

西南山区生态敏感区土地生态安全评价

——以秀山县为例

韩蕾^{1,2,3}, 孔祥斌³, 郭洪峰^{1,2,3}, 罗卓^{1,2}

(1. 重庆市国土资源和房屋勘测规划院, 重庆 400020; 2. 国土资源部土地利用重点实验室重庆研究中心, 重庆 400020;
3. 中国农业大学资源与环境学院土地资源管理系, 北京 100193)

摘要: 研究综合应用数字高程模型(DEM)、遥感影像及土地利用现状更新调查等数据,应用地理信息系统(GIS),基于栅格对秀山县土地生态安全状况进行了评价和分析,为西南山区生态敏感区探索一种精确的生态安全评价方法。结果表明:秀山县土地生态安全状况可以分为安全、较安全、预警、中警 4 个级别,各级别的面积分别占 21.23%, 43.97%, 21.81%, 4.99%。其中土地生态安全级主要分布在中部平坝丘陵区;土地生态较安全级在全县均有分布,多分布在各区域坡度较小、海拔相对较低等位置;土地生态预警级主要分布在东部低山区南端、西部低山区、以及东部中山区和西部中山区中海拔相对较低的位置;土地生态中警级主要分布在东部中山区和西部中山区。综上,秀山县土地生态状况整体上良好,与实际情况相符合,今后应加强土地利用结构优化,提高土壤培肥力度,减少水土流失,以促进土地生态系统健康稳定发展。

关键词: 土地生态安全评价;西南山区生态敏感区;县域;栅格;秀山县

中图分类号: X171; F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2015)01-0229-06

Study on Land Eco-security Evaluation of Ecological Sensitive Area in Southwest Mountains — A Case Study in Xiushan County

HAN Lei^{1,2,3}, KONG Xiangbin³, GUO Hongfeng^{1,2,3}, LUO Zhuo^{1,2}

(1. *Chongqing Institute of Surveying and Planning for Land Resources and Housing, Chongqing 400020, China*; 2. *Chongqing Research Center of the Key Laboratory of Land Use, Ministry of Land and Resources, Chongqing 400020, China*; 3. *Department of Land Resources and Management, College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100193, China*)

Abstract: The purpose of the paper is to explore a precise evaluation approach for land eco-security researches for ecological sensitive area of southwest mountains via using digital terrain model (DEM), MODIS remote sensing data and investigation of land-use status, support under the geographical information system(GIS) and based on the analysis and evaluation of the land eco-security in Xiushan County and the grid data. The result indicated that the land eco-system in Xiushan County was divided into four grades(safe grade, accounting for 21.23% of total area; relatively safe grade, 43.97%; prewarning grade, 21.81%; intermediate warning grade, 4.99%). The safe grade was mainly in the central plain hilly region; the relatively safe grade was mainly in relatively low altitude and relatively small slope area of the county; the prewarning grade was mainly in the eastern and northern low mountain area, or at the relative low altitude of the eastern and northern high mountain area; the intermediate warning grade was mainly in the eastern and northern high mountain area. It was concluded that the condition of land eco-security in Xiushan County was better as a whole and it was in accordance with the actual situation. And in the future some measures should be taken to optimize land use structure and intensify orchard management in order to avoid water and soil erosion, promote soil fertility and enhance the health development and stability of the local land ecosystem.

Keywords: land eco-security evaluation; ecological sensitive area of southwest mountains; county level; grid; Xiushan County

收稿日期: 2014-02-20

修回日期: 2014-05-21

资助项目: 国土资源部土地利用重点实验室“重点区域土地生态状况调查与评价”(201115106318)

第一作者: 韩蕾(1986—), 女, 四川德阳市人, 硕士研究生, 研究方向: 土地资源可持续利用和土地资源评价。E-mail: hanleiooo@163.com

通信作者: 孔祥斌(1969—), 男, 河北承德市人, 博士, 教授, 主要从事土地资源可持续利用和土地资源评价研究。E-mail: kxb@cau.edu.cn

当今,经济社会快速发展,土地利用成为人类活动作用于生态系统的重要途径,人类干扰强度持续加大,人地关系日益紧张,土地生态安全问题越发受到关注^[1-4]。尤其是我国西南山区生态敏感区,地形地貌十分复杂,山多坡陡,沟壑频繁,植被稀疏,加上人类的无序开发,导致水土流失、土地质量下降等土地生态安全问题更为突出^[5-6]。因此研究西南山区生态敏感区的土地生态安全状况,对改善生态环境质量,提高生态系统的服务功能,建立国家生态安全体系,实现可持续发展都具有十分重要的作用。

