

武陵山脉核心区石漠化演变及其经济驱动机制 ——基于贵州铜仁的实证检验

苏攀达¹, 丁 镭², 曾克峰¹

(1. 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430074; 2. 宁波职业技术学院工商学院, 浙江 宁波 315800)

摘 要:西南地区石漠化问题是我国土地退化的三大问题之一,也是学界长期以来关注的问题。利用 Landsat 数据提取了贵州省铜仁地区 2000—2014 年的石漠化情况,并对其演化过程中的时空特征进行了分析,进而利用空间面板数据回归对其经济驱动力进行了研究。结果显示:(1) 铜仁市石漠化情况主要出现在西北部,其集聚态势十分显著;(2) 空间转移概率矩阵显示石漠化整体改善的趋势比较明显,但潜在石漠化地区的控制并不容易,因此应着眼于潜在石漠化地区的控制的改善,防微杜渐,从源头上遏制恶化的趋势;(3) 种植业对于石漠化有抑制作用,而畜牧业的发展则加剧了石漠化的恶化,而工业与服务业则有助于控制石漠化的扩张。最后,提出了重点治理、全面控制、加速推进现代化农牧业和旅游业发展 3 条发展建议。

关键词:石漠化; 空间演化; 空间面板数据; 铜仁市

中图分类号:P931.5

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)02-0195-06

Economic Driving Factors of Rocky-Desertification in the Wulin Mountain —An Empirical Study from Tongren City, Guizhou Province

SU Panda¹, DING Lei², ZENG Kefeng¹

(1. School of Public Administration, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Business School of Ningbo Polytechnic, Ningbo, Zhejiang 315800, China)

Abstract: The rocky-desertification in Southwest China is one of the three major problems of land degradation in China, and was concerned by researchers. This study was based on Landsat data and extracted rocky-desertification information during 2000—2014, analyzed the spatiotemporal characteristics of evolutionary process, and then used spatial panel data regression to examine the economic driving forces of this phenomenon. The results show that: (1) rocky-desertification mainly occurred in the northwest of Tongren, and agglomeration was remarkable; (2) the matrix of space-time transfer probability demonstrates that ameliorate of rocky-desertification is obvious, but control of the potential rocky-desertification is not easy, it should be the core of control measures; (3) farm is the inhibited factor of rocky-desertification and graziery drives the rocky-desertification, the industry and services would help to retard the expansion of rocky-desertification. According to the conclusions, it is suggested that administer of key region, monitoring of potential region of rocky-desertification, and boosting the modern husbandry and tourism would be the keys to local rocky-desertification control.

Keywords: rocky-desertification; spatial evolution; spatial panel data; Tongren City

石漠化是我国西南地区长期面临的土地退化问题,也是严重制约当地经济发展的环境问题^[1]。受限于区域复杂的自然背景和较差的社会经济条件,长期以来土地石漠化都面临治理难度大、治理效果有限的

困局^[2]。“十一五”以来,国家将石漠化的治理列为推动区域发展的重点工作内容,并开始了第二期石漠化治理工程。因此,石漠化的时空分布演化及驱动机理研究可为后期的具体防治工作开展提供经验总结和

科学依据。

从已有针对石漠化的大量研究来看,主要聚焦以下几个方面:(1) 石漠化的时空分布格局及其演化。随着 3S 技术的不断推广和改进,不同学者主要是基于 Landsat TM 影像数据来提取石漠化现状信息,建立石漠化的空间数据库,石漠化动力指数模型等^[3]。相较于传统的田野调查方法,遥感技术使得石漠化的研究更具时效性和全局性,因此利用其对石漠化进行监测成为目前石漠化研究重要的数据来源^[4];根据影像的分辨率不同可以分为大尺度的和中小尺度的研究^[5],前者的优势在于石漠化研究范围更为宏观、时间变化更为清晰,而后者则能对于小区域提出更具针对性的治理建议^[6],且较长的时间尺度和多源、多时相中高分辨率遥感影像综合对比成了学者们研究石漠化时空演化格局的重要选择^[7]。(2) 石漠化的地质地貌背景及自然驱动力。受喀斯特地貌系统影响,石漠化与岩性(碳酸盐岩)具有明显的相关性^[8],地质构造运动塑造产生的较大地表切割度和地形坡度为水土流失提供了动力潜能^[9];温暖湿润的季风气候为石漠化、碳酸岩地貌强烈发育和土壤淋溶提供了必要的侵蚀营力和溶蚀条件^[10];暴雨则为石漠化的发生发展提供了直接的驱动力^[11]。(3) 石漠化与人类活动关系及人文影响因素。随着对于石漠化自身演化机制和演化特征的逐渐明确,学者们开始越来越多的关注与石漠化相关的人文现象以及这些现象对于石漠化演化的影响^[12],并且认为人为活动(人口、农业政策、农业结构调整)是石漠化发展、逆转的主要驱动力^[13]。比如,传统生产方式对于石漠化的影响显著,不同生态经济模式的治理效果的有差别^[14],较多坡耕地的存在仍是土地石漠化的驱动因素^[15];而来自重庆的研究则表明相对于人地矛盾的因素,农户对土地的依赖程度对于石漠化演变的影响要更为明显^[16]。

