

文章编号: 1006-4354 (2008) 05-0024-03

# 陕西苹果主产区日最低(最高)气温的空间插值

郭兆夏, 符 昱, 王 军, 刘慧丽

(陕西省经济作物气象服务台, 西安 710014)

**摘 要:** 分考虑海拔高度对气温的影响和不考虑海拔高度对气温的影响两种情况, 用反距离权重法、样条法、普通克里格法对日最低气温和日最高气温空间插值, 并对插值的结果交叉检验, 结果表明, 考虑海拔高度对气温影响下的普通克里格插值法是诸多方法中的最佳选择。

**关键词:** 日最低(高)气温; 空间插值; 反距离权重法; 样条法; 普通克里格法

**中图分类号:** P423

**文献标识码:** A

随着 GIS 技术应用在我国的迅速开展, 气象要素空间插值方法的研究越来越受到重视<sup>[1-4]</sup>。GIS 软件提供了许多空间插值方法, 为获取小网格的气象资料提供便利条件。不同的气象要素有不同的特性且研究站点数及站点区域分布都影响插值方法的选取。研究陕西苹果产区花期冻害和高温热害时, 研究对象是 3 月下旬—4 月下旬的日最低气温和 7 月中旬—8 月下旬的日最高气温, 而在影响气温的诸多因子中海拔高度影响最显著, 为更客观地了解海拔高度对气温插值的影响, 分考虑海拔高度对气温的影响和不考虑海拔高度对气温的影响两种情况, 分别用反距离权重法、样条法、普通克里格法对气温(最低、最高)进行插值。空间插值时将数据分为两组, 一组数据不考虑海拔高度对气温(最高、最低)的

影响, 将原始气温数据用多种插值方法直接空间插值; 另一组数据考虑海拔高度的影响, 从而对原始数据海拔高度订正, 再用各种插值方法空间插值, 对各种插值结果误差分析, 评选出最优的插值方法。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

选用陕西苹果产区 30 个气象观测站 1971—2005 年 3 月下旬—4 月下旬日平均最低气温, 7 月中旬—8 月下旬日平均最高气温及各站的经度、纬度和海拔高度。DEM 数据为 1:25 万的数字高程模型, 分辨率为 100 m×100 m。

### 1.2 方法

1.2.1 反距离权重法(IDW) 以插值点与样本点间的距离为权重加权平均, 离插值点越近的样

收稿日期: 2008-04-11

作者简介: 郭兆夏(1964-), 女, 山西沁水人, 学士, 高工, 从事网站建设和 GIS 应用研究。

## 5 结语

采用温度层结预报冰雹的方法简单、方便, 每一个气象站都能做到, 可以进行业务化应用。这种预报方法, 得到的预报指标有很强的地域性, 各地可通过上述方法得到适合本地使用的冰雹预报指标。预报中发现, 用 08 时的气象探空资料来表述一天温度层结的特征有缺陷, 如能将 08—20 时的气象探空资料结合在一起进行分析将更加符合大气的实际状况。另外, 日出后地面温、湿度的

变化对冰雹的形成也有影响。今后将继续开展这方面的研究。

### 参考文献:

- [1] 盛裴轩, 毛节泰, 李建国, 等. 大气物理学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2003: 359-366.
- [2] 李大山. 人工影响天气现状与展望 [M]. 北京: 气象出版社, 2002: 191-200.
- [3] 李燕, 梁谷, 黄宝玲. 雹暴发生的能量分析 [J]. 陕西气象, 1998 (6): 16-18.

