

综合指标方法在降水分级预报中的应用

王建国 李玉华 耿勃 吴炜

(山东省气象局, 济南 250031)

提 要

利用 1995 年 1 月~1997 年 12 月国家气象中心的 T106 分析场资料, 采用因子组合、相关分析等手段, 确定与降水关系密切, 且有、无雨分类较明确的物理量因子, 将样本内每个因子由小到大排列后分段, 计算各段上的降水频率, 根据各物理量对降水贡献的大小, 确定各因子的权重系数, 将每个样本中的所有因子所在段上对应的降水频率加权后累加, 得到一个综合降水频率值, 通过历史拟合, 确定降水 TS 评分最大的降水频率值为综合预报指标, 分别建立小雨、中雨、大雨、暴雨的短期降水综合预报指标。利用该方法进行了降水分级预报, 并对预报效果进行了分析对比。

关键词: 综合指标 降水分级 预报

引 言

为了克服逐步回归方法在降水分级预报中效果较差的缺点, 受预报员寻找经验指标方法的启发, 采用 1995 年 1 月~1997 年 12 月国家气象中心 T106 产品的分析场资料, 通过对各物理量的处理, 用相关分析方法选取了与降水关系密切, 且物理意义明确的因子, 建立了山东省单站 24、48 小时小雨(有无雨)、中雨、大雨、暴雨综合预报指标, 并进行了降水分级预报, 分析预报结果可以看出, 综合指标方法对降水分级预报有一定的预报效果。

1 综合指标方法简介

在预报实践中, 预报员通过对某一气象条件(或气象要素)的总结, 确定当该气象条件(或气象要素)达到某一特定值时会出现某一特定天气现象(如暴雨等), 由此确定这个值为预报该类天气现象的指标。受其启发, 我们认为, 如果采用数值预报产品资料, 选取与降水关系密切的物理量因子, 也能找出适当的判据值, 将出现降水与不出现降水时的情况区分开。以济南市 700hPa 垂直速度为例,

将历史样本(1995 年 1 月~1997 年 12 月)中, 济南市逐日 20 时(北京时, 下同)的 700hPa 垂直速度由小到大进行排列, 并进行等距离划分(划分为 50 段), 每一段上的降水次数除以该段上的样本总次数得出降水出现频率。图 1 是各段频率分布图, 从图 1 中可以看出, 随着上升运动的加强, 降水频率逐步加大, 由此可见, 利用物理量各段中出现降水的频率作为判别指标是可行的。由于降水是由多种气象条件共同作用的结果, 因此, 仅利用一个因子作为判别指标是不够的。

1.1 综合指标中因子的选定

综合指标方法采用了 T106 分析场资料, 通过适当处理, 选取了 15 个因子建立综合指标, 具体作法是:

第一步, 确定初选因子

用 1995 年 1 月~1997 年 12 月国家气象中心的 T106 分析场资料, 用权重插值方法将各物理量插值到各单站上, 通过对山东省各单站降水资料的相关分析, 初选出与降水相关好且物理意义明确的 40 个因子。

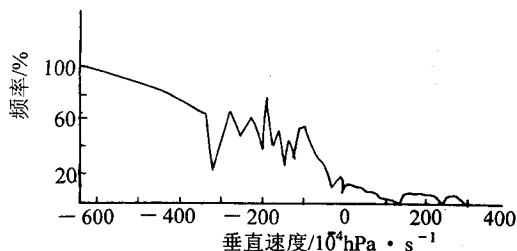


图1 济南市 700hPa 垂直速度 ($\times 10^{-4} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$) 各段降水频率分布图

将初选因子进行随机组合(两两相加、减、乘、除)后,再进行相关分析,选取相关系数增大且有物理意义的因子,作为组合因子。如 700hPa 的 V 分量与温度的乘积,反映了中层温度平流情况。

计算初选物理量的 24 小时的变化量,通过相关分析发现,850hPa V 分量 24 小时差值、700hPa 相对湿度 24 小时平均值等与降水的相关系数比其单时次相关系数明显增大。通过以上初选,选取的因子基本在 60 个左右。

第二步,确定有、无雨分类明显的因子

利用初选因子,计算各因子的有雨平均值、无雨平均值,并计算各因子在有雨平均值以上(或以下)时出现的降水频率、无雨频率,选取出现降水频率与无降水频率差大的因子作为第二步筛选的因子。如济南市 7~9 月出现降水日的 850hPa 相对湿度平均值为 73.1%,其在平均值以上的降水频率为 52.1%,平均值以下出现降水的频率仅为 9.1%,说明该因子对区分济南市有无雨有较好的作用。

