

安徽省降水量空间插值研究

李飞, 孙勇, 郑佳佳

(滁州学院 国土信息工程系, 安徽 滁州 239000)

摘要: 高分辨率、栅格化的气候数据作为环境因子是地学模型和气候模型等相关研究的重要参数, 而空间插值是获取降水量空间信息的重要途径。然而在众多空间插值方法中, 并没有绝对最优的空间插值方法, 只有特定条件下的最优方法。采用安徽省境内的 66 个气象站点及周边 75 个气象站点的年降水量数据, 选取常用的 6 种空间插值方法对安徽省年降水量进行了空间化, 综合分析得出安徽省降水量的空间插值方法误差顺序为: RBF < IDW < Kriging < Cokriging < LP < GP。

关键词: 降水量; 空间插值; 安徽

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)05-0183-04

Spatial Interpolation of Precipitation in Anhui Province

LI Fei, SUN Yong, ZHENG Jia-jia

(Department of Land Information Engineering, Chuzhou University, Chuzhou, Anhui 239000, China)

Abstract: As an environmental factor, high resolution, grid-based weather data is important parameters in the geographical model and climate model. Spatial interpolation is an important way for spatialization of precipitation. However, there are no absolute optimal interpolation methods unconsidering certain conditions. This paper selects six kinds of commonly used spatial interpolation methods for spatialization of annual precipitation and compares different spatial interpolation methods via 66 meteorological stations in Anhui province and 75 meteorological stations around the Anhui province. By comprehensive analysis and comparison of different spatial interpolation method, error of spatial estimate of annual precipitation in Anhui province is: RBF < IDW < Kriging < Cokriging < LP < GP.

Key words: precipitation; spatial interpolation; Anhui province

高分辨率、栅格化的气候数据作为环境因子是地学模型和气候模型等相关研究的重要参数。空间化的降水信息对于区域的水文生态模型、水资源分析及区域水资源管理、旱涝灾害管理、生态环境治理等都具有重要的研究意义^[1-3]。然而, 由于经济、技术和人力的原因, 气象站点是有限的, 对于地形复杂的偏远地区, 获取多年气象资料难度较大, 在实际工作中, 利用邻近区域气象站点的资料, 通过空间插值生成研究区气象要素的空间分布, 是一种有效的解决方法。如何利用气象站和雨量站的观测资料, 准确推算区域降水分布是进行科学问题分析首要解决的问题, 因此国内外学者在这方面的研究方兴未艾^[4-9]。

本文选用常用的反距离权重法(IDW)、径向基函数法(RBF)、全局多项式法(GP)、局部多项式法

(LP)以及基于地学统计的克里金法(Kriging)、考虑高程等因素影响的协克里金法(Cokriging)6种方法对安徽省降水进行插值研究, 并采用预留的站点检验不同插值方法对安徽省区域降水量的估算精度, 进而揭示安徽省的降水量空间分布特征。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

安徽省位于东经 114°54′ - 119°37′, 北纬 29°41′ - 34°38′, 处于中纬度地带, 在太阳辐射、大气环流和地理环境的综合影响下, 安徽属暖温带向亚热带的过渡型气候。在中国气候区划中, 淮河以北属温带半湿润季风气候, 淮河以南属亚热带湿润季风气候。安徽气候条件优越, 气候资源丰富。充沛的光、热、水资

收稿日期: 2010-06-19

资助项目: 第四批国家级特色专业建设点项目(TS1Z249)

作者简介: 李飞(1982-), 男, 甘肃庄浪人, 讲师, 主要从事地学建模与GIS应用研究。E-mail: lfgis@163.com

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

源,有利于农、林、牧、渔业的发展。但由于气候的过渡型特征,南北冷暖气团交绥频繁,天气多变,降水的年际变化较大,常有旱、涝、风、冻、霜、雹等自然灾害,给农业生产带来不利影响。

1.2 研究数据

降水量的实验数据主要选取安徽省 66 个气象站以及邻近省的 75 个气象站 30 a 平均年降水量的观察数据,其中随机选取安徽省 20(30%) 个气象站作为检测站,其余的 121 个作为实验站点(见图 1)。

