

蒋荣群,庞传伟,王潇.贺州市丘陵区降雨量的空间插值方法比较[J].气象研究与应用,2023,44(3):39–42.

JIANG Rongqun,PANG Chuanwei,WANG Xiao. Comparison of spatial interpolation methods for rainfall in hilly areas of Hezhou[J].

Journal of Meteorological Research and Application,2023,44(3):39–42.

贺州市丘陵区降雨量的空间插值方法比较

蒋荣群¹, 庞传伟^{2*}, 王 潇³

(1.钟山县气象局, 广西 钟山 542600; 2.恭城县气象局, 广西 恭城 542500; 3.贺州市气象局, 广西 贺州 542800)

摘要:以 2012—2021 年贺州市 113 个自动气象站年平均降雨量数据为基础,基于 GIS 技术,选取反距离权重插值方法(IDW)、普通克里金插值方法(OK)、协同克里金插值方法(CK)、径向基函数插值方法(RBF)、局部多项式插值方法(LPI)和经验贝叶斯克里金插值方法(EBK),分别对贺州市多年年平均降雨量进行空间插值,对插值结果进行交叉检验和误差分析。结果表明,在考虑贺州市多年年平均降雨量的上下限和空间分布特征,局部多项式插值方法(LPI)插值效果最好,能较为真实地表现贺州市多年年平均降雨量空间分布特征。贺州市多年年平均降雨量的分布特点为自东北向西南逐渐增多,受地形地貌影响,其年平均降雨量最大值主要位于贺州市昭平县。

关键词:空间插值;丘陵地区;降雨量;交叉验证

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.3.07

目前,我国的自动气象站站点分布不均匀,空间观测密度不足以满足日常的气象服务要求,因此需要对气温、相对湿度、降水等气象要素进行空间插值得到较高空间精度的要素分布图。不同的空间插值方法对气象要素的插值效果表现差异较大,刘智勇等^[1]对榆林市 35 个站点的多年年平均降雨量进行空间插值计算,结果表明协同克里金插值方法效果最好,因其考虑了地形因素,所以能较为真实地反映榆林市降水空间分布特征。赵冰雪等^[2]选取安徽省 80 个自动气象站数据,进行气温和降雨量的空间插值检验,结果表明提取纬度和高程信息作为协同因子的协同克里金插值方法(CK)插值效果最好。刘焱焱^[3]的研究表明反距离权重插值在平均气温距平插值中效果最好。武鹏飞等^[4]对新疆 66 个国家气象站历年平均气温进行空间插值方法比较,结果表明通过多元回归和残差反距离权重插值订正得到的插值结果最好。刘祥等^[5]对重庆地区 35 个国家气象站逐日降水资料进行插值比较,结果表明在平均累计降水中,最小曲率插值法整体表现最稳定。

相同地区,不同的气象要素插值宜选用不同的

方法;对于同一气象要素,也没有一种空间插值方法是适用于所有地区的。因此,本文以贺州市为研究区域,对比分析不同插值方法在贺州市年平均降雨量空间插值中的优劣,并利用交叉验证法对插值结果进行检验和误差分析,得到较为真实的贺州市多年年平均降雨量空间分布图,为区域农业生产及气候要素评价提供一定的参考。

1 数据来源

贺州市位于广西壮族自治区东部丘陵地区,地理位置位于 111°05'E~112°03'E,23°39'N~25°09'N,地势北高南低,境内最高峰为富川北城镇西南的北卡顶,海拔 1800 m 以上,山岭绵延,丘陵起伏,随处可见山地,平原较少,地形地貌复杂,受其影响,降水等气象要素空间差异性较大。本文运用的数据包括贺州市 113 个自动气象站(其中包括 1 个国家基本气象站,3 个国家一般气象站)2012 至 2021 年的年平均降雨量数据资料和贺州市 1:5 万(30 m×30 m)的 DEM 高程模型。