土地生态安全是资源安全的重要方面,是指一定时空范围内,土地生态系统能够保持其结构与功能不受威胁或少受威胁的健康、平衡状态,并能够为保障人类社会经济与土地可持续发展提供稳定、均衡、充裕的自然资源,从而维持土地自然、社会、经济复合体长期协调发展^[7-9]。土地生态安全评价是设计土地利用优化方案和建设安全格局的基础,是一项复杂的、具有探索性的工作,也是当前土地生态安全研究的主要方向^[10-12]。目前已开展的土地生态安全评价多以大区域尺度为研究对象,评价结果具有一定的宏观指导性,但往往评价精度比较粗略,缺乏指标数据的定量化和连续性变化的空间表达^[13-16]。本研究以西南山区生态敏感区的秀山县为例,集成 GIS 和模型应用,从土地生态安全的定义出发,进行高精度的土地生态安全评价,并结合区域特征,针对存在的问题提出对策,以期使决策者获得比较准确和完整的信息,为当地农业结构调整和土地可持续利用提供科学依据。

1 研究区概况和数据处理

1.1 研究区概况

重庆市秀山县位于四川省盆周山区的东南边陲,位于东经 108°43′06″—109°18′58″,北纬 28°09′43″—28°53′05″,东与湖南龙山、保靖、花垣接壤,西、南依贵州省松桃苗族自治县,北邻酉阳土家族苗族自治县。全县幅员面积约 2 305 km²,辖 32 个乡镇。境内平坝、丘陵、低山、中山互相交错,呈西南高东北低的趋势,中部是一个类似三角形的盆地,素有“小成都”之称。土壤类型以黄壤为主,红黄壤次之。气候类型属亚热带季风性湿润气候,有降水充沛集中、四季分明、无霜期较长、日照不多等特征。近年来,秀山县社会经济快速发展,使得县内土地资源生态安全面临着严峻的挑战,因此本文选择秀山县作为县域土地资源生态安全评价的研究对象。

1.2 数据来源及处理

本文采用的基础数据包括:秀山县 1:1 万的

DEM 数字高程模型(DEM);秀山县土壤图和土壤志资料;2011 年秀山县土地利用现状图;2011 年重庆市 MODIS 影像数据;重庆市各气象站点和水文站点的观测资料;2011 年重庆市土壤侵蚀数据;2011 年秀山县统计年鉴等。上述基础数据主要包括矢量数据和栅格数据两种格式。由于统计单元的不同,不便于利用多源数据进行相关比较和综合分析。本研究基于 GIS 技术,将基础数据全部以栅格数据进行表述。考虑数据源精度,将评价基本单元大小定义为 25 m×25 m 的栅格,整个研究区域共划分为 7 903 720 个栅格。

2 土地生态安全评价方法及应用

土地生态系统是地球陆地表面上相互作用、相互依存的地貌、水文、植被、土壤等自然要素之间以及与人类活动之间相互作用形成的统一整体^[17]。就土地生态系统的自然状态而言,土地生态系统处于一种相对稳定的平衡态,其服务功能能够满足人类需要;而人类对土地生态系统进行的调整逐渐改变了土地系统的平衡,并导致土地生态安全状况的不断变化。可见土地生态系统自然要素与人类活动的作用程度与结果是系统安全性变化的关键。从这个角度来讲,土地生态安全评价就是要评价土地生态系统自然条件对人类需要的满足程度以及人类活动对自然条件变化的影响程度。土地生态安全的评价方法为:土地生态评价指标的选取;土地生态评价指标体系的构建;指标信息的提取与量化处理;指数法进行评价指标空间叠加;划分山区土地生态安全等级;评价结果分析及调控对策。

2.1 评价指标的选取

在没有极端限制条件下,土地生态安全受多因素综合作用影响,在不同的区域应着重体现土地生态系统的区域特征。山区首要的生态问题是地质灾害和水土流失,是由于不利的自然条件与不合理的人类经济活动相互交织而产生,其次是人类各种生产活动对环境造成的污染和影响。综合考虑秀山县生态环境和土地利用结构特点,选取地形位指数、年降水量、土壤质地、植被覆盖度、土壤质地、土壤有机质含量、土壤侵蚀程度、土地利用强度、道路影响度和城镇影响度作为评价指标。地形、年降水量、土壤质地和植被覆盖度是影响地质灾害和水土流失的主要因素。土壤有机质含量是反映土壤质量的最佳单一指标,对多个生态过程有重要影响。土壤侵蚀程度、土地利用强度、道路影响度和城镇影响度主要反映人类活动对土地生态系统的作用。

