

土壤侵蚀空间变异性及趋势预测的地统计学分析

卢玉东¹, 谭钦文²

(1 长安大学, 西安 710054 2 重庆大学, 重庆 400044)

摘要: 根据研究区璧山县狮子小流域的土壤侵蚀空间变异特征, 应用地统计学方法分析结果表明, 土壤侵蚀在西北-东南方向呈现明显的自相关性和方向变异性, 其变异性特征与研究区域的地形地貌分布特征及土地利用结构分布特征一致。经 Kriging 预测值与 USLE 方程预测结果对比分析表明, 研究对象的空间变异规律认识程度对地统计学方法预测模型的建立及预测结果精度影响较大。

关键词: 土壤侵蚀; 空间变异; 地统计学

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)05-0149-04

Study on Space Variation and Geostatistical Analysis of Soil Erosion

LU Yu-dong¹, TAN Qin-wen²

(1 Chang'an University, Xi'an 710054 China;

2 Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract According to the Shizishan watershed's soil erosion space variation characteristic, the geostatistics method analysis indicated, the erosion in the area is on belt distributing. Its variant characteristic is similar to the topography distribution and land use structure distributing characteristic. The comparative analysis between the Kriging forecasting value and forecasting result of USLE's equation indicates that the cognitive degree to soil erosion space variant regular has a great influence on the mode of geostatistics method and forecasting precision.

Key words soil erosion; space variation; geostatistical analysis

1 引言

土壤侵蚀作为一个复杂的多维分布参数系统, 是多重空间分布参数因子共同作用的结果, 其结构的复杂程度随着空间尺度增大而增加, 这也直接导致了坡地系统土壤侵蚀空间变异性处理的复杂性。对于地形复杂多变且人为活动频繁的典型坡地系统, 土壤侵蚀空间变异性评价的难度则更大。

研究土壤侵蚀的空间变异性对土壤侵蚀的有效治理及水土资源的合理利用等都有重要意义。土壤、矿产资源、水资源等的空间变异性的研究方法十分成熟^[1,2], 其中主要包括: 经典统计方法、地质统计学方法、时序分析法、频谱分析法、随机模拟法和分形理论。但土壤侵蚀研究中的分析方法应用却相对落后, 大多只是采用传统的统计学方法进行分析研究。

在实际工作中, 有时对研究区域通常只能按特定取样方法, 获取空间分布的有限实测数据, 由这些有限的实测数据去推断整个研究区域未知点上的值。土壤侵蚀是一种复杂的空间随机分布现象, 其影响因素多, 对其作出合理有效的推断难度较大, 但 GIS 及地统计方法的引入为我们最终解决土壤侵蚀空间分布趋势预测分析与推断提供了有效的手段。

GIS 中由点数据, 经选定插值方法生成面数据, 其本质就是由已知的有限空间分布的点数据组, 经统计分析建立一个趋势统计模型, 由此模型进行趋势推断或说预测分析。现

在 ArcGIS 中引入了专门的地统计学模块, 并提供了十分方便的操作引导, 下面就对怎样用地统计学模块对研究区域的土壤侵蚀进行探讨。

2 研究区概况

重庆市璧山县狮子镇小流域是嘉陵江中上游水土流失国家重点治理示范流域, 在三峡库区及长江中上游小流域中具有一定典型性和代表性, 其自然和社会经济环境如下^[3]: 重庆市璧山县狮子镇位于东经 106°21', 北纬 29°46'; 幅员面积约 34.68 km²。整个地势呈现南北条带走向, 东西方向为山地分布, 中间部分为平坦的川东典型低山丘陵。研究区属中亚热带湿润季风气候区, 气候温和, 雨量充沛, 但时间分配不均, 多年平均降雨量 1087.1 mm。植被为亚热带常绿针、阔叶林区, 由于历史的原因, 原生植被已破坏, 植被覆盖率 23.5%。土壤侵蚀以水力侵蚀为主, 全镇 1994 年水土流失面积 12.921 km², 占幅员面积 29.27%, 其中中度和强度以上水土流失面积 7.541 km², 占水土流失总面积的 58.36%, 侵蚀模数为 5332 t/(km²·a), 水土流失极为严重。

3 点状土壤侵蚀数据获取

为采集研究区域内土壤侵蚀空间分布点数据, 根据研究区域内地形地貌、土地利用类型和流失分布特点, 按土地利用类型分区, 以典型坡面为对象, 分坡位从上到下分别取典

① 收稿日期: 2004-11-15

作者简介: 卢玉东 (1969-), 男, 博士后, 副教授, 从事水土保持、水文水资源、流域管理信息统等方面教学科研工作。

型点用竹筏法按随机样本的要求布设采样点 (全区共计 278 个, ArcGIS 的 Geostatistical 分析模块^[5]对插值预测数据限制上限为 300 个) 进行流失数据收集, 区内采样点的分布如图 1 所示:

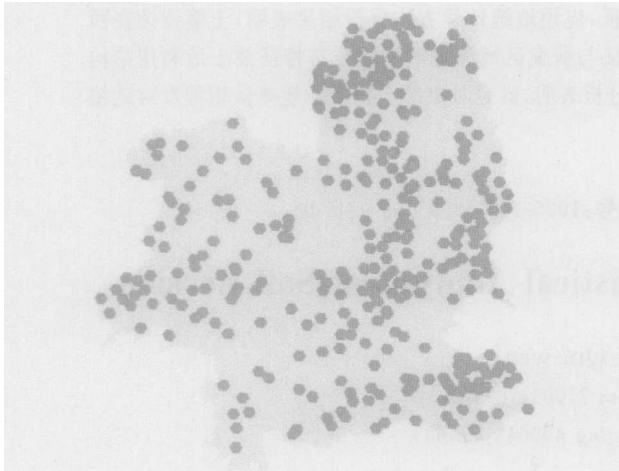


图 1 取样点分布示意图

监测时段为 2002 年 5 月~ 2003 年 5 月, 对于时段内土壤侵蚀采样流失不明显的数据监测点, 采用 USLE 方程计算结果的数据进行了修正补充。

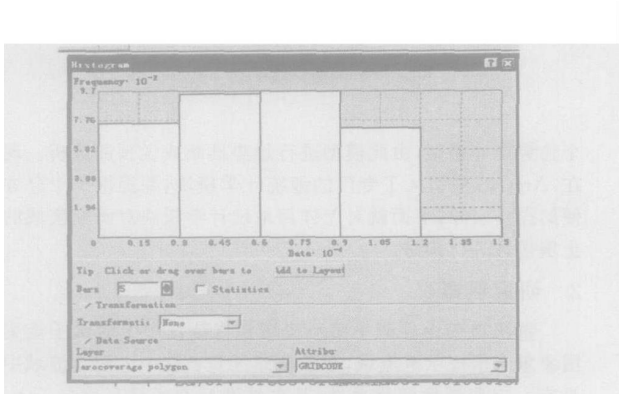


图 2 直方图

4.2 全局趋势分析

调用趋势分析工具 (Trend analysis) 对所采集的数据集进行分析, 得到如下趋势分析图 4 经旋转调整拟合角度, 发现研究区在东西方向上存在一个二次变化趋势, 这与研究区地势从东到西整体呈条带分布的趋势基本一致, 这在空间自相关和方向效应的分析中将得到进一步印证。选择趋势图中离群值点可以得到与分布特征分析一致的离群值分布, 这些值在进行空间建模作空间变异性预测时必须加以特殊处理。

(3) 检测空间自相关及方向变异。半变异 协方差函数云表示数据集中所有样点对的理论半变异值和协方差, 并用两点间的距离的函数表示, 并按此函数作图显示^[4]。半变异 协方差函数云用来检验数据集中空间自相关的局部特征并用来查找离群值。调用半变异 协方差云分析工具作空间自相关和方向变异分析, 改变方向查找工具方向值, 可得半变异 / 协方差云系列分析结果如图 5 所示。半变异函数云和半变异表面反映出研究区土壤侵蚀空间分布数据在西北 - 东南方向呈现明显的自相关性和方向变异, 其西北 - 东南 (约 350° , 正北为 0 顺时针增加) 方向自相关阈值约为 1 800 m; 东北 - 西南方向 (约 44°) 自相关阈值相约为 925 m。

4 土壤侵蚀空间变异性分析

对研究区所采集的数据经以下几步分析, 以便探索研究区的土壤侵蚀在空间分布上的变异特征, 建立空间插值预测模型, 对研究区域土壤侵蚀空间分布进行预测插值, 由采集的有限点数据预测整个区域的土壤侵蚀值。利用地统计模块提供的空间数据探索工具项目, 可从不同的视图来研究数据的特征:

4.1 检验数据的分布特征

首先调用 ArcGIS 的 Geostatistical 模块, 依据土壤侵蚀空间变异分析特征分析方法, 用直方图对采样土壤侵蚀空间数据的频率分析得到图 2 结果, 从其分布可知, 区内土壤侵蚀大致呈钟形分布, 近似满足偏态分布。