本点赋予的权重越大<sup>[3]</sup>。

$$Z_{S_0} = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z_{S_i}, \quad (1)$$

式中:  $Z_{S_0}$  为  $S_0$  处的预测值,  $Z_{S_i}$  为在  $S_i$  处测量值,  $N$  为预测点周围样点数,  $\lambda_i$  为已知样点的权重。

$$\lambda_i = d_i^{-p} / \sum_{i=1}^N d_i^{-p}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1, \quad (3)$$

式中:  $d_i$  为预测点  $S_0$  与各样点  $S_i$  之间的距离。  $p$  是距离的幂, 一般取 2。

1.2.2 普通克立格插值 (OK) 以变异函数理论和结构分析为基础, 在有限区域内对区域化变量无偏最优估计的一种方法, 公式定义为<sup>[4]</sup>:

$$Z_x^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_{x_i}, \quad (4)$$

$Z_x^*$  是空间变量的估计值, 可通过对该点影响范围内的  $n$  个有效观测值  $Z_{x_i}$  的线性组合得到,  $\lambda_i$  为权重系数, 由克立格方程组决定。普通克立格的点估计克立格方程组可表示为:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \lambda_i C(x_i, x_j) - \mu = C(x_i, x^*) \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1, \end{cases} \quad (5)$$

式中  $C(x_i, x_j)$  为样本点间的协方差,  $C(x_i, x^*)$  为样本点与插值点之间的协方差,  $\mu$  为极小化处理时的拉格朗日乘子。

变异函数  $\gamma_h$  表示为

$$\gamma_h = \frac{1}{2N_h} \sum_{i=1}^{N_h} (Z_{x_i} - Z_{x_i+h})^2, \quad (6)$$

式中  $N_h$  为被距离区段  $h$  分隔观测样本对的数目, 由于日最高、日最低气温采用幂函数模型较为理想<sup>[2]</sup>, 选用幂函数模型。

1.2.3 样条插值法 (Spline) 样条插值法是使用数学函数, 利用特征节点, 用多项式拟合的方法产生平滑的插值曲线, 公式表示为<sup>[5]</sup>:

$$Z = \sum_{i=1}^n A_i d_i^2 \log d_i + a + bx + cy, \quad (7)$$

其中  $Z$  为待估栅格值,  $d_i$  为插值点到第  $i$  个已知点距离,  $a+bx+cy$  为局部趋势函数,  $x$ 、 $y$  为插值点的地理坐标,  $A_i$ 、 $a$ 、 $b$  和  $c$  为方程系数,  $n$  为用于插值的站点样本数。

样条函数插值采用规则样条和张力样条, 为使插值结果能在限制的样本点的取值范围内选择张力样条插值法。

### 1.3 数据运算

1.3.1 日最低(最高)气温随海拔高度的变化 气温的垂直递减率与山地的性质、季节和气候条件等因素有关, 为获取陕西苹果产区易出现苹果花期冻害时段内的日最低气温和易出现高温热害时段内的日最高气温的垂直递减率, 分别对 1971—2005 年陕西果区 30 个站 3 月下旬—4 月下旬的日平均最低气温和 7 月中旬—8 月下旬的日平均最高气温与海拔高度的关系做回归分析, 计算结果见表 1。

表 1 热量要素随海拔高度的变化

要素	回归方程	相关系数	F	气温垂直递减率/ (°C/hm)
日平均最低气温	$T_1 = -0.0058 h - 0.95$	-0.67	21.36	0.58
日平均最高气温	$T_2 = -0.0067 h + 40.89$	-0.95	255.14	0.67

由表 1 可知, 研究时段内的日平均最低气温与日平均最高气温都与海拔高度有一定的相关性, 均通过信度为 0.05 的  $F$  检验 ( $F_{\alpha=0.05} = 1.87$ )。可以看出日平均最低气温和日平均最高气温随海拔高度的增加呈递减趋势, 日平均最高气温比日平均最低气温递减的幅度大。

### 1.3.2 不考虑海拔高度对气温影响的空间插值

将各台站的日最低气温(日最高气温)直接用 IDW、Spline、OK 三种方法空间插值, 生成逐日气温栅格图, 再对插值结果交叉检验。

### 1.3.3 考虑海拔高度对气温影响下的空间插值

根据日最低(最高)气温垂直递减率和各气象站的海拔高度, 将各气象站的逐日最低(最高)气温订正至虚拟海平面上, 然后用 IDW、Spline、OK

方法对虚拟海平面上的气温进行空间插值, 得到虚拟海平面上的日最低气温 (日最高气温) 分布栅格图。然后再根据 DEM 数据和气温垂直递减率将虚拟海平面的气温推算到现实台站的海拔高度上, 生成日最低气温 (日最高气温) 栅格图, 再用交叉检验法对插值结果精度检验。