2.2 评价指标信息的提取及量化处理

2.2.1 地形位指数 地形条件对生态稳定性的约束往往表现为高程和坡度的综合作用,单一高程或坡度上的空间分析无法体现这种综合影响^[18-19]。为综合反映地形条件的空间分异,本研究利用地理信息模型建模方法,地形位指数(图 1)将高程与坡度进行合成,更能综合反映山区地形条件(公式 1)。一般情况下,地形位指数越大,地形越复杂,生态脆弱性越强。本研究选用地形位指数作为评价地形的指标,首先建立秀山县数字高程模型,从中提取坡度,然后采用公式(1)进行合成,得到秀山县地形位指数分布(图 1)。

$$T = \lg\left[\left(\frac{E}{\bar{E}} + 1\right) \times \left(\frac{S}{\bar{S}} + 1\right)\right] \quad (1)$$

式中: T ——地形位指数; E, \bar{E} ——空间任一栅格的高程值和该点所在的平均高程值; S, \bar{S} ——空间任一栅格的坡度值和该点所在的平均坡度值。秀山县高程范围为 7~1 660 m,坡度范围为 0~86.78°,转化后的地形位指数范围为 0.15~1.16。地形位指数量

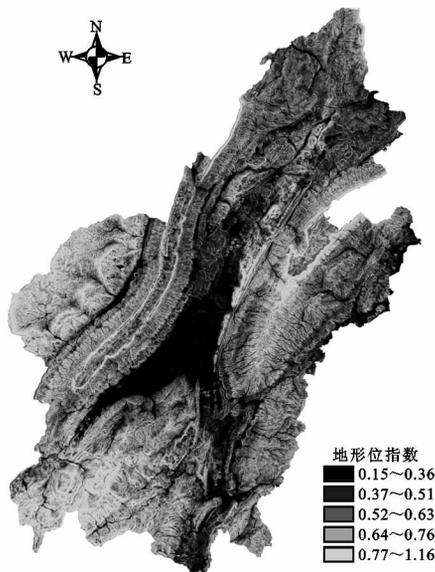


图 1 秀山县地形位指数分布

2.2.3 土壤质地 土壤质地关系土壤的物理性质、工程性质以及保水保肥和抗蚀能力。以秀山县 1:10 万土壤图和土壤志等资料为基础,经图件数字化和系统分类后,得到秀山县栅格数据格式的土壤质地图。根据土壤学知识和当地农业生产情况,并结合专家经验,对秀山县土壤质地进行量化赋值(表 1)。

表 1 秀山县土壤质地量化标准

项目	壤质	黏质	砂质
面积比例/%	79.61	15.24	5.15
指标值	1	0.8	0.5

化公式为:

$$Y = 1 - X_i / X_{\max} \quad (2)$$

式中: X_i ——地形位指数实际值; X_{\max} ——地形位指数最大值。

2.2.2 年降水量 降水是山区水资源主要来源,也是影响土壤侵蚀的主要因素,主要受经纬度和地形因素影响。降水量的获取是通过收集重庆市各气象站点和水文站点的观测资料,采用 ArcGIS 中 Kriging 插值工具和栅格裁剪工具,得到秀山县年均降水量分布图(图 2)。综合考虑农林经济作物生长对降水的需求和降水对水土流失的影响,以当地农作物生长的适宜需水量(1 300 mm)为阈值,在 SPSS 软件支持下,采用曲线回归模拟建立年降水量的隶属函数量化模型(3)。

