

吴盈盈,王振亭.疏勒河中下游土地荒漠化敏感性评估[J].中国沙漠,2022,42(4):163-171.

疏勒河中下游土地荒漠化敏感性评估

吴盈盈^{1a,2},王振亭^{1ab}

(1.中国科学院西北生态环境资源研究院 a.沙漠与沙漠化重点实验室, b.戈壁荒漠生态与环境野外科学观测研究站,甘肃 兰州 730000; 2.中国科学院大学,北京 100049)

摘要:土地荒漠化是疏勒河流域面临的关键环境问题,加强该区域的荒漠化敏感性评估对有效控制荒漠化至关重要。通过集成多源GIS与遥感数据,构建土壤、植被、气候和管理定量评估指标,利用地中海荒漠化与土地利用模型(MEDALUS)计算环境敏感性指数,识别荒漠化敏感区,在此基础上分析荒漠化敏感性的成因,并引入变异系数法确定荒漠化敏感性的主要影响因素。结果表明:目前疏勒河中下游荒漠化态势严峻,17.70%的区域属于极高敏感区,54.34%属于较高敏感区。荒漠化敏感性的空间格局是中部高、北部低,主要由与人类活动有关的管理质量指数决定。从绿洲内至绿洲外荒漠化敏感性逐渐升高,大致呈层状分布,表明人类活动对荒漠化影响显著,建议加强和巩固绿洲外围的防护体系建设。

关键词:荒漠化敏感性; MEDALUS模型; 变异系数法; 疏勒河中下游

文章编号: 1000-694X(2022)04-163-09

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2022.00011

中图分类号: P931.3; TP79

文献标志码: A

0 引言

荒漠化指生态环境各方面的退化^[1]并出现类似荒漠的景观,涵盖风蚀荒漠化、水蚀荒漠化和土地盐渍化等。风蚀荒漠化,也称沙漠化,专指发生在干旱、半干旱及部分亚湿润地区,受自然和人为因素综合影响,形成以风沙活动为主要标志的土地退化现象^[2]。荒漠化危害主要表现为土壤肥力下降、生产力降低、可利用地减少、破坏多种生产活动和生活设施、污染环境等^[3]。荒漠化已经成为中国面临的严重生态环境与社会经济问题。根据最新的监测结果,全国荒漠化土地占国土总面积的27.20%^[4]。自1994年中国开展第一次全国荒漠化调查以来,国家采取了一系列措施预防与治理土地荒漠化,但土地荒漠化的总体局势仍不容乐观,防沙治沙与生态修复任务重大。疏勒河中下游地处极端干旱区,有限的水资源构成了自然环境极端脆弱的绿洲-荒漠生态系统,该生态系统稳定性低且对外界干扰反应敏感。近几十年来受气候变化和人类活动影响,荒漠化日益加剧,对当地居民的生存和发展产生严重不利影响。因此,加强该区域的荒漠化监测与评估,对有效防治荒漠化具有重要意义。

荒漠化监测能够指示土地荒漠化的状况、类型和分布,是荒漠化防治的基础,传统方法主要通过野外调查和影像解译来了解土地荒漠化的现状^[5]、数量^[6]和空间格局^[7]。随着遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术的不断发展,学者们的关注点逐渐转变为荒漠化的时空演变监测^[8]、动态过程研究^[9-10],或者是多因子评价体系构建,包括遥感监测指标选取^[11-12]、生态系统敏感性评价^[13-14]、“压力-状态-响应”分析框架^[15]、Logistic回归模型构建^[16]等。虽然荒漠化评估指标不断发展,但是到目前为止,统一和标准的分类体系、广泛适用且完善的评价指标依然匮乏^[17-18],如何科学且合理地将各荒漠化影响因子进行量化并融合,仍是亟待解决的问题^[19]。

荒漠化敏感性评估属于荒漠化监测研究范畴,能够测度区域发生荒漠化的可能性。地中海荒漠化与土地利用模型(Mediterranean Desertification and Land Use, MEDALUS)是荒漠化敏感性评估的代表方法,该模型综合了土壤、植被、气候和管理的多种关键指标,最初应用在地中海地区,后在意大利

收稿日期:2021-10-09; 改回日期:2022-01-19

资助项目:国家重点研发计划项目(2020YFA0608404);国家自然科学基金项目(U21A2001,41971011)

作者简介:吴盈盈(1997—),女,陕西安康人,硕士研究生,主要从事风沙物理与治沙工程研究。E-mail: wuyingying20@mailsucas.ac.cn

利^[20]、伊朗南部^[21-22]、泰国^[23]和中国北方^[24]、黄土高原^[25]得到广泛应用。地中海地区冬季降雨集中,夏季风沙活动频繁。中国北方也具有这种降雨与风沙活动不同期特征。在此背景下,我们尝试通过MEDALUS模型综合多种影响荒漠化的环境指标,在流域尺度上对疏勒河中下游土地荒漠化敏感性进行定量评价,探究不同程度荒漠化敏感区的主要成因,为积极有效地开展区域荒漠化防治提供理论支持。

