

基于 GIS 的石漠化山区县域土地利用 空间变化的生态风险测度

彭文君¹, 舒英格^{1,2}

(1. 贵州大学 资源与环境工程学院, 贵阳 550025; 2. 贵州大学 农学院, 贵阳 550025)

摘要:为深入探寻石漠化山区土地利用动态变化的空间规律和土地生态环境的演变方向,利用晴隆县 1988 年、2000 年、2016 年 3 期遥感影像数据,在 RS 与 GIS 技术支持下运用土地利用动态变化空间分析模型、空间变化率指数、土地生态风险指数、土地利用变化综合生态风险度来测度土地利用变化对土地生态环境造成的风险。结果表明:(1)耕地、草地、未利用地三种用地类型间的剧烈转化,使研究区土地生态环境逐渐恶化;(2)人口上涨、城镇化进程加快、城乡工矿及居民用地极速扩张等对研究区的土地生态安全造成威胁;(3)近 30 年间土地生态风险程度呈先增大后减小趋势,但后 16 年间土地利用程度综合指数的增大、植被覆盖指数和多样性指数的减小,说明研究区存在石漠化程度加深、景观类型单一、生态稳定性差、土地生态风险概率加大等问题,晴隆县土地生态状况仍有恶化的趋势。土地利用变化的综合生态风险度与土地生态风险指数的测算结果相互印证,说明将上述方法用于评价石漠化山区县域土地利用变化的生态风险是可行的。

关键词:土地利用;土地生态风险;GIS;空间变化;石漠化

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)01-0342-07

Assessment on Ecological Risk of Land Use Spatial Change at County Level in the Rocky Desertification Mountainous Area Based on GIS

PENG Wenjun¹, SHU Yingge^{1,2}

(1. College of Resources and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. College of Agriculture, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: In order to explore the spatial evolution law of land use dynamic change and the evolution direction of land ecological environment in rocky desertification mountain area, the basic data were obtained from the 3 remote sensing images of Qinglong County in 1988, 2000 and 2016. With the support of RS and GIS technology, the land ecological environment risks caused by land use change in the study area were calculated by using the spatial analysis model of land use dynamic change, spatial change rate index, land ecological risk index, comprehensive ecological risk levels of land use change. The results showed that with the drastic transformation following cultivated land, grassland and unused land, the regional land ecological environment gradually deteriorated; the rising population, acceleration of urbanization process, and urban industrial land rapid expansion were threatening the ecological security of the land in the study area; in recent 30 years, the degree of land ecological risk increased first and then decreased, but in the last 16 years, the increase of comprehensive index of land use degree, the decrease of vegetation coverage index and diversity index proved that there were some problems such as the rocky desertification degree, the single landscape type, the poor ecological stability and the increasing probability of land ecological risk, the land ecological condition in Qinglong County was still deteriorating. Mutual corroboration between the results of comprehensive ecological risk levels of land use and land ecological risk index certified that it is feasible to use these methods mentioned above to evaluate the ecological risk of land use change in counties of rocky desertification mountainous area.

Keywords: land use; land ecological risk; GIS; spatial variation; rocky desertification

土地利用生态风险用于描述和评价人为活动、自然灾害或者环境污染对生态系统结构和功能所造成的影响^[1]。研究土地利用的分布和变化,能进一步解释人类定居和资源利用的空间格局^[2],其直接影响着土地生态系统的健康,因此,在探索土地利用动态变化的基础上研究土地生态风险,对土地资源的合理利用和实现土地生态环境的动态平衡更具现实意义。土地利用空间变化是一个极复杂的过程,它不但受自然因素的制约,而且受到社会、经济等的影响,具有很强的综合性和地域性^[3]。随着人类对土地资源开发程度的不断增强,土地资源面临着更大的生态风险,如何量化该风险,以制定相应的预防、解决措施已成为目前学术界的研究重点。Laura E. Jackson^[4]认为研究土地生态风险目的是给导致高风险地区的原因排序,并告知当地的规划和决策部门,使区域和累积的生态退化最小化;L. L. Ubugunov^[5]论证了利用风险分析技术进行荒漠化生态评价的可能性;孙琦^[6]利用GIS空间分析方法进行矿区土地损毁的风险源与风险受体评价;吴金华^[7]对土地整治规划进行生态风险评价,并提出相应的风险管理决策;Zhang Chang-Qing^[8]建立了土地利用生态风险评价模型,并利用多元线性回归和主成分分析法对土地利用生态风险进行了预测。刘引鸽^[9]采用层次分析法和综合指数法,建立自然、社会、经济压力生态风险指标体系,对土地利用结构生态风险进行估算;徐兰等^[10]通过构建景观生态风险评价模型,研究了土地利用变化对农牧交错带典型流域生态风险的影响。

