

Evaluation of Eco-environmental Sensitivity in Xilingol Grassland

Meili¹, Yinshan^{1,2,*}, Duwala³, Yuhai Bao^{1,2}, Yushan²

¹ College of Geographical Sciences, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China;

² Remote Sensing and Information Key Laboratory, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China;

³ Inner Mongolia Ecological and Agricultural Meteorological Center, Hohhot 010051, China

锡林郭勒草原生态环境敏感性评价

美丽¹, 银山^{1,2,*}, 都瓦拉³, 包玉海^{1,2}, 玉山²

¹内蒙古师范大学 地理科学学院, 内蒙古呼和浩特 010022;

²内蒙古师范大学 内蒙古自治区遥感与地理信息重点实验室, 内蒙古呼和浩特 010022;

³内蒙古自治区生态与农业气象中心, 内蒙古呼和浩特 010051;

Abstract

This paper selected the soil erosion, land desertization, bio-inhabitation as sensitive factor to research eco-environmental sensitivity spatial distribution characteristics of the Xilingol Grassland. (1)slight sensitivity is the main level of soil erosion sensitivity, which mainly distributes in the flat terrain of the plain area. Moderately sensitive area is distributed in mountainous and hilly areas.(2)In-sensitive and slight sensitive areas of desertification accounted for 0.004% and 3.186% of the total area, respectively, and the proportion of moderately sensitive area was 46.533%, and highly sensitive area mainly distributed in the Hunshandake sandy land, where vegetation relatively sparse, and sand is the main soil type, and the sandstorm weather often happened. Sonid right and Sonid left banner is extreme sensitive area.(3)Bio-inhabitation sensitive level has a downward trend from southeast to northwest, highly sensitive areas distributed in the mountainous areas with high vegetation coverage and abundant rainfall. (4)Eco-environmental sensitive index is between 1.50935-5.57577 in Xilingol grassland, where the main sensitivity type is slight sensitivity,

moderately sensitive areas distributed in Sonid right banner, Sonid left banner, Boarder Yellow banner, Abagaqi, west ujimqin and Xilinhot.

Keywords: Eco-environmental sensitivity; Soil erosion; Land desertization; Bio-inhabitation;

摘要

本文选取土壤侵蚀、土地沙漠化、生境3个敏感性因子针对锡林郭勒草原生态敏感性空间分布特征进行研究。(1)土壤侵蚀敏感性以轻度敏感为主,分布在地形平缓的平原区。中度敏感区分布在低山丘陵区。(2)土地沙漠化的不敏感、轻度敏感区占总面积的0.004%和3.186%,中度敏感区比例为46.533%,高度敏感区在植被相对稀疏、沙质土壤为主、风沙天气较多的浑善达克沙地区域。极敏感区在苏尼特右旗和苏尼特左旗。(3)生境敏感性等级自东南向西北呈下降趋势,高度敏感区在植被覆盖度高,降雨丰富的山地区域。(4)锡林郭勒草原的生态环境敏感性指数在1.50935-5.57577之间,锡林郭勒草原以轻度敏感为主,中度敏感区主要分布在苏尼特左旗、苏尼特右旗、镶黄旗、阿巴嘎旗、西乌珠穆沁旗和锡林浩特市。

关键词: 生态环境敏感性; 土壤侵蚀; 土地沙漠化; 生境;

生态环境敏感性是指生态系统受人类活动影响的敏感程度,用来反映产生生态生

*通讯作者: 银山, yinshan@imnu.edu.cn.

