

非平稳区域化变量克立格插值方法的比较

邵惠芳, 尚松浩

(清华大学水利水电工程系, 北京 100084)

摘要: 为了减少非平稳区域化变量的插值计算的工作量, 以中国中东部地区 59 站 1960~2000 年的年平均降水量为数据源, 采用普通克立格法与泛克立格法两种方法对降雨量进行空间插值, 对其插值结果进行比较。结果表明, 两者的插值结果非常相似, 且前者的插值精度略优于后者。认为在无需详细了解变量的空间变异性情况, 而只进行空间插值研究时, 用普通克立格法代替泛克立格法进行非平稳区域化变量的空间插值具有计算简单、无需确定漂移等优点, 同时可以取得较好的插值效果。

关键词: 区域化变量; 漂移; 变异函数; 克立格法

中图分类号: P333.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7647(2006)04-0021-03

Comparison of Kriging spatial interpolation methods of non-stationary regionalized variables//SHAO Hui-fang, SHANG Song-hao(Department of Hydraulic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: To reduce the workload of the spatial interpolation of nonstationary regionalized variables with the Kriging method, the ordinary Kriging and universal Kriging methods were used for spatial interpolation of data of average annual precipitation for 59 stations in the middle and east regions of China from 1960 to 2000. The results of interpolation of the two methods are close to each other, while the precision of the former is a little higher. As a conclusion, the ordinary Kriging method can be used for replacing the universal Kriging method for spatial interpolation of nonstationary variables if it is unnecessary to investigate the spatial variability of variables. Without need for determination of drifts, the ordinary Kriging method is simple in calculation, and the interpolation result is satisfactory.

Key words: regionalized variable; drift; semivariograms; Kriging method

克立格插值法是一种常用的空间插值方法, 在水文、气象、地质、生态等领域区域化变量的空间变异性分析与局部估计中得到了广泛的应用。在降水的空间插值中, 克立格法通常可以取得较好的插值效果^[1,2]。

普通克立格法要求区域化变量在研究区域内平稳; 如果变量在研究区域非平稳(即存在漂移), 则应采用泛克立格法进行插值估计^[3,4]。多数区域化变量在空间上存在漂移, 所以通常应采用泛克立格法进行空间插值^[5], 但应用泛克立格法对非平稳变量进行插值时需要除去漂移的影响, 漂移的确定较为复杂, 需要根据变量的非平稳情况以及原变量变异函数特性进行判断确定^[3], 一定程度上增加了插值的工作量, 且漂移形式确定的准确与否将直接影响插值精度。笔者在利用克立格法进行降水量插值研究过程中, 对研究区域上非平稳的多年平均降水量采用了直接插值(普通克立格法)和去除漂移影响后插值(泛克立格法)两种方法, 并对两种方法的插值效果进行了比较分析。

1 资料来源

用于插值的降水资料来源于中国气象科学数据共享服务网的中国地面气候资料国际交换站年值数据。选择中国东北南部、华北、华南北部等地区的 59 个国际交换站的降水资料作为插值样本点, 各站均采用 41 年(1960~2000 年)的年平均降水量资料; 在研究区域内选取 11 个交换站(非样本点)作为检验点, 检验模型插值精度。样本点和检验点均分布在东经 105.45°~122.41°、北纬 29.18°~43.59°的区域范围内。

由于插值中需要用到平面距离, 将各点经纬度用高斯投影法转换成平面直角坐标, x 轴代表东西方向, y 轴代表南北方向, 转换后研究区域 x 方向坐标范围 564.25~2071.79 km, y 方向坐标范围 3 305.19~4 976.6 km。文中计算均采用平面直角坐标。

2 克立格插值法简介

地统计学中的克立格法是以区域化变量理论为

作者简介: 邵惠芳(1980—), 女, 江苏丹阳人, 硕士研究生, 从事水文水资源研究。E-mail: shaohuifang@tsinghua.org.cn

基础、变异函数为工具,对未知点的区域化变量进行线性无偏最优估计的一种插值方法。设 $Z(u)$ 为一区域化变量,未知点 $Z(u_0)$ 的克立格插值公式可表示为

$$Z(u_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(u_i) \tag{1}$$

式中: λ_i 为权重系数,是已知样本 $Z(u_i)$ ($i = 1, 2, \cdots, n$) 在估计 $Z(u_0)$ 时影响大小的系数,通过克立格方程组求出。本文采用普通克立格和泛克立格方程组求解 λ_i ,进行插值比较,具体方法在许多文献中均有详细介绍^[3-4],这里不再赘述。

