

天气雷达回波图象数据压缩方法

王国华 马启光

葛润生

(北京工业学院)

(气象科学研究院中尺度气象研究所)

提 要

文中介绍了一种天气雷达回波图象数据压缩方法,采用微分尖锐化的方法确定回波强度各分层的廓线,再用最小距离法和动态坐标追踪法对廓线点进行排序,并对数据进一步压缩。对回波图象数据压缩之前,应用掩膜滤波法对回波区边缘平滑,使保持原图的主要结构特征。使用这种数据压缩方法,压缩后的数据仅为原图象数据的7%左右,即数据压缩率为93%。

一、前 言

随着计算机技术广泛的应用,国内天气雷达系统正逐步进入数字化,目前已有了一些数字化的天气雷达系统^{[1][2]}。天气雷达回波数字化处理后,不仅能采用伪彩色方式直观显示回波强度分布图象,具有用计算机进一步处理回波资料的能力。同时数字化处理的回波资料宜于存贮和向用户传送^[3]。回波数据数字化处理的数据量很大,一幅 256×256 分辨率、8个强度等级的回波图数据量为24.6KB,IBM-PC的一张软盘至多存12幅回波图。当采用1200bps的通讯速率传送一幅回波图需3分钟的时间。因此天气雷达回波数据压缩已成为迫切需要解决的问题。本文设计了一种由掩膜滤波、交替尖锐化、最小距离排序构成的数据压缩方法。这种方法有较高的压缩率,压缩后仅用7%的原数据即可表示一幅回波图,且保持原图象包含的气象信息。设计的相应软件在IBM-PC上调试通过,并对实际回波数据进行处理,效果较好。

二、回波图象数据压缩的方法

对降水天气,特别是强对流天气,天气雷达是一种很好的探测工具,它可提供降水的空间位置、降水区大小、强度分布以及降水区的形状结构等有用信息。使用者据此作出降水天气和强对流天气的警报,并可估计降水量。当用压缩形式的数据贮存和传回波图时,须保持图中所包含的这些气象信息。

“0,1”数据压缩方法是一种可用于天气雷达回波图数据压缩的方法。这种方法对无回波数据的象素点不做存贮,只存贮有回波的象素点的强度值及其坐标,这样可减少回波图数据。类似的方法已在华北地区天气雷达人工数字化拼图中使用^[4]。这种压缩方法较难获得较高的压缩率,当回波覆盖面积大时压缩率很低,平均只能达30—40%。因此有必要寻找另一种回波图数据压缩方法。

本文提出的数据压缩方法的基本思路是:对全光栅回波数据进行滤波和尖锐化处理,提取等值线坐标位置和强度信息,去掉大量的分层内部冗余数据,完成第一步压缩。然后对坐标信息采用方向编码的方法,存储记录,完成进一步数据压缩,这样就可大幅度的压缩回波图数据量。为保持等值线精度和原始图结构特点,压缩过程中用掩膜滤波法对回波区边缘进行平滑;用最小距离法对等值线的点排序;用动态坐标追踪法消除等值线交叉点。压缩过程是可逆的,可用面积转换方法,由等值线再恢复全光栅回波图。

三、回波图象的掩膜滤波

降水回波分布形式随不同类型降水而有区别。通过回波图的结构及分布特征,使用者可以辨认降水类型和对应的降水系统。原始回波图中,弱回波区边缘较杂乱,这不仅给辨认回波结构带来困难,而且降低数据压缩率。所以首先对弱回波区边缘进行滤波平滑处理。

选取滤波方法时,一方面要能达到平滑杂乱分层边缘的目的,又不能损失回波的主要特征结构。为此本文选用了掩膜滤波方法^[5]。这种方法不仅能满足上述要求,而且具有速度快、占用内存少的优点。

掩膜滤波的公式为:

$$Z(m_1, m_2) = \sum_{n_1} \sum_{n_2} Z_0(m_1 - n_1 + 1, m_2 - n_2 + 1) \cdot h(n_1, n_2) \quad (1)$$