衡与生态环境问题的可能性大小^[1]。生态环境敏感性评价中敏感性高的区域,容易产生环境问题,所以是生态环境保护和恢复建设的重点^[2]。草原是我国国土和陆地生态系统的主体^[3],锡林郭勒草原含浑善达克沙地,是我国温带典型草原核心分布区^[4]。也是我国典型的生态环境脆弱和敏感地区,土壤侵蚀、土地沙漠化等问题严重^[5],对草原地区生态环境造成严重损失,因此研究草原地区的生态环境敏感性区域,对草原的生态环境保护与建设具有重要意义。

1 研究方法

1.1 研究区

锡林郭勒盟地处内蒙古自治区的中部。地处东经 115°13'-117°06'、北纬 43°02'-44°52'。属于大陆性气候,年平均气温 0-3℃,年均降雨量 295mm。植被类型以典型草原为主。

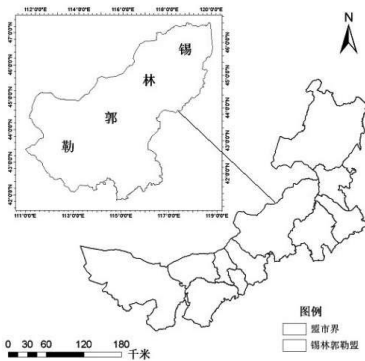


图 1 研究区示意图

Fig.1 The study area

1.2 数据来源与处理

植被数据: 本文选取 2000-2015 年的每年 4-10 月的空间分辨率为 250m, 时间分辨率为 16d 的 MODIS13Q1 植被指数产品, 首先利用 ENVI5.1 软件进行 Albers Conical Equal Area 投影转换, 然后进行最大值合成, 再运用均值法获取研究区的年平均 NDVI 值数据。

气象数据: 中国气象科学共享服务网下载获取 2000-2010 年的月降雨量、月蒸发量、日风速数据, 根据气象站点的经纬度信息对各站点数据进行处理后在 ArcGIS 的 Spatial Analyst Tools 工具 Kriging 空间插值。

高程数据: 从(<http://srtm.csi.cgiar.org/S>

ELECTION/inputCoord.asp)网下载获取 DEM 数据, 从中提取坡度、坡长。

土壤质地: 从中国 1:100 万土壤属性数据库提取, 土壤属性包括粗砂、粉砂、细沙、粘粒、有机质和土壤类型。

1.3 土壤侵蚀敏感性评价方法

按照环保总局颁布的《生态功能区划暂行规程》附件C^[6]中的土壤侵蚀敏感性评价选择指标, 降雨侵蚀力和地形起伏度采用刘会军^[7]计算方法, 土壤可蚀性因子的计算采取陈学华, 周建中等^[8]提出的计算为准。分别对单因子敏感性划分五个等级, 然后利用公式在 ArcGIS 软件的 Spatial Analyst Tools 工具进行空间叠加, 公式如下:

$$SS_i = \sqrt[4]{R_i \cdot K_i \cdot LS_i \cdot C_i}$$

式中: SS_i为i空间单元土壤侵蚀敏感性指数; 评价因子包括降雨侵蚀力(R_i)、土壤可蚀性(K_i)、地形起伏度(LS_i)、地表植被覆盖度(C_i)。

1.4 土地沙漠化敏感性评价方法

按照环保总局颁布的《生态功能区划暂行规程》附件C^[6]的土地沙漠化敏感性评价选取指标, 本文湿润指数采用陈晓琴^[9]多年平均降水量和蒸发量的比值, 起沙风天数参照张国平^[10]等提出的统计 11-5 月份中日均风速大于 6 m/s 的天数。起沙风天数和植被覆盖度的敏感性分类以刘军会^[7]等为参照。分别对单因子敏感性划分五个等级, 然后利用公式在 ArcGIS 软件的 Spatial Analyst Tools 工具进行空间叠加, 公式如下:

$$DS_j = \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 D_i}$$

式中: DS_j为j空间单元沙漠化敏感性指数; D_i为i评价因子敏感性等级值。

1.5 生态环境敏感性综合评价方法

单因子的敏感性仅反映了某一因子对生态环境的作用程度^[11], 评价因子权重采用变异系数法确定, 用各因子变异系数占因子变异系数和的比重来确定各因子的权重^[12]。利用 ArcGIS 软件进行空间叠加, 公式如下:

$$ES_i = \sum_{i=1}^3 W_i F_i$$

式中： ES_i 为综合土地生态敏感性指数； F_i 为i评价因子指数。 W_i 分别是土地沙漠化敏感性因子权重为0.26，土壤侵蚀敏感性、生境敏感性因子权重分别为0.3和0.44。

