

基于 GIS 的新疆降水空间插值方法分析*

何 葵^{1,2,3}, 傅德平^{1,2,3}, 赵志敏¹, 苏 静¹, 吕光辉^{1,2,3}

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆绿洲生态重点实验室, 乌鲁木齐 830046; 3. 干旱半干旱可持续发展国际研究中心, 乌鲁木齐 830046)

摘 要:随着空间降水信息需求的日益增加, 降水的空间插值已被广泛应用, 而不同的插值方法因不同的地区和研究目的产生不同的效果。采用新疆 18 个国家基本站点 1957 - 2000 年的日平均降水数据, 应用地信软件 ArcGIS 中的地统计学模块进行空间降水插值实验, 分别采用反距离加权法和克里格方法探讨了新疆降水的空间分布, 分析发现: 两种插值方法在分析区域降水空间分布方面各有优缺点, 在整体分析上, 克里格插值法要优于反距离加权法, 但在局部地区的分析上, 反距离加权法插值结果较为理想。

关键词:空间插值; 降水; 地统计学; 新疆

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)06-0035-03

Analysis of Spatial Interpolation Methods to Precipitation Based on GIS in Xinjiang

HE Yan^{1,2,3}, FU De-ping^{1,2,3}, ZHAO Zhi-min¹, SU Jing¹, L Ü Guang-hui^{1,2,3}

(1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 2. Xinjiang Key Laboratory of Oasis Ecology, Urumqi 830046, China; 3. International Center for Desert Affairs-Research for Sustainable Development in Semi-Arid and Arid Land, Urumqi 830046, China)

Abstract: With the increasing needs for spatial precipitation information, spatial interpolation method of precipitation is widely used. Different precipitation interpolation methods for different study areas and study aims will have different results. Taking daily average precipitation data from 1957 to 2000 of country basic stations in Xinjiang, using the geo-statistical model of ArcGIS to investigation spatial interpolation is carried. The result show that the two methods have their good and bad aspect respectively. Further, the result of Kriging method is more perfect in the whole analysis, but the IDW method is better in the partial analysis.

Key words: spatial interpolation; precipitation; geo-statistical; Xinjiang

空间化的降水信息对于区域水文、水资源分析以及区域水资源管理、旱涝灾害管理、生态环境治理等都具有重要意义^[1-2]。对于降水空间分布特征的研究, 研究方法从多元回归分析、经典的统计分析发展到地统计分析, 已经有学者将不同方法应用于不同研究区^[3-8]。目前, 降水数据一般来自于有限的气象站点观测, 进而插值生成连续分布的空间信息。根据已知气象数据对未知点进行插值预测是 20 世纪以来的地理科学研究的一个热点^[9-10]。现在用于降水资料空间插值的方法有多种^[11], 主要有克里格 (Kriging) 插值法、泰森多边形法 (Thiessen Polygons)、反距离加权法 (Inverse Distance Weight, IDW) 和样条法 (Splines) 等^[12]。研究区域和时间尺度的不同决定选用的插值方法及模型不同, 即使是同一种插值方法, 应用于不同的研究区域, 所取得的结果也不同, 不同的方法插值结果差别也很大。如何根据数据与区域的特征选择最优的插值方法一直是地学研究的一个难题。该文采用克里格方法和反距离加权法对比择优的方法来研究新疆的降水空间变化, 并试图揭示其降水的空间变化规律。

1 研究区概况

新疆位于 73°24'41" E - 96°25' E, 34°15' - 49°10'45" N, 面积 1.66 × 10⁶ km², 约占全国面积的 1/6。地形比较复杂, 有山脉与盆地相间排列, 盆地被高山环抱的特点, 俗称“三山夹两盆”。北为阿尔泰山, 最高海拔 4 373 m, 南为昆仑山, 最高海拔 8 611 m, 天山横亘中部, 最高海拔 7 455 m, 把新疆分为南北两半, 南部是塔里木盆地, 北部是准噶尔盆地。新疆东部有吐鲁番盆地, 最低点 - 15.4 m, 是中国海拔最低的地方。由于新疆深居内陆, 环列的高山阻挡了来自海洋的水汽, 决定了新疆属于典型的温带大陆性干旱气候, 气温变化大, 降水量少、空气干燥。新疆年平均降水量 150 mm, 但各地降水量又相差很大。南疆的且末, 若羌年平均降水量仅约几十毫米, 为全国降水量最少的地区。

