

Precipitation Prediction Model in the Duolun Area, Inner Mongolia*

Jianwei Su, Bing Shen[#], Xian Jia

Northwest Key Laboratory of Water Resource and Environment Ecology, Ministry of Education, Xi'an University of Technology, Xi'an
Email: 15849137107@126.com, [#]shenbing@xaut.edu.cn

Received: May 21st, 2012; revised: Jun. 16th, 2012; accepted: Jun. 25th, 2012

Abstract: We use the ARMA model to analyze rainfall data of Duolun, and use the established ARMA model to verify the applicability of the model and to predict the next 2 to 3 years rainfall in the Duolun region for the production and life.

Keywords: Annual Rain-Fall; Time Series; Imitation; Prediction; ARMA Modal

内蒙古多伦地区降雨量预报模型研究*

苏建伟, 沈冰[#], 贾宪

西安理工大学西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 西安
Email: 15849137107@126.com, [#]shenbing@xaut.edu.cn

收稿日期: 2012年5月21日; 修回日期: 2012年6月16日; 录用日期: 2012年6月25日

摘要: 本文利用自回归滑动平均模型(ARMA)对多伦地区多年降雨量数据进行分析, 进行时间序列模拟, 建立了 ARMA 模型, 验证了该模型在研究区的适用性, 并用该模型对多伦地区未来 2~3 年的降雨量进行预测, 并分析了该模型的利弊, 为该区生产生活服务。

关键词: 年降雨量; 时间序列; 模拟; 预报; ARMA 模型

1. 引言

人类赖以生存的淡水资源归根到底来自于自然降水, 一个地区年降雨量的多少, 决定了其水资源的丰枯程度。对未来降雨量进行合理的预测, 有利于合理的利用水资源, 对未来生产生活提供参考信息。

多伦地区位于锡林郭勒盟东南部, 地处东经 115°55'~116°54', 北纬 41°46'~42°39', 地处阴山山地北坡, 内蒙古波状高原南缘, 地形为四周高、中间低, 南部高、北部低, 由西南向东北、再转向东南的半环形盆地。气候属于我国东部季风区, 暖温带, 半干旱

向半湿润过渡地带, 大陆性气候显著。该地区多年平均年降雨量 379.8 mm 左右, 降雨量集中在 5~9 月, 这几个月降雨量占全年降雨量的 80%以上, 其中 7 月降雨量最大, 约占全年的 27%; 全年中 1 月降雨量最少, 与占全年的 0.5%。目前, 国内外有关降雨量预测的方法有许多^[1], 主要有时间序列法、概率统计法等。本文采用时间序列分析理论中比较成熟的 ARMA 模型^[2,3], 对多伦地区多年降雨量序列进行研究, 从而得到适用于本地区的 ARMA 模型, 并预测未来年份的年降雨量。

2. ARMA 模型及数据处理

ARMA 模型是时间序列模型的一种, 是由美国统计学家波克斯(BOX)和金肯(Jenkins)在 20 世纪 70 年

*基金项目: 国家自然科学基金重点项目(50939004)。

[#]通讯作者。

作者简介: 苏建伟(1986-), 男, 河北省廊坊市永清县人, 硕士生, 研究方向为干旱水文与雨洪侵蚀。

代提出的^[4], 该模型参数少, 结构简单, 在水文水资源学中应用极为广泛, 是描述平稳随机序列的一类最主要的线性平稳模型。ARMA(p, q)模型结构表示为:

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

其中, 参数 $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$, 为自回归系数, p 为自回归阶数, 参数 $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ 为滑动平均系数, q 为滑动平均阶数。

ARMA(p, q)模型在降雨量的预测中起着重要作用, 该模型的应用前提是假设时间序列为一平稳过程, 而事实上降雨量的时间序列往往为非平稳序列^[5], 呈现出一定上升或下降的趋势。因此, 将原始降雨量数据序列平稳化后再建立模型并对未来进行预测^[6], 这样更符合时间序列数据的本质特征。

本文根据已取得的多伦地区 1961~2010 年降雨量资料为基础, 现将原始数据进行差分、去周期项, 得到其平稳序列(见图 1), 可以看出其平稳化后序列围绕一个均值上下波动。