对天气雷达回波数据处理时,选用 $n_1, n_2 = 0, 1, 2$ 。对中分辨率回波图选用 $m_1, m_2 = 0, 1, 2, \dots, 255$,

$$H = \begin{bmatrix} h(2, 0) & h(2, 1) & h(2, 2) \\ h(1, 0) & h(1, 1) & h(1, 2) \\ h(0, 0) & h(0, 1) & h(0, 2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, 1 & 0, 1 & 0, 1 \\ 0, 1 & 0, 2 & 0, 1 \\ 0, 1 & 0, 1 & 0, 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

图1是一幅未滤波的实际探测到的降水回波图。图2是经过滤波处理后的同一幅回波图。

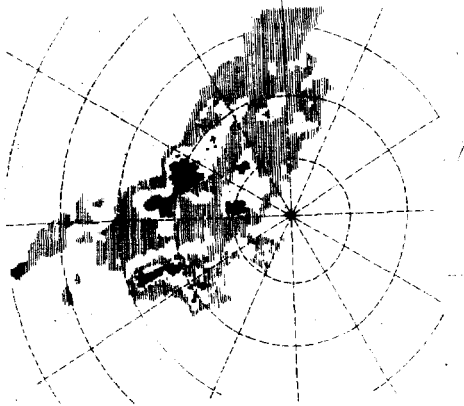


图1 未滤波的降水回波图

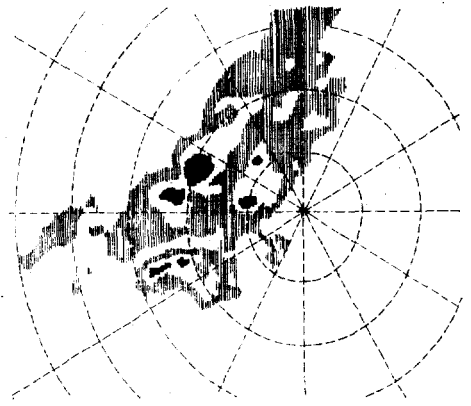


图2 滤波后的降水回波图

对图1与图2进行比较可看出,滤波后回波杂乱的边缘已基本平滑,回波区各强度分层结构更加清晰,分布特征不仅没有掩盖,反而更明显突出易于察觉。

从(1)和(2)式可看出,滤波不会使降水回波强中心位置变化。回波图中,每个象素表示一定的回波面积。比较各分层区所占象素多少,可以估计降水总量。本文用统计方法对滤波后降水总量变化规律进行分析检验。表 1 给出雷达实测到的一幅回波图滤波前后象素点数的变化。

表 1 滤波前后各强度区象素变化

象素点数 滤波数	回波强度区间				总数
	< 25dBz	25—35dBz	35—45dBz	> 45dBz	
0	42954	6343	1448	455	51200
1	42891	6471	1438	400	51200
2	42801	6599	1420	380	51200
3	42759	6680	1401	360	51200

由表 1 数据看出:滤波前后回波总面积不变。滤波中强回波区面积变化快,弱回波区面积变化小。具体程序设计时,可采用强回波区低次滤波,弱回波区高次滤波的方法,以减少滤波对降水总量估算的影响。

四、回波图廓线坐标的确定

回波分层边界线坐标位置可采用尖锐化方法确定。分层的回波值在廓线附近出现跃变,如对整个回波区进行微分运算,则可在廓线位置上获得较高的微分值,通过判别便可获得廓线的坐标位置。具体处理时,对回波区沿八个方向求离散差分,然后求和再与一给定门限比较,高于门限的记录坐标位置,低于门限则跳过。经过上述处理则可获得任意走向的廓线坐标值。

八个方向差分公式(即尖锐化公式)为:

$$W(x, y) = 8Z(x, y) - [Z(x+1, y-1) + Z(x+1, y) + Z(x+1, y+1) + Z(x, y-1) + Z(x, y+1) + Z(x-1, y-1) + Z(x-1, y) + Z(x-1, y+1)] \quad (3)$$

$$\begin{cases} W > R & \text{记录坐标值} \\ W \leq R & \text{跳过取下一个象素} \end{cases}$$

使用这种方法,在廓线密集区会出现廓线残缺或交叉现象。解决这一问题,使用了交替尖锐化方法。将各分层廓线的门限值交替的变换,使各分层之间保持一定的间隔,把一次尖锐化处理变成多次处理,大大改善了尖锐化效果,提高了廓线精度。图 3 是交替尖锐化的程序流程图。图 4 是经过交替尖锐化处理后提取的回波廓线图。

