

文章编号: 1004-4965 (2001) 03-0308-06

一种识别热带气旋降水的数值方法

任福民¹, Byron Gleason², David Easterling²

(1. 国家气候中心, 北京 100081; 2. National Climatic Data Center, Asheville, 28801, USA)

摘 要

提出了一种用于识别热带气旋降水的数值方法。这一方法是在中国国家气候中心与美国国家气候资料中心的双边合作研究中得以实现的。该方法的识别结果与天气图人工判别结果相比较表明, 两者结论十分一致。

关 键 词: 热带气旋降水; 数值识别方法; 雨带

中图分类号: P457.8

文献标识码: B

1 引 言

热带气旋在不同地区又分别称为台风或飓风, 它的气候影响研究正逐渐成为一个新的热点。热带气旋的影响是多方面的, 就气候影响而言, 则主要反映在降水上。研究工作应该建立在可靠的资料基础之上, 因此, 如何获得可信的热带气旋降水资料是十分重要的问题。

上海台风研究所采用天气图人工判别的办法来识别台风降水, 这种办法比较准确, 但较费时, 而且由于人参与了判别过程, 不利于结果的客观化。因而, 人们正试图寻找一条更快捷的客观方法来做这一工作。一些美国学者使用距离台风中心 500 km 半径范围的固定圆来定义台风降水。选择固定圆的原因之一是基于发生在确定地区的台风其影响范围不变的假设。我们知道, 台风外围流系的半径变化范围可以从几百公里到上千公里^[1]。固定圆如果取得太小, 就无法捕捉到大台风的外围降水; 而如果取得太大, 对于小台风, 又可能将其它天气系统的降水误认为台风降水。固定圆固然存在不足, 变化圆是否可行呢? 目前的台风资料中主要只有位置和内核强度(即中心气压或最大风速), 而台风范围与内核强度之间的相关性又很差^[2], 无法从现有资料中获取台风范围的信息。研究还表明, 无论是在台风核心区, 还是外围区, 雨带分布都不是对称的, 而且可以同时出现多条雨带^[1]。

因此, 单纯考虑观测台站与台风中心的距离来定义台风降水不可能获得满意的结果。但是, 是否可能实现让计算机取代人工来进行天气图判别呢? 那样的话, 获取的台风降水资料不仅准确, 而且更快捷, 更客观。本研究正是基于这种考虑, 从降水场的结构分析入手, 提出了一种分离台风降水的方法。

2 方 法

已知某日 n 个台站的降水量 $p(1)、p(2)、\dots、p(n)$, 台站经纬度 $lon(1)、lon(2)、\dots、lon(n)$, $lat(1)、lat(2)、\dots、lat(n)$ 以及台风中心位置 lon_c, lat_c 。其中可能有一些台站的降水是台风造成的, 如何识别出这些台站, 即台风雨带呢?

首先, 从降水场的结构分析入手, 将降水场划分成不同的雨带; 然后再根据这些雨带与台风中心之间以及各台站与台风中心之间的距离关系来确定台风降水。具体思路如下。

2.1 分离不同雨带

首先, 对每个台站, 定义与其距离小于固定距离(如 200 km)的台站为它的邻站。在此基础上, 可进行下列工作。

2.1.1 获取邻站降水率

$r(i) = m/M \quad i=1, \dots, n$ (1)
 $r(i)$ 称为台站 i 的邻站降水率。其中 M 和 m 分别是邻站总数和有降水的邻站数。可知 $r(i)$ 的变化范围为 $0.0 \sim 1.0$ 。

