

GRIB 数据中气象要素等值线的绘制

党兰学, 侯彦娥

(河南大学 计算机与信息工程学院, 河南 开封 475004)

摘 要: 民航使用的世界区域预报系统中的风温资料都是以 GRIB 码形式提供, 为了将 GRIB 资料可视化显示, 分析了 GRIB 数据压缩原理和解码方法, 并给出 GRIB 资料中气象要素等值线的绘制方法。

关键词: GRIB; 等值线; 网格法; 数值预报

中图分类号: P409

文献标志码: A

文章编号: 1003-4978(2010)06-0603-04

Draw Contours of Meteorological Elements in GRIB Data

DANG Lan-xue, HOU Yan-e

(College of Computer and Information Engineering, Henan University, Kaifeng Henan 475004, China)

Abstract: Air temperature data in the World Area Forecast System that civil aviation used are based on GRIB code form. In order to display GRIB data, this paper analyzes the method of compression and decoded GRIB data, and gives the method of drawing contours of meteorological elements in GRIB data.

Key words: GRIB; contour; rectangular grid; numerical forecast

0 引言

随着气象服务的不断扩展, 气象产品越来越多. 产品的共享使用要求使用一种标准的能够快速在网络上传输的数据存储格式^[1]. 气象资料编码主要有字符编码和表格编码两种. 字符编码直观, 但是每种编码都要对应一个解码程序. 表格驱动码具有自我描述能力强、可扩展性强、数据压缩功能强、编解码程序简化等特点, 因此世界气象组织(WMO)建议逐渐由字符格式编码向表格驱动码进行过渡^[2]. GRIB(GRIded Binary)资料采用表格驱动编码, 它是一种基于“位”的二进制数据交换格式, 通过把各种相关数据打包压缩为 GRIB 码, 使信息的组织方式比起基于字符的形式要紧凑得多, 因此有利于资料的存储和加快计算机与计算机之间的传输速度. 目前越来越多的气象产品采用 GRIB 编码发送, 比如民航系统使用的 WAFS 风温资料就是以 GRIB 码形式提供的. 因此, 分析利用这些 GRIB 码资料、提取其中用户关心的数据并进行可视化处理, 是提高气象服务质量的关键. 目前对 GRIB 资料的可视化处理大多是基于 GrADS 工具来进行, 不能满足用户个人的灵活需求. 本文在分析 GRIB 资料压缩原理的基础上, 将 GRIB 资料解码, 并在此基础上利用网格法绘制气象要素的等值线, 解决了部分 GRIB 数据可视化的问题.

1 GRIB 数据解码与网格化处理

1.1 GRIB 数据解码

为了解码 GRIB 资料, 就需要先分析其压缩原理. GRIB 码是格点场数据, 其编码变换公式为

$$Y_K \cdot 10^D = R + X_K \cdot 2^E \quad (K = 1, 2, \dots, n). \quad (1)$$

收稿日期: 2010-05-20

基金项目: 国家航天局航天遥感论证中心国防科技工业民用专项科研技术研究项目(2010A03A1000); 河南大学科研基金项目(2009YBZR019)

作者简介: 党兰学(1980-), 男, 河南唐河人, 硕士. 主要研究方向为空间数据处理.

其中: Y_K 是原始数据, D 为 10 的幂指数, R 为所有值中最小值(称为基数), X_K 是写入文件的数据, E 是 2 的幂指数. 数据压缩的方法是先把所有的原始数据写为 $Y_K \cdot 10^D$ 的形式, 然后减去数据集中的最小值 R , 再转化为 $X_K \cdot 2^E$ 的形式, 最后把 D, E, R, X_K 按照一定的格式写入文件中形成 GRIB 数据文件^[1,3].

