

基于 GIS 的湟水河(西宁段)流域土壤侵蚀危险性评价

徐进¹, 赫晓慧^{2,3}, 王芳², 马国军³, 蒲欢欢³

(1. 湟水流域(西宁段)综合治理管理委员会, 西宁 810000;

2. 中国水利水电科学研究院, 北京 100038; 3. 郑州大学 水利与环境学院, 郑州 450001)

摘 要:以湟水河流域(西宁段)为研究区,根据研究区地理与生态特点,选择降雨侵蚀力、坡度、土壤可蚀性、植被覆盖度作为土壤侵蚀危险性的评价指标,在 ArcGIS 支持下生成单因子危险性分布图,在此基础上基于 ArcGIS 的空间叠加分析功能,对土壤侵蚀危险性进行综合评价。结果表明:研究区域内土壤侵蚀中度和高度危险区域占大部分,达到 71.4%;轻度危险区域和不敏感区域较少,分别为 1.37% 和 27.08%;极危险区面积仅占 0.15%。但是,对土壤侵蚀危险性较高的地方主要集中在人口密度较大的区域,主要为环西宁市区和湟水河河谷区域。

关键词:土壤侵蚀; 危险性评价; 湟水河流域(西宁段)

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2013)05-0057-03

Assessment on Erosion Risk Based on GIS in Huangshui River Valley (Xi'ning Segment)

XU Jin¹, HE Xiao-hui^{2,3}, WANG fang², MA Guo-jun³, PU Huan-huan³

(1. Huangshui River Basin (Xining Segment) Governance Management Committee, Xi'ning

810000, China; 2. China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038;

3. College of Water Conservancy and Environmental Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Huangshui River Basin (Xi'ning segment) was chosen as study area. In accordance with the geographical and ecological characteristics, rainfall erosivity, slope, soil erodibility, vegetation coverage were selected as indicators of erosion risk evaluation of soil erosion. A map of single-factor erosion risk evaluation was made with supports of ArcGIS, moreover, a comprehensive evaluation of soil erosion risk was conducted based on ArcGIS spatial overlay analysis. The results show moderate land high risk areas of soil erosion within the study area accounted for 71.4%; mild risk areas and no risk area accounted for 1.37% and 27.08%, respectively. Very high risk region accounted for only 0.15%. However, the relatively high risk area of soil erosion mainly distributed in the larger population density area, and mainly around the Xi'ning City and Huangshui valley area.

Key words: soil erosion; erosion risk evaluation; Huangshui River Basin (Xi'ning segment)

土壤侵蚀已成为全球性的环境问题之一,严重威胁着人类生存与社会可持续发展。迅速掌握大尺度范围内的土壤侵蚀状况,分析土壤侵蚀的时空变化可以为土壤侵蚀综合治理和生态恢复建设提供重要的理论依据与决策参考^[1]。近年来,研究者们针对土壤侵蚀评价及其空间分布有很多研究^[2],对不同地区的土壤侵蚀敏感性进行了评价^[3-4],主要探讨了土壤侵蚀敏感性的影响因素、区域内的空间分布规律及评价方法。

湟水河是黄河上游最大的一级支流,流域位于黄土丘陵沟壑区第四副区、本土石山区和高地草原区交错带,侵蚀环境复杂多样。流域土壤侵蚀情况较为严重,土壤侵蚀模数平均为 603.23 t/(km² · a),严重威胁着该区人类生存与社会可持续发展^[2]。本研究以土壤侵蚀学为理论基础,以遥感、GIS 技术和现代信息处理手段为技术依托,以湟水河流域(西宁段)为研究对象,开展区域尺度下土壤侵蚀快速评价方法的研究,以期为该区的水土流失治理工作提供依据。

收稿日期:2013-02-18

修回日期:2013-03-24

资助项目:国家自然科学基金(41101095);横向委托项目“湟水河(西宁段)流域综合治理工程规划”

