

中国六省土地沙漠化敏感性时空格局与趋势分析

王跃辉^{1,2,3,4}, 张林波^{1,2,3}, 郭 杨^{1,2,3}, 何 萍^{1,2,3}, 刘伟玲^{1,2,3}, 杜加强^{1,2,3}, 王丽霞^{1,2,3}

(1. 中国环境科学研究院, 北京 100012; 2. 国家环境保护区域生态过程与功能评估重点实验室, 北京 100012;

3. 中国环境科学研究院 环境基准与风险评估国家重点实验室, 北京 100012; 4. 西南林业大学 林学院, 昆明 650224)

摘 要:以我国新疆维吾尔自治区、青海省、内蒙古自治区、甘肃省、宁夏回族自治区和陕西省六省区为研究区,分析了 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年 4 个时期的土地沙漠化敏感性空间格局分布和时间动态变化特征,探讨变化成因并采用 CA-Markov 耦合模型对土地沙漠化敏感性格局变化趋势进行预测。结果表明:中国六省四期土地沙漠化敏感性格局相似,各级敏感区按分布面积大小排序为:轻度敏感区域>中度敏感区域>高度敏感区域>不敏感区域>极敏感区域。极敏感区域主要分布在土壤质地为流动沙地的沙漠区域,不敏感区域主要分布在高山、湖泊附近;人口增多、人为活动强度增加的区域敏感性程度增高;建立治沙工程的区域敏感性降低。对 2020 年土地沙漠化敏感性格局预测结果显示,相比 2010 年,极敏感区域在原有的基础上向外围扩张了 7 120.04 km²,增幅为 4.63%。本文通过分析中国六省土地沙漠化敏感性时空格局与趋势,为中国土地沙漠化防治分区策略制定和划分沙漠化扩展屏障区提供科学依据。

关键词:土地沙漠化; 敏感性; CA-Markov 耦合模型; 时空格局

中图分类号:S288

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)05-0132-06

Analysis of Spatiotemporal Pattern and Tendency of Land Desertification Sensitivity in Six Provinces of China

WANG Yue-hui^{1,2,3,4}, ZHANG Lin-bo^{1,2,3}, GUO Yang^{1,2,3},

HE Ping^{1,2,3}, LIU Wei-ling^{1,2,3}, DU Jia-qiang^{1,2,3}, WANG Li-xia^{1,2,3}

(1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China;

2. State Environment Protection Key Laboratory of Regional Eco-process and Function Assessment, Beijing

100012, China; 3. State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 4. College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: This research firstly analyzed the spatial distribution patterns and temporal dynamic characteristics of land desertification sensitivity of four periods (1990, 2000, 2005, 2010) in six provinces and regions of China: Xinjiang Uygur Autonomous Region, Qinghai Province, Gansu Province, Ningxia Hui Autonomous Region, Inner Mongolia Autonomous Region, Shaanxi Province. Then the causes of these changes were investigated with CA-Markov coupling model to predict the trends of land desertification sensitivity pattern. The results indicated that the desertification sensitivity patterns of the four periods were similar each other for the six provinces. The sensitivity levels could be characterized and the sum areas of the levels could be ordered as mildly sensitive region> moderate sensitive region> high sensitive region> non-sensitive region> extreme sensitive region. Extreme sensitive regions were mainly located in the desert areas with the soil texture being drifting sand dunes, while non-sensitive regions mainly distributed in mountains and lakes nearby. The regional sensitive level increased with the increase of local population and human activity intensity. On the contrary, the regional sensitive level decreased with the increase of the establishment of sand engineering area. The results of the predictions for the desertification sensitivity pattern in 2020 indicated that extremely sensitive area expanded 7 120.04 km² with the growth rate of 4.63% compared with 2010. This research provides a scientific basis for China desertification prevention, desert region partitioning strategy and the way to

收稿日期:2013-12-05

修回日期:2014-01-07

资助项目:国家环保公益性行业科研专项经费“我国国土生态安全格局构建关键技术与保护战略研究”(201209027-5)

作者简介:王跃辉(1985—),男,河南封丘人,硕士生,研究方向:地理信息系统开发与设计。E-mail:yhwang1211@163.com

通信作者:张林波(1969—),男,山东日照人,研究员,研究方向:城市生态、景观生态研究。E-mail:zhanglb@cras.org.cn

divide the desertification extension barrier area by analyzing the spatiotemporal pattern and trend of land desertification sensitivity in six provinces of China.

