

# 贵州省水土流失与社会经济相关性分析

黄启芬

(贵州师范大学 地理与环境科学学院, 贵阳 550001)

**摘要:** 贵州喀斯特生态脆弱, 水土流失和贫穷形势严峻, 探究水土流失与社会经济的关系, 对当地生态环境改善和社会经济可持续发展意义重大。以水土流失数据和社会经济数据作为主要信息源, 选取人口、经济发展、土地利用和城市发展 4 个方面的社会经济指标, 利用 ArcGIS 和 GeoDa 软件, 对水土流失及各指标因子进行空间相关性检验, 再建立经典线性回归模型、空间滞后模型和空间误差模型, 并对三个模型进行对比分析。结论如下: (1) 空间分析结果显示, 水土流失的空间自相关性较强, 水田和旱地对水土流失影响不一致; (2) 三个模型对比, 空间滞后模型的拟合度最优, 解释能力最强。

**关键词:** 相关性; 空间模型; 社会经济; 水土流失; 贵州

**中图分类号:** S157.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2015)04-0072-07

## Correlation Analysis on Soil Erosion and Socioeconomic Development in Guizhou

HUANG Qifen

(College of Geography and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

**Abstract:** Because of fragile ecology in Guizhou karst area, the soil and water loss and poverty situation in the study area are serious. Exploring the relationship between soil erosion and socioeconomic development factors is of great significance to improve the local ecological environment and to guarantee the sustainable development of society and economy. Based on the soil and water loss data and socioeconomic data as the primary information, using GeoDa and ArcGIS software, four species socioeconomic indexes (population, economic development, land use and city development) were selected in this research to check the spatial correlation of soil erosion and each factor; to develop the classical linear regression model, spatial lag model and spatial error model and to make a comparison among three models. The conclusions are as following. (1) The spatial analysis showed that the spatial autocorrelation of soil erosion was significant. The effect of paddy field on the soil erosion was different from dry land. (2) Spatial lag model is the best, having the strongest explanatory function.

**Keywords:** correlation; spatial model; socioeconomic development; soil and water loss; Guizhou

自然因素是水土流失的决定性因素, 但其产生的水土流失程度较轻, 可恢复治理; 而人为干预产生的水土流失严重, 甚至可能造成永久性土地退化。本研究收集相关数据并结合地理信息系统 (GIS) 和空间计量分析软件 (GeoDa), 建立水土流失的数学模型, 探究水土流失与社会经济的相关性。

目前, 水土流失与社会经济的相关性的研究可概括为定性和定量两种。

定性研究: 鉴于部分社会经济因子不易量化, 且各因素之间相互作用密切, 因此大部分学者仅对水土流失中的社会经济因素作了定性分析。如任勇等将

引起水土流失的社会经济因子归纳为人口增长快, 土地资源压力大、政策失误、资源开发和基本建设、农业生产方式和技术水平落后<sup>[1]</sup>。

定量研究: 有学者利用各种数学模型和方法对社会经济因素作了定量分析, 但主要是在假设水土流失在空间上是独立分布前提下建立传统回归模型。但理论上水土流失在空间上存在相关性, 因此传统的经典线性回归模型得到的结果与实际情况有偏差。杨振等<sup>[2]</sup>通过选取 9 个社会经济指标因子, 采用灰色系统理论方法计算了社会经济活动与水土流失之间的关联度指数, 发现影响陇中水土流失面积大小的主要

因素是载畜量和坡耕地面积比例,影响土壤侵蚀模数大小最主要的因素是坡耕地面积比例,其次是垦殖指数、林草覆盖率、载畜量和人口密度。潘竟虎等<sup>[3]</sup>通过选取13个主要的社会经济活动指标因子,应用灰色关联分析、回归分析法,以及环境经济学的原理和方法,探讨社会经济活动对水土流失的干扰度,建立驱动力定量模型,结果表明坡耕地面积比重和人口密度是陇东土壤侵蚀和水土流失的主要驱动力。朱金方等以乌兰木伦河为研究对象,通过调查分析乌兰木伦河年径流量、降雨量、年均气温、人口、煤炭产能、GDP等的变化特征,探讨各因素对乌兰木伦河径流量的作用特点,以确定乌兰木伦河径流量衰减的主要驱动因素及其贡献比例。结果表明:社会因素是影响乌兰木伦河径流量衰减的主导因素<sup>[4]</sup>。李月臣等以三峡库区为研究区,选取人口、经济发展、土地利用、农业发展4个层面的社会经济因子,分别分析了各类社会经济因子对水土流失的驱动机制<sup>[5]</sup>。

