

高空天气图自动分析系统

王新芝

陈必云

(南京气象学院计算机及信息工程系, 南京, 210044) (江苏省气象台, 南京, 210000)

摘要 介绍高空天气图自动分析系统的设计思路和主要实现技术, 该系统集数据处理和图形处理技术为一体, 所分析的天气系统完整无遗漏, 高低压中心明确, 等值线分析客观合理。

关键词 数据处理, 图形处理, 等值线

分类号 P73.87

随着气象现代化事业的发展, 将计算机图形处理技术直接应用于气象预报业务, 实现实时天气图的自动分析, 对目前省级及省级以下气象台的预报业务现代化将起着积极的推动作用。

高空天气图自动分析系统(以下简称系统)集数据处理和计算机图形处理技术为一体。选取较好的插值方案, 较理想的权重函数, 并提供缺报的自动插补, 错报的自动订正以及交互式修改功能。图形输出方式采用屏幕显示和绘图仪绘制。经统计, 分析 1 张亚欧范围 500hPa 天气图上的等高线和等温线, 从原始资料输入到屏幕显示图形约 1~2min, 绘图仪输出约 11min, 若能采用快速的绘图仪, 绘图速度还可进一步提高。由于系统有较快的分析速度, 因此可大大提高短期预报时效, 特别是为一些灾害性天气的预报赢得宝贵时间。本文主要介绍系统的设计要点以及主要实现技术。

1 系统总体结构和设计要点

系统采用模块化结构。这样不仅便于程序的编制和调试, 同时也易于系统功能的扩充。系统总体结构如图 1 所示。

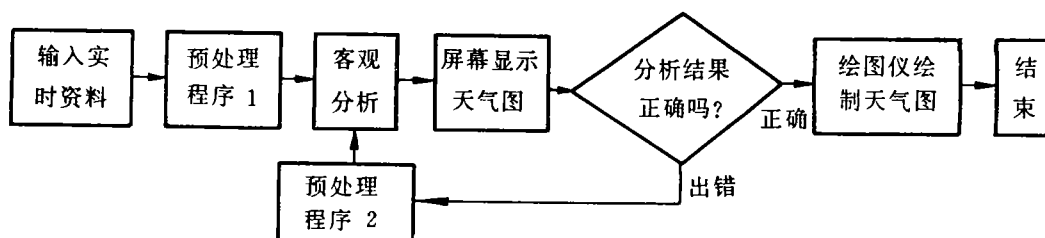


图 1 系统总体结构

利用计算机分析的天气图能否被预报员接受并用于日常的业务预报是设计要点。设计时

主要考虑以下环节:(1)所用的实时资料一定要有较好的完整性和可靠性,否则,直接影响分析结果。但是,目前所用的资料无法达到上述要求,错报时有发生,缺报更为严重,因此必须采取有效措施,一方面能自动对原始资料检误、纠错、补缺,同时还要兼顾其运行时间,不得超过整个系统运行时间的 1/5,花费太多的时间将会影响整个系统的实时效应;(2)原始实时资料经上述预处理后,接着进行插值处理,将离散点的观测资料插值到事先规定好的网格点上,插值的关键在于插值方案的选取以及权函数的设计;(3)在网格点数据的基础上,用图形处理程序分析等值线图,并将分析结果送显示缓冲区和绘图仪缓存输出;(4)由于本系统涉及到大量的数据处理,要提高数据处理的效率,一方面在于算法设计本身,另外还应取决于相应的数据结构,如何有效组织各类数据,是本系统设计的又一关键问题。