$$Y = 1 / [1 + 8.0 \times 10^{-5} \times (X - 1300)^2] \quad (3)$$

$R = 0.9512$

式中: Y ——年降水量的量化值(0—1); X ——年降水量(mm)。

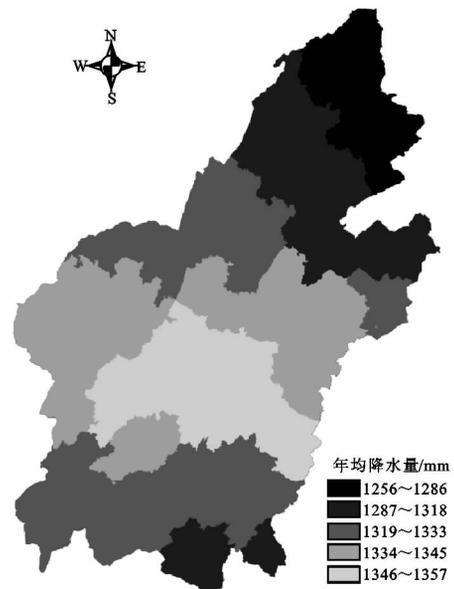


图 2 秀山县年降水量分布

2.2.4 土壤有机质含量 土壤有机质是土壤系统的基础物质,影响土壤的物理、化学和生物学性质以及土壤的生产力,是反映土壤质量状况的最佳指标。文中土壤有机质含量主要根据土壤图及土壤报告提供的信息初步判断获取,然后对实地调查中可获取的因素核实校正。按照重庆市农用地分等的土壤表层养分分级标准,土壤有机质含量达到 30.0 g/kg 为优等,赋值 1;达到 20.0 g/kg 为中上水平,赋值 0.8;达到 10.0 g/kg 为中等,赋值 0.6;达到 6.0 g/kg 为中下水平,赋值 0.4(图 3)。由此有机质含量的量化函数见公式(4)。

$$\begin{cases} 0.4 & X_i \leq 6.0 \\ 0.6 + (1 - X_i) / (1 - 0.6) \times (0.4 - 0.6) & 6.0 < X_i \leq 10.0 \\ 0.8 + (2 - X_i) / (2 - 1) \times (0.6 - 0.8) & 10.0 < X_i \leq 20.0 \\ Y = 1 + (3 - X_i) / (3 - 2) \times (0.8 - 1) & 20.0 < X_i \leq 30.0 \\ 1 & X_i > 30.0 \end{cases} \quad (4)$$

式中:Y——土壤年有机质的量化值(0—1); X_i ——土壤有机质含量(g/kg)。

2.2.5 土壤侵蚀程度 土壤侵蚀程度是地壳表层土壤在自然营力和人类活动的作用下,单位面积和单位时间段内被剥蚀并发生位移的土壤侵蚀量。参考水利部的 SL190—196《土壤侵蚀分类及分级标准》(HJ/T192—2006),土壤侵蚀程度分为无明显侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强度侵蚀及剧烈侵蚀五级(图 4)。结合水土保持学知识和全县土壤侵蚀情况,并结合专家经验,对秀山县土壤质地进行量化赋值(表 2)。

表 2 秀山县土壤侵蚀程度量化标准

项目	无明显侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	剧烈强侵蚀
面积比例/%	5.71	52.85	29.85	11.24	0.35
指标值	1	0.8	0.5	0.3	0.1

将 9 项因子按照土地生态安全指数模型进行栅格计算,对各栅格的综合分值进行频率曲线统计,以频率突变点为等级划分的主要依据,并结合实际样点的调查验证,将秀山县土地生态系统划分为 4 个安全级别,对评价图属性库进行统计得到各级别的面积。

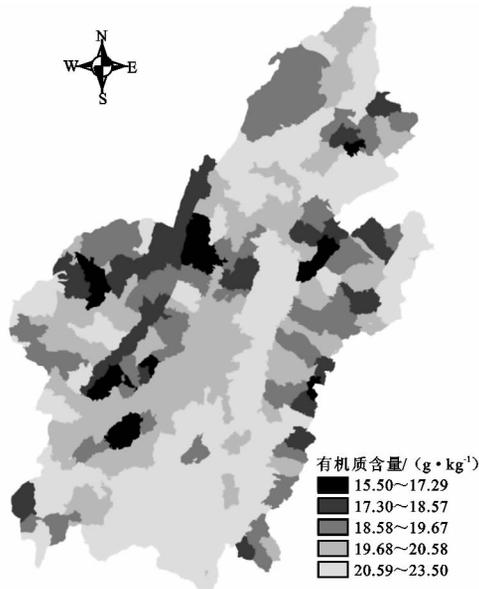


图 3 秀山县土壤有机质分布

2.2.6 土地利用强度与植被覆盖度 土地利用强度定量表达了人类活动对土地生态景观的干扰强度^[21-23]。根据秀山县 2011 年土地利用变更调查矢量数据,采用 ArcGIS 空间分析功能将矢量数据转换为栅格数据,得到秀山县土地利用类型(图 5)。参考《国家生态环境状况评价技术规范》(HJ/T192—2006),将不同土地利用类型的生态效应权重进行归一化,得到土地利用强度量化分值(表 3)。