## 1 研究区概况

贵州地势自西向东呈高、中、低三级阶梯分布,喀斯特出露面积占全省土地面积的61.9%,全年降水丰富,西部较多,年均降水1 000~1 300 mm。

2010年,贵州省常住人口为3 474.65万人,2010年全省生产总值比上年增长13.6%。其中,第一产业增加值增长8.5%;第二产业增加值增长16.8%;第三产业增加值增长12.1%。

土壤侵蚀遥感普查数据显示,贵州水蚀面积占全国水蚀面积的4.5%,全国排名第九;水蚀面积占本省国土面积的41.4%,全国排名第五<sup>[6]</sup>。全省88个县市中,水土流失较严重的区域主要分布在黔西北、黔西南部分县市;水土流失较轻的区域主要集中在黔中、黔北、黔南、黔东南部分县市。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据来源及处理

本研究数据包括两个部分:水土流失数据和社会经济数据。

(1) 水土流失数据:贵州省2010年土壤侵蚀遥感调查数据,统计各县市的水土流失总面积;

(2) 社会经济数据:

①收集2011年《贵州统计年鉴》,计算社会经济指标;

②土地利用:利用GIS等软件解译贵州影像数据(分辨率为30 m),得到土地利用类型数据;用30×

30 m DEM(数据来源:中国科学院地球系统科学数据共享平台)提取坡度数据,两者叠加,得到坡耕地数据。

本研究假设水田和旱地对水土流失的影响贡献度不一致,因此,将坡耕地以5°为间隔分成6个坡度带,并统计各坡度带中水田和旱地占土地面积的比例,讨论水田和旱地对水土流失的影响。

### 2.2 研究方法

2.2.1 社会经济指标选取 水土流失受众多因子影响,从原因层面上来讲,资源利用是水土流失产生的最频繁的因子;从驱动因子的层面上看,影响最频繁的是经济因素。因此,不恰当的发展模式是区域水土流失日益恶化的重要原因<sup>[7]</sup>。结合社会经济因子的可获得性、量化及空间化要求,选取21个指标,详见表1。

2.2.2 空间分析 本文采用的空间分析主要是应用GeoDa软件分别对水土流失和社会经济指标因子进行全局空间相关性分析和局部空间相关性分析,反映水土流失空间上的自相关性以及各社会经济因子对水土流失空间集聚分布的影响<sup>[8-11]</sup>。

2.2.3 空间模型建立 本文引用的是1988年Anselin L<sup>[12]</sup>提出的空间线性模型。空间模型常用两种形式,即空间滞后模型(Spatial lag model, SLM)与空间误差模型(Spatial error model, SEM)。

## 3 结果与分析

### 3.1 水土流失及社会经济指标空间自相关分析

3.1.1 水土流失空间自相关分析 建模前,应先验证本研究所选的水土流失面板数据具有空间依赖性,即水土流失存在空间自相关性。利用GeoDa软件对贵州省水土流失进行了全局空间自相关分析、局部空间自相关分析,计算出2010贵州水土流失的Moran's I指数为0.307 697,绘制水土流失LISA图(图1),证明水土流失在空间上存在相关性。

从图1可以看出,贵州省2010年水土流失LISA集聚图清晰地显示了贵州水土流失的空间分布规律:水土流失H-H集聚区主要分布在黔西北,包括水城县、纳雍县、赫章县、大方县、毕节市;L-L集聚区主要分布在经济发达的黔中地区和社会经济较落后的黔东南地区,具体包括云岩区、南明区、花溪区、白云区、乌当区、清镇市、三都县、凯里市、剑河县、玉屏县、黄平县等。LISA集聚图呈现了贵州水土流失在空间分布上的集聚性,存在一定的正相关性,因此在分析水土流失时应该考虑其空间效应。

