

用数字云图确定热带气旋强度的人-机对话系统¹⁾

燕芳杰 范蕙君 李修芳 胡治波

(国家气象中心, 北京 100081)

提 要

使用 2446 张卫星展宽云图资料样本, 根据云系结构(眼, 中心密蔽云区, 螺旋云带, 结构紧密度)和热带气旋强度的密切相关, 求出回归方程, 作为估计热带气旋强度的基本公式, 并在计算机上实现, 建立了确定热带气旋强度的人-机对话系统。经过业务试运行, 获得了满意的结果。

关键词: 卫星展宽云图资料 热带气旋强度 人-机对话系统

前 言

用数字云图确定热带气旋强度的方法^[1]主要是根据热带气旋云系结构的形状、范围大小及温度等特征与热带气旋的强度密切相关这一特点, 作者把这些因子归纳为:

(1) 眼的形状、直径和温度; 当热带气旋较弱时, 根据环流中心与浓密云区的相对位置确定。

(2) 中心密蔽云区(简称 CDO)的最低云顶温度和面积。

(3) 螺旋云带的最低云顶温度和条数。

(4) 结构紧密度。

把这些因子分别制成表格, 给以定量指数(表 1—5)。这些因子指数的总和(总指数)对应于热带气旋的强度(最大风速)。作者使用了 1983—1989 年 2253 张增强红外云图(代替数字云图)和 1990—1992 年 193 张数字云图, 共 2446 张云图, 计算出云的总指数和与其相对应的最大风速(用《台风年鉴》上的值), 求出回归方程, 作为估计热带气旋强度的基本公式。

表 1 环流中心指数 A_1

环流中心与浓密云区的相对位置	指数 A_1
位于浓密云区之外	1.0
位于浓密云区边缘	1.5
位于浓密云区内部, 距边缘 < 1.0 纬距	2.8
位于浓密云区内部, 距边缘 ≥ 1.0 纬距	4.0
位于浓密云区中心	4.5

表 2 眼指数 A_2

眼的形状	指数 E_1	直径(纬距)	指数 E_2	眼的温度(°C)	指数 E_3
螺旋眼	3.0	0.0—0.3	1.0	> 20	2.2
不规则眼	3.5	0.4—0.7	0.5	20—12	2.0
圆眼	4.0	> 0.7	0.2	11—5	1.8
				4—-32	1.5
				-33—-45	1.0
				-46—-56	0.7
				-57—-74	0.4

$$A_2 = E_1 + E_2 + E_3$$

表 3 CDO 指数 B

CDO 的最低云顶温度/°C	指数 B_1	CDO 的面积	指数 B_2
-46—-56	1.0	1—5	0.5
-57—-73	1.5	6—10	0.8
-74—-80	2.0	11—15	1.2
≤ -81	2.5	16—20	1.6
$B = B_1 + B_2$		> 20	2.0

1) 本文受国家科技攻关 85-906-05 课题经费支持

表4 螺旋云带指数 C

螺旋云带的云顶温度/°C	指数 C_1	螺旋云带条数	指数 C_2
-33--45	1.0	1	1.0
-46--56	1.5	2	1.5
-57--73	2.0	3	2.0
-74--80	2.5	4	2.5
≤ -81	3.0	中心圆形 强对流云带	3.5

$C = C_1 + C_2$

表5 结构紧密度 D 指数

云带旋转的圈数	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
指数 D	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0

每次热带气旋强度的确定是把总指数代入回归方程,求得最大风速值;再根据最大风速值求出热带气旋近中心的最低海平面气压值。为了便于业务部门使用,把此方法编制到实时云图处理系统中(图1),采用人-机对话的方式,把云图各因子的指数值输入计算机,由计算机自动完成各种运算并输出其确定的强度。

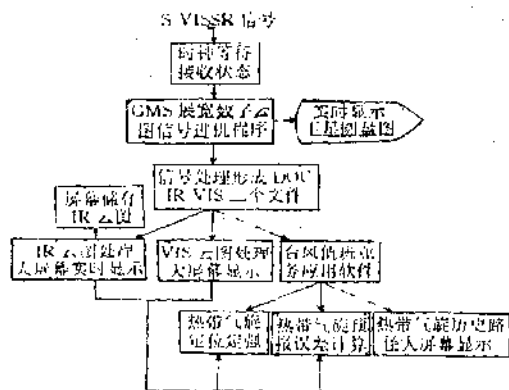


图1 高分辨率数字化云图台风实时处理系统框图

1 算法

1.1 热带气旋强度的估计公式

确定热带气旋强度的方法,可看成是两个变量之间的关系,即一个预报量 y (最大风速 V_{max}) 与一个因子 x (云总指数 I) 之间的关

系。写为一般的回归方程

$$y = b_0 + bx_i \quad (1)$$

用最小二乘法求回归系数 b_0 和 b :

$$b_0 = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2)$$

$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

将解得的 b 代入式(2)即可求得 b_0 ,从而可列出回归方程。

在 x, y 数据给定的条件下, S_{xx}, S_{xy} 的数据都可一一算出,为简化计算,可用下面简化公式

$$\begin{cases} S_{xx} = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \\ S_{xy} = \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) \end{cases} \quad (4)$$