可见,在研究内容上包括了对生态退化、荒漠化生态评价、土地损毁生态风险、土地整治规划生态风险等的研究。在研究方法上主要采用多元线性回归、主成分分析法、层次分析法、综合指数法、构建景观生态风险评价模型等对土地利用生态风险进行评价。在研究尺度上涵盖了省^[11]、市^[12]、县^[13],研究区域涉及了流域^[14]、绿洲^[15]、平原^[16]、高原^[17]等。但是针对石漠化山区,对土地利用空间变化及土地生态风险的研究却极少,并且在已有研究中多以短时间跨度的分析为主,时间较为久远,忽略了长时间的演变过程分析和近年来的变化状况。因此,本文以贵州省典型石漠化山区晴隆县为例,重点研究该区域1988—2016年土地利用空间上的变化及其对土地生态产生的风险,以揭示石漠化山区近30a的土地利用空间变化生态风险演变趋势,以期对贵州省乃至全国范围内的石漠化地区土地资源的可持续发展及土地生态安全的保护提供一定的参考依据。

1 研究区概况

晴隆县地处贵州省西南侧,黔西南布依族苗族自治州的东北角(105°01′—105°25′E,25°33′—26°11′N),占地13.27万hm²,现辖8个镇、6个乡(其中1个民族乡)。境内地形起伏大,最高点海拔2025m,最低点海拔543m,受北盘江及其支流的强烈切割,切深达500~700m,属深切切割岩溶侵蚀山区,具有沟壑纵横、岩溶发育强烈、落差大、地表干旱缺水等特征,10°—20°坡度占全县坡度总面积的40.52%,20°以上的坡度占48.05%。属温凉湿润的高原亚热带季风气候区,阴雨天多,日照少,湿度大,年均降水量1200mm,属于贵州降水量最多的区域之一。土壤类型有黄壤、黄棕壤、红壤、紫色土、石灰土、水稻土等,土壤浅薄、基岩裸露度高、成土速度十分缓慢、生产力较低,属于贵州省内典型的高山石漠化贫困地区,石漠化面积达到8.85万hm²,占全县土地面积的66.70%。该县生态环境十分脆弱,75%的耕地呈条形小块坡地,保土、保肥、保水能力极差,自然灾害频繁。严重的土地石漠化是导致晴隆县成为国家级贫困县的重要原因,人均耕地仅0.051hm²,2015年黔西南布依族苗族自治州的GDP为801.65亿元,人均GDP为2.85万元,而晴隆县GDP仅有55.13亿元,人均GDP1.65万元。从80年代末至今,石漠化严重加剧,现已达到全省石漠化的40.56%。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究所使用的基础数据源选取覆盖晴隆县的TM和OLI_TRIS三期遥感影像数据,分辨率都为30m,行列索引幅128/42,时相分别为1988年9月15日(Landsat4—5 TM卫星数据),2000年11月3日(Landsat4—5 TM卫星数据),2016年3月20日(Landsat 8 OLI_TRIS卫星数据)。在ENVI 5.1, Google Earth 7.1.5, ArcGIS 10.2软件平台下,经过几何校正,采用监督分类和人工目视解译相结合的方法,获取三年的土地利用现状图及土地利用变化转移矩阵等土地利用分类信息。根据中科院提出的土地利用类型划分方法^[18],将晴隆县土地利用类型分为:耕地、林地、草地、水域、城乡工矿及居民用地、未利用地共6类用途,利用ENVI 5.1中的Confusion Matrix工具逐一对各期影像的处理结果执行精度评估,Kappa系数分别为0.99,0.80,0.91,其精度能满足研究需要。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用动态变化空间分析模型 为了测度

区域土地利用变化在研究期间的活跃和强烈程度,本文引用土地利用动态变化空间分析模型,着重分析土地利用转化过程中转移和新增部分的具体动态变化^[19],其计算公式为:

$$IRL_i = \frac{LA_{(i,t_2)} - ULA_i}{LA_{(i,t_1)}} / (t_2 - t_1) \times 100\% \quad (1)$$

$$TRL_i = \frac{LA_{(i,t_1)} - ULA_i}{LA_{(i,t_1)}} / (t_2 - t_1) \times 100\% \quad (2)$$

$$CCL_i = \frac{(LA_{(i,t_2)} - ULA_i) + (LA_{(i,t_1)} - ULA_i)}{(t_2 - t_1) \times 100\%} = TRL_i + IRL_i \quad (3)$$

式中:TRL_{*i*}表示第*i*种土地利用类型的转出速率;IRL_{*i*}表示第*i*种土地利用类型的转入速率;CCL_{*i*}表示第*i*种土地利用类型的空间变化速率;LA_{*(i,t₁)*}表示研究初期第*i*种土地利用类型的面积;ULA_{*i*}表示研究期间第*i*种土地利用类型未变化部分的面积;LA_{*(i,t₁)*} - ULA_{*i*}为研究期间第*i*种土地利用类型转移部分的面积;LA_{*(i,t₂)*} - ULA_{*i*}表示研究期间新增部分面积;*t₁*,*t₂*分别表示研究期初、期末的时间。