1 研究区概况和数据来源

1.1 研究区概况

疏勒河流域中下游位于河西走廊的最西端,南

接祁连山脉,北抵马鬃山丘陵区,东、西分别是巴丹吉林沙漠和库姆塔格沙漠。该流域多年平均气温9—10℃,平均年降雨量40—50 mm,蒸发剧烈,属于极端干旱的大陆性荒漠气候,多怪柳、梭梭、骆驼刺等沙生灌丛植物,植被覆盖率低;土壤含砂量高,多风沙土、棕漠土、冷钙土和粗骨土。流域南、北面皆为山区,人类活动较弱,中部绿洲是人口和生产活动较为集中的区域。因疏勒河流域北部的确切边界存在较大争议^[26],我们采用ArcGIS水文分析方法提取流域北部边界,用Landsat 8遥感影像确定研究区南部边界,结果如图1所示。研究区包括敦煌、瓜州、玉门等县市,总面积约为 $5.32 \times 10^4 \text{ km}^2$,地势南北高、东西低,区内水资源匮乏,土地盐渍化和沙化日益严重^[27]。

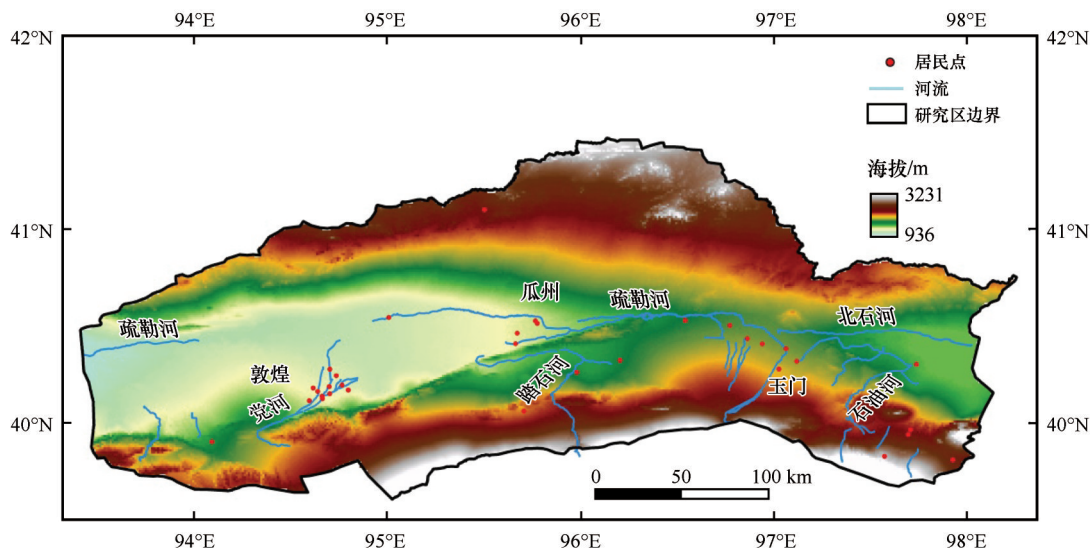


图1 研究区概况

Fig.1 Overview of the studied area

1.2 数据源及预处理

遵循数据可量化且易获取原则,本研究利用了ASRER GDEM数据和Landsat 8遥感影像,来自中国科学院地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>),空间分辨率为30 m;土壤质地数据(2010—2020年)由国家科技资源共享服务平台-国家地球系统科学数据中心-土壤分中心(<http://soil.geodata.cn/>)提供,空间分辨率为1 km;2020年中国土地利用遥感监测数据、归一化植被指数来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/>),空间分辨率为1 km;中国西部逐日1 km全天候地表温度数据集(TRIMS LST-TP; 2000—2020

年)V2、祁连山地区基于MODIS的逐日地表蒸散发数据(2020年)(ETHi-merge V1.0)、中国1 km分辨率逐月降水量数据集(1901—2017年)来源于国家青藏高原科学数据中心(<http://data.tpdc.ac.cn/>)。因降水量数据主要用于分析其空间分异规律,综合考虑后取2015—2017年的年平均值进行输入,能够满足所需精度要求;甘肃省2012年1:10万基础数据集、疏勒河流域居民点分布数据(2000年)、河流分布数据(2000年)、疏勒河流域1:25万行政边界分布数据(2000年)来源于国家冰川冻土沙漠科学数据中心(<http://www.ncdc.ac.cn/>)。其中,基础地理信息数据仅用于了解研究区概况。

数据预处理主要包括对遥感影像进行辐射定

标和大气校正等预处理,以消除来自传感器本身误差和大气辐射的影响;使用 WGS 1984 UTM Zone 47 N 投影,并将所有因子进行重采样,保持为 1 km 空间分辨率并集成到统一的地理空间数据库中;由于不同数据的度量单位和含义不同,将所有数据进行了变换,转化为无量纲的纯数值。