将平稳化后的数据利用 MATLAB 程序根据自相关系数图和片自相关系数图经过多次拟合优选, 建立了适用于多伦地区的 ARMA(2,5)模型, 并通过误差分析得出由 ARMA(2,5)模型模拟出的大多数结果都符合预测要求, 因而利用该模型对多伦地区 2011~2012 年的年降雨量进行了预测。

得到的预测模型为: $A(p)y(t) = C(q)e(t)$ 其中,

$$A = [1, 1.00339]$$

$$C = [1, -1.52, 0.0475, 0.353778, 0.464379, 0.554976]$$

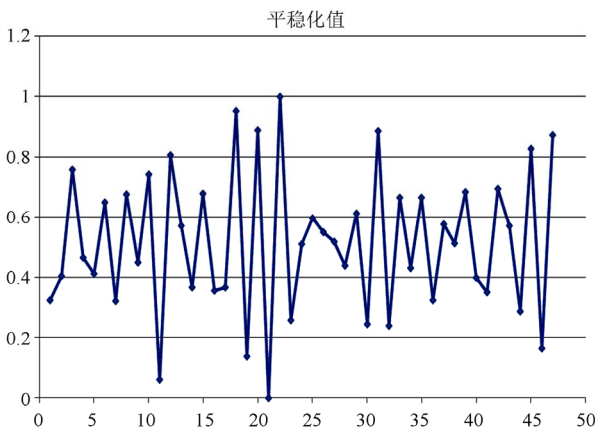


Figure 1. Smoothing precipitation data series
图 1. 降水量平滑化数据

3. 结果与分析

3.1. 模拟结果

根据模型模拟出的多伦地区 1991~2010 年的年降雨量中, 相对误差小于等于 25% 的合格率达到 90%。如下表 1。

3.2. 模型检验

用残差分析检验法^[7]来检验所建立的 ARMA 模型是否合适, 残差分析检验法是检验残差 $e_t = y_t - \hat{y}_t$ 是否满足白噪声序列的特征。其检验方法是:

$$\text{构造统计量 } \chi_{12}^2 = \sum_{k=1}^{12} 47 \rho^2(k) \sum n \cdot \rho^2(k)$$

其中 $\rho(k) = \gamma(k)/\gamma(0)$; $\rho(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} e_t \cdot e_{t+k}$;
 $k = 1, 2, \dots, m$ 。

由于 $\chi_m^2 \sim \chi^2(m)$,

因此, 给定检验水平 α 后, 可查表得 $\chi_\alpha^2(m)$ 。

若 $\chi_m^2 > \chi^2(m)$, 则认为残差序列 e_1, e_2, \dots, e_n 不是白噪声序列;

Table 1. Comparison between simulated and observed annual precipitation values
表 1. 多伦年降雨量模拟值与实测值对照表

年	实测值	模拟值	相对误差
1991	406.0	344.7	-0.15
1992	559.2	324.8	-0.42
1993	399.5	479.8	0.20
1994	502.2	432.3	-0.14
1995	438.9	467.8	0.07
1996	442.2	464.5	0.05
1997	376.9	440.7	0.17
1998	477.8	416.4	-0.13
1999	445.9	416.5	-0.07
2000	373.9	451.1	0.21
2001	255.2	380.8	0.49
2002	350.1	319.5	-0.09
2003	474.5	274.9	-0.42
2004	372.2	378.6	0.02
2005	322.8	347.2	0.08
2006	409.1	318.1	-0.22
2007	274.7	320.5	0.17
2008	403.3	395.7	0.02
2009	247.6	278.6	0.13
2010	361.8	280.6	-0.22

Table 2. Forecasted annual precipitation values
表 2. 年降雨量预报值

年份	2009	2010	2011	2012
实测值	247.6	361.8		
预测值	278.6	280.6	224.0	230.7
相对误差	0.125	0.224		

若 $\chi_m^2 < \chi^2(m)$, 则认为残差序列 e_1, e_2, \dots, e_n 为白噪声序列, 并认为所见的模型是合适的。

另外, 当 n 充分大时, ρ_k 近似服从 $N\left(0, \frac{1}{\sqrt{n}}\right)$, 故

$$P\left\{\left|\sqrt{n}\rho(k)\right| < 1\right\} = 68.3\%$$

$$P\left\{\left|\sqrt{n}\rho(k)\right| < 2\right\} = 95.5\%$$

因此, 当 68.3% 的 $\left|\sqrt{n}\rho(k)\right| < 1$ 或 95.5% 的 $\left|\sqrt{n}\rho(k)\right| < 2$ 时, 即可认为模型是合适的。

$$n = 47, \text{ 取 } m = 12, \text{ 构造统计量 } \chi_{12}^2 = \sum_{k=1}^{12} 47\rho^2(k),$$