Key words: land desertification; sensitivity; CA-Markov coupling model; temporal pattern

中国是世界上受沙漠化危害最为严重的国家之一^[1],沙漠化是干旱、半干旱及部分湿润地区由于人地关系不协调所造成的以风沙活动为主要标志的土地退化^[2]。土地沙漠化敏感性即指由于人类活动、气候变化引起土地沙漠化的可能性大小^[3],研究土地沙漠化敏感程度及其空间分布是实施生态环境分区管理的一个重要基础^[4]。

目前国内土地沙漠化敏感性评价的文献不多,主要以单个省或者局部某个区域进行土地沙漠化敏感性评价,例如刘康等^[4]以甘肃省为对象,选择湿润指数、大风天数、土壤质地和冬春季地表植被覆盖度 4 因子作为评价指标,通过地理信息系统技术对土地沙漠化敏感性进行综合评价并对单因子敏感性和综合敏感性的空间分布格局进行了分析;赵明月等^[3]以青海湖流域为研究区,根据《生态功能区划技术暂行规程》对土地沙漠化敏感性进行综合评价。周利军等从自然因素和人为因素两个角度出发,对黑龙江省西南部土地沙漠化敏感性进行了评价^[5]。迄今为止,还没有关于我国荒漠化潜在发生区(中国六省)土地沙漠化敏感性评价的文献。因此,本文通过分析 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年中国六省土地沙漠化敏感性的空间格局与变化规律,对该区域四个时期的土地沙漠化敏感性进行综合评价并采用 CA-Markov 耦合模型预测 2020 年的土地沙漠化敏感性,为中国六省辨识土地沙漠化重点防治区域、制定相关生态区划方案和提出相关政策建议提供科学依据。

1 研究区概况

研究区为中国新疆维吾尔自治区、青海省、内蒙古自治区、甘肃省、宁夏回族自治区和陕西省,地理位置介于 75°—126°E,31°—53°N,面积约占中国陆地面积的 43%,是连接欧亚各国的交通要道。研究区还处在我国的温带草原—黑钙土、栗钙土带和温带荒漠—棕漠土、灰棕漠土带^[6],是沙漠的聚集地带,虽然自然资源丰富,但气候干旱,水资源贫乏,人口稀少,少数民族比重大,交通不便,生物产量低,生态环境脆弱。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

全国 1:10 万的沙漠化土地数据和中国地区长时间序列 GIMMS 植被指数数据集来源于寒区旱区

科学数据中心,1990—2010 年中国六省范围内 212 个气象站点的日值气候数据集自中国气象科学数据共享服务网,其中新疆 56 个、青海省 39 个、甘肃省 34 个、宁夏 10 个、内蒙古 52 个、陕西省 21 个,具体分布情况见图 1,全国土壤粒度分布数据来自北京师范大学土地大气交互研究小组,MODIS 250 m 分辨率的 NDVI 数据(MOD13Q1)来自于 NASA-MODIS 网站(图 1)。

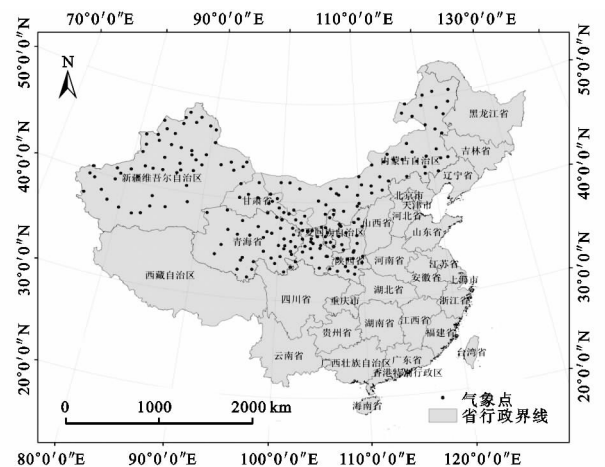


图 1 中国六省气象站点分布示意图

2.2 土地沙漠化敏感性评价因子的选择

沙漠为自然因素所形成,发生在第四纪时期^[7],沙漠化土地是各种自然因素和人为因素相互作用的结果^[8],是一个复杂的土地退化过程^[9]。确定人为因素和自然因素在沙漠化过程中的作用、沙漠化以风沙活动为主要指标的多层次综合指征体系^[10-11]是目前土地沙漠化研究的主要内容之一。土地沙漠化敏感性即指在自然条件下由于人类活动引起土地沙漠化的可能性大小,研究其敏感程度和空间分布,是实施生态环境分区管理的一个重要基础。张国平等研究表明,区域土地沙漠化敏感性可以用湿润指数、土壤质地及起沙风的天数、冬春季地表植被覆盖度等来评价^[12]。鉴于我国土地沙漠化地区风的季节以冬春季为主,而风速又只有在超过某一临界值的情况下才有可能吹扬和搬运土壤中的颗粒物质至空中,进而影响该区域土地沙漠化敏感性,因此本文采用湿润指数、冬春季大于 6 m/s 大风天数、土壤质地、冬春季植被覆盖度作为自然因素,景观破碎度为人为因素来综合评价 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年中国六省区域土地沙漠化敏感性。具体指标和分级标准见表 1。