2 研究方法

在地中海欧洲项目支持下,欧盟委员会主要根据特定气候背景下的荒漠化过程研究结果,建立了目前广泛应用于半干旱、干旱和极干旱地区的 MEDALUS 模型^[22-23,28-29]。针对荒漠化这一复杂的多因素相互过程,原始的 MEDALUS 模型从土壤、气候、植被、管理方面选取了 15 项荒漠化关键指标^[30]。每项指标对荒漠化的贡献以权重值定量表示,取值常在 1.0—2.0^[29-30]。这些指标经几何平均后形成 4 个质量指数,其平均值被用于荒漠化敏感性评估。

MEDALUS 模型在指标选择和框架构建等方面显示出极大的灵活性、可靠性和综合性,能够适应广泛的空间尺度和不同的数据源,还可以根据研究区改变指标及其权重^[20]。在详细调查研究区土地荒漠化的范围、程度和特征的基础上,我们对原始模型进行简化。具体做法如下:①土壤参数具有很强的地域性,“含砂量”和“有机质含量”是该地区风蚀荒漠化的主要控制要素,删除“土壤深度”“成土母质”“排水条件”等要素。②影响干旱区荒漠化过程的主要气候指标是“降水量”“地表温度”与“蒸散发”,所以将“坡向”要素从气候质量的评估中删除。③“火灾风险”“耐旱性”“侵蚀防护”等指标均依据植被类型进行量化,因子之间存在交叉作用,且研究区属于极端干旱区,植被类型较单一,故将其删除。④“土地利用”是人类干扰地表的主要途径,与荒漠化存在响应关系。因此用“土地利用”量化人类活动对荒漠化的影响。其他较小的修改体现在各参数类别变化的阈值选择上,以使 MEDALUS 模型更适应研究区实际情况。

2.1 土壤质量指数

土壤质量指数包含土壤质地、坡度和有机质 3 个要素。土壤质地指土壤中不同粒径颗粒的分布状况,关系到土壤的孔隙度、保水性和肥沃性,是影响土地荒漠化的重要参数。土壤质地涉及不同的

分类标准,在美国制土壤颗粒的分级标准中黏粒、粉粒、砂粒的粒径范围分别是<0.002、0.002—0.05、0.05—2 mm。其中,黏粒含量高的土壤易形成团聚体,增强地表粗糙度,降低荒漠化敏感性;而土壤含砂量越高,表明地表砂物质越丰富,故将砂粒含量作为关键的土壤质量影响因子。坡度则表征了地表的倾斜程度,需要对多幅数字高程模型(DEM)进行拼接、裁剪以及投影转换,进而计算坡度。土壤有机质含量直接决定了土壤肥力的高低,数据格式为矢量,需要先进行数据预处理,然后再参与土壤质量指数的计算。

自然间断点分级法是基于数据分布特征的自然分组,能够根据分类间隔进行最恰当的分组,并使各组之间的差异最大化。本文使用自然间断点法对各指标进行分类,并按照 MEDALUS 模型赋权重(表 1),根据公式(1)计算土壤质量指数。

$$SQI = (Sa \times SOM \times SI)^{\frac{1}{3}} \tag{1}$$

式中:SQI 代表土壤质量指数;Sa 为土壤砂粒含量;SOM 为有机质含量;SI 为坡度。

表 1 土壤指标类别及权重				
Table 1 Classes and assigned weights for soil indices				
指标	类别	描述	权重	参考文献
土壤含砂量/%	1	含砂量低:<30	1.0	[22-23,28,30]
	2	含砂量较低:40—50	1.2	
	3	含砂量较高:50—60	1.6	
	4	含砂量高:>60	2.0	
坡度/(°)	1	非常平缓:<6	1.0	[23,28]
	2	较平缓:6—18	1.2	
	3	较陡峭:18—35	1.5	
	4	非常陡峭:>35	2.0	
有机质含量/%	1	有机质含量较高:>3	1.0	[23,28]
	2	有机质含量较好:2—3	1.3	
	3	有机质含量较低:1—2	1.6	
	4	有机质含量极低:<1	2.0	

2.2 植被质量指数

植被能够消耗风能,增大空气动力学粗糙度,从而减弱风力对地表的吹蚀。植被的根系不仅能够改善表层土壤的结构,还能够使土壤固结,达到抑制土地荒漠化的作用。我们用归一化植被指数(NDVI)近似表征研究区的植被覆盖情况,当 NDVI

值较低时,说明地表植被少,荒漠化敏感性高。土壤风蚀现象多发生在冬春季节^[14,31],此时地表植被的生长状况对土地荒漠化至关重要。因此,本文取2020年春季(3—5月)植被指数的平均值,按照表2进行反向加权,得到研究区的植被质量指数。

表2 植被指标类别及权重^[22,28]
Table 2 Classes and assigned weights for vegetation index^[22,28]

类别	植被盖度/%	权重
1	高:>20	1.0
2	中:10—20	1.5
3	低:<10	2.0

2.3 气候质量指数

地表蒸散发,包括地表水分蒸发、植被蒸腾以及冰雪升华,是地表能量和水分相互作用的通道,为水资源管理、旱情检测以及气候变化提供科学依据。温度和降水是评估一个地区气候的主要指标,而气候干旱是荒漠化过程的基础^[32],土壤会因高气温和少降水变得愈发干燥,造成地表植物干枯和土壤质地粗化。借助栅格计算器工具,分别将逐日地表蒸散发和逐日地表温度数据进行相加,得到研究区2020年全年的蒸散发和地表温度数据。对降水量数据进行反向加权,按照表3和公式(2),计算气候质量指数。

$$CQI = (R \times T \times ET)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

