

GIS 支持下淮河流域土壤侵蚀的综合评价<sup>①</sup>胡续礼<sup>1</sup>, 姜小三<sup>1</sup>, 潘剑君<sup>1\*</sup>, 杨树江<sup>2</sup>, 张春平<sup>2</sup>

(1 南京农业大学资源环境学院, 南京 210095; 2 淮河流域水土保持监测中心站, 安徽蚌埠 233001)

**摘要:** 以全国第二次水土流失遥感调查数据为基础, 在 GIS 技术支持下, 对淮河流域土壤侵蚀的空间分布特征进行了初步的研究; 同时对流域不同土壤条件下土壤侵蚀的空间分布进行了定量分析, 并以土壤侵蚀危险指数 (soil erosion dangerous index, SEDI) 评价分析了流域分县土壤侵蚀强度的空间分布。结果表明: 粗骨土、棕壤等山地土壤侵蚀严重; 流域土壤侵蚀以水力侵蚀类型为主, 总体上侵蚀程度轻微, 但局部地区仍然十分严重。在新的治淮高潮与规划中, 应重视水土保持工作。

**关键词:** 土壤侵蚀; GIS; 土壤侵蚀危险指数 (SEDI); 空间分析

**中图分类号:** S157

淮河流域位于东经 112° ~ 121°, 北纬 31° ~ 36° 之间, 流域面积约 27 万 km<sup>2</sup>, 流域跨湖北、河南、安徽、江苏、山东 5 省 40 个市 (地), 180 多个县 (市), 人口 1.65 亿, 耕地 1333 万 hm<sup>2</sup>, 是我国重要的商品粮、棉、油生产基地, 煤矿等资源丰富, 在我国经济和社会发展中占有极其重要的地位<sup>[1]</sup>。流域气候以淮河和苏北灌溉总渠为界, 北部属暖温带半湿润区, 南部为亚热带湿润区。东亚季风是影响流域天气的主要因素。多年平均气温 13.2 °C ~ 15.7 °C, 气温南高北低, 无霜期 180 ~ 220 天, 年均日照时数 1990 ~ 2650 h, 多年平均降水量 883 mm。降水量在地区间、年内、年际差异较大。

土壤侵蚀作为世界范围内的主要自然灾害之一<sup>[2]</sup>, 是造成土地退化、河湖淤积的根本原因, 并进一步影响流域防洪体系的建设与其功能的有效发挥<sup>[3]</sup>。淮河流域山丘面积约占流域总面积的 1/3, 山地土壤持水保肥能力低、抗侵蚀性能弱, 加之山区植被覆盖度低, 极易产生水土流失。故加强流域水土保持与土壤侵蚀的研究具有重要的现实意义<sup>[4-5]</sup>。随着计算机和信息技术的发展, 地理信息系统 (GIS) 以其强大的空间分析功能为定量评价区域生态环境因子空间分布与动态的变化提供了技术支撑, 在土壤侵蚀风险评价、与土壤侵蚀模型相结合、宏观及区域水土流失现状与动态评价中得到了较为普遍的应用<sup>[6-15]</sup>。

本文在 GIS 技术支持下, 对淮河流域内不同土壤和以县为单元的土壤侵蚀空间分布进行了定量的分析评价, 为在新一轮的治淮高潮与规划中加强水土保持工作提供了一定的科学依据。

## 1 资料与方法

## 1.1 资料来源

所采用的数据有: 全国第二次遥感调查形成分县的 1:10 万土壤侵蚀数据; 淮河水利委员会、中国科学院南京地理与湖泊研究所编著《淮河流域地图集》(科学出版社, 2001 年) 的淮河流域土壤分布图。流域内土壤类型包括酸性棕壤、棕壤、褐土、黄棕壤、潮土、砂姜黑土、水稻土、潜育土、盐土、粗骨土等 13 个类型<sup>[16]</sup>, 流域内各种土壤的分布面积见表 1。

表 1 流域各种土壤面积分布 (hm<sup>2</sup>)

Table 1 Acreages of the soils in the basin

土壤名称	面积	土壤名称	面积
酸性棕壤	325529	水稻土	3569483
棕壤	1041819	潜育土	91925
褐土	1842837	盐土	553913
黄棕壤	1366288	紫色土	111763
黄褐土	1546094	石质土	194191
潮土	10217247	粗骨土	1851854
砂姜黑土	3842384	合计	26555327