土壤侵蚀敏感性评价选择降雨侵蚀力、土壤可蚀性、地形起伏度以及植被覆盖度4个指标的分级标准如表1所示：

2 结果与分析

2.1 土壤侵蚀敏感性评价

表 1.土壤侵蚀敏感性的评价指标及分级标准

Tab.1 Index and classification standard of soil erosion sensitivity evaluation

分级	降雨侵蚀力	土壤可蚀性因子	地形起伏度 (m)	植被覆盖度	分级标准	分级赋值
不敏感	<25	<0.2	0-20	≥80%	1.0-2.0	1
轻度敏感	25-100	0.2-0.25	21-50	60-80%	2.1-4.0	3
中度敏感	100-400	0.25-0.3	51-100	40-60%	4.1-6.0	5
高度敏感	400-600	0.3-0.4	101-300	20-40%	6.1-8.0	7
极敏感	>600	>0.4	>300	≤20%	>8.0	9

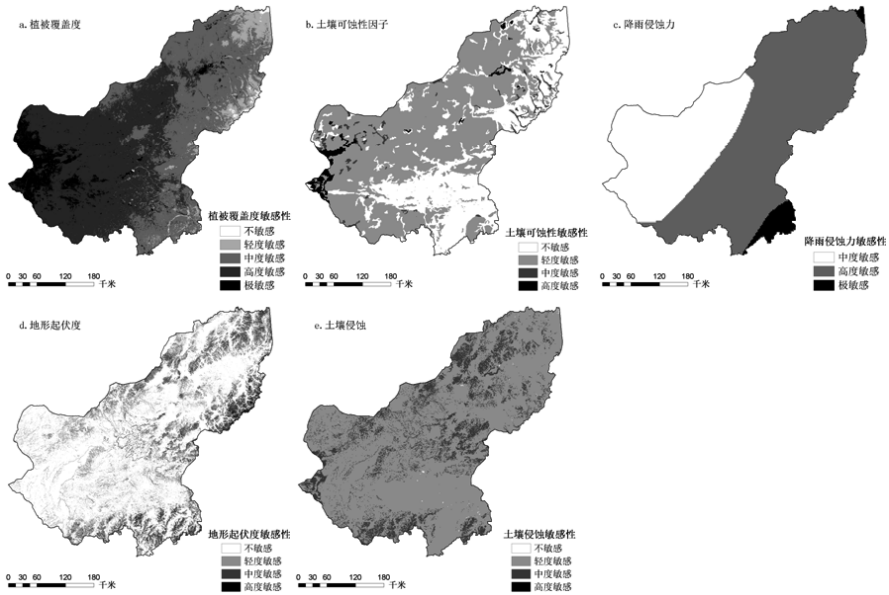


图 2.土壤侵蚀敏感性评价

Fig.2 Sensitivity evaluation of soil erosion

由图 2 可见，植被覆盖度的极敏感区位于植被覆盖度≤20%的湖泊周边的盐碱地及西北部，高度敏感区在植被覆盖度 20-40%的西部，

植被覆盖度 40-60%的东部为中度敏感，轻度敏感区在东乌珠穆沁旗和西乌珠穆沁旗，东南部的森林地区为不敏感。土壤可蚀性因子 0.3

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

-0.4 的草甸盐土、淡棕钙土分布是高度敏感区,沼泽土分布区中度敏感,轻度敏感区分布在栗钙土、棕钙土、淡栗钙土。降雨侵蚀力的中度敏感区分布在降水少的西北部,高度敏感区在年降雨量为 400-600mm 的中部,极敏感区在年降雨丰富的东部和南部。地形起伏度的高度敏感区在地形起伏明显,坡度较高的山地地区,这些地区是大兴安岭及阴山山脉向东西延伸的余脉,中度敏感区在坡度相对较低的丘陵地区,不敏感区在地形相对平缓的平原区。