式中: CQI 代表气候质量指数; R 为降水量; T 为地表温度; ET 为蒸散发量。

2.4 管理质量指数

土地利用是决定土地荒漠化进程的主导因子^[33],不合理的土地利用方式会使土地荒漠化过程加剧^[34-35]。我们综合 Farajzadeh 等^[22]与 Plaiklang 等^[23]的研究结果,参考国土资源部土地利用类型分类标准,按照表4对不同土地利用类型分配权重,据此表征人类活动对荒漠化的影响,并结合GIS数字化方法制图。

2.5 荒漠化敏感性评估

采用几何平均法将4个质量指数进行综合,如公式(3),借助自然间断点法将荒漠化敏感性分为4类,即极低、较低、较高和极高敏感性,分类标准见表5。

表3 气候指标的类别及权重
Table 3 Classes and assigned weights for climate indices

指标	类别	描述	权重	参考文献
降水量/mm	1	较多:>100	1.0	[22,28-29]
	2	中:50—100	1.5	
	3	少:<50	2.0	
地表温度/°C	1	低:<10	1.0	—
	2	中:10—15	1.3	
	3	高:15—20	1.6	
	4	极高:>20	2.0	
蒸散发量/mm	1	低:<300	1.0	[28]
	2	中:300—500	1.5	
	3	高:>500	2.0	

表4 管理指标的类别及权重
Table 4 Classes and assigned weights for management index

土地利用类别	土地利用描述	权重	参考文献
1	居民地、水域、沼泽地、林地、裸岩	1.0	[22-23,28]
2	耕地、滩地、工矿用地、戈壁	1.2	
3	草地、盐碱地、裸土	1.6	
4	沙地	2.0	

表5 荒漠化敏感性分级
Table 5 Classes and ranges of desertification sensitivity index

敏感性等级	土地荒漠化敏感性指数 DSI
极低	<1.391
较低	1.391—1.515
较高	1.515—1.656
极高	>1.656

$$DSI = (VQI \times SQI \times CQI \times MQI)^{\frac{1}{4}} \quad (3)$$

式中: DSI 为土地荒漠化敏感性指数; VQI 为植被质量指数; MQI 为管理质量指数。

2.6 变异系数

MEDALUS模型中所包含的土壤、植被、气候、管理4个指标是对荒漠化敏感性影响因素的归纳,通过引入变异系数法确定最主要的影响因子并测度各指标在空间分布上的相对差异。变异系数是标准差与平均数之比,该值越大,表明因子离散程度越高、波

动性越大^[36],就评估指标而言,其空间分异性也越显著。相应地,指标变异系数大则其在评估体系会被赋予较大权重^[37],对评估结果的影响程度也就越大。

该方法的计算公式如下:

$$C_{Vi} = \frac{\sigma_i}{\bar{x}_i} \quad (4)$$

式中: C_{Vi} 是*i*项指标的变异系数,无量纲; σ_i 、 \bar{x}_i 是第*i*项指标的标准差、平均数。

$$W_i = \frac{C_{Vi}}{\sum_{i=1}^4 C_{Vi}} \quad (5)$$

式中: W_i 表示各指标的权重。

3 结果与分析

3.1 单指标质量指数

土壤质量荒漠化敏感性的空间格局如图2所示。高敏感区分布广泛,主要在绿洲外围、沙地和戈壁。这些区域基本为不毛之地,以风力侵蚀作用为主。地表物质疏松且砂源丰富,在多风的气候条件下,极易发生土壤风蚀。低敏感区主要是居民点和有河流流经的区域,这部分区域的水资源较为丰富,由于多年灌溉和耕种作用影响,土壤细化,黏粒和粉粒含量增加。因农作物生长和生物聚集,使得该区域的有机质含量较高,有利于土壤团聚体的形

成,进而有助于减弱土壤风蚀,有效缓解了土地荒漠化。

植被质量指数显示,疏勒河中下游植被盖度整体较低(图2)。植被质量较高区域的面积仅占6.38%,呈斑块状分布在中部平原,与居民地、水域联系紧密,土地利用以耕地和草地为主,受人为灌溉和耕种作用影响,植被长势较好,属于植被荒漠化低敏感区。植被荒漠化高敏感区的面积最大,约占93.62%,具有分布广泛、集中成片的特点。受自然地理环境制约,该区地表植被稀疏且种类贫乏,脆弱的生态系统对于土地荒漠化防治极其不利。

研究区气候质量指数具有显著的空间异质性(图2)。南、北部的气候敏感性较低,恰与研究区降水量的分布格局相近,主要是因为南、北面皆为山区,海拔较高,与中部平原相比,降水较充沛。中部平原区的气候敏感性较高,呈层状分布,这与地表温度的空间分布格局基本一致。同时,研究区西南部靠近库姆塔格沙漠,砂质地表温度高、蒸发强是导致气候敏感程度较高的主要原因。从蒸散发来看,戈壁、沙地和裸岩石砾地的蒸发量较低,耕地、草地、林地和部分水域周围的蒸散发较高,这与宁亚洲等^[38]的结论相符。

