

基于 GIS 和 GPS 的南方红壤侵蚀区土地资源评价

谢颂华¹, 喻荣岗¹, 马良², 杨洁¹

(1. 江西省水土保持科学研究所, 江西 南昌 330029; 2. 江西农业大学, 江西 南昌 330045)

摘要: 应用土地资源评价理论、GIS 和 GPS 技术, 选取地处南方红壤侵蚀区燕沟小流域内某一典型区域作为研究对象, 结合模糊数学方法和指数和法对研究区域内的土地资源进行评价。结果显示, 研究区 55.1% 的土地属 5 等地, 土地质量较差, 土壤侵蚀是制约该区域的土地资源利用的瓶颈因素。提出采取工程措施与植物措施相结合的方式, 尽快恢复与培育土壤肥力是该区域土地合理利用的重要措施与方向。同时, 研究表明, 采用 GIS, GPS 技术, 结合模糊数学方法进行小流域大比例尺土地资源评价的方法是科学可行的, 在此类土地资源评价中具有推广应用前景。

关键词: GIS; GPS; 红壤侵蚀区; 土地资源; 评价

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2004)01--0022-04

中图分类号: S157.1; F301.24

GIS and GPS-Based Evaluation of Land Resources in an Eroded Red Soil Area of South China

XIE Song-hua¹, YU Rong-gang¹, MA Liang², YANG Jie¹

(1. Jiangxi Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, Jiangxi Province, China;

2. Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, Jiangxi Province, China)

Abstract: Taking the typical research region of Yangou, a small watershed in an eroded red soil area of south China, as an example, an evaluation of land resources based on GIS and GPS technologies, employing fuzzy mathematics and index methods, has been undertaken. The evaluation assigns 55.1% of the land area in the watershed to five grades, with general land quantity being low in the area. Soil erosion is the main resource limiting factor, and adoption of engineering measures, planting measures and combinations there are of importance to the reasonable utilization of land resources and to the enhancement of soil fertility in the region. Application of GIS, GPS and fuzzy mathematics methods is scientifically sound and feasible for the evaluation of the land resources at the scale of small watersheds. This research expands the field for this type of land resources evaluation.

Keywords: GIS; GPS; eroded red soil area; land resources; evaluation

红壤是我国南方重要的土地资源,具有“黏、瘦、板、旱、酸”等特点。由于长期以来对红壤资源缺乏正确的评价以及不尽合理的开发利用,红壤资源遭到严重地破坏,使生态环境变得脆弱,自然灾害时有发生。而土壤侵蚀是红壤地区自然灾害频繁发生的主要原因之一,也是制约红壤资源可持续发展的瓶颈因素,因而,对红壤侵蚀区土地资源的合理评价和正确定位,是目前红壤侵蚀区土地资源可持续发展所面临的迫切需要解决的问题。虽然国内近几年在土地资源评价方面取得了不少的研究成果,但是有关研究红壤侵蚀区土地资源评价的报道较为少见,而运用大比例尺成果图件进行基于 GIS 的土地资源评价就更为少

见。本研究应用土地资源半定量评价理论,将 GIS、GPS 技术与模糊数学理论结合起来,建立土地质量评价模型对小流域进行土地资源评价,该方法研究对于红壤侵蚀区土地资源质量评价和土地资源可持续利用都具有重要的现实意义。

1 研究区基本情况

研究区地处长江中下游地区鄱阳湖水系博阳河西岸的燕沟小流域内,区域面积 80.00 hm²,地理位置东经 115°42'38"—115°43'06",北纬 29°16'37"—29°17'40",在江西省北部的德安县南部境内,属全国土壤侵蚀 2 级类型区划中的南方红壤丘陵区^[1]。

收稿日期:2003-06-17

修回日期:2003-08-15

资助项目:江西省农业重点科研项目“水土流失区土地资源利用研究”

作者简介:谢颂华(1978—),男(汉族),江西省赣县人,学士,助理工程师。从事水土保持监测和水土保持研究。电话(0791)8300292, E-mail:JXSBS1@sina.com。

研究区属亚热带季风湿润气候区,气候温和,四季分明,雨量充沛,年平均降雨量 1 350.9 mm,多年平均气温 16.7℃,年日照时数 1 650~2 100 h,多年平均无霜期为 249 d。地貌类型以浅丘岗地为主,坡度多在 5°~25°之间。据实地调查,土壤成土母质主要是泥质岩类风化物 and 第四纪红色黏土;土壤质地主要类型有轻壤、中壤、重壤、重黏土、黏土、粗沙土和裸露于地表的成土母质。区内植被类型主要为针阔叶混交林、针叶林、针叶疏幼林、灌丛。

