

基于GIS的土壤侵蚀与土地利用关系分析

邹亚荣, 张增祥, 周全斌, 刘 斌, 王百川

(中国科学院遥感应用研究所再生室, 北京 100101)

摘 要: 土壤侵蚀分布与土地利用类型分布之间存在密切关系。以我国水蚀区广东惠东区为例, 以 TM 影像为主要数据源, 在 GIS 环境下, 进行土壤侵蚀与土地利用类型的矢量分析, 通过 SPSS 软件包的统计分析, 得出土地利用类型与土壤侵蚀的分布相关关系, 其程度依次为林地、耕地、草地、城镇。在此基础上做土壤侵蚀与土地利用类型关系的地域分析。

关键词: GIS; 遥感; 土壤侵蚀; 土地利用类型; 相关系数

中图分类号: TP79; S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2002)01-0067-03

Analysis of the Relationship Between Soil Erosion and Land Use Based on GIS

ZOU Ya-rong, ZHANG Zeng-xiang, ZHOU Quan-bin, LIU Bin, WANG Bai-chuan

(Institute of Remote Sensing Applications, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: There is a close relationship between soil erosion and land use. Take Huidong district, in Guangdong Province for an example, TM image is used as the main datum resource. With GIS, the analysis of soil erosion and land use is made. The datum gotten in GIS is put into SPSS and a conclusion is drawn from results, the order of relationship between soil erosion and land use is as follows: woodland, cultivated land, grass land, township. Therefore based on this, the relationship between soil erosion and land use type is analyzed in regions.

Key words: GIS; remote sensing; soil erosion; land use type; coefficient

土地是人类赖以生存的根本。在人口众多、耕地有限的中国, 人地关系尤为紧张。而在社会高度发展的今天, 土地退化日益严重, 究其原因, 不仅是自然的, 而且很大程度上是人为造成的。其中土壤侵蚀是土地退化的一个重要原因, 它不仅使得土地退化, 而且还会造成严重的生态环境问题, 构成对人类的生存危害, 而土地利用与土壤侵蚀有密切的关系。但两者之间的关系有多大, 许多学者做出了定性的分析^[1-5], 本文以 RS 与 GIS 的技术, 定量的分析两者之间分布的关系。

1 研究区域

本文选取我国土壤侵蚀比较严重的广东惠东区为例。^[6]该区是我国水蚀区, 再者它是改革开放以来经济发展较快地区。人类活动对自然环境作用较强地区。

惠东县地处广东省东南部的西枝江中上游, 北靠乌禽嶂与紫金县毗邻, 东倚莲花山与海丰县接壤, 西接惠阳市, 南临大亚湾、红海湾, 隶属惠州市, 地理面积 3 396 km²。全县山地面积大, 内陆丘陵地区阔, 沿海海岸线长, 是典型的山区、沿海县。多年 1 月的

收稿日期: 2001-09-13

基金项目: 本文得到国土环境遥感时空信息分析与数学地球相关理论技术预研究(KZCX1-Y-02)和国家资源环境遥感时空数据库建设与时空特征研究(CX000009)的联合支持。

作者简介: 邹亚荣(1967-), 男, 汉, 江西南昌, 讲师, 现在中科院遥感所攻读博士学位, 从事地理信息系统开发与应用研究。

平均气温在 10~ 16 °C, 3~ 5 月气温回升快, 7~ 9 月平均气温在 28 °C; 但夏天并不酷热, 日最高气温 35 °C 的天数仅为 7 d。年降水量 1 600~ 1 800 mm, 70% ~ 80% 集中在 5~ 10 月。夏季常有台风。土壤与植被具热带性特征, 土壤以红壤系列为主, 又有赤红壤和砖红壤。植被为亚热带季风常绿阔叶林。

2 研究方法 with 数据基础

土地利用数据是 1995 年的 TM 卫星影像假彩色 (R 4G 3B 2) 合成数字影像, 进行几何纠正和坐标处理, 保证土地利用、土壤侵蚀的空间位置配准, 一般误差不超过 2~ 3 个像元。校正后每个像元为 30 m 左右的分辨率。在 MGE 环境中人机交互解译各种土地利用类型。得到矢量数据, 再用 ARC/NFO 编辑处理, 得到土地利用类型 COVERAGE。各种土地利用类型以不同的代码表示, 作为 LABEL 点。土壤侵蚀数据利用 1995 年 TM 影像, 在 MGE 环境中, 以土地利用作为参考层, 人机交互解译出土壤侵蚀矢量数据, 经过 ARC/NFO 编辑处理, 得到土壤侵蚀 COVERAGE。各种土壤侵蚀强度以不同的代码表示, 作为 LABEL 点。所用软件为 ARC/NFO 8 0 1, ARCVIEW 3 2, SPSS FOR WINDOWS 8 0 以及 EXCEL 等。