由于新疆地域广大, 地形复杂多样, 又处于干旱少雨的地区, 因此定量研究新疆降水的空间分布情况, 揭示其分布规律具有重要的意义。

* 收稿日期: 2008-01-25

基金项目: 基于 AMSR-E 和 MODIS 数据的新疆土壤湿度研究 (XJ EDU2005106)

作者简介: 何葵 (1981 -), 男, 河南周口市人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为生态学。E-mail: hyqqlove@126.com

通信作者: 吕光辉 (1963 -), 男, 博士, 教授, 主要从事绿洲生态研究。E-mail: LER@xju.edu.cn

2 资料来源与研究方法

2.1 数据来源和站点分布

数据主要来自新疆 18 个国家基本气象站点,数据内容为 1957 - 2000 年各站点齐全的日降水数据以及各气象站点的经度、纬度。由于各站点均为国家基本站点,所以具有一定代表性,气象站点分布如图 1 所示。通过对气象站点原始数据的转化,求出各点的年平均降水,并对其进行准确性验证,然后用于插值模型。

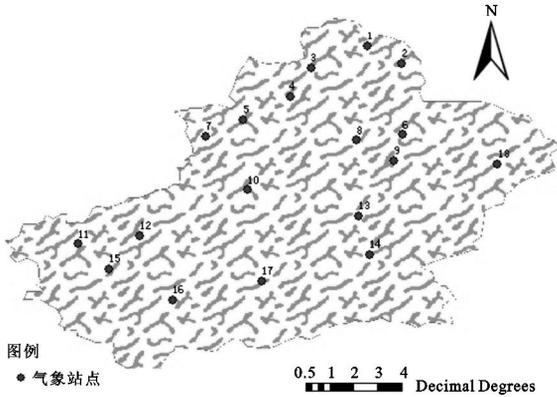


图 1 新疆站点分布图

2.2 插值方法

降水资料的实际观测值只能在数目有限、具有代表性的站点上获得。如何将这些点上同一时间内实测的定量指标信息外推到整个研究区域,国内外已进行了大量的研究,并总结出了多种方法^[13-15]。用地统计方法结合 GIS 平台对数据进行空间变异性分析并进行差异性比较。由于影响降水的因素是多方面的,本文在空间插值的实现上主要采用反距离加权法和克里格插值法对空间降水进行模拟,并对这两种方法进行对比分析。

克里格内插法 (Kriging) 是最常用的空间内插方法之一。具体分为两步:第一步是对空间场进行结构分析;第二步是在该模型的基础上进行克里格计算。Matheron 给出了克里格法的一般公式:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (1)$$

式中: $z(x_i)$ ——观测值,它们分别位于区域内 x_i 位置; x_0 ——观测的待估值点; λ_i ——加权系数; n ——已知的观测点总数。Kriging 法是根据无偏估计和方差最小来确定加权系数 λ_i ,即

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (2)$$

选取 λ_i ,使 $Z(x_0)$ 的估计无偏,并且使方差 e^2 小于任意观测值线性组合的方差。联合求解式(1)、(2),即可知待估值点 x_0 的值 $z(x_0)$ 。

克里格法以空间结构分析为基础进行估值,因此该法充分利用了数据空间场的性质,在插值过程中可以反映空间场的各种向异性,并且充分利用数据点之间的空间相关性,自动识别样品点的空间分布。插值结果如图 2。

反距离加权法也是常用的内插方法。其表示公式为

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{(D_i)^p} Z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{(D_i)^p}} \quad (3)$$

式中: Z ——估计值; Z_i ——第 i 个样本的数值 ($i = 1, \dots, n$); D_i ——距离; p ——距离的幂,其显著影响内插的结果,它的选择标准是最小平均绝对误差。