从土地利用得出的管理质量指数显示(图2),极高敏感区主要分布于研究区西南部、敦煌绿洲南部,主要受原生沙漠影响,降水和气温等自然因素

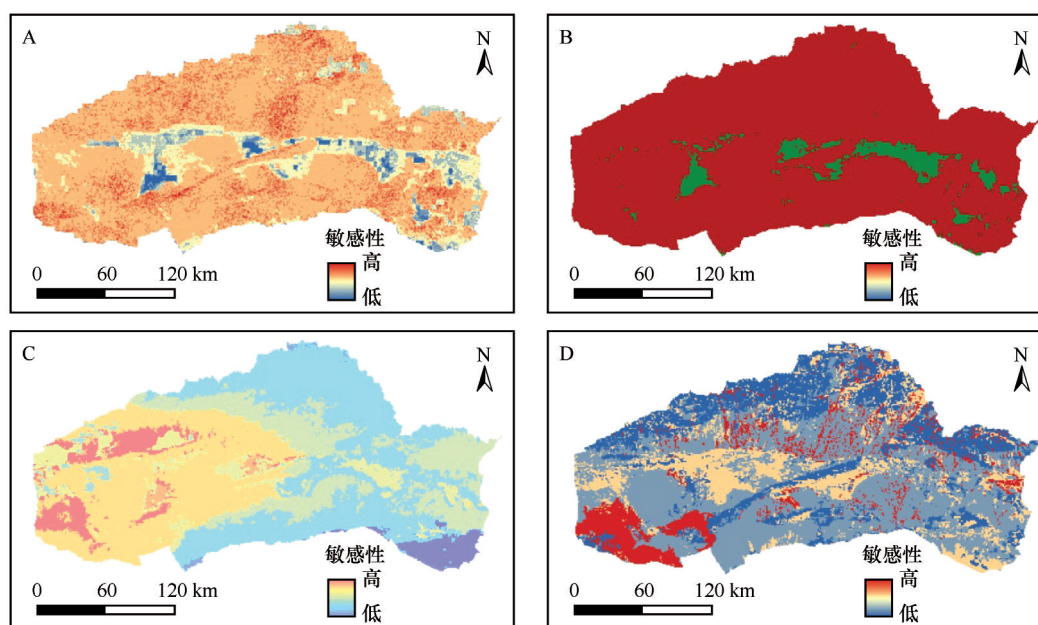


图2 土壤质量指数(A)、植被质量指数(B)、气候质量指数(C)和管理质量指数(D)

Fig.2 Soil quality index (A), vegetation quality index (B), climate quality index (C) and management quality index (D)

对其作用缓慢且漫长。高敏感区主要是盐碱地、裸土地,其对人类活动等外来干扰反应剧烈,水资源利用不当,易诱发盐渍荒漠化,因此在治理盐渍荒漠化的过程中,应合理灌溉,防止土壤积盐。戈壁地表由于砾石覆盖,不易被风力侵蚀^[15],相比之下,其环境敏感性较低。管理质量指数反映了人为因素对土地荒漠化的影响,适当、合理的生产和生活方式能够促使土地荒漠化发生逆转,因此必须重视

疏勒河中下游的土地利用与管理。

3.2 荒漠化敏感性与影响因素

研究区内 3.18% 的区域处于荒漠化极低敏感区,24.78% 是较低敏感区,54.34% 的区域属于较高敏感区,17.70% 的区域属于极高敏感区(图 3)。极高和较高敏感区所占比例超过 70%,说明研究区土地荒漠化态势严峻。