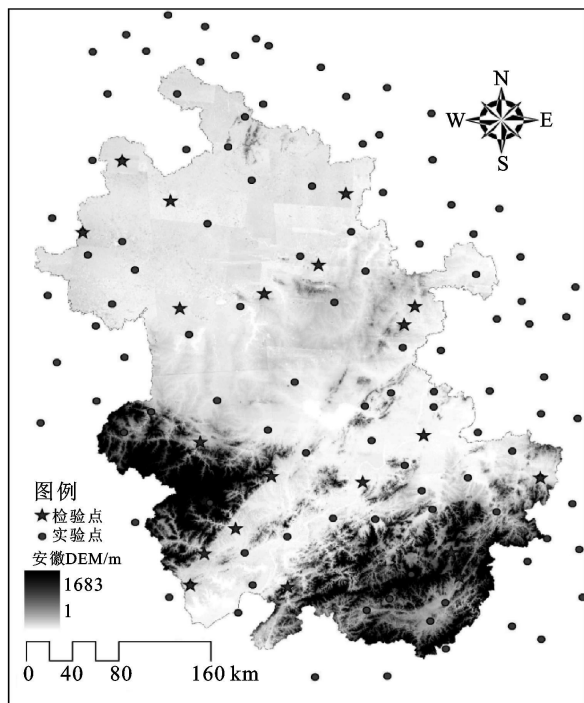


图 1 安徽省及邻近省份气象站点分布

1.3 研究方法

1.3.1 空间插值 气象观测资料作为一种空间数据,具有一般空间数据所具有的特点,蕴含着复杂的非线性动力学机制,在时空分布上具有纷杂多变的时空特征。因而要把这种离散的、不规则的观测资料转换成规则的,可以成为数值模拟的初始场,或用于模式检验的气候场以及其他诊断分析所用的规则网格点资料,这对于气候的模拟预测和诊断分析至关重要。然而由于观测台站的空间分布很不规则,要把这种不规则的数据转换成规则的网格数据,就需要利用特定区域已知的离散观测数据来估计规则格点上的非观测数据^[10]。

1.3.2 空间内插方法 空间数据的插值是在一组已知空间数据中找到一个函数关系式,使该关系式最好逼近已知的空间数据,并能根据该函数关系式推求出区域范围内其它任意点或任意分区的值。空间位置上越靠近的点,越可能具有相似的特征值。而距离越远的点,其特征值相似的可能性越小,这是空间插值

技术最基本的理论假设,在此基础上形成了各种各样的空间插值方法。如:反距离加权法(IDW)、多项式拟合法(GP、LP)、径向基函数法(RBF)、克里金法(Kriging)、协克里金法(Cokriging)等^[10-13]。

反距离加权法是 20 世纪 60 年代末提出的计算区域平均降水量的一种方法,是最常用的空间内插方法之一。其基本思想为,与未采样点距离最近的若干点对为采样点值的贡献最大,其贡献与距离成反比,此种方法简单易行,但缺点是易受极值的影响,出现“牛眼”现象。

径向基函数是使用函数(如样条函数)逼近曲面的一种方法。相比其它的空间插值方法其具有以下特点:不需要对空间方差的结构做预先估计;不需要做统计假设,而这些假设往往是难以估计和验证;同时,当表面很平滑时,也不牺牲精度。

多项式拟合法是依据某种地理属性在空间的连续变化,用一个平滑的数学平面加以描述。思路是先用已知采样数据拟合出一个平滑的数学平面方程,再根据该方程计算无测量值的点上的数据。根据作用范围不同,分为全局多项式法与局部多项式法。

克里金方法最早是由法国地理数学家 Georges Matheron 和南非矿山工程师 D. G. Krige 提出的优化插值方法,用于矿山勘探。这种方法充分吸收了地理统计的思想,认为任何在空间连续性变化的属性是非常不规则的,不能用于简单的平滑数学函数进行模拟,可以用随机表面给予较恰当的描述。所以克里金插值方法的区域性变量理论假设任何变量的空间变化都是可以表示为下述三个部分之和:与恒定均值或趋势有关的结构性成分;与空间变化有关的随机变量,即区域性变量;与空间无关的随机噪声项或剩余误差项。