3 插值结果与比较

3.1 变异函数理论模型

分析多年平均降水量在研究区域内的平稳性,结果表明存在二维非线性漂移,采用趋势面分析法得到漂移的具体公式为

$$m(x,y) = 10904.43 + 0.40284x - 4.5808y + 2.6 \times 10^{-6}xy - 3 \times 10^{-5}x^2 + 4.7 \times 10^{-4}y^2 \tag{2}$$

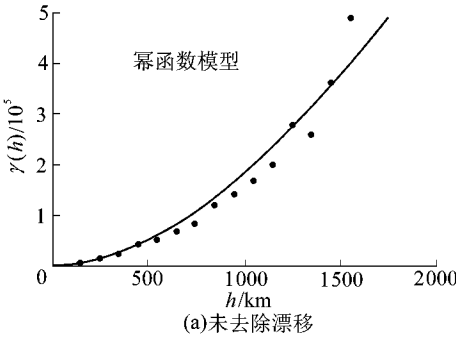
式中 x, y 为平面直角坐标。

分别对未去除漂移的多年平均降水量原始值与去除式(2)漂移的剩余值进行变异函数计算,并进行理论模型拟合,拟合结果见表1和图1。

表1 变异函数理论模型

漂移形式	理论模型	变异函数理论模型形式	模型拟合确定性系数
不考虑漂移	幂函数模型	$\gamma(h) = h^{1.755}$	0.9572
非线性漂移	球状模型	$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & h = 0 \text{ km} \\ 7480 \times \left(\frac{3}{2} \frac{h}{420} - \frac{1}{2} \frac{h^3}{420^3} \right) & 0 \text{ km} < h \leq 420 \text{ km} \\ 7480 & h > 420 \text{ km} \end{cases}$	0.6053

图1表明,两种情况下的变异函数形式存在很大差异,反映出的变量空间变异性也截然不同:未去除漂移情况下,变异函数随间隔距离 h 的增大而不断增大,说明在漂移影响作用下变量呈现出空间无



限自相关的性质,不能反映变量实际空间变异性;去除漂移影响后,变异函数在 $h > 420 \text{ km}$ 后趋于平稳,说明剩余变量在 $0 \sim 420 \text{ km}$ 尺度范围内是空间自相关的,较能反映变量实际的空间变异性。

3.2 检验点插值结果与比较

对于未去除漂移的情况,假定变量在研究区域上平稳,直接采用普通克立格法对检验点进行插值估计;对去除漂移的情况,则采用泛克立格法。两种情况下,检验点多年平均降水量估计值与实际值比较结果见表2,检验点估计误差统计结果见表3。

表2 检验点多年平均降水量估计值与实际值比较 mm

检验站	实际值	普通克立格法估计值	泛克立格法估计值
乌拉特后旗	202.01	175.72	171.50
营 口	661.20	604.83	596.19
泊 头	482.04	564.22	570.68
定 陶	619.55	672.97	680.09
万 源	1202.49	945.94	947.88
汉 中	872.80	741.11	727.91
常 德	1122.67	1489.60	1502.76
安 庆	1429.85	1455.88	1442.86
定 海	1345.79	1429.02	1499.78
南 昌	1613.90	1763.93	1778.73
衢 州	1687.96	1691.38	1716.65

表3 检验点多年平均降水量估计相对误差统计结果 %

插值方法	最大值	最小值	平均值	合格率(相对误差小于20%的百分比)
普通克立格法	32.68	0.20	12.17	81.82
泛克立格法	33.86	0.91	13.54	81.82

计算结果表明,两种情况下检验点多年平均降水量估计值与实测值都非常接近,估计合格率均在80%以上,说明理论变异函数选取准确,插值精度较高,均可用于变量估计;从相对误差最大值、最小值与平均值来看,普通克立格法估计精度略高。

3.3 研究区域的插值结果与比较

将研究区域划分成 $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ 的规则网格,对网格点的多年平均降水量进行插值估计。网格区域: x 轴方向,起始坐标 $x_0 = 800 \text{ km}$,终止坐标 $x_1 = 2000 \text{ km}$; y 轴方向,起始坐标 $y_0 = 3400 \text{ km}$,终止坐

