

基于 GIS 的山东沂沭泗河流域土壤侵蚀敏感性评价

杜 军¹,姚孝友²,孙希华¹,周 虹²

(1. 山东师范大学人口资源与环境学院, 济南 250014; 2. 淮河水利委员会, 安徽 蚌埠 233001)

摘 要: 通过对土壤侵蚀问题形成原因和影响因素的分析, 确定土壤侵蚀敏感性评价因子并对其进行敏感性分级。在 GIS 系统支持下, 运用单因子敏感性评价和综合敏感性评价两种方法, 对山东沂沭泗河流域土壤侵蚀敏感性及其空间分布进行了研究。
关键词: 山东沂沭泗河流域; 土壤侵蚀; 敏感性; GIS
中图分类号: S 157; T p79 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2006) 01-0165-03

GIS-based Assessment on Sensitivity to Soil
Erosion in Yishusi River Watershed of Shandong

DU Jun¹, YAO Xiao-you², SU N Xi-hua¹, ZHOU Hong²

(1. College of Population, Resource and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;
2. Huaihe River commission Ministry of Water Resources, Bengbu, Anhui 233001, China)

Abstract: Based on the analysis of formation reason about soil erosion problem and affecting factor, the authors certain factor of soil erosion sensitivity evaluation and classify according sensitivity. Two methods of single factor sensitivity evaluation and synthesize sensitivity evaluation supported by GIS are used to research the soil erosion sensitivity and spatial distribution of Yishu River watershed.
Key words: Yishusi River watershed of Shandong; soil erosion; sensitivity; Geographic Information System

1 引 言

生态环境敏感性是指生态环境中部分环境要素或因子对人类活动反应的灵敏程度, 通常是对区域主要生态环境问题出现的概率大小作定量评价。欧阳志云、王效科等认为, 生态环境敏感性是指生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反映程度, 说明发生区域生态环境问题的难易程度和可能性大小。具体来说, 如果在同样的人类活动强度影响或外力作用下, 各生态系统出现区域生态环境问题(如沙漠化、水土流失) 的概率大小^[1]。随着区域和全球范围内生态环境问题的日渐增多和日趋严重, 生态环境敏感性评价逐步受到国内外的关注和重视。目前, 对生态环境敏感性的研究, 大多还是定性的研究, 定量研究比较缺乏。在定量研究中, 也主要是对某一具体的生态环境问题进行敏感性研究, 关于区域生态环境敏感性综合评价研究则较为缺乏。

为了更好的反映区域生态环境敏感性的分布规律, 本研究选取沂沭泗河流域为研究范围, 即沂沭泗河中上游、南四湖以东的沂蒙山区, 包括山东的沂河、沭河、泗河以及东部沿海傅疃河流域, 行政区包括淮河流域内山东省的临沂市和枣庄市, 以及济宁市、日照市、淄博市的部分地区, 共 22 个县(市、区), 总面积 31 695. 15 km², 占山东省总面积的 20. 18%, 占淮河流域面积的 11. 74%。采用定性与定量相结

合的评价方法, 选择统一的评价指标, 对山东沂沭泗河流域的土壤侵蚀敏感性进行综合评价, 并提出土壤侵蚀敏感性分区方案, 为制定相应的治理与生态恢复对策提供科学依据。

2 土壤侵蚀敏感性评价因子的选择和分级标准

影响土壤侵蚀的因子很多, 不同环境要素在同一扰动因子作用下其敏感性表现不一样; 同一环境要素在不同扰动因子作用下其敏感性也不同。据此, 可将扰动因子定为行, 环境要素定为列, 建立交叉影响矩阵, 并提出 5 级敏感度等级计量任何已知环境参数的敏感度。

对土壤侵蚀问题形成和影响因素的大量分析和研究工作表明, 区域土壤侵蚀的敏感性主要受气候、土壤性质、地形和地表覆盖度的影响, 故可以用地形坡度、降水侵蚀力、土壤可蚀性和地表植被覆盖等 4 因子来评价^[2]。

