

基于移动趋势面的降水面雨量分析

张渭军^{1,2}, 王文科², 孔金玲¹, 翁晓鹏²

(1. 长安大学地球科学与国土资源学院, 西安 710054; 2. 长安大学, 环境科学与工程学院)

摘 要: 在分析现有面雨量计算方法及降水站点相互关系的基础上, 采用移动趋势面分析法对已知站点降水进行拟合, 建立区域降水三维模型。并通过某地区 62 个雨量站点的年降雨量进行了实例演示, 通过比较已知站点实际降雨量和拟合降雨量, 发现最大相对误差为 8%, 平均相对误差为 5.1%, 不仅满足实际需要, 而且形象直观地反映该地区降水量变化趋势。

关键词: 面雨量; 移动趋势面; 三维模型; 年降雨量; 相对误差

中图分类号: P458.121

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)02-0095-03

Area Rainfall Analysis Based on Mobile Trend Surface Analysis

ZHANG Wei-jun^{1,2}, WANG Wen-ke², KONG Jin-ling¹, WENG Xiao-peng²

(1. School of Earth Science and Resources Management, Chang'an University;

2. School of Environment Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: Based on the current calculation technique of surface rainfall and the interaction of rainfall station, the rainfall station precipitation was fitted using mobile trend surface, constitute 3D modeling of region precipitation and validate the 3D modeling in a region with 62 rainfall stations. By comparing the rainfall value and fitting value, the result indicates that the maximum relative error is 8% and the average relative error is 5.1%, the result not only satisfy the practice requirement but also reflect the rainfall trend visually.

Key words: area rainfall; mobile trend surface; 3D modeling; annual rainfall; relative error

防汛抗洪决策的一个重要依据是江河水位和流量的变化, 而对水位和流量的预报依赖于对流域内面雨量的预报, 面雨量表示某一特定区域的平均降水状况, 定义为单位面积上的降水量, 由于它能客观地反映某一区域降水情况, 因而是气象部门向水文部门提供关于洪水发生可能的重要参考量。它具有确定的量值, 对水文工作者既清楚又实用^[1], 因此在分析水情变化时应用非常广泛^[2], 目前, 在面雨量计算方面的研究工作已取得很大进展, 李武阶^[3]利用长江三峡的气象站降水资料, 采用算术平均法、多边形法以及等雨量线法计算流域的面雨量。毕宝贵^[4]等人分析了面雨量计算方法的优缺点, 最后选定多边形法为面雨量的计算方法。这些算法中算术平均法计算简单, 但仅适用于面积较小、地形起伏不大, 且站点多而分布又较均匀的区域, 否则, 计算结果较为粗糙, 误差较大, 多边形法的缺点是当某测站降水量缺报时将影响面雨量的计算精度, 因而缺乏弹性。等雨量线法精度较高, 但其精度较多地依赖于分析技能, 而且操作复杂, 不便于日常业务使用。

随着地理信息系统(简称 GIS, 下同)在气象、水文等相关部门应用的深入, 如何使某一地区降水量能动态的显示, 并且能直观地看出这一地区降水量的变化趋势, 是摆在相关部门面前的一个较新课题。本文就是结合 GIS 可视化特点, 把所有雨量站点作平面投影, 得到雨量站点的平面点集, 结

合降水属性数据库, 通过移动趋势面对平面点集进行拟合, 然后通过积分计算可算出该区域总降水量, 再除以区域面积即可得到面降雨量。

1 移动趋势面分析

移动趋势分析是将整个分析区域, 根据数据格网剖分为若干小单元, 每个单元上独立的拟合一个小曲面片, 所有小曲面片结合起来构成整个空间曲面, 但是相邻曲面片在边界上必须给出相同的数值, 使其在边界线上连续。因此, 它是根据空间的抽样数据, 拟合数学曲面, 用该曲面来反映空间现象分布特征的变化趋势^[5]。该曲面为“趋势面”(Trend Surface), 它表示在没有局部变化的条件下, 空间现象在空间区域上的主体特征, 其主要特点是忽略局部的变异而突出总体的变化规律, 即降水量随空间位置的变化, 这样实测曲面被分为两部分:

实测曲面 = 趋势面 + 剩余曲面

剩余曲面反映了局部性的变化特点, 认为是局部因素和随机因素引起的, 趋势面用于查明区域趋势, 反映采样数据的总体变化, 认为是由系统性因素引起的, 这正是本论文所需要的, 趋势面模型的一个基本要求必须使剩余值之间的自相关系数极小或等于零^[6], 即不能根据一个点的剩余值来预测另一点的剩余值。

收稿日期: 2005-05-15

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(G1999043606); 国家自然科学基金; “河流与地下水关系演化的动力学机制与数值仿真模拟”(40472131)

作者简介: 张渭军(1975-), 男, 陕西渭南人, 长安大学讲师, 在读博士, 研究方向: 水文地质空间分析与地理信息系统。

总之,趋势面分析是一种通过一般线性模型即最小二乘法用数学曲面拟合观测数据的方法,其目的是利用控制点之间的数值进行插值或预测。

2 移动趋势面数学模型的建立

2.1 离散降雨站点的获取

为了使各点内插精度相同,以待定点(表示某一点降水量,其中 (x, y) 表示该点的平面坐标)为圆心,以 R 为半径作圆,落在圆内的雨量站点即被选用,由于本模型采用二元三次多项式进行趋势面拟合,因此要求选用的数据点个数 n 9,当雨量站点 (x_p, y_p) 到待定点 (x, y) 的距离满足:

$$d = \sqrt{(x - x_p)^2 + (y - y_p)^2} < R \quad (1)$$

该点被选用,若满足条件的点数不够时,则增大的数值,直至数据点的个数 n 满足要求为止,通过可变半径 R ,把整个区域分成若干部分,对各部分使用不同趋势面函数进行拟合,即以每一待定点为中心,定义一个局部趋势面函数来拟合周围的数据点。这种方法计算灵活,计算简单且精度较高再借助GIS可视化特点,可直观的反映区域降雨的变化。

2.2 趋势面拟合

趋势面的数学表达式为

$$\hat{h}(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + \dots + a_px_p \quad (2)$$

残差为:

$$Q = \sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (h_i - (a_0 + a_1x_{i1} + a_2x_{i2} + \dots + a_px_{pi}))^2 \quad (3)$$

根据最小二乘法,要选择这样的系数 $a_0, a_1, a_2, \dots, a_p$,以使 Q 达到最小,由多元函数取极值的条件

$$\frac{\partial Q}{\partial a_p} = 0 \quad (4)$$

上式的矩阵形式为: $X'Xa = X'h$ 即

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nx} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nx} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nx} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_0 \\ h_0 \\ \vdots \\ h_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

不同次数的多项式在反映空间趋势方面具有不同的描述能力,过高的次数除了因过高的拟合精度而不能揭示空间趋势外,还会因计算上的原因而造成趋势面的畸变,使分析失去作用,因此它的拟合精度具有特殊性,它并不要求有很高的拟合精度,相反,过高的拟合精度会因数学曲面过于逼近实际分部曲面而难以反映分布的总体特征,达不到描述空间趋势的目的^[7],根据降水量连续变化的特点,本设计中采用二元三次多项式进行趋势面拟合,即:

$$h(x, y) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 + a_6x^3 + a_7x^2y + a_8xy^2 + a_9y^3 \quad (6)$$

至此剩下的工作只是一个计算问题即如何解算一个正规方程组的问题,可以证明的系数矩阵 $A = X'X$ 是非奇异的,所以解

$$a[X'X]^{-1}X'h \quad (7)$$

是惟一确定的。

在拟合时,由于降雨站点分布不规则,首先把这些数据进行规则格网化,也就是说把格网点处的降水量通过加权平均法进行内插出来,见图1。

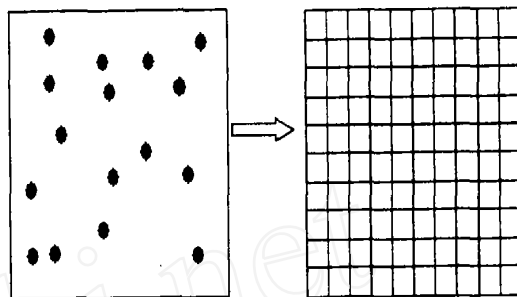


图1 离散点格网化

在用趋势面进行地形逼近时,趋势面可看成是由若干矩形组成的,这就和曲线是由若干直线段组成的一样,当矩形个数无穷大时就是一个光滑的趋势面,由于这一模块程序(在VB源代码中)比较复杂,程序和子程序调用较频繁,在此只列出趋势面拟合的流程,见图2。

