

地面形势识别在上海强对流预报中的应用

蒋乐贻

黄炎 姚祖庆

(上海台风研究所, 200030)

(上海中心气象台)

提 要

介绍用完全预报法建立的上海强对流展望预报系统,用计算机识别数值预报产品地面天气形势,进行预报的消空和解决起报问题,提高预报的准确率。在实际业务使用中证明该系统有一定预报能力。

关键词: 地面形势 强对流 完全预报 计算机识别

引 言

强对流是一种局地天气现象,它的预报难度大,是气象预报中最薄弱的环节之一。随着数值预报技术的进展,应用数值预报产品是提高预报准确率的主要途径。本文按完全预报法(PP)采用欧洲中期天气预报中心(ECMWF)数值预报产品建立上海强对流展望预报。因为强对流是小概率事件,要提高其预报准确率,必须首先进行消空。据统计,强对流发生时地面形势有一定的特征,可用作消空条件,但首先必须要解决好数值预报产品地面预报场形势的识别问题。

1 地面形势的识别

国内不少省、市气象台进行计算机天气图的自动识别,由于使用 2.5×2.5 经纬度格点资料,识别的天气系统还存在着偏差与遗漏现象,有的识别不够规范,不易为预报员接受,尤其没有尝试对地面形势的识别^[1]。南京气象台研制的人机交互500hPa形势识别软件将识别的天气系统以图形形式显示在屏幕上,直观明了;一旦发现不合理之处,可通过人机交互功能很方便地在图上修改;识别各天气系统的条件中还设有可调参数,可调参数是根据大量个例试验后设定,所以能在实

际预报中应用^[2]。在此基础上,我们研制了人机交互地面形势识别软件^[3]。

1.1 地面形势识别原理

应用图像识别原理和分析地面天气图步骤,依靠计算机从范围为 $10 \sim 45^\circ\text{N}$ 、 $100 \sim 145^\circ\text{E}$ 地面气压场 2.5×2.5 经纬度格点数据中提取有关天气系统特征。其方法有:

(1)统计识别法,对研究对象进行大量统计分析,找出某种规律性特征;

(2)语言结构法,将复杂图像分解成象元。

这两种方法都使用条件句进行逐条判别。

1.2 高、低压中心的识别

以欧洲中期天气预报中心数值预报产品的地面气压场格点值为象元, j 为经度方向,从西向东增大, i 为纬度方向,从北向南增大。

以低压中心的识别为例:第一步寻找低值点。在 i 方向与 j 方向上搜索各格点,如果格点 (i, j) 的气压值都不高于周围8个格点的气压值,即为低值点。以上处理后可得一系列低值点。第二步确定低压中心。一般低值点即为低压中心,如果有相邻等值低值点,则把这些低值点组成一个区域,求出其几何中心

的格点 (i, j) 。

同理识别高压中心。

1.3 等压线的识别

以 1000.0hPa 等压线识别为例:在 i 方向与 j 方向搜索气压值为 1000.0hPa 的格点,对于其中气压值不正巧等于 1000.0hPa 的,则选择略大于 1000.0hPa 和略小于 1000.0hPa 相邻两格点,经插值后确定 1000.0hPa 所在位置。经过曲线平滑处理后,得到 1000.0hPa 等压线位置序列。

依此类推,识别其它等压线。

1.4 锋区的识别

由于目前实际业务中接收到的欧洲中期天气预报中心的地面场格点资料只有气压值,因此锋区的识别采用人机交互技术根据 850hPa 等温线锋区位置而定。850hPa 等温线的识别原理与等压线识别相同。

由于受资料限制,只能识别上述这些地面天气系统特征,识别后生成的文件内容为上述地面天气系统的标识符以及它们在计算机屏幕上的格点位置,可供调用。

2 在 PP 预报法中的应用

2.1 建立强对流预报方程

选择 1988~1989 年上海地区出现 50mm 暴雨或雷暴、冰雹等强对流天气作为个例,共有 31 个,另选了 15 个无强对流天气的个例,样本为 46 个。样本资料取前一天 20 时(北京时)欧洲中期天气预报中心的分析场

$$Y = 6.71875 + 0.19935X_1 + 0.00477X_8 + 0.00341X_9 + 0.00283X_{13} - 0.00365X_{24} \quad (1)$$

