车贝雪夫多项式在超长期天气预报中的应用

原北厚　戴　萍　（沈阳中心气象台）

一、引　言

超长期预报一般指一年以上十几年以内的月平均或年平均温度和降水总量的预报[1]。本文就国民经济“七五”计划期间，辽宁省东部春季降水趋势的5年超长期预报作为研究对象。

目前，国内外从大气环流以及大气活动中心的多年演变规律入手进行超长期预报的工作已经很多，也有从研究太阳活动方面来开展的。这些工作的共同特点是从大气环流等资料的多年时间序列进行统计分析，揭示其与天气的关系。通过预报环流等状况来达到对天气状况的预报。

本文则直接从预报对象的时间序列入手，采用周家斌将车贝雪夫多项式应用于时间序列的研究，提出的一种新的时间序列预报方法[2][3]，通过多时刻的连续预报方法来实现5年超长期预报。经试报检验效果较好，并对“七五”期间做了超长期天气展望。

二、资料及处理

本文所提出的预报对象是辽宁省东部春季（3—5月）降水量R，即包括铁岭、沈阳、抚顺、鞍山、辽阳、本溪、营口、大连和丹东9个台站的春季3个月降水总量平均值。样本长度30年，即1952—1981年。

为了减少季节影响，采用求距平百分率的方法对资料做预处理，即

$$P=\frac{R-\overline{R}}{\overline{R}}\times 100\%$$

式中$\overline{R}$为春季降水总量的多年平均值。

三、方法及应用

设在t轴上有T_0个离散格点，$t=1,2,\cdots,T_0$。各格点上的研究对象值分别记为$P_{(1)}$，$P_{(2)}$，…，$P_{(T_0)}$。欲求取(T_o+1)格点的值，即$P(T_o+1)$，在格点$t=1,2,\cdots,T_o,(T_o+1)$上将$P(t)$用车贝雪夫多项式展开[4]，可得到

$$\widehat{P}_{K_o}(t)=\sum_{k=o}^{K_o}A_k\varphi_k(t) \qquad (1)$$

$$(t=1,2,\cdots,T_o,T_o+1)$$

$$\widehat{P}_{K_o}(T_o+1)=\sum_{k=o}^{K_o}A_k\varphi_k(T_o+1) \qquad (2)$$

式中$\widehat{P}_{K_o}(t)$为格点t处$P(t)$的拟合值，而$\varphi_k(t)$为k阶规一化车贝雪夫多项式在格点t处的值，K_o为截止阶数，A_k为车贝雪夫系数，其表达式为:

$$A_k=\sum_{t=1}^{T_o+1}P(t)\varphi_k(t) \qquad (3)$$

$$(k=0,1,2,\cdots,K_o)$$

对于大于(T_o+1)的格点的历史资料时间序列，可按照如上的计算方法依次做下去，求得一系列拟合值$\widehat{P}_{K_o}(T_o+1)$，$\widehat{P}_{K_o}(T_o+2),\cdots,\widehat{P}_{K_o}(T_o+n),\cdots,\widehat{P}_{K_o}(T_o+N)$。$(T_o+N)$是样本的总长度。

然后求(T_o+1)到(T_o+N)各点的拟合误差$\widehat{\varepsilon}$，即

$$\left.\begin{array}{l}\widehat{\varepsilon}(T_o+1)=\widehat{P}_{K_o}(T_o+1)-P(T_o+1)\\ \widehat{\varepsilon}(T_o+2)=\widehat{P}_{K_o}(T_o+2)-P(T_o+2)\\ \quad\vdots\\ \varepsilon(T_o+n)=\widehat{P}_{K_o}(T_o+n)-P(T_o+n)\\ \quad\vdots\\ (T_o+N)=P_{K_o}(T_o+N)-P(T_o+N)\end{array}\right\}(4$$

将格点值按$\hat{\varepsilon}>0$或<0分为两类。

理想初估值误差由下式表示：

$$\hat{\varepsilon}_o(T_o+n)=\hat{P}_o(T_o+n)-P(T_o+n) \tag{5}$$

式中$\hat{P}_o(T_o+n)$是(T_o+n)点的理想初估值。

按照条件1

$$|\hat{\varepsilon}_o(T_o+n)|>\frac{|\hat{\varepsilon}(T_o+n)|}{\sigma} \tag{6}$$

式中 $\sigma=\sum_{k=o}^{Ko}\left[\varphi_k^2(T_o+1)/\sum_{t=1}^{To+1}\varphi_k^2(t)\right]$

和条件2，即$\hat{\varepsilon}(T_o+n)$与$\hat{P}_o(T_o+n)$正负符号相反的要求，选取适合于每一个格点的理想初估值$\hat{P}_{o,+}(\hat{\varepsilon}>0)$和$\hat{P}_{o,-}(\hat{\varepsilon}<0)$，而$\hat{P}_{o,+}$对于$\hat{\varepsilon}<0$和$\hat{P}_{o,-}$对于$\hat{\varepsilon}>0$则为非理想初估值。