GRIB 的解码与压缩是相对的, 即从压缩后的数据中计算出原始数据. 由式(1)可推导出计算原始数据 Y_K 的解码公式:

$$Y_K = (R + X_K \cdot 2^E) / 10^D \quad (K = 1, 2, \dots, n). \quad (2)$$

接下来要利用式(2)从 GRIB 资料中获取计算 Y_K 的参数值, 即 R, X_K, E 和 D 的值. 文献[1]介绍了 GRIB 数据的结构, 指出 GRIB 数据中的每条记录是由若干段构成的. 其中产品定义段包含的信息有: 物理量的标识及物理量参照表的版本、GRIB 数据的制作中心及所使用的数值预报模式. 数据覆盖的地理区域、式(1)中的参数 D 、数据所在的高度层以及日期时间信息; 二进制数据段(BDS)包含: 打包后的网格点数据(即公式中的参数 X_K)、式(1)中的参数 E 和 R . 文献[4]对各个段内的模板定义、使用的代码表以及数据的组织方式进行了详细的介绍, 通过分析可以从其中获取式(2)右侧的各个变量的值, 从而计算出每个格点的数值. 解码后得到的 GRIB 资料是按经纬度网格记录气象要素的值, 其中包含有以下参数: 区域中心、要素名称、发布时间、发布时次、预报时效以及气象要素的值.

1.2 GRIB 解码数据网格化处理

在进行等值线绘制时, 常用的方法有三角网法和网格法. 本文利用矩形网格法来实现等值线的绘制. 网格法的基本思想是将需要绘制的区域分成矩形网格, 利用区域内的离散数据点, 使用某种内插方法求出网格点的要素值, 形成一组规则的矩形网格数据. 在此基础上寻找等值点, 然后按一定的方案追踪等值点, 最后将追踪排列好的等值点联结成光滑曲线^[5-6].

GRIB 数据是格点数据, 但是它是按照经纬度的跨度来定位点的. 即同一经线上相邻点的经度间隔相等, 同一纬线上相邻点的纬度间隔相等. 因为地球近似球体, 所以相同经度的间隔在不同纬度上距离不同, 因此 GRIB 数据点在投影到计算机屏幕上就不会呈现出规则的矩形网格, 而是一个个近似的梯形, 如图 1 中粗线所示. 为了使用网格法绘制等值线, 就需要将 GRIB 数据进行网格化处理.

在图 1 所示的矩形网格中, 点 A 必然会被它周围粗线相交构成的 4 个经纬度网格上的点 B, C, D, E 所包围. 假设 A 点的屏幕坐标为 (x_a, y_a) , 利用坐标转换得 A 点的经纬度坐标为 (j_a, w_a) , 根据 A 点的经纬度可以得知其四周的 B, C, D, E 4 个点的经纬度, 然后将 4 个点的屏幕坐标求假设分别为 $(x_b, y_b), (x_c, y_c), (x_d, y_d)$ 和 (x_e, y_e) , 它们对应点上的要素值为 W_b, W_c, W_d 和 W_e . 采用距离倒数法, 根据周围 B, C, D, E 4 点的值求出 A 点的值, 计算公式为:

$$W_A = \left(\frac{1}{AB^2} \cdot W_b + \frac{1}{AC^2} \cdot W_c + \frac{1}{AD^2} \cdot W_d + \frac{1}{AE^2} \cdot W_e \right) / \left[1 / (AB^2 + AC^2 + AD^2 + AE^2) \right], \quad (3)$$

AB, AC, AD, AE 分别为 A 点到 B, C, D, E 4 点的直线距离, 其中

$$AB = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}, \quad (4)$$

其他亦可类似求出. 通过循环对矩形网格中的每个点进行插值, 最终得出规则的网格数据.