式中 X_1 为 20.0°N、117.5°E 处的 500hPa 高度值减去 20.0°N、120.0°E 处的 500hPa 高度值, X_8 为 17.5°N、127.5°E 处的 850hPa v 分量减去 17.5°N、130.0°E 处的 850hPa v 分量, X_9 为 22.5°N、132.5°E 处的 850hPa v 分量减去 20.0°N、132.5°E 处的 850hPa v 分量, X_{13} 为 32.5°N、135.0°E 处的 500hPa v 分量,

格点气象要素资料〔范围 15~45°N, 105~135°E, 层次 7 层, 要素为 u (风速 u 分量), v (风速 v 分量), T (温度), R (相对湿度), ω (垂直速度), H (位势高度)〕及由此计算的物理量。为了提高强对流预报的命中率,赋予前一天 20 时出现强对流的要素场的权重较大,以及为了区分强对流与一般降水,人为规定如果有强对流天气出现且前一天 20 时已出现强对流天气的预报量为 10,有强对流天气出现但前一天 20 时还未出现强对流天气的预报量为 8,无强对流天气但有降水且前一天 20 时已开始下雨的预报量为 5,无强对流天气但有降水且前一天 20 时还未下雨的预报量为 4,无强对流天气且无降水的预报量为 0。

首先选取上海发生强对流的相关因子,其相关系数均通过 0.01 信度检验,再挑选成片通过检验中相关系数为最大的因子,考虑实际业务预报时接收到的欧洲中期天气预报中心预报场格点资料只有地面气压场、850hPa 温度场和风场、500hPa 高度场、200hPa 风场,因此所选因子只能取上述层次和要素范围内以及由此通过计算可得到的量,例如 500hPa u 分量和 v 分量用地转风公式计算而得,一共 27 个。最后用逐步回归方法选择因子,当 F 为 3.0 时,获得 5 个因子的预报方程:

量, X_{24} 为 15.0°N、107.5°E 处的 850hPa v 分量减去 500hPa v 分量, Y 为预报量。复相关系数为 0.82392, 剩余标准差为 2.15864。用历史样本检验,当临界值 Y_c 取 5.7 时,1 个空报,没有漏报。

当 F 为 2.5 时,获得 9 个因子的预报方程:

$$Y = 5.65410 + 0.00177X_2 + 0.67086X_5 - 0.00364X_6 - 0.00610X_8 + 0.00268X_{13} + 0.00225X_{20} - 0.00211X_{21} - 0.00112X_{23} - 0.00344X_{24} \quad (2)$$

式中 X_2 为 40.0°N 、 105°E 处的 850hPa u 分量, X_5 为 17.5°N 、 117.5°E 处的 850hPa 散度, X_6 为 15.0°N 、 130.0°E 处的 850hPa u 分量减去 15.0°N 、 132.5°E 处的 850hPa u 分量, X_8 为 17.5°N 、 127.5°E 处的 850hPa v 分量减去 17.5°N 、 130.0°E 处的 850hPa v 分量, X_{13} 为 32.5°N 、 135.0°E 处的 500hPa v 分量, X_{20} 为 15.0°N 、 107.5°E 处的 200hPa u 分量减去 15.0°N 、 110.0°E 处的 200hPa u 分量, X_{21} 为 20.0°N 、 130.0°E 处的 200hPa u 分量减去 22.5°N 、 130.0°E 处的 200hPa u 分量, X_{23} 为 40.0°N 、 122.5°E 处的 850hPa u 分量减去 40.0°N 、 122.5°E 处的 500hPa u 分量, X_{24} 为 15.0°N 、 107.5°E 处的 850hPa v 分量减去 15.0°N 、 107.5°E 处的 500hPa v 分量。复相关系数为 0.88185 , 剩余标准差为 1.89323 。

用历史样本检验, 当临界值 Y_c 取 5.7 时, 没有空报和漏报。

比较(1)和(2)两个预报方程的相关系数、剩余标准差和历史样本检验的情况, 选取式(2)。

2.2 地面形势识别在上海强对流 PP 预报法中的应用

从上述个例统计, 强对流发生前 $0\sim 24$ 小时, 在 $25.0\sim 32.5^\circ\text{N}$ 、 $115.0\sim 122.5^\circ\text{E}$ 范围内地面上有低压中心, 或在图 1 所示的范围有台风中心, 这可用作上海可能出现强对流的识别特征。