表 1 社会经济指标

类型	指标	指标含义	计算公式
人口	人口密度	单位国土面积年末总人口数量	$\text{人口密度} = \frac{\text{年末人口总数(万人)}}{\text{国土面积(km}^2\text{)}}$
	农业人口比例	农业人口在年末总人口数中所占比例	$\text{农业人口比例}(\%) = \frac{\text{年末农业人口总数(万人)}}{\text{年末人口总数(万人)}} \times 100\%$
经济发展	GDP 密度	单位国土面积上地区生产总值(2000 年可比价)	$(1) \text{2010 年 GDP(按 2000 年可比价)} = 2000 \text{ 年现价 GDP} \times \frac{2001 \text{ 年 GDP 指数(上年=100)}}{100} \times \frac{2002 \text{ 年 GDP 指数(上年=100)}}{100} \times \dots \times \frac{2010 \text{ 年 GDP 指数(上年=100)}}{100}$ $(2) \text{GDP 密度(万元/km}^2\text{)} = \frac{2010 \text{ 年 GDP}}{\text{国土面积}}$
	第一产业增长值密度	单位国土面积第一产业增加值(2000 年可比价)	$\text{第一产业增长值密度} = \frac{\text{第一产业增长值(万元)}}{\text{国土面积(km}^2\text{)}}$
	第二产业增长值密度	单位国土面积第二产业增加值(2000 年可比价)	$\text{第二产业增长值密度} = \frac{\text{第二产业增长值(万元)}}{\text{国土面积(km}^2\text{)}}$
	第三产业增长值密度	单位国土面积第三产业增加值(2000 年可比价)	$\text{第三产业增长值密度} = \frac{\text{第三产业增长值(万元)}}{\text{国土面积(km}^2\text{)}}$
土地利用	<5°旱地比例	<5°坡度带旱地在各县国土面积中所占比例	$<5^\circ \text{旱地面积比例}(\%) = \frac{\leq 5^\circ \text{旱地面积(km}^2\text{)}}{\text{国土面积(km}^2\text{)}} \times 100\%$
	5°~10°旱地比例	5°~10°坡度带旱地在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
	10°~15°旱地比例	10°~15°坡度带旱地在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
	15°~20°旱地比例	15°~20°坡度带旱地在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
	20°~25°旱地比例	20°~25°坡度带旱地在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
	>25°旱地比例	>25°坡度带旱地在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
	<5°水田比例	<5°坡度带水田在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
	5°~10°水田比例	5°~10°坡度带水田在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
	10°~15°水田比例	10°~15°坡度带水田在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
	15°~20°水田比例	15°~20°坡度带水田在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
	20°~25°水田比例	20°~25°坡度带水田在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
	>25°水田比例	>25°坡度带水田在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
		草地比例	草地在各县国土面积中所占比例
	林地比例	林地在各县国土面积中所占比例	算法同<5°旱地比例
城市发展	人口城镇化率	年末城镇人口在年末总人口中所占比例	$\text{人口城镇化率} = \frac{\text{年末城镇人口(万人)}}{\text{年末总人口(万人)}} \times 100\%$
	建设用地指数	建设用地在各县国土面积中所占比例	$\text{建设用地指数} = \frac{\text{建设用地面积(km}^2\text{)}}{\text{国土面积(km}^2\text{)}} \times 100\%$

