

长江上游典型地区的土壤退化评价

周红艺, 熊东红, 杨忠, 何毓蓉

(中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 以长江上游典型区——彭州市为例, 在该区 SOTER(1:50000)数据库的支持下, 建立了基于 AHP 法的土壤退化评价系统。对样区 53 个 SOTER 单元进行了评价, 生成了相应的专题评价图。

关键词: SOTER 数据库; 土壤退化; 层次分析法

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)06-0070-03

中图分类号: S154.1

Evaluation on Soil Degradation in Typical Region of Upper Reaches of Yangtse River

ZHOU Hong-yi, XIONG Dong-hong, YANG Zhong, HE Yu-rong

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy

of Science and Ministry of Water Resources, Chengdu 610041, Sichuan Province, China)

Abstract: As a widely used hi-tech with a powerful function of geo-analysis, SOTER demonstrated its potential map visualization and spatial analysis in combination with soil degradation evaluation models. The soil degradation evaluation system was established based on SOTER and AHP. 53 SOTER unites in the typical region of upper reaches of the Yangtse River were evaluated. The result evaluation was mapped and the spatial distribution was analyzed.

Keywords: SOTER; soil degradation; AHP

土壤是生态系统不可或缺的组成要素,它是动植物生长与生存的载体和容器,土被的丧失势必导致整个陆地生态系统的瓦解和崩溃。因此,加强对土壤生态退化的评价研究,可以探求土壤退化的过程、阶段及其诊断特征,为土壤退化的预测及土壤退化的恢复重建提供理论依据。土壤—地体数字化数据库(global and nation soil and terrain digital database)简称 SOTER,是 20 世纪 80 年代中期由 UNEP, ISSS, ISRIC 及 FAO 共同制定的。SOTER 数据库主要包括 2 种类型的数据:空间数据和属性数据。空间数据是指物体的点、线、面和它们的拓扑(形状、相邻关系和绘图的等级);属性数据是指物体的属性。土壤和地形体信息由空间部分(显示 SOTER 单元的位置和拓扑关系)和属性部分(描述 SOTER 单元的非空间特性)组成。近十几年来,许多国际组织和国家纷纷建立各种比例尺的 SOTER 数据库,并基于此进行土壤侵蚀危险性评价、土壤质量评价、土壤适宜性评价等方面的研究^[1]。应用已日益完善的 SOTER 数据库技术,开展长江上游典型区土壤退化评价工作,可以为长江上游的生态屏障建设和农业发展提供定量

化的基础数据。本文以该区内的典型地区彭州市为样区,应用 AHP 等数学分析原理,开展建立和利用 SOTER 数据库进行土壤退化评价试验研究。

1 研究区域概况和研究方法

1.1 研究区概况

研究样区位于长江上游的成都平原西北部,地处龙门山山前冲积扇。地理位置在东经 $103^{\circ}40' - 104^{\circ}10'$,北纬 $30^{\circ}54' - 31^{\circ}26'$ 。海拔多在 500~750 m,但在北部最高可达 4814 m,在南部最低只有 489 m。由于处在北亚热带区域,气候温暖湿润,年均温 15.7°C ,年均降雨量 972.9 mm。区内北部为亚高山、低山和深丘,中部为丘陵地区,南部为冲积平原地区。区内河流较多,是长江上游一个很有代表性的区域,也是长江上游退耕还林和生态环境治理的重点地区。

1.2 研究方法

(1) 建立样区 1:5 万 SOTER 数据库: SOTER 空间单元的制作利用地理信息系统软件 ARCGIS,按照 SOTER 工作标准,数字化及其叠加等功能绘制样区 SOTER 空间单元图。其属性数据利用关系数据库软

