总的来看呈改善的趋势，但局部

地区也存在恶化的现象。从图 2 中发现，北部山地地区、绿洲区域以及南部和绿洲周围的荒漠区域 RSEI 改善的面积较大，绿洲和山地之间的荒漠生态环境变化较小。北部山地为阿拉套山，生态环境质量较好，同时这些年来国家倡导森林资源保护，所以该地区 RSEI 以优和良为主导，并呈现不断改善的趋势。研究区中部地区被博尔塔拉河贯穿，以绿洲为主，受人类活动影响较大，具有大量的耕地，由于绿洲生态建设和开荒复耕，从 1997—2016 年绿洲范围在不断的扩大，生态环境质量也在不断的改善。

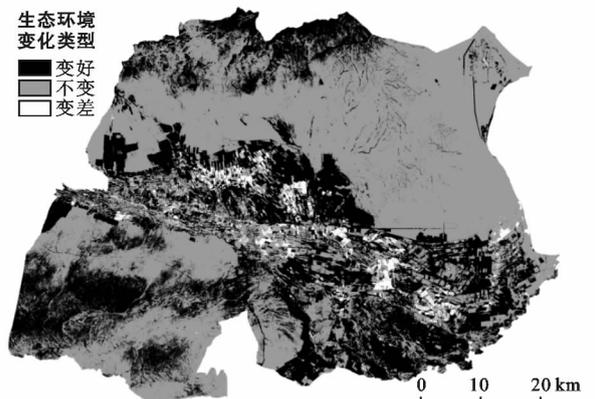


图 2 博乐市 1997—2016 年 RSEI 变化检测结果

但从图 2 中发现,中部地区存在很多变差的区域,主要是由于西部大开发,城市的扩张、建设用地的增加以及土地的不合理利用,导致生态环境的恶化。南部为天山西部北麓区域,随着全球气温升高,冰雪融水增多,南部荒漠区域生态环境质量有所改善。山地与绿洲之间的荒漠区域近 20 a 在一定程度上生态环境质量有所改善,改善的区域主要分布在山地、绿洲边缘,受人类活动和荒漠生态建设影响,荒漠生态环境质量有一定的改善。

表 4 博乐市 1997—2016 年 RSEI 检测结果

类别	1997—2016 年			
	级差	级面积/km ²	类面积/km ²	比例/%
变差	-4	1.20	101.35	2.22
	-3	15.23		
	-2	28.56		
	-1	56.36		
不变	0	2750.42	2750.42	60.26
变好	1	1035.89	1712.79	37.52
	2	241.34		
	3	164.81		
	4	270.75		

4 结论与讨论

遥感生态指数 RSEI 耦合了绿度、湿度、干度和热度指标来反映生态环境质量,通过遥感技术手段,很大程度上避免了人为因素的影响,综合、客观、定量地反映了博乐市近 20 a 绿洲生态环境质量的变化,为博乐市生态环境保护和治理提供了科学依据。

(1) 在利用绿度、湿度、干度和热度指标耦合 RSEI 指数时,绿度和湿度对 RSEI 指数起正相关作用,相反干度和热度起负相关作用。其中湿度指标在对 RSEI 指数的贡献度中最小,主要是由于研究区地处干旱区,气候干燥,湿度较小。

(2) 博乐市处于 MODS 系统内,区域内生态环境质量等级较低,生态环境脆弱。近 20 a,博乐市 RSEI 指数总体较低,但呈不断上升趋势,生态环境质量在不断改善。生态环境质量较好的地区主要分布在植被覆盖较高的北部山地和中部绿洲地区,其他荒漠地区生态环境质量较差。从北到南,可以发现研究区的 RSEI 呈现出:好—差—好—差的分布。

(3) 根据博乐市生态环境遥感监测,生态环境质量改善的同时也存在部分区域生态环境恶化的现象。博乐市生态环境质量总体上呈改善的趋势,改善区域主要分布在北部山地、中部绿洲和南部天山西部北麓

荒漠区域。生态环境恶化的区域主要集中在中部绿洲的耕地和城镇建设用地区域。

干旱区荒漠建设、绿洲化改善了区域的生态环境质量,同时也扩大了人类的生存空间,但低水平、不合理的开发利用,也会很容易导致生态环境的恶化。由于干旱区生态的脆弱性和绿洲与荒漠具有互为转换性,不合理的土地利用很容易造成土壤退化,并且在很大程度上是不可逆转的。在促进经济社会发展的同时,遵循自然规律,合理配置资源和土地利用,科学地进行绿洲建设。

遥感生态指数主要依靠遥感影像数据进行提取分析,对遥感影像的质量以及对数据的处理要求较高,不同区域的卫星数据参数和大气参数具有不同区域特性,本研究区的数据处理主要使用前人总结的经验方法,在数据处理参数选择方面具有一定限制性。遥感生态指数在整体上可以有效的反映出区域的生态环境状况,但由于区域生态系统的形成和发展受到多种因素的影响,遥感生态指数在一定程度上无法全面反映区域生态环境。在今后研究中,需要根据研究区的具体情况,结合多方面生态环境要素进行综合分析。

[参 考 文 献]