2 主要技术的实现方法

2.1 数据预处理

数据预处理的程序由两个程序组成。预处理程序 1 实现对原始资料自动检误、纠错和补缺。预处理程序 2 提供人机交互式纠错和修改功能。

原始资料输入计算机后,应当首先对其检误以保资料的可靠性。目前原始资料的误差主要来源于系统性不可避免的误差和偶然性随机误差。这里只能处理偶然性误差。检误时将上述误差分为“超常”和“异常”误差两种,“超常”值即指通常不大可能出现的观测值,如 500hPa 的温度值 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 等极值点,“异常”值则是与周围测站的同一要素值相比出现比较大的偏差,并且与前一时次相同要素相比其绝对值已超过某一给定范围。根据上述条件对原始资料进行检误测试,检测之后不同的误差值其处理方式也不一样。对于“超常”值一旦判别出来立即给它赋予一个特殊标志,并将它送入缺测资料区,当作缺测资料处理。“异常”值的处理比较麻烦,有的“异常”值的确是出于资料误差原因所致,这是属于真正的异常误差值;而有的“异常”值符合当时的天气实况,一般是系统的高低压中心值,如若将其作为上述“异常”误差值处理,则会导致分析结果与天气实况严重失真。对此,笔者认为单纯从资料角度难以掌握真正“异常”值的判别标准,应当结合天气图判别哪些是属于真正的“异常”值。对于“异常”值的处理,我们采取了以下措施:首先将判别出来的“异常”值存入缓冲区,不经任何处理与正常数据一起送客观分析程序作插值处理,接着由图形处理程序输出结果。当天气图显示完毕,自动在屏幕右下角开窗显示缓冲区的“异常”值信息,为醒目起见,“异常”高度值用黑色(温度值用红色)“十”字光标架定位于天气图上“异常”值所在的测站位置,以此提示操作员根据天气实况判断该值是否为真正异常。若确为异常值,则周围梯度明显增大,出现非常密集的闭合环流,应转预处理程序 2 对此作纠错处理,否则,该值为正常的高低压中心值,无须进行任何处理,而选择其它操作项。

在检误的基础上,采用程序自动纠错和人机交互式纠错两种方式。“超常”值采用插补方法程序自动纠错,“异常”值采用人机交互式纠错方式。具体实现时,由预处理程序 2 读出“异常”值,并为每个“异常”值建立一个索引指针,该指针首先指向“异常”值测站周围的 3 个测站号,由此间接索引出每个测站的要素值,根据要素判别条件,取出相应的要素值按序存入缓冲区,待全部信息索引完毕,自动转入交互处理子程序。该程序依次显示“异常”值及其所在站号,并从缓冲区中调出周围 3 个测站号及其要素值,供操作员参考同时询问操作员是否有必要修改该“异常”值,若要修改,直接输入修改值,否则,按回车键。

预处理最后一个环节,就是对缺测资料和“超常”值进行插补,插补可用时间序列也可用水平或垂直插补方法。由于客观原因(前苏联部分地区缺报严重),因此采用时间序列插补受到一

定局限,故只能用水平插补方法,根据周围测站的记录作补缺处理。但在观测网本来就很稀疏的地区再出现缺报或记录出错,后果是很严重的。针对这个问题,应设置一段程序专门对这些重要测站进行跟踪测试,若确认为缺测或记录出错应首先对其插补,插补完毕再补缺其它缺测站记录。这样分级插补有利用客观分析程序的处理。

2.2 客观分析

从磁盘上调出上述预处理结果,即可进行插值处理,插值的基本方法是,任意网格点 i, j 上的气象值 $\bar{F}(i, j)$ 为:

$$\bar{F}(i, j) = \sum_{l=1}^m w_l F_l \quad (l = \overline{1, m})$$

其中, l 为测站的序号, F_l 是第 l 个测站的实际观测值, w_l 为该站相应的权重。对于线性内插来说, w_l 可有多种形式,但应满足下列要求:(1)它应是距插值点 (i, j) 距离 r_l 的简单解析函数,即 $w_l = f(r_l)$,它随 r_l 的减小而增大,但当 $r_l \rightarrow 0$ 时不会变为无穷大;(2)对于每个插值点 (i, j) ,权重函数之和等于 1。