植被覆盖度是反映生态系统水土保持和调节气候功能的重要因子。采用归一化植被指数(NDVI)进行表征。首先根据 EOSDIS 网站下载的 MODIS 影像数据计算出归一化植被指数,然后利用公式(6)和公式(7)估算植被覆盖度。NDVI 指数越大,植被覆盖度越大,生态越安全(图 6)。

$$NDVI = (Band_2 - Band_1) / (Band_2 + Band_1) \quad (5)$$

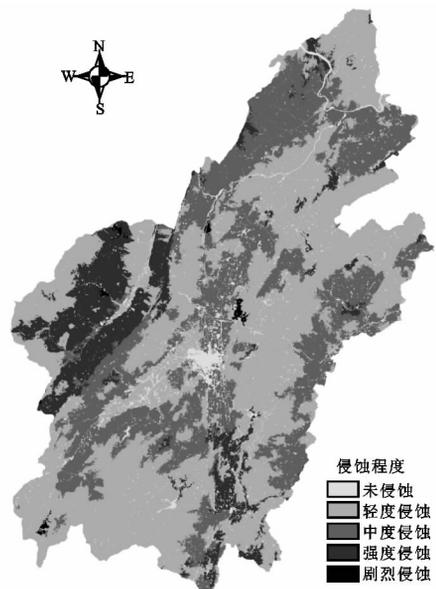


图 4 秀山县土壤侵蚀程度分布

$VFC = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$ (6)
式中:NDVI——每个像元的归一化植被指数;
 $Band_2, Band_1$ ——对应近红外波段与可见光红波段;
VFC——植被覆盖度; $NDVI_{min}, NDVI_{max}$ ——最小、最大归一化植被指数。

表 3 秀山县土地利用量化标准

土地类型	林地、 水域	园地	草地	耕地	建设用地、 未利用地
面积比例/%	57.47	3.41	2.06	32.39	4.68
指标值	1.00	0.76	0.56	0.36	0.16

2.2.7 道路影响度和城镇影响度 在城镇化和工业化起步阶段,道路建设和城镇化、工业化发展对生态过程产生直接和间接的干扰。靠近道路和城镇的区域,人类活动频繁,土地生态系统承受的人文社会压力增大,土地生态系统安全程度降低;反之远离道路

和城镇的区域,土地生态系统相对比较安全。从数字化土地利用现状图中提取道路和城镇驻地的线、面分布,采用 ArcGIS 空间分析功能进行道路和城镇驻地

的全县域缓冲,然后参考《城镇土地定级规程》中道路通达度的计算模型,建立公式(7)对道路和城镇影响度进行量化处理。

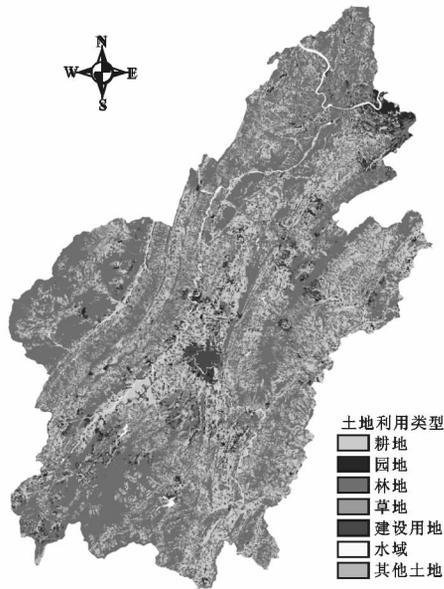


图 5 秀山县土地利用类型

$$F = [100 - 100^{(1-r_i)}] / 100 \quad (7)$$

式中: F ——道路或城镇作用指数; r_i ——道路或城镇的相对影响半径,计算公式为 $r_i = d_i/d$,其中 d_i 为缓冲距离, d 为道路和城镇的影响距离, d 值可以分别采用式(8)和式(9)计算:

$$d_1 = s/2l \quad (8)$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{s}{\pi \times n}} \quad (9)$$

式(8)为道路影响距离计算公式, d_1 为全市骨干道路总长度(452 km);式(9)为城镇影响距离计算公式, s 为秀山县面积, n 为城镇个数(30);计算道路和城镇影响距离分别为 2.7 km 和 16 km。

