

用事件概率回归方法预报咸阳机场 辐射雾消散

高 洁¹ 刘端次² 靳英燕²

(1. 北京大学物理学院, 北京 100871; 2. 民航西北空管局气象中心)

提 要

在常规的天气分析基础上, 尝试用事件概率回归方法来预报咸阳机场辐射雾的消散, 以实现雾消预报的定量化。选取咸阳机场 1992~2002 年 95 个辐射雾日样本资料, 进行事件概率回归分析。入型条件为: 早晨 06 时(北京时)咸阳机场有辐射雾(能见度 $\leq 700\text{m}$), 考虑 4 小时内辐射雾消散与否的概率。因子的选取根据因子间及因子与预报量间的相关系数决定, 所求回归方程经 F 检验是显著的。预报效果经回报与试报, 准确率达到 78% 以上。

关键词: 辐射雾 事件概率回归 相关性

引 言

低能见度是指水平能见度低于 1000m 的天气现象, 是影响民航航班正常率和航空安全的主要原因之一, 其中大雾又是造成低能见度的最主要因素。根据中国民航统计, 由于天气原因导致航班延误一般占总延误次数的 70% 左右, 而天气原因中又以大雾最为多见, 在冬半年超过 80%。进入秋冬季后, 因大雾的明显增多导致航班不正常, 给民航的经济发展和管理造成巨大压力, 同时也造成非常不良的社会影响。更严重的是, 由于大雾引起的低能见度天气, 还会危及飞行安全, 造成严重事故或事故征候。因此说, 大雾是影响民航飞行的主要天气现象之一。

对咸阳机场来说, 冬季由于受冷气团控制, 大气层结稳定, 泾、渭河谷的水汽扩散至机场上空, 易形成辐射雾。据统计, 咸阳机场辐射雾日占全年雾日的 78%, 且辐射雾生成时间一般为清晨 06~07 时(北京时, 下同), 而机场 09~10 时为第一个飞机进出港高峰期, 故预报这一时段辐射雾能否消散, 对减少

返航备降有一定的针对性, 对签派、管制等部门指挥、调配飞机, 有效利用有利飞行时机, 提供了一定的技术指导。基于以上原因, 本文将主要研究辐射雾的消散预报, 以期改善过去以经验为主的单一预报方法, 逐步实现大雾预报的定量化。

目前, 国内外关于雾的预报手段还比较少。马鹤年等^[1]在讨论涉及雾的高速公路气象服务产品时, 认为至少需要研讨以下 3 个问题: (1)“未来”会不会因雾影响正常运营? (2)路段未来要不要关闭? (3)何时关闭? 何时重新开放? 这些问题, 都涉及到雾的预报方法。吴洪等^[2]采用低通滤波的方法, 对北京地区大雾的形成进行客观分析, 在此基础上计算一些物理量场, 从而提出大雾预报的逐级指导方案。陕西省气象台的贺皓等^[3]利用 MM5 中尺度非静力模式输出产品进行深加工, 对陕西省高等级公路大雾进行预报。总的来说, 国内对大雾的研究, 还处于起步阶段, 方法主要是数值模拟和统计预报, 但没有根据雾的分类, 进行详细分析。

国外对雾的研究方法较多一些,如德国大气化学研究所的 Glasow 等^[4]从动力学和热力学的角度出发,研究雾的微物理结构及其与大气辐射传播的关系。美国地球大气科学研究所的 Rao 等^[5]结合多个物理过程和中尺度模式的一维数值方法,通过测定不同层次饱和状态的变化,即垂直方向上温度湿度的传播来做雾的预报。Underwood 等^[6]则使用一系列 GOES 卫星的夜间雾的图像和资料,来解释加利福尼亚山谷中夜间辐射雾的分型和发生机制。本文采用的事件概率回归方法^[7],是美国气象学家 Miller 于 1964 年在做局地航空站气象要素预报时提出的。这一方法的基本思想是:把因子与预报量看成为随机事件,把预报量 Y 与各因子事件之间的关系看成是各前期因子已经出现的条件下,事件 Y 出现与否的关系。本文只考虑早晨 06 时为辐射雾的情况,即以辐射雾持续 4 小时为临界值,考虑辐射雾 4 小时内(10 时)消散与否的概率。如果 4 小时内消散记 1,否则记 0。