综合来看,人类不合理的经济活动加速和加剧了土地石漠化进程,而已有研究对石漠化驱动机理(影响因素)以自然因素和定性分析为主,缺乏对社会经济驱动因素(不同的社会经济部门)的定量探讨^[17]。此外,在关于石漠化的驱动因素定量分析方法中,普遍采用传统的统计学分析、相关分析、因子分析及多元回归分析方法^[18],而缺乏一个基于面板数据回归的深层次量化论证;尤其是在明确了石漠化具有空间自相关性强等特征后^[19],较少引入空间效应变量探讨石漠化发生的社会经济驱动机制。考虑到人类活动是目前少数几个可控的石漠化影响因素,且在石漠化水平较低的地区其影响要远远超过自然因素的影响^[20],因此,探究人类活动对于石漠化变化的时空影

响及驱动机理,可为石漠化地区的科学治理及配套产业政策的制定提供依据。

基于此,本文以武陵山脉核心区、贵州省东北部的铜仁地区为研究对象,它既是典型的喀斯特地区、石漠化易发地带,同时也是国家重点扶贫地区,其发展同时面临发展速度和环境保护两方面的压力,研究其石漠化演变的社会经济驱动机制可以为武陵山片区及相似的西南地区石漠化防治提供思路。具体以 2000—2014 年的多时段 Landsat 影像数据为基础,分析石漠化土地的时空演变特征,进而引入空间计量回归模型探讨其社会经济驱动因素,最后通过对其石漠化治理过程及其配套产业政策进行讨论,总结目前当地石漠化治理的经验,并提出相应的政策建议。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 石漠化信息读取 对于如何通过遥感数据获取石漠化信息,比较常见的方法是利用植被覆盖率和岩石裸露率对石漠化水平进行综合判断,其中涉及到归一化植被指数(NDVI)和岩石裸露度(D_i)的计算。归一化植被指数的计算公式为:

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS) \quad (1)$$

式中: NIR 为近红外波段反射率; VIS 为可见光波段反射率,分别对应 Landsat 系列数据的第 3, 4 波段。然而 NDVI 虽然存在一定的局限,例如大气自我校正的能力弱于其他方法,但其计算过程较为简单,对不同数据的适用性较强,因此本次研究中对植被覆盖率的计算即选用 NDVI 方法进行。

岩石裸露度的计算公式为:

$$D_i = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR) \quad (2)$$

式中: SWIR 为短波红外波段反射率; NIR 近红外波段反射率,分别对应 Landsat 系列数据的第 5, 4 波段。在实际工作中,利用视反射率公式可以优化岩石裸露度的提取结果,以此提高岩石裸露度识别的准确性和时空可比性,因此本文选取 Fraser 视反射率公式对岩石裸露度公式进行优化,得到:

$$D_i = (DN_{iSWIR} \cdot G_{iNIR}) / (DN_{iNIR} \cdot G_{iSWIR}) \quad (3)$$

式中: D_i 为第 i 个像元的岩石裸露度; DN_{iSWIR} 第 i 个像元的 SWIR 波段亮度值; G_{iSWIR} 为全域范围内所有像元的 SWIR 波段亮度平均值; DN_{iNIR} 第 i 个像元的 NIR 波段亮度值; G_{iNIR} 为全域范围内所有像元的 NIR 波段亮度平均值。通过这一方法可以消除传感器增益、太阳照度和坡度等因素的影响,进而获取更为准确的岩石裸露信息。

通过对归一化植被指数和岩石裸露度进行识别,

可以获得区域内植被覆盖率和岩石裸露率,进而判断石漠化水平,并根据传统调查中石漠化水平的5类等级将其划分为无石漠化、潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化、重度石漠化。

1.1.2 空间面板数据 传统的计量经济学利用面板数据信息量大、变化性强、变量间共线性弱的特点,获取更高的自由度,进而增加解释变量对被解释变量影响水平估计的有效性。而新经济地理学则提出在传统的模型上还应空间相关性较强的变量增加一项空间变量,通过空间与时间两种不同效应来探讨各被解释变量的影响水平^[21]。