2.2.2 土地利用空间变化率指数 土地利用动态变化空间分析模型能有效刻画土地利用类型的空间变化速率,但缺乏针对各土地利用类型相互转化剧烈程度的描述。为此,本文引入土地利用空间变化率指数,旨在测算研究期间某土地利用类型空间变化的规模 and 变化程度^[20]。其计算公式为:

$$F_i = \frac{\Delta V_i}{A} \times \frac{1}{(t_2 - t_1)} \times 100\%$$

$$\Delta V_i = [LA_{(i,t_2)} - ULA_i] + [LA_{(i,t_1)} - ULA_i]$$

表 1 土地利用指标及景观指标

序号	指标	表达式	参数含义	定义及意义
(6)	土地利用程度综合指数	$L_j = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i$	<i>L_j</i> 为研究区土地利用程度综合指数; <i>A_i</i> 为研究区第 <i>i</i> 类土地利用程度分级指数; <i>C_i</i> 为研究区第 <i>i</i> 类土地利用程度分级面积百分比; <i>n</i> 为土地利用程度分级数	指土地利用的广度和深度,不仅能体现土地的自然属性,也能体现人类社会与自然环境作用的综合效应
(7)	耕地垦殖指数	$K = \frac{F}{L} \times 100\%$	<i>F</i> 为耕地面积; <i>L</i> 为土地总面积	指区域内耕地开垦状况
(8)	植被覆盖指数	$C = \frac{W+G}{L} \times 100\%$	<i>W</i> 为林地面积; <i>G</i> 为草地面积; <i>L</i> 为土地总面积	指区域内植被覆盖状况
(9)	破碎度指数	$FN = \frac{N}{A}$	<i>N</i> 为景观中各类斑块总数; <i>A</i> 为景观的总面积	指景观被分割的破碎程度,体现景观空间结构的复杂性,在一定程度上反映了人类对景观的干扰程度
(10)	景观多样性指数	$H = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i$	<i>P_i</i> 为景观类型 <i>i</i> 所占面积比例; <i>m</i> 为研究区土地利用类型数量	指斑块类型的多少和各类型在空间上分布的均匀程度,即表征景观中斑块的复杂性、类型的齐全程度或多样性状况
(11)	景观优势度指数	$D = H_{\max} + \sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)$	<i>H_{max}</i> 为最大多样性指数	用于测定景观结构组成中斑块类型支配景观的程度,表示一种或几种类型斑块在一个景观中的优势或程度

$$F_i = CCL_i \times LA_{(i,t_1)} / A \quad (4)$$

式中:*F_i*表示第*i*种土地利用类型的空间变化率指数; ΔV_i 表示研究期间该类型土地变化总量;*A*表示研究区面积;*t₁*,*t₂*分别表示研究期初、期末的时间。

2.2.3 土地生态风险指数 土地生态风险指数用于描述研究区内综合生态损失的相对大小,将地类空间结构转化为空间化的生态风险变量,从而建立土地利用类型与区域生态风险的经验联系^[21]。其计算公式为:

$$R_E = \sum_{i=1}^n \frac{A_i R_i}{A_s} \quad (5)$$

式中:*R_E*为土地生态风险指数;*n*为土地利用类型的数量;*A_i*为研究区内第*i*种土地利用类型的总面积;*A_s*为研究区总面积;*R_i*为第*i*种土地利用类型的生态风险强度系数。参考相关文献后^[22],最终确定不同土地利用类型的生态风险强度系数依次为:耕地 0.32,林地 0.14,草地 0.16,水域 0.45,建设用地 0.72,未利用地 0.82。

2.2.4 土地利用变化综合生态风险度的指标选取 本文选取 6 项土地利用指标和景观指标来描述研究区土地生态风险的动态变化情况,见表 1,(6) — (8) 为土地利用指标,(9) — (11) 为景观指标^[23]。

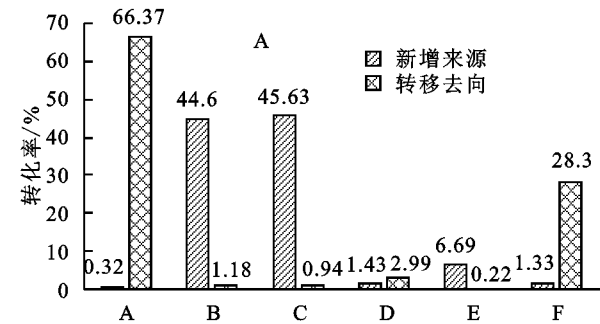
3 结果与分析

3.1 土地利用动态变化的空间类型

使用 ArcGIS 10.2 中 ArcToolbox(Spatial Analyst-Reclassify,Raster Calculator)对三期遥感影像进行处理,得到晴隆县 1988—2000 年、2000—2016 年土地利用空间变化,可以看出晴隆县近 30 a 来各乡镇土地利用类型的变化情况。

前 12 a 间主要发生以下变化:马场乡、莲城镇、光照镇大量未利用地转为林地,大厂镇、碧痕镇、花贡镇、中营镇大量林地转为草地,花贡镇、马场乡大量耕地转为林地,沙子镇、三宝彝族乡、安谷乡大量草地转为林地;后 16 a 间主要发生以下变化:花贡镇、马场乡大量未利用地转为草地,安谷乡、三宝彝族乡大量林地转为草地,莲城镇、光照镇、马场乡大量耕地转为城乡工矿及居民用地,各乡镇均有部分未利用地转为城乡工矿及居民用地,其中莲城镇分布最密集,晴隆县北部有部分城乡工矿及居民用地转为水域和林地、南部有大量水域转为草地和未利用地。

