

高低压中心、槽线识别的初步试验

袁美英

徐南平

于振东

(黑龙江省气象台, 哈尔滨 150030) (黑龙江省气候中心) (黑龙江省气象台)

提 要

利用经过截取处理的欧亚范围的欧洲格点数据,通过运算转化为屏幕网格资料,采用逐点追踪方法绘制等压线,运用统计识别法和模糊识别技术,结合实测风场订正,对高低压中心和槽线进行分析识别。试验结果表明,计算机能基本准确的识别出高低压中心及槽线,且速度比人工快得多,从而可作为人工智能工作站的一个接口,并为天气图的客观化和自动化分析作了初步尝试。

关键词: 图形识别 高低压中心 槽线

引 言

近 20 年来,人工智能的开发受到很大重视,随着人们对人工智能认识的提高,它在气象中应用的范围和深度亦在不断扩大和加深。作为一种重要的方法和手段,它的潜力被迅速挖掘出来。

1992 年以来,黑龙江省尝试着将人工智能方法应用于天气图识别,取得了一些进展。

本项初步试验是全国 5 省和北京气象学院联合协作的课题——省级天气系统人工智能工作站的一个子模块。

在以往的气象专家系统中,高低压中心、槽线等对天气预报有指导意义的特征点和线的输入,都是人工从天气图读出后再输入计算机的。这样,不但耗费人的精力和时间,且速度慢,还因为读入的数据因人而异,一致性差,影响专家知识的实用效果,不利于改进提高及应用推广。

鉴于以上问题,我们设计了这个计算机程序,从原始资料的处理到天气图图形的显示,识别高、低压中心和槽线都可以在计算机上自动实现,并可以数据方式把所有信息传给下一个模块。

1 地形底图坐标的转换

地球表面是一个球面,地球上的经纬度也是一个球面的概念,欲使之能在平面屏幕上正确地显示出来,需要有一个转换关系。在中高纬地区最常用到的是双标准纬圈兰勃脱投影。这是由球面经纬度到平面经纬度的转换过程。再一步就是将平面经纬度转换为计算机视屏的平面直角 X, Y 坐标。这些过程可通过编制程序来完成。在这个地形图形的基础上,配以经纬网格,就有了一个完整的视屏上的平面地形底图。

在双标准纬圈兰勃脱投影中,标准纬圈为 60° 和 30° , 转换关系如下:

$$X = r \cdot \sin[n \cdot (\lambda - \lambda_0)]$$

$$Y = r \cdot \cos[n \cdot (\lambda - \lambda_0)]$$

式中

$$r = r_0 \frac{\operatorname{tg}(\theta/2)^n}{\operatorname{tg}(\theta_0/2)}$$

其中 X, Y 为视屏直角坐标; λ_0 为屏幕图形上垂直于底边的经度; n 为圆锥常数; λ 为经度; r 为圆锥面与球面切点到锥顶距离。

有了这个转换关系,就可以完成地形底图和经纬圈的视屏显示工作。

欧洲格点资料是经纬网格上的格点资料,要想绘制等值线必须把它变成屏幕格点

资料。我们把分辨率为 640×480 的屏幕划分为 64×44 的网格，纵横每隔 10 个点为一个网格，屏幕下面留一部分以便写汉字，通过转换关系把欧洲格点资料的欧亚部分转换成屏幕 64×44 个网格点的值。

有了屏幕网格点上的值，利用网格法逐点追踪绘制等值线原理，再考虑不规则边界的情况，便可以将等压线绘制在屏幕上。在画每一根等值线的同时，把等值线存入文件中，以备后用。

2 图象识别的一些理论基础

图象识别就是研制能使计算机自动识别。处理某些物理信息(常常是大量的)的系统，以部分代替人对图象进行分类及辨识的脑力劳动。

目前常用的图象识别方法从理论上大体分为：

①统计识别法：是对研究对象进行大量的统计分析，找出某种规律性特征，根据这些特征进行识别。

②语言结构法：是将复杂图象进行逐级分解直至象元。而其逐级的表示都按一定的规律来进行。

上述两个方法在应用中经常配合使用，主次关系视具体问题不同而不同。随着科学的发展，一些新的数学方法不断被引入。近些年来，模糊数学在计算机领域中的引用，使得计算机可以用接近于人脑的思维方式进行工作，这种工作形式在图象识别中起着愈来愈重要的作用。