2.1.2 选取最大可能的雨带中心

对于一个有降水的确定台站, 当其邻站降水率达到或超过某一临界值 R_0 时, 它就可能隶属于某一个确定的雨带。为此, 按照 $r(i)$ 从大到小的顺序挑选出同时满足下列条件的台站为最大可能的雨带中心(以后简称雨带中心)。

$$p(i) > 0 \quad (2)$$

$$r(i) > R_0 \quad (3)$$

$$\text{任意两入选台站之间的距离} > 300 \text{ km} \quad (4)$$

假定通过上述方法寻找到 K 个雨带中心。为利于识别出全部雨带, R_0 取值不宜太大, 一般取 $0.3 \sim 0.5$ 。

2.1.3 定义雨带的主要特征

对 K 个入选雨带中心的台站依次进行以下步骤。

步骤 1: 当且仅当该台站未隶属于任何已定义雨带时, 它隶属于一个新的雨带 j 。否则, 对下一个雨带中心做同样处理。

步骤 2: 如果台站 i 隶属于雨带 j , 则对于它的任何一个未隶属于任何已定义雨带的邻站, 当它满足下列条件之一

$$p(i) \geq P_0 \quad \text{且} \quad r(i) \geq R_0 \quad (5)$$

$$p(i) > 0 \quad \text{且} \quad r(i) \geq 0.5 \quad (6)$$

时, 该邻站隶属于雨带 j 。式(5)和(6)分别对大降水和小降水台站设置不同的入选条件, 以利于区分开由小降水连接起来的不同雨带。 P_0 是定义大、小降水的临界值, P_0 的经验取值一般为 5 毫米。

步骤 3: 对新入选雨带 j 的台站, 重复步骤 2, 直至找不到任何满足条件的邻站时, 回到步骤 1。

通过上述方法假定可以分离出 J ($J \leq K$) 个雨带。

2.1.4 粗定义雨带边缘

定义雨带边缘仅限于对所有未隶属于任何已定义雨带的有雨($p(i) > 0$)台站进行。对每一个这样的台站:

步骤 1: 统计出其邻站隶属于 J 个不同雨带的站数 $\text{number}(1)$ 、 $\text{number}(2)$ 、...、 $\text{number}(J)$ 。

步骤 2: 找出其中最大者 $\text{number}(j_{\max})$ 。当且仅当 $\text{number}(j_{\max}) > 0$ 时, 该台站属于雨带 $j_{\max}$ 。

2.1.5 细定义雨带边缘

在粗定义雨带边缘的基础上, 对所有 2.1.4 中处理过的台站, 再做一遍同样的处理, 从而使得雨带边缘更趋合理。

2.1.6 筛选显著雨带

上述雨带中可能存在一些零星雨带, 为便于计算存储, 可以仅保留站数在 3 个以上的雨带为显著雨带。

至此, 可以很好的分离出不同的雨带。

2.2 识别台风雨带

假定台风中心与所有台站的最小距离为 $D_{\min}$ 。对陆面构成影响的台风有登陆台风和近海台风, 引入 $D_{\min}$ 后, 按下列方法可以有效进行两类台风雨带的识别。

2.2.1 筛选可能台风雨带

对任一雨带, 首先计算其雨量加权重心(方法在此略去)。当该雨带满足下列条件之一

$$\text{加权重心与台风中心的距离} < D_0 + D_{\min} \quad (7)$$

$$v(l) \geq 8.0 \quad l=1, \dots, M_j \quad (8)$$

时, 该雨带为可能台风雨带。 D_0 是台风登陆时可能台风雨带与台风中心距离的控制阈值(此时 $D_0 + D_{\min} \approx D_0$), D_0 取台风前爬线距台风中心的最远距离约 500 km^[1]。其中 M_j 为第 j 个雨带拥有的台站数, $v(l)$ 是该雨带中各台站与台风中心距离 $d(l)$ 的函数

$$4.0 \quad \text{当 } d(l) \leq 300 \text{ km} + D_{\min}$$

$$2.0 \quad \text{当 } 300 \text{ km} + D_{\min} < d(l) \leq 400 \text{ km} + D_{\min}$$

$$v(l) = \begin{cases} 1.0 & \text{当 } 400 \text{ km} + D_{\min} < d(l) \leq 500 \text{ km} + D_{\min} \\ 0.5 & \text{当 } 500 \text{ km} + D_{\min} < d(l) \leq 600 \text{ km} + D_{\min} \\ 0.0 & \text{其它} \end{cases}$$

