陕西境内渭河流域水土流失的风险评估

张雪才，崔晨风，王 伟
（西北农林科技大学 水利与建筑工程学院，陕西 杨凌 712100）

摘 要：利用RS和GIS技术为主要手段，对陕西省境内的渭河流域河段的水土流失状况进行风险评估。通过遥感解译和空间分析的方法，提取了对水土流失状况起关键作用的植被、坡度和降雨因子。利用GIS对三个因子进行了空间叠加分析，并参照《土壤侵蚀分类分级标准》（SL190－2007）和《水土保持技术规范》得出了实验区的水土流失风险程度图。通过观察2001年的遥感数据发现：渭河流域的水土流失状况比较严重，特别是洛川县、千阳县等地区。

关键词：RS；GIS；渭河水土流失；风险评估
中图分类号：S157.1 **文献标识码**：A **文章编号**：1672-643X(2012)04-0107-05

Risk assessment of soil and water loss of Weihe River basin in Shaanxi Province

ZHANG Xuecai, CUI Chenfeng, WANG Wei
(*College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling* 712100, *China*)

Abstract: This paper used the technology of RS and GIS as the main means to conduct the risk assessment of water and soil loss status of Weihe River basin in Shaanxi Province. It collected three factors that play a key role in soil and water loss through the method of sensing and spatial analysis, such as vegetation, slope and rainfall. The researchers dealed with the three factors using spatial superposition analysis of GIS, and the researchers also worked out the risk degree figure of soil and water loss in compliance with the classification of soil erosion grading standards (SL190－2007) and the soil and water conservation technology norms. Through the observation of data of remote sensing in 2001, it has been found that the water and soil loss status in Weihe River basin is more serious, especially in Luochuan, Qianyang and other regions.

Key words: RS; GIS; water and soil loss in Weihe River basin; risk assessment

0 引 言

水土流失是地球表层土壤在水力、风力、冻融和重力等外营力及人为因素影响下，发生的各种破坏、分离、搬运和沉积的现象。目前我国已把“水土流失”作为“土壤侵蚀”的同义语，包括水力侵蚀、重力侵蚀和风力侵蚀三种类型，本文所研究主要为水力侵蚀。渭河流域的面积为13.48万 km^2，其中有50.1%在陕西省中部（见图2中阴影部分所示），是陕西省重要的农业生产基地。渭河的水土流失严重阻碍了渭河流域的农业经济发展，同时也使周边乡镇的生命财产安全受到威胁。基于此，本文就渭河流域水土流失的状况进行了风险评估。

1 研究方法

传统研究水土流失的方法是水利工作者实地查看后再进行统计，但是由于渭河流域流经的区域较广，再加上水土流失现象严重，再用传统的方法研究不仅需要投入大量的人力、物力和财力，而且所用的时间较长，结果也受人的主观性的影响，并且传统的水土流失调查采取手工操作的方式，效率低、工期长、定位精度低，成果可复制性和变更性差，都难以

收稿日期：2012-04-14； **修回日期**：2012-06-04
基金项目：国家自然科学基金项目（60705009）；水资源与水电工程科学国家重点实验室开放基金项目“基于遥感技术的蒸发量尺度效应研究”（2011B083）；西北农林科技大学博士启动基金“遥感反演区域地表蒸发量技术研究”（2010BSJJ056）；西北农林科技大学大学生创新性实验计划项目（2201110712129）资助。
作者简介：张雪才（1990-），男，河南项城人，农业水利工程，在校本科生，研究方向：“3S”技术在水土流失的应用。
通讯作者：崔晨风（1982-），男，陕西铜川人，博士，讲师，主要研究方向为3S技术在水文水资源和农业水土工程中的应用。

满足信息化时代的要求。而水土流失在不同时间尺度和空间尺度下的特征,又给遥感和地理信息系统技术手段的应用提供了广阔的空间,水土流失又是发生在地表的过程,有些特殊的退化标志很容易被遥感影像所记录,因此 RS 技术成为对水土流失进行动态监测的一种有效的技术手段。遥感技术具有获取数据周期短、视域广、信息量大、实时性强、精度较高和成本低的特点,能更方便快捷的得出渭河流域的基本信息,并且 GIS 具有强大的空间信息管理、处理和分析能力,可以快速处理大量的遥感数据和非遥感数据,非常适合应用于水土流失评价这样一个需要对综合多因素进行分析处理的过程。国外早已利用 RS 和 GIS 技术来研究水土流失,并且都取得了很大的成就。