件 ACCESS 2000 FOR WINDOWS 建立。每一个 SOTER 单元包含了主地形体、总体岩性、区域坡度、土壤类型等 4 个层次的信息。在该样区中, 我们设计 SOTER(1: 5 万) 单元的划分时, 就把土壤图和岩性图进行叠加(而主地形体、区域坡度在这种大比例尺中体现在了属性数据中), 在 Arc/Info 中的命令为 UNION。考虑到最后成图的精度和分辨率, 在 Arc/Info 中删除和合并了小于 0.2 cm^2 的小图斑, 最后成图包含 1 697 个图斑, 计 53 类。每个图斑都包含了主地形、岩性、坡度和土壤 4 个方面的信息, 共记 118 项属性数据。以典型区建立的土壤 SOTER 数据库为土壤退化评价研究数据源, 以及 53 个 SOTER 单元图作为土壤退化评价的单元基础, 土壤退化所选择

的指标全部在 118 个属性数据之中, 该 SOTER 数据库能完全满足土壤退化的评价工作。(2) 建立土壤退化评价的专家系统, 确定土壤退化的评价因素和权重以及土壤退化等级分级。(3) 在 SOTER 数据库的支持下, 完成土壤退化评价系统及数字化图件。

2 土壤退化评价

2.1 选取评价因子

结合全国耕地类型区、耕地地力等级划分标准(NY/T309—1996)和参考土壤退化指标选择相关文献^[2-4], 从物理、化学、养分指标 3 个方面选择了 14 个因子作为评价指标, 分层给出各类因子的专家评分(表 1)。

表 1 土壤退化的标准参照剖面土壤退化指标评分

评价指标		无退化 80~ 100	轻度退化 60~ 80	中度退化 60~ 40	强度退化 0~ 40	
物理 指 标	土壤厚度/cm	A 层厚度 > 20	15~ 20	10~ 15	< 10	
		土体厚度 > 100	100~ 50	50~ 30	< 30	
	土壤机械组成	黏粉比 0.8~ 1.2	0.6~ 0.8 1.2~ 1.5	0.4~ 0.6 1.5~ 2.5	< 0.4 2.5>	
	土壤容重	< 1.2	1.2~ 1.3	1.3~ 1.4	> 1.4	
	土壤水分/%	> 25	20~ 25	18~ 20	< 18	
化学 指 标	土壤 pH	6.0~ 7.0	5.0~ 6.0 或 7.0~ 7.5	4.0~ 5.0 或 7.5~ 8.0	< 4.0 或 > 8.0	
	CEC/(mmol·kg ⁻¹)	> 20	15~ 20	10~ 15	< 10	
养 分 指 标	土壤有机质/(kg·kg ⁻¹)	> 20	15~ 20	10~ 15	< 10	
	土壤 N	全 N/(g·kg ⁻¹)	> 1.5	1.0~ 1.5	1.0~ 0.8	< 0.8
		碱解 N/(mg·kg ⁻¹)	> 80	50~ 80	30~ 50	< 30
	土壤 P	全 P/(g·kg ⁻¹)	> 1	0.5~ 1	0.2~ 0.5	< 0.2
		速效 P/(mg·kg ⁻¹)	> 5	4~ 5	3~ 4	< 3
	土壤 K	全 K/(g·kg ⁻¹)	> 20	15~ 20	5~ 15	< 8
速效 K/(mg·kg ⁻¹)		> 100	80~ 100	40~ 80	< 40	

2.2 确立评价单元

评价单元是土壤及其空间实体, 包括地貌、地形等相对一致的区域, 在制图中表现为同一上图单元。SOTER 数据库是以地形、母质特性和土壤属性作为 3 类基础数据, 划分为地形—母质—土壤单元, 即 SOTER 单元, 单元的空间关系由 GIS 管理。相应的每一个 SOTER 单元都包含全面的地形、母质特性和土壤属性信息, 共 118 个属性。这些信息可以通过互相关联的地体单元数据库、地体组分数据库、土壤组分数据库、土壤剖面数据库和土层数据库来管理。由作者所建立的典型区 PXSOTER(1: 50000) 数据库, 包括 53 个 SOTER 单元(共 1 697 个图斑单元), 每个单元都有配套的分析数据支持, 包含了所选的 14 个