目前空间面板数据的估计模型主要有3种:空间滞后模型(SLM)、空间误差模型(SEM)和空间杜宾模型(SDM)。作为对社会经济部门对石漠化水平的初步估计,本次研究采用对简单变量进行估计的空间滞后模型和空间误差模型进行分析。

空间滞后模型和空间误差模型的回归方程为:

$$Y = \rho WY + \alpha t_n + X\beta + \varepsilon \quad (4)$$

$$Y = (I_n - \rho W)^{-1} (\alpha t_n + X\beta + WX\gamma) + (I_n - \rho W)^{-1} \varepsilon \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n) \quad (5)$$

式中: Y 是 n 维被解释变量列向量; X 是 $n \times k$ 阶解释变量矩阵; t_n 是元素均为1的 n 维列向量; I_n 为单位矩阵; ρ 是空间自相关系数; α, β, γ 是模型的参数向量; ε 为随机扰动项; W 是 $n \times n$ 阶空间权重矩阵。

已有研究显示,关于石漠化驱动因素的讨论,目前以定性分析和简单的线性回归模型为主^[22],本次研究引进空间面板数据方法,以期更进一步讨论不同的社会经济部门对石漠化的影响。由于农业部门中不同行业对石漠化演变的影响差异较大,本次研究将种植业与畜牧业分开,构建种植、畜牧、工业、服务业4类行业与石漠化的相关关系,利用各项参数比较当地不同产业发展对于石漠化演变的影响水平。由于4项指标单位均为万元,故未做对数化处理。本次研究的基本拟合方程如下:

$$RD_i = \varepsilon + \beta_1 \text{Farming}_i + \beta_2 \text{Grazier}_i + \beta_3 \text{Industry}_i + \beta_4 \text{Service}_i \quad (6)$$

式中: RD_i 为 i 地区国土面积中的石漠化面积数量; $\beta_1 - \beta_4$ 分别为种植业、畜牧业、工业和服务业与石漠化率的相关系数,通过各变量系数可以估计不同地区产业对石漠化的影响情况;此外,空间关系系数 W 能够体现空间上邻近的地区相互影响的水平。

1.2 研究区概况与数据来源

铜仁市地处贵州省东北部,武陵山脉腹地,是沟通华中地区与西南地区的门户,坐标位置东经 $107^\circ 45' - 109^\circ 30'$, 北纬 $27^\circ 07' - 29^\circ 05'$ 。全市国土面积

1.8万 km^2 。地区位处云贵高原向湘西丘陵过渡的斜坡地带,属于亚热带季风气候区,流域内以中部梵净山为分水岭,分为西部的乌江流域与西部的沅江流域。区域内分布大量的石灰岩、白云岩地层,喀斯特地貌发育。区域内自然资源丰沛、人文资源繁多,但由于位处武陵山脉核心区,同时也是我国西南地区生态屏障,因此当地发展长期面临生态保护与经济发展的突出矛盾。本次研究中使用的数据均来自2001—2015年《贵州省统计年鉴》、《铜仁年鉴》及各级统计公报,各产业产值均按标准换算为2000年可比价格。

2 结果与分析

2.1 石漠化时空分布

由石漠化水平的演化过程(图1)可以看出,2000—2014年铜仁地区石漠化情况总体表现为先恶化后改善和良好情况稳定的两个阶段。2000—2006年石漠化面积出现明显增加,之后历年皆保持改善态势,2008年开始保持低位稳定,在这两个阶段,石漠化情况变化波动较大,从2003—2006年的快速恶化而后又快速改善。2008—2014年石漠化的危害并未扩大,石漠化问题主要表现为无石漠化区域和潜在石漠化区域时间的相互转换。已有研究表明,这一水平上石漠化主要的驱动因素是人文因素,说明本次研究假设以各经济部门的变化估计铜仁的石漠化驱动因素合适且能反映目前铜仁地区石漠化的主要驱动因素。