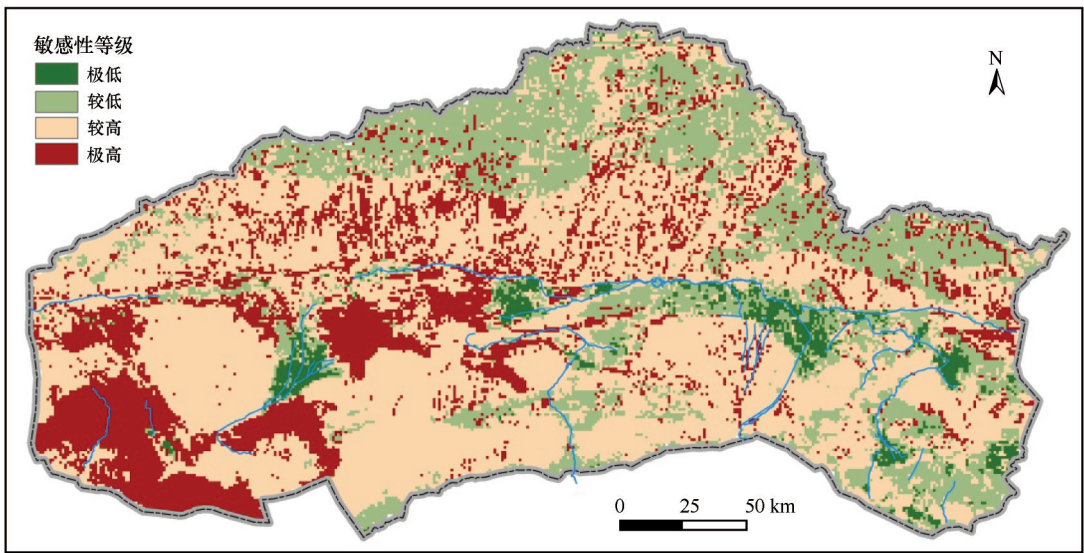


图 3 土地荒漠化敏感性空间分布

Fig.3 Spatial distribution of land desertification sensitivity

就土地荒漠化空间分布而言,首先,土地荒漠化敏感性呈现出中部平原区较高、北部较低的特征。荒漠化极高敏感区集中分布于研究区西南部、敦煌绿洲南部鸣沙山地区、安西-敦煌盆地中部、研究区北部古河道干涸后形成的沙地、踏石河流域西部以及北石河流域东部边缘,这与多位学者的研究结果相符。如刘康等^[14]认为甘肃省沙漠化极敏感区分布在安西中部地区;马仲武等^[39]借助遥感影像对酒泉市土地沙漠化现状分析发现,极重沙漠化土地分布在敦煌市西南部库姆塔格沙漠、鸣沙山地区。究其原因是研究区西部靠近原生沙漠,北部多低山丘陵,气候条件恶劣、土壤贫瘠且植被稀疏,为荒漠化程度加深提供了环境基础。较高敏感区散落分布在极高敏感区的外围,是因为极高敏感区是大片的沙地、裸土地,在风力的吹扬和搬运作用下,荒漠化土地向外扩张。较低敏感区集中分布在研究区北部,在某种程度上是气候因素和管理质量指数降低了该区域的荒漠化敏感性。极低敏感区主要分布在敦煌、瓜州和玉门等人口较为集中的区

域,这是因为绿洲内部发展灌溉农业,作物长势良好,发生荒漠化的可能性较低。其次,从绿洲内至绿洲外的荒漠化敏感性逐渐升高,大致呈层状分布。这主要与绿洲边缘的人为樵采有关^[12],植被破坏,导致荒漠化敏感性变高。因此,绿洲外围的荒漠化防治尤为重要,急需加强和巩固绿洲边缘的防护体系建设,否则较高、较低敏感区很容易转化为极高敏感区,加重土地荒漠化,威胁绿洲的可持续发展。

表 6 是根据变异系数计算各质量指数权重的结果。管理质量指数的权重远高于气候、植被和土壤

表 6 各指标因子的变异系数与权重

Table 6 The variation coefficient and weights of each index

指标	土壤质量指数 SQI	气候质量指数 CQI	植被质量指数 VQI	管理质量指数 MQI
变异系数	0.062	0.087	0.080	0.237
权重	0.133	0.187	0.172	0.508

质量指数,说明管理质量指数是荒漠化的主要影响因素。自20世纪80年代起,疏勒河流域先后实施了“两西”建设移民、九旬峡库区移民、疏勒河农业灌溉暨移民安置工程等多项移民政策。生态移民中的绝大部分从事农业生产^[26],致使该区域农业人口激增,耕地面积扩大,水资源消耗增加,荒漠化进一步加剧^[40]。气候干旱、降水稀少是研究区土地荒漠化的潜在推动力。据杨雪梅^[41]研究,1982—2013年河西地区气温呈显著的增加趋势,其中疏勒河下游最为明显,降水量表现出的增加趋势则不显著,且气温、降水对荒漠植被的胁迫作用不大。综合而言,疏勒河中下游荒漠化影响因子具体表现为以人类活动为主导,自然因素起加剧的作用。

4 讨论

本研究发现,植被和土壤质量是表征荒漠化敏感性最显著的指标,因为这两者的空间分布格局与荒漠化低敏感区最为相似。同一模型,张建香等^[25]在对黄土高原进行荒漠化风险评估时则认为植被是指示荒漠化风险程度最显著的指标。两者间的差异可能在于:第一,研究区不同,荒漠化发展的自然背景和人为因素略有差异;第二,虽然是同一模型,但两者所包含的评价指标却不尽相同。本文的研究结果与前人^[14,39]一致,进一步印证我们对MEDALUS模型的简化合理有效。

在预防和治理疏勒河中下游土地荒漠化的过程中,应考虑不同程度荒漠化敏感区的影响。对于荒漠化高敏感区,应着重保护其现有的植被资源,严禁滥垦、滥牧,并加强“退耕还林”工程的实施,努力改善区域生态环境。对于荒漠化低敏感区域,首要任务是从宏观上调控水资源的分配,要合理高效地开发利用水资源。在保障敦煌-瓜州-玉门一带绿洲内部生态需水安全的前提条件下,可适当推进防护林建设工程。同时,提高资源利用率并控制人口增长速率,减轻土地资源压力,可促进荒漠化过程逆转。

