

利用雷达回波与 GIS 技术反演面雨量研究

何健¹ 王春林¹ 毛夏² 孙向明²

(1 广东省气象局气候与农业气象中心, 广州 510080; 2 深圳市气象局, 深圳 518001)

摘要 自动气象站可以直接测量单点或较小范围的降水量, 测量精度较高, 但自动气象站的分布密度不够, 往往漏掉强降水、暴雨中心。雷达能实时探测云和降水结构及系统发生、发展演变情况, 能迅速提供一定区域的实时降水情况, 但雷达测量误差较大, 测定局地降水量精度不高, 因此, 将自动气象站与雷达进行点面结合, 采用一定的数学方法和 GIS 技术, 可以得到能够代表某特定区域平均降水情况的面雨量。以深圳市行政区域面雨量反演为例, 建立区域内所有测站的 6 min 累积降雨资料与雷达回波数据之间的回归关系, 借助 GIS 技术和包括对经度、纬度、海拔高度 3 个因子的地理订正, 构建雷达图上特定行政区域的面雨量计算模型, 并对格点拟合雨量进行空间分辨率的精细化反演, 得到雷达图上的特定行政区域的面雨量图。

关键词: 面雨量 多普勒雷达 GIS

引言

通常所说的雨量, 是由设在某些地点的气象站或雨量观测点所测得的, 也叫点雨量。点雨量往往只能代表某一点或较小范围的降水情况。由某特定地区级行政区域内各个点雨量经数学运算得到的能够代表该区域平均降水情况的量叫面雨量^[1]。

通过将天气雷达探测区域网格化后, 来测定区域降水量的常用方法还有最优插值法、变分法和卡尔曼滤波法。最优插值法是客观分析的一种方法, 每个格点的分析值是由格点的初估值加上订正而求得, 其权重系数不是任选的, 选择的结果使得格点的分析值误差达到最小, 最优插值系数不仅与距离有关, 而且与测站的分布有关。当由于地物遮挡造成雷达初始场上无降水回波时, 最优插值法就无法对其进行校准, 从而在估计这些区域降水量时仍然存在较大误差^[2]。变分法在校准雷达定量估测降水中的应用实现了雨量计和雷达点与面的结合, 但在变分计算方案中, 分析结果对变分调整参数的选取十分敏感^[3]。在日常实际业务中, 往往得到的是一系列带有误差的实测值, 需要排除误差的干扰, 分离出所需要的物理参数的估计值, 并使估计值的误差

达到最小, 这就是卡尔曼滤波的基本思想。滤波是一种统计估计方法, 通过对一系列有误差的实测值数据的处理, 可得到所需要的物理参数的最佳估计值。卡尔曼滤波不适用于不连续变量如降水等, 但可以设法运用滤波的基本思想, 利用前一时时刻估计值误差的反馈信息, 对估计值不断进行校准和修正^[4]。本文在上述研究的基础上, 以香港雷达回波图和深圳市自动气象站的逐分钟降雨资料为基本资料, 利用工具软件和 GIS 技术进行网格插值、等值线分析以及空间地理订正, 计算深圳市面平均雨量并建立业务系统, 实现对深圳市面雨量的自动化估算。

1 面雨量反演思路

天气雷达覆盖面广、实时性强, 对于观测区域内任意点都有回波与其对应, 利用测雨天气雷达信息来进行有关雨量的计算可以弥补单纯依靠有限的雨量站点计算面雨量的不足^[5]。降水强度和雷达接受功率(即回波强度)之间存在某种特定的关系, 从而为雷达定量测量降水提供了理论依据^[6]。本文通过雷达回波图与 GIS 技术反演平均面雨量, 其优点在于利用一切可获得的雨量信息, 把面雨量的计

算转换成在不固定测站条件下某区域从雷达回波上反映的降水量的网格插值问题,使面雨量更加准确。

雷达回波图与GIS技术反演面雨量的基本思路是建立区域内所有测站位置对应的雷达回波与测站实测降雨量之间的回归方程,并从原始雷达回波图上根据某特定地区级行政区域经纬度范围,切割出该区域雷达回波数据的格点网,经过网格插值和数学运算处理,把切割出的雷达回波插值处理成与基础地理信息数据格式匹配的格点大小,将处理后的雷达回波代入方程,计算出各网格点的雨量,经过空间地理订正,从而得到整个区域的面雨量。