满足上述要求的最简单的形式是

$$w_l = \begin{cases} (d - r_l)^2 / \sum_{l=1}^m (d - r_l)^2 & (r_l < d) \\ 0 & (r_l \geq d) \end{cases}$$

其中, r_l 是第 l 个测站距插值点 (i, j) 的距离,距离大的,反映在权上就小,距离小的,反映在权上就大。 d 是影响半径,对任一插值点来说,不能把所有观测站的值都看作对其有影响,必须把它控制在一定范围内,在该范围内的点影响大些,则参与运算,否则,当 $r_l \geq d$ 时,认为权重函数为零。

在实际分析中,分析质量主要取决于选取每个插值点的权重函数 w_1, w_2, \dots, w_m 。而权重函数的选取比较灵活,选取时应采用不同的组合,每一种组合得到的结果都不相同,必须经过大量调试,反复论证,并与实际资料细致比较,才能得出一组相对较理想的权重函数。

2.3 图形处理过程

图形处理是整个分析系统的核心,它接受网格点数据,并按分析原则分析等值线图。这里采用正方形网格分析等值线图。基本方法是:先求出所画等值线与各网格边的交点,然后将所有等值线的交点坐标相连。设计的主要环节如下:

(1)起点的寻找 天气图上的等值线通常分为两类:开等值线和闭等值线。开等值线的起点和终点都在指定域的边界上,而闭等值线的起点和终点则在指定域内部。因此,寻找开等值线的起点应从指定域的四周边界开始,而闭等值线的起点寻找局限在指定域内部进行,即从左到右,从上到下逐网格搜寻。

设当前所画的等值线为 ZK , 网格棱边两个端点 A 、 B 上的高度值为 ZA 和 ZB 。见图 2 所示,寻找起点实际是判别网格棱边是否与等值线 ZK 相交,即这个棱边的两个端点的 ZA 和 ZB 是否“夹有” ZK ,若 ZK 介于 ZA 和 ZB 之间,则认为等值线 ZK 与该网格棱边 \overline{AB} 有交点,也就是等值线的起点从该网格边开始。

(2)求交点运算 若已知等值线 ZK 与网格棱边 \overline{AB} 有交点(如图 2 所示)。则等值线与棱边的交点为:

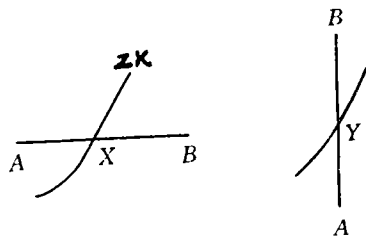


图 2 交点计算

$$\begin{cases} x = x_A + \frac{ZK - f(A)}{f(B) - f(A)}(x_B - x_A) \\ y = y_A = y_B \end{cases} \quad \text{或} \quad \begin{cases} x = x_A = x_B \\ y = y_A + \frac{ZK - f(A)}{f(B) - f(A)}(y_B - y_A) \end{cases}$$

(3)等值线的追踪 找到等值线的一个起点后就可以沿着等值线的走向追踪下一个等值点,要在一个网格内追踪等值点,首先要确定网格的进入边,进入网格之后,还要进一步确定未来的离去边。对每一个矩形网格而言,进入边有上、下、左、右4种情况。而每一种进入边,又有3种不同的走向。例如,进入边为某网格的下边,则离去边为右、上、左3条棱边之一。根据等值线的进入边及其走向,可以按排出等值线离去边的可能顺序。一般优先考虑顺着曲线原来走向的势头延伸,最后考虑曲线拐弯的现象,这样可大量节省计算时间。