土壤侵蚀数据是通过 LANDSAT TM 图像进行目视解译得到的<sup>[17]</sup> (时相以 1995 年为主, 小部分以 1996 年补充)。土壤侵蚀类型分为水力侵蚀、风力侵蚀和工程侵蚀, 水力和风力侵蚀程度分为微度、轻度、中度、强度、极强度和剧烈 6 级 (微度为无明显侵蚀, 不计入侵蚀面积), 工程侵蚀不再分级, 全部为剧烈, 流域土壤侵蚀强度各级的面积见表 2。

①基金项目: 水利部淮河委员会“淮河流域水土流失遥感数据处理与评价”项目资助。

\* 通讯作者 (jpan@njau.edu.cn)

作者简介: 胡续礼 (1973—), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要从事水土保持与 3S 技术应用研究。E-mail: huxuli2002@126.com

表 2 流域各类型土壤侵蚀强度分布 (hm<sup>2</sup>)

Table 2 Intensity of soil erosion in the basin

侵蚀程度	水力侵蚀	风力侵蚀	工程侵蚀	合计
轻度	1601813	57503		1659316
中度	868486	67080		935566
强度	355890	16123		372013
极强度	104478			104478
剧烈	10798		16770	27568
合计	26959015	140706	16770	3098941

### 1.2 研究方法

将所有数字化矢量数据图层统一到 ARCGIS 环境下的统一的坐标系和投影系统, 以便于空间叠加分析, 采取土壤侵蚀强度危险指数 (SEDI) 计算评价各种土壤类型及流域分省分县的土壤侵蚀强度, 并作为区域侵蚀状况优劣的评价指标。

### 1.3 SEDI 指数计算方法<sup>[18]</sup>

为了提高不同土壤侵蚀强度之间的可比性, 应依据不同级别侵蚀强度对侵蚀效果的贡献大小进行进一步量化。量化分级值越大, 说明其对侵蚀环境的影响越大, 为此采取土壤侵蚀强度危险指数进行评价分析, SEDI 计算方法如下式:

$$SEDI = 100 \sum_{i=1}^n Fi * Ai / A$$

式中, SEDI: 评价单元的土壤侵蚀强度危险指数; Fi: 评价单元第 i 级侵蚀级别量化分级值; Ai: 评价单元第 i 级侵蚀强度级别所占面积; A: 评价单元总面积; n: 评价单元土壤侵蚀强度级别总数目;

各级侵蚀强度的量化值定义为: 微度侵蚀、轻度侵蚀、中度侵蚀、强度侵蚀、极强度侵蚀、剧烈侵蚀分别为: 0、2、4、6、8、10。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土壤条件下土壤侵蚀的空间分布

将土壤侵蚀图与流域土壤图进行叠加, 可得到不同土壤类型条件下的土壤侵蚀分类型分级的分布状况, 并由此可计算出各种土壤的土壤侵蚀危险指数 (表 3)。从表 3 中可看出, 土壤侵蚀危险指数最高的为粗骨土、棕壤和紫色土, 其中粗骨土的土壤侵蚀危险指数最高, 达 202, 其次为棕壤和紫色土, 分别为 166 和 107; 侵蚀强度指数较小一级的为潮土、滨海盐土、潜育土和砂姜黑土, 均小于 10; 其他土类则介于此二者之间。进一步分析发现, 粗骨土和棕壤作为流域山地的主要土壤类型, 尤其粗骨土质地差, 保土保肥能

力低, 加之不当开垦种植, 水土流失严重; 位于流域丘陵岗地褐土、黄褐土、黄棕壤等土壤类型也较易发生水土流失; 作为淮河平原主要耕作土壤的潮土、砂姜黑土、黄褐土, 由于地处平原区, 水土流失轻微。

因此, 流域应重点加强包括粗骨土、棕壤等山地土壤保护, 采取坡耕地改造为水平梯田、多施有机肥等保土、保肥、培肥措施, 提高其抗侵蚀的能力。潮土类土壤在黄泛平原存在部分风蚀, 应加强农田防护林网建设, 遏止其进一步发展。

