

基于图像处理的雷达回波外推方法

况源,郭银尧,白秋剑,李秀娟,周小明

(宜宾市气象局,四川 宜宾 644000)

摘要:气象部门在应对大风、短时强降水、雷电等强对流灾害天气时,雷达回波的未来走势对制作临近天气预报和开展气象服务具有重要参考意义。目前预报员只能通过个人经验判断,存在较大的主观性且不能具象化;通过有效的方法外推雷达回波,绘制未来一段时间内的雷达回波走势图,能够很好的解决上述问题。基于图像处理,将雷达回波按不同回波强度分层,对各层分别使用膨胀算法、腐蚀算法和漫水填充法,得到最新两个相邻时次的相同云团的重心偏离量和大小变化程度后,外推出雷达回波。最后叠加分层处理的雷达回波外推图和低强度回波,得到完整的外推雷达回波图。

关键词:图像处理;雷达回波;外推;膨胀算法;腐蚀算法;漫水填充法

中图分类号:TP301

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2022)0135-03

Radar Echo Extrapolation Method Based on Image Processing

KUANG Yuan, GUO Yin-yao, BAI Qiu-jian, LI Xiu-juan, ZHOU Xiao-ming

(Yibin Municipal Meteorological Service, Yibin 644000, China)

Abstract: When the meteorological department is dealing with strong convective disaster weather such as strong wind, flash heavy rain, thunder and lightning, the future trend of radar echo is of great reference significance for making weather nowcasting and meteorological services. At present, forecasters can only judge through personal experience, which is subjective and cannot be visualized. The above problems can be well solved by extrapolating radar echo through effective algorithm and drawing radar echo trend map in the future. Based on image processing, the radar echo is layered according to different echo intensities. For each layer, the expansion algorithm, corrosion algorithm and diffuse filling method are used respectively to obtain the gravity center deviation and size change degree of the same cloud cluster in the latest two adjacent times, and then the radar echo is extrapolated. Finally, the radar echo extrapolation map and low-intensity echo processed in layers are superimposed to obtain a complete extrapolated radar echo map.

Key words: image processing; radar echo; extrapolation; expansion algorithm; corrosion algorithm; overflow filling method

0 引言

随着经济社会的发展,气象灾害对人类社会造成的损失日益加重。新一代天气雷达在应对大风、短时强降水、雷电等强对流灾害天气的临近天气预报和气象服务方面具有重要意义^[1-2]。当前预报员只能通过天气雷达实时监测到的雷达回波图,凭个人经验判断云团的走势,制作临近天气预报开展气象服务,存在较大的主观性且不能具象化。因此找到一种比较有效的方法外推雷达回波,能够提高临近天气的预报和服务能力,从而提高气象防灾减灾救灾能力。

1 方法简述

组合反射率产品含有非常丰富的内容,是预报员常用的雷达产品,是在一个体扫中将常定仰角方位扫描中发现的最大反射率因子投影到笛卡尔格点上的

产品^[3]。

解析最新时次的组合反射率产品文件,绘图过程中将 35 db 及以下的区域过滤掉,将 35 db 及以上强度的区域绘制为一张图片 BMP-N,同时另外绘制一张将 35 db 及以上强度区域填充为红色的图片 BMP-N-Fill。同样,将上一时次的组合反射率产品文件也绘制出两张图片 BMP-P(上一时次只保留 35 db 及以上强度的雷达回波图)和 BMP-P-Fill(上一时次只保留 35 db 及以上强度的雷达回波的红色填充图)。

使用算法将 BMP-N-Fill 和 BMP-P-Fill 图中紧挨着的多个云团连接成一个云团,再使用算法将图中很小的云团暂时删除掉。这样就得到前后两张仅保留主要云团的雷达回波填充图。在两张图像中确定相同云团,计算出各个云团在 BMP-N-Fill 和 BMP-P-Fill 中的位置偏移量和大小变化情况,从而外推云团的走

收稿日期:2021-10-21

基金项目:四川省气象局青年专项项目(SCQXKJQN2019036)

作者简介:况源(1987-),男,工程师,研究方向为气象信息技术、应用气象。

势,得到 35 db 及以上强度雷达回波外推图。

用上述方法将 BMP-N 图和 BMP-P 图中 40 db 及以上、45 db 及以上、50 db 及以上等分层进行位置偏移和大小变化处理。最后将各层的雷达回波外推图和过滤掉的 35 db 以下雷达回波以及暂时删除掉的小云团叠加在一起,就能得到下一时次的雷达回波外推图。还可以此方法外推未来多个时次的雷达回波外推图,形成雷达回波走势。

2 关键技术

2.1 云团预处理

云团预处理要作 3 个步骤的处理,第 1 步在解析绘图时将小于 35 db 强度的过滤掉,第 2 步进行闭运算,即对图像作先膨胀后腐蚀处理将紧挨着的但图像上是分离的连接为一个云团,第 3 步使用漫水填充法计算云团的面积,将面积很小的云团暂时删除。

