

任雨,张勃,陈曦东.科尔沁沙地土地荒漠化敏感性评估[J].中国沙漠,2023,43(2):159-169.

科尔沁沙地土地荒漠化敏感性评估

任雨¹,张勃¹,陈曦东²

(1.西北师范大学 地理与环境科学学院,甘肃 兰州 730070; 2.华北水利水电大学 测绘与地理信息学院,河南 郑州 450045)

摘要: 科尔沁沙地是中国四大沙地之一,也是京津冀风沙源的重要组成部分,其荒漠化加剧不仅直接对京津冀地区的气候环境产生了恶劣影响,还严重威胁了自然资源的可持续性。本文以MEDALUS模型为基础,利用遥感和地理信息系统技术,对科尔沁沙地土地荒漠化风险进行了评估。利用土壤质量指数、植被质量指数、气候质量指数和管理质量指数,构建了科尔沁沙地土地荒漠化敏感指数图。结果表明:科尔沁沙地土地荒漠化敏感指数极高区域2 986.60 km²,占研究区总面积的2.02%;高区域6 678.00 km²,占4.52%;中等区域89 633.18 km²,占60.71%;低区域48 352.20 km²,占32.75%。评估发现:(1)MEDALUS模型适用于科尔沁沙地土地荒漠化敏感性评估,其中荒漠化敏感指数极高的区域集中在科尔沁沙地腹地老哈河两侧,以翁牛特旗中东部、奈曼旗西北部和库伦旗中部为主;(2)土壤质量指数对荒漠化敏感性的影响高于植被质量指数、气候质量指数和管理质量指数,因此在科尔沁沙地防沙治沙工程中,可以从改善土壤质量入手,减轻科尔沁沙地的土地荒漠化风险;(3)以土地利用类型为主要驱动力,通辽市周边、长岭县西北部、科尔沁左翼中旗、双辽市、彰武县北部等地的荒漠化风险有所增加。地形坡度对科尔沁沙地荒漠化敏感性影响不大。

关键词: 科尔沁沙地; 土地荒漠化; MEDALUS; GIS; 质量指数; 敏感指数

文章编号: 1000-694X(2023)02-159-11

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2022.00084

中图分类号: P954

文献标志码: A

0 引言

荒漠化已经成为全球生态环境问题,各个国家均采取了防治措施。中国经过多年荒漠化防治实践,探索出一批具有中国特色的荒漠化防治模式^[1],并取得了显著治理成效。京津冀风沙源作为中国北方生态屏障的重要组成部分^[2],是典型的生态脆弱区^[3],其荒漠化程度对京津冀地区的气候环境有直接的影响。2000年以来,中国学者在治理京津冀风沙源工程的理论与实践方面取得了良好成果,这对保护和改善京津地区生态环境发挥了巨大作用^[4-6]。中国从2002年起相继颁布了《中华人民共和国防沙治沙法》《京津冀协同发展规划纲要》《关于进一步加强京津风沙源治理工程区宜林荒山荒地造林的若干意见》等一系列法律和政策文件,表明国家对京津冀风沙源治理的高度重视^[7]。

科尔沁沙地作为京津冀风沙源的一部分,其荒漠化面积的扩张对京津冀地区的生态环境和国家整个生态系统产生了严重影响。在科尔沁沙地荒漠化评估与治理方面,中国于1952年成立了章古台固沙造林试验站,重在抵御科尔沁沙地的风沙危害^[8]。后续诸多学者对科尔沁沙地荒漠化开展了大量研究工作,张佳华等^[9]结合土地承载力,研究了人为活动对科尔沁沙地荒漠化的影响;常学礼等^[10]分析了科尔沁沙地奈曼旗流动沙丘斑块动态与荒漠化的关系,并解释了流动沙丘斑块面积与斑块数量对荒漠化程度的影响;吕朋等^[11]从放牧强度角度分析了对科尔沁沙地草地植被的影响;王涛等^[12]结合气候波动与人类活动探讨了科尔沁沙地荒漠化驱动因素的作用;段翰晨^[13]基于Landsat数据对科尔沁沙地进行了荒漠化评估,分析了荒漠化

收稿日期:2022-06-05; 改回日期:2022-07-27

资助项目:国家自然科学基金项目(41561024)

作者简介:任雨(1992—),男,河北承德人,硕士研究生,研究方向为荒漠化。E-mail: rs_renyu@163.com

通信作者:张勃(E-mail: zhangbo@nwnu.edu.cn)

驱动因素;李金亚^[14]结合土地利用类型对科尔沁沙地土地荒漠化时空变化进行了监测;王永芳等^[15]运用熵组合权重法、最优分割法、网格GIS法和加权综合评估法对科尔沁沙地腹地奈曼旗荒漠化进行了评估。综上所述,前人对科尔沁沙地荒漠化评估从单一的影响因素向多源数据融合的方向迈进,但仍需采用遥感监测技术,结合自然因素与人为因素,对科尔沁沙地全域进行系统的荒漠化风险评估。

鉴于此,本文采用MEDALUS模型,基于多源遥感数据,结合自然与人为因素对科尔沁沙地整体进行荒漠化敏感性评估。相比于前人对科尔沁沙地荒漠化的评估方法,MEDALUS模型有以下优势:①MEDALUS模型在欧洲地中海国家的荒漠化评估中方法成熟,已被广泛地运用到全球土地退化和荒漠化敏感性评估中^[16-20]。科尔沁沙地春季大风日多且降水少,降水量年际间波动大且集中在夏季^[21],导致降水对防风固沙作用有限,这与地中海地区“夏季炎热干燥、冬季温和多雨,雨热不同期”导致降水难以限制风沙活动这一现象极为相似,因此将该模型运用到科尔沁沙地荒漠化敏感性评估中是适宜的。②MEDALUS模型框架灵活、模型参数可根据研究区自然与人文地理环境特征修订,适用于广泛的空间环境^[20],在宏观尺度上该模型的

地形坡向参数对荒漠化敏感性的影响较弱^[17,20],本研究所采用的遥感监测数据空间分辨率为 $1\text{ km}\times 1\text{ km}$,故未加入地形坡向参数,而在管理质量指数中加入土地利用类型参数。③科尔沁沙地土地利用类型复杂,人类活动对荒漠化影响显著^[9]。MEDALUS模型能将上述几类关键性因素融合在一起,综合评价科尔沁沙地荒漠化风险,为以后有针对性、深层次地治理科尔沁沙地荒漠化提供科学依据。