收稿日期:2022-12-01

基金项目:广西气象科研计划项目(桂气科 2023M19)

第一作者简介:蒋荣群(1992—),女,工程师,从事县级综合气象业务。E-mail:3287690659@qq.com

* 通讯作者:庞传伟(1986—),男,工程师,从事县级综合气象业务。E-mail:737306682@qq.com

2 空间插值与检验方法

2.1 空间插值方法

空间插值^[6]是指将离散分布的点数据转换为连续的曲面数据。本文选取反距离权重插值方法(IDW)、普通克里金插值方法(OK)、协同克里金插值方法(CK)、径向基函数插值方法(RBF)、局部多项式插值方法(LPI)和经验贝叶斯克里金插值(EBK)共6种空间插值方法,分析评估各种方法在贺州市年平均降雨量气候值模拟上的优劣。空间插值方法分为两类,一类是确定性方法,它是基于信息点之间的相似程度或整个曲面的光滑性来创建一个拟合曲面,例如IDW;另一类是地质统计学方法,它是利用样本点的统计规律,使样本之间的空间自相关性量化,从而在待预测的点周围构建样本点的空间结构模型^[6]。

2.2 误差检验方法

本文采用交叉验证法^[7]评估所选取的6种插值方法在贺州市年平均降雨量空间插值中的优劣。首先选取一部分样本站点数据进行空间插值运算,得到栅格预测值,然后将剩余的部分站点数据真实值与对应栅格的预测值进行比较,最后选用平均绝对误差(MAE)、平均相对误差(MRE)和均方根误差(RMSE)作为指标进行检验与误差分析^[8-9],指标具体计算公式如下:

$$MAE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n|p_i^*-p_i| \tag{1}$$

$$MRE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n\left|\frac{p_i^*-p_i}{p_i}\right|\times 100\% \tag{2}$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n(p_i^*-p_i)^2}{n}} \tag{3}$$

式中, p_i^* 为栅格预测值, p_i 为站点真实值。 MAE 、 MRE 和 $RMSE$ 值越小,表示栅格预测值与真实值之间误差越小、精度越高,预测效果就越好,插值结果越接近于真实降雨量空间分布。本文在贺州市113个自动气象站中,在满足整体分布较为均匀且涵盖丘陵、山区、平原等多种地形的条件下,按照15%的比例随机抽取检验站点,剩余85%的站点(即96个站点)作为插值站点进行插值建模,计算栅格预测值。检验站点与插值站点的空间分布如图1所示。

2.3 上下限检验

将不同插值方法得到的格点上的最大值、最小

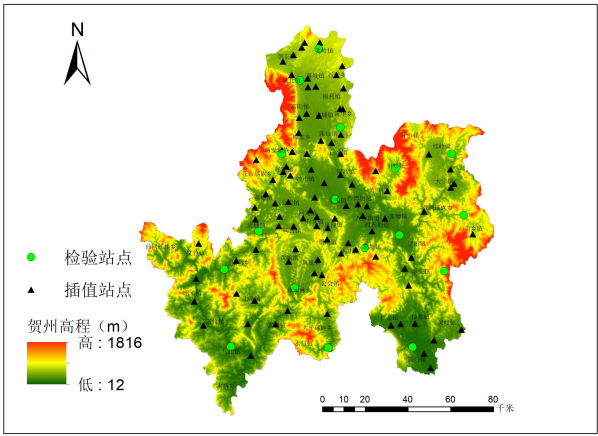


图1 贺州市气象站点空间分布图

值与真实站点的上下限进行比较,在满足一定误差要求的情况下,插值得到的数值范围应尽可能地包含真实站点值的数值范围和上下限,才能合理地反映真实的空间分布特征。

3 结果与分析

3.1 插值结果与检验

运用IDW、OK、CK、RBF、LPI和EBK共6种空间插值方法分别对贺州市十年年平均降雨量进行空间插值,并根据交叉验证的指标公式进行计算,得到不同插值方法的 MAE 、 MRE 和 $RMSE$ 结果(表1),其中CK插值的协同因子包括地形高程和地形坡度。

