

灌区作物需水量预报的时间序列分析*

李靖 段青松 邱勇

(云南农业大学工程技术学院,昆明 650201)

摘要:介绍了基于周期性变化时间序列的分析预报方法,针对灌区需水量变化规律,通过消除其趋势项和周期项,对残差序列进行模拟,经变换后建立灌区需水预报模型。分析表明,该法用于灌区作物需水预报有效、可行。

关键词:灌区;需水量预报;时间序列

中图分类号: S 274.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X(2000)02-0102-03

灌区需水量预报是灌区用水管理的重要步骤,预报精度的高低对灌区编制和执行用水计划起决定性作用,当前灌溉需水灌区预报主要分两大类,一类主要以农田土壤含水量预报为基础,经水量平衡计算,确定各时段土壤含水量,计算作物需水量,该类方法对实时灌溉管理较为有效,但因必须具备一定实验设施和手段,需要较多的数据进行处理,从而使得该法在大多数缺乏实验手段的灌区难以推广应用。另一类则是依据水利、气象部门的降水预报,结合灌区作物种植计划,采用诸如多元回归分析,灰色预报理论,模糊预报理论等方法对灌区需水量进行研究,取得一定成果,但效果各异。近年来,随着灌区管理工作的加强和制度化,许多灌区汇集了一定的观测资料,这些资料为应用时间序列法进行灌区需水预报奠定了基础。根据时间序列分析方法的基本原理可认为:对于灌区需水的有关系列资料,在数据序列的先后顺序和大小中蕴含丰富信息,采用恰当方法从中提取和分析利用这些信息,从而达到预测预报目的。该法计算简单,使用参数少,精度理想,适宜在灌区面积和作物种植比例相对稳定的灌区推广应用。

1 数学模型

1.1 建模思路

由于灌区作物需水受降水、气象、作物组成等多方面因素影响,呈随机变化性,但从中长期角度分析,灌区的灌溉及用水在时间分布上具有一定规律性,如每年3~5月份春灌,灌区需水大幅增长,到7~9月进入汛期后,降水的增加使灌区需水呈明显减少趋势,需水变化呈现周期性,且每一周期年灌区需水变化规律形态基本相近。

基于以上分析,设想从灌区用水量序列中尽量消除确定性项影响,提起周期项和幂函数趋势,得到新残差序列,即随机项,对其建立随机ARMA模型,经变换即可对其进行预报,在此基础上叠加趋势项及周期项,得到灌区作物需水预报模型,据此进行预测预报。

1.2 模型建立

对一非平稳呈周期性变化时间序列 X_t ($t=1,2,3,\dots,n$) 可由下列组合模型表示:

$$X_t = G_t + T_t + E_t \quad (1)$$

$$\text{其中: } G_t = \sum_{j=1}^m a_j t^{j-1}$$

$$T_t = a_0 + \sum_{l=1}^r \left\{ a_l \cos \frac{2\Pi l t}{T_l} + b_l \sin \frac{2\Pi l t}{T_l} \right\} \quad (3)$$

式中: G_t : 表示幂函数趋势; T_t 表示周期项趋势; E_t 表示残差随机序列; a_j 表示回归系数; m 为幂函数阶数

* 收稿日期: 1999-05-30

基金项目: 云南省应用基础研究基金(E0015Q)及云南省教委基金(9742016)资助项目

作者简介: 李靖(1969-),男,云南曲靖人,副教授,主要从事水资源及节水灌溉研究。

由时间系列 X_t 确定幂函数 G_t 的阶数及回归系数 $a_j; j=1, \dots, m$ 相应的最小 2 乘法格式为:

$$X_t = \sum_{j=1}^m a_j t^{j-1} + e_t \tag{4}$$

式中 e_t 为拟合误差,上式可写为:

$$X_t = \Phi^t(t)a + e_t \tag{5}$$

式中: $\Phi(t) = (1, t, t^2, \dots, t^{m-1})^T$ $a = (a_1, a_2, \dots, a_m)^T$

则 a 可由下列方程组决定

$$H(N)^T H(N)a = H(N)^T Z(N) \tag{6}$$

式中:

$$H(N) = \begin{bmatrix} \Phi(1)^t \\ \Phi(2)^t \\ \vdots \\ \Phi(n)^t \end{bmatrix} \qquad Z(N) = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix}$$

求出 a 后带入(2)式,即求得幂函数趋势项 G_t ,在原时间序列 X_t 中减去确定幂函数趋势项

$$G_t = \sum_{j=1}^m a_j t^{j-1}$$

得到新残差序列 $[\xi_t]$ $\xi_t = X_t - G_t = X_t - \sum_{j=1}^m a_j t^{j-1} \tag{7}$

用周期图方法识别序列 $[\xi_t]$ 的隐含周期 $T_l \quad l=1, 2, \dots, r$,将 T_l 代入(3)中,则残差 ξ_t 为

$$\xi_t = a_0 + \sum_{l=1}^r \{ a_l \cos \frac{2\Pi t}{T_l} + b_l \sin \frac{2\Pi t}{T_l} \} + e_t \tag{8}$$

