

以数值预报产品为基础的 大到暴雪预报系统

宋清芝 王新敏 索秀珍¹⁾

(河南省气象台, 郑州 450003)

提 要

利用 T63 数值预报产品, 根据灰色系统原理, 研制出河南省暴雪 24 小时预报系统。并于 1996 年冬季 (1996 年 11 月~次年 3 月) 实时业务工作中逐日试报, 取得了较为满意的结果。该方法简单明了, 便于使用。

关键词: 大到暴雪 数值预报产品 灰色预测模型

引 言

大到暴雪是河南省冬季较为严重的一种灾害性天气, 对农业、交通及人民生活造成很大影响。因此, 为提高冬季大到暴雪的预报准确率, 更好地服务于社会及专业用户, 我们依据天气学原理, 普查了 1984~1993 年 10 年的历史资料, 在消空的基础上, 利用 T63 数值预报产品, 根据灰色系统原理, 建立起一套较为客观的大到暴雪预报系统。

1 大到暴雪的标准

1.1 河南省大到暴雪的气候概况

普查 1984—1993 年 10 年资料, 得到大到暴雪日共 24 个, 年均 2.4 个, 最早出现于 11 月中旬, 最晚结束于 3 月下旬, 并且年度分布不均, 个别年份无大到暴雪, 对河南来说属于小概率事件。

1.2 分片

鉴于河南省冬季降雪时空分布不均, 根据地理位置和气候特点, 将全省划分为东 (E) 西 (W) 南 (S) 北 (N) 中 (Z) 五片,

并从各片中分别挑选出不同的代表站。各片的范围和代表站如表 1。

表 1 分片范围及代表站

片	经 度/°E	纬 度/°N	代 表 站		
东	112.5~115.0	32.5~35.0	开封 周口	商丘 民权	西华 柘城
西	110.0~112.5	32.5~35.0	三门峡 栾川	卢氏 孟津	洛阳 宜阳
南	110.0~115.0	30.0~32.5	西峡 驻马店	南阳 固始	信阳 汝南
北	112.5~115.0	35.0~37.5	安阳 鹤壁	新乡 濮阳	焦作 济源
中	112.5~115.0	32.5~35.0	郑州 新郑	宝丰 尉氏	许昌 漯河

1.3 大到暴雪标准的规定

根据河南省近 10 年来的降雪情况, 参照河南省气象局业务处 1993 年制订的降雪评分标准, 以及便于实时业务应用作如下规定:

以 20~20 时日降水量为准

北片: 片内有 3 站日降水量 $\geq 3\text{mm}$, 其中 1 站日降水量 $\geq 5\text{mm}$;

西片: 片内有 3 站日降水量 $\geq 5\text{mm}$;

南片: 片内有 3 站日降水量 $\geq 5\text{mm}$ 或雨

¹⁾ 参加此项工作的还有孟新立、周鸣等同志。

夹雪量 $\geq 10\text{mm}$;

东片:片内有3站日降水量 $\geq 5\text{mm}$ 或雨夹雪量 $\geq 10\text{mm}$;

中片:片内有3站日降水量 $\geq 3\text{mm}$ 其中2站 $\geq 5\text{mm}$ 。

若某一片满足,定为该片有大到暴雪。若5片中有3片满足,定为一个全省大到暴雪日。

2 消空处理

为提高大到暴雪在样本中的概率,对样本进行消空,以不消去任何一个大到暴雪日为原则,选出物理意义清楚且简单明了,能预示未来24小时无大到暴雪发生的实况要素作消空指标。在保留全部大到暴雪日的前提下,尽可能多地消去非大到暴雪样本。依照上述原则并充分考虑到地方特性,挑选出如下消空指标:

a. 08时850hPa $T - Td$

取西安、恩施、安康、汉口、南阳、郑州、阜阳、徐州8站中有6站满足 $T - Td \geq 10\text{C}$

b. 08时地面气压 (P) 满足

$$(P_{\text{兰州}} + P_{\text{西安}}) - (P_{\text{郑州}} + P_{\text{济南}}) \geq 45\text{hPa}$$

c. 14时地面气温 (T_{14})

取安阳、郑州、许昌、信阳4站相邻3站

$$\epsilon_i(k) = \frac{\min_i \min_k \{Y(k) - X_i(k)\} + \alpha \max_i \max_k \{Y(k) - X_i(k)\}}{\{X(k) - X_i(k)\} + \alpha \max_i \max_k \{Y(k) - X_i(k)\}}$$