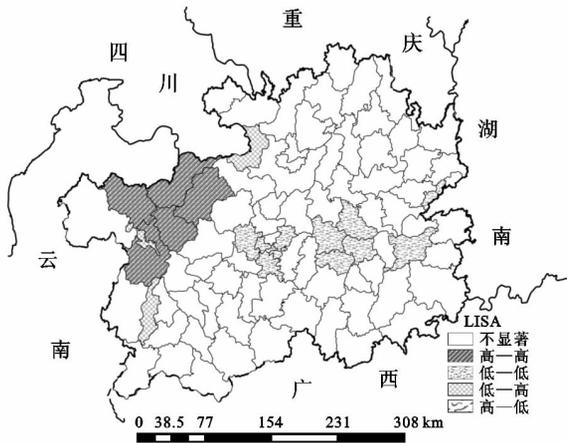


图 1 贵州省水土流失 LISA 集聚图

3.1.2 社会经济指标全局空间自相关分析 利用 GeoDa 软件计算水土流失社会经济指标因子的

Moran's I 指数,发现除第二产业增长值密度之外,其他指标都呈空间正自相关(见表 2)。21 个自变量中,变量“20°~25°旱地比例”、“第一产业增长值密度”和“第二产业增长值密度”Moran's I 系数分别为 0.081 792 7,0.085 144 6 和 -0.065 425 4,明显低于其他自变量,Moran's I 系数趋近于 0。这说明“20°~25°旱地比例”、“第一产业增长值密度”和“第二产业增长值密度”与其他变量相比,空间依赖性较小,随机分布性较大。

3.1.3 局部双变量空间自相关分析 以水土流失和各社会经济指标为变量,进行局部相关性分析,绘制双变量 LISA 图。由于篇幅问题,现仅给出 10°~15°旱地、10°~15°水田、人均 GDP、人口城镇化率 4 个因子的双变量 LISA 图(图 2),反映水土流失在各社会经济因子的影响下的集聚分布特点。

表 2 各社会经济指标的 Moran's I 指数

社会经济指标	Moran's I 指数	社会经济指标	Moran's I 指数
<5°旱地比例	0.429239	>25°水田比例	0.485472
5°~10°旱地比例	0.547913	草地比例	0.409584
10°~15°旱地比例	0.558183	林地比例	0.598600
15°~20°旱地比例	0.525828	人口密度	0.277173
20°~25°旱地比例	0.0817927	GDP 密度	0.484539
>25°旱地比例	0.505742	农业人口比例	0.350144
<5°水田比例	0.258412	第一产业增长值密度	0.0851446
5°~10°水田比例	0.340719	第二产业增长值密度	-0.0654254
10°~15°水田比例	0.399029	第三产业增长值密度	0.314176
15°~20°水田比例	0.435881	人口城镇化率	0.350144
20°~25°水田比例	0.412171	建设用地指数	0.11368

旱地与水土流失空间相关性较强,相关性强的地区主要分布在黔中地区,相关性弱的地区集聚在黔南、黔东南及黔北的部分县市;水田与水土流失空间相关性较强,相关性强的地区主要分布在黔中地区,相关性弱的地区主要分布在黔东北、黔西北地区。结果显示,旱地和水田对水土流失空间集聚分布的影响的结果不一致。

3.2 数学模型建立

3.2.1 经典线性回归模型 以贵州省各县水土流失面积为因变量,21 个社会经济指标为自变量,建立经典线性回归模型,结果显示 OLS 线性回归模型 R<sup>2</sup> 为 0.766 932,最大似然对数值为 6.858 83,AIC 值为 32.2823,SC 值为 90.032 1(表 3)。其中,5°~10°旱地比例、15°~20°旱地比例、>25°旱地比例等 13 个因子与水土流失相关性显著(p<0.05),农业人口比例、建设用地指数等 8 个因子不显著(p>0.05)。

3.2.2 空间滞后模型 总体上,普通 OLS 回归模型达到了一定的拟合优度,但根据前面的分析,水土流

失受到空间因素的影响,存在一定程度的空间自相关性,因此未考虑空间因素的经典回归模型不充分,存在误差,应引入空间模型对水土流失进行分析。

同样以贵州水土流失为解释变量,21 个社会经济指标为自变量,建立空间滞后模型,结果显示空间滞后模型 R<sup>2</sup> 为 0.776 233,最大似然对数值为 8.402 33,AIC 值为 31.195 3,SC 值为 91.456(表 4)。其中,5°~10°旱地比例、15°~20°旱地比例、>25°旱地比例等 13 个因子与水土流失相关性显著(p<0.05),农业人口比例、建设用地指数等 8 个因子不显著(p>0.05)。