根据不同土地利用类型新增来源及转移去向(图 1),可知:1988—2000 年期间(图 1A),耕地变化最为

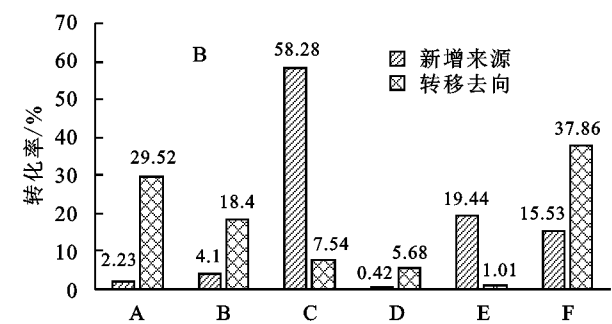


注:A 表示耕地;B 表示林地;C 表示草地;D 表示水域;E 表示城乡居民地;F 表示未利用地。

图 1 晴隆县各地类转移动向

对三期遥感数据进行动态监测操作,可以获得两个时段土地利用类型面积转移矩阵(表 2—3)。总体来看从 1988—2016 年,耕地面积在持续减少,耕地的流出方向主要为林地、草地、城乡工矿及居民用地;林地和草地面积有所增加,除了耕地所做的贡献外,另一个主要流入方向为未利用地;城乡工矿及居民用地在这一时期有一定的扩张,大多来自耕地和未利用

强烈,其转移去向在各类用地中占比最大(66.37%),新增来源却占比最小(0.32%),主要转为林地、城乡工矿及居民用地,可见区域耕地的净面积在急剧减少,城乡建设用地增加和农业产业结构调整是耕地面积锐减的重要原因;草地的新增来源占比最大(45.63%),主要来自耕地和未利用地;城乡工矿及居民用地的转移去向占比最小(0.22%)。2000—2016 年期间(图 1B),未利用地的转移去向在各类用地中占比最大(37.86%),主要转为了草地和城乡工矿及居民用地,草地的新增来源在各类用地中占比最大(58.28%),主要来自耕地、林地、未利用地。城乡工矿及居民用地转移去向占比最小(1.01%),水域的新增来源占比最小(0.42%)。



地;水域范围在缩小,流出方向为草地和未利用地;由于转化为林地、草地、城乡工矿及居民用地,未利用地的面积在持续减少。

分时段看,1988—2000 年,土地利用类型主要在耕地、林地、草地、未利用地间转化;2000—2016 年,土地利用类型主要在耕地、草地、城乡工矿及居民用地、未利用地间转化。

表 2 1988—2000 年晴隆县土地利用类型面积转移矩阵

土地利用类型		1988 年						hm ²
		耕地	林地	草地	水域	城乡工矿及居民用地	未利用地	
2000 年	耕地		4283.10	2576.92	44.84	415.08	33.48	
	林地	11.94		97.74	4.83	6.30	10.35	
	草地	5.02	14.69		83.73	0.46	0.24	
	水域	1.83	6.11	221.17		1.12	100.67	
	城乡工矿及居民用地	0.46	14.50	5.17	2.08		2.46	
	未利用地	16.10	623.38	2155.13	23.35	317.86		
	转入量	35.35	4941.78	5056.13	158.83	740.82	147.20	
	变化量	-7318.07	4810.62	4951.99	-172.07	716.15	-2988.62	

3.2 土地利用动态变化的空间特征

由表 4 可知,1988—2016 年研究区域未利用地的空间变化最为活跃,城乡工矿及居民用地次之,都呈现很强烈的扩张态势,其中,未利用地的空间变化速率从前一时段的 3.32% 上升到后一时段的

7.04%,城乡工矿及居民用地从 2.24% 上升到 3.98%,林地的空间变化最小,且空间变化速率从 0.85% 下降到了 0.28%。对比前后两个时段的空间分析模型,从转出速率和转入速率角度可以发现整体上晴隆县后期的变化比前期快。具体来看,1988—2000 年,

未利用地的转出速率最快(3.17%),林地的转出速率最慢(0.02%);城乡工矿及居民用地的转入速率最快(2.17%),耕地的转入速率最慢(0.01%)。2000—2016 年,仍然是未利用地转出速率最快(4.99%),城乡工矿及居民用地转出速率最慢(0.20%);而城乡工

矿及居民用地转入速率最快(3.78%),耕地转入速率最慢(0.04%)。可见,两个时段均为未利用地转出速率最快、城乡工矿及居民用地转入速率最快、耕地的转入速率最慢,说明在此期间晴隆县占用大量未利用地和耕地来满足城镇化发展的需要。

表 3 2000—2016 年晴隆县土地利用类型面积转移矩阵

hm²

土地利用类型		2000 年					
		耕地	林地	草地	水域	城乡工矿及居民用地	未利用地
2016 年	耕地		393.54	2375.91	2.65	479.09	19.97
	林地	98.96		981.15	36.88	182.71	738.65
	草地	90.06			5.12	1.99	737.97
	水域	1.68	3.9	402.67		0.75	220.08
	城乡工矿及居民用地	16.91	22.22	67.27	1.04		4.45
	未利用地	39.87	34.23	2630.36	1.02	1489.01	
	转入量	247.48	453.89	6457.36	46.71	2153.55	1721.12
	变化量	-3023.68	-1584.46	5622.22	-582.37	2041.66	-2473.37