表1 不同空间插值方法的交叉验证结果

指标	IDW	OK	CK	RBF	LPI	EBK
MAE	127.39	113.38	121.53	132.04	121.23	124.68
MRE	7.01%	6.28%	6.77%	7.30%	6.77%	6.92%
RMSE	164.33	140.25	145.87	167.03	144.84	151.20

由表1可以看出,年平均降雨量的 MAE 和 $RMSE$ 误差排序均为:OK<LPI<CK<EBK<IDW<RBF,而 MRE 排序为OK<LPI=CK<EBK<IDW<RBF,这说明在贺州市十年年平均降雨量空间插值中,OK的误差最小,预测效果最好,其次是LPI和CK,RBF效果最差,IDW次之。然而,通过比较6种插值方法得到的模拟降雨量数据的范围(表2),OK的模拟数据取值范围最小,下限值为1556.6mm,无法表现出贺州市年平均降雨量小于1500mm的少雨区,不足以表现贺州市复杂地形地貌的降雨量空间分布特征。IDW的模拟数据取值范围与真实值一致,RBF

的模拟数据取值范围略超出真实值, IDW 和 RBF 的 MAE 、 MRE 、 $RMSE$ 最大, 误差最大。CK、LPI 和 EBK 的模拟数据取值范围比较接近, 与真实值相差不大, MRE 在 6.77 至 6.92 之间。综合考虑 6 种模拟结果的统计检验意义和贺州市多年年平均降雨量气候分

布特征, 发现 6 种插值方法中, 局部多项式插值方法 (LPI) 插值效果最好, 较为真实地表现了贺州市多年年平均降雨量空间分布特征, 其次是协同克里金插值方法 (CK), 最后是经验贝叶斯克里金插值 (EBK)。

表 2 不同插值方法得到的模拟降雨量数据取值范围 (单位: mm)

	IDW	OK	CK	RBF	LPI	EBK	真实值
下限	1335.8	1556.6	1463.9	1335.7	1200.7	1385.8	1335.8
上限	2245.9	2015.3	2128.1	2246.0	2149.2	2204.0	2245.9

3.2 基于插值结果的降水分布特征分析

通过对 96 个自动气象站的年平均降雨量数据分别采用 6 种空间插值方法得到的贺州市十年年平均降雨量空间分布图 (图 2), 贺州市多年年平均降雨量 1335~2246 mm, 全市平均年降雨量为 1724.1 mm, 年平均降雨量分布具有明显的空间差异性, 自东北向西南逐渐增多, 最大降雨量值出现在昭平县国家气象观测站, 为 2245.9 mm, 多年年平均降雨量在 2000 mm 以上的区域主要分布在贺州西南部的昭平镇、五将镇、北陀镇、文竹镇、走马乡、清塘镇, 这些乡镇除清塘镇以外全部隶属昭平县, 昭平县是广西的暴雨中心之一, 其位于大瑶山东侧, 从东路影响广西的冷空气与暖湿气流常在这一带交绥, 而对于

暖湿的东南气流来说, 又是迎风坡, 所以昭平县成了贺州乃至广西的暴雨中心^[10-11]。贺州市多年年平均降雨量次大值区 (1800~2000 mm) 主要包括富川县朝东镇、富阳镇、柳家乡、钟山县两安乡, 其位于大面山到大涌山一带的都庞岭山脉东侧, 东南暖湿气流与从北路影响贺州市的冷空气在此处交汇, 对于暖湿气流又属于迎风坡, 有利于气流爬升, 在此地形作用下, 这一带区域为贺州市的降雨量次大值区。贺州市多年年平均降雨量低值区主要位于钟山县公安镇, 其多年年平均降雨量小于 1400 mm。