进一步调用 normalQQplot 工具分析得到其 QQ 图 (图 3), 由 QQ 图上理论点分布趋势与模拟直线总体趋势相符也印证了其近似满足 (偏) 正态分布。但区内土壤侵蚀在空间分布上存在一些异常值, 即局部地区有高强度侵蚀现象发生, 其反映在图上就是 QQ 图的右端严重偏离, 选中这些离散点得到其分布如图 3 其主要分布于区内一些高坡度值的耕地上。

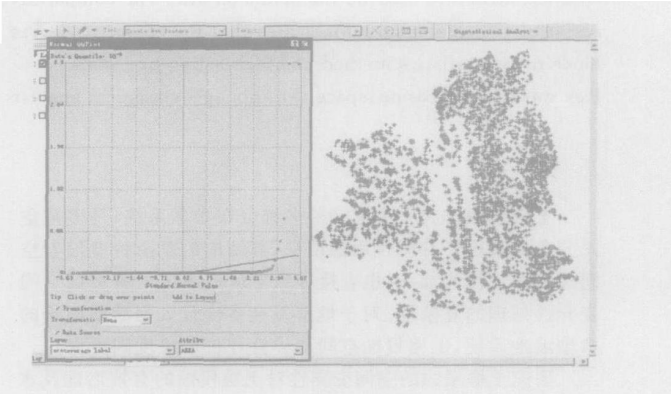


图 3 QQ plot 图

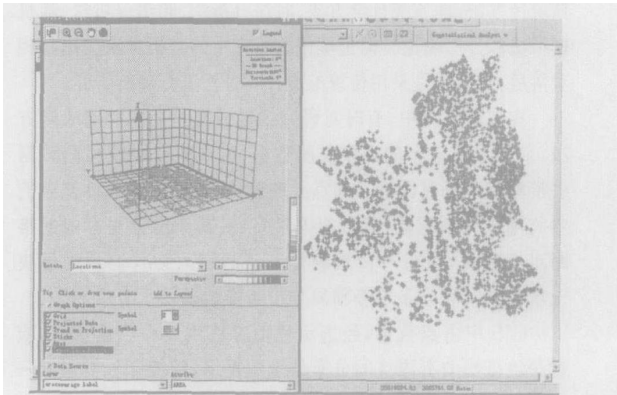


图 4 研究区土壤侵蚀数据点趋势分析图

5 研究区土壤侵蚀空间分布预测

调用 ArcGIS 的地统计学分析模块, 以采样数据为基础, 根据前面的空间变异性分析结果, 应用普通克立格方法进行插值, 得到研究区土壤侵蚀空间分析结果如图 6 所示:

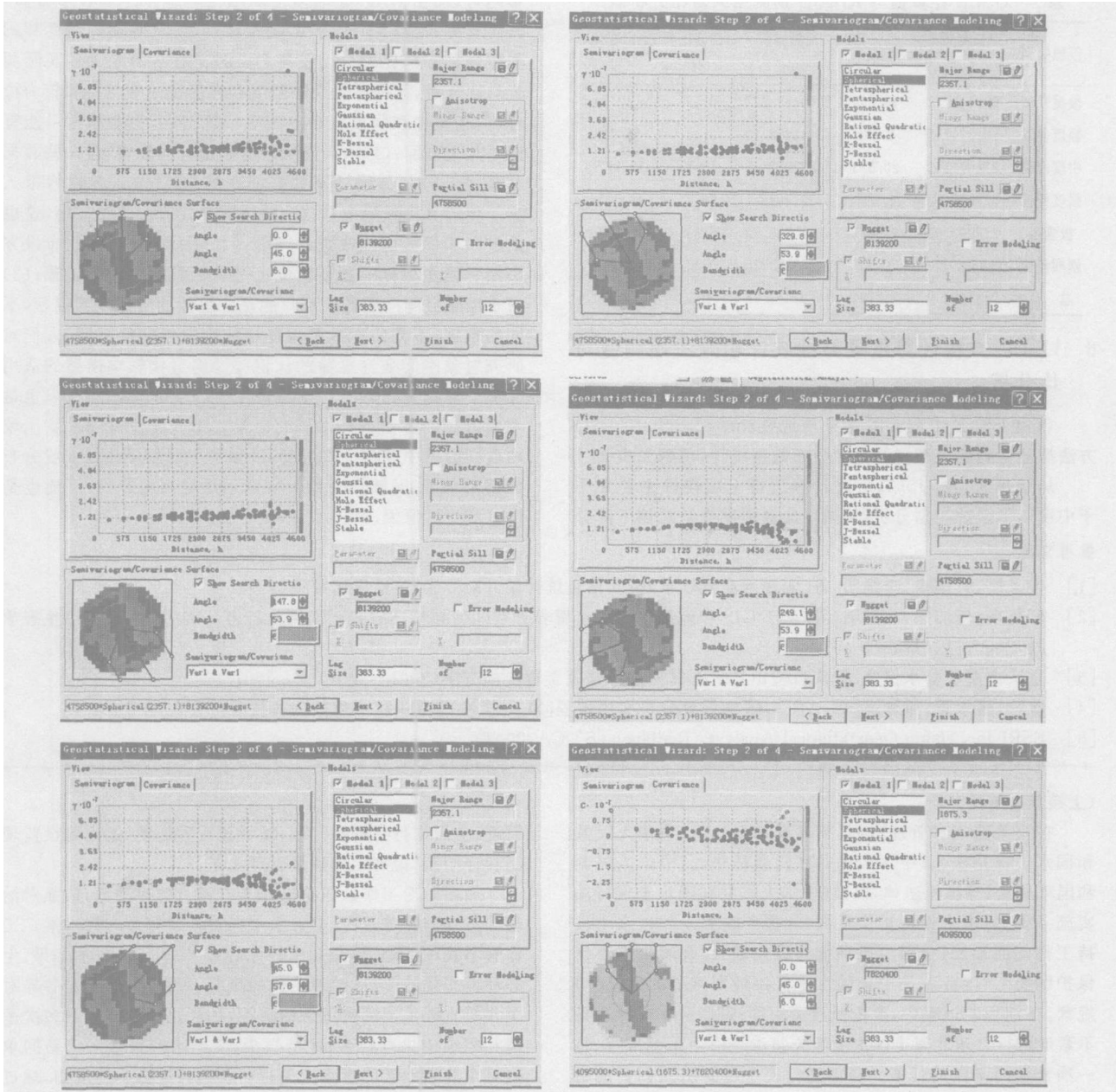


图 5 壤侵蚀数据半变异 协方差函数云图

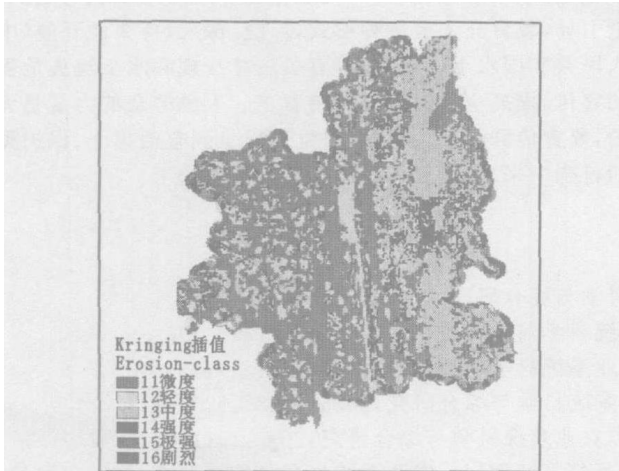


图 6 K riging 方法预测图

从预测分布图也明确反映出, 强度及以上流失强度的类

型主要分布于流域内东部一些坡度较大的坡耕地上, 西部少数陡坡耕地上也有零星分布, 这些地区是今后流失防治的重点。进一步分析各流失等级数据组成(如表 1), 由 K riging 插值所得到的数据呈正态分布趋势(钟形分布), 其主要流失等级集中于中度侵蚀和强度侵蚀, 其两端的微度侵蚀和剧烈侵蚀等类型分布较少。

表 1 地统计 K riging 预测流失分级数据

流失等级	面积 /m ²	面积百分比 /%
11	5966486.227	0.57
12	32441259.12	3.12
13	348230224.5	33.5
14	583217989.7	56.1
15	66670048.53	6.41
16	3188567.538	0.31

表 2 USLE 计算值与 K r i g i n g 预测结果对比分析表

侵蚀级别	2003 年面积	百分比	预测面积	百分比	比例变化
	h m ²	%	h m ²	%	%
微度侵蚀	5024497.4	48.309	5966486.227	0.57	- 47.74
轻度侵蚀	1028747.5	9.898	32441259.12	3.12	- 6.778
中度侵蚀	2140723.2	20.583	348230224.5	33.5	12.917
强度侵蚀	922311.57	8.895	583217989.7	56.1	47.205
极强度	275293.02	2.6471	66670048.53	6.41	3.7634
剧烈侵蚀	89630.28	0.859	3188567.538	0.31	- 0.549
总 计	9481202.9	91.190	10397145.76	100	8.8096