2 基于GIS的空间精细化订正

2.1 资料

(1) 基础地理信息数据。借助MapInfo、CityStar等地理信息系统的栅格数据加工,完成统一空间范围和空间分辨率的基础地理信息,主要包括:①深圳市行政边界的矢量数据;②深圳市行政边界的栅格数据;③深圳市海拔高度的栅格数据;④深圳市河流、湖泊、水库、渠道的线状矢量数据以及面状水域的矢量数据。地理信息资料来源于1:25万测绘地图用地理信息数据集。

(2) 基本气象资料。主要是深圳市经过改造后的数据更新频率为1 min的自动站资料,包括气温、小时雨量、总雨量数据以及自动站站点的经度、纬度和海拔高度数据。资料均来自深圳市气象局,可以通过局域网实时采集自动站报文。

(3) 香港雷达天气图。香港6 min更新一次的雷达天气图,图像为“.Gif"格式,可以通过局域网从深圳市气象局内获得。

2.2 面雨量空间订正方法

采用GIS技术对格点降雨量进行空间分辨率的精细化订正,一定程度上反映了地形变化对降水量的影响。离散气象资料一般可以通过三角网插值法等数学方法网格化,然后绘制等值线图来显示气象要素的空间分布状况。但某个特定区域内的地形变化比较复杂,同时区域内代表站点又过于稀少,常规数学插值手段不能全面反映立体的气候资源丰富性,因此有必要根据地理细节进行订正处理。研究表明,经度、纬度、海拔高度与某气象要素有近似线

性关系,因此采用经度、纬度、海拔高度3项地理因子与某气象要素之间的多元回归模型来进行空间地理订正,使样本点拟合值与实际值一致^[7]。

3 深圳市面雨量反演系统的实现

建立简捷方便可业务化运行的面雨量反演系统的关键在于:①区域内所有测站的实际降雨量与测站站点位置对应的雷达回波之间建立良好的回归关系;②精度较高并且可操作的精细化地理订正方案;③充分的基础地理信息及其处理软件。基于上述思路,建立深圳市面雨量反演系统,功能包括基本资料处理、面雨量反演、精细化地理订正、面雨量图制作、产品发布(图1)。反演的具体过程如下:

①把香港雷达回波图处理成256(列)×256(行)的雷达回波数据。②雷达回波图对应左上角坐标为(111.74°,24.72°),右下角坐标为(116.53°,19.93°);深圳市行政边界左上角坐标为(113.76°,22.85°),右下角坐标为(114.62°,22.40°)。根据经纬度,从256(列)×256(行)的雷达回波数据中切出格点为46(列)×24(行)的深圳市范围雷达回波数据。③根据测站的经纬度信息,在原始雷达回波数据中得到区域内所有测站位置对应的雷达回波数据。④深圳市范围的雷达回波数据格点为46(列)×24(行),而深圳市基础地理信息数据的格点为1035(列)×545(行),分辨率为0.8613°×0.4538°,为了与基础地理信息数据的格点匹配,并进行区域雨量由点到面的反演,借助工具软件(如Surfer),利用Kriging插值算法,将雷达回波数据插值处理成与深圳市基础地理信息数据匹配的格点大小。⑤采集并处理测站报文,得到各站点雨量数据。⑥建立区域内所有测站降雨量与测站位置对应的雷达回波回归方程。⑦将测站站点位置对应的雷达回波数据代入方程,算出测站位置的拟合雨量。⑧将测站的实际雨量值减去拟合雨量值,得到雨量残差,即 $X_g = Y_{\text{实测}} - Y_{\text{拟合}}$;同时将雨量残差网格化,其格点数为1035(列)×545(行),与深圳市基础地理信息数据的格点匹配。⑨由第④步,将插值处理后的雷达回波数据代入方程,计算出每个格点的降雨量。⑩将每个格点的降雨量与残差叠加,经过空间地理订正后,输出区域的面雨量图。