3 天气图图形识别

根据图象识别理论，可以建立天气图的识别系统。本项工作中的天气特征识别属于该系统的一部分。下面分别介绍高低压中心及槽线判识模型的建立过程。

3.1 高低压中心判别

高低压中心应确定在气压最高和气压最低的地方，或者是闭合圈内的最内一圈的几何中心处。

首先，对网格点高度场找出每点周围的 8 个点的高度值与这一点进行比较，如果这一点的高度值大于周围 8 个点的值则为高压中心，如果小于周围 8 个点的值则为低压中心。经过这种处理后的结果，在某些闭合圈内的中心不能完全判出，如某一点和周围 8 个点的一些值是相等的，即存在比较大面积的等值点。

解决的方法是：对每一个闭合圈判断其内部有无中心点，如果有则不再寻找，如果没有，则计算其几何中心，并把几何中心的网格点上的高度值调出来与这一闭合圈的高度值进行比较，如果这一点的值小于闭合圈的高度值则判为低压中心，反之则为高压中心。

做完以上工作后，对高、低压中心进行标识。详细过程见图 1。

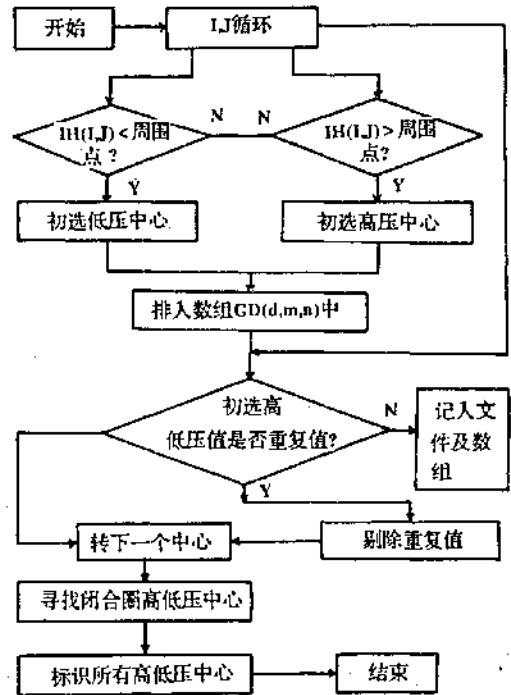


图 1 程序框图

3.2 槽线的判识

槽线识别较高低压中心困难得多。我们此次采用对网格点进行差分求导数的方法找

槽线。

3.2.1 寻找槽点

槽线的识别是在天气图等高线完成的基础上进行的。

首先,调出等高线上各点坐标。应用数值预报中中央差分的方法进行逐点的极值判断。此处只做了槽点判断,对于脊点同理。假设所有等高线都是从右面进入,则对于等高线上任一中间点来说,将前两点 and 后两点进行中央差分,如果满足以下条件:

$$P_j > P_{j-2} \text{ 且 } P_j > P_{j+2}$$

(P_{j-2}, P_j, P_{j+2} 为等高线上某3点的纵坐标)则可定此点为槽点。由此可找出一条等高线上所有槽点,继而找出规定区域内(本文中为亚欧区域)所有槽点。

第二,剔除多余槽点。由于实际资料的误差,有时在同一等高线上会找到非常相近的两个槽点,这是不真实的。采取的办法是取中间值,两点变一点,以确定唯一的槽点。

第三,用实测风场订正槽点。利用兰勃脱投影转换关系和风场的特征可将各站风场信息标识于图上。已找到的槽点和附近风场比较,若附近风场小于 270° ,则将槽点向左修正至 $\geq 270^\circ$ 风场右侧为止。

第四,考虑到实际天气图中有许多槽线是由低压中心开始的,故在计算槽点时,必须将其考虑进来。至此,将高低压中心和所有的槽点均以其坐标值(X, Y)的形式存入文件中。需要说明的是,为了给以后找脊线的工作带来方便,存入文件时,高压中心先存入1,而低压中心存入2,再分别存入 X, Y 坐标值,而槽点中也夹杂着一些高压脊中的所谓“槽点”,这在下步将剔除。