1 研究区域

科尔沁沙地位于中国东北平原的西部、内蒙古自治区的东南部($41^{\circ}41'N-46^{\circ}05'N, 117^{\circ}49'E-123^{\circ}42'E$)^[22],为中国四大沙地之一,涉及18个县(市、旗)^[23],总面积约 12.29万 km^2 ^[24]。科尔沁沙地主体位于半干旱区,年平均气温约 5.5°C ,年降水量 $300\sim 400\text{ mm}$,集中在6—8月^[24-26]。地貌类型为固定沙丘、半固定沙丘、半流动沙丘和流动沙丘,且农牧交错区较多^[24];地势西高东低,海拔多在 360 m 左右^[10],主要河流有乌尔吉木伦河、老哈河和西辽河^[27]。本文在以科尔沁沙地为基础的前提下将科尔沁沙地涉及到的行政区全部纳入研究范围,共20个县(市、旗),总面积约 14.77万 km^2 ,研究区域概况如图1所示。

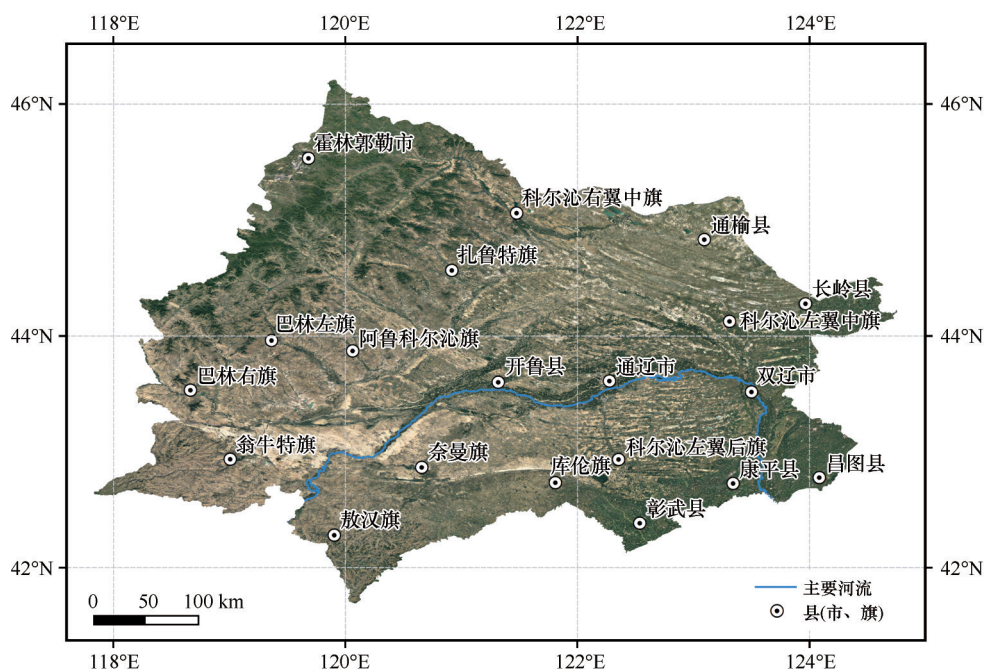


图1 研究区概况

Fig.1 Overview of the study area

2 研究方法

2.1 数据来源

本文所采用的数据包括土壤质地数据、土壤有机质含量数据、DEM坡度产品、植被覆盖率产品、土地利用分类数据、蒸散发数据、气温和降水数据、人口分布数据,数据详情如表 1 所列。

2.2 方法流程

MEDALUS 模型是将土壤、气候、植被与管理 4 个主要因素叠加融合成荒漠化风险综合指标^[17],其中的每个因素都有相应的指数衡量,每一个指数又由多个影响参数计算得来,最终将四大因素按其权重通过 ArcGIS 栅格计算器叠加计算,生成荒漠

化敏感指数图。土壤质量指数、植被质量指数、气候质量指数和管理质量指数越高的区域对应的荒漠化敏感指数越低;反之,对应的荒漠化敏感指数越高^[18]。本文所采用的 11 个参数均满足 MEDALUS 多时间分析的数据可用性^[20],对于不同空间分辨率的数据源,本文采用 ArcGIS 最邻近法重采样到 1 km 的空间分辨率。而对于不同时间分辨率的数据源,地形坡度、土壤质地、土壤有机质含量采用从 1990 年持续更新至 2018 年的数据,DEM 数据采用 2008 年数据,这 4 项指标是短时间内比较稳定的;为防止一年中极端气候的影响,气温和降水数据采用 2015—2017 年的均值;其余数据皆为 2020 年数据源。参数的权重分配与指标分级参照 MEDALUS 模型的分配方法^[17-20],具体流程如图 2 所示。

表 1 科尔沁沙地土地荒漠化敏感性评估数据源
Table 1 Data sources of land desertification sensitivity assessment in Horqin Sandy Land

数据	时间	空间分辨率/m	来 源
土壤有机质含量数据、土壤质地数据	1990—2018 年	1 000	国家科技资源共享服务平台 (http://soil.geodata.cn)
DEM 数据	2008 年	90	地理空间数据云 (http://www.gscloud.cn)
土地分类数据	2020 年	30	Zenodo 数据共享平台 (https://zenodo.org/)
植被覆盖率数据	2020 年	1 000	中国科学院资源环境科学数据中心 (https://www.resdc.cn/Default.aspx)
蒸散发数据 (MODIS16A2)	2020 年	1 000	USGS (http://www.usgs.gov/)
气温和降水数据	2015—2017 年	1 000	国家青藏高原科学数据中心 (https://data.tpcd.ac.cn/)
人口分布数据	2020 年	1 000	World Pop (https://www.worldpop.org/)

2.2.1 土壤质量指数

土壤质量指数是由地形坡度、土壤质地、土壤有机质含量的栅格数据经 ArcGIS 中的栅格计算器取几何平均值后所得,如公式(1)所示。

$$SQI=(T\times S\times OM)^{1/3}\tag{1}$$

式中:SQI 为土壤质量指数;T 为土壤质地;S 为地形坡度;OM 为土壤有机质含量。所有变量都对应权值,且无量纲。

地形坡度栅格、土壤质地栅格与土壤有机质含量栅格都是将现成的数据产品经投影、镶嵌、提取、分类等基础操作后所得。参数叠加计算之前需按各自设定的分类标准进行重分类,具体分类标准与其对应的权重如表 2 所列。

