

用红外云图估算热带气旋短时雨量

胡 波¹ 杜惠良¹ 滕卫平² 肖 云¹

(1. 浙江省气象台, 杭州 310017; 2. 浙江省气象科学研究所)

提 要: 以热带气旋降水云区的云顶亮温和1小时云顶亮温差为BP人工神经网络的输入层, 以实况1小时的雨量为人工神经网络的输出层, 建立了4类人工神经网络预报模型, 分别为点模型、线模型、小面模型和大面模型。通过大量的人工神经网络试报表明小面模型能较好地抓住热带气旋红外云图中的主要降水影响因子(移向、移速、云顶亮温、发展率、云顶亮温梯度), 具有“过拟合”现象低、泛化性能高、预报能力强等特点。

关键词: 人工神经网络 红外云图 雨量估算

Estimation of Rainfall of Tropical Cyclone with Infrared Satellite Image

Hu Bo¹ Du Huiliang¹ Teng Weiping² Xiao Yun¹

(1. Zhejiang Meteorological Observatory, Hangzhou 310017; 2. Zhejiang Institute of Meteorology)

Abstract: Taking the cloud top temperatures and their differences from previous an hour temperature, which cause corresponding rainfall over the area of the automatic observatory, as the input layer and the hourly rainfalls as output layer, four kinds of artificial neural network prediction models, which include dot model, line model, little-area model and large-area model are built for June—September tropical cyclone rainfall forecasting in Zhejiang province. After a lot of tests the results show that little-area model could grasp main rainfall factors in infrared satellite image, which include moving direction, moving speed, temperature, developing rate and TBB gradient. It features better ability of forecast and TBB preventing over-fitting.

Key Words: artificial neural network infrared satellite image precipitation

资助项目: 浙江省自然科学基金 402028 《人工神经网络在卫星云图作定量降水估算中的适用研究》

收稿日期: 2005年3月1日; 修定稿日期: 2005年7月28日

引 言

普遍认为气象卫星云图为短时降水估计提供了非常有用的资料。20 世纪 70 年代以来, 国际上提出了“云指数法”和“生命史法”两类基本降水估计法。Scofield^[1]“生命史法”认为云顶亮温和云团面积的增长与降水量有直接联系, Adler^[2]等提出利用一维云模式, 建立对流核心的云顶亮温与降水率和降水面积之间的关系。国内根据这两类降水估计法的主要理论, 进行了许多本地化研究^[3,4], 由于这两类降水估计法均是基于“粗面”的雨量估算, 预报精度难以很好的满足防灾抗灾要求, 因此需要加强基于单站的雨量估算方法研究, 提高定点定量预报能力。红外云图的云顶亮温与实际降水之间有一定的对应关系, 但其对应关系不是简单的线性关系, 由于人工神经网络方法具有很强的非线性映射能力, 许多研究人员已将它应用于卫星云图短时降水估算, 获得了一些不错的应用效果, 如熊秋芬等^[5]使用人工神经网络模型对静止卫星多通道资料进行地面降水估算, 李伟钢等^[6]利用人工神经网络方法对 GOES 红外云图进行降水估计。这些研究主要针对对流云降水, 由于热带气旋降水与对流云降水的性质有很大差异, 因而需要单独研究。另一方面, 以前许多研究在云图处理方面存在不足, 如有的研究人员在根据自己需要提取一些云图特征量的过程中, 其主观性和随意性比较大, 而实际上某一地区的降水是该地上空及其运动前方的降水云系直接作用的结果, 在这一点上很少有研究人员注意到。

1 资料及处理

选取 2000~2003 年影响浙江的 7~9 月热带气旋的 GMS 云图, 及对应 68 个地面

气象站 1 小时降水量资料。以每个地面气象站为中心, 根据时间间隔为 1h 的连续两张红外云图求得云团(系)的平均移向、移速, 然后采用 4 种方案(如图 1)提取卫星云图资料。

