变形测量数据分析的ARAR模型法

杨建华　杨志强

（长安大学 地测学院　西安 710054 ）

摘　要：变形测量数据分析在变形测量中占有非常重要的地位。在变形测量数据分析中，时间序列的分析方法，是一种重要的变形测量数据分析方法。由于时间序列的理论直到现在仍然不完善，所以在实际的应用中存在各种实际的问题。本文作者在实验的基础上提出变形测量时间序列分析的ARAR模型方法。经实例计算，认为该方法具有较为理想的计算精度，较好地解决了时间序列分析中的几个基本问题。

关键词：时间序列分析　变形观测　数据处理

1 引言

时间序列分析是一种现代数据分析方法。这种方法利用观测系统的输出信号，对系统的行为进行模拟，对系统的性质进行研究。对于变形观测系统，其系统的输出信号就是变形观测值。对于大多数变形观测系统，我们很难搞清楚变形的原因及其变形关系，建立正确的数学模型。在这种情况下，利用时间序列方法对变形观测系统进行研究无疑是一种重要方法。

变形测量数据分析在变形测量中占有非常重要的地位。在变形测量数据分析中，时间序列的分析方法，是一种重要的变形测量数据分析方法。由于时间序列的理论直到现在仍然不完善，所以在实际的应用中存在各种实际的问题。本文作者在实验的基础上提出变形测量时间序列分析的 ARAR 模型方法。经实例计算，认为该方法具有较为理想的计算精度，较好地解决了时间序列分析中的几个基本问题。

2 ARAR模型分析方法

时间序列分析的实质是经过对观测数据的合理分析，建立适合于动态系统的数学模型。时间序列建模时要求观测数据能准确真实地反映动态系统的性质与行为状态。在数据获取与预处理阶段主要是对观测数据进行检验分析，剔除粗差，对建模数据进行趋势项与周期项提取。模型结构选择是根据建模的方法对适合于该数据的模型结构进行确定。模型的适用性检验是利用已建立模型根据一定的原则对其适应性进行检验，最终确定模型结构与参数。

根据 Parzen 提出的 ARARMA 建模思想，以及近年来被证明的用高阶 AR 模型来代替 ARMA 模型的思想，笔者认为可以建立 ARAR 模型来对实际工程问题进行分析与处理。即首先用一个 AR 模型对原始数据序列进行趋势项处理，削弱其记忆，得到平稳时间序列，这时，该序列可以用 ARMA 模型进行描述，当然也可以用一个高阶的 AR 模型进行描述，结合预处理的 AR 模型，就得到 ARAR 模型建模的基本思路。

这种方法，相对于时间序列分析的基本方法，其特点表现为：1）建模过程简单化，只要建立两个 AR 模型（两个模型的建模目的完全不同）就可以实现时间序列分析的基本过程；2）使数据趋势项提取方法统一；3）建模过程标准化（当然其合理性仍待进一步的研究），有利于数据分析的自动化数据处理过程。

3 建模流程

建模流程根据建模与数据分析的过程主要分为五个部分：1）原始数据检验及插值处理。在这一部分，主要对原始数据进行等间隔处理，包括插值及插值检验。2）AR 模型法趋势项提取。包括趋势项提取函数及结果的数据检验，插值后数据应当满足建模要求。3）AR 建模。利用提取趋势项后数据建立时间序列 AR 模型，利用 F_检验法确定模型阶数，并对残差数据进行白噪声检验，确保模型的适用性以及数据处理的合理性。4）系统稳定性分析。利用已建立的模型特征对动态系统的稳定性进行分析。5）模型预报。利用已建立的动态系统模型对动态系统的运动进行预测，包括一步预测与多步预测，并给出预测精度。下面给出建模流程图 1：