评价要素的属性数据。本文对 53 个 SOTER 单元进行评价。

2.3 权重的确定: AHP 法

根据每一评价因素相对重要性, 运用层次分析法(AHP) 求出每一因素的权重。AHP 的基本思路是: 按照各类因素之间的隶属关系把它们排成从高到低的若干层次, 根据对一定客观现实的判断就每一层次的相对重要性给予定量表示, 并利用数学方法确定每一层次的全部元素的相对重要性次序的权重。其主要步骤包括: (1) 构建层次结构; (2) 构造判别矩阵。由于各评价指标对土地适宜度的影响不同, 所以要确定它们的权重, 以避免均衡评判产生的误差, 进行客观的评价, 使之更加与实际情况相吻合。根据该

区的实际情况和掌握的专业知识并听取有关专家和
有实践经验的技术人员的意见,分别比较单个因素的
相对重要性,并且判断它们的权重,从而得到判别矩
阵。(3) 计算权向量并作一致性检验。根据层次分
析的计算公式得到了层次分析结果列于表 2。

表 2 层次分析结果

指 标	物理 指标 (0.4)	化学 指标 (0.4)	养分 指标 (0.2)	组合权重
				$\lambda = 3, C_I = 0,$ $C_R = C_I /$ $R_I = 0 < 0.1$
土壤 A 层厚 度/cm	0.09	—	—	0.0374
土体厚度	0.10	—	—	0.0412
黏粉比	0.19	—	—	0.0742
土壤容重	0.31	—	—	0.1236
土壤水分/%	0.31	—	—	0.1236
土壤 pH	—	0.5	—	0.2000
CEC/(mmol·kg ⁻¹)	—	0.5	—	0.2000
土壤有机质/ (kg·kg ⁻¹)	—	—	0.428	0.0856
全 N/(g·kg ⁻¹)	—	—	0.144	0.0288
碱解 N/(mg·kg ⁻¹)	—	—	0.247	0.0494
全 P/(g·kg ⁻¹)	—	—	0.080	0.0160
速效 P/(mg·kg ⁻¹)	—	—	0.040	0.0080
全 K/(g·kg ⁻¹)	—	—	0.040	0.0080
速效 K/(mg·kg ⁻¹)	—	—	0.021	0.0042
λ	5.26	2	7.402	—
C_I	0.06	0	0.067	—
$C_R = C_I / R_I$	0.06	0	0.051	0.0006

注: λ 表示最大特征根, C_I 表示判别矩阵的一致性指标, R_I 表示
同阶平均随机一致性指标, C_R 表示随机一致性比率。

2.4 土壤退化综合评价

构建土壤退化综合评价模型:

$$S = \sum W_i * C_i \quad (i = 1, 2, 3 \dots n)$$

式中: S —— 其一个图形单元的综合分数; C_i ——
第 i 个因子的权重; W_i —— 该图形单元相对于第
 i 个因素的单因子评分; n —— 参评因子数。 W_i 的评
分见表 1。运用 SOTER 的空间查询和地理分析的功能,
对 14 个单因子评价层的土壤退化属性,利用所构建的
综合评价模型进行复合计算如下:先计算各土壤
剖面各属性指数和 $S = \sum W_i * C_i$,然后在 SOTER
单元属性数据中建立土壤退化等级字段(Grade),记
录各单元的土壤退化总得分 S 。将空间与属性数据
库通过 SOTER 单元码连接,利用 Grade 字段在 Arc/
view 3.0 下显示各评价单元的等级空间分布,生成一
个新的数据表,此表经查询分析确定划分等级的阈
值后,可转化为土壤退化综合评价成果(图 1)。

表 3 土壤退化评价结果

土壤退化	面积/km ²	所占比例/%	图斑个数
无退化	365.92	25.78	447
轻度退化	174.93	12.30	202
中度退化	719.91	50.60	429
强度退化	130.51	9.17	609
未评价区	30.56	2.15	10

