

计算机天气图图形识别

李振海

(山东省气象台, 济南 250031)

提 要

根据天气系统的定义和实际业务中的天气图分析规范, 总结出了 500、700、850hPa 3 层高空天气图上特征等高线、特征等温线、槽线(含切变线)、高(低)中心、冷(暖)中心以及热带气旋的识别方法及其判别式, 并给出了实现计算机自动识别的程序设计步骤。

关键词: 图形识别 特征等值线 槽线 高、低中心 冷、暖中心 热带气旋

前 言

“计算机天气图图形识别”是“省级系统天气预报智能工作站”总课题中的一个专题。在天气预报智能工作站中, 使用的数据主要是具有天气学意义的天气系统。本专题的目的即是要实现天气图上天气系统的计算机自动识别, 这是人工智能工作站实现客观自动化的重要一环。

根据中、短期天气预报的特点和总课题的统一设计, 本专题实现了以下天气系统的计算机自动识别和数据采集: 500、700、850hPa 3 层高空天气图上特征等高线¹⁾, 特征等温线, 槽线(含切变线), 高(低)中心, 冷(暖)中心及热带气旋。下文将详细叙述识别的方法及程序设计步骤。下述方法基于经纬度网格点资料。

1 特征等值线的识别

采用“追踪法”识别特征等值线, 获取等值线与网格线交点的经纬度。所谓“追踪法”就是先在搜索区域上找到一个符合条件的点(等值线与网格线的一个交点。如: 网格线上相邻两端点值 H_A 和 H_B 及等值线值 H_0 满足 $(H_A - H_0) \cdot (H_B - H_0) < 0$, 则在 A、B 间存在一个满足条件的点), 不妨称为该等值线的一个起点, 然后判断该点所在四边形网格

的另外 3 棱边, 找出符合条件的后续点。

为了简化处理, 采用以下小技巧: ①为了将等值线恰好通过网格点这一特殊情况一般化, 把与等值线的值等值的网格点数据加上(或减去)一个微小量; ②为了避免重复判断, 对每一网格棱边设标志 HFLAG_{ij}(横棱边)或 VFLAG_{ij}(纵棱边); ③为了指示追踪方向, 设方向标志 d , $d=0, 1, 2, 3$ 分别表示等值线从上、左、下、右 4 个方向进入一个四边形框。下文把根据 d 值确定的等值线进入的四边形框称为 d 框。例如 $d=0$ 说明等值线通过上棱边进入 d 框, 等值线的下一点将在 d 框的左、右、下 3 棱边上产生, 又 $d=3$ 说明等值线通过右棱边进入 d 框, 等值线的下一点将在 d 框的上、下、左 3 棱边上产生等。这 3 条棱边称为 d 框的出口边。下面给出识别特征等值线 H_0 的程序设计步骤:

①外循环, 自上而下, 自左而右顺序搜索区域的每一网格棱边;

②若某一棱边 AB 无标志 HFLAG_{AB}(VFLAG_{AB}), 且其两端点值 H_A 和 H_B 满足

$$(H_A - H_0) \cdot (H_B - H_0) < 0$$

1) 特征等高(温)线是指能大致反映当时天气图上天气形势的某些等高(温)线, 后文统称特征等值线。

表示点 (x, y) 为特征等值线 H_0 的一个起点, 记录该点并执行以下内循环。否则, 转至③。

其中, AB 为横棱边时

$$\begin{cases} x = x_A + (H_0 - H_A)/(H_B - H_A) \cdot (x_B - x_A) \\ y = y_A = y_B \\ d = 0 \end{cases}$$

AB 为纵棱边时

$$\begin{cases} x = x_A = x_B \\ y = y_A + (H_0 - H_A)/(H_B - H_A) \cdot (x_B - x_A) \\ d = 1 \end{cases}$$

x, x_A, x_B 和 y, y_A, y_B 分别为相应点的经度和纬度。

H_D 满足

$$(H_C - H_0) \cdot (H_D - H_0) < 0$$

a. 内循环, 顺序判断 d 框的 3 出口边;

则 (x_1, y_1) 为特征等值线 H_0 的后续点, 记录该点。否则转至 d 。其中, CD 为横棱边时

b. 若 d 框的某一出口边 CD 无标志 HFLAG_{CD}(VFLAG_{CD}), 且其两端点值 H_C 和

$$\begin{cases} x_1 = x_C + (H_0 - H_C)/(H_D - H_C) \cdot (x_D - x_C) \\ y_1 = y_C = y_D \\ d = \begin{cases} 0 & y_1 < y \\ 2 & y_1 > y \end{cases} \end{cases}$$

CD 为纵棱边时

$$\begin{cases} x_1 = x_C = x_D \\ y_1 = y_C + (H_0 - H_C)/(H_D - H_C) \cdot (y_D - y_C) \\ d = \begin{cases} 1 & x_1 > x \\ 3 & x_1 < x \end{cases} \end{cases}$$

c. 置标志 HFLAG_{CD}(VFLAG_{CD}), 视 (x_1, y_1) 为起点, 即令 $x = x_1, y = y_1$;