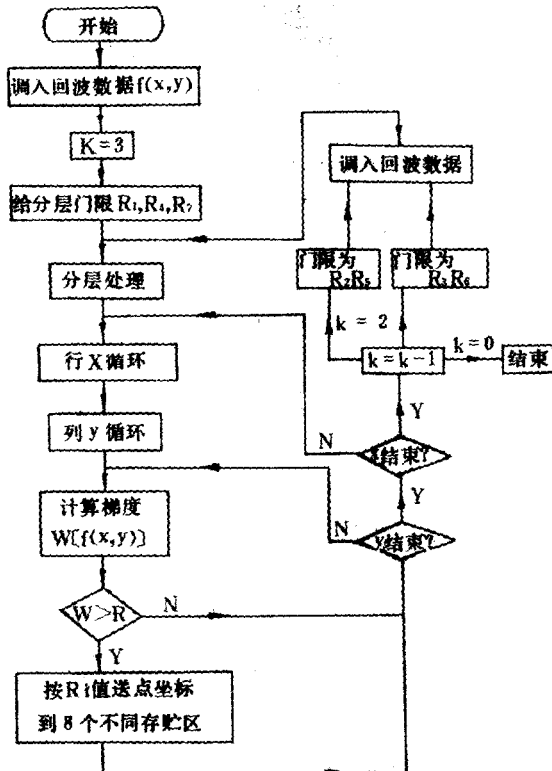


图 3 交替尖锐化程序流程图

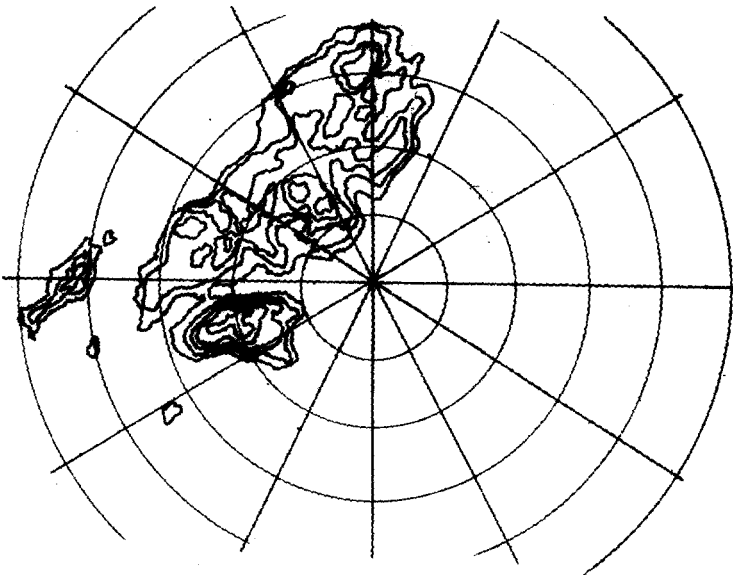


图 4 使用交替尖锐化处理后的回波廓线图

五、廓线坐标的排序和贮存

回波图经过尖锐化处理后得到的廓线坐标数据,是按电子束扫描顺序排列的。为了进一步压缩数据,首先改变原廓线点的排列顺序,以点的距离先后顺序来排列;用动态坐标追踪法去掉交叉点,然后用八个方向编码方式记录点的关系进一步压缩回波图数据。

廓线坐标重新排序采用最小距离原则,即廓线中相邻两点距离 R 最小。因输入的廓线点

$$R = [(x_p - x_{p+i})^2 + (y_p - y_{p+i})^2]^{1/2} \tag{4}$$

坐标数据是按笛卡尔坐标由上到下依次排列的,因此最小距离判别时只需对本行及上下两相邻行上的点进行判别、挑选,这样可大大缩短排序时间。当出现最小距离相同的点时,则选用相对前进方向向左走的原则来判断下一个点的位置。图 5 是最小距离排序的程序框图。图 6 是动态坐标追踪程序框图。

