

用微机做站点插值的一种方法

魏文秀

(河北省气象台)

提 要

本文介绍用微机作固定站点插值的方法。此法可在系统建立时，就选择出每一个站的最佳插值站，使由插值站点的选择造成的插值误差尽可能小，并且可以事先计算出插值系数，待插值时调用，因而缩短了插值的时间。

一、引 言

在气象要素场的计算和分析中，对缺记录站点进行插值有时是十分必要的。在气象业务日益现代化的今天，用计算机进行站点插值就更为必要了。站点插值的关键，是插值站点的选择方式，其次是插值公式的建立。

目前所知的计算机站点插值，插值站的选择一般是以缺记录的站点为中心，在某一半径范围内选取较近的几个有记录的站为插值站，当该半径范围内有记录的站数达不到所要求的插值站数时，则把半径扩大，在更大的一个半径范围内寻找插值站。这种方法有下列不足：不能保证插值站点与被插值站点的距离尽可能小；不能保证插值站分布在被插值站的四周；由于对每一个站来说，当其每次缺记录时，它的插值站都有可能不同，因而增加了插值所用的时间。本文介绍的插值方法，克服了上述缺点。这种方法的特点是：要素场中每一个站，当其缺记录时，都有固定的插值站（因而叫做固定站点插值法），这些插值站都是在插值系统

建立时，就已选择好，它们满足离被插值站尽可能地近，而且分布在其四周的原则。插值站的固定性，使我们可以事先计算出每个站的各个插值系数，因而节省计算时间。

二、固定站点插值规则

要素场中的每一个站，都可找到离它较近，并分布在其四周的几个站，从中选取5个站（站数不限）作为这个站的插值站，即当该站（称为被插值站）缺记录时，用这5个固定站对其进行插值。若这5个插值站中有缺记录的站时，可做如下处理：如果这5个站当中，有1个或2个缺记录，则用其余的4个或3个站进行插值，这样做的目的是当相邻的几个站同时缺记录时，插值可能进行。在离锋面较远的地方，3个或4个站的插值效果与5个站的插值效果基本相同，只是在锋面附近有些差异。如果有3个站缺记录，则不对该站插值，漏掉该站（称为一个漏洞）走到下一个缺记录的站。若插值站均有记录，则进行插值；若其中有缺记录的站，则仍然按上面的方法处理。依此类推对所有缺记录的站逐一进行插值或漏掉后，一个插

值循环结束。然后再反过来查漏洞、补插，补插过程与上面的插值、处理步骤相同，这样循环数次，便可把缺记录的站全部插上。当成片的大面积缺记录时，这一方法不适用，会出现死循环现象，插值是无意义的。为避免死循环，我们可以在程序中加入一个循环次数限定值，当循环次数达到这一限定值时，令停机。这个问题将在后面进一步讨论。

三、插值公式

5个站的插值公式如下：

$$C_0 = l_1 C_1 + l_2 C_2 + l_3 C_3 + l_4 C_4 + l_5 C_5$$

式中， C_0 为被插值站的要素值； C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 分别为5个插值站的实际要素值； l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 分别为5个插值站的插值权重系数。它们的表达式分别为：

$$l_1 = ss5 \cdot s_1^{-1}; \quad l_2 = ss5 \cdot s_2^{-1};$$

$$l_3 = ss5 \cdot s_3^{-1}; \quad l_4 = ss5 \cdot s_4^{-1};$$

$$l_5 = ss5 \cdot s_5^{-1}$$

其中， s_1, s_2, s_3, s_4, s_5 分别为5个插值站点到被插值站点的距离， $ss5$ 是一个组合系数，其表达式为：

$$ss5 = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5 / (s_2 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5 + s_1 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5 + s_1 \cdot s_2 \cdot s_4 \cdot s_5 + s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_5 + s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_4)$$

4个站和3个站的插值公式与5个站的插值公式的形式是一样的，只是项数少，组合系数的内容不同而已。

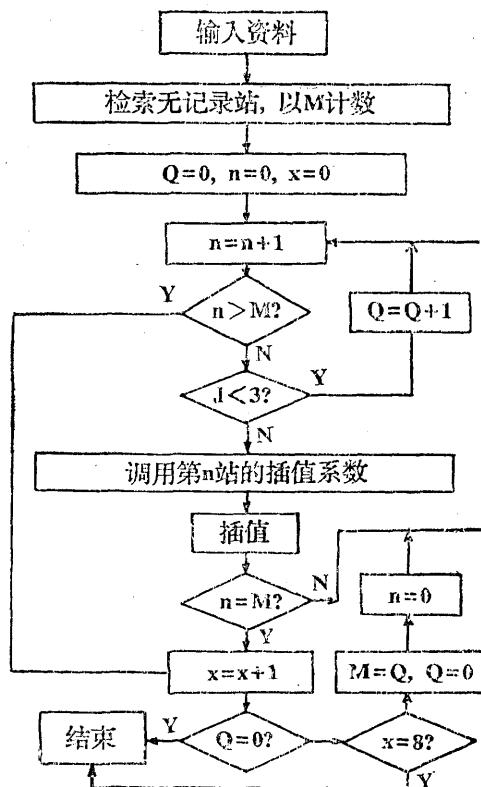
上述插值权重系数是根据以下两个原则求解得到的：①插值站的权重系数与插值站和被插值站之间的距离成反比；②公式中的各权重系数相加等于1。第一个原则保证了插值站点到被插值站点的距离越小，其权重系数越大，它对被插值站的要素值的影响也就越大；第二个原则保证了被插值站的要素不大于这几个插值站要素值中的最大值，也不小于其中的最小值。可见，由这种权重系数建立起来的插值公式，符合气象要素连续分布的特性。但是也存在着一个问题，这就是