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

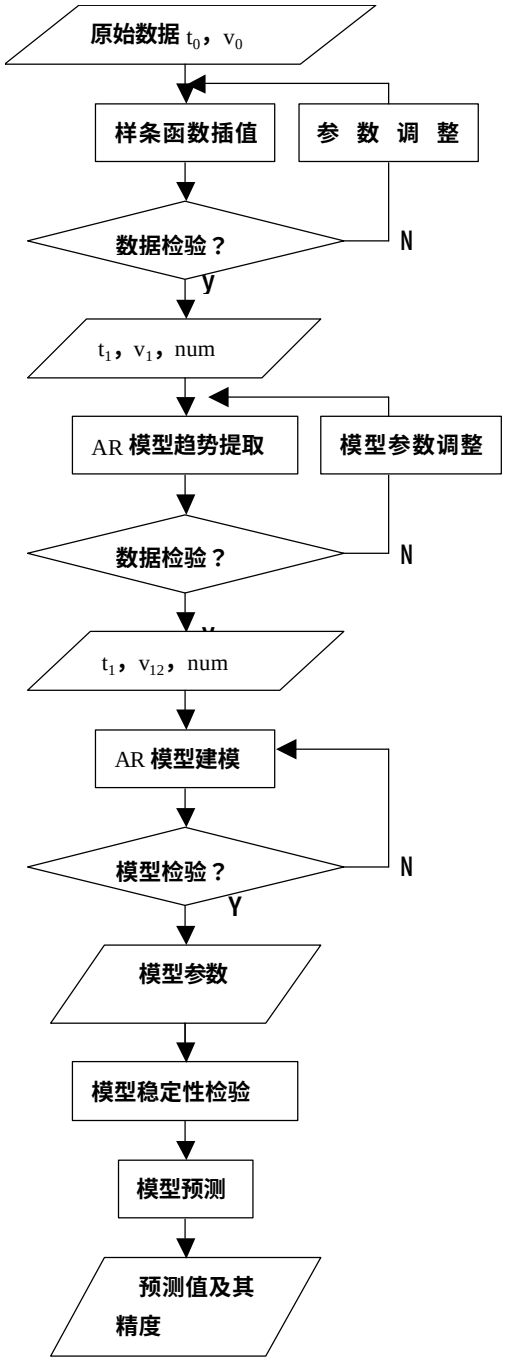


图 1 建模流程图

4 算例分析

为了对时间序列分析建立动态变形模型方法进行验证，作者收集并整理了西安市黑河引水工程中相关垂直形变资料，并对其中典型点黑 J2-2 进行了计算，表明该方法具有一定的优越性。

为验证所建模型的合理性，根据所建模型对黑 J2-2 点的后 20 期观测值分别作了 1 和 3 步预测，各步预测值与实际观测值的数据比较见表 2，表中△表示实际观测值与预报值之差。图 2 和图 3 表示预报值与实际观测值的比较情况，实线表示实际观测值，虚线表示预测值，纵坐标表示高程，横坐标表示观测与预报的期数。

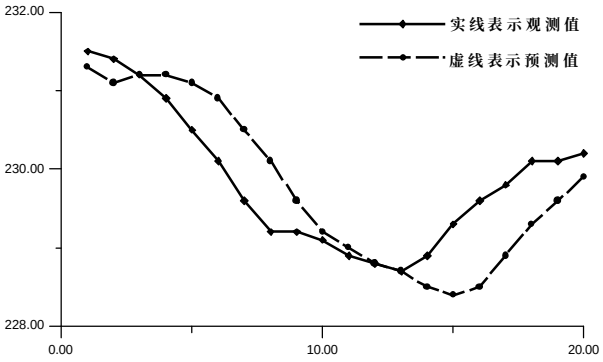


图 2　AR（3）模型一步预报值与实测值的比较图（单位：mm）

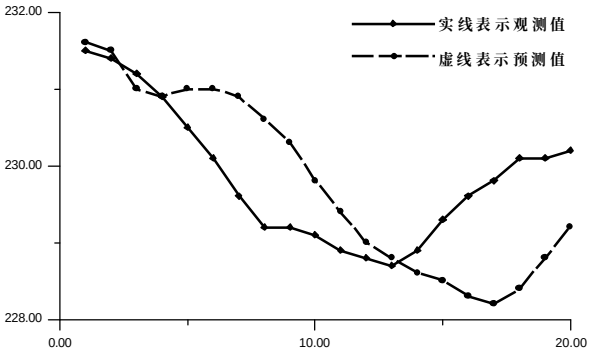


图 3　AR（3）模型三步预报值与实测值的比较图（单位：mm）

从比较图可以看出，一步及三步预报值与实测值都能较好地吻合。并且预报曲线所反映的黑 J2-2 点的变化趋势也是正确的，这说明采用双 AR 模型进行黑 J2-2 点的观测序列分析是合理可行的，所建模型符合实际变形情况。