MEDALUS模型引入了一套可靠的关键指标来评估荒漠化敏感性,有助于理解荒漠化过程及其背后的潜在关系,并且该模型足够灵活,可根据区域特有的环境特征改变部分指标。综上所述,MEDALUS是评价干旱、半干旱地区荒漠化风险的有效方法。然而,在气候变化背景下,对荒漠化敏感性的探讨仍需深入。下一步,将在MEDALUS模

型所搭建的框架内深入分析与社会经济发展有关指标对荒漠化的影响并进行量化,尝试通过建立一个长时间序列的动态监测体系来研究荒漠化敏感性的时空演变过程。

5 结论

本文基于MEDALUS模型,综合自然、人文等相关因素,根据土地荒漠化过程探讨研究区荒漠化敏感性的空间分异规律,选用变异系数法确定土壤、植被、气候和管理质量指数对土地荒漠化的相对重要性,可为区域土地荒漠化防治与修复提供理论基础。

基于MEDALUS模型的荒漠化敏感性评估可从宏观上揭示该区域不同程度荒漠化敏感区的空间分布特征,与人类活动有关的管理质量指数是该区域土地荒漠化的主导因素,说明人类活动对研究区土地荒漠化过程的影响更为显著。

疏勒河中下游72.04%的区域属于荒漠化高敏感区,表明该区域荒漠化态势严峻,高敏感区的形成与自然地理环境本底条件联系紧密,土地利用以沙地、戈壁和盐碱地为主,需要着重保护生态脆弱地区的植被资源。

研究区土地荒漠化敏感性的空间格局是中部高、北部低,荒漠化极高敏感区集中分布在研究区西南部、敦煌绿洲南部的鸣沙山地区、安西-敦煌盆地中部及北部的干涸河道、踏石河流域西部以及北石河流域东部边缘;绿洲外分布着广泛的戈壁,致使从绿洲内至绿洲外荒漠化敏感性逐渐升高,大致呈层状分布,需要加强绿洲外围的荒漠化治理与防护。

参考文献:

- [1] 董光荣,申建友,金炯,等.关于“荒漠化”与“沙漠化”的概念[J].干旱区地理,1988,11(1):58-61.
- [2] 王涛,朱震达.我国沙漠化研究的若干问题:1.沙漠化的概念及其内涵[J].中国沙漠,2003,23(3):3-8.
- [3] 董玉祥.沙漠化灾害现状与损失评估[J].灾害学,1993,8(1):13-18.
- [4] 屠志方,李梦先,孙涛.第五次全国荒漠化和沙化监测结果及分析[J].林业资源管理,2016,45(1):1-5,13.
- [5] 董光荣,高尚玉,金炯,等.青海共和盆地土地沙漠化及其防治[J].中国沙漠,1989,9(1):64-78.
- [6] 石建忠,陈翔舜,张龙生,等.甘肃省土地荒漠化状况及分析[J].环境科学学报,2006,26(9):1539-1544.
- [7] 王建宏,张龙生,尚立照.甘肃省沙漠化监测结果[J].中国沙漠,2005,25(5):775-779.