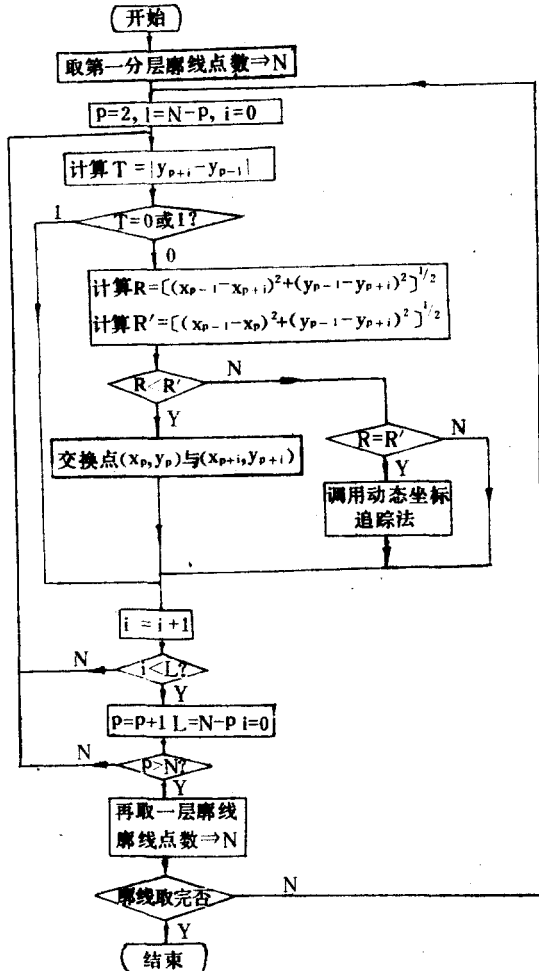


图 5 最小距离排序程序框图

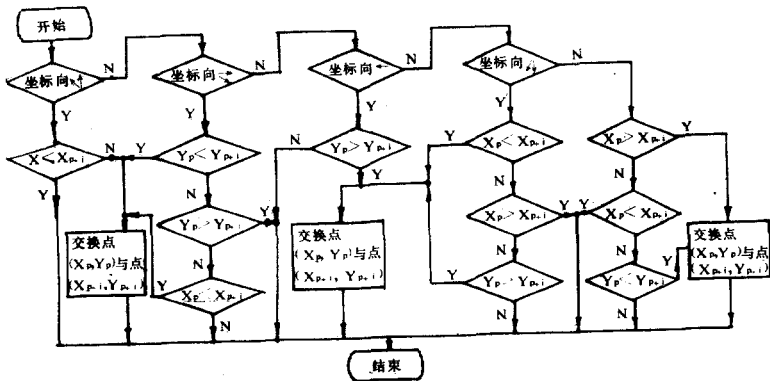


图 6 动态坐标追踪法程序框图

使用中分辨率时,廓线点的坐标需用 3 个字节存贮。为了进一步压缩数据,采用八方向编码的形式记录点的顺序。这种方法在记录了开始的廓线点坐标后,以后的廓线点只用一个 3 位长度的位置编码表示。编码值存贮结构如图 7 所示。