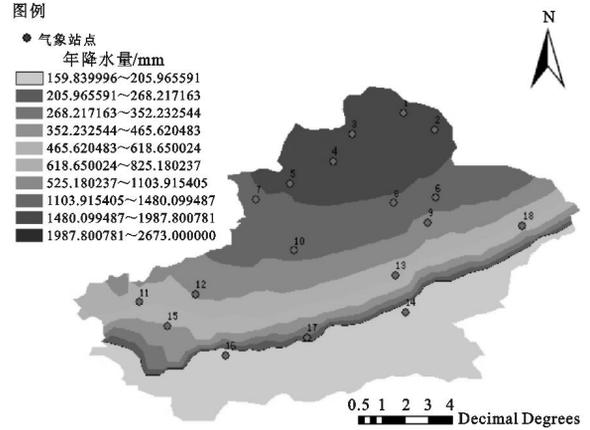


图 2 克里格插值降水量空间分布图

反距离插值的原理是根据采样点周围数值随着其到采样点距离的变化而变化,并且是呈反相关,也就是距离采样点越近其数值和采样点的数值越相近。经过对插值数据的模拟和对比,最终选择球状模型作为降水的空间预测模型(图 3)

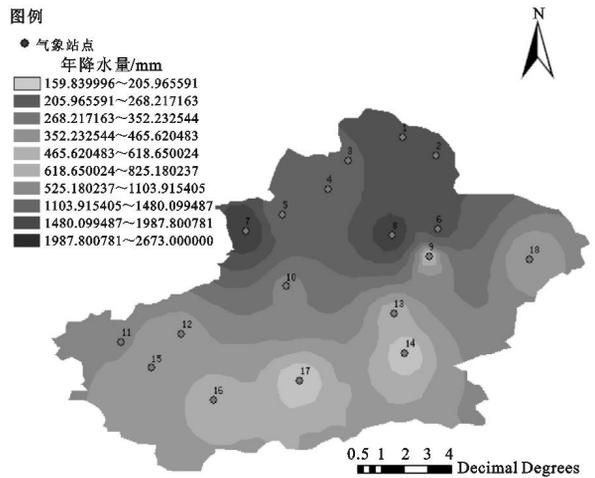


图 3 反距离加权插值降水量空间分布图

3 插值结果比较

分别以全疆 18 站点的多年年均降水量为指标,对其进行降水量空间插值分析,降水空间分布图见图 2 和图 3。对比发现反距离加权法与克里格法得出的结果有所不同,故采用交叉验证法来验证插值的效果,在空间插值所得到的降水量分布图上可以读出相应检验站点的预测值,然后计算检验站点实测值与预测值的误差,以此来判断估值方法的精度。

从表 1 可看出,根据空间数据的特征,通过平均标准误差的比较,发现两种方法得出的结果尽管有所不同,但都具有较高的精度。从整体上看,克里格插值方法占优,其平均标准误差较小,这是因为克里格法在插值过程中充分利用了数据点之间的空间相关性。同时,从表 2 也可以看出,在局部地形复杂地区的空间差值分析上(如站点 3, 4, 7, 9 等),反距离加权法效果相对较好,其预测值更接近于实测值。

另外,从两种插值降水量分布图上也可以直观地看出新疆降水量的分布。整体来看,新疆的降水量北疆明显多于南疆,并且随纬度从北向南大致呈带状递减,有明显的南北分界,只在南疆山区部分有小幅度波动(见图 2)。但在局部小范围地区,由于受地形等因素的影响,降水量就出现了不小的波动,从图 3 中球状模型可以明显看出。例如:吐鲁番受地形影响成为少雨中心,年降水量在 160 mm 左右,而其西部的乌鲁木齐、伊宁等地区,由于受地形、海拔、地理位置等的影响,降水量显著增加。因此,对不同地区选用其合适的插值方法,这将提高水文预报的精度,对一个地区的防洪防涝、农业生产等将有十分重要的意义。

表 1 不同插值方法插值误差比较

插值方法	真实值平均值	预测值平均值	平均标准误差
反距离插值	1022.65	1074.02	51.37
克里格插值	1022.65	933.74	-28.91