表 1 国外 RS 和 GIS 在水土流失方面的研究

研究者	RS 和 GIS 技术的应用
2001 年日本的 Manzul Kumar Hazarika 泰国的 KiyoshiHonda[1]	运用 NDVI 和坡度建立水土流失率模型,对泰国进行水土流失的研究
1997 年尼泊尔的 Krishna Pahari, shunji Murai[2]	用 SPOT HRV 和 Landsat TM 遥感数据,采用最大似然法监督分类处理遥感图像,分析土地利用变化,从地形图上获取数字地形模型,派生坡度、坡向图,分析复杂的地形,依据 USLE 方程修正地形因子,运用 GIS 对水土流火数据进行时空分析
1991 年 PR. StePhenS[3]	利用遥感光谱分析方法,采用 SPOT 多光谱数据计算植被指数(NDVI)和亮度指数(BI),从而区分了土壤侵蚀类别

2 水土流失评价因子的选取

2.1 植被因子

植被是联结土壤、大气和水分的自然“纽带”,具有明显的年际变化和季节变化的特点,在一定程度上能代表土地覆盖的变化,在全球生态变化研究中充当“指示器”的作用[4]。植被是非常重要的陆地生态系统中的自然资源,植被可以作为防止水土流失的关键因素,一方面植被可以保护地面免受雨水的打击,延缓雨水下渗的时间,另一方面还可以调节地面径流,减弱径流功能,改善土壤的理化性质,提高土壤的抗侵蚀性,从而减少水土流失。之前研究水土流失与植被关系时,大多数用植被覆盖度[5],植被覆盖度是指植物群落总体或各个体的地上部份的垂直投影面积之和与所研究样方面积之比的百分数,它可以作为陆地上植被的直接量化指标,可以在很大程度上反应植被的状况,也可以反映出植被的茂密程度,但是由于应用植被覆盖度存在着不足,所以本研究中采用了植被指数,植被指数反映的是植被的生长状况。人们较为广泛采用归一化值植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI),它是反映植被生长状况和活性的重要指示因子,是植被的较好指示。选用 NDVI 作为评价指标,采用遥感手段,可以从大范围内对植被进行监测和定量调查。本研究所用的是 MODIS 数据产品中有较小云污染、且易于大气纠正、几何校正、重采样的影像图,并对影像图进行了相应的几何校正、大气校正和去云处理。

2.2 坡度因子

研究表明坡度与水土流失的关系极为密切,在小坡度范围内,随着坡度的增加,水土流失也增加;在一定范围内,地面坡度愈大,地表径流流速和水土流失量也愈大[6]。坡度对土壤侵蚀的影响最大,而坡度的大小是决定水土流失的重要因子,所以坡度成为水土保持工作中应首先要考虑的因素之一。用传统方法计算研究区坡度组成和平均坡度的效率低、精度低,而应用 ArcGIS 软件的空间分析功能对研究区进行坡度分析的效率高、精度高,并减少了人为主观因素的影响,为水土保持工作提供一种新技术、新方法[7]。

2.3 降雨因子

渭河流域位于干旱半干旱地区,为大陆性气候,年平均降水量 450 ~ 700 mm,年蒸发量 1 000 ~ 2 000 mm,每年的 6 至 10 月为汛期,多暴雨,降水强度大,其中 7、8、9 月大汛期间的径流占全年的 60% ~70%。降雨与水土流失的关系密切,在其他影响水土流失因子不变的情况下,水土流失与高强度、大降雨量、大侵蚀雨量有密切的关系,总降雨量越大、强度越高、侵蚀雨量越大,其土壤侵蚀量越大,水土流失就越严重。降雨是促成水土流失发生、发展的重要外部动力条件,所以在研究中,采取了把降雨量按雨量的大小进行了分类,以充分考虑降雨量对水