$$0.5 \quad \text{当 } 500 \text{ km} + D_{\min} < d(l) \leq 600 \text{ km} + D_{\min}$$

$$0.0 \quad \text{其它}$$

2.2.2 定义台风雨带

对于任一个有降水的台站, 如果它满足下列条件之一

$$\text{台站与台风中心的距离} < D_0 \quad (9)$$

$$\text{台站与台风中心的距离} < D_1, \quad \text{且该台站隶属于某一可能台风雨带} \quad (10)$$

则该台站隶属于台风雨带。其中 D_1 是台风雨带台站距离的控制阈值, 取台风外围流系半径的上限值约 1100 km^[1]。

至此, 识别得到可能由多条不同雨带以及零星台站组成的台风雨带。

3 识别举例及讨论

“75.8”暴雨是一次典型的台风降水。7503 号台风影响中国期间, 由于太平洋赤道辐合带北移, 有一支很强的低空东南急流的支持, 台风所过之处, 在其周围 1000 多公里半径范围内形成大面积降水。图 1a、b 给出这期间 1975 年 8 月 4 日和 8 月 6 日的降水分布。图 1c、d 为该方法的台风雨带识别结果。其中实心圆表示台风降水, 其它符号分别代表不同的非台风雨带。可以看出, 台风降水几乎

全部完整地识别出来了。8月4日,台风在中国东部造成了大范围的降水。从分布上看,胶东半岛一带的降水(即花符号)似乎应该属于台风边缘的降水。跟踪识别过程发现,这些台站其实是包含在可能台风雨带中的,只是由于它们与台风中心的距离超过了 D_1 而未被入选。8月6日,台风雨区集中在华中和华北一带。同时,当天在东南沿海有一条非台风雨带。事实上,当天在我国近海出现了另一个台风,对这个台风的雨带识别结果表明(图略),沿海这条雨带是受它的影响所致。可见,该方法对双台风产生的降水也能进行有效识别。

图2是1995年8月3日美国降水分布及飓风雨带的识别结果。图2a显示,飓风移速较慢,中心位于墨西哥湾的佛罗里达北部近海,在其右前方的美国东南部有大范围降水。识别结果表明,东南部的大片雨区属于台风降水,同时,当天有另外3条独立的雨带分别出现在美国中部、东北部和北中部。结合1995年8月3日7时的地面天气图(图略),从风场上可以看出图2b显示的飓风雨区都处在飓风的影响范围内,而另3条非飓风雨带中的两条则分别受一条冷锋和一条静止锋影响所致。当天飓风与两条锋面之间距离均较远,由它单独形成的降水范围清晰,识别结果与实际完全吻合。