2.1.1 图像的膨胀与腐蚀

膨胀运算可以理解为“或”运算,假设构建了如图 1 所示的结构体 B,膨胀运算就是用结构体 B 与图像 A 中对比,如果结构体 B 的中心点在图像 A 存在交集(重合),则记录当前结构体 B 在图像 A 中的所有点位置 C1,这样不断移动结构体 B 在图像 A 中的位置,得到一张记录图像 C,这就是膨胀运算后的图像^[4-6]。

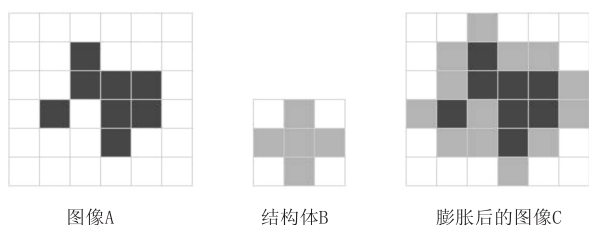


图 1 膨胀算法

相反,腐蚀运算可以理解为“与”运算,假设构建了如图 2 所示的结构体 B,腐蚀运算时,会逐个像素对比被图像 A 与结构体 B 的重合情况,当完全重合时,记录当前结构体中心像素位置 C1,比对完整个被图像 A 后得到一张图像 C,该图像就是腐蚀运算后的图像。

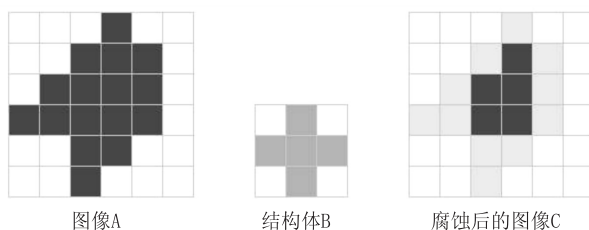


图 2 腐蚀算法

为了便于对雷达回波图进行膨胀和腐蚀处理,根据雷达回波红色填充图的分辨率,初始化一个二维数组 A,再逐点扫描图片,如果像素点颜色为红色,则在二维数组中对于位置赋值为 1,不是红色的位置赋值

为 0。在膨胀处理时,遍历数组 A 的元素,当元素的值为 1 时,则在另外一个相同大小的数组 C 的相同位置和其上下左右位置赋值 1,遍历完后,将数组 C 绘制成图像,该图像就是膨胀后的图像。在腐蚀处理时,同样遍历数组 A 的元素,当某元素和其上下左右元素的值均为 1 时,则在另外一个相同大小的数组 C 的相同位置赋值 1,遍历完后,将数组 C 绘制成图像,该图像就是腐蚀后的图像。

2.1.2 漫水填充法计算“云团面积”

因为太小的云团不容易在前后两张雷达回波图中确定相同云团,所以需要将很小的云团在雷达回波图中暂时删除掉,由于云团是不规则图形,可使用漫水填充法计算“云团面积”。

漫水填充算法^[7-9],顾名思义就像洪水漫过一样,把一块连通的区域填满。在图像处理中就是给定一个种子点作为起始点,向附近相邻的像素点扩散,把颜色相同所有点都找出来,并填充上新的颜色,这些点会形成一个连通的区域。也可以对根据雷达回波图生成的数组使用漫水填充算法,遍历数组当元素值为 1 时,将其作为种子元素(同时将值修改为 2)判断它的上下左右位置的元素值(四邻域漫水填充),如果值为 1 时,该元素也作为种子元素(同时将值修改为 2)进行递归算法,值不为 1 时,则不处理。在漫水填充过程中,计算填充的元素个数,即为“云团面积”。

2.2 外推云团走势

2.2.1 确定相同云团

根据相邻时次的雷达回波图外推云团的变化,首先要确定在两张回波图中的相同云团。方法是:使用漫水填充算法对 BMP-N-Fill(最新时次 35 db 及以上强度的雷达回波填充图)各个云团进行编号、计算出重心坐标^[10](见公式 1)和云团面积,同样对 BMP-P-Fill(上一时次 35 db 及以上强度的雷达回波填充图)各个云团也进行编号、计算出重心坐标和云团面积。用 BMP-N-Fill 中每个云团的重心坐标周围一定区域,在 BMP-P-Fill 中查找是否存在云团的重心坐标,如果只有一个重心坐标,则该云团就视为相同云团,如果有多个重心坐标,将面积最为接近的云团视为相同云团。找到相同云团后,将两个云团相关联。

$$(x, y) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right) \quad (1)$$

其中, (x, y) 表示重心坐标, (x_i, y_i) 表示雷达回波图中某云团中某一个像素点的坐标, n 表示雷达回波图中某云团有 n 个像素点。

2.2.2 确定云团的移动位置

用相邻时次的雷达回波图中确定了同一云团后,计算云团在两次雷达回波图中重心坐标的偏移量。根

据这个偏移量外推云团在下一时次雷达回波中的位置。

2.2.3 确定云团的大小变化

云团大小的变化可以根据相邻时次的雷达回波图中同一云团的变化规律,外推下一时次云团的变化情况。若云团处于发展期,则对云团作一次或多次膨胀处理,若云团处于消散期,则对云团作一次或多次腐蚀处理。外推云团的大小变化程度,可根据前面两时次云团大小变化程度作等比例变化来确定。