表 1 土地沙漠化敏感性评价指标及其分级标准

敏感因子	指标	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
自然因素	湿润指数	>0.65	0.5~0.65	0.20~0.50	0.05~0.20	<0.05
	冬春季大于 6 m/s 大风的天数	<15	15~30	30~45	45~60	>60
	土壤质地	基岩	黏质	砾质	壤质	沙质
	植被覆盖度(冬春)	茂盛	适中	较少	稀疏	裸地
人为因素	景观破碎度指数	<0.1	0.1~0.3	0.3~0.5	0.5~0.7	>0.7
	分级赋值	1	3	5	7	9
	分级标准	1.0~2.0	2.1~4.0	4.1~6.0	6.1~8.0	>8.0

2.3 土地沙漠化敏感性评价因子的计算方法

(1) 自然因素。湿润指数(wetness index)为衡量湿润程度的表示法,是干燥指数的倒数,其与土地沙漠化敏感性程度成反比。本文采用修正的谢良尼诺夫公式计算干燥度^[4]: $k=0.16 \sum t/r$,式中 K 为干燥度, $16 \sum t$ 为日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 期间的稳定积温, r 为同时期的降雨量。通过编程处理中国六省 212 个气象站点的日值气候数据,统计出 1990—2010 年每年各站点湿润指数和冬春季大于 6 m/s 的大风天数,通过反向距离插值和分类处理,得到中国六省湿润指数和大风天数的空间分布图。土壤质地的土地沙漠化敏感性分布图的计算方法:根据全国 1:10 万沙漠化土地图以及土壤粒度分布图,以国际制土壤质地标准分类为参考基准^[13-14],通过表 1 的标准计算得到。植被覆盖度的土地沙漠化敏感性空间分布图的计算方法:主要参考植被覆盖度图,根据表 1 的标准计算得出,其中为进一步消除云层、颗粒物、视角及太阳高度对 NDVI 植被覆盖数据的影响,采用国际上惯用的最大值合成法,对中国六省的 NDVI 半月数据进行最大化处理^[15],而 1990 年的 NDVI 植被覆盖数据通过 MODIS 与 GIMMS 数据插补得到。插补方法为:利用 GIMMS NDVI 和 MODISNDVI 重叠年份 2000—2006 各月的值,确定两数据的相关性,并建立两数据集之间的线性回归方程;根据 1990—2000 年 GIMMS 数据和一元线性回归方程,推算出 1990—2000 年的 MODIS 数据。

(2) 人为因素。人为因素是沙漠化过程中的活跃和主要因素^[11],人类不合理的经济活动直接导致了景观破碎化,景观破碎度指数是指某景观类型在特定时间里和特定性质上的破碎化程度,在一定程度上反映了人类对土地沙漠化的影响强度。本文通过 ArcGIS 10.0 建立空间网格,并利用 Fragstats 4.1 软件计算每个网格内的破碎化指数,建立景观破碎度指数因子图。

(3) 综合土地沙漠化敏感性评价。对于自然因子的评价指标用几何算术平均数法,计算方法如下:

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

式中: DS_j —— j 空间单元土地沙漠化敏感性指数;
 D_i —— i 因素敏感性等级值。对于土地沙漠化敏感性评价结果按照自然因素和人为因素平均加权求和的方法实现。

2.4 CA-Markov 模型方法应用

Markov 与 CA 均为时间离散、状态离散的动力学模型,Markov 主要通过对不同状态的初始概率及状态之间的转移概率关系,来确定状态的变化趋势,以达预测的目的^[16],但该预测法没有空间变量,而 CA 的状态变量则与空间位置紧密相连^[17]。马尔科夫(Markov)模型在土地利用格局变化建模中广泛应用^[18],而元胞自动机(CA)模型具有强大的空间运算能力,可以有效地模拟系统的空间变化^[19]。CA-Markov 模型综合了 CA 模型模拟复杂系统空间变化的能力和 Markov 模型长期预测的优势,用其预测土地沙漠敏感格局变化,不仅提高了类型转化的精度,而且对元胞的局部相互作用可以有效的模拟,具有较强的科学性与实用性^[20]。在土地沙漠化敏感性栅格图中,每一个栅格代表一个元胞,每个元胞的土地敏感类型为元胞的状态。通过面积转换矩阵和条件概率图,确定元胞状态的转移^[21],模拟土地沙漠化敏感性格局的变化。根据湿润指数、大风天数、土壤质地、植被覆盖度的变化,建立土地沙漠化敏感性的适宜性图集;通过 CA-Markov 模型生成土地沙漠化敏感性格局转移概率矩阵,采用 5×5 均值滤波器进行预测模拟。采用修正的 Lee-Sallee 形状指数对预测结果进行模拟精度验证。修正的 Lee-Sallee 形状指数值为 0.3~0.7 时,结果可接受。具体表达式^[22]为:

$$L = \frac{A_0 \cap A_1}{A_0 \cup A_1}$$

式中: L ——修正的 Lee-Sallee 指数,取值范围 $[0,1]$;
 A_0 ——真实年份的土地沙漠化敏感性格局图;
 A_1 ——模拟的土地沙漠化敏感性格局图。分析该研究区 1990—2010 年土地沙漠化敏感性综合指数的空间格局并用 CA-Markov 耦合模型预测 2020 年的土