(4)终点确定 等值线终点确定原则是:对于开等值线,起点位于指定域的边界上,而终点也必在边界上,当等值点到达边界时,则追踪即告结束。

对于封闭等值线,起点和终点恰好重合于指定域内部,追踪一开始,就应将起点坐标保留,并随时与新的等值点进行比较,若起点等于终点,则追踪即告结束。

2.4 数据的结构与组织

天气图自动分析系统实际上是将数值结果图形化的过程,因此整个分析系统始终贯穿在数据处理过程中。它首先接受实时数据,加工处理后得到网格点数据,再以网格点数据为依据绘制等值线图形。为了便于计算机自动处理与分析,必须将数据按一定规则组织在一起。合理的数据结构能够提高系统的运行效率,节省存贮空间,加快系统的响应速度。本系统数据处理过程主要采用数组和线性列表两种数据结构。

数组是一种静态的数据结构,机内存贮时通常按线性方式顺序存放。程序开始时说明了一个确切数组存贮范围,则在整个程序的执行过程中,需要时可一直为其所用,不需要时采用覆盖技术将其它数据调入该空间,这样可以节约内存。另外,采用数组可将多个不同要素的数据组织在一起,以提高数据处理的灵活性。数据处理时,既可对同一测站的不同要素值进行处理,也可对不同测站的相同要素值进行处理。例如,将输入的500hPa同一时次实测资料存入一个二维

	1	2	3	...	N
	站号	高度	温度		
1	58238	560	-30		
⋮	⋮	⋮	⋮		
M	28722	540	-40		

图3 实时资料的数组结构

数组 $A(M, N)$, 该数组的结构如图3所示。其中 M 表示测站个数, N 表示要素个数, $A(i, j)$ 为数组中的任一元素值。例如, $A(i, 1)$ 表示第 i 个测站的站号, $A(i, 2)$ 表示第 i 个测站的高度值, $A(i, 3)$ 表示第 i 个测站的温度值等。若要从该数组中读出某一测站的高度值,首先将指定测站号送入变量 K ,接着用 K 的值与该数组的第一列元素比较,若相等则将位于该行第二列的高度值读出放入 H ,程序如下:

```
DO      5      I=1,M
5      IF(A(I,1)·EQ·K)H=A(I,2)
```

如果要求同一时次所有测站的高度平均值,只要把第二列的所有元素做一个累加,退出循环后除以 M 即可得到平均值 AV ,程序如下

```
S=0
DO 50 I=1,M
50 S=S+A(I,2)
AV=S/M
```

线性列表是一种动态的数据结构,机内的排列呈向量结构,其长度可任意缩放。若把一个元素插入到列表中,列表长度增加,反之,从列表中删除一个元素,列表长度缩短。系统的缺测资料区就是采用列表结构,由于每个时次的缺测资料数事先无法预知,若采用固定长度的数组结构,将会浪费大量内存,而采用列表结构只需根据缺测资料数确定其列表长度,这样一方面可节省内存,另外,还能有效避免空判,提高处理速度。

3 结 语

本系统的内核模块均采用 8088 汇编语言编程,数据处理模块采用 Fortran 语言编程,因此具备良好的兼容性,系统研制成功后,已多次在 286、386 及其相配套的 EGA、VGA、TVGA 等显示卡上运行,效果良好。由于系统设计时主要考虑高度场,若要进一步逼近实际业务,还必须同时考虑风场,这项工作有待进一步研究。

BRIEF DESCRIPTION OF AN UPPER AIR WEATHER MAP AUTOMATIC ANALYTIC SYSTEM

Wang Xinzhi

(Department of Computer Science and Information Engineering, NIM, 210044, Nanjing, PRC)

Chen Biyun

(Jiangsu Meteorological Administration, 210008, Nanjing, PRC)

Abstract Outlined are the design scheme of an Upper-Air Weather Map Automatic Analytic System with the principal techniques for its realization, which comprises both the data handling and graphic processing. Analysis shows that studied weather system displayed an intact picture without any detail missing, with the low/high pressure cores right in place and contours drawn justified.

Keywords data processing, graphic handling, contours