作者简介:徐进(1979—),男,青海乐都人,工程师,学士,研究方向:流域综合工程治理与规划。E-mail: xnsswjxujin@163.com

通信作者:赫晓慧(1978—),女,河南商丘人,副教授,博士,研究方向为水文生态与遥感建模。E-mail: hexh@zzu.edu.cn

1 研究区概况

湟水河发源于青海省海晏县大坂山南麓,研究区选择为湟水河流域西宁段以上,位于北纬 $36^{\circ}13' - 37^{\circ}29'$ 、东经 $100^{\circ}40' - 101^{\circ}59'$,行政区划包括青海省西宁市、湟源县、大通县以及海晏县,总面积为 $10\,124\text{ km}^2$,海拔 $1\,600 \sim 4\,800\text{ m}$,高原干旱、半干旱大陆性气候,年均气温 $2.8 \sim 7.9^{\circ}\text{C}$,降水量 $360 \sim 540\text{ mm}$,蒸发量 $1\,100 \sim 1\,800\text{ mm}$,流域土壤侵蚀情况较为严重。研究区整个自然生态系统极端脆弱、容易损坏和难以修复,土壤侵蚀影响因子众多。流域上游植被覆盖度大,侵蚀模数、输沙模数小,中游植被稀疏,土壤侵蚀强度逐渐增大,表明植被是最重要的影响因子;该区人类活动集中于流域中下游,可反映人类活动强度的土地利用方式是另一个重要的影响因子;研究区地形复杂多样,坡度严重影响地表侵蚀力;流域受季风气候的影响,大部分降水($70\% \sim 90\%$)集中在6—9月,暴雨频繁,雨强较大,降水侵蚀力指标是评价降雨引起土壤侵蚀潜在能力的重要参数;研究区土壤类型主要为栗钙土,成土母质以黄土和冲积次生黄土为主,土壤发育较差,有机质含量少(约 1%),结构松散,垂直节理发育,抗蚀性差^[5],土壤可蚀性因子(K 值)也是影响因子之一。故该区的主要影响因子应包括地表植被覆盖、土地利用、坡度、降水侵蚀力和土壤可蚀性共5个因子。

2 数据来源与研究方法

2.1 土地利用

采用分辨率为 2.5 m 的2010年印度 IRS-5 真彩色合成影像,以我国土地利用分类系统为基础,在 Erdas 9.2 工作平台上通过人工交互式,主要采用人工目视解译,辅以监督分类法和逻辑推理法进行解译,得到2010年湟水河流域(西宁段)土地利用类型分布图,经实地校核,正确率在 95% 以上。按照不同土地利用类型的土壤侵蚀强度^[2],进行了分级。

2.2 植被覆盖度估算

选取湟水河流域(西宁段)2009年7月的 Landsat 5 TM 遥感数据,首先对遥感影像进行辐射校正、去霾、降噪等标准化处理,然后采用 NDVI 像元二分模型分析湟水河流域(西宁段)的植被覆盖度变化^[6]。再根据《生态功能区划技术暂行规程》中规定的植被盖度对土壤侵蚀敏感程度进行分级赋值^[7],进而得到流域内植被类型分值图。

2.3 坡度提取

根据分辨率为 30 m 的 DEM,利用 ArcGIS 进行坡度的提取。参照土壤侵蚀分等定级标准,一般认为

5° , 15° 与 25° 为黄土丘陵沟壑区的坡度分级标准^[4],研究区约一半面积位于黄土丘陵沟壑区域,因此按该标准进行分级。

2.4 土壤

根据中国科学院南京土壤所提供的土壤普查结果,该结果包括土壤有机质、土壤可蚀性和土壤颗粒组成分析,并结合中国农业科学院提供的土壤类型图进行分析。研究区土壤类型共38个土属,土壤抗蚀力普遍不强,结合土壤可蚀性与土壤类型,综合进行土壤危险性等级划分。

2.5 降雨侵蚀力的计算

在本项目中,降雨侵蚀力因子的计算分为3个步骤:(1)流域年均降雨量的空间插值。根据湟水河流域(西宁段)及其毗邻区域雨量站点多年平均降雨量数据,在 ArcGIS 中用空间插值得到流域多年平均降雨量分布。(2)年降雨量和年降雨侵蚀力关系的模型拟合。基于青海省水文站中雨量站点的2008—2010年的逐次降雨数据,根据《第一次全国水利普查水土流失普查细则》中的相关公式^[3],计算各雨量站点的年降雨侵蚀力。(3)降雨侵蚀力估算与分级赋值。按照土壤侵蚀敏感性评价分级标准,在 ArcGIS 中根据年降雨量和年降雨侵蚀力二者之间的关系函数对降雨量空间分布图进行栅格计算,得到流域的年降雨侵蚀力空间分布图。结合《生态功能区划技术暂行规程》中,年降雨侵蚀力对土壤侵蚀敏感程度的分级赋值标准(见表1),得到流域内降雨侵蚀力分级结果。

3 侵蚀危险性评价模型与结果

对于选定的10个评价因子,按照土壤侵蚀危险度划分为极危险区、高度危险区、中度危险区、低度危险区、不敏感区5个级别,分别进行标准化。由于各个因子的重要性不同,应用 MCE 法进行权重确定,即根据各个因子对土壤侵蚀的作用程度,利用成对比较矩阵对因子进行两两比较,通过相互比较,来两两确定因子对土壤侵蚀的影响程度,然后由层次分析法确定单个因子的权重^[8]。两两比较完毕后,得出各因子的权重值(表1)。将最终结果利用 GIS 的权重计算功能进行叠加,最终得到5个级别划分的综合土壤侵蚀危险性评价。

从附图9和表2中可见,湟水河流域(西宁段)的侵蚀危险性整体来说还是比较高的。虽然极危险程度的面积很小,但是高度和中度危险区占据了研究区的 71.4% ,而在暴雨或人类活动影响下,高度和中度危险区极易发生地表侵蚀,甚至导致地质灾害。易侵蚀区对应的区域,主要是植被覆盖度低而人口密度大的山区。