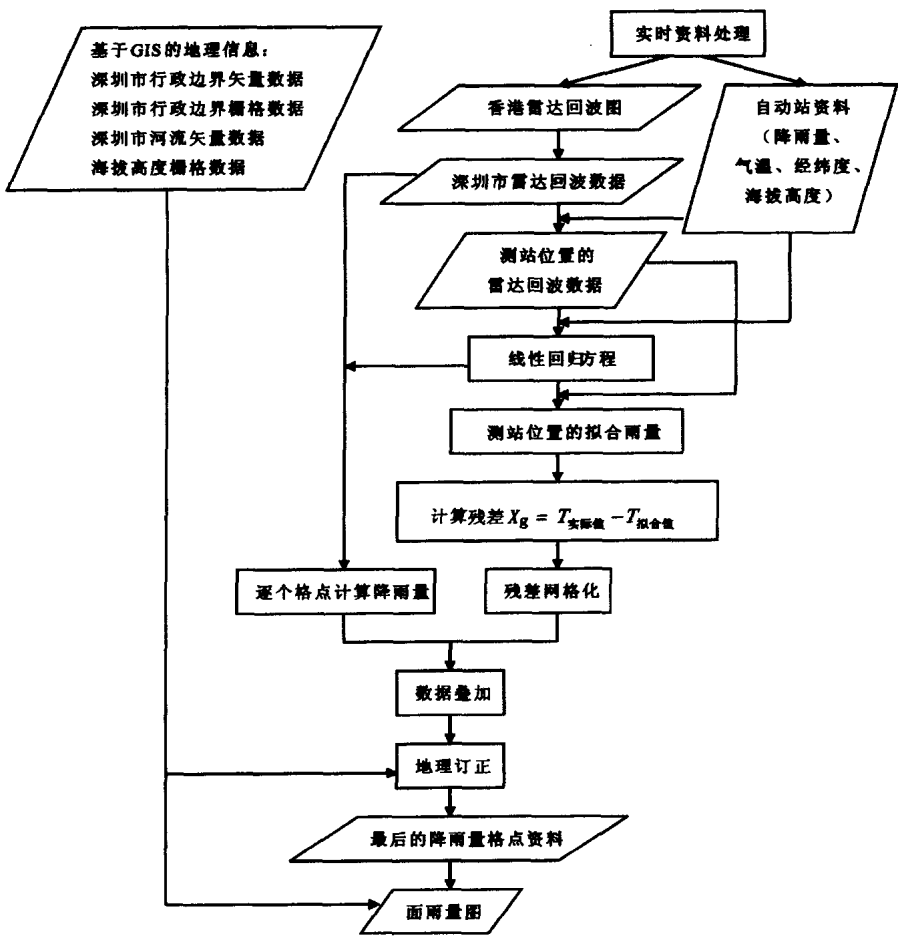


图1 深圳市面雨量反演系统流程

4 效果及误差分析

图2~4(见图版2)分别是香港原始雷达回波图、从原始雷达回波图中切割出的深圳市范围的雷达回波图、反演的深圳市区域平均面雨量图,表1是各测站的实测降雨量与反演模型计算出的拟合雨量数据。从3张图的对比及表1的数据可以看出,反演结果与实际值基本一致。

误差分析发现:①从雷达回波图上取的雷达回波数据不能代表真实降雨量。雷达测量值比雨量计观测值要小得多,这可能是由于雷达信号衰减的缘故,但雨带的走向二者基本相同^[5]。②没有测站地

点的降雨量是通过拟合方程计算出来的,并没有考虑实际地形地貌、地表径流等对降水量的影响,要考虑区域的气候因素和地形分布对面雨量的影响,难度非常大^[8]。③测站站点数即样本太少,测站位置对应的雷达回波与测站实测降雨量之间并不能建立良好的回归关系,所以在这种拟合误差较大的情况下,则通过叠加残差值来使拟合效果趋于实际值。④目前的估算方法还有待改进,首先应考虑环境场的作用和云、雨时空变化的影响,此外还需要大量的对比分析和验证,不断提高估算精度以使其达到实用的水平^[9]。