2 评价程序和方法

2.1 评价因子的选择和单因子数字图层的建立

(1) 评价因子的筛选。评价因子的筛选遵循主导因素原则、差异性原则和稳定性原则。即在评价区内参评因子既要与土地的生产能力有较好的相关性,也要有明显的空间差异性和时间稳定性。土地资源评价的评价因子应从影响土地利用的全部自然因子和社会经济因子进行综合选择。考虑到区内红壤侵蚀区的地形破碎、土壤瘠薄等特点,结合其它的研究成果^[2-8]和专家意见,选取了地貌、坡度、土壤侵蚀程度、土层厚度、土壤质地、有机质含量、水源条件、土地利用类型作为区内的土地资源的评价因子。

(2) 单因子数字图层获取。由于目前国内关于土壤质地、土壤有机质、土壤侵蚀程度等指标的成果图件都是中小比例尺图件,且比例尺不相一致,用这些图件进行小流域范围内的土地资源评价不可避免的

会出现较大误差。为此,本研究采用 GPS(全球定位系统)定位,“S”形多点取样的方法对土壤质地、土壤有机质含量、土壤侵蚀程度、土层厚度等指标实地取样调查,土壤侵蚀程度按照水利部标准—《土壤侵蚀分类分级标准》确定,成果导入 GIS(地理信息系统)中进行内插和数据分析后,勾绘图斑,将相应的属性数据输入 GIS 的数据库,得到 1:10 000 大比例尺成果图。坡度图则利用 1:10 000 地形图数字化后通过插值建立区内地形模拟(DTM)来获取。在 Arc/Info 软件的支持下,首先对等高线、高程点等图层进行数字化和编辑,并建立拓扑关系。然后应用插值法建立数字化高程模型,生成不规则的三角网(TIN),从中提取坡度图。地貌图则从坡度图中提取。

2.2 评价单元的划分

评价单元是土地资源评价的基本单位。本次评价在 GIS 软件的支持下,采用多边形拓扑叠加的方法,通过对各评价因子的单因子图层,即地面坡度、土壤质地、土壤有机质、土层厚度、土地利用类型图等图层进行叠加分析,用生成的图斑作为区内土地质量评价的评价单元。

2.3 评价因子权重的确定

根据每个参评因子对土地质量的贡献程度,赋予其不同的权重值。确定权重的方法很多,本次评价利用层次分析法(AHP)原理构造 0~1 标度评分确定评价因子的权重,根据构造 0~1 标度评分的两两比较,赋予各参评因子权重值(见表 1)。

表 1 0—1 评分确定参评因子判断矩阵及权重值

评价因子	地貌	坡度	土壤侵蚀程度	土层厚度	土壤质地	有机质含量	水源条件	土地利用现状	因子得分	权重分数	权重值
地貌	×	0	1	0	0	0	1	0	2	3	0.09
坡度	1	×	0	0	1	0	1	0	3	4	0.11
土壤侵蚀程度	1	0	×	0	1	0	1	0	3	4	0.11
土层厚度	1	1	1	×	1	0	0	0	4	5	0.14
土壤质地	1	0	0	0	×	0	0	0	1	2	0.06
有机质含量	1	1	1	1	1	×	1	1	7	8	0.23
水源条件	1	0	0	0	1	0	×	0	1	2	0.06
土地利用现状	1	1	1	1	1	0	1	×	6	7	0.20
合计									27	35	1.00

2.4 评价标准的确定及其模糊化处理

(1) 评价标准的确定。根据研究区域内的实际情况,结合江西省土壤普查和土地资源评价的成果资料^[2-3,8-9]和专家建议,给出研究区域内土地质量评价因子的等级标准,见表 2。

(2) 评价标准的模糊化处理。上述土地质量评价标准中,土地质量等级依赖于评价因子所处的区间来

确定各评价因子应归的级别。这种对评价因子所作的评价表现出来是一种非此即彼的思想^[10]。但是事实上,各评价因子之间是渐变的,具有很明显的模糊性。所以这类等级评价标准具有一定的局限性,评价出来的结果缺乏一定的科学性和准确性。为了得到更精确的评价结论,本研究借鉴模糊数学的思想,在上述评价标准的基础上引入评价因子对土地质量的隶属度