(1) 降水侵蚀力。该指标是反映降雨引起土壤侵蚀的一个外营力指标, 是评价降雨引起土壤侵蚀潜在能力的重要参数。山东沂沭泗河流域位于我国暖温带季风气候区, 降水量较丰富, 多年平均降水量为 830 mm, 且降雨具有明显的时空差异, 容易对土壤产生侵蚀作用。

(2) 土壤可蚀性因子 K : 土壤可蚀性是一项评价土壤被降雨侵蚀力分离、冲蚀和搬运难易程度的内营力指标, 主要反映土壤质地对土壤侵蚀的影响。

① 收稿日期: 2005-04-26
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 40376024); 水利部淮河水利委员会资助项目
作者简介: 杜军(1981-), 男, 山西晋城人, 山东师范大学人文地理专业硕士研究生。

(3) 坡度因子: 地貌形态是影响土壤侵蚀的重要因素。在地形因子中, 坡度对土壤侵蚀的影响最大。研究表明, 一般情况下, 土壤侵蚀量与坡度大小成正相关; 坡度越陡, 降雨汇流的时间越短, 径流能量就越大, 对坡面的冲刷就越强烈, 侵蚀量就越大。

(4) 覆盖因子: 地表植被覆盖是影响土壤侵蚀敏感性的一个重要因素。在水域和植被覆盖度高的地区, 发生土壤侵蚀的机会就小; 相反, 在地表裸露, 植被覆盖度低的地区, 发生土壤侵蚀的机会就大, 因此, 植被覆盖因子是评价土壤侵蚀敏感性的一个重要指标。

表 1 山东沂沭泗河流域土壤侵蚀敏感性评价因子和分级标准

级别		不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
坡度	分级	0°~3°	3°~7°	7°~13°	13°~22°	>22°
	得分	2	4	6	8	10
土壤可蚀性	分级	0.16	0.16~0.28	0.28~0.40	0.40~0.51	>0.51
	得分	2	4	6	8	10
降雨侵蚀力	分级	240	240~270	270~305	305~335	>335
	得分	2	4	6	8	10
地表覆 被	分级	水体、郁闭度 > 30% 的天 然林和人工 林、稻田	郁 闭 度 > 40% 的灌木林 地、覆盖度 > 50% 的草地	其他林地、疏 林地和覆盖 度在 20% ~ 50% 的草地	覆 盖 度 在 5% ~ 20% 的 草地和旱地	裸露地表或 植被极其稀 疏区
	得分	1	3	6	8	10

3 研究方法

为了保证不同专题图层间运算时具有良好的空间重合性, 需要在 ArcGIS 的支持下, 对各个土壤侵蚀敏感性评价因子图进行坐标系和投影系统的统一, 投影系统为等面积双纬线割圆锥投影, 全国统一的中央经线为 105 E, 双标准纬线分别为 25 N 和 47 N, 使用 KRASOVSKY 椭球体, 起算点为赤道 0^[6]。另外, 考虑到 GIS 空间分析的能力, 采用栅格数据结构为基础, 实现各种代数和逻辑运算, 故需要利用 ArcGIS 中的 Polygrid、spline 等命令将矢量图转换为 Grid 格式, 栅格 CELL 大小为 30 m×30 m。

3.1 单因子敏感性评价图形库和属性库的建立

利用地理信息系统 ArcGIS 的 ArcEdit 模块, 建立起山东沂沭泗河流域土壤侵蚀力、DEM、土壤可蚀性、地表覆盖度等因子的图形库和属性库, 并依据各因子分级标准进行单因子敏感性评价。

单因子敏感性图形库和属性库是在地理信息系统软件 ArcGIS 的 Arcedit 和 Grid 模块支持下完成的。为了客观评价各因子的影响, 可利用 ArcGIS 中的数学运算功能, 将选定的因子进行分级和量化处理, 并进行矢量数据向栅格数据的转换, 转换后的数据值越大, 此因子对生态环境敏感性的作用越大。