2.2.2 植被质量指数

植被质量指数在干旱半干旱区的荒漠化评估中具有重要作用,较高的植被覆盖率丰富了土壤的有机物含量,降低了土壤的侵蚀^[19]。本研究通过抗

旱性、侵蚀防护和植被覆盖率 3 个重要参数,叠加计算出科尔沁沙地植被质量指数,如公式(2)所示。

$$VQI=(DR\times PE\times C)^{1/3}\tag{2}$$

式中:VQI 为植被质量指数;DR 为抗旱性;PE 为侵蚀防护;C 为植被覆盖率。所有变量均对应权值,且无量纲,具体分类标准与其对应的权重如表 3 所列。

2.2.3 气候质量指数

气候是影响土地荒漠化极为重要的因素,良好的气候有利于植被生长,丰富土壤活性;反之,长期的高温、干旱会导致植被的生长功能障碍,增加区域的荒漠化风险^[28]。本研究的气候质量指数由气温、降水量和蒸散发 3 个指标来衡量,如公式(3)所示。

$$CQI=(TE\times R\times ETP)^{1/3}\tag{3}$$

式中:CQI 为气候质量指数;TE 为气温;R 为降水量;ETP 为蒸散发。所有变量均对应权值,且无量纲。

气温与降水的原始数据为 NetCDF 格式的三维

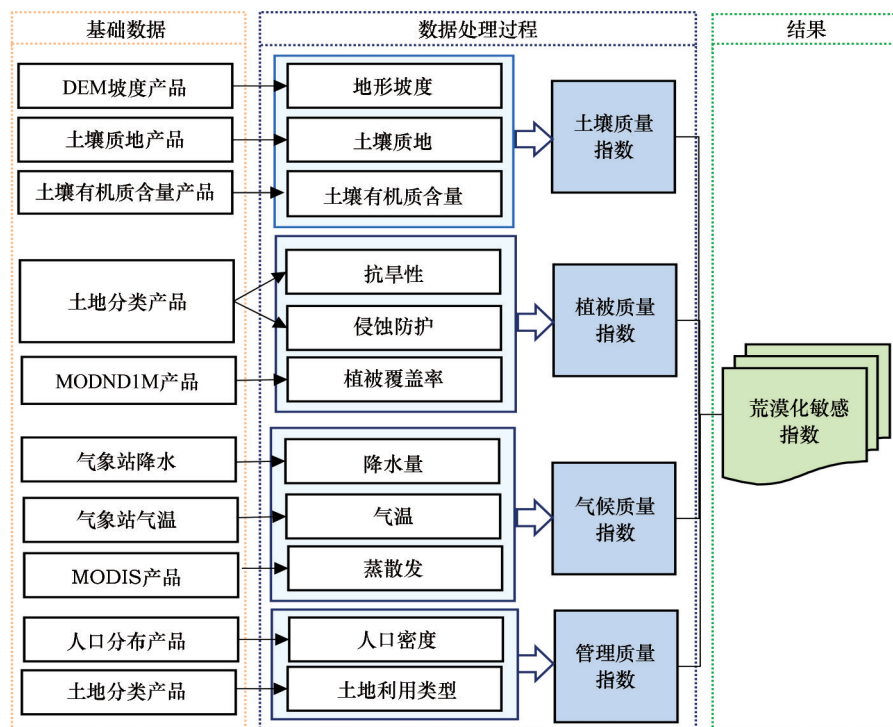


图2 科尔沁沙地荒漠化敏感性评估流程

Fig.2 Workflow for methodology of desertification risk assessment in Horqin Sandy Land

表2 土壤质量指标的分类及其相应权重
Table 2 Classes and corresponding weights
of soil sub-indexes

指标	类型	描述	权重
地形坡度 <i>S</i>	非常平缓	坡度<5%	1.0
	平缓	坡度 5%~15%	1.2
	陡峭	坡度 15%~30%	1.5
	非常陡峭	坡度>35%	2.0
土壤质地 <i>T</i>	优	土壤类型 L, SCL, SL, LS, CL	1.0
	中等	土壤类型 SC, SiL, SiCL	1.2
	差	土壤类型 Si, C, SiC	1.6
	极差	土壤类型 S	2.0
土壤有机质 含量 <i>OM</i>	优	有机质含量>3%	1.0
	中等	有机质含量 2%~3%	1.2
	差	有机质含量 1%~2%	1.6
	极差	有机质含量<1%	2.0

L:壤土, SCL:粉质黏壤土, SL:砂质壤土, LS:壤质砂土, CL:黏壤土, SC:砂质黏土, SiL:粉壤土, SiCL:粉质黏壤土, Si:粉土, C:黏土, SiC:粉质黏土, S:砂土。

科学数据,使用 ArcGIS 中的多维工具箱与模型构建器批量处理后,再根据其相应的权重进行重分类;蒸散发栅格数据则是由 MODIS 产品处理得来,具

表3 植被质量指标的分类及其相应权重
Table 3 Classes and corresponding weights of
vegetation sub-indexes

指标	分级	描述	权重
侵蚀防护 <i>PE</i>	高	茂密开阔的森林(草本、灌木乔木层)	1.0
	中等	永久的草地	1.3
	低	农作物、一年生草原	1.6
	极低	裸地	2.0
抗旱性 <i>DR</i>	高	茂密开阔的森林(草本、灌木乔木层)	1.0
	中等	永久的草地	1.3
	低	农作物、一年生草原	1.6
	极低	裸地	2.0
植被覆盖率 <i>C</i>	高	植被盖度>35%	1.0
	中等	植被盖度 10%~35%	1.5
	低	植被盖度<10%	2.0

体分类标准与其对应的权重如表4所列。

2.2.4 管理质量指数

人类活动对荒漠化程度的影响显著,大规模的砍伐、无止境的放牧、不当的管理等均会导致植被减少、环境恶化。人类经济与生活质量的提高绝不能建立在给自然生态系统带来危害的基础上^[9]。本研究从人口密度与土地利用类型两方面对管理质

表 4 气候质量指标的分类及其相应权重

Table 4 Classes and corresponding weights of climate sub-indexes

指标	分级	描述	权重
降水量 <i>R</i>	高	>500 mm	1.0
	中等	450~500 mm	1.5
	低	<450 mm	2.0
气温 <i>TE</i>	低	日均气温<4 ℃	1.0
	中等	日均气温 4~7 ℃	1.5
	高	日均气温>7 ℃	2.0
蒸散发 <i>ETP</i>	低	<1 500 mm	1.0
	中等	1 500~2 000 mm	1.5
	高	>2 000 mm	2.0

量指数进行评估,如公式(4)所示。

$$MQI=(PD\times LU)^{1/2}\tag{4}$$

式中:*MQI*为管理质量指数;*PD*为人口密度;*LU*为土地利用类型。所有的变量均对应权值,且无量纲。

人口密度栅格数据是由现成的产品经 ArcGIS 基础操作后获得;土地利用类型栅格数据则是按照合理的分类标准,对高精度产品重分类后获取,具体分类标准与其相应的权重如表 5 所列。