表 4 晴隆县土地利用类型空间变化速率 %

土地利用类型	1988—2000 年			2000—2016 年		
	TRL	IRL	CCL	TRL	IRL	CCL
耕地	1.39	0.01	1.40	0.56	0.04	0.60
林地	0.02	0.83	0.85	0.23	0.05	0.28
草地	0.04	1.86	1.90	0.19	1.46	1.65
水域	0.90	0.43	1.33	1.37	0.10	1.47
城乡工矿及居民用地	0.07	2.17	2.24	0.20	3.78	3.98
未利用地	3.17	0.15	3.32	4.99	2.05	7.04

3.3 土地利用类型空间变化的剧烈程度

由表 5 可知,1988—2000 年耕地变化最为明显,达到 47.23%,说明耕地与其他类型土地利用间空间转化的幅度最大、变化最为剧烈;林地和草地剧烈程度也较为明显,分别为 32.40%和 32.95%。2000—2016 年草地变化最为明显,达 34.86%,未利用地次之,为 28.27%。从前后两个时段变化情况来看,除了耕地和林地,其他用地类型的空间变化率后期均大

于前期,说明随着该区域土地利用类型间相互转化越来越频繁,空间动态变化也愈加突出。

表 5 晴隆县土地利用类型空间变化率指数 %

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	城乡工矿及居民用地	未利用地
1988—2000	47.23	32.40	32.95	3.10	4.88	20.91
2000—2016	16.89	11.70	34.86	3.23	10.84	28.27

3.4 土地生态风险空间分析

根据公式(5)可得晴隆县 1988 年、2000 年、2016 年的土地生态风险指数,分别为 0.215,0.244,0.236,可见晴隆县近 30 a 的土地生态风险程度呈现先增大后减小的趋势。通过计算可得各乡镇的土地生态风险指数(表 6):近 30 a 来,在晴隆县的 14 个乡镇中,只有 3 个乡镇的土地生态风险指数是增大的,其余乡镇的土地生态风险指数均下降,说明晴隆县整体上的土地生态风险可能发生的综合性概率有所降低。

表 6 1988 年、2016 年晴隆县各乡镇土地生态风险指数

乡镇名	1988 年	2016 年	变化量	乡镇名	1988 年	2016 年	变化量
光照镇	0.318	0.215	-0.103	碧痕镇	0.229	0.198	-0.031
花贡镇	0.235	0.281	0.046	马场乡	0.382	0.264	-0.118
鸡场镇	0.238	0.246	0.008	长流乡	0.269	0.263	-0.006
莲城镇	0.286	0.238	-0.048	三宝彝族乡	0.220	0.208	-0.012
中营镇	0.285	0.250	-0.035	安谷乡	0.235	0.234	-0.001
沙子镇	0.250	0.243	-0.007	紫马乡	0.228	0.207	-0.021
大厂镇	0.203	0.208	0.006	大田乡	0.298	0.235	-0.063

将生态风险分为低、中、高三个等级,各区间以 0.1 等距划分:0.1<R_E≤0.2(低生态风险级),0.2<R_E≤0.3(中生态风险级),0.3<R_E≤0.4(高生态风险级),通过 ArcGIS 10.2 平台得到 1988 年和 2016 年各乡镇土地生态风险空间分级图(图 2)。可以清楚地看到,晴隆县各乡镇的土地生态风险区域性不明显,大多乡镇

处于同一风险等级,1988 年时生态安全状况较差,全县均处在中等风险及以上,其中马场乡和光照镇生态安全状况最为恶劣,达到了高生态风险级。到 2016 年时,部分乡镇生态安全状况得到改善,其中马场乡、光照镇、碧痕镇均降低了一个风险等级,但是全县仍处于中等风险状态,生态安全状况有待进一步的改善。

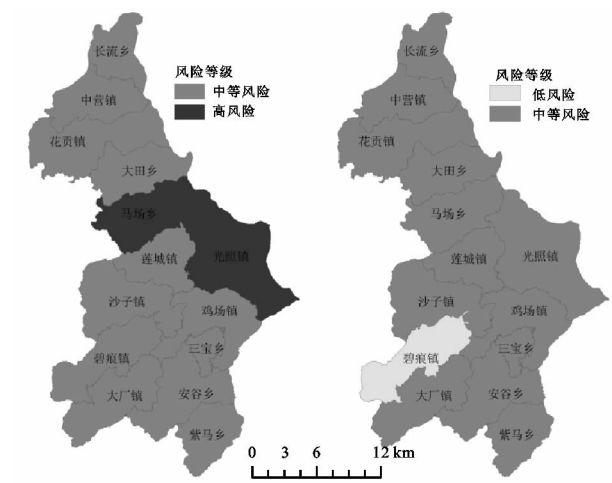


图 2 1988—2016 年晴隆县各乡镇土地生态风险空间分级
通过上文对土地利用动态变化的类型和特征的

表 7 1988 年、2000 年、2016 年晴隆县土地利用变化综合生态风险度

时间	土地利用程度 综合指数	耕地垦殖 指数	植被覆盖 指数	破碎度 指数	多样性 指数	优势度 指数	风险度
风险符号	+	+	—	+	—	—	Σ
1988 年	0.334	0.385	0.301	0.224	0.331	0.325	-0.014
2000 年	0.331	0.321	0.341	0.470	0.334	0.339	0.108
2016 年	0.335	0.295	0.358	0.306	0.335	0.336	-0.093