由于此方法已用于降水、气温、冰雹、旱涝等方面的预报,证明预报准确度较高,而本文的预报量(大雾消散与否)是只有两个状态的变量,和冰雹、旱涝、晴雨等要素有共同的特点,因此事件概率回归方法预报辐射雾的消散,值得尝试。

1 资料来源及处理

1.1 资料来源

普查咸阳机场 1992~2002 年 11、12、1、2 各月自动观测资料,查得总雾日 334 天,辐射雾 261 天,占总雾日的 78%。其中 06 时为辐射雾的个例有 95 个,即入型样本数为 95。

本文在回归方程的求解过程中,所取预报因子及预报量,均来自自动观测资料,这样做的优点很明显,即:数据采集具有很大的灵活性,可根据实际需要选取任意时次、任意要素的资料;因子拾取简便易行,可直接从报文中读取;克服了常规资料只有两个时次、要素连续性差的不足。

1.2 因子选取

辐射雾的生消,主要取决于地面要素的变化、近地层湿度条件和大气层结的稳定度,因此初步查算了 06 时的地面温度露点差($T - T_d$)、24 小时变温(ΔT_{24})、3 小时变温(ΔT_3)、3 小时变压(ΔP_3)及前一日 20 时的逆温层顶高度等五个因子,分别考察他们与 06 时、10 时能见度(预报量)的相关性(如图 1 所示),结果发现 $T - T_d$ 、 ΔT_3 、 ΔP_3 与 10 时能见度之间相关系数均 $\geq 34\%$,有较好的相关性,因此得到 3 个预报因子:

X_1 : $T - T_d$ (地面温度露点差),反映本场温湿状况。

X_2 : ΔT_3 (地面 3 小时变温),部分反映地面夜间辐射降温情况。

X_3 : ΔP_3 (地面 3 小时变压),反映空中冷空气活动情况,包含风场信息。

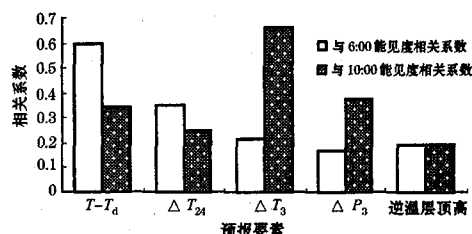


图1 各要素与预报量相关系数

1.3 资料的“0、1”化处理

对预报因子和预报量进行“0、1”化处理。其临界值的确定考虑以下几个原则:(1)以经验为基础,不脱离实际情况;(2)因子与预报量的“0、1”化值尽可能多的保持一致;(3)“0、1”化后的因子与预报量仍具有较好的相关性;(4)根据中国民用航空总局 2001 年 2 月 26 日修订的《航空器机场运行最低标准的制定与实施规定》:当跑道气象能见度低于 800m 时,飞机起飞必须以跑道视程为准,因此预报量以 700m 为临界值。

在上述原则下,求得标准分别为:

$X_1 \leq 2.0^\circ\text{C}$ 时记 0, 否则记 1; $X_2 \leq 0.5^\circ\text{C}$ 时记 0, 否则记 1; $X_3 \leq 1.5\text{hPa}$ 时记 0, 否则记 1; $Y \leq 0.7\text{km}$ 时记 0, 否则记 1。

2 概率回归计算

2.1 求解概率回归方程

由因子协方差求得逆矩阵为

$$S^{-1} = \begin{bmatrix} 0.458 & 0.037 & 0.047 \\ 0.037 & 0.411 & -0.049 \\ 0.047 & -0.049 & 0.447 \end{bmatrix}$$

因子与预报量协方差为:

$$S_{xy} = [0.23 \quad 0.89 \quad -0.16] \quad (2)$$

根据求回归系数的标准方程组的矩阵形

式

$$X'Xb = X'Y \quad \text{即} \quad b = S^{-1}S_{xy}$$

求得

$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.131 \\ 0.382 \\ -0.104 \end{bmatrix}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1\bar{X}_1 - b_2\bar{X}_2 - b_3\bar{X}_3 = 0.322 \quad (4)$$

于是得事件概率回归方程为:

$$P(Y = 1 | X_1, X_2, X_3) = 0.322 + 0.131X_1 + 0.382X_2 - 0.104X_3 \quad (5)$$

2.2 方程显著性检验

对概率回归方程效果的显著性检验,可通过复相关系数的检验来进行:

(1) 计算回归平方和

$$U = \sum_{k=1}^p B_k S_{ky} = \sum_{k=1}^p B_k \left[\sum_{i=1}^n X_{ik} Y_i - 1/n \left(\sum_{i=1}^n X_{ik} \sum_{i=1}^n Y_i \right) \right] = 0.68 \quad (6)$$

(2) 计算总离差平方和

$$S_{yy} = \sum_{i=1}^n Y_i Y_i - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 / n = 35 - 35^2 / 95 = 22.10 \quad (7)$$

所以, $R^2 = U/S_{yy} = 0.031$

$$F = \frac{R^2/3}{(1-R^2)(95-3-1)} = 2.82 \quad (8)$$

在分子自由度 3, 分母自由度 91, $\alpha = 0.05$ 的显著水平下, 一般取 $F_\alpha = 2.71$, $F > F_\alpha$, 因此该方程是显著的。

2.3 用平均值法求得判别预报临界值

$$\bar{P}(Y = 1) = 0.37$$

记 $Y_e = \bar{P}(Y = 1 | \bar{X}_1, \bar{X}_2, \bar{X}_3, \bar{X}_4)$,

则

$$P(Y = 1 | x_1, x_2, x_3, x_4)$$

$$\begin{cases} \leq Y_e, \text{记 } 0, \text{辐射雾持续 } 4 \text{ 小时以上;} \\ > Y_e, \text{记 } 1, \text{辐射雾 } 4 \text{ 小时内消散;} \end{cases} \quad (9)$$

3 效果检验

将预报公式(5)用于对 1992~2002 年间辐射雾日中随机抽取的 60 个样本进行回报,并用式(9)做判别比较,拟合结果报错 13 次,其余均正确,准确率为 78.3%。对 2003 年辐射雾进行独立试报,入型样本 21 个,预报成功 18 次,报错 3 次,准确率为 85.7%。

4 小结

(1) 由效果检验可看出:事件概率回归方法预报辐射雾消散准确率不低,有一定的使用价值。

(2) 事件概率回归方程中的 3 个因子均为“0”、“1”,因此易于求出回归值 P ,并与预报临界值 $\bar{P}$ 比较,方便业务中使用。

(3) 所需数据均来自自动观测资料,因此可根据实际需要任意选取,还可直接从报文中读取,克服了常规资料时次限制的不足。

(4) 因样本资料较少,预报效果的稳定性有待进一步验证。

致谢: 本文作者特别感谢气科院吴宝俊老师的精心指导!

参考文献

- 1 马鹤年主编. 气象服务学基础. 北京:气象出版社, 2001, 318~323.
- 2 吴洪, 柳崇健, 邵洁等. 北京地区大雾形成的分析和预报. 应用气象学报, 2000, 11(1): 123~127.
- 3 贺皓, 姜创业, 徐旭然. 利用 MM5 模式输出产品制作雾的客观预报. 气象, 2002, 28(9): 41~43.
- 4 Glasow, R; Bott, A. Interaction of radiation fog with tall vegetation. Atmospheric Environment, 1999, 33(9): 1333~1346.
- 5 Rao, GV; O'Sullivan, J. A review of some recent radiation fog prediction studies and the results of integrating a simple numerical model to predict radiation fog over Brunei. Pure and Applied Geophysics, 2003, 160(1-2): 239~250.
- 6 Underwood, SJ; Ellrod, GP; Kuhnert, AL. A multiple-case analysis of nocturnal radiation-fog development in the Central Valley of California utilizing the GOES nighttime fog product. Journal of Applied Meteorology, 2004, 43(2): 297~311.
- 7 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法. 北京:气象出版社, 1990: 69~74.

A Regression Estimation of Event Probabilities for Forecasting Scatter of Radiation Fog at Xianyang Airport

Gao Jie¹ Liu Duanci² Jin Yingyan²

(1. Physical College, Peking University, Beijing 100871;

2. Meteorological Center, Northwest Air-traffic Management Bureau, CAAC)

Abstract

Based on the synoptic routine analysis, a regression estimation of event probabilities to forecast scatter of radiation fog at Xianyang Airport is developed. An analysis is made by selecting 95 events of radiation fog at 6:00 a.m. during the period from 1992 to 2002 and thinking over the probabilities of scatter of the radiation fog in 4 hours. The regression equation is significant on the statistic F-test, and the accuracy of returning-forecast and testing-forecast are over 78%.

Key Words: radiation fog regression estimation of event probabilities correlationship