4 结论

(1) 利用 6 种空间插值方法对贺州市 96 个自动

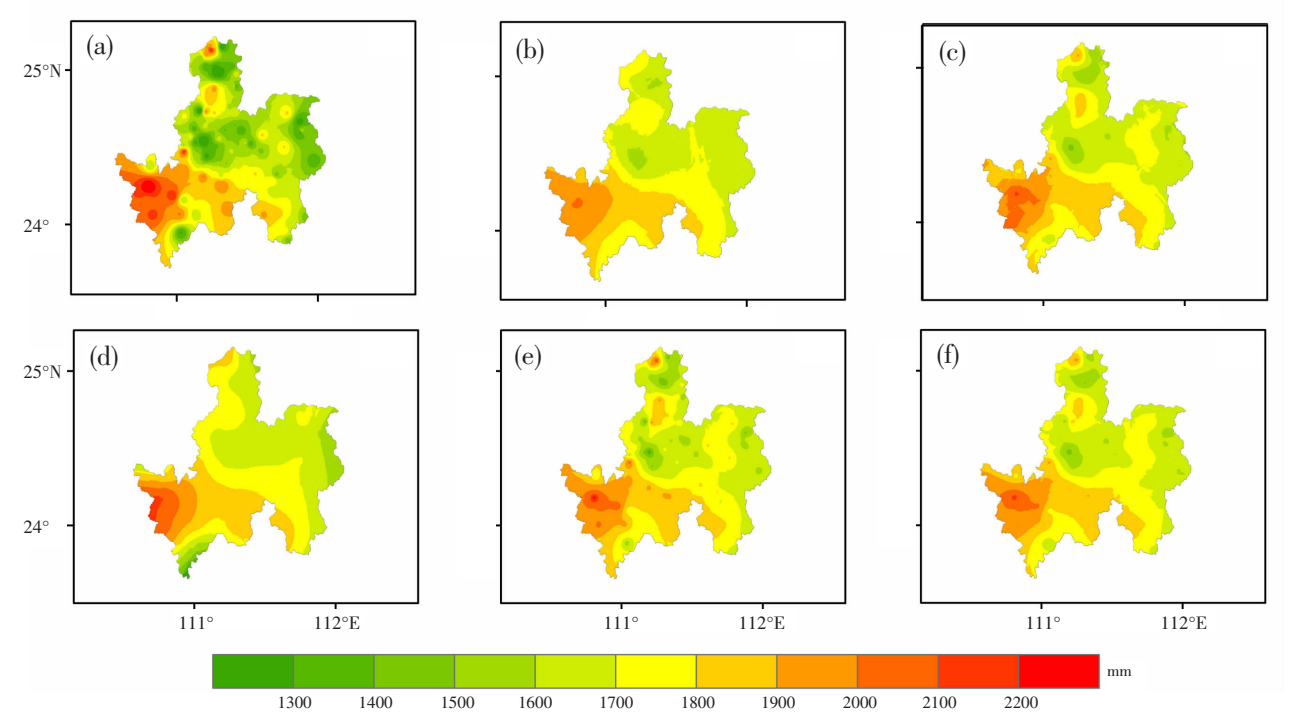


图 2 不同插值方法得到的贺州市十年年平均降雨量空间分布
(a)IDW;(b)OK;(c)CK;(d)LPI;(e)RBF;(f)EBK

气象站年平均降雨量进行空间插值, 经过统计检验和误差分析发现, 普通克里金插值方法(OK)的误差最小, 但其插值得到的模拟数据取值较为均匀, 范围较小, 不能充分表现贺州市复杂地形地貌的降雨量空间分布特征。在综合考虑统计检验意义、误差分析以及气候空间差异性的特点, 发现在 6 种空间插值方法中, 局部多项式插值方法(LPI)得到的插值误差相对较小且能反映贺州市降雨量的上下限范围, 效果最好, 较为真实地表现了贺州市多年年平均降雨量空间分布特征, 其次是协同克里金插值方法(CK), 最后是经验贝叶斯克里金插值(EBK)。