函数概念。对于定性描述的评价因子(如地貌、土壤侵蚀程度、土壤质地和土地利用现状),可以根据长期的生产经验用赋值的方法表示其优劣的程度。定量因子与土地质量的关系复杂,本次评价采用的因子都与土地质量呈“S”或反“S”分布,如坡度、土层厚度和有机质含量,在建立隶属函数模型时可近似为半梯形分布^[11]。在上述评价标准基础上,引入评价因子对土地质量的隶属度函数概念,为此用 $[0, 9]$ 上的数值 A 来表示土地质量, A 越大,质量越好。这样 A 可看作评价因子 X_1, \dots, X_n 的函数,即

$$A = f(X_1, \dots, X_n)$$

如函数 X_k (当 $k \in \{1, \dots, m\}$) 与土地质量的依赖关系可用表 3 表示,则定义 X_k 对土地质量的隶属函数为连接点 $(0, 0), (a_1, 1.5), (a_2, 3.0), (a_3, 4.5)$,

$(a_1, 6.0), (a_3, 7.5), (7.5, a_6)$ 的折线,对应的分段函数 $\mu(x)$,且该函数当 $x \geq a_6$ 时值恒为 9,即

$$\mu(x) = \begin{cases} 1.5x/a_1 & x \in [0, a_1] \\ 1.5 + 1.5(x - a_1)/(a_2 - a_1) & x \in [a_1, a_2] \\ 3.0 + 1.5(x - a_2)/(a_3 - a_2) & x \in [a_2, a_3] \\ 4.5 + 1.5(x - a_3)/(a_4 - a_3) & x \in [a_3, a_4] \\ 6.0 + 1.5(x - a_4)/(a_5 - a_4) & x \in [a_4, a_5] \\ 7.5 + 1.5(x - a_5)/(a_6 - a_5) & x \in [a_5, a_6] \\ 9.0 & x \in [a_6, +\infty) \end{cases}$$

评价因子实测值越大,其对应隶属函数值越大,该因子对应的质量等级分值越高;评价因子实测值越小,其对应的隶属函数值就越小,该因子对应的质量等级分值就越小。引入隶属函数模型后,土地质量连续依赖于评价因子,从而使评价结果更切合实际。

表 2 各参评因素的评价指标体系

评价因子	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5	因子 6
地貌	平整大块	缓坡大块	缓坡小块	缓坡小块	陡坡小块	急坡破碎
坡度/(°)	<3	3~5	5~8	8~15	15~25	>25
土壤侵蚀程度	微度	轻度	轻度	中度	强度	极强度
土层厚度/cm	>100	100~80	80~50	50~30	30~15	<15
土壤质地	轻壤—中壤	轻壤—中壤	轻壤—中壤	中壤—重壤	重壤、粗沙	重黏土、粗沙等
有机质含量	>30	30~20	20~10	10~5	5~1	<1
水源条件	好	较好	较好	一般	差	很差
土地利用现状	水田、菜地	旱地、园地	园地	园地、林地	林地、荒地	其它
等级分值	9.0	7.5	6.0	4.5	3.0	1.5

注:有机质含量单位为:g/kg。

质量等级 6 的因素值 x_i 为 $[0, 1]$, 等级 5 的因素值 x_i 为 $[a_1, a_2]$, 等级 4 的因素值 x_i 为 $[a_2, a_3]$, 等级 3 的因素值 x_i 为 $[a_3, a_4]$, 等级 2 的因素值 x_i 为 $[a_4, a_5]$, 等级 1 的因素值 x_i 为 $[a_5, +\infty)$ 。

3 土地质量综合评价

本研究采用指数和法,对研究区域内土地资源进行等级评定,其步骤如下:

(1) 确定评价指数。首先,将参评因子分成 m 级,与各土地质量等级相对应,对每个等级相应地赋予等级权重 w_i, p_j 是 i 个参评因子对应 j 等级的分值,则处于 j 等级的第 i 个参评因子的评价指数为:

$$W_{ij} = w_i p_j$$

式中: $j = 1, 2, 3, \dots, m; i = 1, 2, 3, \dots, k, k$ 为参评因子)

(2) 计算总指数。某评价单元内各参评因子的总指数按下列公式计算:

$$W_j = \sum_{i=1}^n W_{ij}$$

式中: W_j —— 第 j 等地的总指数。

(3) 确定土地资源等级的指数范围和数据统计。应用 GIS 内自然间断法中的数值突变率功能模块对区内每块土地总分值分析并分等定级,结果见表 3。

表 3 土地等级评定结果表

质量等级	评价指数范围	土地适宜性	面积/hm ²	占总面积/%
1	>7.8	宜农	0.0	0.0
2	7.8~6.8	宜农果草	4.2	5.3
3	6.8~6.1	宜农果草	11.7	14.6
4	6.1~5.3	宜农林草	14.9	18.6
5	5.3~4.1	宜林草	44.1	55.1
6	<4.1	需改造	1.6	2.0
水域	—	—	3.5	4.4