3.2.3 空间误差模型 选取与空间滞后模型相同的变量建立空间误差模型,结果如表 5 所示:类决定系数 R<sup>2</sup> = 0.767 814,最大似然对数值 LIK = 6.947 119,AIC 值为 32.105 8,SC 值为 89.855 5。其中,5°~10°旱地比例、15°~20°旱地比例、>25°旱地比例等 13 个因子与水土流失相关性显著(p<0.05),农业人口比例、建设用地指数等 8 个因子不显著(p>0.05)。

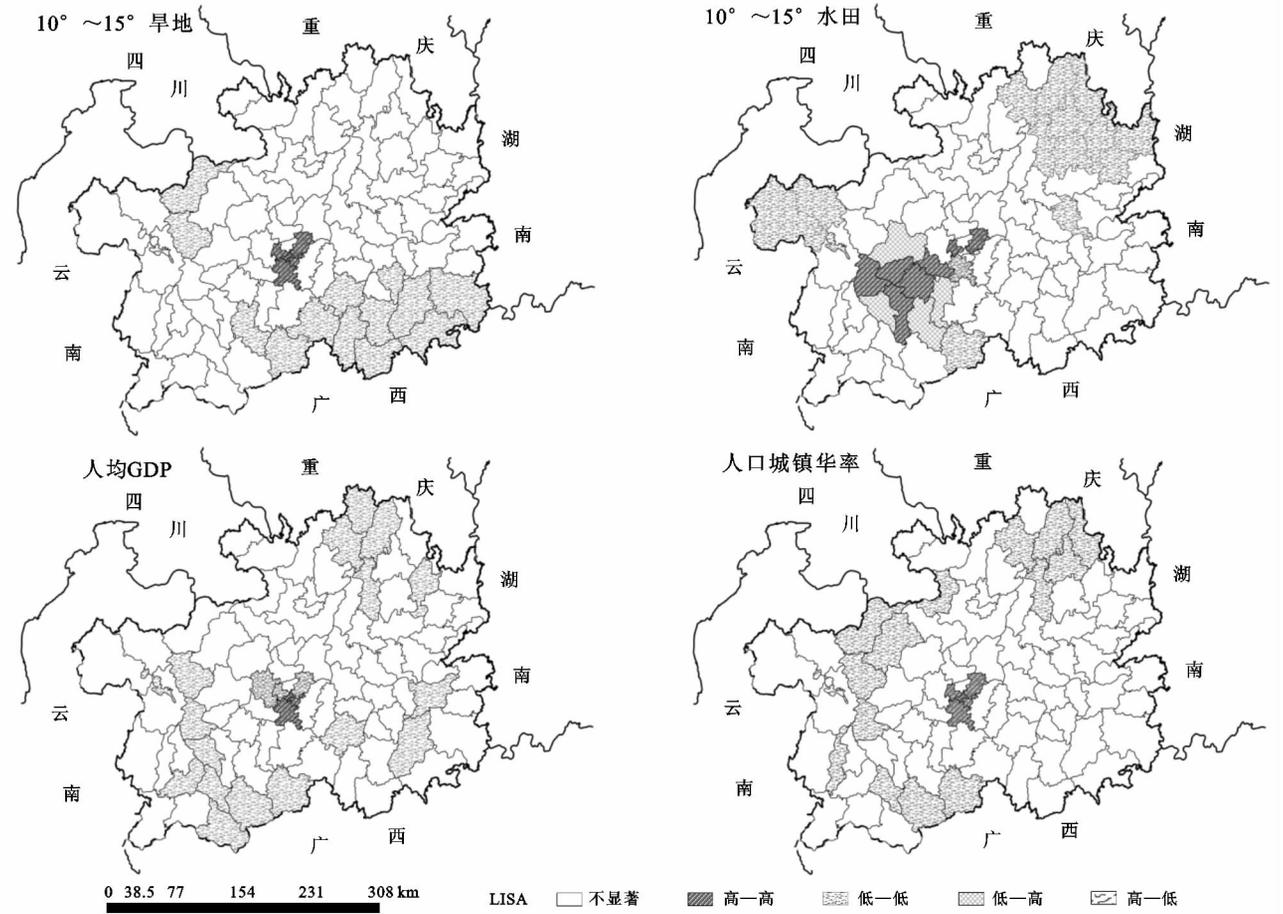


图2 水土流失与部分社会经济指标的双变量LISA集聚图

表3 经典线性回归模型

变量	回归系数	标准差	$t$ 值	$p$ 值
常数	13.5456	1.9810	6.8375	0.0000
<5°旱地比例	0.0476	0.0448	1.0623	0.2918
5°~10°旱地比例	-0.2245	0.0380	-5.8958	0.0000
10°~15°旱地比例	0.0089	0.0709	0.1265	0.8996
15°~20°旱地比例	-0.3147	0.1404	-2.2403	0.0283
20°~25°旱地比例	-0.1310	0.1503	-0.8714	0.3865
>25°旱地比例	0.0391	0.0171	2.2753	0.0260
<5°水田比例	-0.2814	0.1072	-2.6248	0.0106
5°~10°水田比例	0.1908	0.0670	2.8452	0.0058
10°~15°水田比例	-0.9452	0.1575	-5.9984	0.0000
15°~20°水田比例	0.0351	0.0509	0.6905	0.4922
20°~25°水田比例	3.6473	1.0142	3.5959	0.0006
>25°水田比例	-7.4875	2.3285	-3.2155	0.0019
草地比例	2.2702	1.4806	1.5333	0.1298
林地比例	-0.1421	0.0214	-6.6144	0.0000
人口密度	-0.1387	0.0221	-6.2753	0.0000
GDP 密度	0.0010	0.0004	2.1716	0.0333
农业人口比例	0.0000	0.0000	0.2409	0.8103
第一产业增长值密度	0.0013	0.0038	0.3395	0.7352