将上式写成最小 2 乘格式为: $\xi_t = \Phi^t(t)\beta + e_t \tag{9}$

式中:

$$\Phi_t(t) = (1, \cos 2\Pi t/T_1, \sin 2\Pi t/T_1, \cos 2\Pi t/T_2, \sin 2\Pi t/T_2, \dots, \cos 2\Pi t/T_r, \sin 2\Pi t/T_r)^T \tag{10}$$

$$\beta = (a_0, a_1, b_1, a_2, b_2, \dots, a_r, b_r)^T \tag{11}$$

$$H(N)^T H(N)\beta = H(N)^T Z(N) \tag{12}$$

由上式可求得参数 $\beta = (a_0, a_1, b_1, \dots, a_r, b_r)^T$ 后带入(3)式,即可求出周期项 T_l 在序列 $[\xi_t]$ 中减去周期项 T_l ,则得到最终残差时间序列 E_t

$$E_t = \xi_t - T_t = X_t - G_t - T_t \tag{13}$$

残差序列 E_t 通过时间序列分析法中阶数识别及参数估计建立 ARMA(p,q)模型进行预测。

1.3 模型预报

通过上述分析,建立 E_t 时间预报序列模型对所建立的幂函数趋势模型和周期模型分别进行向前 K 步预报,将结果代入(1)式后即为 X_t 向前 K 步预报结果。

2 应用实例

应用提出的时间系列模型,对呈周期性规律变

化的灌区需水量问题进行建模和预报,现以云南省某灌区为例进行研究。该灌区东西片灌区面积为 5 212 hm²,灌区主要种植水稻、玉米、烤烟及油菜等作物,1956 年建成投入使用,有 1980~1992 年观测资料,以 1980~1990 年共计 132 个月资料建模,对建模资料采用幂函数进行拟合,得拟合模型为:当显著水平为 0.05 时,由周期图方法在 Fisher 检验条件下,识别出周期为 12 个月,1992 年进行预测检验,建模及预报结果参见表 1,表 2,可见其成果令人满意。

表 1 灌区需水量预报成果表

Tab. 1 Calculated results of the water demand in irrigation district

单位: 10^4 m^3

1991	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
实测值	130.7	144.1	228.2	260.1	480.5	61.9	62.4	74.3	49.5	25.1	20.0	76.5	1 613.3
预报值	119.2	157.8	255.8	254.9	428.6	69.9	73.1	67.1	56.9	31.6	25.7	66.0	1 606.6
相对误差/%	8.8	-9.5	-12.1	2.0	10.8	-12.9	-17.1	9.7	-14.9	-25.7	-28.3	13.7	4.3
1992	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
实测值	121.9	135.7	219.3	250.7	451.9	63.5	65.1	80.1	51.2	27.1	20.7	81.3	1 568.5
预报值	136.6	125.8	194.7	270.5	498.0	78.5	77.5	74.6	46.0	29.3	25.0	102	1 659.0
相对误差/%	-12.1	7.3	11.2	-7.9	-10.2	-24	-19	6.9	-10	-8.1	-21	-26	-5.76

表 2 灌区 1980~1990 年需水量预报成果表

Tab. 2 Prediction results of the water demand in irrigation district

单位: 10^4 m^3

年份	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
实测值	1 521	1 537	1 529	1 556	1 578	1 581	1 573	1 589	1 620	1 617	1 628
预测值	1 793	1 213	1 793	1 321	2 049	1 460	1 656	1 743	1 461	1 719	1 478
相对误差/%	-17.9	21.1	-17.3	15.1	-29.8	7.6	-5.3	-9.7	9.8	-6.3	9.2

3 结束语

时间序列分析是通过对有序的历史数据进行数据处理,寻求规律预测未来的有力工具,尤其是

对规律性强的随机数据的预测结果较为理想。本法计算简单,所需资料较少且易用,预测结果精度较高,是一种很好的用于周期性特征序列的预测方法,对具有一定规律的时间序列均可采用。

参 考 文 献

- 1 陈玉民,郭国双,王广兴等.中国主要作物需水量与灌溉[M].北京:水利电力出版社,1995.45~139
- 2 杨叔子,吴雅.时间序列分析的工程应用(下)[M].武汉:华中理工大学出版社,1991.3~66
- 3 杨位钦,顾岚.时间序列分析与动态数据建模北京[M].北京:北京理工大学出版社,1988.15~79
- 4 沈荣开,张蔚榛,张瑜芬等.灌区水盐监测预报理论与实践[M].郑州:黄河水利出版社,1997.127~215

A Time Series Analysis Model for the Prediction of Water Demand in Irrigation District

Li Jing Duan Qingsong Qiu Yong

(Faculty of Engineering and Technology, Y A U, Kunming 650201)

Abstract This paper presents a model for the prediction was set up which based on the rule of irrigation water demand. A case study indicates that this method is efficient and accurate for the prediction of water demand in irrigation district.

Key words Irrigation district; Water demand prediction; Time series analysis