2 等值点计算

对于网格中的每个矩形, 都用其左下角的索引号表示该矩形, 如图 2 所示, 该网格用 $G(i, j)$ 表示. 顶点的坐标和要素值分别用 $(x_{i,j}, y_{i,j})$ 和 $W_{i,j}$ 表示. 对于每个矩形, 都只考虑其下边和左边是否有等值点, 对于其上边和右边, 分别放到其上方网格和右侧网格中考虑. 需要注意的是, 绘制区域的最上方边界和最右侧边界

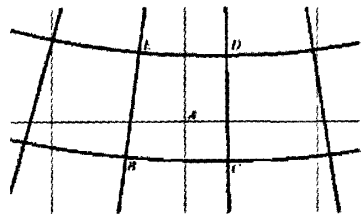


图 1 经纬网格转换为矩形网格

Fig. 1 Longitude and latitude grid is converted to rectangular grid

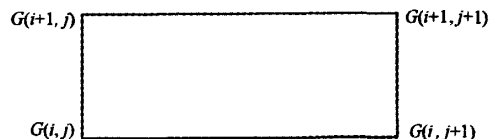


图 2 矩形网格示意图

Fig. 2 Schematic diagram of rectangular grid

所在网格都是只有一个边,需要判断索引是否越界。

对于值为 W 的等值点,当图 2 中的 $(W_{i,j} - W) \cdot (W_{i,j+1} - W) < 0$ 或 $(W_{i,j} - W) \cdot (W_{i+1,j} - W) < 0$ 时在 $G(i,j)$ 这个网格的下边或左边(不含顶点)上存在等值点。等值点在下边上时,等值点坐标 (x', y') 由以下公式计算可得:

$$x' = x_{i,j} + \frac{W - W_{i,j}}{W_{i,j+1} - W_{i,j}} \cdot dx,$$

$$y' = y_{i,j}.$$

等值点在左边上时,等值点坐标 (x', y') 计算公式如下:

$$x' = x_{i,j},$$

$$y' = y_{i,j} + \frac{W - W_{i,j}}{W_{i+1,j} - W_{i,j}} dy.$$

当然,当 $W_{i,j}$, $W_{i,j+1}$ 或 $W_{i+1,j}$ 与 W 相等时,网格的顶点即为等值点。由于网格的顶点为 4 条边的交叉点,在追踪等值线时会因为方向不明造成混乱,因此需要对等值点做微小的修正。

3 等值线绘制

3.1 等值线追踪规则

对于一个矩形网格,等值线入边一旦确定,其他 3 条边都可能作为出边。追踪过程中使用过的点都加以标记,禁止再次使用。为了便于追踪,我们按照如下规则来确定等值线的走向。

1) 首先判断与入边相邻的两条边上是否有没访问过的等值点,如果只有一条边上有,则选择该等值点为追踪到的下一个等值点。

2) 如果在步骤 1) 中两条边都有可用的等值点,则比较两个等值点与入点在坐标轴上的垂直距离大小,选择距离较小的作为下一个等值点。

3) 如果步骤 2) 中计算的两个等值点与入点在坐标轴上的垂直距离大小一样,则计算两个等值点与入点的直线距离,选择距离较小的为下一个等值点,若距离相等,则选择网格边上与入点成顺时针方向的点。

4) 如果相邻两边都没有等值点,则选择对边上的等值点为下一个追踪到的等值点。

5) 以追踪到的等值点为新网格的入点,继续步骤 1),直到该条等值线追踪完毕。

从最小值到最大值,根据设置的等值线值的间隔,不同值对应着不同的等值线,同一个标注值也可能对应着很多条等值线。因为绘制区域是有范围限制的,所以并非所有的等值线都是闭合的,等值线的追踪分为开曲线和闭合曲线。

3.2 等值线追踪

开曲线的首尾都是在边界上的,因此从绘制区域的 4 条边界线开始搜索可以追踪到所有的开曲线。首先在下边界追踪,从左到右判断网格的下边界是否有等值点,如果有则从该点开始按照 3.1 中的算法追踪完该条等值线。然后继续向右查找等值点,如有可使用的等值点,则重复上述过程完成等值线追踪。否则对左边界、上边界和右边界做类似于下边界的开曲线追踪。4 条边遍历完之后,所有的开曲线都已经追踪得到。