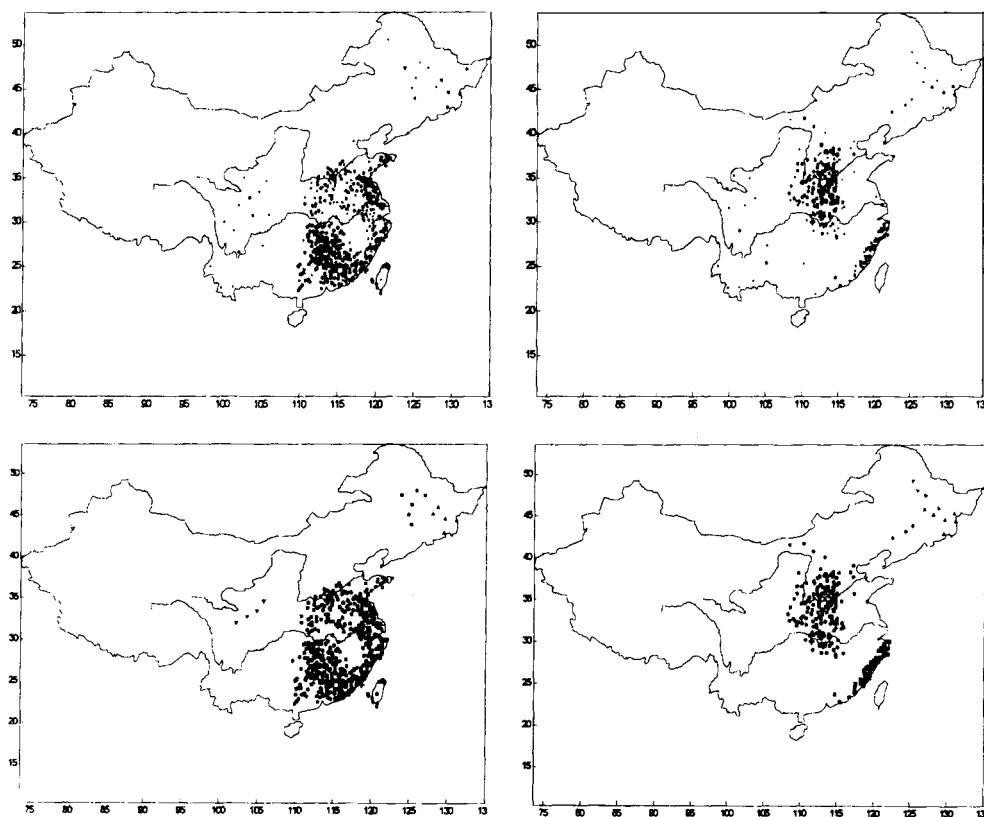


图1 1975年8月4日和6日中国降水分布及台风雨带识别结果 (a、b) 小、中、大实心圆分别表示0.1~4.9 mm、5.0~49.9 mm、50.0 mm以上降水,“+”号为当日不同时段观测的台风位置;(c、d)中“+”号为当日不同时段观测的台风位置,其中实心圆为台风降水,其它符号分别表示不同的非台风雨带。

Fig.1 Recognized results of precipitation over China and belts of typhoon-induced rain for August 4 and 6, 1975.

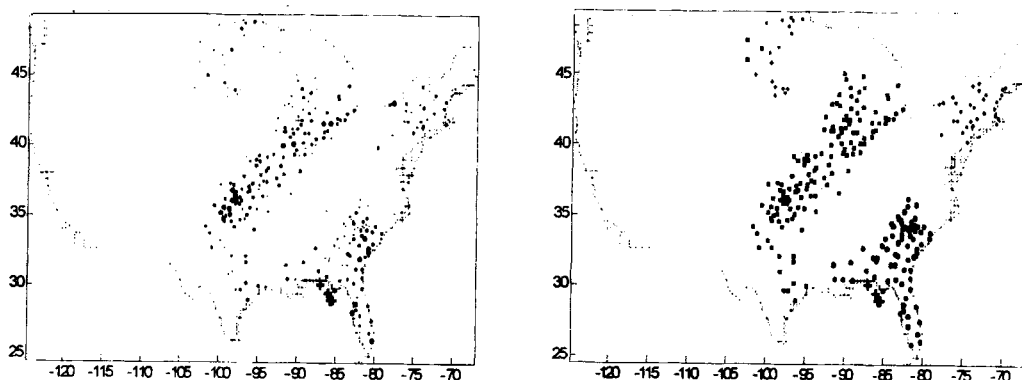


图2 1995年8月3日美国大西洋飓风影响区降水分布、飓风雨带识别结果

a. 小、中、大实心圆分别表示 0.1~4.9 mm、5.0~49.9 mm、50.0 mm 以上降水，“+”号为当日不同时段观测的飓风位置；b. “+”号为当日不同时段观测的飓风位置，其中实心圆为飓风降水，其它符号分别表示不同的非飓风雨带。

Fig2 Recognized results of precipitation distribution and hurricane-induced rain belts in the Atlantic region USA on August 3, 1995.