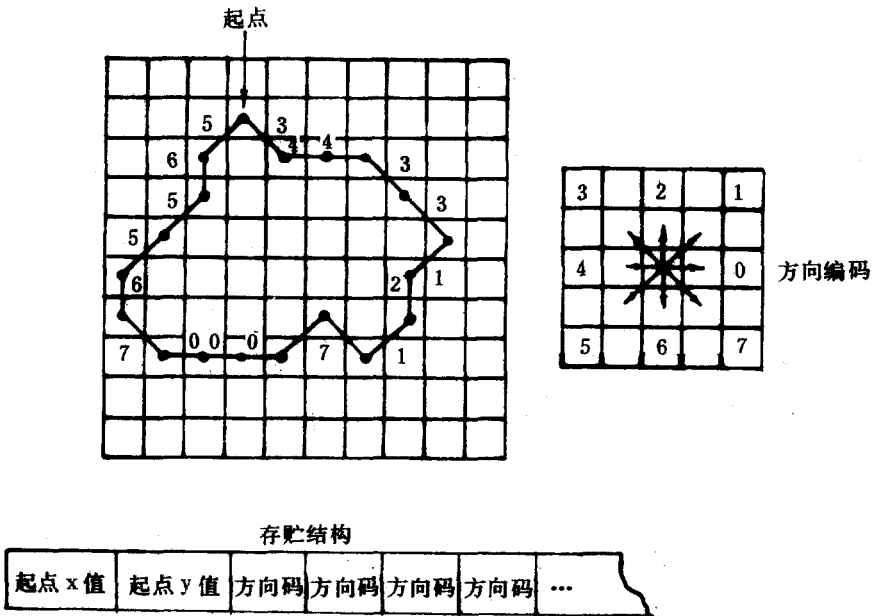


图 7 等值线方向编码存贮结构示意图

上述压缩方法是可逆的,本文有相应的程序,可采用面积扫描转换的方法,将廓线图再复原为全光栅原始回波图。

六、回波图压缩试验

根据上述方法,在 IBM-PC-XT 计算机上编制了回波图数据压缩软件,并对 10 次实测数据进行压缩实验,表 2 列出了压缩后这 10 幅回波图在计算机内所占数据长度。

表 2 10 幅回波图象经压缩后的数据长度

回波图编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
数据长度 bit	02300	03228	03990	03990	07930	27930	02300	08104	03172	03130

数据压缩率 r 的定义为:

$$r = \frac{\text{原数据长度} - \text{压缩后数据长度}}{\text{原数据长度}} \times 100\%$$

根据表 2 列出的压缩后数据量,可以计算出本文数据压缩方法的压缩率为 93%,压缩效果是比较明显的。

数据压缩的软件均采用汇编语言编写,处理速度快,完成一幅回波图的全部压缩过程只需约 15 秒钟。这样的处理速度是适宜于天气雷达探测业务的。

七、结 束 语

1. 本文提出的天气雷达回波数据压缩方法,经过实测资料的试验,其压缩效果比较显著,压缩后的数据仅为原图象的 7% 左右,计算机处理的速度较快,可以在天气雷达探测业务中采用。

2. 这种图象数据压缩方法主要针对 3 位或 4 位的图象数据,适用于计算机对原回波图数据处理后的图象贮存和传送。原始回波数据的压缩处理需要另外的方法。

3. 目前这种图象压缩方法主要运用于 3bit 的图象数据,运用 3bit 的数据来估算降水强度,通常情况下还是可以获得较满意的结果。^{[6][7]}

4. 作者还研制了适用于这类压缩数据结构的回波数据库,该库具有数据文件存取速度快移动次数少的特点,这将另文介绍。

参 考 文 献

- [1] 葛润生, CAMS 数字化天气雷达系统, 气象, 第 2 期, 1987 年。
- [2] 顾松山等, 713 天气雷达回波信号实时处理系统, 南京气象学院学报, 第 2 期, 1985 年。
- [3] 邮电部数据传输研究所, 天气雷达数字化传输和彩色显示系统说明书, 1986 年。
- [4] 余志敏、王慕维、郭玲, 天气雷达回波人工数字化拼图技术, 气象, 第 10 期, 1986 年。
- [5] 孙仲康、沈振康编, 数字图象处理及其应用, 国防工业出版社, 1985 年。
- [6] 葛润生, 对流降水单体的统计特征, 气象科学技术集刊, 第 4 期, 1983 年。
- [7] 张培源, 利用雷达分层资料制作降水分布图的方法, 气象, 待发表。

A DATA PRESSING METHOD OF RADAR ECHO

Wang Guohua Ma Qiguang

(*Beijing Institute of Technology*)

Ge Runsheng

(*Academy of Meteorological Science, SMA*)

Abstract

A pressing method of radar data is introduced in this paper. As the value changed sharply near the borders of echo intensity layers, the isopleth is drawn out by differential processing. Actual process is made for several times. Each time the layer thresholds are altered to keep a certain interval and the quality of the isopleths is highly improved. The points on the isopleth are lined rapidly by comparing the sequence of distance among points and the intersected isopleth is corrected by tracing against a change coordinate. The echo border is filtered by diaphragm method. After filtered the distorted borders are mended and echo structure is more obvious. Optional layer can be filtered and others are kept unchanged. By the method mentioned above only 7 percent original data is used to store or display a echo chart. The pressing rate achieved 93 percent.