表 1 各因子及等级划分标准

评价因子	权重	不敏感	轻度	中度	高度	极危险
坡度	0.14	0~6°	6°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°
土壤可蚀性	0.09	<0.3	0.3~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	>0.8
植被覆盖	0.41	>90%	75%~90%	50%~75%	30%~50%	<30%
土地利用	0.23	水体,城镇用地	农村居民点,平耕地,高盖度草,有林地	水土保持林地,梯田,中盖度草	缓坡地,低盖度草	坡地
降雨侵蚀力/(MJ·mm·hm ⁻² ·h ⁻¹ ·a ⁻¹)	0.13	<25	25~100	101~400	401~600	>600

表 2 湟水河流域(西宁段)土壤侵蚀危险性评价面积统计

行政分区	不敏感		轻度		中度		高度		极危险	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
西宁市	0	0	0	0	116.64	1.09	226	2.12	4.63	0.05
大通自治县	11.49	0.1	830.66	7.77	1701.73	15.93	569.97	5.33	1.1	0.01
海晏县	133.21	1.25	1129.11	10.56	787.58	7.37	112.66	1.05	0	0
湟源县	1.55	0.01	375.78	3.52	987.51	9.24	138.74	1.29	0	0
湟中县	0.66	0.01	381.74	3.57	1303.86	12.19	633.15	5.92	3.96	0.04
互助县	0	0	176.95	1.66	660.77	6.18	392.58	3.67	5.96	0.06
合 计	146.91	1.37	2894.24	27.08	5558.07	52	2073.09	19.4	15.69	0.15

从研究区内部来看,西宁市区的危险面积和比例虽小,但因西宁市本身面积小、人口稠密,却是相对面积和比例最大的区域,同时也是发生危险后危害最大的区域。极危险面积主要集中在市区南、北山体区域,而高度和中度危险区域几乎覆盖了全区。该区土壤侵蚀剧烈的主要原因,在于土壤条件较差,导致地表覆盖度低,且山势陡峭坡度很高,加之人类活动影响,导致危险性很高。但该区由于地理位置十分重要,目前已采取了很多工程和植被措施进行治理,因此,实际危险性在下降。

大通县危险区域占到研究区的 21%,主要集中在河流沟谷两旁,自上游向下游逐渐严重,这也是人类活动和土壤属性引起的。湟中县的中度和高度危险区占到研究区的 18%,其次互助县危险区域较大,为 9.8%,这是由于这些区域地处流域中下游,人类活动频繁,土地利用方式以农耕为主,而且土壤可蚀性高,导致总体来说危险性大。大通县上游、海晏县和湟源县的危险区域很小,大通县上游植被覆盖良好且人口密度很低,而海晏县属于牧区,地势平坦,使侵蚀危险变低。

4 结 论

湟水河流域(西宁段)总体土壤侵蚀敏感程度较高,主要以中度和高度敏感性为主。其中,中度及中度以上敏感类型的面积为 7 646 km²,占 71.55%。在空间分布上,土壤侵蚀敏感性呈块状不连续分布,侵蚀敏感性区域相对集中,中度敏感和高度敏感区主要集中在湟水河河谷中下游山区,尤其是环西宁市地区,分布特征与地貌类型、植被盖度关系较大。

从研究区土壤侵蚀敏感性分布来看,研究区的土壤环境及生态环境比较脆弱,而且湟水河流域(西宁段)是青海省人口聚集区,也是政治经济核心区,必须采取有效的防治措施。在该区应当加强水土流失动态监测与预报,因地制宜地发展工业与农牧业,禁止过度放牧,加强坡改梯工作,同时采取有效的工程措施进行山体防护。

参考文献:

[1] Joerin F, Theriault M, Musy A. Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment[J]. International Journal of Geographical Information Science,2001,10(8):321-339.

[2] 赵串串,董旭,辛文荣,等. 青海湟水河流域水土流失原因及防治措施分析[J]. 水土保持研究,2008,15(6):200-201.

[3] 赵明月,赵文武,安艺明,等. 青海湖流域土壤侵蚀敏感性评价[J]. 中国水土保持科学,2012,10(2):15-20.

[4] 刘康,康艳,曹明明. 基于 GIS 的陕西省水土流失敏感性评价[J]. 水土保持学报,2004,18(5):168-170.

[5] Shi X Z, Yu D S, Warner E D, et al. Soil database of 1:1,000,000 digital soil survey and reference system of the Chinese Genetic Soil Classification System[J]. Soil Survey Horizons,2004,45(4):129-136.

[6] 李苗苗,吴炳芳,颜长珍. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学,2004,26(4):153-159.

[7] 国家环境保护总局. 生态功能区划技术暂行规程[EB/OL]. [2011-09-06]. [http:// sts. Mep. gov. cn /stbh/ stglq/200308/ t2003081590755. html](http://sts.mep.gov.cn/stbh/stglq/200308/t2003081590755.htm)

[8] 王库,史学正,于东升,等. MCE 法在土壤侵蚀危险评价中的应用[J]. 生态环境学报,2009,18(3):1077-1082.