2.3 土地生态安全级别确定

考虑山区地形是影响区域水分、土壤和气候等非生物环境的主要因素。为此本研究将地形位指数作为土地生态安全评价的主导因子,构建土地生态安全指数模型:

$$LES = F_T \sum_{i=0}^8 (F_i \cdot W_i) \quad (10)$$

式中: F_T ——地形位指数的量化值; F_i, w_i ——其他 8 项因子的量化值和权重。指标权重采用层次分析和专家经验法综合确定,年降水量、土壤质地、土壤有机质含量、土壤侵蚀程度、植被覆盖度、土地利用强度、道路影响度和城镇影响度的权重分别为 0.10, 0.11, 0.14, 0.08, 0.27, 0.20, 0.05, 0.05(表 4)。

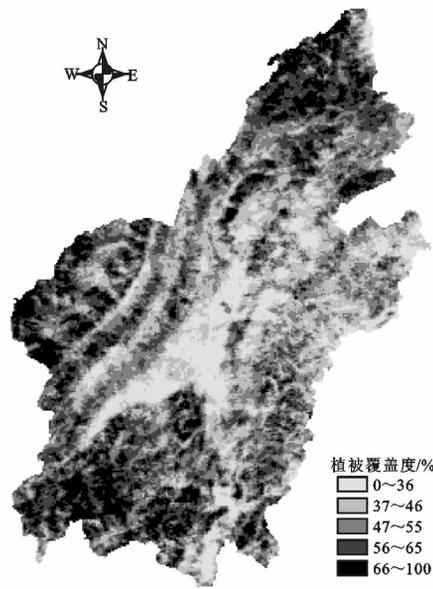


图 6 秀山县植被覆盖度分布

表 4 秀山县土地生态安全指数与土地生态安全评价结果

土地生态安全指数	0.4292~0.7602	0.3038~0.4291	0.2103~0.3037	0~0.2102
土地生态安全级别	安全	较安全	预警	中警
面积/km ²	489.52	1013.95	687.28	115.09
百分比/%	21.23	43.97	29.81	4.99

3 生态安全综合分析 with 调控对策

秀山县土地生态状况整体良好,土地生态安全和较安全状态面积为 1 503.47 km²,占全市面积的 35.20%。将土地生态安全级别图与地形图、二级指标分区图对比可看出:土地生态安全区域主要分布在中部平坝丘陵区;土地生态较安全区域在全县均有分布,但主要位于海拔较低、坡度较小的位置;县内东部低山区、西部低山区、东部中山区及西部中山区的土地生态安全性相对较低,处于土地生态预警和中警状态。针对各级别的自然特征和存在的生态环境问题,提出相应的调控措施。

(1) 土地生态安全级。该级别区域面积为 485.52 km²,占全县面积的 21.23%,主要位于中部平坝丘陵区。区域内地势平坦开阔,气候温暖、湿润、日照充足,且田多土少,土壤质地以壤质为主,保水保肥功能较强,土地生态系统处于安全状态。该级别存在的主要生态问题是建设开发与耕地保护之间的矛盾。根据秀山县土地利用现状图可知,秀山县城正好位于该区域。随着城镇化的发展,新增建设用地大量占用耕地问题突出。因此,应该注重保护耕地和农

地生态环境,集约节约利用城镇建设用地,加强农田、水域、道路及农村居民点等用地的优化,减少耕地尤其是优质耕地的占用。

(2) 土地生态较安全级。该级别区域面积最大,为 1 013.95 km², 占全县面积的 43.97%, 在全县均有分布,多分布在各区域坡度较小、海拔相对较低的位置。区域内土地利用类型多为耕地、园地,既保证了区域粮食生产安全,也维护了区域生态环境的稳定。存在的生态环境问题是水土流失问题开始显现和土壤肥力降低。因此,在实际生产中可以通过开展土地整治项目,改善农田基础设施条件,提高作物产出率;同时采用增施有机肥、合理轮作、秸秆还田等措施提高土壤肥力,从而促使土地资源可持续利用,增加土地生态系统的稳定性。

(3) 土地生态预警级。该级别区域面积为 687.27 km², 占全县面积的 29.81%, 主要分布在县的东部低山区南端、西部低山区、及东部中山区和西部中山区中海拔相对较低的位置。区域内地势起伏大,海拔 450~900 m,坡度较大,沟田多,坡地多,土层较薄,日照不足,水资源缺乏,不利于农作物生长。土地利用类型为林地、园地、草地和坡耕地。主要生态问题是水资源不足和土壤较贫瘠,应合理调整土地利用结构。因此,对区域内 25° 以上的坡耕地全部退耕还林;对水土保持设施条件尚可的坡耕地和园地应加强土壤肥力培育。