从表 4 可以看出,不敏感和高度敏感区分

布较少,锡林郭勒盟的土壤侵蚀敏感性以轻度敏感(167030.437 km²)为主,占总面积的 83.479%,轻度敏感区分布最广,主要分布在地形平缓的中部平原区。中度敏感区面积为 32891.119 km²,比例为 16.438%,主要分布在降雨侵蚀力较大,地势起伏明显,坡度较高的山地丘陵区。

2.2 土地沙漠化敏感性评价

土地沙漠化敏感性评价选取湿润指数、冬春季≥6m/s 起沙风天数、土壤质地、植被覆盖度 4 个指标的分级标准如表 2 所示:

表 2.土地沙漠化敏感性评价指标分级标准

Tab.2 Index and classification standard of land desertization sensitivity evaluation

分级	湿润指数	冬春季≥6m/s起沙风天数	土壤质地	植被覆盖度	分级标准	分级赋值
不敏感	>0.65	≤5	基岩	≥80%	1.0-2.0	1
轻度敏感	0.5-0.65	5-10	黏质	60-80%	2.1-4.0	3
中度敏感	0.2-0.5	10-20	砂质	40-60%	4.1-6.0	5
高度敏感	0.05-0.2	20-30	壤质	20-40%	6.1-8.0	7
极敏感	<0.05	≥30	沙质	≤20%	>8.0	9

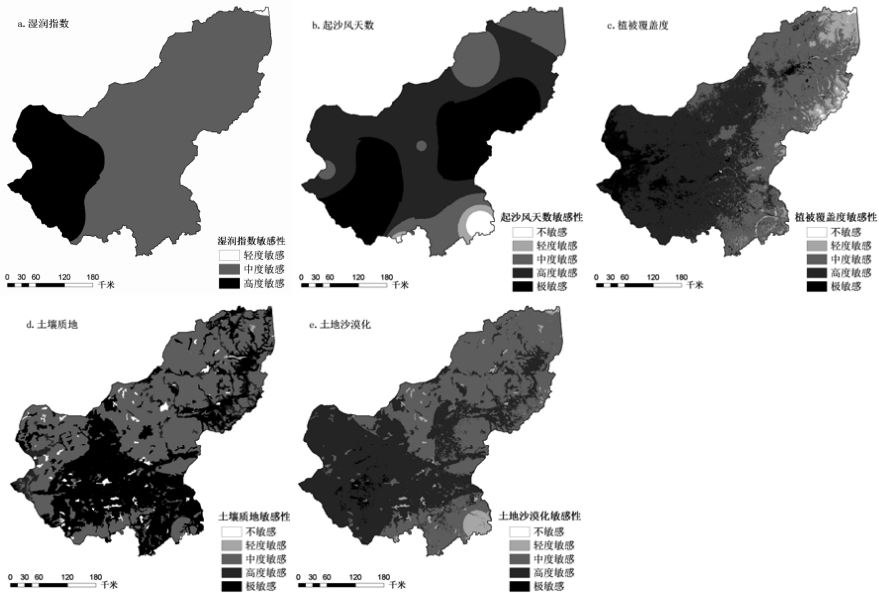


图 3.土地沙漠化敏感性评价

Fig.3 Sensitivity evaluation of land desertization

锡林郭勒草原的土地沙漠化敏感性指数在 1.96799-8.45194 之间, 从图 3 看出, 沙漠化敏感性指数较高区在沙地区域, 湖泊等地的沙漠化敏感性指数较低。不敏感、轻度敏感区分布零散, 不敏感区面积为 7.984km², 占总面积的 0.004%(表 4)。轻度敏感区面积 6385.210 km², 占总面积的 3.186%。中度敏感区分布在锡林郭勒盟的气候相对湿润, 冬春季≥6m/s起沙风天数在 10-30 天内, 土壤质地为砂质, 植被覆盖度较好的东部和西南部, 面积为 93256.207km², 占总面积的 46.533%。高度敏

感区在锡林郭勒盟的植被相对稀疏、沙质土壤为主、风沙天气较多并干燥的浑善达克沙地区域, 面积为 98798.107km², 占总面积的 49.299%。极敏感区在锡林郭勒盟的苏尼特右旗和苏尼特左旗, 面积为 1960.074km², 占总面积的 0.978%。锡林郭勒草原的土地沙漠化以高度敏感为主。