研究区域的土地利用变化综合生态风险度从 1988 年的-0.014 上升到 2000 年的-0.108,又下降到 2016 年的-0.093,生态风险度呈现先增大后减小趋势,这与上文中利用土地生态风险指数的研究结果相互印证,说明该评价模型用于评价石漠化山区县域土地利用生态风险是可行的。具体来看,耕地垦殖指数、植被覆盖指数、多样性指数一直减小;土地利用程度综合指数、优势度指数先减小后增大;破碎度指数先增大后减小。分析如下:

(1) 耕地垦殖指数一直减小,因为研究区农业技术和硬件设施落后,加之宜农荒地开垦潜力有限,使得研究区已开垦种植的耕地面积占土地总面积的比例持续下降,且耕地质量得不到保障,致使这一时期土地生态风险加剧。

(2) 植被覆盖指数一直减小,由于晴隆县地处亚热带湿热环境中,气候温和,雨水集中,光热资源丰富,为喀斯特地貌的强烈发育和土壤淋溶提供了必要的侵蚀能力和溶蚀条件,导致强烈的岩溶化进程,加上人为的毁林开荒、森林植被的破坏、垦草种粮、土地的不合理利用等使晴隆县石漠化程度不断加深,其直接表现在植被覆盖率下降,对该区域的生态安全造成严重影响。

(3) 多样性指数一直减小,表现在各景观类型所占比例差异增大,说明景观类型逐渐趋于单一化、不均匀化,生态系统稳定性差,生物多样性也随之受到

分析,可以发现耕地、草地、未利用地三种土地利用类型间的转化是晴隆县最为主要的土地利用变化形式。特别是位于中部地区,耕地和草地相互交织,加之三种类型用地转化剧烈,使该部分区域生态环境表现出脆弱性,随之区域生态风险发生的可能性相继增大。

3.5 土地利用变化的综合生态风险度分析

综合以上土地利用指数和景观指数的分析,可知:植被覆盖指数、多样性、优势度越大,风险程度越小,因此计算风险指数时取负号;土地利用程度综合指数、耕地垦殖指数、破碎度越大,风险程度越大,计算风险指数时取正号^[24]。将土地利用程度综合指数、耕地垦殖指数、植被覆盖率、多样性、优势度、破碎度归一化后,加和得到 1988 年、2000 年、2016 年的晴隆县土地利用变化综合生态风险度(表 7)。

影响,最终会造成生境的退化。

(4) 土地利用程度综合指数先减小后增大,前 12 a 间由于研究区自然属性的可利用程度高,人类对其干扰程度较低,但后 16 a 间,由于土地利用处于发展时期,人类有意识对土地资源进行大面积开发利用,随着交通的便捷度不断加强,开展土地利用操作的通达性提升,因此这一时期晴隆县土地利用程度综合指数增大。

(5) 优势度指数先减小后增大,优势度指数用于描述景观由少数几类斑块控制的程度,表现在研究区域内少数景观类型占主导地位,各景观类型的比例差异较大。主要是由于耕地在景观类型中所占比重减小,城镇用地所占比例提高,导致对景观的控制作用增强。

(6) 破碎度指数先增大后减小,破碎度指数指土地利用分割的破碎程度,它的增大说明原来较大面积连续的的土地类型在干扰下被分割成很多面积较小的斑块。从生态学的角度来看,平均斑块面积减小会影响到种群的大小和灭绝的速率^[25],从而加大了风险概率。反之,会使风险概率有所下降。

4 结 论

本文以遥感数据为基础,借助 ArcGIS 10.2 软件平台,在探讨石漠化山区县域土地利用空间变化规律的基础上,引入土地生态风险评价方法,使得人类干

扰下的土地利用与区域生态风险形成有机结合体,为及时掌握现势性土地利用变化的空间动态分布信息提供了有效依据,旨在为区域土地生态环境的管理提供理论基础和可量化的决策支持,为保护我国石漠化地区土地生态安全提供一定的参考。

(1) 对土地利用空间类型和特征分析可得:根据用地类型间的空间变化程度,1988—2000 年,晴隆县耕地和未利用地属于高速衰退型地类,归因于“八五”期间,黔西南州加快了基础工业建设的步伐,除了占用大面积未利用地外,建设所需土地通常要求在地势平坦、宽阔的地方,往往是耕地分布的主要地区,这就造成了耕地面积迅速衰减;草地属于高速扩张型地类,除了耕地转为草地外,林地、水域、未利用地也大量向草地转化,这与该时期晴隆县石漠化程度加深有关。2000—2016 年,城乡工矿及居民用地属于极速扩张型地类,由于从 2001—2015 年的三个五年计划期间,晴隆县各级各部门积极抢抓西部大开发和新一轮扶贫开发的机遇,施行了大量基础保障建设,同时,城镇化的发展也使得城乡工矿及居民用地极速扩张。