3.2.2 同一槽线的槽点判别

3.2.2.1 槽线的分组归类:现在的问题是这么多槽点,如何知道哪些槽点是属于同一槽线,哪些又不是呢?在此,我们采取了“深度优先搜索法”。

具体做法是:将存入磁盘中的槽点文件

打开,并读入数组,从数组的第一个元素开始寻找。若满足以下模糊条件:①第一点和第二点横坐标之差 $<$ 某一规定值;且②第一点和第二点纵坐标之差 $<$ 某一规定值,则认为第二点与第一点同属于一个槽线,并放入新数组。且废除旧数组中第一点。之后,将第二点视为第一点,再做以上判断,若满足条件,便可视为槽线上的第三点。再以第三点为起点,找到第四点……。由此寻找下去,直至此槽线的终点。把这个槽上所有的槽点做为一个序列存入文件中,并以-1做为结束标记。而所有寻找过的点也以-1做标记,以此表示该点已被访问过,以后不再搜索。

同样道理,再找到一个槽线开头。可以搜索出此槽线上所有的槽点,记入文件……。依此类推,可把所有的槽点按槽线变成几个有规律的序列,以槽线为单位存入文件,从而完成了槽点到槽线的归类分组工作。

3.2.2.2 剔除虚假槽线:在实际工作时,由于计算槽点时取的是极值点的坐标值,并且每一条等高线的谷值点都被视为槽点,这样,就把一些高压区的曲线谷值点也并入槽点中了,这是不合理的,所以要把它们剔除掉。方法是,存每一根槽线的槽点时,把此槽点的高度值也存起来。根据槽线沿 Y 方向是增大高度值还是减小高度值来判断是高压的谷值,还是低压谷值,从而去掉高压区的虚假槽线。

3.2.3 连接槽线

3.2.3.1 槽线连接方法:若将同一槽线上的各槽点直接连起来,只能将槽线表现为折线,这是很不美观的。最佳的方法是,视同一槽线上的槽点为一连续槽线上的若干个离散点,应用最小二乘法理论对其进行拟合。我们知道,槽线是一个开口的二次曲线,因此,我们可以将离散点拟合成一个二次曲线。

可设 X_i, Y_i 是槽线上的离散序列, $i=1 \dots n_0$ 。因槽线是二次曲线,因而可设此槽线符合以下曲线方程,即

$$X_i = a_1 Y_i^2 + a_2 Y_i + a_3$$

这是一个可以化成多元线性回归方程的方程组。由最小二乘法, 设 $F_i(a_1, a_2, a_3) = \sum \varepsilon_i^2 = \sum (X_i - (a_1 Y_i^2 + a_2 Y_i + a_3))^2$, 若要求残差平方和 ε_i^2 为最小, 也即 a_1, a_2, a_3 为何值时 $F_i(a_1, a_2, a_3)$ 取得极小值, 只有 $F_i/a_1 = 0$, 且 $F_i/a_2 = 0$ 及 $F_i/a_3 = 0$, 由此可得关于 a_1, a_2, a_3 的多元线性方程组。

用高斯列主元素法解 a_1, a_2, a_3 , 由此得到能最大限度描述离散槽点的槽线特征的二次曲线。

以方程 $X = a_1 Y^2 + a_2 Y + a_3$ 中 Y 为自变量, 取步长 0.1, 计算出对应 X 值, 得出一个序列, 然后依次连线, 由此得到一条光滑的槽线。其它槽线同理。

3.2.3.2 对槽线的修正: 由于实际离散点有误差, 得出的曲线有可能是向右开口的。这种情况, 我们可利用过二次曲线头尾两点得到的直线方程, 根据此方程的法线方程, 得出此抛物线各点。以直线方程为对称轴的对称点, 把各对称点连接起来, 就可得出修正的槽线。