- [1] 孙洪波,王让会,张慧芝. 新疆山地—绿洲—荒漠系统及其气候特征[J]. 干旱区地理, 2005, 28(2): 199-204.
- [2] 王永兴. 绿洲生态系统及其环境特征[J]. 干旱区地理, 2000, 23(1): 7-12.
- [3] 陈曦,罗格平. 干旱区绿洲生态研究及其进展[J]. 干旱区地理, 2008, 31(4): 487-495.
- [4] 王涛. 干旱区绿洲化、荒漠化研究的进展与趋势[J]. 中国沙漠, 2009, 29(1): 1-9.
- [5] 于镇华,黄朔. “3S”技术在生态环境监测中的应用[J]. 中央民族大学学报:自然科学版, 2008, 17(S1): 64-68.
- [6] 王鹏,魏信,乔玉良. 多尺度下汾河流域生态环境质量评价与时序分析[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(6): 798-807.
- [7] 彭燕,何国金,张兆明,等. 赣南稀土矿开发区生态环境遥感动态监测与评估[J]. 生态学报, 2016, 36(6): 1676-1685.
- [8] 徐涵秋. 区域生态环境变化的遥感评价指数[J]. 中国环境科学, 2013, 33(5): 889-897.
- [9] 张添佑,王玲,王辉,等. 玛纳斯河流域盐渍化灌区生态环境遥感监测研究[J]. 生态学报, 2017, 37(9): 3009-3018.

- 需水量研究[J]. 水电能源科学, 2012, 30(10): 23-25, 60.
- [10] 孙栋元, 赵成义, 魏恒, 等. 干旱内陆河流域平原区生态环境需水分析: 以新疆自治区台兰河流域为例[J]. 水土保持通报, 2011, 31(4): 82-88.
- [11] 高凡, 孙晓懿, 蓝利, 等. 基于可达最佳状态标准的叶尔羌河健康评价[J]. 人民黄河, 2017, 39(11): 103-108, 156.
- [12] 唐精, 张剑云, 任道泉. 塔里木河流域的水质分析[J]. 水利渔业, 2005, 25(2): 67-68.
- [13] Tennant D L. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environment resources[J]. Fisheries, 1976, 1(4): 6-10.
- [14] 贾宝全, 慈龙骏. 新疆生态用水量的初步估算[J]. 生态学报, 2000, 20(2): 243-250.
- [15] 郑红星, 刘昌明, 丰华丽. 生态需水的理论内涵探讨[J]. 水科学进展, 2004, 15(5): 626-633.
- [16] 钟华平, 刘恒, 耿雷华, 等. 河道内生态需水估算方法及其评述[J]. 水科学进展, 2006, 17(3): 430-434.
- [17] 于松延, 徐宗学, 武玮. 基于多种水文学方法估算渭河关中段生态基流[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2013, 49(S1): 175-179.
- [18] 郑志宏, 张泽中, 黄强, 等. 生态需水量计算 Tennant 法的改进及应用[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2010, 42(2): 34-39, 57.
- [19] Matthews R C, Bao Y. The Texas method of preliminary instream flow determination [J]. River, 1991, 2(4): 295-310.
- [20] 吴喜军, 李怀恩, 董颖, 等. 基于基流比例法的渭河生态基流计算[J]. 农业工程学报, 2011, 27(10): 154-159.
- [21] 杨志峰, 张远. 河道生态环境需水研究方法比较[J]. 水动力学研究与进展(A 辑), 2003, 18(3): 294-301.
- [22] 胡顺军. 塔里木河干流流域生态—环境需水研究[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [23] 朱顺初. 河南省干江河燕山水库工程下游河道最小生态环境需水量分析[J]. 治淮, 2006(4): 16-17.
- [24] 王均. 叶尔羌河泥沙特征分析[J]. 黑龙江水利科技, 2013, 41(5): 163-164.
- [25] 李靖. 叶尔羌河流域水生态承载力研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2009.
- [26] 孙建光, 韩桂兰. 塔里木河流域干旱区绿洲河道生境生态水权及其计量研究[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(3): 81-85.

(上接第 159 页)

- [10] Badreldin N, Goossens R. A satellite-based disturbance index algorithm for monitoring mitigation strategies effects on desertification change in an arid environment[J]. Mitigation & Adaptation Strategies for Global Change, 2015, 20(2): 263-276.
- [11] Wen Xiaole, Xu Hanqiu. Remote sensing analysis of impact of Fuzhou City expansion on water quality of lower Minjiang River, China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2010, 30(4): 624-629.
- [12] Ochoagaona S, Kampichler C, de Jong B H J, et al. A multi-criterion index for the evaluation of local tropical forest conditions in Mexico [J]. Forest Ecology & Management, 2010, 260(5): 618-627.
- [13] Sullivan C A, Skeffington M S, Gormally M J, et al. The ecological status of grasslands on lowland farmlands in Western Ireland and implications for grassland classification and nature value assessment[J]. Biological Conservation, 2010, 143(6): 1529-1539.
- [14] Gupta K, Kumar P, Pathan S K, et al. Urban Neighborhood Green Index: A measure of green spaces in urban areas[J]. Landscape & Urban Planning, 2012, 105(3): 325-335.
- [15] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(5): 589-595.
- [16] 宋慧敏, 薛亮. 基于遥感生态指数模型的渭南市生态环境质量动态监测与分析[J]. 应用生态学报, 2016, 27(12): 3913-3919.
- [17] 弓盛洋. 基于遥感生态指数(RSEI)的濮阳市生态变化评估[J]. 能源与环境, 2015(1): 62-64.
- [18] 刘智才, 徐涵秋, 李乐, 等. 基于遥感生态指数的杭州市城市生态变化[J]. 应用基础与工程科学学报, 2015(4): 728-739.
- [19] Sobrino J A, Jiménez-Muñoz J C, Paolini L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5[J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 90(4): 434-440.