在预报时调用欧洲中期天气预报中心地面分析场和 24 小时预报场格点资料, 运行地面形势识别软件, 如果在上述范围以内无低压中心或台风中心, 即可判别未来 $0\sim 24$ 小时上海不发生强对流, 预报不需要进行下去

了; 如果上述范围以内地面上有低压中心或台风中心就认为未来上海存在出现强对流的地面形势, 即调用欧洲中期天气预报中心高空分析场格点资料代入预报方程, 判别是否满足 $Y > 5.7$ 的条件, 如果满足就认为未来 $0\sim 24$ 小时上海存在发生强对流高空条件, 因此预报未来 $0\sim 24$ 小时上海有可能发生强对流。同理调用欧洲中期天气预报中心 24 小时和 48 小时地面预报场格点资料, 运行地面形势识别软件, 如果在上述范围以内无低压中心或台风中心, 即可判别未来 $24\sim 48$ 小时上海不发生强对流; 如果上述范围以内地面上有低压中心或台风中心就认为未来上海存在出现强对流的地面形势, 即调用高空 24 小时预报场格点资料代入预报方程, 判别是否满足 $Y > 5.7$ 的条件, 如果满足就认为未来 $24\sim 48$ 小时上海存在发生强对流高空条件, 因此预报未来 $24\sim 48$ 小时上海有可能发生强对流。用识别地面形势来起报预报方程, 可以提高预报正确率。

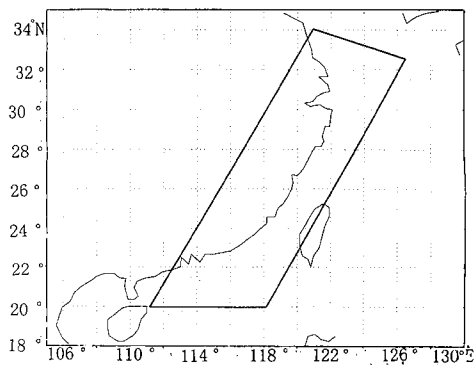


图 1 识别台风的范围

3 业务应用

用 Turbo C 语言编制程序, 建立用于业

务的上海可能出现强对流的预报系统, 预报流程如图 2 所示。

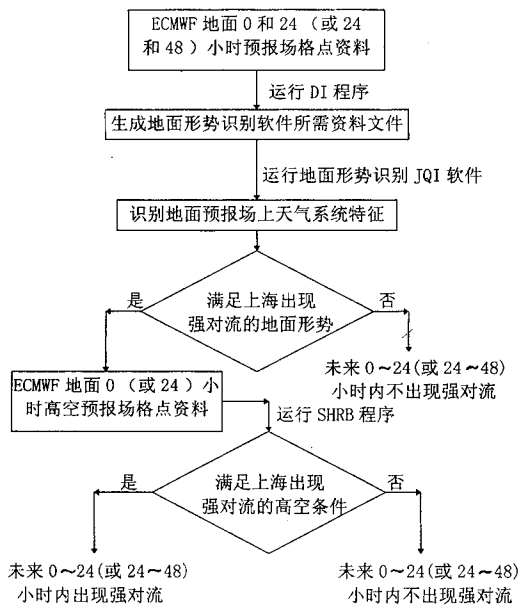


图 2 预报流程图

图 3 为用 JQI 软件识别的地面形势, (a) 为用 1999 年 6 月 6 日 20 时的地面分析场资料识别的地面形势, (b) 为用 1999 年 6 月 6 日 24 小时地面预报场资料识别地面形

势。从图 3(a)和(b)可看到在规定的范围内有台风低压中心, 认为 6 月 6 日 20 时起的未来 0~24 小时存在强对流的形势, 预报系统即运行 SHRB 软件, 调用高空分析场资料代入预报方程, 获得 Y 值为 7.98, 大于判别标准 5.7, 满足存在强对流高空条件, 预报系统认为未来 0~24 小时上海地区可能出现强对流。因此 6 月 7 日上午预报了上海地区未来可能出现强对流, 实况是 7 日 08 时至 8 日与 08 时出现了入梅的第一场暴雨, 雨量为 90.2mm, 预报正确。