(1) 降水侵蚀力: 首先计算、绘制多年降雨侵蚀力因子 R 分布图。利用 GIS 的 Spline 内插法, 得到该流域降雨侵蚀力栅格分布图。根据表 1 中对降雨侵蚀力因子的分级标准, 可得到土壤侵蚀对降雨侵蚀力影响的分布图。

(2) 土壤可蚀性因子: 本研究中的土壤可蚀性利用查图表法计算, 在 ArcGIS 中经数字化得到矢量的土壤可蚀性图, 再利用 ArcGIS 中的 Polygrid 命令转成栅格形式的土壤可蚀性图。按照表 1 中分级标准, 对土壤可蚀性图进行赋值, 绘制得到土壤侵蚀对土壤质地的敏感性栅格分布图。

(3) 坡度因子: 坡度信息从 1:25 万 DEM 中提取得到, 采用 Spline 内插法, 按照表 1 中分级标准、赋值得到土壤侵蚀对坡度的敏感性栅格分布图。

(4) 覆盖因子: 利用该研究区 2000 年遥感影像经解译可以得到土地利用类型图, 按照表 1 中对覆盖因子的分级标准进行赋值, 可以得到土壤侵蚀对植被因子的敏感性栅格分布图^[3]。

3.2 土壤侵蚀敏感性综合评价方法

土壤侵蚀敏感性是受上述多个因子综合影响的, 在单因子敏感性评价的基础上进行土壤侵蚀敏感性综合评价, 为此, 采用土壤侵蚀敏感性综合指数对该研究区土壤侵蚀敏感性状况进行评价, 利用 ArcGIS 中 Grid 模块的图形空间叠加和运算功能, 并利用 ArcView 软件绘制山东沂沭泗河流域土壤侵蚀敏感性分布图, 并进行分析。

$$SS_j = 4 \prod_{i=1}^4 P_{ij} \quad (1)$$

式中: SS_j ——土壤侵蚀敏感性指数; P_{ij} ——评价因子; j ——评价单元; i ——第 i 个评价因子。

4 山东沂沭泗河流域土壤侵蚀敏感性评价

4.1 单因子敏感性评价

(1) 降雨侵蚀力对土壤侵蚀敏感性的影响。降雨侵蚀力因子反映了各区域在降水条件下, 可能发生土壤侵蚀的敏感程度。在软件 ArcView 中对降雨侵蚀力分布图进行分级并重新赋值, 结合土壤侵蚀对降雨侵蚀力的敏感性分布图和行政区划图, 分析发现该流域土壤侵蚀敏感性大部分为轻度和中度敏感区, 其次为高度敏感区和不敏感区。

极敏感性区域面积为 148.88 km², 占研究区总面积的 0.47%, 位于研究区的中部, 主要在费县的北部。高度敏感性区面积为 3 837.76 km², 占研究区总面积的 12.11%。主要分布在五莲和东港区的中部地区、苍山的西北部和费县的南部以及山亭区东部、泗水县的东南部以及蒙阴县的东部和沂南县的西部、费县的东北部、沂南县的西南部和蒙阴县的南部。

中度敏感区, 面积为 15 626.72 km², 占研究区总面积的 49.30%, 几乎占研究区面积的一半, 是该研究区面积最大的类型。从地域分布上看, 该类型自东南向西北横贯于研究区的中部, 两侧分别与两轻度敏感区相邻, 包括临沭县、郯城县的全部, 临沂市、苍山县、莒南县、沂南县、费县、山亭区的大部分以及枣庄市辖区、东港区、莒县、蒙阴县、平邑县、邹城市、泗水县等县市的一部分。

轻度敏感区, 面积为 11 360.84 km², 占研究区总面积的 35.84%, 是研究区第二大类型, 该类型分布比较集中, 主要分布在: ①研究区西南部, 自东南向西北方向呈带状分布于不敏感区和中度敏感区之间, 面积为 5 953.64 km², 占该类型的 52.41%, 包括枣庄市辖区、滕州市、邹城市、曲阜市的大部分以及微山县、泗水县、兖州市、苍山县、山亭区的一部分。②研究区的东北部, 自东南向西北方向延伸呈带状分布, 面积为 4 465.48 km², 约占该类型的 39.31%, 主要分布在沂源县、沂水县、莒县境内。③研究区中部, 不敏感性区域外围呈环状分布, 面积为 921.92 km², 约占该类型面积的 8.11%, 主要分布在平邑县境内。