第二产业增长值密度	-0.0061	0.0138	-0.4424	0.6595
第三产业增长值密度	-0.0035	0.0010	-3.4132	0.0010
城镇化率	-0.0031	0.0011	-2.6305	0.0105
建设用地指数	0.0004	0.0014	0.2773	0.7823

注: $R^2=0.766932$ ,最大似然对数值为6.85883。

表4 空间滞后模型

变量	回归系数	标准差	t 值	p 值
常数	14.1905	1.7120	8.2883	0.0000
<5°旱地比例	0.0476	0.0380	1.2540	0.2098
5°~10°旱地比例	-0.2270	0.0322	-7.0376	0.0000
10°~15°旱地比例	-0.0021	0.0603	-0.0348	0.9721
15°~20°旱地比例	-0.3167	0.1190	-2.6612	0.0077
20°~25°旱地比例	-0.1492	0.1275	-1.1702	0.2418
>25°旱地比例	0.0353	0.0147	2.3983	0.0164
<5°水田比例	-0.2758	0.0908	-3.0364	0.0023
5°~10°水田比例	0.1554	0.0600	2.5884	0.0096
10°~15°水田比例	-0.8738	0.1381	-6.3256	0.0000
15°~20°水田比例	0.0332	0.0431	0.7711	0.4406
20°~25°水田比例	3.2249	0.8856	3.6415	0.0002
>25°水田比例	-6.8142	2.0006	-3.4060	0.0006
草地比例	2.0405	1.2574	1.6227	0.1046
林地比例	-0.1495	0.0185	-8.0425	0.0000
人口密度	-0.1454	0.0190	-7.6314	0.0000
GDP 密度	0.0009	0.0004	2.2555	0.0240
农业人口比例	0.0000	0.0000	0.7544	0.4505
第一产业增长值密度	0.0018	0.0032	0.5723	0.5670
第二产业增长值密度	-0.0042	0.0117	-0.3650	0.7150
第三产业增长值密度	-0.0034	0.0008	-3.8838	0.0001
城镇化率	-0.0028	0.0010	-2.8422	0.0044
建设用地指数	0.0004	0.0012	0.3900	0.6965