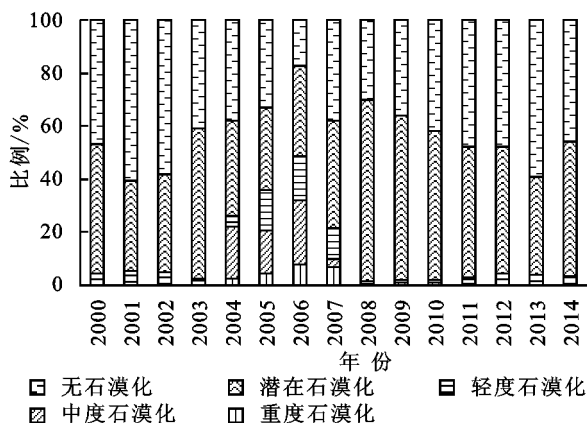


图1 全市历年石漠化比例变化情况

为进一步探索石漠化在空间上的分布特征,将研究期内4个时间截面的石漠化分布情况绘制成图2。由图2可以看出,各区县自身的石漠化变化趋势与总体情况相同,但从不同区县的变化情况也存在显著的空间差异。从分布方向上看,铜仁地区西部的沿河、德江、思南、石阡4个县的石漠化情况相较于中东部地区更为严重。其中,德江、沿河两县早在2000年就已经形成了大面积的石漠化地区,两县的石漠化区域面积均超过各自县域国土面积的30%,且表现出了

程度严重、分布密集的特点,表明两县应为铜仁地区石漠化治理的重点。而思南、石阡由于位处乌江流

域,高山深隘的地形使得当地极易形成石漠化,但其分布基本紧邻河谷,并没有形成大面积的石漠化。

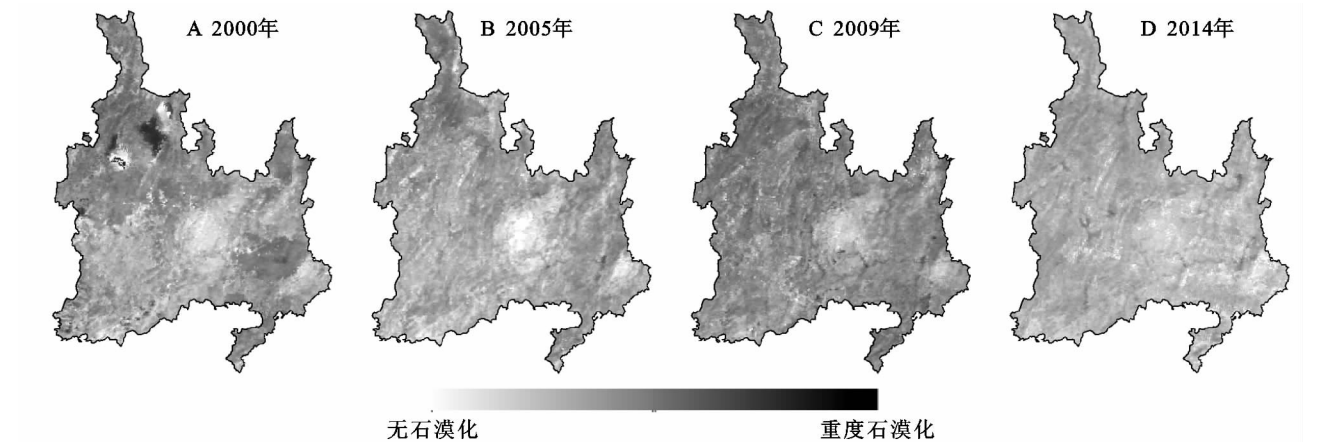


图 2 分县区主要年份石漠化分布

2009 年,东部的碧江、万山、玉屏、松桃 4 个县石漠化情况出现显著恶化,大量的潜在石漠化地区变为石漠化地区,万山和玉屏两区的石漠化区域面积达到 40%。由于当年贵州省东北部存在普遍的旱情,因此这一次恶化情况带有显著的区域气象特征。

纵观铜仁市石漠化演变的时空过程,可以发现当地石漠化受两方面影响最甚:其一是当地地质背景,铜仁市以梵净山为分界,以西地区的地层以灰岩为主,以东地区地层以白云岩为主,相较于东部地区,西部地区更易发生岩溶侵蚀,造成水土流失,进而引发石漠化现象;其二是当地的社会经济结构,东部地区为铜仁市区,加之本身汞矿、锰矿的矿产资源赋存,形成了以二次产业为基础、以三次产业为核心的发展模式,而西部各地的经济仍有一大部分来自一次产业,由此东西部在社会经济上的差别更进一步地拉开了区域的差异。

2.2 石漠化演化特征

铜仁地区在贵州石漠化防治区划中属于轻中度石漠化防治结合亚区和中强度石漠化治理恢复亚区^[23]。从图 1 可以看出,在研究期内,铜仁地区石漠化情况波动较为明显,石漠化面积占国土面积比例一度接近 50%,近年来则保持低于 10%的石漠化面积。从历年平均情况来看,全市石漠化面积占比低于 20%,情况优于贵州省整体水平(33.4%)。2000—2006 年,石漠化范围有扩大的趋势,潜在石漠化面积大量增加,无石漠化地区大量减少。受 2006 年持续的旱情影响,铜仁地区植被覆盖水平受到严重影响,石漠化情况出现较大的波动,具体表现为轻度石漠化区域显著增加,部分原来的轻度石漠化地区变为中度、重度石漠化地区。随后分别开始于 2006 年与 2010 年的《贵州省喀斯特石漠化综合防治规划》和《铜仁市石漠化治理五年行动计划》则为当地的石漠