Hevesi 等研究表明,年平均降水量与高程的相关系数达到 0.75。因此,采用协克里金方法并将高程作为第二影响因素引入降水量空间插值是提高估算精度的一种途径。对多个具有空间相关性的空间变量进行估计的克里金方法,可归类为协克里金方法。借助这类方法,可以利用几个空间变量之间的相关性,对其中一个变量或多个变量进行空间估计,以提高估计的精度和合理性。

1.4 不同插值方法的实现

利用 ArcGIS 的地统计空间分析方法,分别以反距离加权法(IDW)、径向基函数法(RBF)、局部拟合法(LP)、全局拟合法(GP)、克里金法(Kriging)、协克里金法(Cokriging)对安徽省年降水量进行空间插值分析(见图 2)。

2 结果与分析

2.1 精度检验

为了能够对以上各种方法的空间插值精度效果进行比较,使其更具有可比性,本文使用平均相对误差(MRE)和平均绝对误差(MAE)进行精度比较,主要是通过预留站点的直接检验与实验站点的交叉检验来评估各种方法的优劣。MRE、MAE 能反映不同

数据量或不同要素的误差相对值,定性地给出误差范围,效果比较直观。其表达式如下:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_{ai} - P_{\hat{x}}|$$

$$MRE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P_{ai} - P_{\hat{x}}}{P_{ai}} \right| \times 100\%$$