2.3 生境敏感性评价

参照刘军会^[7]对内蒙古的生态环境敏感性评价中生境敏感性选取NDVI指数进行敏感性分类, 如表 3 所示:

表 3. 生境敏感性评价指标分级标准

Tab.3 Index and classification standard of bio-inhabitation sensitivity evaluation

分级	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
NDVI 值	0-0.16	0.16-0.38	0.38-0.60	0.60-0.83	0.83-1.00
分级赋值	1	3	5	7	9

从图 4 看出, 锡林郭勒盟植被类型为草原植被, 锡林郭勒草原的生境敏感性等级自东南向西北呈逐步下降趋势, 不敏感区在锡林郭勒盟的西北部, 占总面积的 11.381%。轻度敏感区面积宽广, 占草原面积的 76.014%(表 4),

中度敏感区在锡林郭勒盟的东部和南部, NDVI 指数在 0.38-0.6 之间, 占总面积的 12.425%。高度敏感区在锡林郭勒盟的植被覆盖度高, 降水丰富的山地区域, 占总面积的 0.179%。生境敏感性以中度敏感为主。

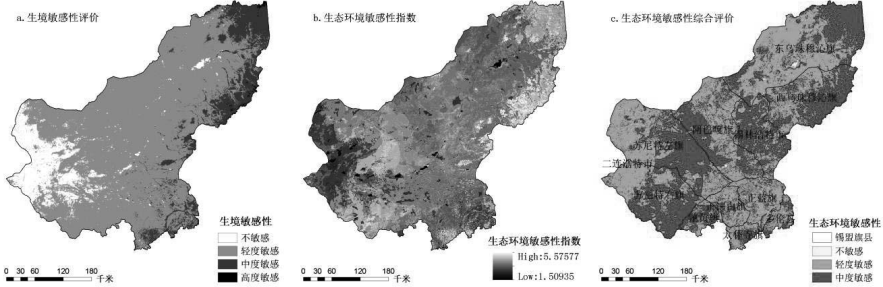


图 4. 生境敏感性评价(a)

Fig.4 Sensitivity evaluation of bio-inhabitation

图 5. 生态环境敏感性综合评价(b, c)

Fig.5 Sensitivity evaluation of eco-environmental

2.4 生态环境敏感性综合评价

锡林郭勒草原的生态环境敏感性指数在 1.50935-5.57577 之间(图 5)。从表 4 所知, 锡林郭勒草原以轻度敏感为主, 面积为 118069.383km², 占总面积的 58.922%, 主要分布在锡林郭勒草原的东乌珠穆沁旗中部、阿巴嘎旗东部、苏尼特旗西北部、正镶白旗、正蓝

旗多伦县地区。中度敏感区所占面积为 81990.560 km², 比例为 40.917%, 主要集中在苏尼特左旗、苏尼特右旗、镶黄旗、阿巴嘎旗、西乌珠穆沁旗及锡林浩特市。这些区域易受人类活动影响敏感性较高。不敏感区分布在湖泊等地, 面积为 320.936 km², 占总面积的 0.160%。

Risk Analysis and Crisis Response in Big Data Era (RAC-16)

表 4.生态环境敏感性综合评价结果

Tab.4 Sensitivity evaluation of eco-environmental results

分级	土壤侵蚀敏感性		沙漠化敏感性		生境敏感性		生态环境敏感性	
	面积(km ²)	比例	面积(km ²)	比例	面积(km ²)	比例	面积(km ²)	比例
不敏感	162.674	0.081	7.984	0.004	22904.493	11.381	320.936	0.160
轻度敏感	167030.437	83.479	6385.21	3.186	152973.776	76.014	118069.383	58.922
中度敏感	32891.119	16.438	93256.207	46.533	25004.599	12.425	81990.560	40.917
高度敏感	2.994	0.001	98798.107	49.299	360.518	0.179		
极敏感			1960.074	0.978				