3 效果演示

选取一次明显的天气过程中相邻两个时次的组合反射率产品文件,分别解析绘图,再依次将 35 db 及以上强度的回波填充为红色、作闭运算处理、删除小云团,确定相邻两个时次雷达回波图的相同云团,根据云团重心的位置偏移量和大小变化情况,绘制出外推的雷达回波图,再与不能找到相同云团的雷达回波和小云团雷达回波叠加,得到 35 db 及以上强度最终外推图,过程效果图见图 3。

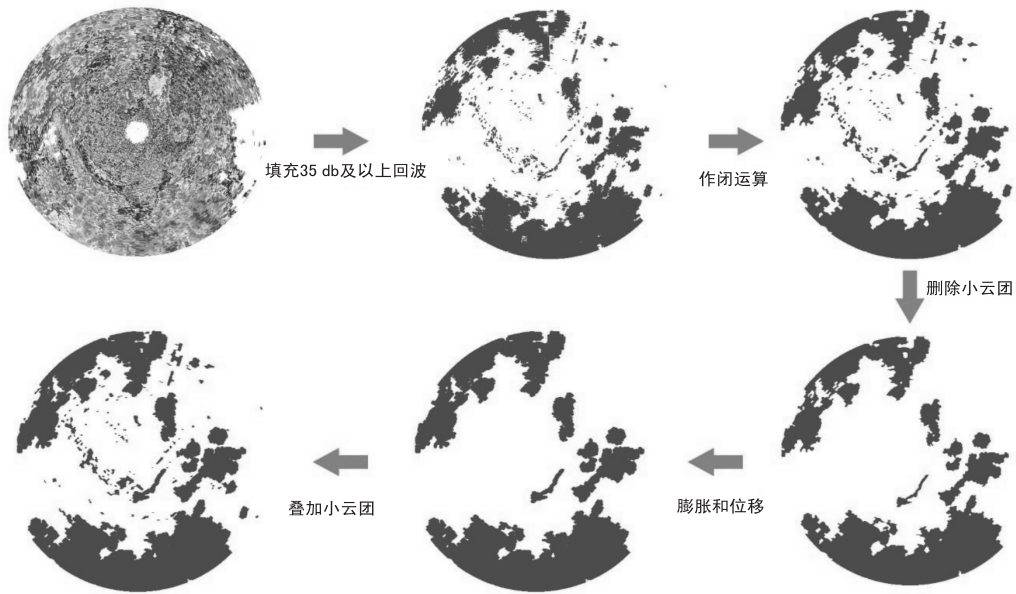


图3 解析和绘图

将 40 db 及以上、45 db 及以上、50 db 及以上等,也按前面的方法分别绘制出外推的雷达回波图。但是高强度(比如 70 db 及以上)雷达回波一般会比较小和零散,不能按前面的方法绘制雷达回波外推图,只能不

作变化处理。

最后将分层雷达回波外推图、35 db 以下的雷达回波和高强度雷达回波叠加,得到完整的雷达回波外推图,见图 4。

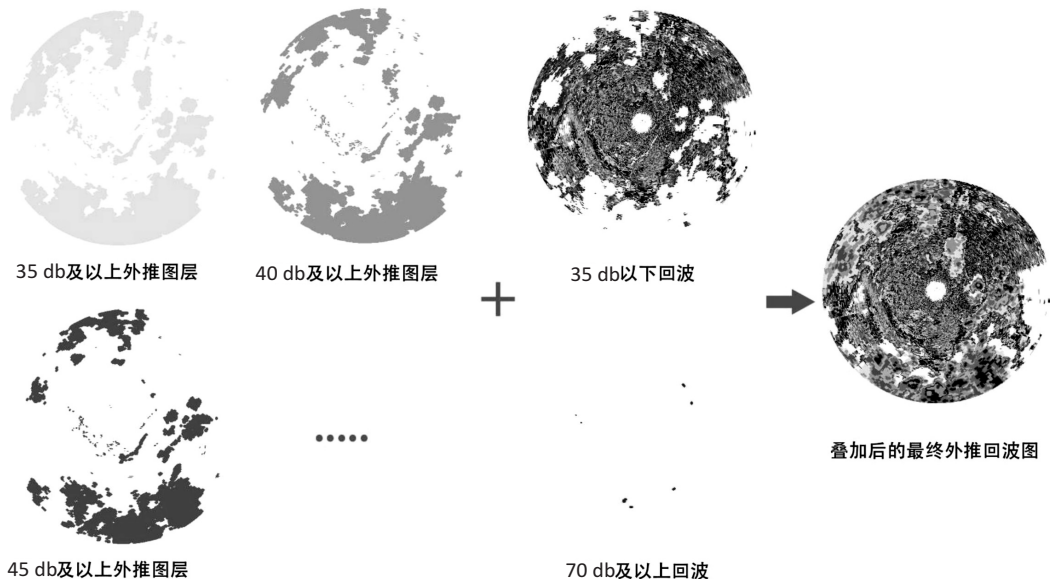


图4 雷达回波叠加

(下转第 143 页)