(4) 土地生态中警级。该级别区域面积为 115.09 km², 占全县面积的 4.99%, 主要分布在东部中山区和西部中山区。区域内地势较高,山谷起伏,海拔 800~1 600 m,冬寒春冷,全年湿润,风力较大,降雨量丰富,日照较少,土壤多为黄壤,土多田少,坡度大,水土流失严重,土壤保水保肥性能差,作物单产较低,土地生态系统脆弱。该区域应限制农业生产,以自然植被保护为主,充分发挥当地优良树种优势,加强水土保持林建设,科学安排林种布局,增加区域植被覆盖度,防止水土流失。

4 结论与讨论

本研究从土地生态安全概念和西南山区生态敏感区的土地生态特征出发,应用地理信息系统技术(GIS)、数字高程模型(DEM)、遥感影像以及土地利用现状图等数据,在各项评价因子空间量化和分析的基础上,建立了以地形位指数为主导因子的土地生态安全评价模型,并以秀山县为例进行了实证研究。通过分析,我们得出以下结论:

(1) 秀山县各项生态安全评价因子在空间分布

上具有高度的相似性,且具有较好的区域集聚度,导致秀山县土地生态安全在空间分布上具有明显的区域特征。

(2) 秀山县土地生态安全等级主要为土地生态较安全级,占全县面积的 43.97%, 主要分布于秀山县东南部、中部、东北部相连接的条带状区域,该区域为秀山县粮食主产区;土地生态预警级占全县面积的 29.81%, 且在空间分布上呈块状分布;土地生态安全级占全县面积的 21.23%, 在空间分布上与土地生态较安全级具有相似性,但主要集中于中部平坝丘陵区,该区域也是秀山县县城所在区域;土地生态中警级占秀山县面积较小,空间上呈线型分布,该区域主要为山区。由此可见,秀山县土地生态安全空间格局与土地利用格局具有较高的耦合性。

(3) 利用 GIS 和模型应用,对各土地生态安全级存在的生态环境问题提出了符合区域针对性强、实际操作性强的调控建议,对区域生态规划总体定位以及周边土地生态系统协调发展具有较强的指导意义。

文章以县域为研究尺度,以 25 m×25 m 栅格为评价单元,较以前基于行政单元和流域为数据载体的研究,提高了研究精度,为区域土地利用调控提供了较为准确的信息。但在评价指标选取、评价指标体系的构建上还需进一步研究探索。

参考文献:

- [1] 曲格平. 关注生态安全之一: 生态环境问题已经成为国家安全的热门话题[J]. 环境保护, 2002(5): 3-5.
- [2] Mark Halle State-of-the-Art Review of Environment, Security and Development Cooperation [C]. Paris: Working paper of conducted on behalf of the OECD DAC Working Party on Development and Environment, 2000: 43.
- [3] 肖荣波, 欧阳志云, 韩艺师. 海南岛生态安全评价[J]. 自然资源学报, 2004, 19(6): 769-775.
- [4] 张虹波, 刘黎明. 土地资源生态安全研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2006, 25(5): 77-85.
- [5] 熊春梅. 西南生态敏感区与生态承载力理论及其应用研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2008.
- [6] 王胜. 西南山区生态建设中存在的问题及对策[J]. 生态经济, 2001(7): 76-77.
- [7] 杨京平. 生态安全的系统分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 275-290.
- [8] 喻峰, 李晓兵, 王宏. 皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价[J]. 地理学报, 2006, 61(6): 645-653.
- [9] 任志远, 黄青, 李晶. 陕西省生态安全及空间差异定量分析[J]. 地理学报, 2005, 60(4): 597-606.

(4) 农业生产力评价和生态服务价值评价是结果是不同向的,对生态服务价值的影响是负向的。该土地复垦工作对当地的生态环境有着负向的影响,生物多样性、系统的稳定性和复杂性受到影响。

参考文献:

- [1] 樊文化,李慧峰,白中科,等.黄土区大型露天煤矿煤矸石自燃对复垦土壤质量的影响[J].农业工程学报,2010,26(2):319-324.
- [2] 张发旺,侯新伟,韩占涛,等.采煤塌陷地对土壤质量的影响效应及保护技术[J].地理与地理信息科学,2003,19(3):67-70.
- [3] 董霁红,卞正富,于敏,等.矿区充填复垦土壤重金属分布特征研究[J].中国矿业大学学报,2010,39(3):335-341.
- [4] 孙建,刘苗,李立军,等.不同植被类型矿区复垦土壤水分变化特征[J].干旱地区农业研究,2010,28(2):201-207.
- [5] 孙海运,李新举,胡振琪,等.马家塔露天矿区复垦土壤质量变化[J].农业工程学报,2008,24(12):205-209.
- [6] 袁剑刚,周先叶,陈彦,等.采石场悬崖生态系统自然演替初期土壤和植被特征[J].生态学报,2005,25(6):1517-1522.
- [7] 王改玲,白中科.安太堡露天煤矿排土场植被恢复的主要限制因子及对策[J].水土保持研究,2002,9(1):38-40.
- [8] 张桂莲,张金屯,郭道宇.安太堡矿区人工植被在恢复过程中的生态关系[J].应用生态学报,2005,16(1):151-155.
- [9] 陈洪祥,张树礼,马建军.煤矿复垦地不同恢复模式土