3 结论

(1)锡林郭勒草原的土壤侵蚀敏感性以轻度敏感为主, 占总面积的 83.479%, 轻度敏感区分布在地形平缓的平原区。中度敏感区比例为 16.438%, 中度敏感区分布在山地丘陵区。高度敏感区面积为 2.994 km²。

(2)沙漠化敏感性指数较高分布在沙地区域, 湖泊等地的沙漠化敏感性指数较低。不敏感、轻度敏感区占总面积的 0.004%和 3.186%。中度敏感区占总面积的 46.533%。高度敏感区分布在植被相对稀疏、沙质、风沙天气较多的浑善达克沙地区域, 占总面积的 49.299%。极敏感区在锡林郭勒盟的苏尼特右旗和苏尼特左旗。

(3)锡林郭勒草原的生境敏感性等级自东南向西北呈下降趋势, 不敏感区在锡林郭勒盟的西北部, 轻度敏感区占草原面积的 76.014%, 中度敏感区在锡林郭勒盟的东南部。高度敏感区在锡林郭勒草原的植被覆盖度高, 降雨丰富的山地区域, 占总面积的 0.179%。

(4)生态环境敏感性指数在 1.50935-5.57577 之间, 锡林郭勒草原以轻度敏感为主, 中度敏感区占总面积的 0.160%, 主要分布在苏尼特左旗、苏尼特右旗、镶黄旗、阿巴嘎旗、西乌珠穆沁旗和锡林浩特市。

Acknowledgements

This study was supported by Natural Science Foundation of Inner Mongolia Autonomous Region(No.2013ZD08), Inner Mongolia Normal University major project to cultivate special project (No.2013ZDPY04), National "Twelfth Five Year" Plan Project for Science and Technology Support(No.2013BAK05B01) and Natural Science Foundation of China

(No.41161060)。

致谢

本研究得到了资助项目: 内蒙古自然科学基金(2013ZD08)、内蒙古师范大学科研基金重大培育项目(2013ZDPY04)、国家“十二五”科技支撑计划项目(2013BAK05B01)和国家自然科学基金(41461102)共同资助。

参考文献

- [1]李淑芳,马俊杰,唐升义,杨磊等.基于 GIS 的宝鸡市土地生态环境敏感性评价.水土保持学报,2009,29(4):201-204.
- [2]李东梅,吴晓青,于德永,高正文,吴钢等.云南省生态环境敏感性评价.生态学报,2008,28(11):523-527.
- [3]X.H. Li, W.J. Wu, D.D Lv, C. H. Zhang. Research on Risk Assessment and Regionalization of Forest and Grassland Fires. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2012,2(1):69-77.
- [4]李彰俊,郝璐,李兴华.积雪覆盖度对沙尘暴影响分析.中国沙漠,2008,28(2):338-343.
- [5]马清霞,王星晨,高志国等.锡林郭勒草原荒漠化气候因素分析.北方环境,2011,23(12):31-34.
- [6]中国科学院.生态功能区划暂行规程. <http://www.Chinaenvironment.com>.
- [7]刘军会,高吉喜,马 苏,王文杰,邹长新等.内蒙古生态环境敏感性综合评价.中国环境科学,2015,35(2):591-598.
- [8]陈学华,周建中.基于 GIS 和 RS 的四川省彭州市土壤侵蚀敏感性评价.山地学报,2011,29(6):707-712.
- [9]陈晓琴,张娟,王静慧,冯永盛,祁永发等.青海湖流域土地沙漠化敏感性评价研究.群文天

地,2012(3):94-96

- [10] 张国平,张增祥,刘纪远等.中国土壤风力侵蚀空间格局及驱动因子分析.地理学报,2001,56(2):146-158.
- [11] 李君轶,吴晋峰,薛亮,陈晓军等.基于GIS的陕西省土地生态环境敏感性评价研究.干旱地区农业研究,2007,25(4):20-29.
- [12] 吴金华,李纪伟,朱鸿儒等.基于 ArcGIS 区统计的延安市土地生态敏感性评价.自然资源学报,2011,26(7):1181-1186.