第三步,确定全省各站最终采用的因子

计算经过以上两步筛选后的因子与各测站降水量的相关系数,选取相关系数在各测站中都较好的因子,作为最终因子。最终选取的 15 个因子分别为: K 指数; 700hPa V 分量; 500hPa 比湿; 850hPa 相对湿度; 850hPa 涡度; 700hPa 垂直速度; 850hPa 水汽通量; 700hPa θ_{se} ; 850hPa V 分量与 500hPa V 分量平均; 850hPa 相对湿度与 500hPa 相对湿度

平均; 850hPa 垂直速度与 500hPa 垂直速度平均; 850hPa 温度露点差 24 小时平均; 700hPa 水汽通量 24 小时平均; 850hPa V 分量 24 小时差; 850hPa 相对湿度 24 小时平均。

2.2 各因子降水频率的确定

由于在各个季节中,产生降水的条件不完全相同,因此,各季节的降水指标也不相同。根据山东省天气气候特点,我们将样本划分为 12 月~3 月(冬季回流降水)、4~6 月(春季对流降水)、7~9 月(山东主汛期)、9~11 月(秋季降水)4 个时段。

将每一个因子值从小到大排列,并按照最大、最小值差的百分之一的格距进行分段,计算每一段中各降水量级的频率,并记录每一段的上界和下界。以济南市 850hPa 相对湿度为例,其最小值为 0%,最大值为 100%,在 7~9 月份当相对湿度在 90%~88%之间时,小雨出现的频率为 69.2%,中雨出现的频率为 38.5%,大雨出现的频率为 30.8%,暴雨出现的频率为 15.4%。这样,对于每个样本而言,都能根据各个因子的值,确定其落在哪段内,从而确定此时的各量级降水频率。其中,小雨频率是指出现小雨及以上量级的降水频率,中雨频率是出现中雨及以上量级的降水频率,依此类推。

2.3 权重系数及综合指标的确定

确定了 15 个因子在每段上的降水(降水量级)频率后,将每个样本(每天)15 个因子的各量级上(如小雨量级)的降水频率分别累加,产生了该量级的一个综合频率序列,在该序列中选取一个判别指标,当达到该指标以上时,降水 TS 评分达到最大,该指标即为该量级预报的综合降水预报指标。

由于每个站中,每个因子发挥的作用并不相同,为了选取最大的降水 TS 评分值,将 15 个因子中的每个降水频率乘一个权重系数之后再进行累加,通过计算机自动调整权重系数,使降水 TS 评分达到最大,此时的累加值就是综合降水指标方法的最终指标。经过权重处理后的 TS 评分值,能够提高 5%~10%,如济南市 7~9 月份不加权重的小雨

TS值为75.6%，增加权重后的小雨TS评分值为81.1%。

表1是济南市7~9月份各量级中,各因子的权重系数、综合指标及降水TS评分对照表,从表1中的指标值也能看出,小雨以上

量级、中雨以上量级、大雨以上量级、暴雨量级的发生频率依次递减。由于暴雨样本较少,增加权重系数对预报准确率影响不大,各因子的权重系数均为1。

表1 济南市7~9月各量级权重系数、综合指标、TS评分对照

量级	各因子权重系数															综合指标	TS评分/%
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅		
小雨	5	1	1	1	6	3	2	0	2	1	1	2	1	1	6	13.3	81.1
中雨	2	1	1	0	4	4	1	1	1	6	1	1	1	1	0	6.6	78.1
大雨	3	1	1	1	1	4	1	1	1	6	1	1	1	1	1	5.5	81.8
暴雨	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.2	80.0

3 综合指标方法的应用效果检验

3.1 预报流程

综合指标方法的预报流程如图2所示。

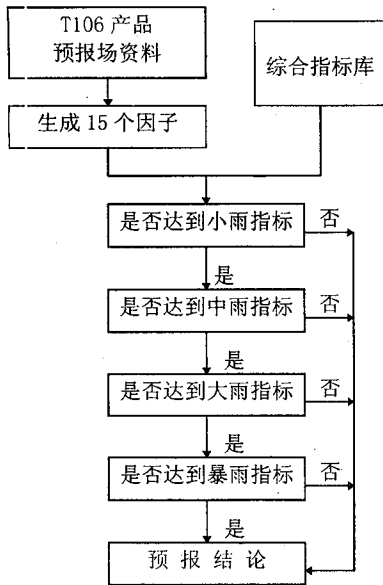


图2 综合指标方法预报流程图

3.2 预报效果检验

1998年8月22日,受黄河气旋的影响,山东省出现了一次大范围降水天气过程,全省普降大~暴雨,局部出现了大暴雨。在这次过程中,全省94个测站(实现了地面观测资料信息化的站)有8个站出现了小雨、16个站出现了中雨、24个站出现了大雨、46个站