4 评价结果分析

因为研究区域处于典型的南方红壤丘陵区,地形较为破碎,土地质量受地形地貌严重制约,区域内缺乏属于 1 等地的土地资源,即区域内没有可以进行粮食生产用的水稻土和蔬菜生产专用菜地。2~3 等地

土地面积为 15.9 hm², 占研究区域土地总面积 19.9%, 土地利用类型主要为园地。2~3 等地虽然地貌、土层厚度、水源等各方面条件较好, 但由于存在不同程度的水土流失, 故土壤多为偏沙和中黏土类, 土壤养分含量中等, 土壤结构一般, 供肥和保肥能力不强, 需要采取必要的水土保持措施防治水土流失, 进一步培肥地力, 改善农业生产条件, 使其成为高产园地。4 等地土地面积为 14.9 hm², 占研究区域土地总面积 18.6%, 土地利用类型为林地。4 等地土层较厚, 土壤质地偏沙, 土壤养分中等, 植被覆盖度较好但结构单一, 其限制性因子主要是灌溉条件和保水能力, 在合理开发利用中关键要建设水土保持坡面水系工程, 采取水土保持植物保护措施, 打破水源灌溉条件和保水两大限制性因子, 改造成为经济林地, 使该区土地得到充分利用。5 等地土地面积为 44.1 hm², 占研究区域土地总面积 55.1%, 是研究区土地的主要等级类, 土地利用类型为林地。5 等地土壤由于地面植被结构以湿地松和杉木等单一乔木为主, 长期以来遭受雨水冲刷, 造成水土流失, 导致该区土壤主要是粗骨土, 土层薄, 土壤质地差, 砾石含量多, 土壤保水、保肥和抗蚀性能差, 虽然如此, 但植被覆盖度较好, 可采用水土保持植物措施补植、改善植物群落结构、进行封禁治理等方式改善和提高其土壤质量, 使其成为该区的水源涵养林。6 等地土地面积为 1.6 hm², 占研究区域土地总面积 2.0%, 土地利用类型主要是难利用地, 该区域土壤侵蚀剧烈, 表层土已流失殆尽, 这部分土地需要经过深度改造才能加以利用。水域面积 3.5 hm², 占研究区域土地总面积的 4.4%, 水域类型主要为水塘和淤塞的河沟, 水塘基本无养殖, 没有直接的经济产出, 应加强水塘的淡水养殖, 疏通淤塞的河沟, 充分发挥水塘的渔业养殖和农业灌溉的作用。

综上所述, 可得出如下结论。(1) 该研究建立的燕沟小流域背景数据库和基础数字图件及评价结果,

为小流域的规划与设计提供了科学依据, 为小流域的科学治理提供了技术保障。(2) 研究结果显示, 研究区内的 55.1% 的土地属 5 等地, 区域土地质量较差, 土壤侵蚀是制约该区域土地资源利用的瓶颈因素。提出采用工程与植物措施相结合的方法改善和提高土壤质量, 以达到恢复地力和土地合理利用的目的。(3) 运用 GIS、GPS 技术, 结合模糊数学方法进行小流域大比例尺土地资源评价的方法是科学可行的, 在此类土地资源评价中具有推广应用价值。

[参 考 文 献]

- [1] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准[Z]. 1997, 6.
- [2] 吴国琛主编. 山江湖区域可持续发展探索[M]. 江西: 江西科学技术出版社, 1998. 146—153.
- [3] 中华人民共和国国家技术监督局. 水土保持综合治理. 规划通则[Z]. 1996, 23.
- [4] 赵小敏, 廖彩恢. 南丰县红壤资源信息系统设计及其它红壤资源评价中的应用[J]. 江西农业大学学报, 1997, 19(1): 37—41.
- [5] 王人潮. 农业资源信息系统[M]. 北京: 中国农业出版社 2000. 140—154, 155—175.
- [6] 邹亚荣, 欧阳二明, 陈炳贵. 基于 GIS 的 FUZZY 在土地评价中的应用研究[J]. 国土与自然资源研究, 2000(4): 46—47.
- [7] 朱德举. 土地评价[M]. 北京: 中国大地出版社, 2002. 101—121.
- [8] 赵其国, 谢为民, 贺湘逸编著. 江西红壤[M]. 江西科学技术出版社, 1988. 254—276.
- [9] 江西省土地利用管理局, 江西省土壤普查办公室编著. 江西土壤[M]. 中国农业科技出版社, 1991. 481—501.
- [10] 王建国, 杨林章, 单艳红. 模糊数学在土壤质量评价中的应用研究[J]. 土壤学报, 2001, 38(2): 176—183.
- [11] 刘黎民, 张军连, 张凤荣, 等. 土地资源调查与评价[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994. 230—232.