表 5 管理质量指标的分类及其相应权重

Table 5 Classes and corresponding weights of management sub-index

指标	分级	描述	权重
人口密度 <i>PD</i>	低	密度<50 人·km ⁻²	1.0
	中等	密度 50~100 人·km ⁻²	1.3
	高	密度 100~500 人·km ⁻²	1.6
	极高	密度>500 人·km ⁻²	2.0
土地利用类型 <i>LU</i>	优	大量植被覆盖区	1.0
	良	稀疏植被、农田、湿地	1.5
	差	牧草区、裸地	2.0

2.2.5 荒漠化敏感指数

荒漠化敏感指数是基于 ArcGIS 对土壤质量指数、植被质量指数、气候质量指数和管理质量指数取几何平均值而得,如公式(5)所示,其分类标准与模型评价结果如表 6 所列。

$$DSI=(SQI\times VQI\times CQI\times MQI)^{1/4}\tag{5}$$

式中:*DSI*为荒漠化敏感指数;*SQI*为土壤质量指数;*VQI*为植被质量指数;*CQI*为气候质量指数;

表 6 科尔沁沙地 MEDALUS 模型评价结果

Table 6 Evaluated indexes of MEDALUS model in Horqin Sandy Land

指标	取值范围	分级	面积/km ²	占比/%
土壤质量指数 <i>SQI</i>	1.00~1.25	高	101 273.93	68.59
	1.25~1.45	中等	46 376.05	31.41
	1.45~2.00	低	0.00	0.00
植被质量指数 <i>VQI</i>	1.00~1.26	高	67 315.33	45.60
	1.26~1.58	中等	74 079.41	50.16
	1.58~2.00	低	6 255.24	4.24
气候质量指数 <i>CQI</i>	1.00~1.26	高	14 552.48	9.86
	1.26~1.58	中等	55 171.39	37.36
	1.58~2.00	低	77 926.11	52.78
管理质量指数 <i>MQI</i>	1.00~1.41	高	1 037.89	0.70
	1.41~1.73	中等	65 634.91	44.46
	1.73~2.00	低	80 977.18	54.84
荒漠化敏感 指数 <i>DSI</i>	1.48~2.00	极高	2 986.60	2.02
	1.35~1.48	高	6 678.00	4.52
	1.22~1.35	中等	89 633.18	60.71
	1.00~1.22	低	48 352.20	32.75

*MQI*为管理质量指数。所有的变量均对应权值,且无量纲。

3 结果与分析

3.1 土壤质量指数

科尔沁沙地并未存在土壤质量极低的区域,土壤质量中等的区域主要位于研究区的中南部和东北部,以翁牛特旗的东部、奈曼旗的西北部、库伦旗的中部和北部、科尔沁左翼后旗、科尔沁右翼中旗的东南部、通榆县、科尔沁左翼中旗的东北部、长岭县的西北部为主,面积 46 376.05 km²,约占研究区的 31.41%(图 3)。在土壤质量指数的影响因素中,土壤有机质含量起主导作用,土壤质地与地形坡度属于“弱因素”。

3.2 植被质量指数

科尔沁沙地植被质量指数低的区域以翁牛特旗的东北部、库伦旗的中部、霍林郭勒市的周边为主,面积 6 255.24 km²,占研究区总面积的 4.24%;植被质量指数高的区域主要分布在科尔沁沙地的西北部,面积 67 315.33 km²,占研究区总面积的