置确定连线。

d. 循环执行 a—c, 直到 d 框的 3 出口边均有标志 HFLAG_{ij}(VFLAG_{ij}), 或者已到达区域外边框为止;

2 槽线、切变线的识别

在高空等压面天气图上, 槽线和切变线主要是指风向的气旋性变化, 是经纬度坐标 (x 轴沿纬圈指向东, y 轴沿经线指向北) 下风的 u 和(或) v 分量的零点连线。

③置标志 HFLAG_{AB}(VFLAG_{AB});

④重复执行①—③。

横向相邻两格点间存在槽线点时, 必须满足条件

在上述步骤②a 中提及的“ d 框 3 出口边”的判别是有先后顺序的, 应先两邻边后对边, 否则当遇到鞍形场时, 将出现等值线相交的错误(图 1a), 两邻边的先后判断次序虽也会产生不同的走线(图 1b, 1c), 但已不是原则性错误。当然, 也可以根据前后点的相对位

$$v_L < 0 \quad \text{且} \quad v_R > 0$$

有图 2a 所示的 4 种可能配置。

纵向相邻两格点间存在槽线或切变线点

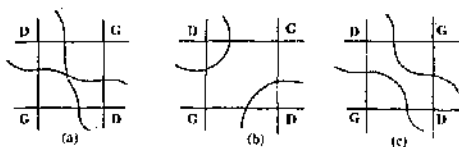


图 1 特征等值线识别示意图

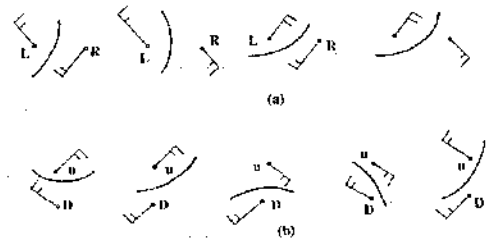


图 2 槽线和切变线识别示意图

时,必须满足下列条件之一:

$$(1) u_U < 0 \text{ 且 } u_D > 0$$

$$(2) u_U > 0 \text{ 且 } u_D > 0 \text{ 且 } v_U < 0 \text{ 且 } v_D > 0$$

有图 2b 所示的 5 种可能配置。

槽线和切变线的识别步骤与特征等值线的识别步骤类似,也是先找到槽线或切变线的一个起点,然后追踪寻找其后续点。下面给出具体的程序设计步骤:

①将 u 或 v 分量为零的格点数据加上(或减去)一个微量;对每一网格棱边设标志 $HFLAG_{ij}$ ($VFLAG_{ij}$); 设方向标志 d ;

②外循环,自上而下,自左而右顺序搜索区域的每一网格棱边;

③当 LR 为横棱边时,若无标志

$$\begin{cases} x = x_U = x_D \\ y = \begin{cases} y_U - u_U \cdot (y_D - y_U) / (u_D - u_U) & u_U < 0 \\ y_U - v_U \cdot (y_D - y_U) / (v_D - v_U) & u_U > 0 \end{cases} \\ d = 1 \end{cases}$$

a. 内循环,顺序判断 d 框的 3 出口边;

b. 若 d 框的某一横出口边 LR 无标志 $HFLAG_{LR}$,且左右两格点满足

$$\begin{cases} x_1 = x_L - v_L \cdot (x_R - x_L) / (v_R - v_L) \\ y_1 = y_L = y_R \\ d = \begin{cases} 0 & y_1 < y \\ 2 & y_1 > y \end{cases} \end{cases}$$

若 d 框的某一纵出口边 UD 无标志 $VFLAG_{UD}$,且上下两格点满足条件

$$(1) u_U < 0 \text{ 及 } u_D > 0$$

$$\begin{cases} x_1 = x_U = x_D \\ y_1 = \begin{cases} y_U - u_U \cdot (y_D - y_U) / (u_D - u_U) & u_U < 0 \\ y_U - v_U \cdot (y_D - y_U) / (v_D - v_U) & u_U > 0 \end{cases} \\ d = \begin{cases} 1 & x_1 > x \\ 3 & x_1 < x \end{cases} \end{cases}$$

c. 置标志 $HFLAG_{LR}$ ($VFLAG_{UD}$), 令 $x = x_1, y = y_1$;

d. 循环执行 a—c, 直到 d 框的 3 出口边均有标志 $HFLAG_{ij}$ ($VFLAG_{ij}$), 或者已到达区域外边框为止;

④置标志 $HFLAG_{LR}$ ($VFLAG_{UD}$);

⑤重复执行②—④。

3 高、低、冷、暖中心及热带气旋识别

$HFLAG_{LR}$, 且左右两格点之 v 分量满足

$$v_L < 0 \text{ 及 } v_R > 0$$

则 (x, y) 为某一槽线的起点, 记录该点并执行以下内循环。否则转至④。

$$\begin{cases} x = x_L - v_L(x_R - x_L) / (v_R - v_L) \\ y = y_L = y_R \\ d = 0 \end{cases}$$