(注:类决定系数  $R^2=0.776\ 233$ ;最大似然对数值  $LIK=8.402\ 33$ )。

表5 空间误差模型

变量	回归系数	标准差	t 值	p 值
常数	13.4715	1.7088	7.8833	0.0000
<5°旱地比例	0.0512	0.0385	1.3286	0.1839
5°~10°旱地比例	-0.2249	0.0325	-6.9120	0.0000
10°~15°旱地比例	0.0093	0.0607	0.1531	0.8782
15°~20°旱地比例	-0.3107	0.1210	-2.5675	0.0102
20°~25°旱地比例	-0.1356	0.1289	-1.0527	0.2924
>25°旱地比例	0.0392	0.0149	2.6179	0.0088
<5°水田比例	-0.2767	0.0927	-2.9833	0.0028
5°~10°水田比例	0.1885	0.0578	3.2601	0.0011
10°~15°水田比例	-0.9290	0.1367	-6.7963	0.0000
15°~20°水田比例	0.0328	0.0443	0.7402	0.4591
20°~25°水田比例	3.5848	0.8833	4.0581	0.0000
>25°水田比例	-7.4028	2.0317	-3.6435	0.0002
草地比例	2.2311	1.2762	1.7481	0.0804
林地比例	-0.1416	0.0185	-7.6427	0.0000
人口密度	-0.1379	0.0191	-7.2115	0.0000
GDP 密度	0.0009	0.0004	2.3648	0.0180
农业人口比例	0.0000	0.0000	0.3050	0.7603
第一产业增长值密度	0.0012	0.0033	0.3793	0.7044
第二产业增长值密度	-0.0058	0.0119	-0.4893	0.6246
第三产业增长值密度	-0.0034	0.0009	-3.7867	0.0001
城镇化率	-0.0030	0.0010	-2.8875	0.0038
建设用地指数	0.0004	0.0012	0.3309	0.7406

(类决定系数  $R^2=0.767\ 814$ ,最大似然对数值  $LIK=6.947\ 119$ )。

3.2.4 模型对比及结果分析 衡量模型优度的指标一般有:决定系数  $R^2$ ,最大似然对数值  $LIK$ 、赤池信

息准则  $AIC$ 、施瓦茨准则  $SC$ 。在空间模型中  $R^2$  称类决定系数,实际上是一种伪值<sup>[8]</sup>。因此,衡量空间模

型,最大似然对数值 LIK 是最重要的模型拟合优度衡量指标,LIK 值越大,模型拟合度越好;AIC 和 SC 值越小,说明模型拟合度越好<sup>[9]</sup>。对比三个模型,发现空间滞后模型的 LIK 值最大,三个模型的 AIC 值和 SC 值相差不大。总体来说,空间滞后模型的拟合优度最好、解释力最强、最合理,建议选用空间滞后模型对水土流失进行分析。

空间滞后模型的输出数据显示,在 21 个指标中,5°~10°水田比例、10°~15°水田比例、>25°旱地比例等 13 个因子对水土流失的影响显著( $p < 0.05$ ),农业人口比例、建设用地指数等 8 个因子不显著( $p > 0.05$ )。13 个显著性强的因子中,水田表现尤其明显,由于贵州山高坡陡,土壤表层浅薄,为防治水土流失,近年来一直倡导坡改梯措施,陡坡地转为梯田,因此水田对水土流失的空间分布产生了一定的影响。8 个不显著因子中农业人口比例、建设用地指数、第二产业增加值密度较明显:由于现在部分登记在册的农业人口未从事农业生产,因此农业人口比例并不能完全真实地体现农业人口与水土流失的相关性;贵州建设用地指数较发达地区小,且建设用地一般较平整,多硬化,因此水土流失与建设用地指数表现出较弱的相关性;贵州第二产业欠发达,且零散分布(Moran's I 系数趋近于 0,空间上随机分布),因此第二产业增加值密度与水土流失的相关性弱。