化治理做出了重要贡献,2007—2012 年石漠化的面积得到了有效的控制。2012 年以后,铜仁地区进入经济发展的起飞阶段,也就是在这一阶段石漠化情况出现一定程度的反弹。为了解铜仁市石漠化的分布情况,对石漠化分布的全局 Moran's I 指数进行计算,结果见表 1。

表 1 Moran's I 指数变化情况

年份	Moran's I	z	p	状态
2000	0.1698	939.71	0.0000	显著集聚
2004	0.4750	828.45	0.0000	显著集聚
2007	0.1129	551.37	0.0000	显著集聚
2010	0.1637	538.42	0.0000	显著集聚
2013	0.1665	108.81	0.0000	显著集聚
2014	0.3252	568.92	0.0000	显著集聚

结果显示,6 个时间截面上石漠化的情况均呈现集聚状态, p 值显示历年石漠化水平均在 0.01 水平上显著,即石漠化在邻近空间上存在很强的空间相似性。Moran's I 指数的变化存在较大的波动,两个异常值出现在 2004 年和 2014 年,说明这两个阶段的石漠化地区在空间上的集聚趋势最为明显。总体来看,石漠化的集聚水平较高,高值区域趋于集中,而石漠化演化主要从核心地区(石漠化水平最高区域)向周围扩散,符合石漠化演化的一般规律。

对全局的石漠化变化情况进行统计,石漠化演化的空间转移概率矩阵见表 2。

从空间概率矩阵来看,无石漠化地区有较大的可能保持原状,但也有一定几率变成潜在石漠化地区,潜在石漠化地区也有较大几率变为无石漠化地区,但也比较一定几率出现恶化转变为轻度石漠化状态。不同程度的石漠化地区均都存在情况改善的趋势,很大可能转化为潜在石漠化状态,但重度石漠化地区很难实现跨越式的改善,主要是实现石漠化水平的降低,中度石漠化也

较难实现直接变成无石漠化地区,而轻度石漠化地区是最容易实现跨越式变化的地区,有 34.49%的几率变为无石漠化地区。可以说,该转移概率矩阵一方面体现出石漠化整体改善的治理成绩,另一方面也说明

对无石漠化和潜在石漠化地区的控制亟待加强,将石漠化地区治理成功固然是成绩,但是若没能控制潜在石漠化地区滑向石漠化、无石漠化变为潜在石漠化,则难免有拆东补西、缘木求鱼之嫌。

表 2 石漠化演化空间转移概率

状态	项目	起始状态				
		重度石漠化	中度石漠化	轻度石漠化	潜在石漠化	无石漠化
终止状态	重度石漠化	0.0002	0.0008	0.0001	0.0009	0.0002
	中度石漠化	0.3597	0.0827	0.0320	0.0314	0.0096
	轻度石漠化	0.6036	0.3244	0.1604	0.1678	0.0601
	潜在石漠化	0.0331	0.5313	0.4626	0.3810	0.3493
	无石漠化	0.0034	0.0608	0.3449	0.4189	0.5808

2.3 经济驱动机制及其空间溢出

从上述部分可以看出铜仁地区石漠化演化的空间变化过程及其中的特点,但对于这一变化及特点产生的原因仍然无法做出很好的解释,尤其是过程中不同的社会经济因素在多大程度上影响这种变化没有一个量化的结论,因此本次研究选用空间面板数据的方法对石漠化变化过程中的经济社会作用进行度量。

经过数据的单位根检验、协整检验与格兰杰因果关系检验,本次研究选取三次产业产值进行空间面板数据的检验,同时,为了细分农业中不同部分的影响,将种植业与畜牧业指标拆分。对数据的 LM 检验结果见表 3。

表 3 经济活动指标拉格朗日乘数检验(LM-test)结果

指标	结果
无空间滞后拉格朗日乘数检验	14.3356***
无空间滞后稳健拉格朗日乘数检验	222.2221***
无空间误差拉格朗日乘数检验	0.0014
无空间误差文件拉格朗日乘数检验	207.8879***