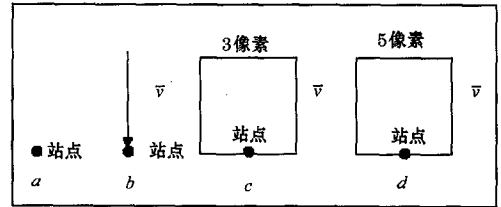


图 1 4 种方案 (a: 点方案, b: 线方案, c: 小面方案, d: 大面方案)

(1) 点方案: 假设某地降水是由该地上空一个像素大小的云区造成。

(2) 线方案: 假设某地降水是由该地上空及其移动前方的一个线形的云区造成的, 这个线形的云区的长度为云团最近 1h 移速, 宽为 1 个像素。

(3) 小面方案: 假设某地降水是由该地上空及其移动前方的一个方形的云区造成的, 这个方形的云区的长度为云团最近 1h 移速, 宽度固定为 3 个像素。

(4) 大面方案: 假设某地降水是由该地上空及其移动前方的一个方形的云区造成的, 这个方形的云区的长度为云团最近 1h 移速, 宽度固定为 5 个像素。

按照这 4 种方案提取相对应的云区里每个像素点的云顶亮温值及最近 1h 云团(系)云顶亮温差值。

以每个地面气象站 1h 雨量和对应影响区域的云顶亮温和云顶亮温差为一个样本, 4 个方案均有样本 1650 组。

2 热带气旋降水系统的特征

在面方案取得的云区内, 以地面气象站

为中心取 3×3 个像素点组成的区域内求得平均云顶亮温, 并与 1h 实况雨量进行统计分析, 得到平均云顶亮温与实况 1h 雨量的关系图 (图 2b), 为了对比热带气旋系统与

非热带气旋系统云顶亮温与降水的关系, 同时给出 7~9 月非热带气旋降水系统平均云顶亮温与实况 1h 雨量的关系图 (图 2a)。

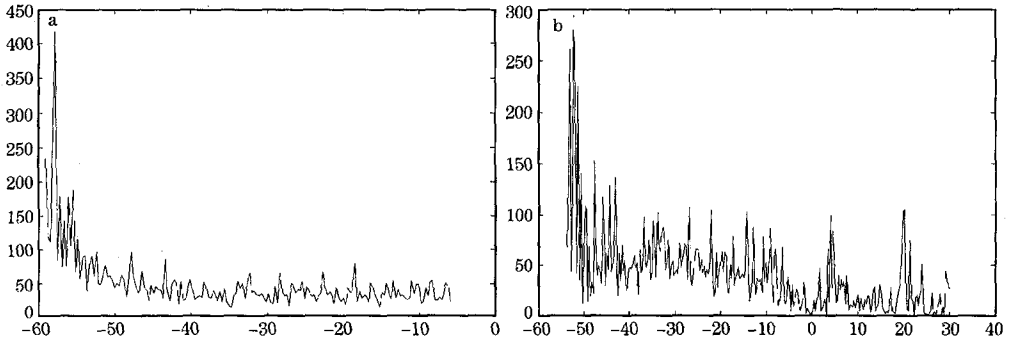


图 2 平均云顶亮温与 1h 小时降水量的关系 (横坐标单位为 $^{\circ}\text{C}$, 纵坐标单位为 10^{-1}mm)

(a: 7~9 月非热带气旋降水系统 b: 7~9 月热带气旋降水系统)

由图 2 可知, 热带气旋云顶亮温与 1h 降雨量之间的关系比非热带气旋的关系要复杂, 各个不同温度段的降水均有较大振荡, 热带气旋降水系统云顶亮温范围在 28°C 到 -57°C 之间, 而非热带气旋降水系统在 8°C 到 -60°C 之间, 显然台风降水系统云顶亮温范围宽, 这是由于热带气旋相对来说大气的水汽含量高, 在云顶亮温相对较高的情况下, 只要有一定的上升运动就可以引发降水。从发生降水的概率分布分析 (图略), 非热带气旋对应各个温度层的不同规模降水发生概率相对均匀, 而对于热带气旋, 随着云顶亮温降低, 降水发生概率与降水规模有增加趋势。可见将热带气旋降水系统与非热带气旋降水系统区别研究是有必要的。