## 2 检验方法及标准

采用交叉检验法验证插值效果, 即假设某一站点的气象要素值未知, 用周围站点的值来估算,

然后根据所有站点实际观测值与检验站点的估算值误差大小评判插值方法的优劣。所采用的误差标准为平均绝对误差  $A$  和平均相对误差  $R$ 。 $A$  反映估计值的实测误差范围,  $R$  反映估计值的误差相对值。

## 3 各种插值方法的误差比较和分析

由表 2 看出, 在未考虑海拔高度影响下, 无论日最低气温还是日最高气温的  $A$  大小排序为  $Spline > IDW > OK$ ,  $R$  也遵循这个排序, 即  $OK$

表 2 不同插值方法的交叉检验结果

插 值 方 法	$A$		$R$	
	日最低气温	日最高气温	日最低气温	日最高气温
未考虑海拔影响 (IDW)	0.85	0.87	0.38	0.031
未考虑海拔影响 (OK)	0.83	0.77	0.36	0.027
未考虑海拔影响 (Spline)	1.2	0.95	0.47	0.031
考虑海拔影响 (IDW)	0.8	0.68	0.32	0.025
考虑海拔影响 (OK)	0.71	0.67	0.31	0.024
考虑海拔影响 (Spline)	1.13	0.69	0.43	0.026

法获得最低的  $A$  和  $R$ , 而 Spline 插值法的  $A$  ( $R$ ) 最大, 这一点在日最低气温插值中表现的尤为突出。考虑海拔高度的影响情况下, 日最高气温 (日最低气温) 各种不同的插值方法获得的  $A$  和  $R$  大小排序依然是  $Spline > IDW > OK$ , 只是比不考虑海拔高度影响下的  $A$  和  $R$  小, 其中以日最高气温插值结果最为明显, 其结果为: IDW 插值法,  $A$  从 0.87 降至 0.68,  $R$  从 0.38 降到 0.32; OK 插值法,  $A$  从 0.77 降到 0.67,  $R$  从 0.36 降到 0.31; Spline 插值法,  $A$  从 0.95 降到 0.69,  $R$  从 0.47 降到 0.43。分析看出, 对气温 (日最低、日最高) 空间插值时, 考虑海拔高度的影响可提高插值精度。

## 4 结论

4.1 日平均最低气温、日平均最高气温与海拔高度间有明显的相关关系, 随着海拔高度的增加, 气温呈递减趋势, 且夏季日平均最高气温随海拔高度增加而递减的幅度要大于春季日平均最低气温随海拔高度增加而递减的幅度。

4.2 在考虑海拔高度的影响和不考虑海拔高度的影响两种情况下分别用反距离权重法、样条法

和普通克里格插值法对日最低气温和日最高气温进行插值, 结果表明, 考虑海拔高度的影响比不考虑海拔高度影响下的插值精度高。

4.3 通过对各种插值方法的误差分析, 结果表明, 普通克里格插值取得的误差最小, 其次为反距离权重法, 误差最大的是样条插值法。

## 参考文献:

- [1] 林忠辉, 莫兴国, 李宏轩, 等. 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.
- [2] 庄立伟, 王石立. 东北地区逐日气象要素的空间插值方法应用研究 [J]. 应用气象学报, 2003, 14 (5): 605-615.
- [3] 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.
- [4] 岳文泽, 徐建华, 徐丽华. 基于地统计方法的气候要素空间插值研究 [J]. 高原气象, 2005, 24 (6): 974-980.
- [5] 张宏, 温永宁, 刘爱利, 等. 地理信息系统算法基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 167-168.