当被插值站点恰好为天气系统的中心（如最冷点、最高点）时，由于插出的值不是那一区域的极值（如极小值、极大值），因而有一定误差。但是这种情况出现的机会不多。

上述公式只适用于标量。若对风插值时，要先把风转化为标量，然后再插值。转化方法是把每一个有记录站上的风矢量 V 都转换成 u, v 分量，于是形成了 u, v 场，虽然 u, v 也是矢量，但它们可以用标量的形式表示成正、负值或零值，因此可利用这些公式分别对 u, v 插值，把插出来的 u, v 再转换成 V 矢量。

四、建立插值系统的步骤

1. 确定与每一个站相对应的5个插值站，这5个站距离该站尽可能近，并且处于该站的四周。



附图 程序粗框图

图中， Q ：漏洞数， x ：循环次数，

I ：第 n 站的插值站中有记录的站数

2. 利用上述公式，计算出和每个站相对应的各个插值权重系数，按站号顺序存入一个随机文件，在插值时直接调用。

3. 编制系统程序。该程序有两部分，插值程序和反查程序。程序粗框图见附图。

五、插值系统的适用性

本插值系统适用于各种要素值及物理量。前面提到，在成片的大面积缺记录时，此方法不适用。这种不适用的程度究竟如何呢？我们在资料分析的插值中进行了统计，统计区域是 $17-45^{\circ}\text{N}$, $93-125^{\circ}\text{E}$ 的范围。取该区域我国境内的90个高空站，对1978—1987年7、8月份逐日的08时高空资料(500、700和850hPa等压面上的高度、温度、温度露点差和风)中缺记录的站进行了插值。当时规定一个要素场中缺记录的站数 ≥ 35 时停机，因为这时缺记录的站数已大于总站数的 $1/3$ ，插值已无意义。循环次数的限定值为8。在这种条件下，这7440个要素场，在缺记录的站数 < 35 时，循环次数都在 ≤ 8 的情况下，便完成了整个要素场的插值处理。在其它条件不变的情况下，该系统与实时资料库连接，在河北省短期暴雨预报系统的实时（1990—1991年，7、8月）试用中，效果很好。所以只要缺记录的站数小于总站数的 $1/3$ ，系统就能正常运行。由此看出，该插值系统的适用性是很强的。

六、系统的效果检验

在上述区域中，取相同的站，对1987年7、8月500hPa等压面上的高度、温度和风进行了插值试验。每天随机取17个有记录的非边缘站，假设这些站上的高度、温度和风缺记录，然后进行插值，对插值结果和实际记录进行比较，取两者之差的绝对值，然后分别对各要素的绝对误差求和取平均，得到绝对误差的平均值 E ，

$$E = \left(\sum_{n=1}^m |x_n - \hat{x}_n| \right) / m$$

式中， x_n 为第 n 站要素的实际记录值， \hat{x}_n 为第 n 站的插值结果， m 为缺记录的总站次数，在这个试验中，一天取17个站，7、8两月共62天，所以 m 应为1054。

由于试验数据太多，在此仅列出1987年7月1日500hPa高度(H)场的试验数据(见附表)和总的试验结果。在这个试验中，500hPa等压面上的高度、温度、风向和风速的 E 值分别为1.15、0.952、24.47和2.60。对于该区域的边缘站，做了同样的试验，选1987年8月1—12日的资料，每天随机取10个站，高度、温度、风向和风速的 E 值分别是1.66、1.155、30.55和3.5。

由以上数据可知，区域内部的站点插值效果比边缘站点的插值效果好，这是由于边缘站点的插值站没有分布在其四周造成的。标量要素的插值误差很小，而矢量风 V 的误差较大，即风向、风速的误差较大，这是因为风向和风速的误差是由 u 、 v 两者的误差共同造成的。

附表 1987年7月1日500hPa高度
(H)场的插值试验对比

要素 \ 站号	52418	52495	53463	54218	56046	52889
H	577	574	576	574	583	578
\hat{H}	578	575	574	573	581	578
$ H - \hat{H} $	1	1	2	1	2	0
要素 \ 站号	53845	54823	56651	56492	57447	57494
H	579	580	585	585	584	585
\hat{H}	579	579	585	584	583	584
$ H - \hat{H} $	0	1	0	1	1	1
要素 \ 站号	58457	59211	57972	58847	58238	/
H	585	586	588	590	585	/
\hat{H}	585	586	589	589	582	/
$ H - \hat{H} $	0	0	1	1	3	/

(下转第39页)

(上接第36页)

该系统用BASIC语言编制，用长城386机在QB系统下运行，插43个标量要素（26个高度，17个温度）用时1秒，平均插一个标量要素用0.024秒，插26个风矢量（包括风向、风速）用时2秒，平均插一个风矢量用时0.077秒。其它条件不变，即使在大力

神机上运算，插一个标量要素平均用时也只需0.21秒，插一个风矢量平均用时0.54秒。

综上所述，用这种方法建立的插值系统具有实用、可靠、误差小、插值速度快的优点。不足之外是风矢量 \vec{V} 的插值效果不太理想，有待改进。