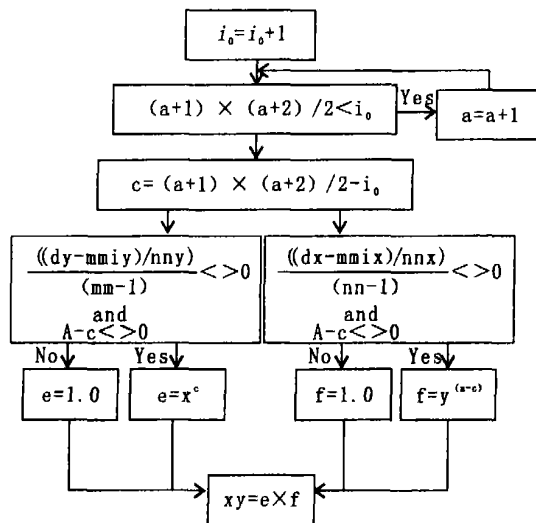


图2 趋势面拟合流程图

采用移动趋势面分析法,根据气象站点的分布特征,通过可变半径 R ,将区域化分为若干块,定义不同的局部趋势面函数进行拟合,因为它只用临近的降雨站点来估计未知点的值,因此,可以提供局部区域的内插值,排除随机性干扰,寻找区域降雨的变化规律是切实可行的。

2.3 雨量站点属性数据库

本文趋势面拟合是在VB环境下,利用GeoMap控件实现的,为获取站点降水量数据,采用Microsoft Access数据库管理属性数据,因为对于不能在空间数据库中反映的必须在属性数据库中得以体现,它是空间数据必要的补充,本文选用某一年的所有站点的年平均降水量。

表1 降水属性数据库

站点编号	站点名称	年均降水量	某月降水量
statID	statName	yearpre	Monthpre

上表中站点编号statID是在矢量化站点过程中由矢量的先后顺序决定,每一个站点有惟一的站点编号,它是雨量站点空间数据与属性数据联接的桥梁。站点纵、横坐标在其空间数据库中存储,年均降水量是该年各个月降水量之和,月降水量是1~12月的每月降水量。

3 应用实例

为了验证本文提供方法的有效性,选取某地区62个降

雨站点年降水量为例, 运用移动趋势面对其进行拟合, 其结果用二维可视化表达, 得到该地区降水等值线图, 图 3, 将结果用三维可视化表达, 得到降水趋势面图, 图 4。

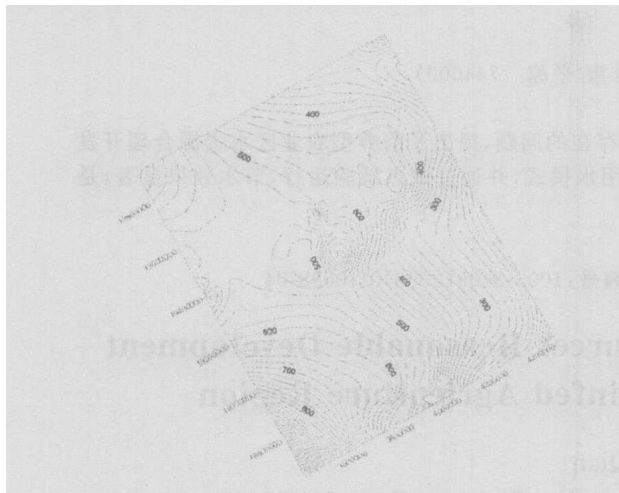


图 3 降水等值线图

从图 4 的三维显示中可直观地看出该地区从上到下雨量逐渐增大, 因为中部雨量站点分布比较少, 因此其内插出的雨量变化不大, 趋势面比较平缓, 降水趋势面图可直观的反映该地区降雨的变化, 如果要求总的降水量时, 可用移动趋势面在各自的范围内取双重积分可得。

参考文献:

- [1] 丁太胜, 刘惠敏 汛期强降水雨量分析和预报[J] 气象科学, 2003, 23(3): 346- 351
- [2] 王名才 大气科学常用公式[M] 北京: 气象出版社, 1994 518- 519
- [3] 李武阶, 王仁乔, 郑启松 几种面雨量的计算方法在气象和水文上的应用比较[J] 暴雨灾害, 2002, (10): 62- 67
- [4] 毕宝贵, 徐晶, 林建 面雨量计算方法及其在海河流域的应用[J] 气象, 2003, 29(8): 39- 42
- [5] 郭仁忠 空间分析[M] 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 2000
- [6] Goodchild M F. Spatial Using GIS[M] . California: NCGIA, 1994
- [7] Haining R. Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Science[M] . Cambridge University Press, 1990

(上接第 80 页)

- [5] 李宇庆, 陈玲, 等 上海化学工业区土壤重金属元素形态分析[J] 生态环境, 2004, 13(2): 154- 155
- [6] 王运泉 煤中部分潜在毒害微量元素在表生环境下的化学活动性[D] 北京: 中国矿业大学, 1994
- [7] L Fanfani, P Zuddas Heavy metals speciation analysis as a tool for studying mine tailings weathering[J] Journal of Geochemical Exploration, 1997, 58(2): 241- 248
- [8] Querol X, Juan R, Lopez Soler A , et al Mobility of trace elements from coal and combustion wastes[J] Fuel, 1996, (7): 821.
- [9] 冯新斌, 洪斌, 倪建宇 煤中部分潜在毒害微量元素在表生环境下的化学活动性[J] 环境科学学报, 1999, 19(4): 433- 437.

(上接第 86 页)

(3) 通过方案比选, 最终确定了在 178- 179 m 的缓坡平台上布置 33 根截面尺寸为 3 m × 4 m 抗滑桩辅以监测工程的综合治理方案, 该方案可为同类的边坡研究和治理工程提供一定的借鉴经验。

(4) 滑坡监测工作, 不论在滑坡的变形演化阶段还是工

参考文献:

- [1] 张倬元, 王士天, 王兰生 工程地质分析原理(第二版)[M] 北京: 地质出版社, 1994
- [2] 三峡工程区地质灾害防治工作指挥部 三峡库区三期地质灾害防治工程详细地质勘察技术要求[Z] 2005
- [3] 三峡工程区地质灾害防治工作指挥部 三峡库区三期地质灾害防治工程设计技术要求[Z] 2005
- [4] 邹成杰 天生桥二级水电站下山包滑坡稳定分析及工程治理[J] 水利水电技术, 1994, (10): 27- 34
- [5] 吴亚子, 傅荣华, 王小群 三峡库区奉节县某滑坡特征和稳定性分析[J] 水土保持研究, 2005, 12(1): 125- 128

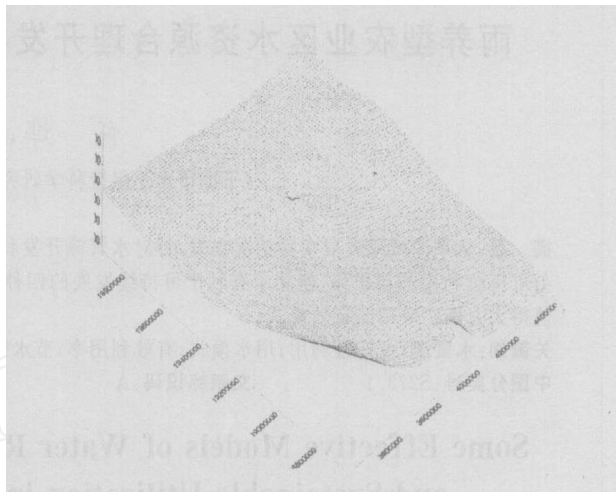


图 4 降水趋势面图

4 结 论

充分利用 GIS 的可视化特点, 采用移动趋势面法对某一地区降水量进行拟合, 通过拟合结果与任意已知站点降水量进行比较, 最大相对误差为 8.8%, 平均相对误差为 5.1%, 与其它计算方法相比, 该方法的优点是可形象直观地反映某一地区的降水量变化趋势, 对于面雨量的计算也很有帮助, 为防洪决策部门提供了防洪依据。

程治理阶段, 都是十分重要的。在滑坡体中埋设多种监测仪器, 从而形成多层次的严密的立体监测网, 为边坡的稳定性提供可靠的资料。监测工作应长期坚持, 以保证滑坡的长期稳定与安全。