地沙漠化敏感性格局,揭示 30 a 尺度该区域的土地沙漠化敏感性格局变化的特点和规律。

3 土地沙漠化敏感性格局分析与评价

利用 ArcGIS 10.0 软件,将 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年的自然因子与人为因子进行空间叠

加,根据上述研究方法获得中国六省四期土地沙漠化敏感性格局分布图(见图 2)。

利用 ArcGIS 10.0 的分区统计工具,统计 1990 年、2000 年、2005 年、2010 年中国六省土地沙漠化敏感性格局分布栅格图,获得该区域的土地沙漠化敏感性格局分布,详见表 2。

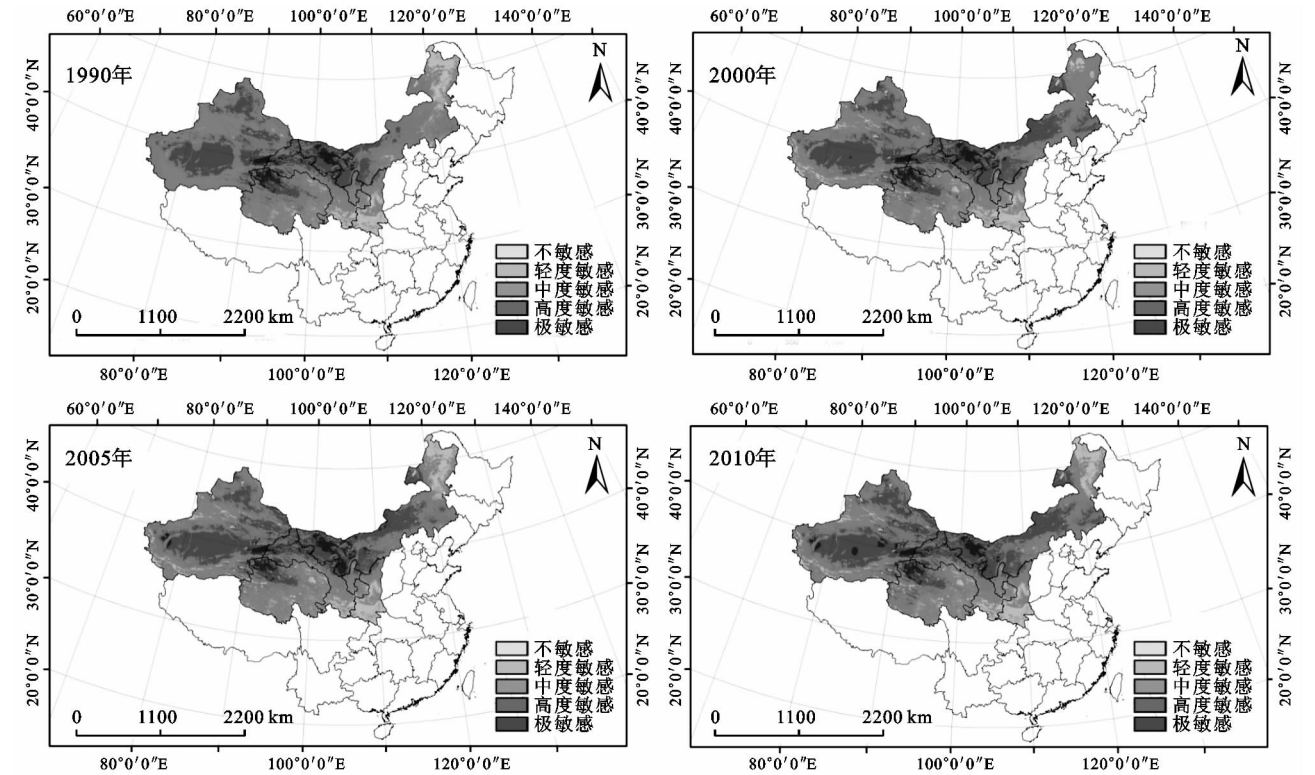


图 2 不同年份中国六省土地沙漠化敏感性空间格局分布

表 2 中国六省不同年份土地沙漠化敏感性面积分布

指标	1900 年		2000 年		2005 年		2010 年	
	面积/ km ²	百分比/ %	面积/ km ²	百分比/ %	面积/ km ²	百分比/ %	面积/ km ²	百分比/ %
不敏感	378561.5	9.11	344405.9	8.29	468779.6	11.28	452300.7	10.88
轻度敏感	1609318.1	38.72	1602841	38.56	1451972.1	34.93	1358098	32.68
中度敏感	1014435.9	24.41	812506.7	19.55	814649.8	19.60	847132.5	20.38
高度敏感	1002892.5	24.13	1243714	29.92	1247701.6	30.02	1344991	32.36
极敏感	151031	3.63	152771.9	3.68	173135.9	4.17	153716.9	3.70