注:*,**,*** 分别表示拉格朗日乘数检验在 0.1,0.05,0.01 水平上显著,下表同。

结果显示空间滞后模型相较于空间误差模型更适用于本次解释变量与被解释变量间的关系。利用空间滞后模型的不同固定效应对各变量进行分析结果见表 4。

表 4 不同固定效应的空间滞后模型(SLM)检验结果

统计量	无固定	空间固定	时间固定	双固定	空间随机
R^2	0.7471	0.8461	0.7704	0.8516	0.8144
相关方	0.6016	0.7494	0.2817	0.2337	0.6449
对数似然比	-815.1742	-799.8920	-808.3626	-795.4172	-811.6373
截距	—	—	—	—	-65107.9839
种植业	-0.5039*	-1.5345*	0.2208*	-2.2997*	-0.8185*
畜牧业	8.1183**	15.6634***	5.9428**	15.5421***	12.4891***
制造业	-0.1656*	-0.3519*	-0.3276*	-0.2802*	-0.1312*
服务业	-0.3554**	-0.4271**	0.0576*	-0.1878**	-0.4461*
空间变量	0.6950***	0.6750***	0.3480**	0.3720***	0.6939***
随机变量	—	—	—	—	0.5618***
似然比检验	0	0	0	0	0
Hausman 检验统计	—	—	—	—	-11.2949**

从表 4 中可以看出,LR 检验排除了无固定效应的空间滞后模型,Hausman 检验显示空间随机效应不符合模型解释的要求, R^2 显示空间固定效应和双固定效应的解释效力最强,因此选用双固定效应的空间滞后模型对石漠化演化过程的社会经济影响因素进行解释。从检验结果来看,造成石漠化加强的最主要因素是当地的牧业发展,相关系数为 15.542 1, p 值小于 0.01,表明当地在研究期内,牧业对石漠化加剧的情况作用显著。而同为一次产业,种植业对当地石漠化的影响则呈现出正面的状态。传统上,落后的农业生产方式和过度樵采、不合理耕作等行为都

会造成石漠化情况的恶化^[24],然而随着当地对新型农业技术的不断引进以及通过产业政策推动当地农业产业园的建设,逐步扭转了过去农业活动依赖土地又伤害土地的状况。在畜牧业方面,传统的放养式畜牧显然不足以支持水土保持的要求,因此建设大面积的畜牧区,制定畜牧业的产业发展政策成为相应遏制石漠化扩张的必然要求。

二次产业与三次产业的相关系数分别为-0.280 2和-0.187 8,显示当地的二三次产业发展在现阶段对石漠化有遏制作用。当地的二次产业以加工业为主,采掘业受资源禀赋限制很大,主要分布于地区的

西南部和东北部,因此对石漠化造成的影响有限。三次产业由于对环境的要求较高,大量的公园建设和配套景观建设在很大程度上提升了当地的绿化水平,因此其发展对石漠化的遏制作用较大。

此外,空间滞后项估计值则显示,邻近区域间的石漠化有相互增强的作用,石漠化治理较好的地区能够影响其周边地区的治理情况,说明治理过程应该强化区域间合作,在石漠化治理方面形成区域合力,共同治理,促进防治工程推进。

3 结论与建议

3.1 结论

从石漠化的时空分布状况来看,铜仁地区在 2000—2014 年经历了先恶化后改善的过程,石漠化情况相较贵州的总体情况尚佳;空间分布上看,西部地区的石漠化情况相较于东部地区更为严重,显示石漠化治理的重点应在西部地区,其中西北的德江、沿河是石漠化最为严重的地区;从空间分布上看,则呈现出条带状分布和多核心模型。

从石漠化的演化特征来看,石漠化分布的集聚态势明显,空间自相关性较强,说明石漠化程度恶化的区域倾向于出现在已经发生石漠化的地区周围;根据石漠化演化的空间转移概率矩阵来看,石漠化区域的情况有较为明显的改善趋势,但无石漠化与潜在石漠化地区却又不同程度的恶化,表现出石漠化严重地区受关注较多,治理情况较好,但情况良好地区受关注不足,控制措施有待提高。

从经济社会部门对石漠化演化的影响来看,三次产业的影响存在很大的区别。种植业对于石漠化有抑制作用,而畜牧业的发展则加剧了石漠化的恶化;相对而言二、三次产业则有助于控制石漠化的扩张。从空间面板数据上获得的相关系数来看,畜牧业是造成过去一段时间当地石漠化恶化的重要因素,而其余各行业则或多或少抵消了畜牧业的影响。