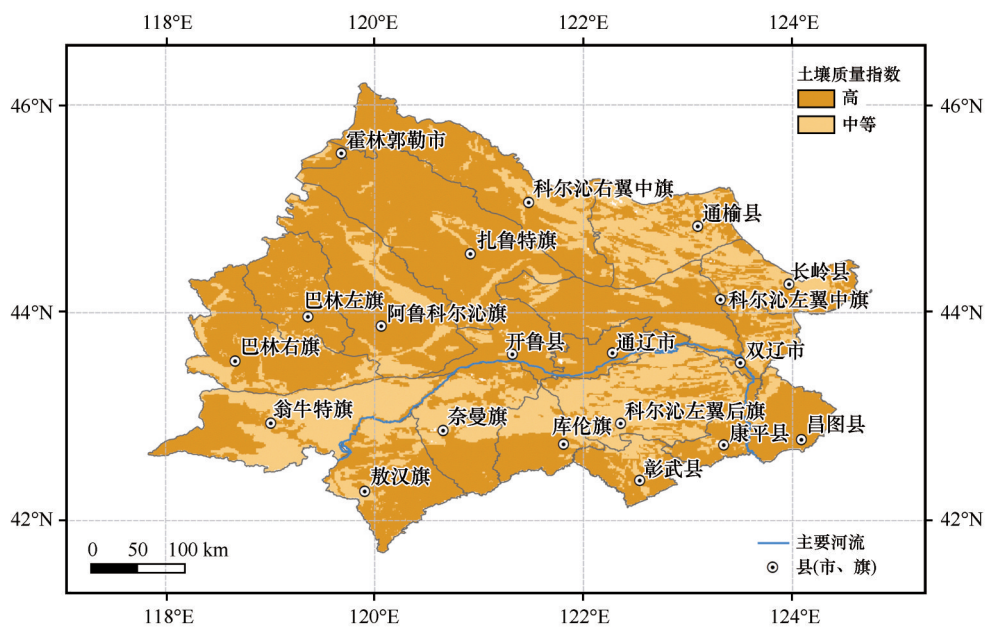


图3 科尔沁沙地土壤质量指数

Fig.3 Soil Quality Index of Horqin Sandy Land

45.60%(图4)。在植被质量指数的驱动因素中,抗旱性、侵蚀防护与植被覆盖率皆为“强因素”,这

3个指标在植被质量评估中都具有至关重要的作用。

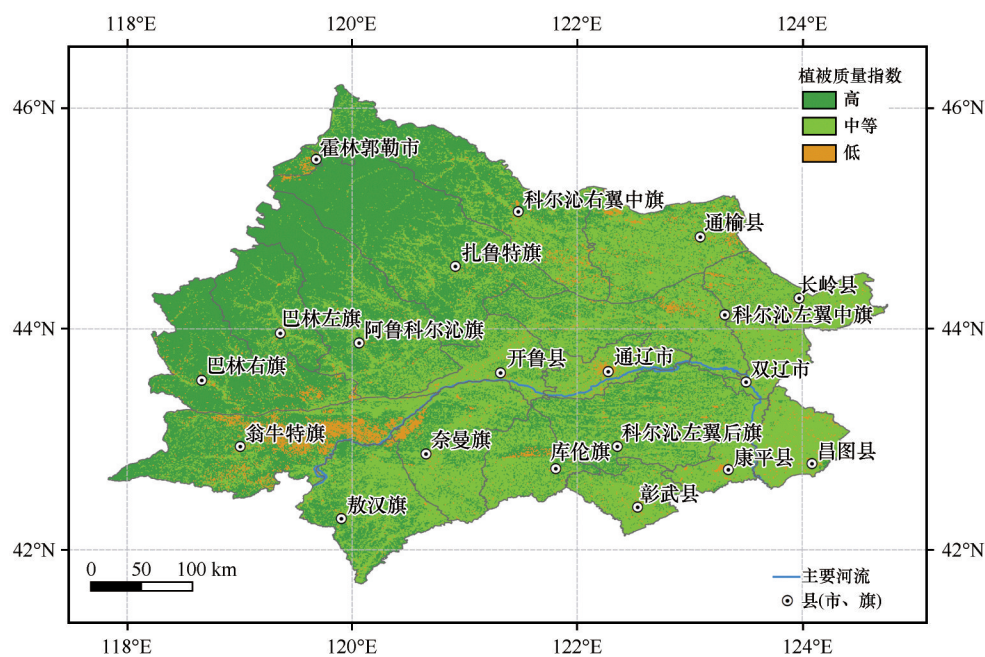


图4 科尔沁沙地植被质量指数

Fig.4 Vegetation Quality Index of Horqin Sandy Land

3.3 气候质量指数

科尔沁沙地气候质量指数低的区域主要位于科尔沁沙地的中部、东北部和西南部,面积77 926.11 km²,占研究区总面积的52.78%;气候质量指数高的地区主要分布在科尔沁沙地的北部、东部和东南部,以

昌图县、长岭县东部、扎鲁特旗和阿鲁科尔沁旗北部为主,面积14 552.48 km²,占研究区总面积的9.86%(图5)。在气候质量指数的影响因素中,降水量属于“弱因素”,气温与蒸散发的影响相对较强,同时荒漠化可能还受气温、降水与蒸发的协同作用。

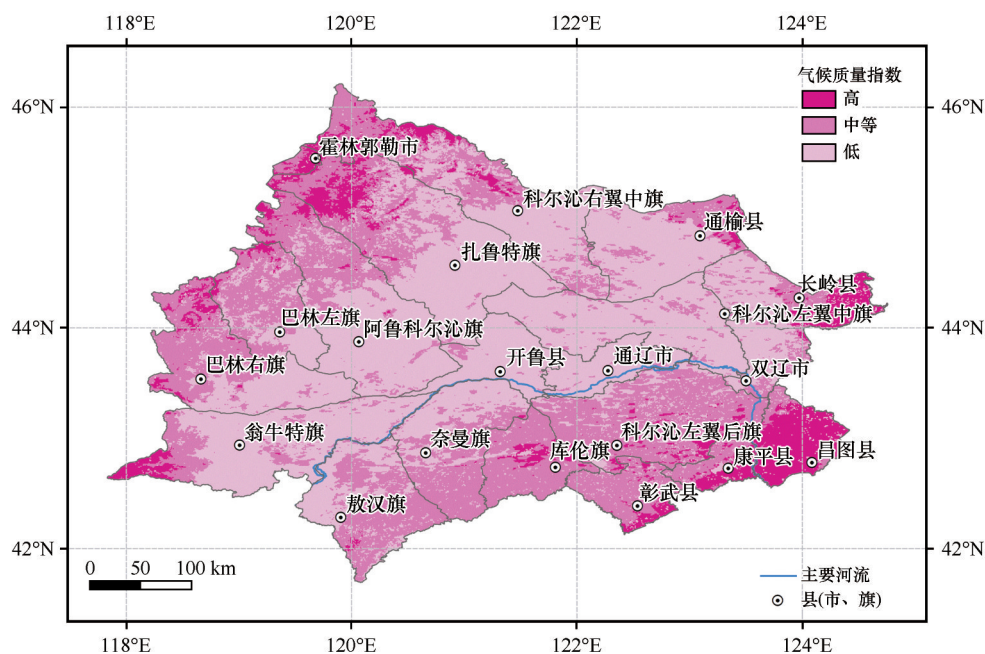


图5 科尔沁沙地气候质量指数

Fig.5 Climate Quality Index of Horqin Sandy Land

3.4 管理质量指数

科尔沁沙地管理质量指数低的区域主要位于通辽市与霍林郭勒市周边,面积 $1\,037.89\text{ km}^2$,占研究区总面积的 0.70% ,导致该区域管理质量指数低的原因是通辽市与霍林郭勒市的人口较为密集,大面积土地开发,部分林草地变成了耕地,季节性降低了植被覆盖;管理质量指数高的区域面积为 $80\,977.18\text{ km}^2$,占研究区域总面积的 54.84% (图6)。

3.5 荒漠化敏感指数

科尔沁沙地荒漠化敏感指数低的区域面积 $48\,352.20\text{ km}^2$,占研究区的 32.75% ,以科尔沁沙地西北部的林区和敖汉旗南部、奈曼旗南部和库伦旗南部为主;荒漠化敏感指数中等的区域面积 $89\,633.18\text{ km}^2$,占研究区总面积的 60.71% ,主要分布在科尔沁沙地的中部、东部和东南地带(图7)。

荒漠化敏感指数极高的区域面积 $2\,986.60\text{ km}^2$,占研究区总面积的 2.02% ,集中在科尔沁沙地的腹地老哈河的两侧,以翁牛特旗中东部、奈曼旗西北部和库伦旗的中部为主。此外,科尔沁左翼中旗和双辽市的东部也零星出现了荒漠化敏感性极高的现象(图7)。总体来看,荒漠化敏感性极高的区域多为无人区,且大部分区域已经出现明显的沙化现象,其地貌类型也多以固定沙丘、半固定沙丘、半流动沙丘和流动沙丘为主^[24]。

荒漠化敏感指数高的区域面积 $6\,678.00\text{ km}^2$,占研究区总面积的 4.52% ,集中在科尔沁左翼中旗、双辽市、彰武县和通辽市的周边区域。霍林郭勒市、康平县和昌图县的西北部也零星地出现了荒漠化敏感性高的区域(图7)。与前人的评估结果相比^[13,15],通辽市周边、长岭县西北部、科尔沁左翼中旗、双辽市、彰武县北部等部分地区的荒漠化风险有所增加。

