

转移概率预报方法及其应用

张俊岚 王 华

(新疆阿克苏地区气象局, 843000)

提 要

采用转移概率方法及最大概率预报原理, 分析研究了新疆阿克苏市 1954~1995 年霜冻初、终日期及月降水量等随机时间序列状态之间的转换规律, 结合各序列状态的初始分布, 建立预报模型, 并对 1996~1999 年各项目进行预测。结果表明, 该方法预报效果较好, 适用性强, 具有良好的应用前景。

关键词: 转移概率 随机时间序列 预报模型

引 言

近年来全球气候异常, 极端气候事件频繁发生, 地处西北地区的新疆, 地形地势特殊, 气候变化复杂, 因此长期预报方法研究越来越受到人们的重视。目前长期预报方法较多, 但大都采用统计方法, 本文通过研究统计预报中的转移概率, 并结合气候状态的初始分布, 对波动较大的随机时间序列进行

预测。实践证明该方法在霜冻的初、终日期、月降水量、开春和入冬期等长期预报项目中, 预报效果显著, 成为制作长期预报的重要工具。

1 预报方法与模式简介

1.1 转移概率

转移概率是马尔可夫链中的重要概念。若预报量由 S 个状态组成, 历史资料转化为

由这 S 个状态所组成的序列。从任意一个状态出发,经过任意一次转移,必然出现状态 $1, 2, \dots, S$ 中的一个,这种状态之间的转移称为转移概率。

当样本中状态 j 可能发生转移的总次数为 M_j ,而由状态 j 到未来任一时刻转为状态 k 的次数为 N_k 时,则在 t_i 时刻的 j 状态转移到未来任一时刻状态 k 的转移概率为:

$$P_{jk}^{(m)} = \frac{N_k^{(m)}}{M_j} \quad (1)$$

这些转移概率可以排成一个 $S \times S$ 的转移概率矩阵: $P_0^{(m)}$ 。

当 $m=1$ 时为一阶转移概率矩阵, $m \geq 2$ 时为高阶概率转移矩阵,有了概率转移矩阵,就得到了状态之间经一步和多步转移的规律,这些规律就是储存状态间演变规律的表,当初始状态已知时,可以查表做出不同时效的预报。

1.2 预报原理——最大转移概率原理

当利用转移概率来作预报时,计算出预报量未来处于状态 $1, 2, \dots, S$ 的概率,常常取其中最大值所对应的状态为预报结论,称为最大转移概率原理。如果已知预报量 y 在第 t_N 时刻处于状态 j_1 ,第 t_{N-1} 时刻处于状态 $j_2, \dots$,第 t_{N-M+1} 时刻处于状态 j_m ,则根据公式(1)分别取出第 j_1 行,第 j_2 行, $\dots$,第 j_m 行。

将各行对应元素相加得到:

$$\sum_{i=1}^M P_{ji} 1^{(i)}, \sum_{i=1}^M P_{ji} 2^{(i)}, \dots, \sum_{i=1}^M P_{ji} S^{(i)} \quad (2)$$

比较式(2)所示 S 个数字的大小,取出其中最大值,如果第 k 个最大,则状态 k 为第 t_{N+1} 时刻 y 的预报结论。

2 转移概率在霜冻预报中的应用

2.1 资料与天气状态的划分

取阿克苏市 1954~1995 年 42 年霜冻的初、终日期随机时间序列,采用转移概率预

报方法进行分析预测,根据资料长度,将终、初霜出现日期分别用 E、F 表示,并各划分为 5 种状态: E1: 3 月 13~20 日, E2: 3 月 20~22 日, E3: 3 月 22~26 日, E4: 3 月 26~4 月 1 日, E5: 4 月 1~22 日; F1: 9 月 28 日~10 月 19 日, F2: 10 月 20~22 日, F3: 10 月 22~24 日, F4: 10 月 25~28 日, F5: 10 月 29 日~11 月 7 日。表 1 为阿克苏市历年初霜状态序列。