槽线识别的主要流程框图如图 2 所示。

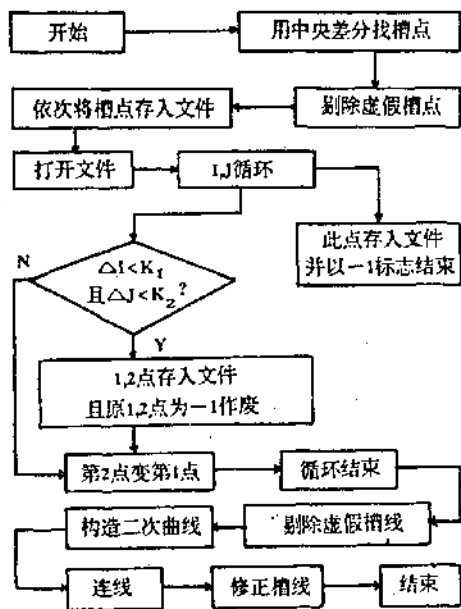


图 2 槽线识别流程框图

4 实验结果

工作结果表明, 用以上方法寻找的高、低压中心和槽线, 基本上如实地反映了这些天气特征的“原貌”(图 3)。从实验图中, 我们可以看到, 高、低压中心的标识基本上是准确的, 槽线的绘制也较精确。

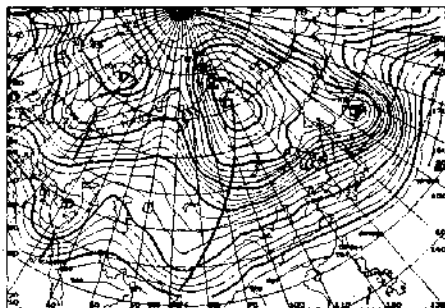


图 3 1994 年 1 月 15 日 20 时 500hPa 高度场及高、低压中心、槽线识别

本次实验采用的是历史天气资料中的欧洲 500hPa 网格点资料, 在此仅举其中的几个图例。

高、低压中心的标识采用字符放大方法。高压中心显示一个放大的蓝色“G”, 低压中心显示一个放大的红色“D”, 与手工天气图中标识方法一致。槽线标识显示中, 采用加粗的黄色线(16 色中没有与手工天气图中同样的棕色)标识。

实验表明, 用计算机是可以实现自动识别高、低压中心和槽线等天气特征的。虽然目前实验不多, 但初步实验结果显示出计算机识别此两天气特征的可行性。相信通过完善和进一步实验, 可以在业务中投入使用。

5 存在的不足及改进的方法

高、低压中心和槽线的识别还存在位置偏差和误、漏判现象。其原因, 一是无风场的客

观分析资料,用实测风只能进行个别槽点的订正,二是实际资料精度不够。改进的方法是:

①引入风场客观分析资料,进行多项参数判别。

②对于槽线来说,除加入风场外,还应考虑用曲率修正。我们知道,槽线就是气旋式曲率最大的地方,因此对等高线而言,必须计算其曲率。在这方面我们已进行了一些实验,证明通过找等高线气旋式曲率最大点来修正槽线点是可行的。这些试验结果将在以后的文章中再详述。

③加密网格,以减小误差。

6 结语

用计算机进行高低压中心、槽线等天气特征识别有着很实际的用途,它一可以省去许多人员的时间,二可以避免因人而异产生的误差。在这方面做的工作还只是初步尝试,

还需要做多方改进。另外,天气特征很多,如锋面、切变线、脊线等,有许多项目需要我们去。因此,通过计算机进行天气特征识别的前景是很广阔的。

本项工作,在技术上得到省台总工王铭如同志的多方指导,并且本文中地形图资料、网格法绘等值线及风场填图方法均由王总提供 FORTRAN 原程序,在程序调试过程中,得到其它同志的帮助和协作,在此一并致以深深的谢意!

参考文献

- 1 陆润民,杨惠英,施寅,计算机绘图,北京:清华大学出版社,1992.
- 2 Herbert Schildt. C 语言与人工智能(美),白为民,张学生译,北京:中国科学院希望电脑技术公司,1991.
- 3 四川大学数学系高等数学教研组,高等数学,北京:人民教育出版社,1979.
- 4 数值天气预报,北京气象学院(油印本).
- 5 张健,王耀生,天气图的图形识别,待发表.

A Test of Recognition of Centres of High and Low Pressure and Trough-Line

Yuan Meiyong Xu Nanping Yu Zhendong

(Heilongjiang Meteorological Bureau, Haerbin 150030)

Abstract

Europe-Asia regional grid data is prepared and converted into computer screen grid data. By calculation, contour lines are drawn up. And then, high pressure centres and low pressure centres and trough-lines are determined with statistical recognition and fuzzy recognition technology, and reduced with wind observation. Test suggests that a connection of artificial intelligence work station could be made.

Key Words: pattern recognition high and low pressure centre trough-line