表1 2004年5月8日08:06深圳市各测站实测雨量与拟合雨量

表 1 2004 年 5 月 8 日 08:06 深圳市各测站实测雨量与拟合雨量										mm/ h
	Gl 175	Gl 124	Gl 126	Gl 127	Gl 131	Gl 135	Gl 151	Gl 152	Gl 160	Gl 172
雷达探测雨量	6	6	6	3	3	3	3	10	3	4
拟合雨量	3.2	3.2	3.2	0	0	0	0	7.6	0	1.1
实测雨量	2.7	1.9	1.7	0	0	0	0.2	8	0	0.7

注:该时刻雷达回波与降水量的回归方程:Y=-3.25+1.08X,相关系数R=0.67。

5 结论与讨论

(1) 通过建立雷达回波与实际降雨量的回归关系,并以此逐点计算特定区域的降雨量来反映整个区域的平均面雨量,整个过程物理意义比较清楚,反演结果与实际结果基本一致,效果良好。

(2) 从未来发展方向看,以网格雨量代替测站雨量的方法应成为大范围降雨量处理的主要手段。该方法在国外已得到成功的应用。

(3) 由于雷达所探测到的并不是直接的降雨信息,因此,要使面雨量估算达到更高的精度以致能在洪水预报中作为雨量输入使用,还需要引入数字卫星云图,并对实测雨量、雷达探测雨量和卫星云图估算雨量进行自动与人工交互相结合的综合分析修正,才能得到最优面雨量分布资料。

参考文献

[1] 毕宝贵,徐晶,林建.面雨量计算方法及其在海河流域的应用

[J].气象,2003,29(8):39-42.

[2] 李建通,杨维生,郭林,等.提高最优插值法测量区域降水量精度的探讨[J].大气科学,2000,24(2):263-270.

[3] 邓雪娇,黄浩辉,吴兑.变分法在校准雷达定量估测降水中的应用[J].应用气象学报,11(2):255-256.

[4] 何宇翔,张亚萍,刘术艳,等.天气雷达定量估测降水量不同方法效果评估[J].南京气象学院学报,2004,27(6):743-752.

[5] 史芳斌.利用测雨雷达信息计算区域降水量方法的研究[J].人民长江,1996,27(8):24-27.

[6] 陈少平,蔡宏,居志刚,等.三小时降水定量预报的雷达模式[J].湖北气象,1998,(3):15-17.

[7] 王春林,刘锦奎,周国逸,等.基于 GIS 技术的广东荔枝寒害监测预警研究[J].应用气象学报,2003,14(4):487-495.

[8] 林开平,孙崇智,郑凤琴,等.丘陵地区面雨量计算方法及应用[J].气象,2003,29(10):8-12.

[9] 杨扬,戚建国.数字卫星云图估算面雨量的应用试验[J].气象,21(3):35-39.

Research on Radar Echoes and GIS Technique for Deducing Regional Rainfall

He Jian¹ Wang Chunlin¹ Mao Xia² Sun Xiangming²

(1 Guangdong Climate and Agrometeorology Center, Guangzhou 510080;

2 Shenzhen Municipal Meteorological Bureau, Shenzhen 518001)

Abstract: An automatic weather station can directly measure the rainfall of a single station or within a small range with higher precision, but it often omits severe rainfall centers or gusts because of its inadequate distribution density. Radars can probe the structure of clouds and precipitation, trace them from beginning to the end in real time, and provide the real-time precipitation of a specific region rapidly, but their measurement errors are relatively large and the precision of local rainfall measurements is not high. Combining automatic weather stations with radars, applying mathematical methods and GIS techniques, the areal rainfall that represents the mean rainfall of a specific region can be obtained. As an example of deducing the areal rainfall, the regression relationship between six-minute accumulative rain by automatic weather stations and radar echoes over Shenzhen is established by means of GIS techniques and the geographic modification of the three factors (longitude, latitude, and sea level elevation). The calculation model of the area rainfall of a specific area on radar map is developed; and then the high-precision high-resolution (spatial) grid fitting rainfall is gained; thus the areal rainfall distribution of a specific area from radar map is obtained.