从图 2 和表 2 可以得出,轻度敏感区域占的比例最大,极度敏感区域最少。1990—2010 年,面积增加的区域为高度敏感区、不敏感区和极敏感区,其中高度敏感区增加的速度最快。虽然四期的土地沙漠化敏感性格局分布大致区位相同,但是随着每年气候和植被覆盖度的变化,土地沙漠化敏感性格局分布也受到了一定影响。变化较为明显的为内蒙古东北角,2000 年该处不敏感区域分布较少,而 1990 年、2005 年与 2010 年则大面积分布,直接原因是该地区 2000 年的降雨量减少所致,相比 1990 年、2005 年和 2010 年降水量平均减少了 132.6 mm,145.8 mm 和 120.9

mm;内蒙古呼伦湖区域 1990 年敏感性为中度敏感,而 2000 年、2005 年、2010 年均高度敏感,变化的主要原因是该地区此后三期的积温增加所致;2010 年塔里木盆地中部和东北地区出现了极敏感区域分布,是因为该区域 2010 年的风数敏感性从不敏感变为高度敏感、湿润指数从高度敏感变为了极敏感。甘肃的环县地区以西从 1990 年、2000 年、2005 年的轻度敏感变到了 2010 年的不敏感,其变化的主导原因是植被覆盖度的变化,2010 年植被覆盖度显著提高。由上述分析可知,湿润指数、大风天数、植被覆盖度的变化直接影响着综合土地沙漠化敏感性的空间分布变

化,而土壤质地在大风天数的影响下也会相应影响最终结果的变化,例如:大多数极敏感区域的土壤质地为流动沙地,随着大风天数的增加,发生沙漠化的可能性也会增大。

甘肃的环县地区以西从 1990 年、2000 年、2005 年的轻度敏感变到了 2010 年的不敏感,其直接原因是环县地区实施了退耕还林、荒山造林、封山绿化等生态工程,并不断扩大工程规模,提高了工程质量,人为活动强度降低,破碎度指数减少。但是不良的人为因素也会使得土地沙漠化敏感性升高,竺可桢教授曾提出:要注意“由于人为的原因把不应该成为沙漠的地方破坏成为沙漠”^[11],“滥伐森林、过度放牧、破坏草地、盲目开垦等会引起荒漠”。甘肃省民勤县 2000—2010 年极敏感区域增加了 994.93 km²,增加的比例约占全县面积的 0.6%,远高于中国六省同时期极敏感区域增加的比例 0.02%。经过查阅资料发现^[23],该区属于温带大陆性极干旱气候,西、北、东三面被巴丹吉林和腾格里两大沙漠包围,三面环沙,具有明显的蒙新沙漠气候特征,冬冷夏热、降水稀少、光照充足、昼夜温差大,年均降水量 110 mm,蒸发量高达 2 644 mm,是降水的 24 倍。根据全国人口普查数据表示,民勤县 1998 年人口为 28 万,而 2004 年则突破到 33 万人次。人口大增,导致水资源和荒地的大量开发,加剧了民勤县的生态环境恶化,最终导致了土地沙漠化极敏感性面积的增加。民勤县由于人口大增,超出了水资源的承载能力,导致对水资源和荒地大量开发,过度放牧,破坏草场,造成大量的草场成为了沙地,使得民勤县的极敏感区域面积 1990—2010 年迅速增加。

由此可知,1990 年、2000 年、2005 年、2010 年中国六省土地沙漠化敏感性格局的分布都存在一定的规律:不敏感区域大都分布在山川、湖泊附近,而轻度敏感区域大都分布在不敏感区域的缓冲区范围内,中度敏感地区大都分布在与沙漠临近的地方,极敏感区