3.2 建议

在石漠化治理方面,应在重点地区实施重点治理。由于石漠化地区存在显著的空间相关性,在治理石漠化过程中应首先关注石漠化较为严重的地区,这些地区有可能是石漠化情况恶化的发源地和核心区。铜仁地区这样的核心主要分布在西北部的沿河德江两县以及东部的松桃、石阡两县,因此应将以上地区作为石漠化治理的重点。

在石漠化控制方面,应在区域内展开全面监控。空间转移概率矩阵显示石漠化整体改善的趋势比较明显,但潜在石漠化地区的控制并不容易,因此应着眼于潜在石漠化地区的控制的改善,防微杜渐,从源头上遏制恶化的趋势。由于各类石漠化地区和无石

漠化地区都有一定几率转变为石漠化地区,因此这方面的工作负担会比较大,应作为石漠化治理的中心。

在配套政策方面,应鼓励农牧业现代化发展,同时加速全域旅游建设。传统的畜牧业生产方式对于水土保持不利,应该推广大规模的草场畜牧,以德江和松桃为范例,将零散的粗放畜牧转变为高度集约化的畜牧产业,以此改善由畜牧业对水土流失造成的影响;同时应该加强对旅游产业和相关配套产业的建设力度,利用旅游产业开发的相关需求带动当地水土治理工作,促进经济发展、生态效益的和谐发展。

参考文献:

- [1] Jiang Z, Lian Y, Qin X. Rocky desertification in Southwest China: Impacts, causes, and restoration [J]. *Earth-Science Reviews*, 2014,132(3):1-12.
- [2] 张军以,戴明宏,王腊春,等.生态功能优先背景下的西南岩溶区石漠化治理问题[J]. *中国岩溶*, 2014,33(4):464-472.
- [3] Bai X Y, Wang S J, Xiong K N. Assessing spatial-temporal evolution processes of karst rocky desertification land: Indications for restoration strategies [J]. *Land Degradation & Development*, 2013,24(1):47-56.
- [4] You H. Orienting rocky desertification towards sustainable land use: An advanced remote sensing tool to guide the conservation policy[J]. *Land Use Policy*, 2017,61:171-184.
- [5] 陈起伟,熊康宁,兰安军.基于 3S 的贵州喀斯特石漠化遥感监测研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2014,28(3):62-67.
- [6] 涂杰楠,杨亮,梁丽新,等.基于 RapidEye 遥感影像的比值密度分割法在岩溶石漠化调查中的应用:以云南鹤庆县为例[J]. *中国岩溶*, 2015,34(3):298-307.
- [7] Yang Q, Jiang Z, Yuan D, et al. Temporal and spatial changes of karst rocky desertification in ecological reconstruction region of Southwest China[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2014,72(11):4483-4489.
- [8] 白晓永,王世杰,陈起伟,等.贵州土地石漠化类型时空演变过程及其评价[J]. *地理学报*, 2009,64(5):609-618.
- [9] Xu E Q, Zhang H Q. Characterization and interaction of driving factors in karst rocky desertification: a case study from Changshun, China[J]. *Solid Earth*, 2014,5(2):1329-1340.
- [10] Jiang Z, Lian Y, Qin X. Rocky desertification in Southwest China: impacts, causes, and restoration[J]. *Earth-Science Reviews*, 2014,132:1-12.
- [11] 谷晓平,于飞,刘云慧,等.降雨因子对喀斯特石漠化发生发展的影响研究[J]. *水土保持通报*, 2011,31(3):66-69.
- [12] Zhang J, Dai M, Wang L, et al. Household livelihood change under the rocky desertification control project in karst areas, Southwest China[J]. *Land Use Policy*, 2016,56:8-15.