用以上算法,根据 1983--1992 年的 2446 张云图资料,求得的回归方程是:

$$V_{max} = -31.5786 + 5.7340I \quad (5)$$

这就是我们用于热带气旋强度的估计公式。其相关系数为 0.9573,平均绝对误差 $2.48 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,标准差 $3.13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

1.2 热带气旋中心附近最大风速值与中心最低海平面气压的关系式

根据 Atkinson 和 Holliday 经验公式

$$V_{max} = 6.7(1010 - P_{min})^{0.644}$$

我们选取《台风年鉴》1975--1985 年共 11 年所有台风的飞机探测资料,共 5160 组历史样本进行了纬度订正^[2],得出实用公式

$$\begin{cases} 0-14^\circ\text{N} & V_{max} = 6.7(1010 - P_{min})^{0.653} \\ 15-24^\circ\text{N} & V_{max} = 6.7(1010 - P_{min})^{0.645} \\ \geq 25^\circ\text{N} & V_{max} = 6.7(1010 - P_{min})^{0.635} \end{cases} \quad (6)$$

2 人-机交互法确定热带气旋强度的流程

图2是确定热带气旋强度的流程图。从

中可见,当实时的红外数字云图出现热带气旋云团时,通过五步就可确定出热带气旋的强度:

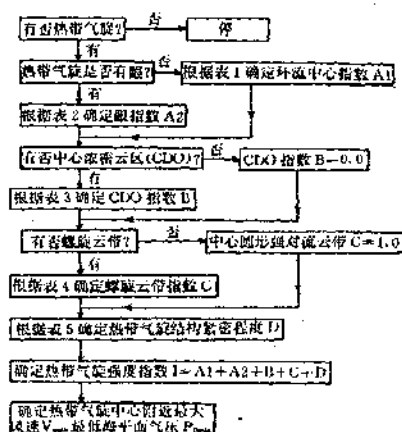


图2 确定热带气旋强度流程图

(1) 确定热带气旋眼指数 A_2 (无眼时, $A_2=0$, 确定环流中心指数 A_1 ; 有时 $A_1=0$, $A=A_1+A_2$)

(2) 确定 CDO 指数 B ($B=B_1+B_2$)

(3) 确定螺旋云带指数 C ($C=C_1+C_2$)

(4) 确定结构紧密度指数 D

各因子的指数输入完毕, 根据式(5)计算出热带气旋中心附近最大风速 V_{max} , 其中 $I=A+B+C+D$ 。系统自动输出 V_{max} 。

(5) 在 V_{max} 计算出后, 根据式(6)确定热带气旋中心最低海平面气压 P_{min} 。

用数值云图确定热带气旋强度的方法, 比较客观, 操作迅速简便。从输入云图各因子的指数, 到获得 V_{max} 和 P_{min} 的值, 只需要 1—2 分钟。经过业务试运行检验, 取得了满意的效果。1993 年 120 次 (12 个热带气旋、台风) 定强, 平均绝对误差 $2.31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 标准差 $2.92 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; 1994 年实时业务试运行 413 次定强, 平均绝对误差 $2.44 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 标准差 $3.24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

参考文献

- 1 范慧君等, 用数字云图确定热带气旋强度的方法, 大气科学, 即将发表。
- 2 燕芳杰等, 西北太平洋热带气旋近中心最大风速与中心最低海平面气压的统计相关, 气象科技, 1994(1)。

The Man-Computer Interactive System of Estimating Tropical Cyclone Intensity by S-VISSR Data

Yan Fangjie Fan Huijun Li Xiufang Hu Zhibo

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The regression equation based on close correlation between cloud system construction (eye, CDO, spiral clouds band, structure tightness) and tropical cyclone intensity with 2446 S-VISSR data samples were achieved. Then the technique was exerted on computer by an interactive way. The satisfied results were obtained by operational practice. The method is an objective one.

Key Words: S-VISSR data tropical cyclone intensity man-computer interactive system