域分布在沙漠的聚集处,比如在塔里木盆地与柴达木盆地中间的库姆塔格沙漠、在巴丹吉林沙漠和毛乌素沙地之间的库布齐沙漠;除了自然因素的变化对土地沙漠化敏感性格局有一定影响外,局部地区的人为因素对土地沙漠化敏感性格局分布也产生了相应的影响,比如新疆塔里木盆地的“四源一干”流域中的和田河、塔里木河、叶尔羌河流域虽然分布在高度敏感、极敏感区域,但是因为本质特征和塔里木河连年不断的定期输水的人为因素影响,使得流域范围内的生态环境得到了改善,尤其是和田河流域的胡杨林茁壮成长,使该区域从 2000 年输水工程建设以来到 2010 年一直为中度敏感地区,甚至为轻度敏感地区;内蒙古草原生态安全带工程的建设,使得阴山以北,大兴安岭以西,乌拉特后旗西界以东的广大地区的土地沙漠化敏感性程度大大减低,这其中包括了草甸、草原、浑善达克沙地等区域;享誉世界的宁夏中卫沙坡头治沙工程也成功阻挡了腾格里沙漠的东移。

4 土地沙漠化敏感格局变化趋势预测

通过上述分析认为,从自然因素和人为因素两个方面分析土地沙漠化敏感性格局的分布是较为合理的一种方法。也就是说既要考虑整体因素的影响,又不能舍弃人为因素对局部地区的影响,只有综合考虑才能更加准确地解释土地沙漠化敏感性格局的分布规律。因此,采用 CA-Markov 耦合模型预测土地沙漠化敏感性格局。

为了验证模型的精度,利用 2000 年和 2005 年的土地沙漠化敏感性格局分布图模拟 2010 年的土地沙漠化敏感性格局分布图,计算 Lee-Sallee 指数为 0.857,说明模型具有较高的精度,也说明采用 CA-Markov 模型进行模拟研究时设置的参数准确、规则合理。利用 CA-Markov 耦合模型预测 2020 年中国六省土地沙漠化敏感性格局。首先,计算 2000 年和 2010 年的土地沙漠化敏感性格局转移概率矩阵,见表 3。

表 3 2000—2010 年土地沙漠化敏感性格局转移概率矩阵

沙漠化程度		2010 年				
		不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
2000 年	不敏感	0.8921	0.1041	0.0038	0.0000	0.0000
	轻度敏感	0.0855	0.7556	0.1499	0.0089	0.0000
	中度敏感	0.0013	0.1192	0.6094	0.2575	0.0126
	高度敏感	0.0000	0.0015	0.0407	0.9262	0.0316
	极敏感	0.0000	0.0000	0.0009	0.2969	0.7022

在 CA-Markov 模块中设置起始年份为 2010 年,输入土地沙漠化敏感性格局适宜性图集,采用 5×5 的滤波器,循环次数为 10,模拟出 2020 年中国六省土

地沙漠化敏感性格局分布图和中国六省土地沙漠化敏感性格局变化见表 4。由表 4 可以知,按目前的趋势发展下去,到 2020 年不敏感地区和极敏感地区的

面积将继续增加,与 2010 年相比,增加面积分别为 143.86,7 120.04 km²,增幅为 0.003%和 4.63%。对比 2010 年和 2020 年的土地沙漠化敏感格局分布图可以看出,2020 年极敏感区域主要是在 2010 年原敏感区域的基础上向外围扩张,集中在塔里木盆地中部、库姆塔格沙漠、柴达木盆地、巴丹吉林沙漠附近。2020 年极敏感区域增加的地区主要为:新疆的岳普

表 4 2010—2020 年中国六省土地沙漠化敏感性格局变化

指标	2010 年		2020 年		2010—2020 年变化	
	面积/km ²	百分比/%	面积/km ²	百分比/%	面积/km ²	百分比/%
不敏感	452300.7	10.88	452444.5	10.89	143.86	0.003
轻度敏感	1358098	32.68	1358081.5	32.68	−16.69	−0.0004
中度敏感	847132.5	20.38	843634.9	20.30	−3497.65	−0.08
高度敏感	1344991	32.36	1341241.3	32.27	−3749.56	−0.09
极敏感	153716.9	3.70	160836.9	3.87	7120.04	0.17

5 结 论

1990—2020 年中国六省土地沙漠化敏感性格局分布相似,对各级敏感区域进行面积统计并由大到小排序:轻度敏感区域>中度敏感区域>高度敏感区域>不敏感区域>极敏感区域。不敏感区域分布在大兴安岭东北部、渭河以南、昆仑山、天山、阿尔泰山附近;轻度敏感区分布在青海省南部三江源自然保护区附近、阿尼玛卿山南部、黄土高原南部、不敏感区域附近;中度敏感区域主要分布在塔里木盆地的东部、柴达木盆地东部、准噶尔盆地附近;高度敏感区域多数分布在塔克拉玛干沙漠、古尔班通古特沙漠、巴丹吉林沙漠和浑善达克沙地附近;极敏感区域主要分布在塔克拉玛干沙漠、库姆塔格沙漠、巴丹吉林沙漠、乌兰布和沙漠、腾格里沙漠——土壤质地为流动沙地的沙漠区域和柴达木盆地西北区域,这些区域冬季均受蒙古高压极地大陆气团东北季风的影响。1990—2010 年,面积增加的区域为不敏感区和高度敏感区、极敏感区,所占研究区比例分别增加了 1.77%,8.23%,0.07%,增加面积约为 7.4 万 km²、34.2 万 km²、0.3 万 km²。通过 CA-Markov 模型预测 2020 年的土地沙漠化敏感性格局分布图发现,相比 1990 年,极敏感区域将会在原有的基础上向外围扩张,增加面积为 9 805.9 km²,所占研究区比例增加了 0.24%。本文通过分析中国六省土地沙漠化时空敏感性格局与趋势,阐述了该区域土地沙漠化敏感性格局的分布规律和扩张特点,对中国土地沙漠化防治策略和划分沙漠化扩展屏障区提供了科学依据,并得出以下结论:

(1) 中国六省土地沙漠化敏感性区域中,极敏感区域主要分布在土壤质地为流动沙地的沙漠区域附近;不敏感区域则分布在高山、湖泊区域附近。

湖县、英吉沙县、麦盖提县、且末县、尉犁县、若羌县,内蒙古的额济纳旗、阿拉善右旗、阿拉善左旗、甘肃省的肃北蒙古族自治县、瓜州县、敦煌市、民勤县和青海的海西蒙古族藏族自治州、格尔木市。预测数据表明,该区域 2020 年土地沙漠化极敏感性面积将会增大,进而造成土地资源的退化,土地生产力的下降,风沙日风尘暴增加,致使生态环境恶化。

(2) 区域降雨量的增加、大风天数的减少、退耕还林退牧还草工程、草原沙化防治工程等生态工程的建立有效降低了土地沙漠化的敏感性;但是蒸发量过大、人口猛增、过度开发水资源、被过度利用土地自然资源的区域,土地沙漠化敏感性将会增强,这种由于人为破坏造成的土地沙化的地区生态环境很难恢复。

(3) 需要建立一套完善的政策体系,建立约束和制衡机制、合理的资源分配制度,减少人口猛增、草原过度利用和水资源的过度开发对生态环境的破坏。

参考文献:

[1] 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):1-10.

[2] 王涛,朱震达.我国沙漠化研究的若干问题:沙漠化的概念及其内涵[J].中国沙漠,2003,23(3):209-214.

[3] 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.

[4] 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):29-35.

[5] 周利军,张淑花.黑龙江省西南部土地沙漠化敏感性评价[J].中国农学通报,2009,25(21):324-327.

[6] 刘明光.中国自然地理图集[M].北京:中国地图出版社,2011:177-188.

[7] 朱震达,刘恕.关于沙漠化概念及其发展程度的判断[J].中国沙漠,1984,4(3):2-8.

[8] 阿如早,杨持,王金荣,等.内蒙古多伦县沙漠化土地时空变化特征[J].水土保持研究,2010,17(4):207-221.

[9] 朱震达,王涛.中国沙漠化研究的理论与实践[J].第四纪研究,1992,92(2):97-106.

[10] 王涛,赵哈林,肖洪浪.中国沙漠化研究的进展[J].中国沙漠,1999,19(4):299-311.

[11] 王涛,赵哈林.中国沙漠科学的五十年[J].中国沙漠,2005,25(2):145-165.

(2) 陕南 3 市 A 级旅游景区诞生的顺序由汉中到安康,再到商洛,具有按市场规模从大到小的等级扩张规律。早期 A 级旅游景区的创建,受区域经济社会文化综合实力影响较大。此后,对于山地区域,随着区域交通条件的改善,旅游资源的优劣对 A 级旅游景区的创建影响力会增强。2011 年之前陕南 3 市之间景区数量相差很大,空间扩散速度相对较慢,2011 年之后呈现急速扩散,迅速缩小了 3 市 A 级景区的数量差别。

(3) 陕南各县区较为相似的自然环境为各县区景区建设提供了较为均衡的旅游资源基础。通往陕南各县区交通网可达性的不断提升与陕南近邻关中尤其是西安这个大的客源市场为其持续、均衡发展提供了动力。各级政府对陕南旅游开发的高度重视及扶持政策对 A 级景区的数量增长与空间扩散发挥着重要作用。从陕南旅游发展阶段看,A 级景区在空间上向均匀分布演变,这一趋势仍将延续,但今后各地区在争创高等级 A 级景区,尤其是争创 5A 级景区方面会更加努力。

参考文献:

- [1] 王雯萱,谢双玉. 湖北省 A 级旅游景区的空间格局与优化[J]. 地域研究与开发,2012,31(2):124-128.
- [2] 朱竑,陈晓亮. 中国 A 级旅游景区空间分布结构研究[J]. 地理科学,2008,28(5):607-615.
- [3] 黄远水,陈钢华,伍弦. 福建省旅游景区空间结构研究: 基于国家 3A 级以上旅游景区的统计分析[J]. 经济地理,2010,30(7):1195-1199.
- [4] 马晓龙,杨新军. 高级别旅游景区的关联性分析: 以中国 4A 级旅游区(点)为例[J]. 西北大学学报: 自然科学版,2004,34(2):233-237.
- [5] 卞显红. 长江三角洲国家 AAAA 级旅游区空间结构[J]. 经济地理,2007,27(1):157-160.