表 1 不同侵蚀土壤的土地利用类型侵蚀面积 km²

侵蚀	侵蚀面积	林地面积	草地面积	城镇面积	耕地面积
微度侵蚀	3162.1	2473.95	102.8	91.6	445.1
轻度侵蚀	185.8	108.2	18.9	6.62	52.4
中度侵蚀	56.2	17.99	7.5	0.93	13.4
强度侵蚀	19.5	7.2	8.8	0.29	1.5
极强度侵蚀	7.8	1.41	5.4	0.23	0.3
重力侵蚀	8.4	1.1	2.9	0.04	4.19
工程侵蚀	42.4	6.5	7.3	12.1	16.1

在 GIS 环境下, 我们以土地利用 COVERAGE 为底图层, 以土壤侵蚀 COVERAGE 为输入层, 做两图层的矢量 OVERLAY, 这样得到土壤侵蚀所覆盖的土地利用类型图层, 在此基础上, 提取不同土壤侵蚀类型下土地利用类型层, 可得到 7 个图层。即分别为不同土壤侵蚀类型与强度 11, 12, 13, 14, 15, 40, 50 所对应的土地利用类型图, 对这 7 图层做 BUILD, 建立多边形。我们从不同侵蚀程度的 COVERAGE 中提取不同的利用类型面积, 把土地类型综合为四个, 林地、耕地、草地、城镇。以此面积与相应的土壤侵蚀面积在统计软件包中进行计算。

3 土壤侵蚀与土地利用关系分析

从图中看出, 土壤侵蚀与土地利用类型关系密

切, 我们从不同侵蚀程度的 COVERAGE 中提取不同的利用类型面积。结果列在表 1 中:

从表 1, 各种土地利用类型的土壤侵蚀强度由微度到轻度的变化是非常快的, 这与本文的土壤侵蚀强度变化有关, 11 是定义为微度, 即无侵蚀, 各土地利用类型的土壤侵蚀强度面积是从轻到强, 逐渐减少的。表明惠东的土壤侵蚀并不强烈。林地面积最大, 但侵蚀的比例较小, 其次为耕地, 草地的为最大。而且侵蚀强度以轻度为主, 城镇则以工程侵蚀为主。就极强侵蚀面积林地的侵蚀占总侵蚀面积的 1%, 草地为 10%, 耕地为 0.3%。表 1 中侵蚀类型面积是各土壤侵蚀类型的面积, 它为应变量, 草地、林地、城镇、耕地是相应的土壤侵蚀所对应的面积, 它为自变量。按如下公式计算两者的相关性:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^m x_i y_i - \frac{1}{m} (\sum_{i=1}^m x_i) (\sum_{i=1}^m y_i)}{\sqrt{[\sum_{i=1}^m x_i^2 - \frac{1}{m} (\sum_{i=1}^m x_i)^2] [\sum_{i=1}^m y_i^2 - \frac{1}{m} (\sum_{i=1}^m y_i)^2]}}$$
 (1)

把两者数据输入 SPSS 统计软件包, 用两变量法作土地利用类型与土壤侵蚀类型之间分布的相关分析, 结果如下:

表 2 耕地、草地、林地、城镇与土壤侵蚀的相关系数

土壤侵蚀	耕地	草地	林地	城镇
Pearson Correlation	0.998	0.996	1.000	0.993
SIG	0.00	0.00	0.00	0.00

Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

根据构造的统计变量 F, 在给定可信度 α 下, 通过与 F 的分布表, 若 F > F_α(1, M - 2), 说明两者关系明显, 反之, 则关系不明显。

表 3 逐步回归第一次结果

Model	非标准系数		标准系数		T	Sig
	B	标准差	Beta			
1	常数	2.3	7339394		3.136	0.026
	林地	1.269	0.008	1.000	161.875	0.000
2	常数	9.58	4158503		2.303	0.083
	林地	1.04	0.047	0.819	22.029	0.000
	耕地	1.303	0.267	0.181	4.876	0.008

由表 2, 依据统计学原理, 在 0.01 可信度的水平上, N 为 7, r 值大于临界值为 0.797 7, 而表 2 中的相关系数均大于临界值, 说明他们之间的相关性很大。其结果土地利用类型与土壤侵蚀的分布关系依次为: 林地、耕地、草地、城镇。

由于每个变量与土壤侵蚀的相关系数大, 为此我们用以下方法把主要变量选出, 把各变量组合在一起, 进行对应变量的相关性计算, 用线性逐步回归方法计算出相关性大的变量, 我们以土壤侵蚀为应

变量, 土地利用类型为自变量, 对变量去除, 进行逐步回归, 有结果见表 3:

表 3 是第一次回归结果, 首先变量是林地, 这表明林地的分布与土壤侵蚀面积相关性大, 由于在前定义 11 为微度侵蚀, 即无侵蚀, 林地的分布越大, 土壤侵蚀也大, 但实际上是 11 的确面积大, 所以在林地少的或破坏严重的地方, 土壤侵蚀严重。而林地分布于该区的山区, 因而山区的土壤侵蚀不大。第二个变量是耕地, 它是人类活动的结果, 主要在平原地区。在山区, 没有明显的开垦。

表 4 逐步回归第二次结果

		Beta	In	T	Sig	Partial Correlation	Collinearity Statistics
Model							Tolerance
1	草地	0.104		2.337	0.080	0.760	1.022E-02
	城镇	0.051		1.077	0.342	0.474	1.626E-02
	耕地	0.181		4.876	0.008	0.925	4.968E-03
2	草地	0.002		0.037	0.973	0.022	3.414E-03
	城镇	0.015		0.639	0.568	0.346	1.390E-02

二次回归结果, 草地分布与土壤侵蚀分布的相关性其次, 最后为城镇, 它的侵蚀主要为工程侵蚀。

综上, 土壤侵蚀与土地利用有很大的相关性, 而土地利用是直接受人类活动的影响, 总体上, 惠东山区的林地与草地的土壤侵蚀不大, 这与改革开放以来惠东的经济结构的改变, 随人口的增加, 第三产业的发展也随之加快, 这样对农业的压力减小, 向山区开垦的面积不大。土壤的侵蚀也不重, 但在开垦的区域, 土壤侵蚀也就随之而来。再者农业结构调整, 以经济林为主也是山区土壤侵蚀不大的原因之一。

进一步, 通过 1995 年 TM 影像与土壤侵蚀层与土地利用层迭加分析, 可以看出:

林地与土壤侵蚀相关性最大, 林地的变化与土壤侵蚀的变化, 所起的重要性大。其表达式为:

Y= 23.05+ 1.3X₁ (2)

式中: X₁——林地面积。

对于惠东区来说, 林地主要分布丘陵、山地, 土壤侵蚀弱, 在地势相对平坦区, 林地面积减少, 相应的土壤侵蚀面积增大, 说明林地对防止土壤侵蚀有重要作用。也证明了退耕还林对水土保持的重要意义。在土壤侵蚀极轻微的地区, 即 11 所对应的林地面积达 2 473.95 km²。而在 15 表示的土壤侵蚀极重区, 林地面积仅为 1.41 km²。表明林地对土壤侵蚀的作用。两者之间的关系是负相关的, 林地面积大, 土壤侵蚀强度就小, 面积也大。反之亦然。因而在实际工作中, 不能对林地滥砍滥伐。

土壤侵蚀与耕地的关系为:

Y= - 48.98+ 7.18X₂ (符号同上) (3)

从上式看出, 耕地的扩大, 不会像林地那样, 而在一定范围, 土壤侵蚀会加剧。这与耕地的分布有关。

耕地是人类赖以生存的主要资源, 它分布在地势较平坦地区, 它的扩大, 尤其向坡地的扩展会导致土壤侵蚀, 引起环境的变化。土壤侵蚀的变化会导致耕地的退化。从土壤侵蚀区域分布来看, 土壤侵蚀程度较强的 13、14 类所对应的土地类型以耕地、园地为主, 分布在低山、丘陵与平原交界处, 这是人类向山要地的表现, 说明对耕地的压力增大, 通过开垦山坡, 毁林、毁草获得耕地面积的扩大, 有的山坡也被开垦为耕地, 结果造成水土流失, 这种土地利用变化方式是土壤侵蚀的主要原因。两者关系紧密, 而土地利用是人为的, 即土壤侵蚀的造成与人类活动有直接关系。

城镇是惠东区经济、文化等的活动中心, 在主要分布在土壤工程侵蚀 50 的土壤侵蚀区, 城镇的面积还不大, 这与惠东区的经济发展程度有关。对水蚀的影响不是很大。

通过迭加, 微度以上的轻度、中度、强度、极强度土壤侵蚀分布在河流两侧与山脚。而这土地利用是耕地、园地、草地、城镇用地。反映土地利用对土壤侵蚀的作用。

4 结论与建议

(1) 土壤侵蚀分布与土地利用分布是相互关联的, 土地利用方式是土壤侵蚀的主要原因。合理的土地利用方式可有效地控制土壤侵蚀。土地利用是人类长期以来在经济、自然、社会等条件综合作用下, 形成的特有的利用类型。是受人类活动影响的。要治理土壤侵蚀, 要从土地利用入手, 合理地规划土地利用。