图3 给出1995年10月4日美国降水分布及飓风雨带的识别情况。图3 a 显示，飓风移速很快，从距美国海岸500 km左右的墨西哥湾海域迅速于当天晚些时候在佛罗里达北部登陆，当天在美国东部及北部出现很大范围的降水。当天天气图表明（图略），在受到飓风影响的同时，东部大部地区还受一条很宽的静止锋影响。可见，美国东部降水是由飓风和静止锋共同作用形成的。在两个天气系统的交汇处，即使在人工分析的天气图上也很难给出一条非常明确的区分各自雨区的分界线。识别结果显示东南部的雨区属于台风降水，该结果很大程度上取决于台风雨带台站与台风中心距离的控制阈值 D_0 。结合天气图来看，这一结果与实际比较符合。

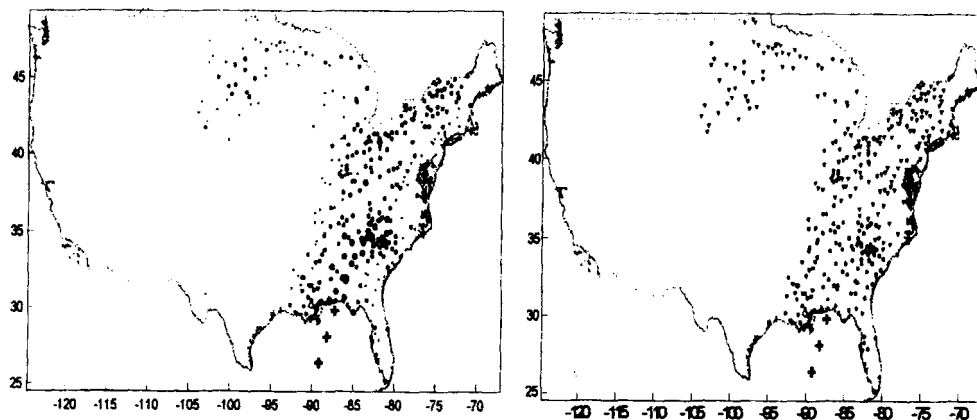


图3 1995年10月4日美国大西洋飓风影响区降水分布、飓风雨带识别结果

说明同图2。

Fig3 Same as Fig.2 but for October, 1995.

4 小 结

从前面的分析可以看出,该方法表现出比较强的识别台风降水的能力。特别是对由台风/飓风单一天气系统造成的降水,可以很好地识别出来;对双台风降水也能进行有效识别;对于台风/飓风与其它天气系统共同形成的降水,也可以比较好的给出区别,这当中很重要的一点是需要给出适当的参数 D_{10} 。

致 谢:本研究得到陶祖钰教授、翟盘茂研究员、郭艳君硕士、谈建国高工以及上海台风研究所有关专家的大力帮助,深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 陈联寿,董克勤,金汉良,等. 热带气旋全球观[M]. 北京:气象出版社, 1994. 24—95.
- [2] MERRILL R T. A Comparison of large and small tropical cyclones[J]. *Mon Wea Rev*, 1984, 112: 1408—1418.
- [3] 上海台风研究所. 西北太平洋台风基本资料集(1949—1980)[Z]. 北京:气象出版社, 1984. 101—132.
- [4] 陈 敏, 郑永光, 陶祖钰. 近 50 年西北太平洋热带气旋气候特征的再分析[J]. *热带气象学报*, 1999, 15: 10—16.
- [5] 上海台风研究所. 西北太平洋热带气旋气候图集[Z], 北京:气象出版社, 1990. 251—257.

A NUMERICAL TECHNIQUE FOR PARTITIONING CYCLONE TROPICAL PRECIPITATION

REN Fu-min¹, GLEASON Byron², EASTERLING David²

(1. National Climate Center, Beijing 100081, China; 2. National Climatic Data Center, Asheville, 28801, USA)

Abstract

A numerical technique has been developed that separates tropical cyclone induced precipitation from adjacent precipitation areas. This technique has been developed in a joint study between the China's National Climate Center and the United States' National Climatic Data Center. Results from the numerical technique were compared with synoptic 'hand-analysis' maps and were found to be in close agreement.

Key words: tropical cyclone precipitation; technique for partitioning; rainbelt