另外，本文计算所用数据为该点的一个阶段的观测数据，所以反映的是该点在这个阶段的动态变化情况。如果要计算该点的长期变化，就必须利用该点的长期观测结果进行建模，从而反映该点的长期变化情况。

由图 2、图 3 以及表 2 可以看出，一步预测曲线与实际观测值吻合很好，三步预测曲线与实际观测曲线基本吻合，实际中，在预测步数不大于三步的前提下，具有较高的预测精度，其预测值是基本可靠的。

程序输出结果显示黑 J2-2 点动态系统不稳定，这与该点的地质资料分析结果相吻合，而且由于预测模型三步以上预测精度就很低，故应当对 J2-2 点的监测引起足够的重视。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 黑J2-2点的AR（3）模型参数估值及其精度

模型参数	参数估计值	参数精度
$\hat{f}_1$	0.0726064064	±0.014931189
$\hat{f}_2$	-0.13165797	±0.011519844
$\hat{f}_3$	-0.020895513	±0.01159876

表2 黑J2-2点的AR（3）模型预测与比较

序号	实测值(m)	一步预报(m)	三步预报(m)	一步预报残差△(mm)	三步预报残差△(mm)
1	585.2315	585.2313	585.2316	0.2	-0.1
2	.2314	.2311	.2315	0.3	-0.1
3	.2312	.2312	.2310	0	0.2
4	.2309	.2312	.2309	-0.3	0
5	.2305	.2311	.2310	-0.6	-0.5
6	.2301	.2309	.2310	-0.8	-0.9
7	.2296	.2305	.2309	-0.9	-1.3
8	.2292	.2301	.2306	-0.9	-1.4
9	.2292	.2296	.2303	-0.4	-1.1
10	.2291	.2292	.2298	-0.1	-0.7
11	.2289	.2290	.2294	-0.1	-0.5
12	.2288	.2288	.2290	0	-0.2
13	.2287	.2287	.2288	0	-0.1
14	.2289	.2285	.2286	0.4	0.3
15	.2293	.2284	.2285	0.9	0.8
16	.2296	.2285	.2283	1.1	1.3
17	.2298	.2289	.2282	0.9	1.6
18	.2301	.2293	.2284	0.8	1.7
19	.2301	.2296	.2288	0.5	1.3
20	.2302	.2299	.2292	0.3	1.0

通过本例，可以看出数据预处理中使用AR模型法提取数据趋势项具有显著的优点。实际建模中，在数据采样时作者使用样条函数方法对原始数据进行等间隔处理，并对采样前后的数据进行统计检验，这样可以保证采样过程对观测数据的影响可以忽略不计。当然，这种处理方法并没有改变时间序列分析的显著缺陷。由图2和图3可以看出预测曲线相对于观测曲线仍然具有时间上的滞后性，这是时间序列分析本身所面临的重要问题，对于这种问题，我们认为可以采用加预测残差的方法进行处理，即对本步预测加上上一步的预测残差。当然这种方法现在仍不够完善，尚需作进一步的深入研究。

参考文献

[1] 杨建华.时间序列分析及其在垂直形变数据处理中的应用，（硕士论文）2002

[2] 刘大杰，陶本藻等.实用测量数据处理方法，测绘出版社，2000

[3] 杨叔子，吴雅等.时间序列的工程应用，华中理工大学出版社，1991

[4] 田铮.时间序列的理论与方法，高等教育出版社，2001

[5] 陈永奇.变形观测数据处理，测绘出版社，1988

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net