

杏子河流域土壤侵蚀空间差异快速评估与验证

史学建, 王玲玲, 彭 红

(黄河水利科学研究院, 河南 郑州 450003)

摘 要: 利用 RS 与 GIS 相结合的技术手段, 探讨了流域下垫面覆盖信息和地形信息的快速提取方法; 在对土壤侵蚀评价因子进行合理筛选以后, 参考国家土壤侵蚀分级分类及其参考指标, 利用 ERDAS 图像处理软件提供的专家分类器, 实现对土壤侵蚀强度及其空间差异的快速、精确评估, 并以水文站的观测数据进行验证。

关键词: 土壤侵蚀; 快速评估; 专家分类器

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)01-0196-03

Rapid Assessment and Validation of the Spatial Difference of the Soil Erosion in Xingzi River Basin

SHI Xue-jian, WANG Ling-ling, PENG Hong

(Hydraulic Research Institute of YRCC, Zhengzhou, Henan 450003, China)

Abstract: In the application of RS (remote sensing) and GIS (geographic information system) technology, the method of rapid obtaining the information of land cover and topographic condition was discussed. Based on selected evaluation factors and expert classifier of ERDAS software, reference to national soil erosion grade classification, rapid and precise evaluating the spatial difference of soil erosion could be achieved. Simultaneously, taking the Xingzi River as the example, the assessment results were validated by the hydrology station's observation data.

Key words: soil erosion; rapid assessment; expert classifier

严重的水土流失不仅造成当地土地退化, 甚至整个生态环境的恶化, 严重制约着当地经济的发展, 而且还导致其下游河床不断淤积抬高, 排洪能力减弱, 使水库库容减少, 洪水调节功能减弱, 加剧洪水威胁。基于遥感(RS)和地理信息系统(GIS)的、能够反映流域下垫面空间差异的水土流失评价, 可以进一步揭示水土流失发生发展规律, 为水土保持生态环境建设规划等工作提供科学依据。

水利部于上世纪 80 年代中期利用遥感技术对全国土壤侵蚀状况进行了第一次普查, 90 年代末, 水利部组织各省市技术力量, 开展了全国第二次土壤侵蚀调查, 同时, 一些流域机构也自行开展了土壤侵蚀调查与评价工作。在已经进行的这些土壤侵蚀调查中, 每一次都耗费大量人力物力, 而且也耗用比较长的时间。本文以杏子河流域为例, 探讨如何利用现代科技手段, 提高土壤侵蚀调查的数据可靠性的同时, 提高调查速度和效率。

1 研究地区的基本情况

杏子河流域地处黄河流域黄土高原中部, 位于黄河多沙粗沙区, 为延河的一级支流, 发源于靖边县境内的白云山南

麓, 自西北流向东南, 流经安塞县和志丹县, 全长 102.8 km, 流域面积 1486.1 km², 流域内属于黄土丘陵地貌, 沟谷密集, 地形起伏较大, 水土流失强烈。为了将土壤侵蚀评估的结果与水文站观测数据进行对比, 我们特选择了杏河水文站控制面积(470.65 km²)进行了研究。

2 土壤侵蚀评估因子的选择及假设条件

从侵蚀机理分析, 一般认为影响土壤侵蚀发生的因素有: 降雨因素、地形因素、地表组成物质因素、植被因素和人为因素^[1-5]。

宏观的, 大区域降雨量与侵蚀量关系研究可以点绘不同区域的年降雨量与相应的输沙量的关系, 可看出在大区域降雨量与侵蚀量的统计关系是非线性关系, 呈现类似非对称的正态曲线, 并不是降雨量越大, 侵蚀量就越大。降水量大的地区, 而侵蚀量反而小了, 这主要受到抗蚀力的制约。由于该研究地区范围较小, 区域范围内降水空间差异不大, 降水、气候因素等对该地区土壤侵蚀空间差异的影响较小^[6], 由于我们是对土壤侵蚀空间差异的快速评估为主要目的, 暂且不考虑降水因素。

收稿日期: 2004-05-11

基金项目: 黄委会水土保持科学研究基金项目

作者简介: 史学建(1963-), 男, 博士, 高级工程师, 现主要从事遥感技术及GIS在水土保持工作应用研究。

流域下垫面覆盖状况与土壤侵蚀强度的关系密切。植被覆盖度既是影响土壤侵蚀的重要因素, 同时也是土壤侵蚀或者水土保持结果的重要表现, 土壤侵蚀强烈的地方, 土地肥力低, 植物生存生长条件差, 植被覆盖就差一些, 反之, 植被覆盖就好一些。