表 3 不同土壤的土壤侵蚀危险指数

Table 3 SEDI of the soils in the basin

土壤名称	SEDI	土壤名称	SEDI
酸性棕壤	63	水稻土	15
棕壤	166	潜育土	1
褐土	83	盐土	0
黄棕壤	45	紫色土	107
黄褐土	34	石质土	77
潮土	9	粗骨土	202
砂姜黑土	3	流域平均	36

### 2.2 分省分县土壤侵蚀的空间分布

将流域土壤侵蚀图与以县为单元的行政界线图叠加, 生成流域以县为单元的土壤侵蚀空间分布图。以县为评价单元, 采取侵蚀危险指数评价各县侵蚀情况的程度大小。以侵蚀危险指数为属性值在 ARCGIS 软件下将矢量文件转为栅格形式, 并利用重新分级工具对此图进行重新分级, 得到十分直观的流域土壤危险综合指数分布图 (图 1)。土壤侵蚀危险指数分级采取表 4 标准。

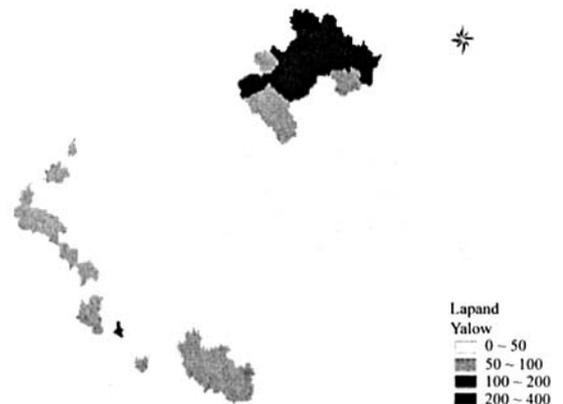


图 1 流域土壤侵蚀危险指数分布图

Fig. 1 Distribution of SEDI in the basin

表 4 土壤侵蚀危险指数分级表

Table 4 Classification of SEDI

土壤侵蚀危险指数	土壤侵蚀程度等级
0~50	轻微
50~100	一般
100~200	较严重
>200	严重

全流域土壤侵蚀危险指数平均为 36, 其中各省的平均强度指数为: 河南省 30, 安徽省 18, 江苏省 5, 山东省 110, 湖北省 124。故总体来说淮河流域属于水土流失轻微区域, 其中山东省侵蚀强度总体上较高, 湖北省由于在流域内面积很小不具有太强的可比性。虽然如此, 但在流域的局部地区尤其是沂沭河上游的沂蒙山区仍然存在极为严重的水土流失, 这可以从以县为单元的评价结果看出: 土壤侵蚀程度等级严重的为流域沂沭泗河上游的山东省沂蒙山区的沂源县、五莲县; 较严重的为山东省的沂水县、蒙阴、莒南、日照市、沂南、平邑和河南省信阳市等县市; 淮河干流水系上游的山区如大别山区、桐柏伏牛山区等各县侵蚀程度等级为一般; 而广大的淮河平原及滨海地区均为轻微级别。

### 3 结论

遥感技术与 GIS 技术的有效结合, 可以为国土资源调查监测评价提供有力的工具, 在宏观上对流域或者区域土壤侵蚀的变化与空间分布进行快速监测与评价, 从而为政府及相关机构快速科学的决策提供依据。本文对淮河流域的土壤侵蚀情况进行了定量的分析评价, 所得结果与流域内土壤侵蚀状况较为一致, 从中可以得出如下结论:

(1) 流域内山地土壤如粗骨土、棕壤等侵蚀情况严重, 应加强山地土壤的保育, 采取坡耕地改造、生物地埂培肥保土、多施有机肥等多项措施增加其保土保肥能力, 提高抗侵蚀的内在能力。淮河平原地区主要耕地土壤之一的潮土存在一定量的风力侵蚀, 应加强农田防护林网的建设, 遏止其进一步恶化发展。

(2) 淮河流域土壤侵蚀类型以水力侵蚀为主, 水力侵蚀中以轻度侵蚀为主, 间有部分风力侵蚀和工程侵蚀。流域总体上侵蚀程度轻微, 但流域上游山丘区的局部地区土壤侵蚀仍然十分严重, 在新一轮的治淮高潮和有关的规划中应引起重视。