土流失的影响,所以研究降雨对水土流失的影响具有重要意义。

3　实验过程

3.1　数据处理

3.1.1　*数据收集*　数据的收集包括陕西省行政区划图的收集;所用的植被数据,由于在渭河流域 7、8、9 月份的植被比较茂盛,所以本研究取了来自于国际数据服务平台,时间分辨率为 16 d,空间分辨率为 1 km,精度相对较高的 2001 年 7 月份的数据为研究对象,MODIS – NDVI 的特点是在已有的植被指数的基础上进行了一些改进,被广泛地应用于生态环境变化的研究中[8];坡度数据,均来自于国际数据服务平台中的 SRTM GDEM 数据,分辨率约为 90 m;降雨资料数据,均来自中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原生态环境数据库中 2001 年的降雨数据。由于 MODIS 数据具有涉及波段范围广、数据分辨率高、并且可以免费使用的优点,所以本研究就采用了 MODIS 数据。

3.1.2　*数据整理*　数据的整理包括行政图的矢量化、植被数据的归一化、坡度数据的镶嵌和融合、降雨资料的插值处理,同时还要通过 ARCGIS 软件再对图像进行剪裁,得出陕西省境内的渭河流域的范围图,植被指数图、坡度图和降雨图,又对植被指数、坡度和降雨数据进行了分类;再进行了相应的计算得出风险指数(F),再根据风险指数的数值,对可能发生水土流失的区域进行了分类,最后得出结论。其流程图如图 1 所示。

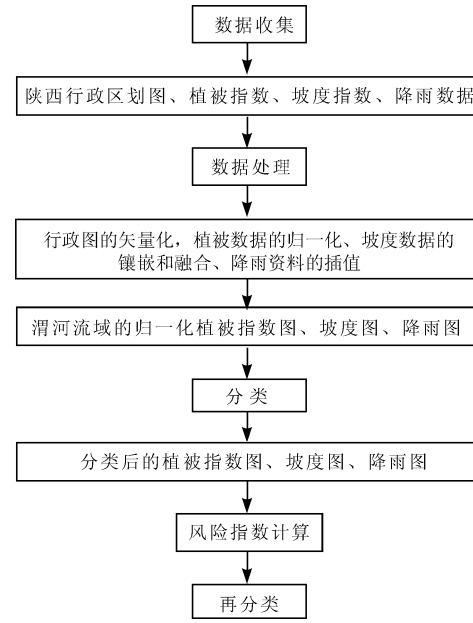

图 1　试验过程流程图

3.2　图像处理

3.2.1　*陕西省行政区划图的处理*　陕西省行政区划图见图 2,渭河流域图见图 3,图 2 中阴影部分为渭河流域。

3.2.2　*植被指数图像的处理*　①基于 SRTM 图并沿渭河流域的分水岭剪裁后得渭河流域;②有实验数据可得没有归一化前的渭河流域植被指数;③归一化后并分类的植被指数,并把植被指数分成三类如图 4 所示。

图 2　陕西行政区划图

图 3　陕西境内渭河流域图

图 4　归一化植被指数图

3.2.3　*坡度指数图像的处理*　①由国际数据服务平台中下载渭河流域的 SRTM GDEM 数据,分别为:slope_58_05,slope_58_06,slope_59_05,slope_59_06,并进行镶嵌和融合处理;②经过剪切处理后得到渭河流域的坡度图;③再对剪切处理的渭河流域的坡度进行分类处理。本研究中分成了四类:(<5°)、(5°~15°)、(15°~25°)、(>25°)其最终得到坡度数据图如图 5 所示。

3.2.4　*降雨数据图像的处理*　①由中国科学院水利部水土保持研究所黄土高原生态环境数据库中得到 2001 年的降雨数据;②再通过 ARCGIS 处理得到渭河流域的降雨数据;③对渭河流域降雨数据进行类,本实验中分成六类,降雨数据图如图 6 所示。

3.3　风险评估方法

计算发生水土流失的风险指数(F)。本研究中综合考虑了影响水土流失的 3 个因素分别为:植被、坡度、降雨,研究中植被、坡度、降雨因子对水土流失的影响程度分别用 A_1、A_2、A_3 来表示。风险指数的表

达式可用公式(1) 表示:

$$F = \sum_{i}^{n} A_i \quad (1)$$

($i = 1,2,3, n = 3$ A_i 表示各评价单元影响因子的分类数)