式中 α 为控制变量, $\alpha \in [0, 1]$ 。

对序列而言, Y 与 X_i 的灰色关联度为:

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \epsilon_i(k)$$

在建模中应先考虑与预报量 Y 具有较大关联度的因子 X_i , 从中选出 $h (h < p)$ 个因子, 然后将预报量 (Y) 和因子 (X_i) 进行累加生成处理, 建立灰色预测模型, 即

$$Y_{(k)}^{(1)} = B_1 X_1^{(1)}(k) + B_2 X_2^{(1)}(k) + \dots + B_h X_h^{(1)}(k) + B_0$$

气温之和 $\geq 19\text{C}$, 满足3条中任意一条, 则预报未来24小时内全省无大到暴雪。

利用上述消空指标, 对1990—1995年5个冬季共755天进行消空检验, 消去611天, 剩余样本144天, 含大到暴雪日12个, 经消空后大到暴雪占剩余样本的概率为8.3%。

3 建立模型

3.1 灰色预测模型原理

令 X_1, X_2, \dots, X_p 为影响天气现象的 p 个因子, k 时刻的预报量可用集合表示为:

$$Y(k) = [X_1(k), X_2(k), \dots, X_p(k)]$$

$$(k = 1, 2, \dots, n)$$

预报量 $Y(k)$ 和每一个因子 $X_i(k)$ 为时间序列 $[Y(k)]$ 和 $[X_i(k)]$, 即

$$[Y(k)] = [Y(1), Y(2), \dots, Y(n)]$$

$$[X_i(k)] = [X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(n)]$$

$$(i = 1, 2, \dots, p)$$

为了便于比较, 首先要对原始因子数据进行处理, 使生成后的因子序列随机性被弱化, 然后, 再将 $[Y(k)]$ 与 $[X_i(k)]$ 标准化或0, 1化。

根据灰色系统理论, Y 与 X_i 在 k 点的联系系数为:

从中得出预测值为:

$$Y(k) = Y^{(1)}(k) - Y^{(1)}(k-1)$$

3.2 数值预报产品资料的选取

根据河南省大到暴雪的成因, 从T63产品资料输出的24小时预报场中候选能覆盖预报对象发生、发展的动力、热力、水汽及其它天气学条件因子, 其中选用的有温度场 (T), 南北风场 (V), 东西风场 (U), 垂直速度场 (W), 相对湿度场 (RH), 散度场 (DIV), 涡度场 (A) 共7个物理量场。选用

地面、850hPa、700hPa、500hPa 4 个层次
资料做初选资料，初选资料的范围为 25~
45°N，90~120°E 共 117 个网格点。

3.3 初始因子场的选取

北片：取 35.0°N、112.5°E，35.0°N、
115.0°E，37.5°N、112.5°E，37.5°N、115.0°E
4 个网格点上的资料平均值做北片的资料
场，从 T63 产品输出的 7 个物理量场中，选
取 12 个气象要素做因子，建立初始因子场。

12 个初始因子场分别为：地面温度 (T)；
700hPa 温度 (T)，南北风 (V)，东西风
(U)，垂直速度 (W)，散度 (DIV)，涡度
(A)，相对湿度 (RH)；850hPa 相对湿度
(RH)，垂直速度 (W)；500hPa 南北风
(V)，东西风 (U)。

选用预报对象为北片的逐日大到暴雪实
况。

中片：取 32.5°N、112.5°E，32.5°N、
115.0°E，35.0°N、112.5°E，35.0°N、115.0°E
4 个网格点上的资料的平均值做为中片的资

料场。选取的 12 个气象要素同北片，建立初
始因子场。

选取的预报对象为中片的逐日大到暴雪
实况。

西片、东片、南片初始因子场的选取按
以上片选取网格点，其处理方法同上述两片
类同。其预报对象为该片的逐日大到暴雪实
况。

3.4 初始因子场及预报量的处理

为了便于比较，要对原始因子数据进行
处理。首先，对每片经过天气学原理消空后
的样本资料中的 12 个初选因子做非负处理，
然后再做 0,1 处理。对每片预报量的处理为：
日降雪量满足上述所定的大到暴雪标准，记
为 1，否则记为 0。这样就建立了每片处理好
的初始因子场和预报量场。