Key words: regional rainfall, Doppler radar, GIS technique

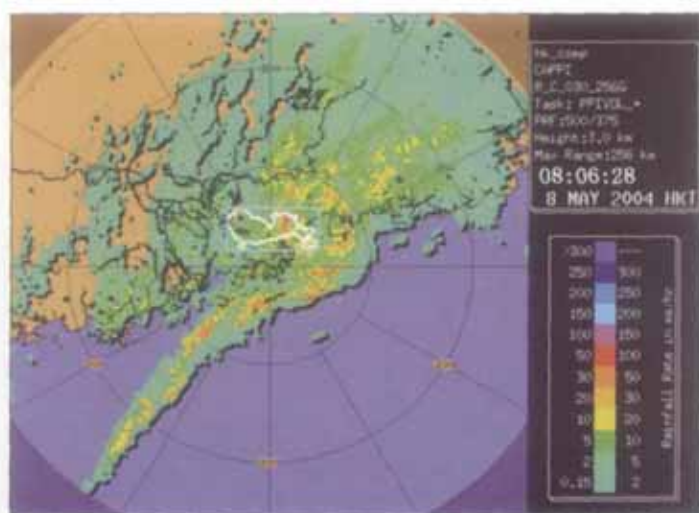


图2 2004年5月8日08:06香港多普勒雷达图

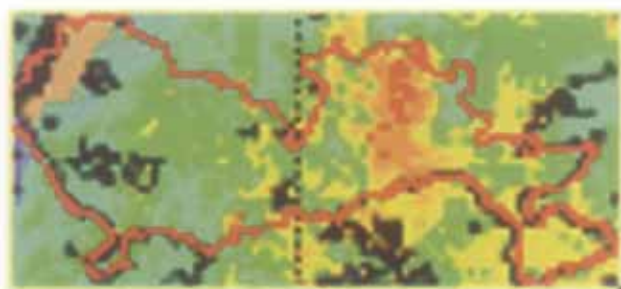


图3 从图2中切割出来的深圳市范围的图像

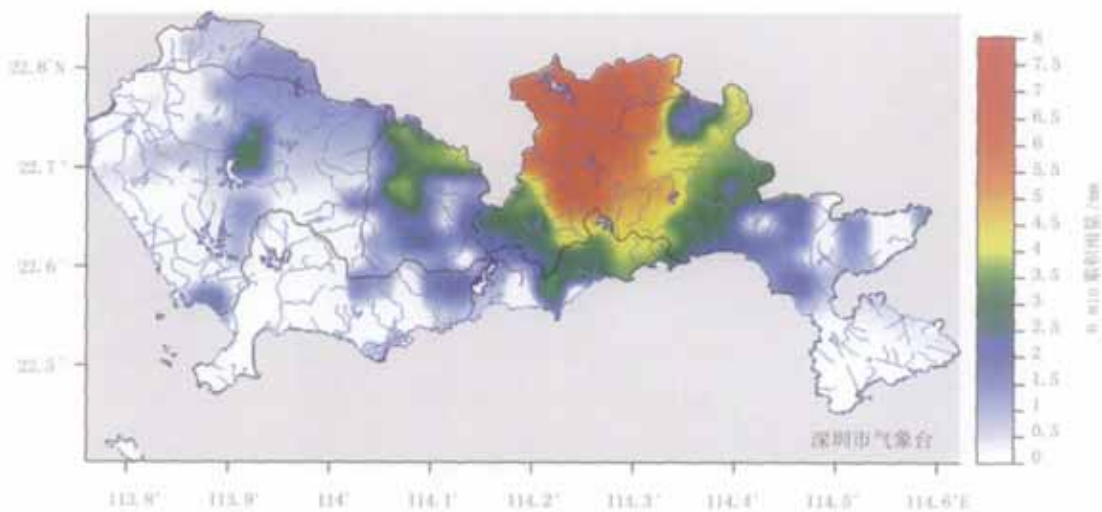


图4 2004年5月8日08:06深圳市面雨量反演图像