式中: n ——检验站点的数目; P_{ai} ——实测值; $P_{\hat{x}}$ ——估算值。MRE、MAE 值越小表明插值效果越好(见表 1)。

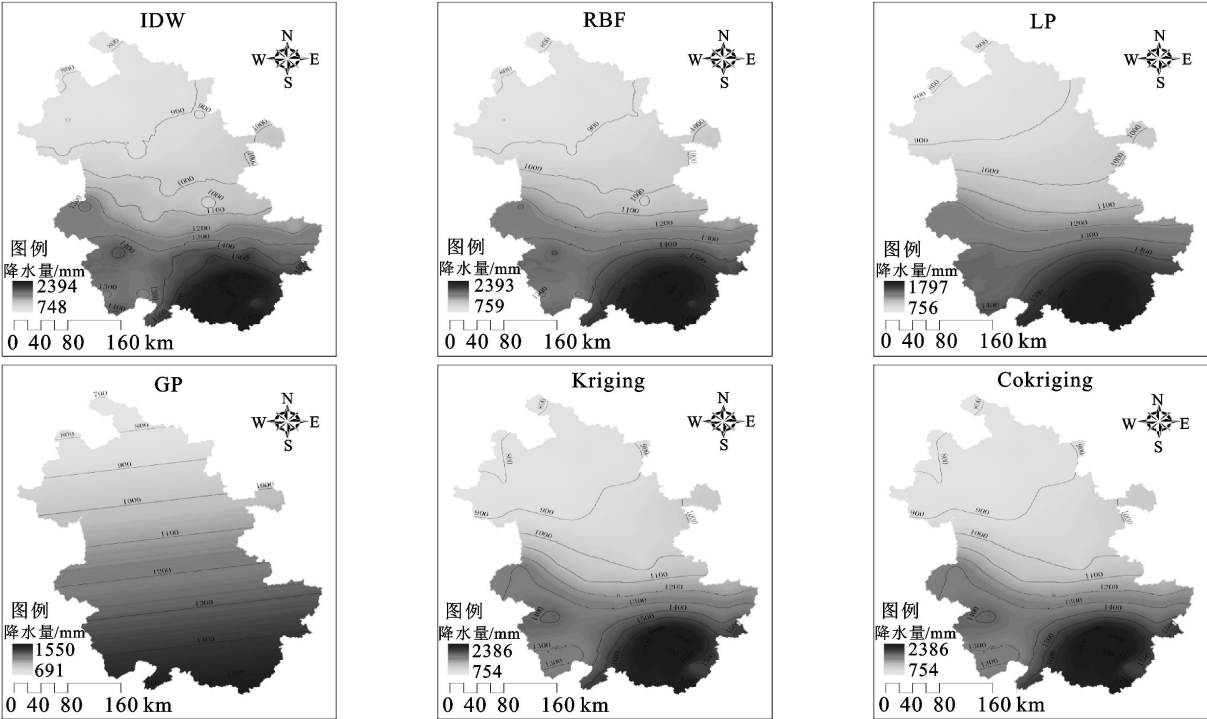


图 2 不同空间插值方法对安徽省年降水量的空间化
表 1 不同空间插值模型的精度比较

检验方式	误差标准	IDW	RBF	GP	LP	Kriging	Cokriging
直接检验	MAE	51.43	47.32	66.05	46.93	58.88	58.9
	MRE	4.00	3.70	6.00	3.70	4.50	4.5
交叉检验	MAE	59.53	58.76	100.54	60.89	59.62	59.8
	MRE	4.70	4.60	8.60	4.70	4.60	4.6

从表 1 可以看出,全局拟合法不管是直接检验还是交叉检验其对研究区的估算误差较大,特别是交叉检验中的平均绝对误差较大,主要原因是全局拟合法主要是考虑了研究区的整体性,却在局部区域拟合精度不高所致。就局部拟合法来看,直接检验的平均绝对误差与平均相对误差都相对较小,但是,其交叉检验的平均绝对误差相对较大,特别在高值区估算效果不佳(见图 2-LP)。地统计学中的克里金法与此同时协同克里金法从直接检验与交叉检验来看,其估算精度相差不大。相比之下,基于空间距离加权的反距离权重法其估算精度在整体上要优于地统计学的克里金法与协同克里金法。从整体来看,径向基函数法

估算误差较小,优于其它五种方法。因此,综合分析得出安徽省降水量的空间插值方法误差顺序为: RBF < IDW < Kriging < Cokriging < LP < GP。从局部来看,平原地区,各种空间插值的估算精度相差不大,整体表现出较好的效果,但在山区,整体估算精度较差。

2.2 安徽省降水量空间分布特征分析

由于季风环流与地形因素的影响,安徽省降水量空间分布由南向北呈现明显递减的分布规律,长江以南降水量较大,在 1 400 mm 以上,黄山的莲花峰一带达到了最高值,为 2 393 mm。江淮地区年降水量为 900~1 400 mm。淮河以北降水量较低,800 mm 等降水线分布在砀山中北部,其他区域基本在 800~

900 mm。作为南北分界线的淮河流域安徽段与 900 mm 等降水量线极为一致。

3 结 论

(1) 空间内插方法是研究区域变量空间分布的基本方法, 各种方法都有其特定假设、适用范围、算法和优缺点, 综合分析得出安徽省降水量的空间插值方法误差顺序为: RBF < IDW < Kriging < Cokriging < LP < GP。

(2) 安徽省降水量空间分布由南向北呈现明显递减的分布规律, 长江以南降水量较大, 在 1 400 mm 以上, 黄山的莲花峰一带达到了最高值, 为 2 393 mm。江淮地区年降水量为 900~ 1 400 mm。淮河以北降水量较低, 为 800~ 900 mm。作为南北分界线的淮河流域安徽段与 900 mm 等降水量线极为一致。

参考文献:

- [1] 朱会义, 贾绍凤. 降水信息空间插值的不确定性分析[J]. 地理科学进展, 2004, 23(2): 34-41.
- [2] 梁天刚, 沈正虎, 戴若兰, 等. 集水区径流资源空间变化的模拟和分析[J]. 兰州大学学报, 1999, 35(4): 83-89.
- [3] Singh V P, Birsoy Y K. Comparison of the methods of estimating mean areal rainfall[J]. Nordic hydrology, 1975, 6(4): 222-241.