表 2 各个站点不同插值方法预测值和实测值的对比

基本 站点	站点的 实测值	mm	
		克里格插值 预测值	反距离插值 预测值
1 - 阿勒泰	1916.11	1739.17	1688.20
2 - 富蕴	1813.65	1772.86	1596.92
3 - 和布克赛尔	1417.32	1861.80	1395.52
4 - 克拉玛依	1089.00	1773.35	1459.91
5 - 精河	991.32	1649.69	1718.10
6 - 奇台	1829.73	1042.97	884.61
7 - 伊宁	2673.00	1860.31	1935.06
8 - 乌鲁木齐	2581.36	1943.15	2001.93
9 - 吐鲁番	159.84	246.05	592.51
10 - 库车	704.25	351.64	448.84
11 - 喀什	637.18	634.41	591.02
12 - 巴楚	537.48	746.35	648.58
13 - 铁干里克	348.57	695.60	746.54
14 - 若羌	249.02	160.01	646.38
15 - 莎车	500.32	475.96	612.49
16 - 和田	355.05	119.63	416.62
17 - 安德河	239.26	174.40	733.09
18 - 哈密	365.23	819.17	1215.98

4 结 论

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、研究目的、算法和优缺点。对于众多的空间内插方法而言,没有绝对最优的空间内插方法,只有特定条件下的最优方法。研究表明,对于新疆降水空间分布的整体分析上,克里格插值法要优于反距离加权法,但在局部地区分析上,反距离加权法结果较为理想。至于这两者的选择应根据研究区域的实际情况确定。

对新疆这样气象台站稀少、海拔高度变化较大、各季降水量差别很大的地区,以上两种插值方法只考虑站点的降水信息和位置是完全不够的。许多研究表明,对降水进行插值应针对不同研究区降水量与地形、地理因素关系不同的特点,进

行统计分析,找出影响因子并在插值中考虑这些因子的影响,从而得到较高的插值精度。因此,要想得到更加精确的结果,必须引用其他一些环境信息,比如高程、坡度和坡向等。另外,如果条件允许,应尽可能搜集研究区内及周边区(县)一些站点的降水资料来参与空间插值,从而提高预测精度。

参考文献:

- [1] 朱会义,贾绍凤. 降水信息空间插值的不确定行分析[J]. 地理科学进展,2004,23(2):34-39.
- [2] 梁天刚,沈正虎,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:自然科学版,1999,35(4):83-89.
- [3] 何红艳,郭志华,肖文发,等. 利用 GIS 和多变量分析估算青藏高原月降水[J]. 生态学报,2005,25(11):2934-2938.
- [4] 孟庆香,刘国彬,杨勤科. 黄土高原降水量的空间插值方法研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(3):83-88.
- [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,2002,57(1):47-56.
- [6] Vicente S M, Saz Sánchez M A, Cuadrat J M. Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley (Spain): application to annual precipitation and temperature[J]. Climate Research, 2003, 24(2): 161-180.
- [7] Daly C, Gibson W P, Taylor G H, et al. Acknowledge-based approach to the statistical mapping of climate[J]. Climate Research, 2002, 22: 99-113.
- [8] Zhou S Q, Xue G Y, Gong P. The SIA method for spatial analysis of precipitation in the upper-middle reaches of the Yangtze River[J]. Sciences, 2005, 15(2): 223-238.
- [9] Goovaerts P G. Approcaces for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall[J]. Journal of Hydrology, 2000, 228: 1113-1291.
- [10] Lloyd C D. Assessing the effect of integrating elevation data into the estimation of monthly precipitation in Great Britain[J]. Journal of Hydrology, 2005, 308: 128-150.
- [11] Lam N. Spatial interpolation methods a view[J]. The American Cartographer, 2003, 10(2): 29-49.
- [12] 侯景儒,黄竟先. 地质统计学的理论与方法[M]. 北京:地质出版社,1990:69-78.
- [13] Price D T. A comparison of two statistical methods for spatial interpolation of Canadian monthly mean climate data[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 101: 81-94.
- [14] 朱芮芮,李兰,王浩,等. 降水量的空间变异性 and 比较研究[J]. 中国农村水利水电, 2004, 25(4): 25-27.
- [15] 王丽,李畅游,刘廷玺. 湖泊底泥营养参数的空间估值[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(3): 772-775.