- [4] 王庆,马倩倩,夏艳玲,等.最近 50 年来山东地区夏季降水的时空变化及其影响因素研究[J].地理科学,2014(2):220-228.
- [5] 刘文莉,张明军,王圣杰,等.1960—2011 年陕西省年内降水分配非均匀性特征及预测[J].生态学杂志,2013,32(7):1877-1887.
- [6] 王澄海,李健,李小兰,等.近 50 a 中国降水变化的准周期性特征及未来的变化趋势[J].干旱区研究,2012,29(1):1-10.
- [7] 王艳姣,闫峰.1960—2010 年中国降水区域分异及年代际变化特征[J].地理科学进展,2014,33(10):1354-1363.
- [8] 陈睿智,桑燕芳,王中根,等.1956—2010 年甬江流域降水变化特性分析[J].地理科学进展,2012,31(9):1149-1156.
- [9] 蔡道明,鄢铁平,廖伟,等.湖北省 1957—2009 年降水时空变化特征分析[J].水土保持研究,2010,17(6):237-241.
- [10] 原立峰,杨桂山,李恒鹏,等.近 50 年来鄱阳湖流域降雨多时间尺度变化规律研究[J].长江流域资源与环境,2014,23(3):160-161.
- [11] 刘友春,孟昭强,李飞.南四湖流域降水时空特征分析[J].海洋湖沼通报,2013(2):31-36.
- [12] 李远平,杨太保,马建国.渭河流域汛期降水集中度和集中期的变化特征[J].资源科学,2012(3):418-423.
- [13] 曹永强,路璐,张亭亭,等.基于降水集中度和集中期的浙江省降水时空变化特征分析[J].资源科学,2013(5):1001-1006.
- [14] 王金星,张建云,李岩,等.近 50 年来中国六大流域径流年内分配变化趋势[J].水科学进展,2008,19(5):656-661.
- [15] 郑红星,刘昌明.黄河源区径流年内分配变化规律分析[J].地理科学进展,2003(6):585-590.
- [16] 王纪军,裴铁璠,顾万龙,等.降水年内分配不均匀性指标[J].生态学杂志,2007(9):1364-1368.
- [17] 刘刚,赵荣,刘纪平,等.澜沧江流域降水量空间分布的克里格插值分析[J].测绘科学,2007(3):104-105,113,196.
- [18] Hamed K H. Trend detection in hydrologic data: The Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis[J]. Journal of Hydrology, 2008,349(3/4):350-363.
- [19] 祁顺杰,陈皓锐. Morlet 小波在降雨的多时间尺度分析中的应用[J].南水北调与水利科技,2010(3):79-82.
- [20] Narisma G T, Foley J A, Licker R, et al. Abrupt changes in rainfall during the twentieth century[J]. Geophysical Research Letters, 2007,34(6):306-316.
- [21] Bing L, Shao Q, Liu J. Runoff characteristics in flood and dry seasons based on wavelet analysis in the source regions of the Yangtze and Yellow rivers[J]. Journal of Geographical Sciences, 2012,2(22):261-272.
- [22] Goupillaud P, Grossmann A, Morlet J. Cycle-octave and related transforms in seismic signal analysis[J]. Geophysical Research Letters, 1984,23(1):85-102.
- [23] 胡光伟,毛德华,李正最,等.荆江三口 60 a 来入湖水沙变化规律及其驱动力分析[J].自然资源学报,2014(1):129-142.



(上接第 200 页)

- [13] 李森,王金华,王兮之,等.30 a 来粤北山区土地石漠化演变过程及其驱动力:以英德、阳山、乳源、连州四县(市)为例[J].自然资源学报,2009,24(5):816-826.
- [14] 滕建珍,苏维词,廖凤林.贵州北盘江镇喀斯特峡谷石漠化地区生态经济治理模式及效益分析[J].中国水土保持科学,2004,2(3):70-74.
- [15] 李阳兵,罗光杰,程安云,等.黔中高原面石漠化演变典型案例研究:以普定后寨河地区为例[J].地理研究,2013,32(5):828-838.
- [16] 苗建青,谢世友,袁道先,等.基于农户—生态经济模型的耕地石漠化人文成因研究:以重庆市南川区为例[J].地理研究,2012,31(6):967-979.
- [17] 姚永慧.中国西南喀斯特石漠化研究进展与展望[J].地理科学进展,2014,33(1):76-84.
- [18] 胡宝清,严志强,廖亦眉.基于 3S 技术的广西喀斯特石漠化驱动机制图谱分析:以广西壮族自治区为例[J].山地学报,2006,24(2):234-241.
- [19] 杨奇勇,蒋忠诚,马祖陆,等.基于地统计学和遥感的岩溶区石漠化空间变异特征[J].农业工程学报,2012,28(4):243-247.
- [20] Li Y, Xie J, Luo G, et al. The evolution of a Karst rocky desertification land ecosystem and its driving forces in the Houzhaihe area, China[J]. Open Journal of Ecology, 2015,5(10):501-512.
- [21] 季民河,武占云,姜磊.空间面板数据模型设定问题分析[J].统计与信息论坛,2011,26(6):3-9.
- [22] Wu Xiuqin, Cai Yunlong, Zhou Tao. Effects of land use/land cover changes on rocky desertification: A case study of a small karst catchment in southwestern China[J]. Energy Procedia, 2011,5(22):1-5.
- [23] 周国富.贵州喀斯特石漠化分布的空间差异与防治区划探讨[J].中国岩溶,2006,25(1):79-84.
- [24] 宋同清,彭晚霞,杜虎,等.中国西南喀斯特石漠化时空演变特征、发生机制与调控对策[J].生态学报,2014,34(18):5328-5341.