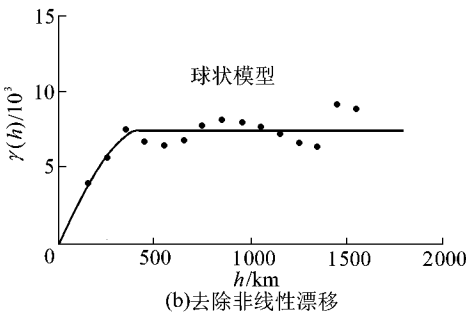


图1 未去除漂移与去除漂移两种情况下的变异函数曲线及其理论模型

标 $y_1 = 4600\text{ km}$ 。得到两种方法下研究区域多年平均降水量分布的等值线图,见图 2。

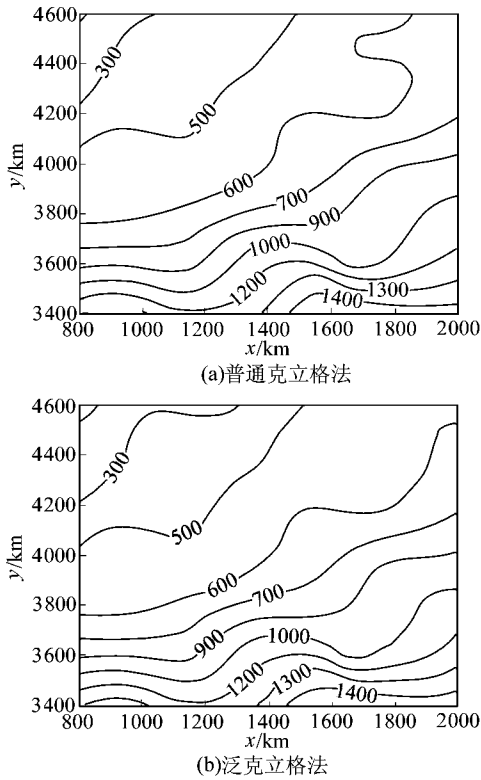


图 2 研究区域多年平均降水量分布等值线(单位:mm)

由图 2 可以看出,两种方法的结果非常相似,都能较好地反映出多年平均降水量在研究区域上的分布情况。

计算结果表明,对于在研究区域内非平稳的

多年平均降水量,不考虑漂移情况下的变异函数虽然不能反映变量真实的空间变异性,但不考虑漂移直接采用普通克里格法进行空间插值的结果,与去除漂移后采用泛克里格法插值结果非常相近,且检验点结果表明,前者的插值精度略优于后者。

4 结 论

通过对研究区域上非平稳的多年平均降水量的研究,可以认为:对于非平稳区域化变量,在无需详细了解变量的空间变异性情况,而只进行空间插值研究时,可以假定变量在研究区域内平稳,直接采用普通克里格插值法进行空间插值估计,既可避免漂移形式确定不准确而产生的估计误差,又大大减小了工作量,同时还能达到较好的插值效果。

参考文献:

[1] 范银贵.空间插值方法在绘制降水量等值线中的应用[J].水利水电科技进展,2002,22(3):48-50.

[2] 石朋,芮孝芳.降雨空间插值方法的比较与改进[J].河海大学学报:自然科学版,2005,33(4):361-365.

[3] 王政权.地统统计学及在生态学中的应用[M].北京:科学出版社,1999:35-142.

[4] 侯景儒.实用地质统计学[M].北京:地质出版社,1998:31-60.

[5] 史海滨,陈亚新.线性非平稳型农田土壤水分信息空间变异性及预测研究[J].农业工程学报,1996,12(3):77-82.

(收稿日期:2005-04-30 编辑:熊水斌)

·简讯·

全国水利工程、海洋工程新材料与新技术学术交流会将在河海大学举行

新材料是现代水利工程、海洋工程发展的先导和基石。世界各国历来重视在水利工程、海洋工程中应用新材料、推广新技术。为了更好地交流我国和国际水利工程、海洋工程领域新材料与新技术的动向和发展趋势,中国水利学会、国家自然科学基金委员会工程与材料学部、河海大学拟于 2006 年 11 月在南京河海大学联合举办全国水利工程、海洋工程新材料与新技术学术交流会,以把握水利工程、海洋工程新材料与新技术的动态,追踪科学前沿,推动新材料与新技术产业的自主创新和技术进步。

会议将邀请著名水工材料专家就本学科的研究与发展作报告,并就以下专题进行广泛的交流和研讨:
①水工、海工新材料的研究与开发,包括水工高性能混凝土、水工金属材料、地基强化材料、水环境材料、智能化材料及其他特殊水工和海工材料;
②水工、海工材料的测试技术与性能评价,包括水工、海工材料的实验新技术与新方法及水工工程、海洋工程检测新技术与新方法等;
③新材料与新技术在工程中的应用,包括土工材料在水利工程、海洋工程中的应用,GRFP,CRFP 材料在水利工程、海洋工程中的应用,老化病害结构物修补处理技术,水利机械的表面处理技术,外加剂在水利工程、海洋工程中的应用,其他新材料在水利工程、海洋工程中的应用。

会议联系:南京西康路 1 号 河海大学材料科学与工程系(邮编:210098);E-mail:liuxiaoyan@hhu.edu.cn。
(本刊编辑部供稿)