从绘制区域的左下角 $(i = 2, j = 2)$ 开始,按照从左到右、从下到上的顺序遍历每个网格,如果网格上存在没有使用的等值点,则以此为头追踪等值点,直至等值线闭合。然后继续寻找等值点,每找到一个等值点,都新追踪到一条闭合的等值线。直至所有的网格都遍历一遍,便完成了所有等值线的追踪。对于所有追踪到的等值线上点,通过画线方法将其连接起来绘制成线,并在等值线上每隔一定距离标注上等值线所表示的值。至此,等值线的追踪绘制便全部完成。

3.3 等值线绘制结果

利用作者设计的方法,使用 Visual Studio 2008 实现了基于 GRIB 数据绘制气象要素等值线的程序。图 3 是利用 2007 年 9 月 26 日 12 时中国国家气象局发布的 GRIB 资料,绘制的层为 700 hpa 局部区域 72 h 预报的温度等值线图,图中较粗的黑色实线即为绘制出的等值线,线上标注的数字为等值线代表的温度值。

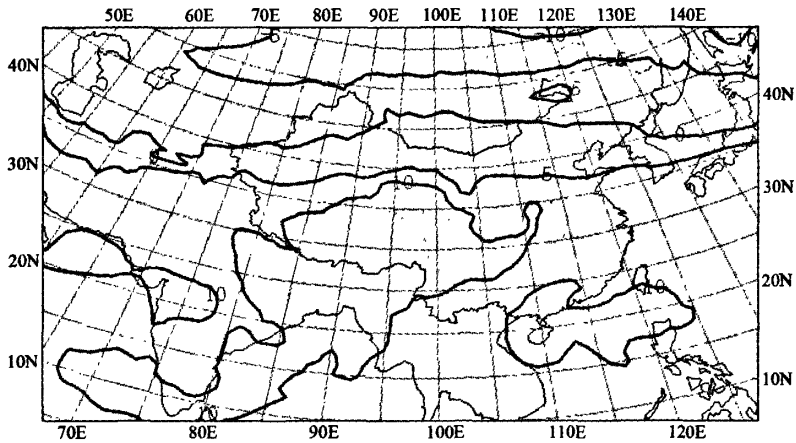


图 3 2007 年 9 月 26 日 12 时预报的 700 hpa 温度等值线图
Fig. 3 700 hpa temperature contours at 12 o'clock on September 26, 2007

4 小结

GRIB 数据可视化以后可以提高气象服务的质量, 目前大多是基于 GrADS 工具来实现. 使用已有工具处理 GRIB 数据虽然方便, 但是不能够根据用户的特殊需求灵活处理. 文中分析了 GRIB 数据的压缩原理和解码方法, 使用距离幂倒数插值法对解码后的 GRIB 数据进行矩形网格化处理, 在此基础上绘制出气象要素的等值线, 为 GRIB 数据的可视化处理提供参考方法.

参考文献:

- [1] 乔云亭, 谢逸. GRIB 数据及其在 GrADS 中的使用[J]. 广东气象, 2001(3): 25-27.
- [2] 刘媛媛, 应显勋, 赵芳. GRIB2 介绍及解码初探[J]. 气象科技, 2006, 34(9): 61-64.
- [3] 孙秀彬, 应显勋. GRIB 码的压缩原理及其算法[J]. 气象, 1992, 18(9): 46-48.
- [4] 国家气象信息中心通信台. 表格驱动码编码手册[M]. 北京: 气象出版社, 2005.
- [5] 宋丽娟, 龚晓峰, 钟猛. 基于网格法的等值线绘制方法[J]. 现代电子技术, 2005(14): 65-67.
- [6] 张蔺廉, 范其平. 用规则四方矩阵网格资料分析等值线的一种方法[J]. 气象, 2006, 32(6): 75-77.

责任编辑: 梁宏伟