不敏感区域的面积为 721.16 km², 约占研究区面积的 2.28%。主要分布在 3 个区域: ①研究区的东南部, 面积为 471.48 km², 约占该类型面积的 65.38%, 主要分布在微山

县的西北部、滕州市的东南部。②研究区中部, 主要分布在平邑县的中部, 其面积为 104.00 km², 约占该类型的 14.42%, 大体为一椭圆形状。③沂源县境内, 镶嵌于轻度敏感区内, 面积为 145.68 km², 约占该类型面积的 20.20%。

(2) 土壤可蚀性对土壤侵蚀敏感性的影响。土壤是被侵蚀的对象, 是土壤侵蚀的主体。土壤对各种外营力的影响存在着抗侵蚀的作用。土壤可蚀性是定量分析土壤侵蚀敏感程度的重要指标, 是土壤侵蚀预报模型中的重要因子。使用土壤可蚀性这一指标来定量的反映土壤侵蚀作用的敏感性程度。

该流域土壤约有 98.52% 的面积对土壤侵蚀存在不同程度地敏感性, 其敏感程度以中度为主, 面积为 15 709.27 km², 占研究区面积的 49.56%, 其次为高度、轻度、极敏感程度, 面积分别为 12 525.34 km²、1 990.8 km²、1 000.60 km², 占研究区面积的 39.52%、3.16%、6.28%。其中, 中度及中度以上敏感程度的面积为 29 235.20 km², 占研究区面积的 92.24%。由此可见, 该流域土壤产生土壤侵蚀的几率较大即敏感性较大, 该流域的土壤有利于土壤侵蚀的发生。

(3) 坡度对土壤侵蚀敏感性的影响。坡度是评价土壤侵蚀敏感性的重要指标之一, 是土壤侵蚀产生的重要自然原因。根据坡度的土壤侵蚀敏感性分布图, 该流域坡度敏感性以不敏感性为主, 轻度敏感性次之。不敏感区的面积为 24 180.45 km², 占研究区总面积的 76.29%, 这些地区大部分是平原或洼地。轻度敏感性地区面积为 2 548.84 km², 占研究区总面积的 8.04%, 主要分布在山地丘陵的山麓地带, 如蒙山、五莲山、尼山的山麓地带等。中度和高度敏感性地区主要在山地丘陵的山腰部分, 面积分别为 2 298.78 km²、2 008.89 km², 分别占研究区总面积的 7.25% 和 6.34%, 这部分地区是极容易发生土壤侵蚀的地区。极敏感性地区主要分布在山地丘陵的偏上部, 面积为 658.33 km², 占研究区总面积的 2.08%, 是土壤侵蚀最严重的部分。

(4) 植被覆盖土壤侵蚀的敏感性评价。植被生长和覆盖状况受人类活动影响较大, 局部地区植被的破坏会诱发并加重土壤侵蚀的程度, 故以植被覆盖为指标的土壤侵蚀敏感性能反映出人为因素对土壤侵蚀的干扰程度。

通过计算, 得到以植被覆盖为指标的土壤侵蚀敏感性图及分县市统计数据。从中可以看出, 该流域植被覆盖对土壤侵蚀的敏感性是以高度敏感性为主, 中度敏感性次之。高度敏感性的面积为 20 268.82 km², 占研究区总面积的 63.95%。中度敏感性面积为 6 378.01 km², 占研究区总面积的 20.12%。轻度敏感性以上的面积为 26 938.75 km², 占研究区总面积的 84.99%。由此可见, 该流域植被覆盖对土壤侵蚀的敏感性较高, 是该流域土壤侵蚀较为严重的潜在原因。