表 1 阿克苏市 1954~1995 年霜冻初、终日期状态划分表

时间	终霜	初霜	时间	终霜	初霜	时间	终霜	初霜
1954	E1	F4	1968	E5	F1	1982	E1	F4
1955	E5	F3	1969	E4	F1	1983	E2	F3
1956	E3	F2	1970	E4	F3	1984	E1	F1
1957	E3	F2	1971	E2	F2	1985	E5	F1
1958	E2	F2	1972	E5	F2	1986	E2	F3
1959	E3	F3	1973	E3	F3	1987	E1	F1
1960	E1	F1	1974	E4	F2	1988	E2	F1
1961	E4	F4	1975	E2	F4	1989	E5	F5
1962	E4	F5	1976	E4	F2	1990	E3	F3
1963	E1	F5	1977	E3	F5	1991	E4	F5
1964	E4	F4	1978	E3	F4	1992	E2	F3
1965	E1	F5	1979	E3	F5	1993	E5	F2
1966	E5	F4	1980	E4	F4	1994	E2	F1
1967	E5	F1	1981	E1	F3	1995	E2	F4

2.2 转移概率矩阵的建立

根据式(1),以终霜为例,分别建立其一阶和高阶转移概率矩阵,形式如下:

$$P^{(1)} = \begin{bmatrix} 0.111 & 0.222 & 0.111 & 0.222 & 0.333 \\ 0.222 & 0.111 & 0.111 & 0.111 & 0.444 \\ 0.222 & 0.111 & 0.333 & 0.333 & 0 \\ 0.333 & 0.333 & 0.111 & 0.222 & 0 \\ 0.111 & 0.222 & 0.333 & 0.111 & 0.222 \end{bmatrix}$$

$$P^{(2)} = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.222 & 0.111 & 0.111 & 0.222 \\ 0.222 & 0.222 & 0.333 & 0 & 0.222 \\ 0.125 & 0.375 & 0.250 & 0.250 & 0 \\ 0.222 & 0.111 & 0.111 & 0.222 & 0.333 \\ 0.222 & 0.111 & 0.111 & 0.444 & 0.111 \end{bmatrix}$$

$$P^{(3)} = \begin{bmatrix} 0.375 & 0 & 0.250 & 0 & 0.375 \\ 0.111 & 0.222 & 0.222 & 0.333 & 0.111 \\ 0.375 & 0 & 0.125 & 0.375 & 0.125 \\ 0.111 & 0.222 & 0.333 & 0.111 & 0.222 \\ 0.111 & 0.555 & 0 & 0.222 & 0.111 \end{bmatrix}$$

$$P^{(4)} = \begin{bmatrix} 0 & 0.375 & 0 & 0.375 & 0.250 \\ 0.222 & 0.222 & 0.333 & 0.111 & 0.111 \\ 0.5 & 0.250 & 0.125 & 0.125 & 0 \\ 0.222 & 0.111 & 0.222 & 0.222 & 0.222 \\ 0.125 & 0.125 & 0.125 & 0.250 & 0.375 \end{bmatrix}$$

$$P^{(5)} = \begin{bmatrix} 0.250 & 0.250 & 0.125 & 0.125 & 0.250 \\ 0.375 & 0.125 & 0 & 0.375 & 0.125 \\ 0.250 & 0.250 & 0.125 & 0.375 & 0 \\ 0.111 & 0.111 & 0.111 & 0.222 & 0.444 \\ 0.125 & 0.250 & 0.5 & 0 & 0.125 \end{bmatrix}$$

2.3 霜冻的初、终日期预报及其检验

2.3.1 1998年终霜日期的预测检验

利用转移概率矩阵 $P^{(1)} \sim P^{(5)}$, 结合终霜的初始状态分布: 1997 年 (E1)、1996 年 (E5)、1995 年 (E2)、1994 年 (E2)、1993 年 (E5), 分别提取出上述 5 个矩阵的第 1 行、第 5 行、第 2 行、第 2 行、第 5 行, 并将各状态的概率列累加, 结果如下:

	E1	E2	E3	E4	E5
一阶转移概率:	0.111,	0.222,	0.111,	0.222,	0.333
二阶转移概率:	0.222,	0.111,	0.111,	0.444,	0.111
三阶转移概率:	0.111,	0.222,	0.222,	0.333,	0.111
四阶转移概率:	0.222,	0.222,	0.333,	0.111,	0.111
五阶转移概率:	0.125,	0.250,	0.5,	0,	0.125
列累加:	0.791,	1.027,	1.277,	1.110,	0.791

从上述结果可看出, E3 项累加概率值最大, 根据最大转移概率原理, 可预报 1998 年的终霜状态为 E3, 即终霜日期处于 3 月 22~26 日。1998 年终霜日期实际出现于 3 月 26 日 (E3 状态), 预报结论与实况值一致, 预报效果较好。

2.3.2 初、终霜日期预报效果检验

为了更好地检验该方法的预报效果, 分别对 1996~1999 年的初、终霜日进行预报, 并与实况值比较 (详见表 2)。

表 2 阿克苏市 1996~1999 年霜冻初、终日期预报与实况状态对比表

时间/年	终霜		初霜	
	预报	实况	预报	实况
1996	E5	E5	F2	F2
1997	E5	E1	F5	F5
1998	E3	E3	F4	F4
1999	E1	E1	F5	—

从表 2 可看出该方法在霜冻预报中效果显著, 准确率较高。

3 转移概率在降水预报中的应用

新疆的夏季降水有较强的局地性和阵性特点, 其月降水时间序列有较大的随机性和波动性, 转移概率预报方法对这类波动较强的随机时间序列有一定的预报能力。以阿克苏 1996~1998 年 7 月降水预报为例, 说明该方法在月降水量预报中的实用效果。

将阿克苏市 1954~1995 年 7 月降水量分为特少、偏少、正常、偏多、特多 5 个量级, 根据预报原理, 计算出 7 月降水量各阶转移概率矩阵, 得出各状态之间的转移规律, 然后利用最大转移概率原理, 对 1996~1999 年 7 月降水量作出预报, 表 3 为预报检验结果。

表 3 阿克苏市 1996~1998 年 7 月降水量预报检验表

时间/年	预报量级 (mm)	实况值/mm	评定
1996	特多 (>19.3)	72.4	正确
1997	偏少 (8.9~12.3)	10.5	正确
1998	正常 (12.4~19.3)	17.7	正确
1999	特少 (0.7~4.5)	19.5	错

4 结语

由于转移概率预报方法对波动性较大的随机时间序列具有一定的预报能力, 并且能客观地反映随机状态之间的转移规律, 因此对开春和入冬期的预报准确率也较高。

以上分析结果表明, 转移概率和最大概率预报方法在目前的长期预报技术水平下, 对于处理离散的随机时间序列具有一定的预报能力, 该方法有较好的应用前景。

参考文献

- 1 朱伯承. 统计天气预报. 上海: 上海科学技术出版社, 1981: 155~158.
- 2 王宗浩等. 天气预报中的概率统计方法. 北京: 科学出版社, 1978: 116~118.
- 3 魏淑秋. 农业气象统计. 福州: 福建科学技术出版社, 1985: 198~201.

An Application of the Predication Method of Conversion Probability

Zhang Junlan Wang Hua

(Akesu Region Meteorological Office, Xingjiang 843000)

Abstract

Using the method of conversion probability and the prediction principle of maximum probability, the conversion principle of random time sequence state of early frost date, latest frost date and monthly precipitation at Akesu city in Xinjiang during 1954—1995 was analysed. Combining the initial distribution of every sequence state, the prediction model was given. The forecast for every factor in 1996—1999 shows that the method's prediction effect and applying effect are better.

Key Words: conversion probability random time sequence prediction model