当 UD 为纵棱边时, 若无标志 $VFLAG_{UD}$, 且上下两格点满足下述条件之一:

$$(1) u_U < 0 \text{ 及 } u_D > 0$$

$$(2) u_U > 0 \text{ 及 } u_D > 0, \text{ 且 } v_U < 0 \text{ 及 } v_D > 0$$

则 (x, y) 为某一槽线或切变的起点, 记录该点并执行以下内循环。否则转至④。

$$v_L < 0 \text{ 及 } v_R > 0$$

则 (x_1, y_1) 为槽线或切变线的后续点, 记录该点。否则转至 d。

$$(2) u_U > 0 \text{ 及 } u_D > 0, \text{ 且 } v_U < 0 \text{ 及 } v_D > 0$$

之一, 则 (x_1, y_1) 为槽线或切变线的后续点, 记录该点。否则转至 d。

高、低、冷、暖中心的识别是在网格点上搜索 5 点、9 点或 25 点范围内的最大(小)值, 对于非均值场, 只要依次拿每一格点值与其周围 4 点、8 点或 24 点的值一一比较, 即可找到中心。对于均值区, 采用“腐蚀”算法, 取其几何中心。“腐蚀”运算是图形图象处理中常用的基本运算之一, 其基本思想是用给定半径的小球沿一个复杂图象的内沿线滚动

一周,小球圆心的轨迹即是原图象经“腐蚀”变换得到的图象。经过“腐蚀”运算可以得到一个复杂图象的简单轮廓,经过有限次“腐蚀”运算,可得到原图象的几何中心。借助这一思想,我们设计了确定网格点均值区几何中心的方法,下面以搜索5点范围内的最大(小)值为例介绍该方法:

①设定一个相对于场量(高度值或温度值)的微量 μ ;

②顺序搜索场内每一网格点;

③每一格点值与其周围(上、下、左、右)4个格点的值比较,若有 $n(n=0,1,2,3,4)$ 个格点与该格点等值,则将该格点值加上(减去) $n\mu$;

④重复执行②—③,直到对所有格点均有 $n<2$ 。此时,除少数相邻两格点等值外,已无均值区,或者说已不存在超过两点的均值区。用下述步骤可很容易地确定最大(小)中心。

①顺序搜索场内每一网格点;

②若 $H_{i,j} > H_{i-1,j}$ 及 $H_{i,j} > H_{i,j-1}$
且 $H_{i,j} \geq H_{i+1,j}$ 及 $H_{i,j} \geq H_{i,j+1}$
则点 (i,j) 为一最大中心;
若 $H_{i,j} < H_{i-1,j}$ 及 $H_{i,j} < H_{i,j-1}$
且 $H_{i,j} \leq H_{i+1,j}$ 及 $H_{i,j} \leq H_{i,j+1}$
则点 (i,j) 为一最小中心;

③重复①—②。

4 热带气旋的识别

热带气旋的识别,不是通过对天气图上的要素场运算实现的,而是采用机器翻译热带气旋报文的途径。后者比前者确定的热带

气旋准确,而且实现方法简单。选用北京气象中心编发的热带气旋路径预报报文,它符合中国气象局天气预报警报司1991年5月下发的《台风业务和服务规定》中“热带气旋实况和预报电码”格式,报头为WTPQ20 BABJ(大小写无关)。根据电码格式中规定的关键字和各电码组的前后次序,可以很容易地从报文中检索到热带气旋的等级名称、编号、实况位置(经度、纬度)和强度(中心气压、近中心最大风速)。

5 小结

计算机图形图象识别是近几年计算界的一个热点,理论研究上虽出现了不少激动人心的成果,但能投入实际应用的领域还较狭窄。计算机天气图图形识别是气象人工智能所关心和急待解决的问题。本文从天气系统的定义和实际业务中的天气图分析规范入手,总结出了500、700、850hPa高空天气图上特征等值线、槽线(含切变线)、高低冷暖中心及热带气旋的识别方法,并给出了实现计算机自动识别的程序设计步骤。这些方法和步骤都是课题研究和开发成果的总结。程序试运行结果表明,对特征等值线、高低冷暖中心及热带气旋的计算机自动识别是成功的,可立即投入业务试运行。风场由于较高度场敏感,用计算机识别出的槽线及切变线虽主体位置正确,整体形状却有时不够规范,不易为预报员接受,还需结合等高线曲率调整和改进。

致谢:王耀生教授参加本专题方案讨论,在此感谢。

Graphics Distinguishment on Meteorogram with Computer

Li Zhenhai

(Shandong Meteorological Observatory, Jinan 250031)

Abstract

Based on synoptic systems' definitions and meteorogram analysing standard, methods and formulas, to distinguish typical equiscalar line, trough-line, high center, low center, cold center, warm center and tropical cyclone are summed up, and the distinguishing procedure with computer is given.

Key Words: typical equiscalar line trough-line high (low)center cold (warm) center tropical cyclone