地形也是影响土壤侵蚀的重要的自然因素之一。影响土壤侵蚀的地形因素比较多, 如地形坡度、坡长、坡型、坡向、相对高度、沟谷密度等。但目前国内外大多数土壤侵蚀研究者在侵蚀地形因素研究中多数集中坡面要素研究, 尤其是坡度与侵蚀关系的研究。一般研究认为, 坡度愈大, 侵蚀愈强。

地表抗御降雨侵蚀力的强度, 主要取决于地表组成物质的特性, 在其他条件相似情况下, 相同的降雨侵蚀力落在粉沙地面上和粗沙地面上可以产生不同的侵蚀效果。因此地表组成物质是影响侵蚀的重要因素。地表组成物的可蚀性取决于它的渗透性和抗蚀性, 而渗透性与抗蚀性又与地表组成物质的其他特性有关。

考虑研究地区范围较小, 区域范围内降水空间差异不大, 地表组成物质为典型黄土, 区域内差别不大, 该研究课题主要目的是对土壤侵蚀空间差异进行评估方法研究, 因此, 暂且不考虑降水因子和地表组成因子。即该方法的前提是: 假设区域内降水是均匀的, 地表组成物质均为黄土。

3 土壤侵蚀快速评估的关键技术

土壤侵蚀快速评估的关键技术包括两个方面: 一是影响土壤侵蚀强度的环境因子信息的快速获取, 二是快速有效的土壤侵蚀模型的建立。

3.1 流域下垫面土地覆盖信息的快速获取

3.1.1 信息源的选择

由于不同季节的水热条件和物候变化对植被等有特殊意义, 使图像在不同时期呈现不同的图像效果, 考虑本项目主要目的是利用卫星图像提取水土保持措施和土地利用情况, 植被及土地利用因子在夏秋时相的遥感图像反映较为清楚, 我们选择了 1997 年 6 月 13 日的 TM 图像和 1:5 万地形图作为主要信息源。

3.1.2 植被覆盖度信息的快速提取

对于流域下垫面覆盖信息, 我们利用 ERDAS 图像处理软件, 采用植被指数 (NDVI) 的方法, 提取地表植被覆盖度。具体方法如图 1。

土地利用方式在卫星图像上也是以土地覆盖表现出来, 但是不同的土地利用方式, 对土壤侵蚀发生的重要影响, 如果不深入分析, 就有可能被表面现象掩盖, 如在农作物生长茂盛的季节, 从卫星上反映出植被覆盖度一般是比较高的, 其实, 农作物不同于林草植被, 不仅生长期短, 而且由于人为耕种, 地表土壤一般较为疏松, 与其它非耕地区相比更容易遭受侵蚀, 因此, 黄委会在开展黄河流域第二次水土保持遥感调查工作中规定: 在目视解译时, 对于农耕地不论从卫星图像上看到的植被覆盖率有多高, 覆盖度一律按“中低覆盖”处理。本研究中也采用这一方法对植被覆盖度分级数据进行特别处理。

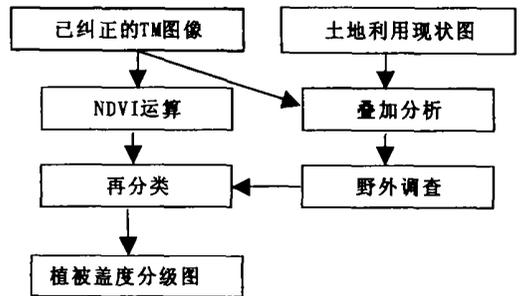


图 1 植被覆盖度分级数据的快速获取过程示意图

3.2 地形信息快速获取

用购买的纸质地形图, 进行数字化, 生成计算机中的高程数据。首先对扫描入计算机的彩色地图图像进行定向, 赋予其地理坐标; 其次, 利用图像处理软件, 对彩色图像进行分版, 得到只含有地形等高线的二值图像, 并对二值图像进行细化、短线删除、断线连接等预处理; 最后在预处理后的图像上进行线划的自动跟踪得到矢量数据, 参照原图赋予等高线的高程值, 便得到以文件形式存储的地形三维数据, 再生成 DEM, 并可以利用 ARCGIS 软件计算得到地形坡度数据。

3.3 土壤侵蚀因子的集成与专家分类

土壤侵蚀各影响因素必须统一在同样的地理坐标系下, 转换为同样分辨率的栅格数据, 这样便于运用 GIS 进行建模和栅格计算。土壤侵蚀信息数据集成程序如图 2 所示。