出现了暴雨。

利用1998年8月20日的T106产品24小时、48小时预报场资料和1998年8月21日的T106产品的分析场、24小时预报场资料,采用综合指标方法对该次过程进行24小时、48小时预报。表2是各量级24、48小时预报的TS评分、空报率、漏报率对照表。由于指标选取时是以出现该量级及以上量级降水时的频率,因此,在进行TS评分计算时,也按照该原则,即:计算中雨TS评分时,出现中雨及以上量级则认为准确,出现小雨及无雨则认为错。从表2中可以看出,该方法的小雨预报准确率较高,其中24小时达到了75.5%,48小时达到了58.5%,中雨以上量级预报的TS评分24小时预报达到了39.1%,48小时预报达到了38.4%,大雨以上量级预报的TS评分24小时预报达到了28.6%,48小时预报达到了31.0%。暴雨量级预报效果较差,但也具有预报能力,其空报较少,其中48小时空报的测站也出现了大雨,暴雨综合指标的缺点是漏报较多。

该方法对其它降雨过程的预报效果也较好。如1998年8月4日的24小时预报小雨以上量级的TS评分为94.7%、中雨以上量级的TS评分为44.0%、大雨以上量级的TS评分为20.0%。对暴雨量级的预报效果同样较差。

表2 综合指标方法对1998年8月22日山东省降水预报准确率/%

量级	24小时预报			48小时预报		
	TS评分	空报率	漏报率	TS评分	空报率	漏报率
小雨	75.5	0.0	24.5	58.5	0.0	41.5
中雨	39.1	2.9	60.5	38.4	0.0	61.6
大雨	28.6	0.0	71.4	31.0	4.3	68.6
暴雨	2.2	0.0	97.8	8.5	20.0	91.3

利用综合指标方法进行逐日降水预报效果也较好,由于受资料长度的限制,没有进行更具体的统计。

我们利用逐步回归方法建立的降水预报方程,在对以上降水过程预报中,对中雨及以上量级的预报能力明显低于综合指标方法。

4 小结

(1)综合指标方法作为一种进行降水分级预报的客观预报方法,由于其借鉴了预报员传统的选取指标思路,探索出了一条降水分级预报的新路子,为提高大降水的预报准确率提供了较好的参考依据,用该方法也可制作其它气象要素预报。

(2)由于该方法在研制时采用了国家气象中心 T106 产品的分析场资料,在实际业

务中用 T106 产品的预报场资料替代,该方法较好的预报效果从侧面反映出了我国数值预报产品质量的提高,坚定了各级台站以我国数值分析预报产品为基础,综合应用各种气象信息和技术方法制作天气预报产品的信念。

(3)综合指标方法仍然存在缺点,如暴雨预报准确率不高等问题,产生该问题的主要原因是因为暴雨样本少,为克服这一缺点,可以考虑采用降水分区预报方法增加预报样本,提高其预报准确率。

此外,该方法也存在不完善之处,如在物理量分段时,仅采用了均匀分段,可能使有、无雨(小、中、大、暴雨)分界点不明显,有待今后继续改进。

An Application of Composite Index Method to Precipitation Categorical Forecast

Wang Jianguo Li Yuhua Geng Bo Wu Wei

(Shandong Meteorological Bureau, Jinan 250031)

Abstract

By using of the T106 analysis data of National Meteorological Center during January 1995-December 1997, factors grouped and correlation analysis the physical factors close correlation with precipitation and definitely differentiating precipitation were defined. Every factor in sample is arranged from low to high order, then divided in section, and calculated precipitation frequency in every section. According to every factor contribution to precipitation, the weighing coefficient of every factor was calculated. The precipitation frequency of every section of every factor of every sample are weighed, and then added. A composite precipitation frequency value is given by history sample fitting. The TS score maximum value of the precipitation is defined as composite forecast index. The composite index of short-range forecast about light rain, moderate rain, heavy rain and storm rain were derived respectively. Precipitation categorical forecasts were conducted by using the method and the forecast effect was analysed.

Key Words: composite index precipitation categorization precipitation forecast