3.6 荒漠化驱动力分析

为了深层挖掘科尔沁沙地荒漠化敏感性的主要驱动力,本文在研究区内随机选取 $4\,617$ 个样本点,并将其按照荒漠化敏感性低、中等、高、极高的类别分成4组,进行主成分分析。根据降维后的成分占总成分方差的百分比,按照大小排序,并提取3个主成分,结果显示:3个主成解释释了总方差的 61.9% ;并且,同类样本点显现出极强的聚类现象,除个别异常值外,样本点的聚类结果与荒漠化敏感性指数的划分结果高度吻合(图8),上述结果表明,主成分分析的结果可以解释科尔沁沙地的荒漠化风险评估的驱动力。

为了更直观地分析影响科尔沁沙地荒漠化敏感性的驱动力,笔者考虑主成分1和主成分2,将 SDI 、 SQI 、 VQI 、 CQI 、 MQI 作为辅助变量,制作主成分分析载荷图(图9)。从图中可以看出, SQI 对荒漠化敏感性的影响要高于 VQI 、 CQI 和 MQI 。因此在

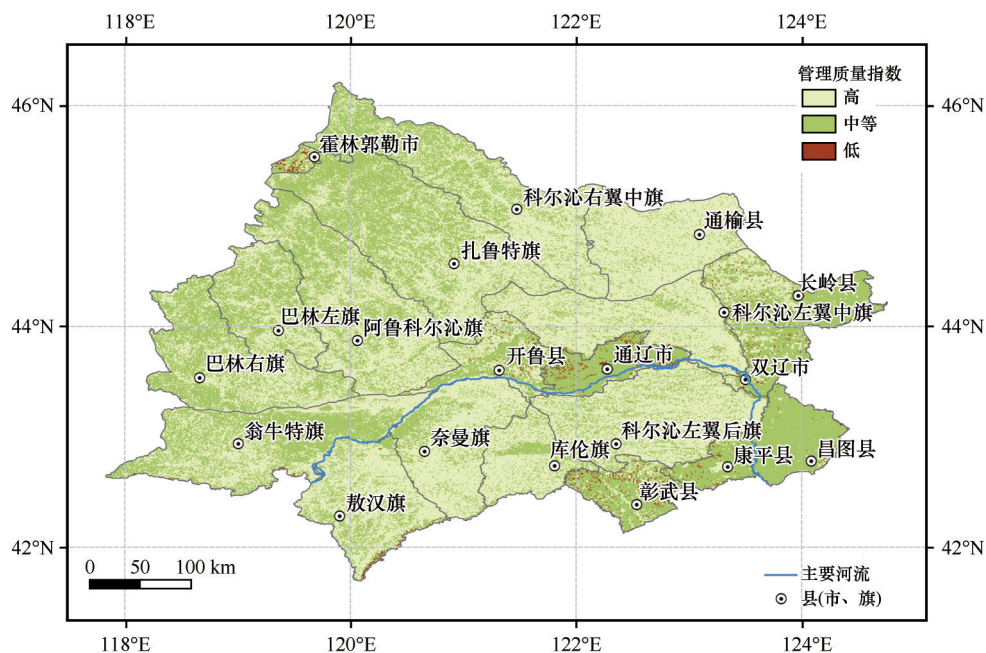


图6 科尔沁沙地管理质量指数

Fig.6 Management Quality Index of Horqin Sandy Land

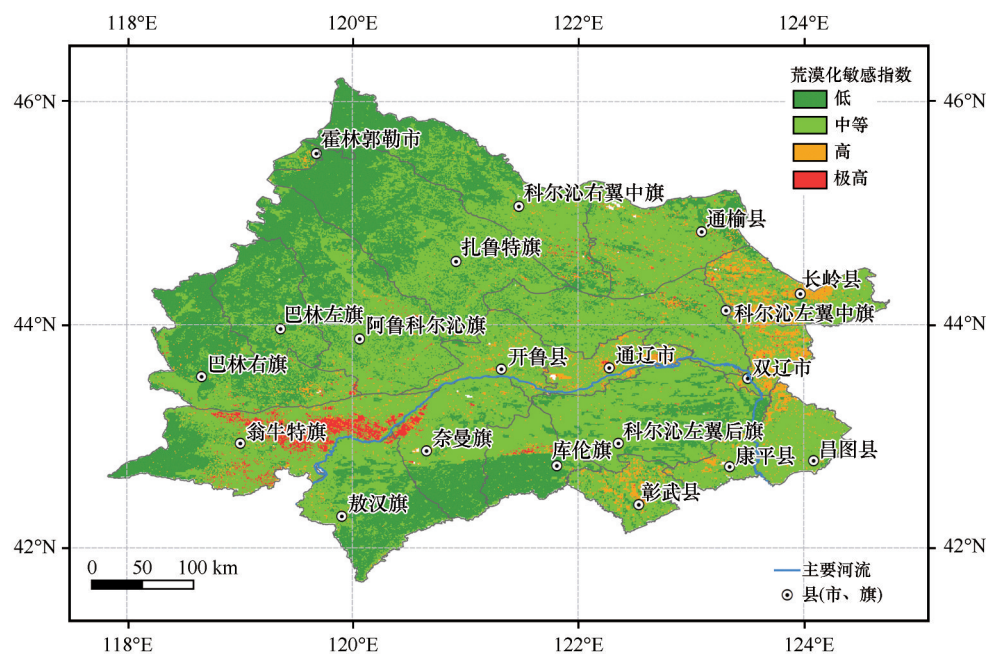


图7 科尔沁沙地荒漠化敏感性指数

Fig.7 Desertification sensitivity index map of Horqin Sandy Land

科尔沁沙地的防沙治沙工程中,可以从改善土壤质量的层面入手,减轻科尔沁沙地的土地荒漠化风险。

在11个基础指标中,土地利用类型、土壤质地、人口密度、抗旱性、侵蚀防护、土壤有机质含量和气温与荒漠化敏感指数呈正相关,其中土地利用类型和人口密度与荒漠化敏感指数的相关性更大。这

在一定程度上说明,荒漠化敏感指数较高的区域,土地利用类型这一参数的权重较高,人口压力较大。科尔沁沙地地处东北平原向内蒙古高原的过渡地带,是北方农牧交错带的典型地区之一^[27],土地利用类型中有大量的草地存在,且通辽市周边、长岭县西北部、科尔沁左翼中旗、双辽市、彰武县北部等地区农牧交错带较多,居民也多以放牧为