式中: F 为渭河流域某一区域发生水土流失的风险指数,F 一般为整数,F 值越大可以说明该区域发生水土流失的风险就越大;反之,则越小; A_1 为该区域的植被指数所分的类数,A_1 一般为整数;由于当该地区的植被指数大时,发生水土流失的风险程度就低,所以在计算中把分的类数进行倒置后再计算,才与 F 的变化相一致; A_2 为示该区域的坡度指数所分的类数, A_2 一般为整数;A_2 值的变化与 F 的变化相一致; A_3 表示该区域的降雨数据所分的类数, A_3 一般为整数;A_3 值的变化与 F 的变化相一致。本实验中把植被指数分为三类:A_1 的值为 -1,0,1;坡度分为四类:A_2 的值为 1,2,3,4;降雨分为六类:A_3 的值为 1,2,3,4,5,6。由式(1)可知风险指数 F 的取值范围为[1,11], F 的计算图如图 7。

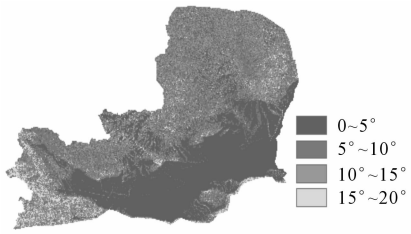

图 5 坡度数据图

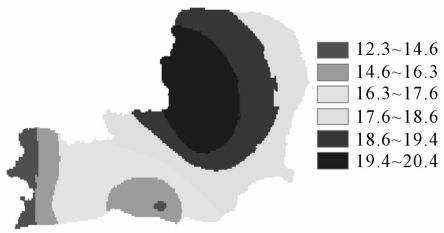

图 6 降雨数据图(单位:mm)

图 7 风险指数计算总图

4 实验结果

通过实验发现,本研究从定性的角度,把渭河流域的水土流失的风险程度分为 4 个等级:水土流失的风险程度低、水土流失的风险程度中等、水土流失风险程度高、水土流失风险程度极高;再从定量的角度,即根据风险指数的大小分为 4 个等级:

其中:当风险指数 F 在[2,3] 时,水土流失风险程度低; 当风险指数 F 在[4,5] 时,水土流失风险程度中等; 当风险指数 F 在[6,8] 时,水土流失风险程度高; 当风险指数 F 在[9,11] 时,水土流失程风险度极高。风险程度的分类图见图 8。

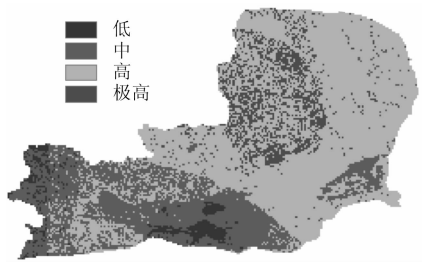

图 8 计算结果分类图

5 结果的验证

笔者随机在风险指数计算图上随机了 10 个区域进行验证,其验证结果如表 2 所示。

表 2 渭河流域范围内水土流失验证表

经度/(°)	纬度/(°)	代表区域	水土流失状况	水土流失风险
109.154	34.923	陈炉镇	镇区周围因为常年的采料而造成严重的水土流失,树木较少,生态环境较差,水土保持状况差	高
109.433	34.750	洛川县	水土流失面积 1583 km^2,占全部面积的 87.8%,年土壤侵蚀模数为 260 到 2800 t/km^2[9]	极高
108.334	35.122	旬邑县	水土流失面积 1430 km^2,占全县面积的 55.2%,年水土流失量为 11.8 万 t[10]	极高
107.632	34.433	岐山县	水土流失面积 670 km^2,占总面积 78%,年输沙量 341.7 万 t[11]	极高
107.166	34.668	千阳县	水土流失面积 857 km^2,占全部耕地面积的 86%。多年平均输沙量 439.2 万 t[12]	极高
109.116.	35.598	宜君县	水土流失面积 1263 km^2,占全县总面积的 83.8%,平均侵蚀模数 4240 t[13]	极高
108.967	34.950	耀州	水土流失面积 645.9 km^2,平均侵蚀模数 1503 t/km^2,年输沙量 97 万 t	极高
108.281	34.349	西安市	城市,地势平坦,水土流很较轻	低
109.289	34.550	蓝田县	地势较平,绿化程度高,水土流很较轻	低
106.671	34.687	丛林山区	森林覆盖率大,水土保持良好	低