(上接第 182 页)

- [6] 王声跃. 云南地理[M]. 昆明: 云南民族出版社, 2002: 46-48.
- [7] 陈隆勋, 朱乾根, 罗会邦, 等. 东亚季风[M]. 北京: 气象出版社, 1991: 49-60.
- [8] 解明恩, 陶云. 云南雨季开始的大雨过程研究[J]. 热带气象学报, 2004, 20(6): 662-672.
- [9] 强学民, 琚建华, 张浩瀚. 云南夏季风演变诊断分析[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 1998, 20(1): 75-79.
- [10] 梁小军, 江洪, 朱求安, 等. 岷江上游流域不同土地利用与气候变化的径流响应研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(5): 30-33.
- [11] 刘瑜, 陶云. 云南雨季开始期标准的再研究[J]. 云南气象, 2004(2): 11-13.
- [12] 刘瑜, 赵尔旭, 黄玮, 等. 初夏孟加拉湾低压与云南雨季开始期[J]. 高原气象, 2007, 26(3): 572-578.
- [13] 王裁云. 影响云南 5 月雨季开始的天气原因分析[C]// 全国热带夏季风会议文集. 昆明: 云南人民出版社, 1983: 189-197.
- [14] Daly C, Gibson W P, Hamnaway D, et al. Development of new climate and plant adaptation maps for Chi-

- [4] Whitmore J S, Van Efden F J, Harvey K J. Assessment of average annual rainfall over large catchments[C]. Inter African Conference on Hydrology, C. C. T. A., 1961, 61: 100-107.
- [5] 林忠辉, 莫兴国, 李宏轩. 中国陆地区域气象要素的空间插值[J]. 地理学报, 2002, 5(1): 47-56.
- [6] 穆兴民, 陈国良. 黄土高原降水与地理因素的空间结构趋势面分析[J]. 干旱区地理, 1993, 16(2): 71-76.
- [7] 谭启后, 褚友余. 甘肃省干旱半干旱地区降水的研究[J]. 干旱区资源与环境, 1991, 5(2): 50-59.
- [8] 王菱. 华北山区年降水量的推算和分布特征[J]. 地理学报, 1996, 51(2): 164-171.
- [9] 冯锦明, 赵天保, 张英娟. 基于台站降雨资料对不同空间内插方法的比较[J]. 气候与环境研究, 2004, 2(9): 261-277.
- [10] 蔡福, 于贵瑞, 祝青林, 等. 气象要素空间化方法精度的比较研究[J]. 资源科学, 2005, 27(5): 173-179.
- [11] 侯景儒, 黄竞先. 地质统计学的理论与方法[M]. 北京: 地质出版社, 1990: 69-78.
- [12] Dirks K N, Hayl E, Stow C D, et al. High-resolution studies of rainfall on Norfolk Island. Part II: interpolation of rainfall data[J]. J. Hydrol., 1998, 208(3/4): 187-193.
- [13] 李军龙, 张剑, 张丛, 等. 气象要素空间插值方法的比较分析[J]. 草业科学, 2006, 23(8): 6-11.

- na[C]// Proceedings, 12th Conference on Applied Climatology. Asheville: American Meteorological Society, 2000: 62-65.
- [15] Hao C Y, Dai E F, Wu S H, et al. Research on Barrier function and temporal and spatial heterogeneity of vegetation in the southern of LRGR[J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(s): 143-153.
- [16] Lu J M, Zhang Q Y, Tao S Y, et al. The onset and advance of the Asian summer monsoon[J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(1): 80-88.
- [17] 矛懋, 郭品文, 郭准. 南海夏季风与印度夏季风爆发早晚的年际差异[J]. 南京气象学院学报, 2009, 32(1): 64-70.
- [18] 吴国雄, 张永生. 青藏高原的热力和机械强迫作用以及亚洲季风的爆发. I: 爆发地点[J]. 大气科学, 1998, 22(6): 825-838.
- [19] 何金海, 丁一汇, 高辉, 等. 南海夏季风建立日期的确定于季风指数[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 118-119.
- [20] 张东凌, 何卷雄. 南亚夏季风爆发的统计动力分析[J]. 气候与环境学报, 2005, 10(3): 366-376.