(2) 对土地生态风险空间分析可得:晴隆县近 30 a 的土地生态风险指数呈现先增大后减小的趋势,从各乡镇来看,除了 3 个乡镇的土地生态风险指数是增大的,剩余乡镇的土地生态风险指数均下降,说明晴隆县整体上的生态风险可能发生的综合性概率有所降低。但是到目前为止全县除碧痕镇属低风险级以外,其余仍处于中等风险状态,生态安全状况有待进一步的改善。这与土地利用空间变化的结果相符,耕地、草地、未利用地三种土地利用类型间的剧烈转化,使该部分区域生态环境愈发脆弱,区域生态风险等级也居高不下。土地生态风险指数能够较好地评价土地生态环境状况,针对以上问题,相关部门应该对晴隆县中等和高土地生态风险区高度重视,对低土地生态风险区要进一步加强建设,争取使结构更加合理,总之,要努力降低土地生态风险等级,保障土地生态安全,早日实现零风险目标。

(3) 对土地利用变化的综合生态风险度分析可得:综合生态风险度呈现先增大后减小趋势,与土地生态风险指数的测算结果相一致。随着时间的推移,土地利用结构的改变导致了土地生态风险程度的改变,研究区人口上涨、城镇化进程加快、城乡工矿及居民用地极速扩张等都对研究区的土地生态安全造成威胁。虽然从 2000—2016 年土地利用变化综合生态风险度有所下降,但土地利用程度综合指数增大、植被覆盖指数和多样性指数在减小,突显了石漠化程度加深、景观类型单一、生态稳定性差、土地生态风险概率加大等问题。因此,晴

隆县土地生态状况仍然有恶化的趋势。

结果表明,研究区土地利用动态变化空间结构分析、土地生态风险的综合指标测度均能较全面地反映该区域土地生态环境的演变趋势,实现了土地生态风险值的空间化和可视化,有利于制定基于不同土地生态风险值的分级分区预防及治理措施,且针对研究区的土地生态风险指数与土地利用变化的综合生态风险度测算结果一致。由此说明采用此类方法研究石漠化山区的土地利用空间变化的生态风险是可行的,本文仅对特定区域过去近 30 a 的土地生态风险进行探究,土地利用变化的生态风险预测研究将是未来探索的方向。

参考文献:

- [1] 谢花林. 基于景观结构和空间统计学的区域生态风险分析[J]. 生态学报, 2008, 28(10): 5020-5026.
- [2] 李秀彬. 土地利用变化的解释[J]. 地理科学进展, 2011, 21(3): 195-203.
- [3] 张明鑫, 谢树春, 李陇堂. 宁夏中卫市沙坡头区近 13 年土地利用空间布局变化及环境健康效应[J]. 经济地理, 2016(2): 176-181.
- [4] Jackson L E, Bird S L, Matheny R W, et al. A regional approach to projecting land-use change and resulting ecological vulnerability[J]. Environmental Monitoring & Assessment, 2004, 94(1/3): 231-248.
- [5] Ubugunov L L, Kulikov A I, Kulikov M A. On the application of risk analysis technology for assessment of the ecological hazard of desertification (by the example of Republic of Buryatia)[J]. Contemporary Problems of Ecology, 2011, 4(2): 178-185.
- [6] 孙琦, 白中科, 曹银贵, 等. 特大型露天煤矿土地损毁生态风险评价[J]. 农业工程学报, 2015, 31(17): 278-288.
- [7] 吴金华, 张伟, 刘小玲. 基于 RRM 模型的神木县土地整治规划生态风险评价[J]. 中国土地科学, 2014(3): 76-82.
- [8] Zhang C Q, Dong B, Liu L, et al. Study on ecological risk assessment for land-use of wetland based on different scale[J]. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 2016, 44(5): 1-8.
- [9] 刘引鸽. 基于土地利用的陕西省生态风险分析[J]. 水土保持通报, 2011, 31(3): 180-184, 189.
- [10] 徐兰, 罗维, 周宝同. 基于土地利用变化的农牧交错带典型流域生态风险评价: 以洋河为例[J]. 自然资源学报, 2015, 30(4): 580-590.
- [11] 王点, 廖富强, 齐述华, 等. 江西省土地利用生态风险评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2016(S1): 186-189.
- [12] 胡金龙, 王金叶, 郑文俊, 等. 基于土地利用变化的桂林市区生态风险评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2013(3): 84-88.