- [8] 刘爱霞,王长耀,王静,等.基于MODIS和NOAA/AVHRR的荒漠化遥感监测方法[J].农业工程学报,2007,23(10):145-150,293.
- [9] 陈丽红.1987-2017年疏勒河中下游土地沙化时空演化特征及其驱动因素研究[D].兰州:西北师范大学,2020.
- [10] 胡光印,董治宝,逯军峰,等.近30 a来长江源区沙漠化时空演变过程及成因分析[J].干旱区地理,2011,34(2):300-308.
- [11] 高尚武,王葆芳,朱灵益,等.中国沙质荒漠化土地监测评价指标体系[J].林业科学,1998,34(2):3-12.
- [12] 韩兰英,万信,方峰,等.甘肃河西地区沙漠化遥感监测评估[J].干旱区地理,2013,36(1):131-138.
- [13] 赵明月,赵文武,靳婷,等.青海湖流域土地沙漠化敏感性评价[J].中国农学通报,2012,28(32):237-242.
- [14] 刘康,徐卫华,欧阳志云,等.基于GIS的甘肃省土地沙漠化敏感性评价[J].水土保持通报,2002,22(5):29-31,35.
- [15] 田璐,邱思静,彭建,等.基于PSR框架的内蒙古自治区沙漠化敏感性评估[J].地理科学进展,2018,37(12):1682-1692.
- [16] 潘玉豪,陈云皓,张旭晨,等.宁夏土地荒漠化敏感度时空变化分析[J].北京师范大学学报(自然科学版),2020,56(4):582-590.
- [17] 魏婷婷.荒漠化评价研究综述[J].安徽农业科学,2011,39(25):15597-15599.
- [18] 郭瑞霞,管晓丹,张艳婷.我国荒漠化主要研究进展[J].干旱气象,2015,33(3):505-513.
- [19] 谢徽,郭浩.荒漠化监测与评估指标体系研究进展[J].世界林业研究,2015,28(1):7-11.
- [20] Ladisa G, Todorovic M, Liuzzi G T. A GIS-based approach for desertification risk assessment in Apulia region, SE Italy [J]. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 2012, 49: 103-113.
- [21] Sepehr A, Hassanli A M, Ekhtesasi M R, et al. Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2007, 134(1):243-254.
- [22] Farajzadeh M, Egbal M N. Evaluation of MEDALUS model for desertification hazard zonation using GIS; study area: Iyzad Khast Plain, Iran [J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2007, 10(16):2622-2630.
- [23] Plaiklang S, Sutthivanich I, Sritarapipat T, et al. Desertification assessment using MEDALUS model in upper Lamchiengkrai Watershed, Thailand [J]. ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020, XLIII-B3-2020:1257-1262.
- [24] 沈亚楠,仇梦梦,岳耀杰.中国北方土地沙漠化灾害危险性评价[J].干旱区研究,2017,34(1):174-184.
- [25] 张建香,张多勇,刘万锋,等.基于ESAI的黄土高原荒漠化风险评估[J].水土保持通报,2017,37(2):339-344,353.
- [26] 齐敬辉.疏勒河流域绿洲生态演变研究[D].兰州:兰州大学,2017.
- [27] 丁宏伟,尹政,李爱军,等.疏勒河流域水资源特征及开发利用存在的问题[J].干旱区资源与环境,2002,16(1):48-54.
- [28] Lahlaoui H, Rhinane H, Hilali A, et al. Desertification assessment using MEDALUS Model in Watershed Oued El Maleh, Morocco [J]. Geosciences, 2017, 7(3):1-16.
- [29] Lamqadem A A, Pradhan B, Saber H, et al. Desertification sensitivity analysis using MEDALUS Model and GIS: a case study of the Oases of Middle Draa Valley, Morocco [J]. Sensors, 2018, 18(7):1-19.
- [30] Ferrara A, Kosmas C, Salvati L, et al. Updating the MEDALUS-ESA framework for worldwide land degradation and desertification assessment [J]. Land Degradation & Development, 2020, 31(12):1593-1607.
- [31] 曹晓仪,董治宝,李静,等.基于GIS的榆林市土壤风蚀危险度评价[J].水土保持通报,2013,33(1):206-210.
- [32] 董光荣,靳鹤龄,王贵勇,等.中国沙漠形成演化与气候变化研究[J].中国科学院院刊,1999,14(4):276-280.
- [33] 王葆芳,贾宝全,杨晓晖,等.干旱区土地利用方式对沙漠化土地恢复能力的评价[J].生态学报,2002,22(12):2030-2035.
- [34] 董玉祥.土地沙漠化影响因子的定量分析[J].干旱区研究,1989,6(4):34-42.
- [35] 高尚玉,史培军,哈斯,等.我国北方风沙灾害加剧的成因及其发展趋势[J].自然灾害学报,2000,9(3):31-37.
- [36] 赵微,林健,王树芳,等.变异系数法评价人类活动对地下水环境的影响[J].环境科学,2013,34(4):1277-1283.
- [37] 刘轩,岳德鹏,马梦超.基于变异系数法的北京市山区小流域生态环境质量评价[J].西北林学院学报,2016,31(2):66-71,294.
- [38] 宁亚洲,张福平,冯起,等.基于SEBAL模型的疏勒河流域蒸发估算与灌溉效率评价[J].干旱区地理,2020,43(4):928-938.
- [39] 马仲武,王新源,王小军,等.甘肃省酒泉市土地沙漠化现状及动态分析[J].中国农业资源与区划,2018,39(3):141-147.
- [40] 李晓婧,白艳萍,李萌,等.河西走廊水资源变化与生态环境时空关联分析[J].水土保持通报,2019,39(2):275-280,287.
- [41] 杨雪梅.气候变暖背景下河西地区荒漠植被变化研究(1982-2013)[D].兰州:兰州大学,2015.

Desertification sensitivity assessment in the middle and lower reaches of the Shule River Basin

Wu Yingying^{1a,2}, Wang Zhenting^{1ab}

(1.a.Key Laboratory of Desert and Desertification / Research Station of Gobi Desert Ecology and Environment, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2.University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Land desertification is one of the most serious environmental problems in the Shule River Basin, and its assessment is of great importance to effectively control desertification. This paper aims to calculate environmental sensitivity index based on MEDALUS model by integrating multi-source GIS and remote sensing data. MEDALUS model takes into account four quantitative evaluation indexes of soil, vegetation, climate and management to identify desertification sensitive areas. Upon which, the causes of desertification sensitivity are analyzed. The main influencing factors of desertification sensitivity are determined by coefficient of variation method. The results show that the desertification situation in the middle and lower reaches of the Shule River Basin is severe, 17.70% of the total study area belongs to the extreme sensitivity zone, 54.34% belongs to the high sensitivity zone. The desertification sensitivity is higher in the central parts of study area, lower in the north, which is mainly controlled by management quality index related to human activities. The desertification sensitivity is gradually increased from the inside to the outside of the oasis, and the distribution is roughly layered, indicating that human activities have a significant impact on desertification. It is necessary to strengthen and consolidate the construction of the oasis edge protection system.

Key words: desertification sensitivity; MEDALUS model; coefficient of variation method; the middle and lower reaches of the Shule River Basin