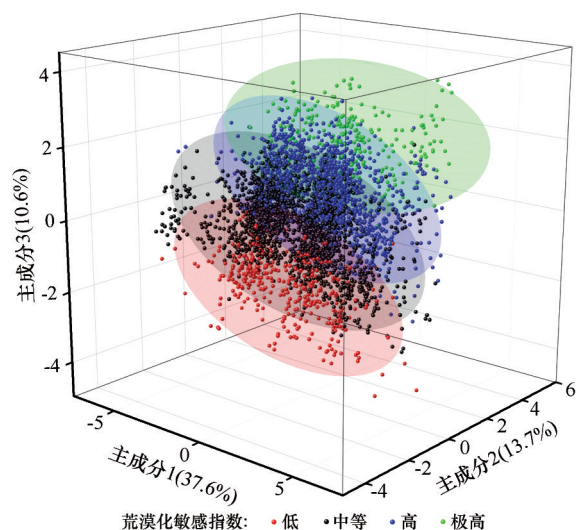


图8 主成分分析得分

Fig.8 Principal component analysis score plot

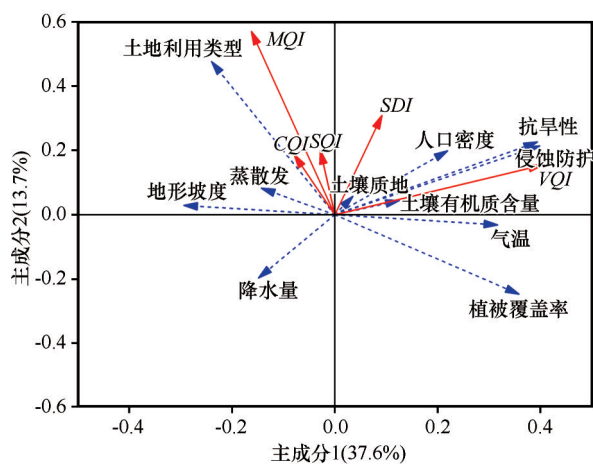


图9 主成分分析载荷

Fig.9 Principal component analysis loadings plot

生,在土地利用类型与人口压力的共同作用下,该地区荒漠化敏感性增高。针对上述情形,在科尔沁沙地的防沙治沙工程方面,政府或相关部门可以从退耕还林还草、退牧还草、改变居民生计等角度入手,从而减轻科尔沁沙地的荒漠化风险。

在11个基础指标中,地形坡度和降水量与荒漠化敏感性指数的相关性极弱。这说明在宏观尺度,地形坡度和降水量对科尔沁沙地的荒漠化敏感性影响不大,降水量和地形坡度不是导致荒漠化发展的主要因素。由于科尔沁沙地地势西高东低,西部地区有大量的森林覆盖,导致地形坡度对荒漠化敏感性影响较小;而降水量作为本研究基础指标的合理性仍需进一步验证,在今后的荒漠化敏感性评估中,可以通过恰当的方法,将降水量和蒸散发数据换算成干旱指数,用于干旱指数作为荒漠化评估的基

础指标可能更为合理。

4 讨论与结论

4.1 讨论

从评估结果来看,本研究评估出的荒漠化敏感性极高的区域与前人的研究结果高度相似。段翰晨^[13]2013年基于多源遥感数据对科尔沁沙地荒漠化监测中发现科尔沁极重度沙漠化土地主要分布在老哈河两侧的翁牛特旗中东部和奈曼旗西北部地区;王永芳等^[15]2014年对奈曼旗的荒漠化评估结果表明奈曼旗北部荒漠化风险高,南部荒漠化风险低。这说明本研究方法的适用性和评估结果的可靠性较高,也说明科尔沁沙地荒漠化风险的空间分布具有一定稳定性。

本研究仍存在一些不足:部分农牧交错区的荒漠化敏感性增高,但本文仅是通过土地利用类型评价草地在荒漠化敏感性中的影响,并未将牲畜存栏转化成畜牧压力列入影响参数中,将来可通过实地考察、统计牲畜数量等手段,定量评估放牧压力对科尔沁沙地荒漠化风险的影响;本研究评估出的荒漠化敏感指数图分辨率仅精确到1 km,是对科尔沁沙地荒漠化敏感性的宏观评价,后续可通过实地测量,加入考察后的数据,精确计算科尔沁沙地荒漠化敏感性相关的参数,进一步评价科尔沁沙地的荒漠化风险。

4.2 结论

MEDALUS模型在科尔沁沙地荒漠化敏感性评估中,是可适用的。评估出的荒漠化敏感指数极高的区域集中在科尔沁沙地的腹地老哈河的两侧,以翁牛特旗中东部、奈曼旗西北部和库伦旗的中部为主,这与2013年和2014年对科尔沁沙地的评估结果相似,说明了科尔沁沙地土地荒漠化风险的空间结构相对稳定、荒漠化风险极高的区域仍未得到有效治理与改善。

土壤质量指数对荒漠化敏感性的影响要高于植被质量指数、气候质量指数和管理质量指数。因此在科尔沁沙地的防沙治沙工程中,可以从改善土壤质量的层面入手,减轻科尔沁沙地的土地荒漠化风险。

以土地利用类型为主要驱动力,通辽市周边、长岭县西北部、科尔沁左翼中旗、双辽市、彰武县北

部等部分地区的荒漠化风险有所增加,原因在于这些地区作为北方典型的农牧交错带,土地利用类型多以草地和裸地为主。针对该情况,政府及相关部门可以从退耕还林还草、退牧还草改善当地居民生计等角度入手,采取相应的荒漠化治理措施。科尔沁沙地地势西高东低,西部地区有大量的森林覆盖的原因,宏观尺度上地形坡度对科尔沁沙地的荒漠化敏感性影响不大。

致谢:感谢中国科学院西北生态环境资源研究院王振亭研究员在论文思路和方法等诸多方面提供的帮助;感谢中国科学院西北生态环境资源研究院吴盈盈硕士研究生在数据来源与使用方面给出了一些极具价值性的建议;感谢国家科技基础条件平台-国家地球系统科学数据中心-土壤分中心(<http://soil.geodata.cn>)提供的数据支撑。

参考文献:

- [1] 贾晓红,吴波,余新晓,等.京津冀风沙源区沙化土地治理关键技术研究及示范[J].生态学报,2016,36(22):7040-7044.
- [2] 田勤科,李大林,王玉忠.河北省京津风沙源区沙化土地治理现状与对策[J].河北林业科技,2011(4):49-51.
- [3] 朱震达.中国的脆弱生态带与土地荒漠化[J].中国沙漠,1991,11(4):10-22.
- [4] 卢琦,吴波,包英爽,等.京津风沙源治理工程二期规划思路研究[M].北京:中国林业出版社,2013.
- [5] 吴波,李晓松,刘文,等.京津风沙源工程区沙漠化防治区划与治理对策研究[J].林业科学,2006,42(10):65-70.
- [6] 荒漠生态系统服务功能监测与评估技术研究项目组.荒漠生态系统功能评估与服务价值研究[M].北京:科学出版社,2014.
- [7] 刘硕,李品,冯兆忠.京津冀防风固沙植被生态修复研究进展与对策[J].生态学杂志,2019,38(1):267-274.
- [8] 王涛.中国防沙治沙实践与沙漠科学发展的70年:1.初创篇[J].中国沙漠,2022,42(1):1-4.
- [9] 张佳华,王长耀.人类活动影响下科尔沁沙地荒漠化动态的敏感性分析及灰色预测[J].应用生态学报,1999,10(2):163-166.
- [10] 常学礼,鲁春霞,高玉葆,等.科尔沁沙地流动沙丘斑块动态与荒漠化关系[J].自然灾害学报,2003,12(3):54-60.
- [11] 吕朋,左小安,张婧,等.放牧强度对科尔沁沙地沙质草地植被的影响[J].中国沙漠,2016,36(1):34-39.
- [12] 王涛,吴薇,赵哈林,等.科尔沁地区现代沙漠化过程的驱动因素分析[J].中国沙漠,2004,24(5):519-528.
- [13] 段翰晨.基于多源遥感数据的科尔沁沙地荒漠化遥感监测[D].兰州:中国科学院寒区旱区环境与工程研究所,2013.
- [14] 李金亚.科尔沁沙地草原沙化时空变化特征遥感监测及驱动力分析[M].北京:中国农业科学院,2014.
- [15] 王永芳,张继权,张琪,等.科尔沁沙地沙漠化灾害风险评价[C]//中国灾害防御协会风险分析专业委员会第六届年会论文集.呼和浩特:内蒙古师范大学,2014:480-485.
- [16] Kosmas C, Ferrara A, Briassouli H, et al. Methodology for Mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to Desertification[M]. Luxembourg: European Communities, 1999.
- [17] Hicham L, Hassan R, Atika H, et al. Desertification assessment using MEDALUS model in Watershed Oued El Maleh, Morocco[J]. Geoscience, 2017, 7(50):1-16.
- [18] Atman A L, Biswajeet P, Hafid S, et al. Desertification sensitivity analysis using MEDALUS Model and GIS: a case study of the Oases of Middle Draa Valley, Morocco[J]. Sensors, 2018, 18:1-19.
- [19] Fouzia B, AHCÈNE S. Assessment and mapping of desertification sensitivity with MEDALUS model and GIS-case study: basin of Hodna, Algeria[J]. Journal of Water and Land Development, 2018, 36(1):17-26.
- [20] Agostino F, Constantinos K, Luca S, et al. Environmentally sensitive areas to Land Degradation and Desertification (LDD) at the global level: updating the MEDALUS-ESA framework for worldwide LDD assessment[J]. Land Degradation & Development, 2020, 30(12):1593-1607.
- [21] 渠翠平,关德新,王安志,等.近56年来科尔沁沙地气候变化特征[J].生态学报,2009,28(11):2326-2332.
- [22] 王蕾,哈斯.科尔沁沙地荒漠化研究进展[J].自然灾害学报,2004,13(4):8-14.
- [23] 赵珍珍.基于多源数据的科尔沁沙地生态环境变化研究[D].武汉:武汉大学,2017.
- [24] 常学礼,郭建国.科尔沁沙地景观格局特征分析[J].生态学报,1998,18(3):225-232.
- [25] 张亦然,刘廷玺,董新,等.基于多源遥感和机器学习方法的科尔沁沙地植被覆盖度反演[J].中国沙漠,2022,42(3):187-195.
- [26] 李天琦,林志玲,卢轩,等.灌溉量对科尔沁沙地紫花苜蓿土壤速效养分分布及淋失的影响[J].草地学报,2021,29(7):1454-1461.
- [27] 金海珍,于德永,郝蕊芳,等.科尔沁沙地关键生态系统服务的约束关系分析[J].生态学报,2021,41(18):7249-7259.
- [28] 陈雪萍,赵学勇,王瑞雄,等.气候变化与土地利用/覆被变化对中国北方农牧交错带水资源影响研究进展[J].中国沙漠,2022,42(3):170-177.

Desertification sensitivity assessment in Horqin Sandy Land

Ren Yu¹, Zhang Bo¹, Chen Xidong²

(1. College of Geography and Environmental Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China; 2. College of Surveying and Geo-Informatics, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou 450045, China)

Abstract: Horqin Sandy Land is one of the four sandy lands in China. It is also an important part of the sand-storm source in Beijing-Tianjin-Hebei. The intensification of desertification directly affects the climate environment in Beijing-Tianjin-Hebei. Based on the MEDALUS model, remote sensing and geographic information system technology are used to evaluate the desertification risk of Horqin Sandy Land. The desertification sensitivity index map of Horqin Sandy Land was constructed using soil quality, vegetation quality, climate quality and management quality indices. The results showed that the area with extremely high desertification sensitivity in Horqin Sandy Land was about 2 986.60 km², accounting for 2.02% of the total area of the study area. The area with high desertification sensitivity was about 6 678.00 km², accounting for 4.52%; The middle area was about 89 633.18 km², accounting for 60.71%; The low area was about 48 352.20 km², accounting for 32.75%. The result showed: (1) MEDALUS model is applicable in the evaluation of desertification sensitivity of Horqin Sandy Land. The assessed areas with extremely high desertification sensitivity index are concentrated in the hinterland of Horqin Sandy Land, both sides of Laoha River, the central and eastern part of Wengniute Banner, northwest of Naiman Banner and the middle part of Kulun Banner. (2) The influence of soil quality index on desertification sensitivity is higher than that of vegetation quality index, climate quality index, and management quality index. Therefore, improving the soil quality is likely to be an effect way to reduce the risk of land desertification in Horqin Sandy Land. (3) With the land use type as the main driving force, the desertification risk has increased in Tongliao City, northwest of Changling County, Horqin Left-wing Middle Banner, Shuangliao city and northern Zhangwu County. In addition, slope has little effect on desertification sensitivity in Horqin Sandy Land.

Key words: Horqin Sandy Land; land desertification; MEDALUS; GIS; quality index; sensitive index