- 模式研究[J]. 干旱区地理, 2014, 37(3): 601-607.
- [5] 李玉平, 蔡运龙. 确保中国粮食安全的根本途径[J]. 干旱区地理, 2008, 31(6): 95-99.
- [6] 黎东升, 曾靖. 经济新常态下我国粮食安全面临的挑战[J]. 农业经济问题, 2015(5): 45-46.
- [7] 王勇, 陈印军, 易小燕, 等. 耕地流转中的“非粮化”问题与对策建议[J]. 中国农业资源与区划, 2011, 32(4): 14-15.
- [8] 钱昱如, 邱道持, 王玲燕. 基于主成分分析的流转农地用途变化动力研究[J]. 中国土地科学, 2009, 23(9): 49-50.
- [9] 张光前. 粮食安全的警钟要始终长鸣[J]. 中国粮食经济, 2008(2): 24-26.
- [10] 苏纪涛. 浅析土地流转对粮食安全的负面影响及解决措施[J]. 经济研究导刊, 2011(6): 41-42.
- [11] Chiara M T, Peter N. Valuing Environmental and health risk in agriculture: A choice experiment approach to pesticides in Italy [J]. Ecological Economics, 2008, 67(4): 598-607.
- [12] 马爱慧, 蔡银莺, 张安录. 基于土地优化配置模型的耕地生态补偿框架[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(10): 96-101.
- [13] 牛海鹏, 张安录. 耕地利用效益体系重构及其外部性分析[J]. 中国土地科学, 2009, 23(9): 26-29.
- [14] Silvia T. External effects of agricultural production in Italy and environmental accounting[J]. Environmental and Resource Economics, 1999(13): 459-472.
- [15] 陈艳蕊, 赵凯, 王志晓, 等. 基于 CVM 耕地资源利用的外部性评估: 以河南省内黄县为例[J]. 资源科学, 2011, 33(3): 528-531.
- [16] 卢李朋, 张杰, 张胜武, 等. 甘肃省粮食生产的多尺度及关联分析[J]. 干旱区地理, 2014, 37(2): 397-404.
- [17] 孙海兵. 耕地外部效益评估研究进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(12): 330-333.
- [18] 吴迪梅, 张从, 孟凡乔. 河北省污水灌溉农业环境污染经济损失评估[J]. 中国生态农业学报, 2004, 2(12): 176-178.
- [19] 孙成胜, 蔡小冬, 张仁陟. 基于 GIS 的白银区耕地耕层土壤重金属空间分异及污染评价[J]. 干旱区地理, 2014, 37(4): 750-758.
- [20] 陈印军, 方琳娜, 杨俊彦. 我国农田土壤污染状况及防治对策[J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(4): 1-3.
- [21] 杨爱民, 庞有权, 李铁铮, 等. 水土流失经济损失计量研究评述[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(1): 108-110.
- [22] 肖士恩, 雷家骕. 中国环境污染损失测算及成因探析[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 12(21): 70-74.
- [23] 胡庆年, 陈海棠, 王浩. 化学需氧量、二氧化硫排污权价格测算[J]. 水资源保护, 2011, 27(4): 79-82.

(上接第 348 页)

- [13] 施婷婷, 许章华. 2005—2014 年平潭县土地利用变化及生态风险评价[J]. 海南大学学报: 自然科学版, 2016, 34(3): 278-288.
- [14] 赵岩洁, 李阳兵, 邵景安. 基于土地利用变化的三峡库区小流域生态风险评价: 以草堂溪为例[J]. 自然资源学报, 2013, 28(6): 944-956.
- [15] 王文杰, 张永福, 王慧杰. 基于 GIS 干旱区绿洲县域土地利用变化生态风险分析: 以新疆泽普县为例[J]. 水土保持研究, 2016, 23(6): 216-220.
- [16] 孙丽娜, 宋戈. 松嫩高平原黑土区土地利用/覆被变化及其景观生态风险分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 148-153, 158.
- [17] 曾永年, 靳文甦, 王慧敏, 等. 青海高原东部土地利用变化模拟与景观生态风险评价[J]. 农业工程学报, 2014, 30(4): 185-194.
- [18] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14.
- [19] 刘盛和, 何书金. 土地利用动态变化的空间分析测算模型[J]. 自然资源学报, 2002, 17(5): 533-540.
- [20] 李灿, 汤惠君, 王枫, 等. 快速城镇化地区土地利用动态变化的空间测算分析: 以北京市顺义区为例[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(2): 115-123.
- [21] 李玉珍, 张永福, 安放舟. 基于 GIS 的新和县土地利用生态风险分析[J]. 水土保持研究, 2015, 22(1): 172-175, 180.
- [22] 莫宏伟, 任志远. 风沙过渡区土地生态价值及生态风险动态研究: 以陕北神木县为例[J]. 中国沙漠, 2010, 30(2): 357-362.
- [23] Xia Qian, Song Guoli. Based on Changes in Land Use and Landscape Structure in Yueqing Bay Wetland Ecological Risk Analysis [C] // Intelligent Information Technology Application Association. Proceedings of 2011 International Conference on Ecological Protection of Lakes-Wetlands-Watershed and Application of 3S Technology (EPL-WW3S2011 V1). Intelligent Information Technology Application Association, 2011: 278-283.
- [24] 刘勇, 张红, 尹京苑. 基于土地利用变化的太原市土地生态风险研究[J]. 中国土地科学, 2009, 23(1): 52-57.
- [25] 宫继萍, 石培基, 魏伟, 等. 基于土地利用变化的民勤县土地生态风险研究[J]. 土壤通报, 2012, 43(5): 1029-1035.