### 参考文献:

- [1] 宁远, 钱敏, 王玉太. 淮河流域水利手册. 北京: 科学出版社, 2003
- [2] Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, Sinclair K, Kurz D, McNair M, Crist S, Shpritz L, Saffouri R, Blair R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 1995, 267: 1117-1120
- [3] 姚孝友. 淮河流域生态脆弱区水土保持管理机制的探索与实践. *水土保持研究*, 2003, 10 (4): 257-261
- [4] 胡续礼, 周虹. 浅析淮河流域水土保持方略. *中国水土保持*, 1998, 10: 9-10
- [5] He Xb, Jiao JR. The 1998 flood and soil erosion in Yangtze River. *Water Policy*, 1998 (1): 653-658
- [6] Pan JJ, Zhang TL, Zhao QG. Dynamics of soil erosion in Xinguo county, China, Determined using remote sensing and GIS. *Pedosphere*, 2005, 15 (3): 356-362
- [7] Matthew JC, Keith DS, Markus GW. Empirical reformulation of the universal soil loss equation for erosion risk assessment in a tropical watershed. *Gedema*, 2005, 124: 235-252
- [8] Shi ZH, Cai CF, Ding SW, Wang TW, Chow TL. Soil conservation planning at the small watershed level using RUSLE with GIS: A case study in the Three Gorge Area of China. *Catena*, 2004, 55: 33-48
- [9] Christopher C, Chandra M. Application of geographic information systems in watershed management planning in St. Lucia. *Computers and Electronics in Agriculture*. 1998, 20: 229-250
- [10] 潘剑君, 赵其国, 张桃林. 江西省兴国县、余江县土壤侵蚀时空变化研究. *土壤学报*, 2002, 39 (1): 58-64
- [11] 胡良军, 李锐, 杨勤科. 基于 GIS 的区域水土流失评价研究. *土壤学报*, 2001, 38 (2): 167-175
- [12] 于磊, 张柏. 基于 GIS 的黑土区土壤相对环境容量空间分异特征研究. *土壤学报*, 2004, 41 (4): 510-516
- [13] 曹忠杰, 黄毅. 辽宁土壤侵蚀管理的时空变化及其防治方略. *水土保持研究*, 1997, 4 (4): 40-43
- [14] 孙希华, 闫福江. 基于遥感和 GIS 的土壤侵蚀潜在危险度评价研究—以青岛市为例. *土壤*, 2004, 36 (5): 516-521
- [15] 高俊峰, 曹慧. GIS 在土壤空间分析中的应用. *土壤*, 2002, 34 (4): 206-209
- [16] 全国土壤普查办公室. *中国土壤*. 北京: 中国农业出版社, 1998
- [17] 曾大林, 李智广. 第二次全国土壤侵蚀遥感调查的做法与思考. *中国水土保持*, 2000 (1): 28-31
- [18] 史志华, 蔡崇法, 丁树文, 李朝霞, 王天巍, 张斌, 沈晓理. 基于 GIS 的汉江中下游土壤侵蚀强度的初步分析. *水土保持学报*, 2001, 15 (6): 25-28

## GIS-Based Spatial Analysis and Evaluation of Soil Erosion in the Huaihe River Basin

HU Xu-li<sup>1</sup>, JIANG Xiao-san<sup>1</sup>, PAN Jian-jun<sup>1</sup>, YANG Shu-jiang<sup>2</sup>, ZHANG Chun-ping<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095 China;

<sup>2</sup> Water and Soil Conversation Monitoring Central Station of the Huaihe River Basin, Bengbu, Anhui 233001, China )

**Abstract:** With the aid of the GIS technology, spatial distribution of soil erosion in the Huaihe River Basin was analysed and so was the spatial distribution of soil erosion intensity based on the soil erosion dangerous index system (SEDI). Results showed that: 1) mountain soils, such as cinnamon soil and coarse soil, are more easily eroded than the other type soils in the basin; and 2) although soil erosion in the basin is not serious in general, some mountain areas in the upstream still have a high value in the SEDI. Attention should given to soil and water conversation in the new campaign of harnessing the River.

**Key word:** Soil erosion, GIS, Soil erosion dangerous index (SEDI), Spatial analysis