由于欧洲中期天气预报中心预报场资料只有 20 时(北京时), 而且要到第二天上午 08 时后才能得到进行预报, 所以实际预报时效损失 12 小时, 为 0~12 小时和 12~36 小时, 但能确保 24 小时的实际业务应用。

1999 年 6 月 7 日~7 月 20 日梅雨季节, 除 5 天部分资料缺测外, 每天都进行了试报, 共预报了 39 次, 其间共有暴雨 13 次, 报对 12 次, 漏报 1 次, 空报 3 次, 命中率(POP)为 0.92, 空报率(FAR)为 0.23, 成功临界指数(CSI)为 0.75。说明此预报系统对上海 6~7 月间梅雨季节的强对流有一定的预报能力。

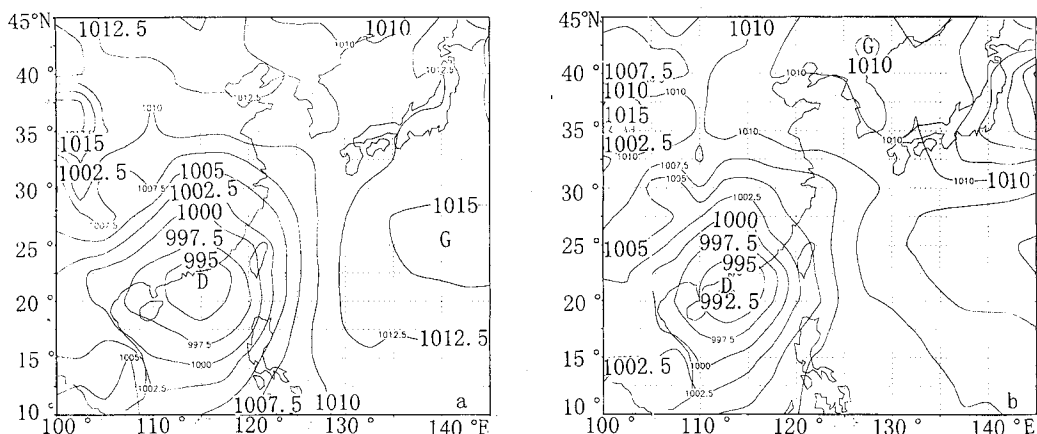


图 3 用 1999 年 6 月 6 日 20 时地面分析场(a)和 24 小时地面预报场(b)资料识别的地面形势图

4 结论与讨论

本文用 PP 预报法建立了上海出现强对流的 0~12 小时和 12~36 小时预报方程,用图像识别技术识别地面形势,进行消空并解决了实际业务预报时强对流 PP 预报法的起报问题,提高了预报的准确率。

由于使用的格点资料为 2.5×2.5 经纬度,对于上海强对流来说尺度比较大,加上能获得的预报因子有限,尤其不能获得有关水汽的预报因子,所以上述预报方法只能判别上海有可能出现强对流,是否出现强对流还须用卫星、雷达等其它预报方法作进一步判别。因此本文建立的预报方法在实际业务预报中可作为展望预报。

由于能得到的个例有限以及使用的格点资料尺度比较大,梅雨期的强对流天气尺度比较大,还容易预报正确,出梅后强对流易发生漏报和空报。此预报系统正在业务预报中试用,还需不断总结经验和修改,在使用中不断提高和完善。

参考文献

- 1 李振海. 计算机天气图图形识别. 气象, 1994, 20(6).
- 2 蒋乐贻, 韩桂荣. 图形、图象识别技术在热带气旋路径预报专家系统中的应用. 大气科学研究与应用(九), 北京: 气象出版社, 1995.
- 3 蒋乐贻, 秦曾灏. 地面形势识别在上海浦东雾预报中的应用. 大气科学研究与应用(十三), 北京: 气象出版社, 1997.

An Application of the Surface Synoptic System Recognition with Computer to the Severe Convection Prediction in Shanghai

Jiang Leyi

(Shanghai Typhoon Institute, 200030)

Huang Yan Yao Zuqing

(Shanghai Weather Center)

Abstract

A prediction system of severe convection in Shanghai with perfect prediction was recommended. The initial conditions of prediction were based on surface synoptic system of numerical prediction fields recognized with computer, therefore the prediction accuracy was improved. In 1999, the operational experiments were carried out. The results show that the method is capable of forecasting severe convection in Shanghai.

Key Words: surface synoptic system recognition severe convection perfect prediction