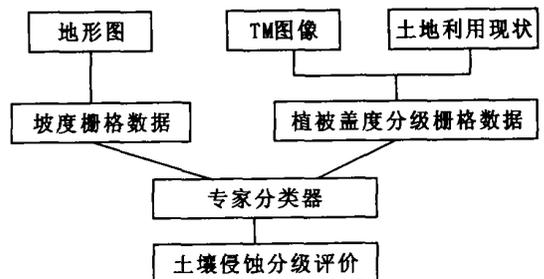


图 2 土壤侵蚀因子数据集成程序

尽管目前关于土壤侵蚀量计算模型有许多, 但是由于其影响因素的复杂性, 这些模型的应用还存在很大的局限性。本研究根据野外实地调查和以往专家经验, 参考国家土壤侵蚀分级分类标准及其参考指标, 主要利用土地覆盖因子和地形因子, 建立专家规则表 (见表 2), 采用逻辑模型, 即以逻辑判断为基础, 进行直截了当的集合运算。

表 1 土壤侵蚀影响因素和侵蚀强度编码

编码	植被覆盖度/%	坡度	土壤侵蚀强度
1	高覆区 80~90	< 5°	微度
2	中高覆区 70~80	5~8°	轻度
3	中覆区 45~70	8~15°	中度
4	中低覆区 30~45	15~25°	强度
5	低覆区 10~30	25~35°	极强度
6	裸地 0~10	> 35°	剧烈

为了便于逻辑计算, 我们将植被覆盖度和地形坡度的栅格数据, 进行重分级编码, 分级编码方法如表 1。

利用 ERDAS 软件的专家分类器, 将坡度和植被覆盖度分别设为变量 x_1 和 x_2 , 建立基于该变量的逻辑规则和假设, 当条件满足时, 直接赋予新图像象元值, 及土壤侵蚀等级值。

表 2 土壤侵蚀分级编码规则表

坡度分级	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	2	3
2	1	2	2	2	3	4
3	1	2	3	3	4	5
4	1	2	3	4	5	6
5	1	3	4	5	6	6
6	2	3	4	5	6	6

表 3 杏河站控制区侵蚀强度分级结果及侵蚀量计算表

土壤侵蚀等级	面积 /km ²	侵蚀模数/(t·km ² ·a ⁻¹)			年侵蚀量/t		
		下限	上限	中值	按下限计算	按上限计算	按中值计算
1 微度	25.18	200	1000	500	5036.0	25180.2	12590.1
2 轻度	14.60	1000	2500	1750	14604.3	36510.8	25557.5
3 中度	50.21	2500	5000	3250	125529.8	251059.5	163188.7
4 强度	109.76	5000	8000	6500	548800.0	878080.0	713440.0
5 极强度	151.63	8000	15000	11350	1213040.0	2274450.0	1721000.5
6 剧烈	119.27	15000	30000	22500	1789020.0	3578040.0	2683530.0
合计	470.65				3696030.1	7043320.5	5319306.8

4 结果验证与评析

模型计算结果(见表 3)表明:杏子河流域杏河水文站控制区总面积 470.65 km²,其中,微度至剧烈侵蚀各级面积分

参考文献:

[1] 蔡强国 坡长在坡面侵蚀产沙过程中的作用[J] 泥沙研究, 1989 (4): 35- 40

[2] 王占礼 黄土高原降雨因素对土壤侵蚀的影响[J] 西北农业大学学报, 1998, 26(4): 101- 105

[3] 陈云明, 侯喜禄, 刘文兆, 黄土丘陵半干旱区不同类型植被水土保持生态效益研究[J] 水土保持学报, 2000, 14(3): 57- 61.

[4] 陈浩, 蔡强国, 陈金荣, 等 黄土丘陵沟壑区人类活动对流域系统侵蚀、输移和沉积的影响[J] 地理研究, 2001, 20(1): 69- 76

[5] 李有利, 郑纲, 杨景春 人类活动与土壤侵蚀[J] 水土保持研究, 1999, 6(4): 105- 110

[6] 唐克丽 杏子河流域的土壤侵蚀方式及其分布规律[J] 水土保持通报, 1984, 4(5): 10- 19

[7] 张显峰, 崔伟宏 运用 RS、GIS 技术进行大比例尺土地利用动态监测的实验研究[J] 地理科学进展, 1999, 18(2): 137- 145

(上接第 195 页)