6 USLE 方程计算结果与地统计学方法预测值对比分析

将由 USLE 方程计算结果与地统计学(GeoStatistical)方法插值得到的土壤侵蚀分级分布数据统计,得到如表 2

从结果看,由 USLE 方程计算所得土壤侵蚀主要集中在中度以下侵蚀类型分析,从微度向极强度等呈总体下降分

参考文献:

[1] 侯景儒,尹镇南,李维明,等.实用地质统计学(空间信息统计学)[M].北京:地质出版社,1998

[2] 郭旭东,傅伯杰,马克明,等.基于GIS和地统计学的土壤养分空间变异特征研究—以河北省遵化市为例[J].应用生态学报,2000 11(4): 557- 563

[3] 重庆市璧山县水保办.重庆市璧山县水土保持生态修复工程实施方案(2001- 2004)[Z].2001.12

[4] 曾杉,姚永慧,潘智强,等.ARCGIS地统计分析实用教程[M].北京:北京中科永生数据科技有限公司,2002.103

[5] ESRI Inc.UsingGeostatisticalAnalysis,Redlands[S].CA,2003

(上接第 129页)

在政策法规和管理方面:要认真贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》《中华人民共和国森林法》《中华人民共和国草原法》等国家法律,以及《中华人民共和国水土保持法实施条例》《水土保持工作条例》《国务院关于加强水土保持工作的通知》《全国生态环境建设规划》《全国生态环境保护纲要》《国务院关于全国水土保持规划纲要的批复》等规章.在治理的过程中,要依照政策法律、遵照科学规律有条不紊地进行.东北黑土区水土流失防治是一项系统工程,是一项长期而艰巨的任务.在治理过程中还要引入创新的机制,建立和完善水土保持多元化投入的机制,把政府推动与市场机制带动结合起来,推行以承包、拍卖、租赁、股份合作等多种形式的治理开发责任制,实行“谁投资、谁受益、谁使用、谁管护”,把社会各方面的力量充分调动起来.积极推行群众投劳承诺制和水土保持工程建设公示制.把工程建设的规模、建设任务、群众投工、建后管护等向项目区群众公开,听取群众意见,优化工程设计,确保工程建设效益,并自觉接受群众与社会的监督.对工程项目的建设实行全过程的跟踪

参考文献:

[1] 孟凯.松嫩平原黑土农田生态系统的可持续发展[J].农业系统科学与综合研究,2004 20(4): 14- 15

[2] 周宝库,张喜林.黑土长期施肥对农作物产量的影响[J].农业系统科学与综合研究,2005 21(1): 37- 39

[3] 侯伟,张树文,李晓燕,等.黑土区耕地地力综合评价研究[J].农业系统科学与综合研究,2005 21(1): 43- 46

[4] 于立河,曲长祥,曹茹,等.拜泉县发展生态农业的调查[J].农业系统科学与综合研究,2003 19(2): 120- 123

[5] 张柏,崔海山,于磊.东北平原西部半干旱地区土地退化研究[J].农业系统科学与综合研究,2003 19(1): 30- 32

[6] 韩晓增,王守宇,宋春雨,等.海伦地区黑土农田土壤水分动态平衡特征研究[J].农业系统科学与综合研究,2003 19(4): 252- 255

[7] 刘兴土.松嫩平原西部生态保育策略探讨[J].农业系统科学与综合研究,2003 19(4): 282- 285

布趋势,而由K r i g i n g 插值预测结果则呈正态的钟形分布,其主要分布集中于中度、强度侵蚀类型,其两端的微度和剧烈侵蚀分布都比较少.经与USLE方程计算结果和实际调查对比分析,其预测结果除微度和强度侵蚀外与实际较为稳合,但在微度和强度分布上存在一定出入,主要原因可能有以下几个方面:(1)本研究所采集数据时间较短,且一些数据又是经USLE方程计算数据补充的,其计算误差也将带入进一步的分析预测中,因此,插值数据代表性值得商榷,这也是进一步研究应该改进的问题;(2)研究中取样点的布设方法及竹筷法取样的数据精度也是一个重要的误差来源;(3)由于地学空间问题的模拟只能建立统计的近似模拟模型,不同的数据,不同的参数都可能导致模拟精度的不同,人们对研究对象空间变异规律的认识深度将直接影响模型的适用性和预测结果,因此,对土壤侵蚀空间变异规律的认识也是今后改进的方面;(4)本研究在建立模型时没有先去除流域内取样数据中存在一些强度、极强甚至剧烈侵蚀的点状分布数据及水域、城镇和公路等特殊用地类型的影响,可能也是误差产生的原因.