则可得 $\sum_{k=1}^{12} 47\rho^2(k) = 0.138089$,

$$\chi_{0.05}^2 = 47 * 0.138089 = 6.4902。$$

查 χ^2 分布表, 当 $m = 12$ 时, $\chi_{0.01}^2 = 26.217$, $\chi_{0.05}^2 = 21.026$,

因为 $\chi_{12}^2 = 6.4902 < 21.026$,

则认为残差序列 e_1, e_2, \dots, e_n 为白噪声序列, 且所拟合的模型是合适的。

3.3. 预测

用通过检验的模型对未来年份年降雨量进行预测, 得到预测值如表 2 所示。

4. 结论

降雨量预测结果和检验结果基本令人满意, 说明短期预测 ARMA 模型对该地区可以应用, 预测结果可供生产参考。但由于降雨的随机性较强, 影响降雨量的因素较多, 降雨量随时间呈某种变化趋势的非平

稳随机过程, 并受各中随机因素影响, 围绕某一变化趋势产生偏差、跳跃、摆动, 所以, 实际值与预测值不可能完全相同。各种方法预测的精度都不是很高, ARMA 模型对数据资料要求少, 仅用到变量自身的历史数据, 应用简单。同时, ARMA 模型毕竟是一种带统计意义的模型, 对水文过程的模拟缺乏物理成因上的分析。在实时预报中建立在本时段以前的信息输入基础上, 因此可能使整个预报过程出现无法避免的滞后现象, 所以在实际应用中可能还要采取其他措施, 在模型预报中应做到心中有数。而且, ARMA 模型仅适用于短期预测, 不能做中长期预测。

参考文献 (References)

- [1] 李希国, 刘贤赵. 烟台地区降水量的 ARIMA 随机模型研究[J]. 水资源与水工程学报, 2006, 17(2): 58-60.
- [2] LI Xiguo, LIU Xianzhao. Study on ARIMA stochastic model for precipitation in Yantai Region. Journal of Water Resources and Water Engineering, 2006, 17(2): 58-60. (in Chinese)
- [3] 王文圣, 丁晶, 金菊良. 随机水文学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.
- [4] WANG Wensheng, DING Jing and JING Juliang. Random hydrology. Beijing: Hydropower and Electrical Press, 2008. (in Chinese)
- [5] 王行建, 刘欣. ARMA 时间序列模型的研究与应用[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(8): 65-66.
- [6] WANG Xingjian, LIU Xin. Application of ARMA time series model. Techniques of Automation and Applications, 2008, 27(8): 65-66. (in Chinese)
- [7] 唐玉娜, 李启会. ARMA 模型在预测问题中的应用[J]. 嘉兴学院学报, 2006, 18(S1): 183-187.
- [8] TANG Yuna, LI Qihui. Application of ARMA model in forecasting problems. Journal of Jiaying University, 2006, 18(S1): 183-187. (in Chinese)
- [9] 苏力. 时间序列分析预测法在降水预报中的应用[J]. 青海气象, 2006, 4: 12-14.
- [10] SU Li. Time series analysis prediction method in the application of precipitation forecast. Journal of Qinghai Meteorology, 2006, 4: 12-14. (in Chinese)
- [11] 王勇, 顾海燕, 徐文科. 基于 ARMA 模型的河川年径流量预测[J]. 哈尔滨商业大学学报, 2011, 27(3): 320-323.
- [12] WANG Yong, GU Haiyan and XU Wenke. Prediction of annual runoff in river based on ARMA model. Journal of Harbin University of Commerce, 2011, 27(3): 320-323. (in Chinese)
- [13] 安潇潇. ARMA 相关模型及其应用[D]. 燕山大学, 2010.
- [14] AN Xiaoxiao. The model about ARMA and its application. Yanshan University, 2010. (in Chinese)