由验证结果可知:本研究的结果与实际情况相一致,从而说明了本研究结果是准确的,具有一定的代表性。

6　实验结论

由实验可得到的渭河流域风险评估图见图 9。

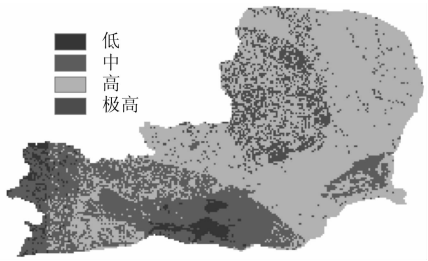

图 9　渭河流域风险评估图

由风险评估图可知:风险指数 F 越大,该区域发生水土流失的风险程度就越大,图中红色区域表示该地区发生水土流失的风险极高,绿色区域表示该地区发生水土流失的风险高,蓝色区域表示该区域发生水土流失的风险中等,黑色区域表示该地区发生水土流失的风险低。笔者在渭河流域范围内随机抽取了 10 个区域进行验证,均与研究的结果相吻合,从而可以认为本的研究成果是有效的、准确的和科学的,本实验所采用的研究方法是可行的。

7　展　望

本次研究的方法是科学有效地,所得结论是真实可靠的,但由于本实验中所采用的遥感影像的分辨率还比较低,数据还比较少,但是随着遥感技术的不断从静态分析向动态观测的过渡,从单一遥感数据向多时相、多数据源的分析与融合的发展,由对资源与环境的定性调查向计算机辅助的定量自动制图过渡,由对各种现象的表面描述向软件分析和计量探索的过渡,并且随着处理遥感数据软件的不断更新和发展,后来的研究结果会更加准确。

参考文献:

[1] Manzul Kumar Hazarika and Kiyoshi Honda. Estimation of soil erosion using remote sensing and GIS, its valuation and economic implications on agricultural production[C]//. the 10th international soil conservation organization meeting, Purdue university and the USDA – ARS national soil erosion research laboratory, USA, 1999(5):1090 – 1093.

[2] Krishna Pahari, Jean – pierre Delosol, Shunji Murai. Remote sensing and GIS for sustainable watershed management a study from NEPAL[C]//. The 4th International Symposium on High Mountain Remote Sensing, Cartography, Karlstad and Kiruna in Sweden, Tromso in Norway, 1996:195 – 202.

[3] P R Ste Phen S. Estimating universal soil loss equation factor values with aerial photography[J]. Journal of Soil and Water Conservation,1985(5):293 – 296.

[4] 孙红雨,李 兵. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系[J]. 遥感学报,1998,2(3):204 – 210.

[5] 张喜旺,刘剑锋,张 波. 伊洛河流域植被覆盖空间分异研究[J]. 黑龙江农业科学,2010(10):105 – 108.

[6] Zingg A W. Degree and length of land slope as it affects soil loss in runoff [J]. Agricultural Engineering, 1940 (21): 59 – 64.

[7] 杜朝正. 基于 ARCGIS 的坡度分析[J]. 资源开发与市场,2009,25(1):17 – 18.

[8] 李晓兵,史培军. 基于 NOAA/AVHRR 数据的中国主要植被类型 NDVI 变化规律研究[J]. 植物学报(英文版),1999,41(3):314 – 324.

[9] 杨智川. 浅析洛川黄土塬区水土流失成因及治理措施[J]. 陕西水利,2010(3):133 – 134.

[10] 李三平. 旬邑县水土保持生态现状与对策分析[J]. 陕西水利,2009(专刊):206 – 207.

[11] 马晓光,祁怀明. 岐山县水土流失现状与治理对策初探[J]. 陕西水利,2010(6):121 – 122.

[12] 宋文军,杨巧利. 千阳县水土流失现状分析与综合治理[J]. 陕西水利,2011(5):141 – 142.

[13] 刘媛媛. 宜君县生物措施治理水土流失的现状与对策[J]. 陕西林业,2011(5):34.