3 BP 人工神经网络的训练及测试结果

以云顶亮温和云顶亮温差为 BP 人工神经网络的输入层, 相对应的雨量为输出层, 由于线方案与面方案输入的数据有很多冗

余, 需要对输入层进行主成分分析, 这样能有效预防人工神经网络的过拟合现象, 从而提高人工神经网络的预报能力。用总样本的四分之三作为人工神经网络的训练和学习, 其他四分之一的样本作测试和检验。

对四种方案选用不同的隐层结点进行试验, 试验结果如表 1 所示。由表可知, 表现最好的为小面方案, 其次为大面方案和线方案, 点方案最差。小面方案在隐层结构为 8~3 情况下预报相关系数高达 60%, 大面方案在隐层结构为 7~3 情况下预报相关系数最高为 54%, 而点方案只有 37%。分析其中原因, 由于小面方案比较好地考虑了云团降水主要影响因子, 包括移向、移速、云顶亮温、发展率、云顶亮温梯度, 所包含数据中的杂音 (不利于预报降水的数据) 较少, 人工神经网络能比较好的抓住其规律, 为预报创造了好的条件。而点方案只考虑了云顶亮温和发展率因子, 云团 (系) 降水还与其他很多因子有关, 预报效果最差, 对于线方案, 虽然包含的数据信息增加, 但是还不能

很好的包含云团降水的主要信息。而大面方案虽然考虑了各种降水因子, 但相应的数据中杂音增加, 神经网络没有能力很好地抓住降水的主要影响因子, 预报效果受到影响。表 2 为小面方案的人工神经网络模型预测和观测的雨量测站数对比。可见降水强度统计的预测和观测具有相同量级或只差一级的测站数最多, 模型预测的降水强度与实际较接近。应该指出模型随着雨量增加, 其预测准确率会下降, 这是由于训练样本中大降水的样本占总样本的比例会减少, 因而模型预测强降水的能力较差, 这也是各种统计模型都有的弱点。

表 1 四种方案最佳拟合时的训练与预测的降水量和实况降水量之间的相关系数 (%)

	点方案	线方案	小面方案	大面方案
网络隐层节点	6~5	8~3	8~3	7~3
训练相关系数	43	57	68	59
预报相关系数	37	50	60	54

表 2 小面方案的人工神经网络模型预测和观测的雨量测站数对比 (单位: 站次)

实际观测雨量等级	预报总站次	预报为 0~5mm 的站次	预报为 5~10mm 的站次	预报为 10~20mm 的站次	预报为 ≥ 20 mm 的站次
0~5mm	186	135	32	19	0
5~10mm	121	25	77	19	0
10~20mm	70	6	12	42	10
≥ 20 mm	36	2	4	10	20

4 讨论

(1) 通过对点、线、小面和大面方案的 BP 人工神经网络模型试报, 表明由小面方案所建立的人工神经网络能比较准确地抓住云顶亮温空间分布特征和时间演变特征与雨量的关系, 可以较好地做出短时雨量估算, 有一定的参考价值。

(2) 神经网络方法比传统的统计方法在处理非线性问题上有更大的优势, 它具有适应性和容错性, 且无需人为确定具体的非线性函数解析式等优点, 能比较好地分析与揭示云图资料与降水之间复杂的非线性关系。

参考文献

- 1 Scofield. R. A. The NESDIS operational convective precipitation technique, *Mon Wea Rev*, 1987, 115: 1773—1792.
- 2 Adler. R. F. and A. J. Negri. A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. *Applied Meteorology*, 1988, 27: 31—51.
- 3 杨扬, 戚建国. 数字卫星云图估算面雨量的应用试验. *气象*, 1995, 21 (3): 35~39.
- 4 蔡晓云, 伏建国, 朱革. 一种卫星和雷达资料结合的强降水临近预报方法. *气象*, 1997, 23 (1): 46~49.
- 5 熊秋芬, 胡江林, 夏军. 神经网络方法在静止卫星多通道资料估算降水中的应用. *气象*, 2002, 28 (9): 17~21.
- 6 李伟钢, Maria C V Ramirez 等. 气象卫星云图的多分辨小波分解及人工神经网络降水估计研究. *南京气象学院学报*, 2000, 23 (2): 277~281.