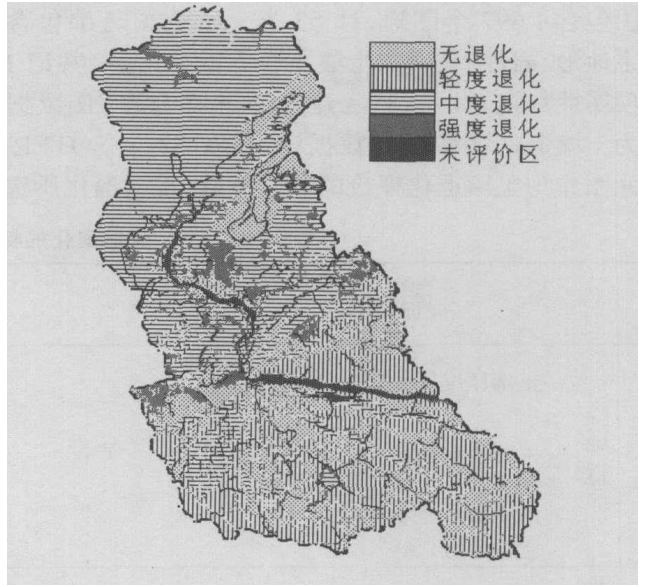


图 1 土壤退化评价结果图

3 结 语

(1) SOTER 兼有空数据和属性数据的管理功
能,是进行土壤退化评价的有效工具,其方法的可操
作性强,避免了烦琐而又不精确的各种比例尺的专业
图件的缩放,各类地图的投影转换也十分容易,提高
了制图的精度,而且各类专业图件的输入,保存了大
量的数字化资料。由计算机 Arc/Info 软件下编辑的
矢量图形,都具有面积和地理坐标,各地体组分和土
壤组分在单元内的比例可以精确计算,避免了传统方
法面积估算的巨大工作量和不够精确的缺点。利用
SOTER 数据库作为数据源可方便和快捷地评价土壤
退化的现状和空间分布。

(2) 按照上述原理和方法,在 SOTER 数据库的
支持下,得到了该区的土壤退化评价结果图(图 2)和
分等面积统计(见表 3)。土壤退化具有区域性、多维
性的特点,应用 SOTER 进行评价表现出特有的优
势,使土地本身的属性数据能在二维空间上表达,充
分体现了社会因素的空间差异和人为因素对土壤的
影响,其评价结果更加科学、合理。

(下转第 77 页)

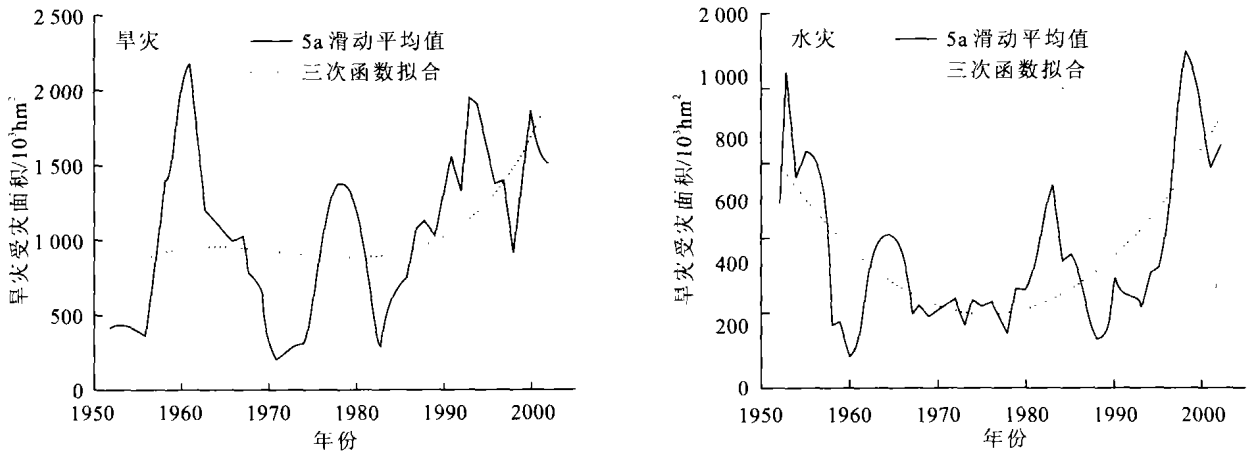


图 5 1951—2001 年安徽省旱洪灾害 5 a 滑动平均

4 结 论

(1) 1949—2003 年的 54 a 间, 安徽省旱洪灾害受灾面积的时序分布具有分形特征, 且该时序是一混沌序列, 其中旱灾饱和关联维数为 2.56, 水灾 3.55。