然后以理想初估值代替历史资料的原始值进行迭代运算，公式是：

$$A_K^{(\nu)}=\sum_{t=1}^{To}P(t)\varphi_k(t)+P_o^{(\nu-1)}\varphi_K(T_o+1) \tag{7}$$

$$\hat{P}_{Ko}^{(\nu)}(T_o+1)=\sum_{k=o}^{Ko}A_k^{(\nu)}\varphi_k(T_o+1) \tag{8}$$

经过若干次迭代总会找到一个ν_c，使得让$\hat{P}_{Ko}^{(\nu_c^*)}(T_o+1)$最近似于$\hat{P}(T_o+1)$。其余$(T_o+2)$到$(T_o+N)$各格点上均可按上述计算方法找到$\nu_c$。而对所有$\hat{\varepsilon}>0$和$\hat{\varepsilon}<0$的个例，可求取一个常见迭代次数$\nu_c^*$。由此确定理想初估值的预报结果

$\hat{P}_{Ko}^{(\nu_c^*)}(T_o+n)$对非理想初估值迭代$\nu_c^*$次，得到非理想初估值预报结果

$\hat{P}_{Ko}^{\prime(\nu_c^*)}(T_o+n)$。

某一较大的正初值，必对$\hat{\varepsilon}<0$的所有个例是理想的；而对$\varepsilon>0$的所有个例是非理想的。使用该初值做预报，则可做出

$\hat{P}_{Ko}^{(\nu_c^*)}(T_o+n)$ 与$\hat{P}_{Ko}^{\prime(\nu_c^*)}(T_o+1)$的分布图，见图1。并从而决定判断预报结果是否属于理想初估值预报的判据。对某一绝对值较大的负初值，可做类似处理，所得分布图与图1类似，不再另附。

本文在具体计算操作时，选取$T_o=6$，$K_o=1$，样本选取30年，即1952—1981年。计算得到的ν_c^*等于2。理想初估值$\hat{P}_{o,+}=-121$，$\hat{P}_{o,-}==157$。采用前述的计算步骤，所得到的样本预报值与原始值的拟合效果比较好，见图2。趋势预报的准确率达到79%，对时间序列中31至35点（即1982—1986年）做了5年超长期试报。检验已有实况值的前4年，预报趋势全部正确。对序列35至39点（即“七五”期间的1986－1990年）做5年超长期预报的结果是：1986年（试报期的末年预报期的头年）试报与预报结果一致，都是春雨少。从“七五”期间的春雨超长期预报来看，表现有一少一多的两年周期，见表1。

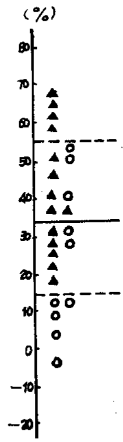

图1 理想初估值与非理想初估值预报值分布图

0 —$\hat{\varepsilon}<0$

▲—$\hat{\varepsilon}>0$

表1 超长期试报和预报情况

项目 \ 值 \ 年	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
实况值	－3	29	－28	7					
试报值	－20	30	－11	29	－4				
预报值					－21	17	－27	16	－18

四、结语

本文采用将车贝雪夫多项式应用于时间序列的预报所进行的超长期天气预报方法,可以作为一种研究超长期或气候展望的方法，并在试验中收到了较好的结果。本文是在PDP－11/44机上实现的，但使用一般计算机也可做。由于时间的关系，仅做了$K_o=1$，$T_o=6$的情况。今后可进一步通过改变K_o和

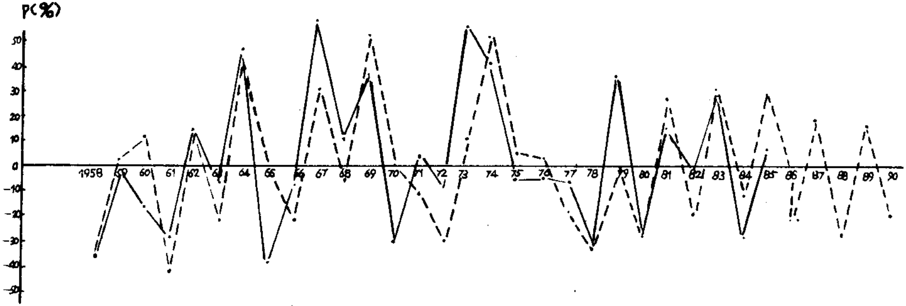

图2　辽宁东部春季降水演变曲线

——实况值 ……预报值

T。,并对不同的预报对象(譬如大气环流型、大气活动中心、太阳活动以及各种气象要素的演变规律分析）做更多的试验工作，以便不断总结和完善。

·更正·本刊今年第一期26页倒6行“30%”应为“3%”。

参　考　文　献

【1】章基嘉、葛玲，中长期天气预报基础，气象出版社，1983年。

【2】周家斌，一种新的时间序列预报方法，大气科学，第9卷，第1期，1985年。

【3】周家斌，关于用车贝雪夫多项式做时间序列预报的几个问题，科学通报，(15)　1984年。

【4】周家斌，车贝雪夫多项式简介(1)，河南气象，(1)　1984年。