(上接第 137 页)

- [12] 张国平,张增祥,刘纪远. 中国土壤风力侵蚀空间格局及驱动因子分析[J]. 地理学报,2001,56(2):146-157.
- [13] 伍光 and 王乃昂,胡双熙,等. 自然地理学[M]4 版,高等教育出版社,2002.
- [14] 孙向阳. 土壤学[M]. 北京:中国林业出版社,2008.
- [15] 杜加强,舒俭民,张林波. 1982—2006 年黄南州 NDVI 年际变化及其气候的关系[J]. 水土保持通报,2010,30(4):229-233.
- [16] 刘家福,王平,李京,等. 基于 Markov 模型的长岭县土地利用时空变化研究[J]. 水土保持研究,2009,16(3):16-19.
- [17] 汪雪格. 吉林西部生态景观格局变化与空间优化研究[D]. 长春:吉林大学,2008.
- [18] 刘耀林,刘艳芳,张玉梅. 基于灰色一马尔柯夫链预测

- [6] 张永平,吴健生,黄秀兰,等. 海峡西岸经济区旅游景区(点)空间结构分析[J]. 资源科学,2011,33(9):1799-1805.
- [7] 胡海胜,王林. 中国历史文化名镇名村空间结构分析[J]. 地理与地理信息科学,2008,24(3):109-112.
- [8] 徐晓伟,雷国平,王元辉,等. 镜泊湖风景名胜旅游区土地利用开发适宜性分区研究[J]. 水土保持研究,2012,19(2):142-147.
- [9] 牛莉芹,程占红. 五台山森林群落中物种多样性对旅游干扰的生态响应[J]. 水土保持研究,2012,19(4):106-111.
- [10] 欧阳杰,徐文雄,胡辉伦. 广东省 A 级景区时空分异规律探讨[J]. 热带地理,2012,32(3):280-285.
- [11] 申涛,田良. 海南岛旅游吸引物空间结构及其演化: 基于 41 家高等级旅游景区(点)的分析[J]. 热带地理,2010,30(1):96-100.
- [12] 吴丽敏,黄震方,周玮,等. 江苏省 A 级旅游景区时空演变特征及其动力机制[J]. 经济地理,2013,33(8):158-164.
- [13] 毛小岗,宋金平,于伟. 北京市 A 级旅游景区空间结构及其演化[J]. 经济地理,2011,31(8):1381-1386.
- [14] 陈君子,刘大均,谢双玉. 武汉市旅游景区空间结构演化[J]. 热带地理,2013,33(3):349-355.
- [15] 李文正. 交通建设对促进陕南旅游业发展的实证研究[J]. 西北大学学报: 自然科学版,2012,42(1):109-114.
- [16] Smith S L J. Tourism Analysis: A Handbook[M]. 2nd edition. London: Longman Group,1989.
- [17] 杨新军,马晓龙,霍云霏. 旅游目的地区域(TDD)及其空间结构研究: 以西安为例[J]. 地理科学,2004,24(5):620-625.
- [18] 张超,杨秉廉. 计量地理学基础[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,1991.
- [19] 保继刚,郑海燕,戴光全. 桂林国内客源市场的空间结构演变[J]. 地理学报,2002,57(1):96-106.
- [20] 李文正. 陕南旅游交通网可达性测算及其空间格局评价研究[J]. 西北大学学报: 自然科学版,2013,43(4):637-642.

- 模型的耕地需求量预测研究[J]. 武汉大学学报: 信息科学版,2004,29(7):575-579.
- [19] 刘继生,陈彦光. 基于 GIS 的细胞自动机模型与土地关系的复杂性探讨[J]. 地理研究,2002,21(2):155-162.
- [20] 杨国清,刘耀林,吴志峰. 基于 CA-Markov 模型的土地利用格局变化研究[J]. 武汉大学学报: 信息科学版,2007,32(5):414-415.
- [21] 杨国清,吴志峰,祝国瑞. 广州地区土地利用景观格局变化研究[J]. 农业工程学报,2006,22(5):218-221.
- [22] 徐昔保. 基于 GIS 与元胞自动机的城市土地利用动态演化模拟与优化研究: 以兰州市为例[D]. 兰州:兰州大学,2007.
- [23] 刘拓,张克斌,林琼,等. 中国土地沙漠化防治策略[M]. 北京:中国林业出版社,2006.