(2) 林地是防止、治理土壤侵蚀的根本。从上述分析可以看到, 土壤侵蚀极轻微与轻微区域, 林地的覆盖度大, 但土壤侵蚀强的区域, 林地则少。耕地面积的扩大, 导致土壤侵蚀的加剧。所以退耕还林是治理土壤侵蚀的有利措施。

(3) 以土壤侵蚀与土地利用面积进行相关分析, 用逐步回归计算所得结论与定性分析的一致, 对探讨区域土壤侵蚀原因及治理有较强的指导意义。

用的相对时间也少,说明 Cl^- 在风沙土中的扩散-弥散系数(D)小于在黄绵土中的扩散-弥散系数,这也是与拟合穿透曲线得到的结果一致的。 Cl^- 在风沙土中 D 值较小的原因可能是黄绵土中的黏粒含量比风沙土中含量高,使得黄绵土中小孔隙多且孔隙的曲折度比较大, Cl^- 在黄绵土中受到的机械弥散作用较大所致。还有一个可能的原因是黄绵土中的黏粒含量高,黄绵土单位质量颗粒所带的负电荷多于风沙土,因此 Cl^- 在黄绵土中受到的排斥力强,表现为在黄绵土中的扩散作用强于在风沙土中的扩散作用。 Cl^- 在风沙土中的阻止因子 R 大于在黄绵土中的 R ,原因也是由于黄绵土中黏粒含量高,对 Cl^- 的排斥作用强于风沙土的缘故。在图 2 中,同一土样不同容重条件下, Cl^- 的穿透曲线在较大容重的土柱中比在容重较小的土柱中要缓一些。原因是容重小的土柱中孔隙度较大,机械弥散作用减小,

导致扩散弥散系数减小所致。从表 1 也可以看出,随土壤容重的减小,拟合得到的 D 值也逐渐减小。黄绵土不同容重处理的 R 值随容重的减小而增大,说明随容重的减小,土壤中的负电荷总量减少, Cl^- 所受到的排斥作用减小。

3 结 论

(1) 相同的实验条件下, Cl^- 在风沙土中的水动力弥散系数和弥散度小于在黄绵土中的水动力弥散系数和弥散度,说明黏粒含量是影响溶质运移的一个重要因素,且黏粒含量高则弥散强度大。

(2) 在黄绵土中,随容重的减小 D 值随之减小,而 R 值增大,说明介质的孔隙状况也是影响溶质运移的一个重要因素,小孔隙增多和孔隙曲折度的增大也会使得 D 值增大和 R 值的减小。

参考文献:

- [1] 吕殿青,同延安,张金水,等. 氮肥施用对环境污染的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4 (1): 8- 15
- [2] 旱地农田水肥关系原理与调控技术[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995 12- 20
- [3] Pereira, W. E., and F. D. Hostettler. Nonpoint source contamination of the Mississippi River and its tributaries by herbicides[J]. Environ. Sci. Technol. 1993, 27: 1542- 1552
- [4] Klavdivro, E. J., G. E. van Scoyoc, E. J. Monbe et al. Pesticides and nutrient movement into subsurface tile drains on a still loam soil in Indiana[J]. J. Environ. Qual. 1991, 20: 264- 270
- [5] 中国科学院南京土壤研究所编. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978 211- 213
- [6] Parker, J. C. and van Genuchten, M. Th. Determining transport parameters from laboratory and field tracer experiments [J]. Virginia Agricultural Experiment Station Bulletin, 1984
- [7] 李韵珠,李保国. 土壤溶质运移[M]. 北京: 科学出版社, 1998 113- 130

(上接第 69 页)

参考文献:

- [1] 史德明. 长江流域水土流失与洪涝灾害关系析[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, (1): 5- 8
- [2] 潘剑君,张桃林,赵其国. 应用遥感技术研究余江县土壤侵蚀时空演变[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, (3): 41- 44
- [3] 陈松林. 基于 GIS 的土壤侵蚀与土地利用关系研究[J]. 福建师范大学学报, 2000, (1): 34- 37
- [4] 雷会珠,杨勤科,焦锋. 黄土高原丘陵沟壑区的土壤侵蚀与土地利用[J]. 水土保持研究, 2000, (6): 25- 28
- [5] 谢永生. 长江中游洞庭湖、鄱阳湖流域水土流失与防治对策[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(1): 12- 16
- [6] 国家地图编纂委员会. 中华人民共和国国家自然地图集[M]. 北京: 中国地图出版社, 1999
- [7] 南京大学数学系. 概率统计基础和概率统计方法[M]. 北京: 科学出版社, 1979
- [8] Kang-tsung Chang, Zhaoxing Li. Modeling snow accumulation with a geographic information system [J]. J. geographical Information Science, 2000, 14(7): 693- 707.