4.2 土壤侵蚀敏感性综合评价结果分析

基于栅格单元的山东沂沭泗流域生态敏感性评价的具体过程为: 在 ArcGIS 的 Grid 模块中对已经赋值的评价因子按照公式(1)进行代数运算, 可得到山东沂沭泗流域土壤侵蚀敏感性综合指数, 平均值为 4.86。为便于分析, 按土壤侵

[1] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J]. 生态学报, 2000, 20(1): 9- 12.
[2] 孙希华. 基于 GIS 的济南市山丘区土壤侵蚀潜在危险度评价研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 47- 50.
[3] 邹亚荣, 张增祥. GIS 支持下的江西省水土流失生态环境风险评价[J]. 水土保持通报, 2002, 22(1): 48- 50.

蚀敏感性综合指数的高低, 将该流域土壤侵蚀敏感性等级分为 5 级(表 2)。

表 2 土壤侵蚀敏感性综合指数分级表

敏感性等级	敏感性评价	敏感性综合指数	面积 / km ²	占总面积 / %
1	不敏感	0.0~3.5	2164.49	6.83
2	轻度敏感	3.5~4.5	7706.39	24.31
3	中度敏感	4.5~5.5	16836.39	53.12
4	高度敏感	5.5~6.5	3733.32	11.78
5	极敏感	6.5~10.0	1254.56	3.96

该流域轻度敏感以上面积占总面积的 93.17%, 说明研究区存在不同程度的土壤侵蚀敏感性。中度及中度敏感以上的面积为 21 824.27.17 km², 占研究区总面积的 68.86%。其中, 中度敏感性面积最大, 为 16 836.39 km², 占研究区总面积的 53.12%, 其他为轻度敏感、高度敏感和极敏感程度。

该流域土壤侵蚀不敏感程度面积为 2 164.49 km², 占研究区面积的 6.83%, 主要分布在微山县、莒县和沂南县。轻度敏感程度是该流域第二大的敏感类型, 面积为 7 706.39 km², 占研究区面积的 24.31%, 主要分布在枣庄市辖区、沂水县、滕州市和邹城市。中度敏感程度是该流域的面积最大的类型, 面积为 16836.39 km², 占研究区面积的 53.12%, 主要分布在山地丘陵区, 如蒙山、尼山、五莲山等山地区, 主要分布在临沂市、莒南县、费县、东港区。高度敏感性面积为 3 733.32 km², 占研究区面积的 11.78%, 主要分布在蒙山、尼山、五莲山等坡度较大的地区, 面积比较大的县市有东港区、蒙阴县、沂南县、费县、苍山县、沂水县。极敏感性面积为 1 254.56 km², 占研究区总面积的 3.96%, 主要分布在费县、山亭区、蒙阴县、沂南县和东港区。

根据分析, 该流域土壤侵蚀敏感性以中度及中度以上敏感程度为主, 其中又以中度敏感程度面积最大。从各县市中度及中度以上敏感性面积占研究区中度及中度以上敏感性面积比重上来看, 苍山比重最高, 为 7.72%, 另外, 临沂、费县、日照市辖区、莒南、沂南、蒙阴、平邑等县市所占比重也较高, 都大于 5%。

5 结 语

总的来看, 山东沂沭泗河流域是一个由多种环境功能区复合而形成的环境综合体, 同时也是生态环境较脆弱敏感的区域。通过对山东沂沭泗河流域土壤侵蚀敏感性评价计算以及等级划分, 可以全面掌握该流域土壤侵蚀敏感性现状, 为水土保持规划、小流域综合治理等提供科学依据, 具有现实的指导意义, 研究成果意义重大。(1) 形成了相对完整的土壤侵蚀敏感性评价指标体系, 丰富并优化了评价的方法和模型。(2) 综合运用遥感和 GIS 的先进技术与方法, 在分析与评价模型的基础上, 可以对具有时空变化特点的土壤侵蚀要素进行现状和质量评估, 反映土壤侵蚀的时空分布、变异及动态。不仅快速、准确, 而且时效性好, 可操作性强。