## 4 结论与讨论

(1) 对贵州省 88 个县(市)水土流失进行空间自相关分析,其结论为:贵州水土流失在空间上呈正相关,空间分布具有一定的聚集性。水土流失严重的区域主要集中在贵州西北部中山峡谷煤炭优势区,包括水城县、纳雍县、赫章县、大方县、毕节市;这些县市的特点是:地势较高、降水集中、森林覆盖度低等,且该地区特有的煤矿开采,都有增加水土流失的可能性。水土流失较轻的区域区主要分布在经济发达的黔中高原经济核心区和社会经济较落后的黔东南低山丘陵农林优势区和黔南中山河谷立体农业优势区,包括云岩区、南明区、花溪区、白云区、乌当区、清镇市、三都县、凯里市、剑河县、玉屏县、黄平县等;这些县市地势低、降水量较丰富,森林覆盖率较高,使得该区域的水土流失程度较轻。

(2) 对水土流失与社会经济指标进行双变量空间分析,旱地与水土流失相关性强的地区主要分布在黔中地区,相关性弱的地区集聚在黔南、黔东南及黔北的部分县市;水田与水土流失相关性强的地区主要

分布在黔中地区,相关性弱的地区主要分布在黔东北、黔西北地区。旱地和水田对水土流失空间集聚分布的影响不一样,因此,在探究水土流失与坡耕地的相关性时,应该分别对二者作研究。

(3) 目前针对水土流失的研究主要是利用经典线性回归模型对水土流失的影响因子进行分析,忽略了水土流失的空间自相关性,本研究引入了空间效应,建立了水土流失的空间滞后模型和空间误差模型,三个模型对比,空间滞后模型的拟合优度最好,解释水土流失和社会经济因子之间关系的能力最强,能够更贴切地模拟贵州水土流失与社会经济的相关性。

(4) 空间滞后模型中 5°~10°旱地、10°~15°水田、20°~25°水田、>25°水田、林地、人口密度、第三产业增加值密度这 7 个因素对水土流失影响的显著性高;总的来说,土地利用方式和人口密度对水土流失的影响在社会经济因子中是最重要的;因此,资源的合理配置及正确的人口政策是贵州水土流失防治的重点。

### 参考文献:

- [1] 任勇,毕华兴. 水土流失社会经济因素作用机制分析[J]. 中国水土保持,1998(1):26-28.
- [2] 杨振,牛叔文,吴文恒. 陇中黄土高原水土流失的人支因素分析[J]. 干旱区资源与环境,2005(6):124-128.
- [3] 潘尧虎,刘春雨,张伟强,等. 陇东黄土高原土壤侵蚀的人文因素及经济损失分析:以甘肃省水保世行贷款二期项目区为例[J]. 现代农业,2007(8):67-69.
- [4] 朱金方,全占军,王琦,等. 乌兰木伦河径流量衰减驱动因素研究[J]. 水土保持研究,2014,21(1):34-38.
- [5] 李月臣,刘春霞. 三峡库区(重庆段)水土流失的社会经济驱动机制研究[J]. 水土保持研究,2010,17(5):222-225.
- [6] 水利部,中国科学院,中国工程,中国水土流失防治与生态安全:水土流失数据卷[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [7] 郭然,王效科,欧阳志云,等. 中国土地沙漠化、水土流失和盐渍化的原因和驱动力:总体分析[J]. 自然资源学报,2004,19(1):119-127.
- [8] 刘敏,赵翠薇,施明辉. 贵州山区土地利用变化多尺度空间自相关分析[J]. 农业工程学报,2012,28(20):239-246.
- [9] 温海珍,张之礼,张凌. 基于空间计量模型的住宅价格空间效应实证分析:以杭州市为例[J]. 系统工程理论与实践,2011,31(9):1661-1667.
- [10] 谢花林,刘黎明,李波等. 土地利用的多尺度空间自相关分析:以内蒙古翁牛特旗为例[J]. 地理学报,2006,4(61):389-400.
- [11] 封磊,洪伟等. 福州市人口分布的空间自相关分析[J]. 江西农业大学学报,2008,30(3):569-574.
- [12] Anselin L. Spatial Econometrics: Methods and Models [J]. Studies in Operational Regional Science, 1988,85(411):310-330.