表 7 2001 年南充市与其它城市生态可持续发展指数对比表

B 层	C 层	南充	绵阳	泸州	攀枝花	权重
经济生态	经济水平	0.0486	0.1512	0.0742	0.1732	0.35
	经济结构	0.1952	0.201	0.1887	0.1392	
	经济效益与能力	0.0201	0.0595	0.0382	0.0228	
	综合指数	0.2639	0.4117	0.3011	0.3352	
社会生态	人口发展	0.5927	0.5873	0.4123	0.2018	0.32
	基础设施	0.0351	0.0532	0.0366	0.0442	
	生活质量	0.1367	0.1930	0.1798	0.1880	
	科技教育	0.0345	0.0259	0.0304	0.0124	
自然生态	综合指数	0.7990	0.8594	0.6591	0.4464	0.33
	工业废水排放达标率	0.0851	0.1171	0.0824	0.1090	
	工业固废综合利用率	0.2668	0.1144	0.2526	0.0678	
	环境噪声	0.9041	0.8610	0.9656	0.8610	
综合指数	1.256	1.0925	1.3006	1.0378		
综合指数		0.7625	0.7796	0.7455	0.6026	1

参考文献:

[1] 马世俊, 王如松 社会- 经济- 自然复合生态系统[J] 生态学报, 1984, 4(1): 1- 9

[2] 张坤民, 温宗国 城市生态可持续发展指标的进展[J] 城市环境与城市生态, 2001, 14(6): 1- 4

[3] 曹慧, 胡锋, 李辉信, 等 南京市城市生态系统可持续发展评价研究[J] 生态学报, 2002, 22(5): 787- 792

[5] 罗上华, 马蔚纯, 王祥荣, 等 城市环境保护规划与生态建设指标体系实证[J] 生态学报, 2003, 23(1): 45- 55

[6] 郭爱明, 郭耀邦 层次分析法(AHP)确定食品质量指标权重[J] 食品科学, 1994, (7): 6- 10

[7] 王莲芬, 许树柏 层次分析法引论[M] 北京: 中国人民大学出版社, 1990

[8] 国家统计局城市社会经济调查总队 中国城市统计年鉴: 2002[M] 北京: 中国统计出版社, 2003

[9] 四川省统计局 四川统计年鉴: 2002[M] 北京: 中国统计出版社, 2002

[10] 张惠屏 实现现代化深圳第一个——访中国科学院可持续发展战略研究组组长、首席科学家牛文元[N] 深圳商报, 2001- 03- 29

别为 25.18 km²、14.6 km²、50.21 km²、109.76 km²、151.63 km² 和 119.27 km²。

为了与该流域控制水文站(杏河站)观测数据进行对比分析,验证模型评估的正确性,我们按照土壤侵蚀各个等级所对应的侵蚀模数下限、上限和中值分别计算了该流域土壤侵蚀量,见表 3,该地区下限年总侵蚀量为 3 696 030.1 t,上限年总侵蚀量为 7 043 320.5 t,中值年总侵蚀量为 5 319 306.8 t。

根据杏河水文站 1990~ 2001 年间观测的输沙率计算,该地区年平均输沙量为 5 685 570.9 t,该数值正好位于上述计算的上、下限年总侵蚀量之间,而且与中值年总侵蚀量接近。

5 两点体会

(1)RS 和 GIS 相结合在土壤侵蚀中的应用使得图像、图形和编辑软件得到有机结合,保证了源信息流的完整性,即源信息的采集、处理和应用得到统一^[8]。

(2)对土壤侵蚀现状进行科学、快速、准确的评估,采用数字化手段是必然趋势,把影响土壤侵蚀的各种因素的数字模型叠合处理,可以得出更加可靠的调查结果。

4 结 论

从评价结果可以看出:南充经济生态指数在四城市中最低,从数据表面看是由于经济水平指数偏低,一个潜在的问题是南充市第二产业欠发达,虽然看起来经济结构指数得分不低。社会生态指数在四城市中处于中上中等地位,人口发展和科技教育得分最高,而基础设施和生活质量得分最低,这反映出了南充市优劣所在,城市硬件条件有待改善而人口质量不错,自然生态指数得分也处于中上中等地位,这与南充第二产业欠发达不无关系,环境承载状况良好是发展经济的有利条件和支持,但在发展中也应注意环境、经济的协调发展。总的来说,南充城市可持续发展水平良好,工作重心是培育当地支柱产业,提高经济生态水平,同时注意环境、社会的协调发展。