(2) 饱和关联维所对应的嵌入相空间的最小维数 $m = 8$, 反映了该混沌动力系统的有效自由度数目应为 8 个。

(3) R/S 分析表明, 安徽省水旱灾害受灾面积在今后有增大趋势。其中, 旱灾 $H = 0.675$, 水灾 $H = 0.998$, 水灾受灾面积增大趋势非常明显。

本文的研究结果为建立洪旱灾害受灾面积的时序预测预报模型奠定了基础, 尤其是为基于神经网络的受灾面积时序预测模型中输入节点数与输出节点数的合理和有效的选择提供了科学依据。

[参 考 文 献]

[1] 王冬生, 曹磊. 混沌、分形及其应用 [M]. 中国科学技术大学出版社, 1995.
 [2] Packard N H, Crutchfield J P, Parmer J D, et al. Geometry from a times series [J]. Phys Rev Lett, 1980, 45(9): 712—716.
 [3] 吕金虎, 陆军安, 陈士华. 混沌时间序列分析及其应用

[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.

[4] 魏一鸣, 周成虎, 万庆. 1949—1994 年中国洪水灾害成灾面积的时序分形特征 [J]. 自然灾害学报, 1998(1): 83—86.
 [5] 姜逢清, 朱诚, 胡汝骥. 新疆 1950—1997 年洪旱灾害的统计与分形特征分析 [J]. 自然灾害学报, 2002(4): 96—100.
 [6] 张济忠. 分形 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.
 [7] Eckmann J P, Ruelle D. Physica. D [J]. 1992, 56: 185—187.
 [8] 赵贵兵, 石炎福, 等. 从混沌时间序列同时计算关联维和 Kolmogorov 熵 [J]. 计算物理, 1999, 16(3): 309—315.
 [9] 赵晶, 杨淑华, 王乃昂. 利用 R/S 方法分析兰州城市化气候效应 [J]. 气象, 2001, 2: 7—15.
 [10] Mandelbrot B B, Wallis J R. Some long-run properties of geophysical records [J]. Water Resource Research, 1969, 5(2): 321—340.
 [11] Mandelbrot B B, Wallis J R. Robustness of the rescaled R/S in the measurement of noncyclic long-run statistical dependence [J]. Water Resource Research, 1969, 5(5): 967—988.
 [12] 梅丽明, 沈正, 陈伯海, 等. 海浪波高序列的长期相关性及其自仿射结构 [J]. 海洋学报, 1995, 17(4): 11—22.
 [13] 安徽省水利厅. 安徽水旱灾害 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.

(上接第 72 页)

但是目前还不能对评价因子相互作用与土壤退化等级之间的关系进行很好的处理, 还没有实现地力评价的完全定量化, 参数模型需要进一步改进。农业的现代化建设最重要的技术保证是对农业区域进行因时、因地的科学化管理, 所以不仅应用 SOTER 数据库进行土壤退化评价成为一种必然, SOTER 数据库在农业上的应用范围也将更加广泛。

[参 考 文 献]

[1] 龚子同, 张学雷, 等. SOTER 的建立及其在世界上的传播 [J]. 地理科学, 2001, 21(3): 217—222.
 [2] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业行业标准: 全国耕地类型区耕地地力等级划分 [S], 1996. 1—25.
 [3] 杨艳生. 土壤退化指标体系研究 [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(4): 44—46.
 [4] 史德明, 韦启潘, 梁音, 等. 中国南方侵蚀土壤退化指标体系研究 [J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 1—9.