壤特性研究:以黑岱沟露天煤矿为例[J].内蒙古环境科学,2007,19(4):63-67.

- [10] 徐占军,侯湖平,张绍良,等.采矿活动和气候变化对煤矿区生态环境损失的影响[J].农业工程学报,2012,28(5):232-240.
- [11] 王欢,王平,谢立祥,等.土地复垦适宜性评价方法[J].中南林业科技大学学报,2010,30(4):154-158.
- [12] 刘二伟,赵艺学.郭家山煤矿土地复垦适宜性评价[J].山西农业科学,2010,38(7):62-65.
- [13] 豆飞飞,李萍,朱嘉伟.永城市陈四楼煤矿土地复垦适宜性评价研究[J].中国农学通报,2013,29(17):192-197.
- [14] 金丹,卞正富.国内外土地复垦政策法规比较与借鉴[J].中国土地科学,2009,23(10):66-73.
- [15] 程琳琳.矿区土地复垦保证金制度实践现状及研究进展[J].中国矿业,2010,19(1):33-36.
- [16] 祝怡斌,周连碧,林海.金属矿山土地复垦方案编制技术要点[J].有色金属,2010,62(2):103-105.
- [17] 王金满,白中科.生产建设项目土地复垦方案编制中复垦费用构成与取费标准分析[J].资源与产业,2010,12(6):84-89.
- [18] 郭力娜,运向杰,张凤荣,等.挖损耕地复垦前后生产能力变化研究:以华北平原的曲周县为例[J].资源科学,2010,32(4):737-742.
- [19] 马从安,王启瑞.大型露天矿区生态评价模型研究及应用[J].采矿与安全工程学报,2006,23(4):446-451.
- [20] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(20):189-196.
- [21] 王晓春.基于土地利用结构变化对生态系统服务价值的评价:以重庆市为例[D].重庆:西南大学,2010.

(上接第 234 页)

- [10] 左伟,王桥,王文杰,等.区域生态安全评价指标与标准研究[J].地理学与国土研究,2002,18(1):67-71.
- [11] 张正华,吴发启,王健,等.土地生态评价研究进展[J].西北林学院学报,2005,20(4):104-107.
- [12] 曹新向,郭志永,雒海潮.区域土地资源持续利用的生态安全研究[J].水土保持学报,2004,18(2):192-195.
- [13] 陈美球,黄靓,蔡海生.鄱阳湖区土地健康评价[J].自然资源学报,2004,19(2):170-175.
- [14] 刘欣,葛京凤,冯现辉.河北太行山区土地资源生态安全研究[J].干旱区资源与环境,2007,21(5):68-74.
- [15] 李茜,任志远.区域土地生态环境安全评价:以宁夏回族自治区为例[J].干旱区资源与环境,2007,21(5):75-79.
- [16] 傅伯杰.土地生态系统的特征及其研究的主要方面[J].生态学杂志,1985,4(1):35-38.
- [17] 曲衍波.基于 GIS 的山区县域土地生态安全评价[J]中

国土地科学,2008,22(4):38-44.

- [18] 王国杰,廖善刚.土地利用强度变化的空间异质性研究[J].应用生态学报,2006,17(4):611-614.
- [19] 喻红,曾辉,江子瀛.快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J].地理科学,2001,21(1):64-68.
- [21] 葛全胜,赵名茶,郑景云,等.20 世纪中国土地利用变化研究[J].地理学报,2000,55(6):698-706.
- [22] Lambin E F, Baulies X, Bockstael N, et al. Land Use and Land-Cover Change Implementation Strategy[R]. Stockholm, Sweden: International Geosphere: Biosphere Program, 1999.
- [23] 丁忠义,郝晋珉,李涛,等.区域土地利用强度内涵及其应用:以河北省曲周县为例[J].中国土地科学,2005,19(5):19-24.