3.5 选出建立方程的因子

将每片处理好的因子与预报量进行关联
度分析 (见表 2)，从中选出关联度大的因子，
建立方程。

表 2 关联度

因子	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
	T_{700}	$T_{地}$	V_{500}	V_{700}	U_{500}	U_{700}	W_{700}	W_{850}	RH_{700}	RH_{850}	DIV_{500}	A_{700}
北片	0.6923	0.6923	0.6923	0.7179	0.5879	0.6667	0.3590	0.3590	0.7179	0.7179	0.3590	0.3590
中片	0.7436	0.7692	0.6923	0.7179	0.6154	0.7436	0.3846	0.3846	0.6667	0.7179	0.3846	0.3846
东片	0.7179	0.6410	0.7179	0.6667	0.5641	0.6410	0.3846	0.3846	0.6923	0.7692	0.3846	0.3846
西片	0.7439	0.6667	0.6923	0.6923	0.6410	0.7179	0.3846	0.3846	0.6667	0.6923	0.3846	0.3846
南片	0.7949	0.7949	0.7179	0.7692	0.5385	0.6410	0.4872	0.4872	0.6410	0.7179	0.4872	0.4872

从每片的关联度计算结果可以看出，每
片关联度大的因子基本相同。所以从中选出
5 个关联度大的因子 ($X_2, X_3, X_4, X_6, X_{10}$)
做为每片建立灰色预测模型的因子。

3.6 建立灰色预测模型

由于 T63 数值预报产品资料短，所以
我们选用灰色系统预测模型来建立方程是较
合适的，因为它不需要较长的历史资料，具
有一定的稳定性和精度。为了消去季节性影
响，在资料处理上，我们采用了有限元记忆法，使

样本长度 n 保持一定值，这里 $n = 58$ 天，即
1994 年 11 月~1995 年 3 月 10 日，1995 年
11 月~1996 年 3 月 10 日共 262 个历史样
本，经消空处理后剩余的样本长度。以后每
作一天的预报，就需要从 T63 产品资料网络
上读进一天的新资料，来更新原资料库的资
料，使样本长度保持不变，每读进一次新资
料，就有一个新方程出现，也就是说方程系
数每天都在改变。这样就建立起每片的预测
模型，从而得出每片每天的预测方程。例如：

1996 年 11 月 27 日各片的预测方程如下:

$$\text{北片} \quad Y_1 = 0.05T_{\text{地}} + 0.28V_{300}^1 - 0.06V_{700}^1 - 0.19U_{700}^1 + 0.06RH_{850}^1 - 0.75$$

$$\text{中片} \quad Y_2 = -0.38T_{\text{地}} + 0.66V_{300}^2 - 0.60V_{700}^2 - 0.02U_{700}^2 + 0.48RH_{850}^2 - 0.62$$

$$\text{东片} \quad Y_3 = -0.48T_{\text{地}} + 0.78V_{300}^3 - 0.44V_{700}^3 + 0.19U_{700}^3 + 0.41RH_{850}^3 + 0.43$$

$$\text{西片} \quad Y_4 = 0.21T_{\text{地}} - 0.30V_{300}^4 + 0.14V_{700}^4 + 0.14RH_{850}^4 - 0.30$$

$$\text{南片} \quad Y_5 = -0.04T_{\text{地}} + 0.46V_{300}^5 + 0.58V_{700}^5 - 0.17U_{700}^5 - 0.26RH_{850}^5 - 0.75$$

经过累减还原逆过程得到各片 27 日 20 时~28 日 20 时大到暴雪的预测值 Y 。

对 58 天的方程计算结果做统计, 4 次大到暴雪, 报对 3 次, 空报 3 次, 漏报 1 次, 有大一暴雪拟合率为 $54/58=93\%$, 大一暴雪 TS 评分为 $3/7=43\%$ 。

4 试报情况

1996 年 11 月到 1997 年 3 月 10 日, 将此方法投入实时业务试用, 每天将计算预报结果, 送省台专业预报科检验。1996 年冬季实况出现全省大一暴雪 1 次, 预测模型的预报结果较为理想, 5 个方程有 3 个方程同时起报, 满足我们制定的大一暴雪标准, 所以成功的报出了这次降雪过程。

The System of Snowstorm Forecasting with NWP Product in Henan Province

Song Qingzhi Wang Xinmin Suo Xiuzhen

(Henan Meteorological Observatory, Zhengzhou 450003)

Abstract

The system of snowstorm forecasting ahead 24 hours with T63 output in Henan province is presented, based on the principle of grey system. It is tested daily in 1996 winter season, and the predicting effect is better.

Key Words: snowstorm NWP product grey forecasting model