(2)通过 6 种空间插值方法得到的贺州市多年年平均降雨量空间分布图发现, 贺州市多年年平均降雨量的分布特点是自东北向西南逐渐增多的, 受当地地形地貌的影响, 贺州市多年年平均降雨量大值区主要分布在大瑶山东侧的昭平镇、五将镇、北陀镇、文竹镇、走马乡、清塘镇一带, 次大值区主要分布在都庞岭山脉东侧的富川县朝东镇、富阳镇、柳家乡、钟山县两安乡一带。

参考文献:

- [1] 刘智勇, 张鑫, 方睿红. 基于 DEM 的榆林市降水空间插值方法分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(7): 227-234.
- [2] 赵冰雪, 王雷, 程东亚. 安徽省气象数据空间插值方法比较与分布特征[J]. 水土保持研究, 2017, 24(3): 141-145.
- [3] 刘焱焱. 气象要素插值的空间化精度提高方法研究[J]. 气象科技, 2017, 37(2): 278-282.
- [4] 武鹏飞, 张钧泳, 谭娇, 等. 基于 DEM 修订的新疆区域气温空间插值精度优化研究[J]. 沙漠与绿洲气象, 2019, 13(2): 108-114.
- [5] 刘祥, 庞玥, 何军, 等. 不同空间插值方法对重庆地区降水的适用性分析[J]. 高原山地气象研究, 2022, 42(2): 75-81.
- [6] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 363-421.
- [7] 孔令娜, 向南平. 基于 ArcGIS 的降雨量空间插值方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(3): 123-126.
- [8] 何鹏, 张媛, 高文波, 等. 四川省多年平均气温数据空间插值方法与影响因素研究[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(9): 114-124.
- [9] 张莉莉, 陶忠良, 张京红. 基于 GIS 海南岛气象要素空间插值法比较分析[J]. 热带农业科学, 2012, 32(4): 57-61, 66.
- [10] 《广西天气预报技术与方法》编写组. 广西天气预报技术与方法[M]. 北京: 气象出版社, 2012: 26.
- [11] 覃卫坚, 苗春生, 陈丽, 等. EOF 在广西春季降水分析中的应用[J]. 气象研究与应用, 2007, 28(2): 42-45.

Comparison of spatial interpolation methods for rainfall in hilly areas of Hezhou

JIANG Rongqun¹, PANG Chuanwei², WANG Xiao³

(1. Zhongshan Meteorological Bureau, Guangxi Zhongshan 542600, China; 2. Gongcheng Meteorological Bureau, Guangxi Gongcheng 542500, China; 3. Hezhou Meteorological Bureau, Guangxi Hezhou 542800, China)

Abstract: Based on annual average rainfall data from 113 automatic weather stations in Hezhou City from 2012 to 2021, the inverse distance weight interpolation(IDW), ordinary kriging interpolation(OK), cooperative kriging interpolation(CK), radial basis function interpolation(RBF), local polynomial interpolation(LPI) and empirical Bayesian kriging interpolation(EBK) are selected for spatial interpolation of average annual rainfall in Hezhou City by using GIS methods, respectively, and the interpolation results are cross-checked and analyzed for errors. The results show that the local polynomial interpolation(LPI) is the most effective interpolation method, which can truly represent the spatial distribution characteristics of the annual average rainfall in Hezhou, taking into account the upper and lower limits of the annual average rainfall in Hezhou and the spatial distribution characteristics. The distribution of the annual average rainfall in Hezhou City is characterized by a gradual increase from northeast to southwest, and the maximum annual average rainfall is mainly located in Zhaoping County, Hezhou City, due to the influence of topography and geomorphology.

Key words: spatial interpolation, hilly area, rainfall, cross-validation