

社上水库原型观测分析中的三种优选模型对比研究

周清勇¹, 胡国平^{1,2}, 洪文浩^{1,2}, 熊磊^{1,2}

(1. 江西省水利科学研究院, 江西 南昌 330029; 2. 江西省水工安全工程技术研究中心, 江西 南昌 330029)

摘要:建立实用的大坝原型观测模型,能有效地拟合和预测大坝安全监测量.本文在土石坝监测量长系列观测资料分析的基础上,通过BP神经网络、逐步回归和多元回归进行拟合分析.结果表明,BP神经网络拟合效果优于逐步回归,逐步回归拟合效果优于多元回归.

关键词:大坝原型观测;BP神经网络;多元回归;逐步回归;模型对比

中图分类号:TV698.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2017)03-0183-05

0 引言

对于运行中的大坝,管理人员为及时掌握大坝的运行性态,就需要分析大坝监测数据,处理异常情况.大坝监测数据包括坝后渗流量、坝基渗压、坝体浸润线、绕坝渗流、应力应变、岩体变位等.常规而言,采用数学回归模型来对效应量进行分析研究,一直以来得到了很好的应用,但由于影响因素的复杂性,有时不能很好的拟定一个精确的表达式,进而影响模型的拟合预报效果.谭明璋^[1]通过逐步回归方法用于土石坝测压管监测资料分析中,回归结果能基本反映土石坝渗流的主要影响因素,陈德平^[2]采用逐步回归分析方法对碧口土石坝竖向位移实测数据资料进行了系统分析和研究,在此基础上建立了各竖向位移测点的统计模型,结果表明竖向位移量相对较小,其变形基本趋于收敛稳定.均取得了回归计算值,且与实测资料吻合较好.邓念武^[3]通过BP神经网络模型应用于大坝位移和沉降变量分析,李少华^[4]建立BP模型应用于某水库大坝导流洞内钢筋计应力回归分析,汤丽华^[5]建立BP模型用于花凉亭水库坝基渗流测压管监测数据的拟合与预测,均取得了较好的拟合预测效果.

鉴此,对于坝后渗流量及大坝位移量监测数据的回归拟合,本文通过BP神经网络模型、逐步回归模型和多元回归模型基本原理的介绍,将此3种回归模型同时用于社上水库大坝坝后渗流量及大坝位移量拟合预测分析中,通过实例验证了3个模型对数据处理的有效性

和优选性。

1 BP神经网络模型

BP神经网络即误差后向传播神经网络,是一种多层感知器结构,由若干层神经元组成,包括输入层、一个或多个中间隐含层和输出层.从结构上讲,BP网络是典型的多层网络,层与层之间大多采用全互联方式处理,同一层单元之间为互斥连接方式^[6].三层BP网络结构为常见模式,可以很好的实现任一非线性映射功能。

当给定网络的一个输入模式时,BP模型实现了多层网络学习的设想,开始由输入层单元传到隐层单元及权值,再经隐层单元传到输出层单元及权值,最后经输出层单元产生一个输出模式,整个过程为一个逐层状态更新的前向传播模式。

如果出现了期望输出模式与输出响应有误差的情况,即不满足结果要求时,将会转入到误差后向传播,而后加以修正各层连接权值并将误差值沿连接通路逐层传送下去,不断重复正、逆向传播过程,直至网络的输出误差减小允许值或达到设定训练次数为止,就可以认为BP网络学习结束.其网络结构见图1。

2 多元回归模型

多元统计分析直接从实际出发考察,分析数据的结构和特征,从中提取可靠的信息,而不需对数据作统计

模型假设,能使我们正确认识事物客观存在的统计规律。多元线性回归模型可以用来研究具有这种特征变量之间的相关关系,以因变量与自变量为线性关系作为假设,用某种回归方法或关系式来拟合因、自变量数据,以此获取各个影响因子,进而得到回归方程式,最后分析出变量之间的相关关系。

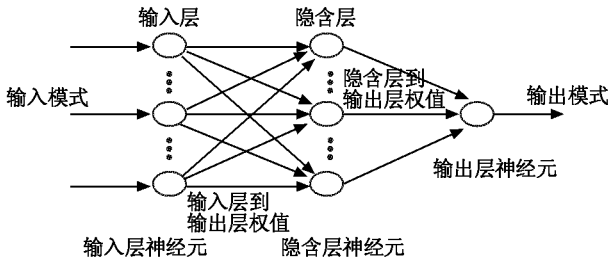


图1 三层BP神经网络示意图

多元线性回归分析主要步骤有:①首先确定被解释变量和解释变量,即明确变量的选择问题,获得正确结论的前提和基础是分析变量的精确选择;②其次是模型的设定,依据可靠的理论加以确定所研究的某一现象和事物;③再次是参数估计;④最后是检验和修正所建模型,建立最优多元线性回归方程,对模型本身及其参数作必要的检验是对此模型好坏的关键一步。常用的检验有残差图检验及统计检验(如F检验、t检验等)。

3 逐步回归模型

逐步回归模型是通过逐步回归剔除对因变量不起作用或作用极小的因子来进行挑选出显著性因子,也是基于最小二乘法基本原理。实现过程的主要步骤有:①首先按照预报因子对因变量作用的显著程度大小,依次

引入回归方程;②进行中的每一步或剔除因子或引入因子,通过每一步的F检验,老因子因新因子的引入立即将其剔除,这样接替计算下去,回归方程中最后得到的原有因子均为显著性因子;③当所有显著性因子引入完成后,即得到了各方程式的相关性系数,最终得到最优回归模型。

为判别回归方程的有效性,最后采用复相关系数R进行检验,R表示回归平方和占总离差平方和大小,故复相关系数R越靠近1表示回归效果越好越有效,但最优模型是否适用于拟合预测,还需根据问题的实际情况才能做出假设性检验评价。

4 实例分析

社上水库位于江西省安福县境内,属于大(2)型水利枢纽工程,其中1#坝为土石坝,2003年针对1#坝坝顶出现长106m纵向裂缝进行了专题论证和除险加固,竣工验收后,配套设施齐全,记录大坝观测资料通过自动化监测和人工监测并行,现已有10多年的坝后渗流量、坝基渗压、坝体浸润线、绕坝渗流、沉降量及水平位移量等的观测资料。为进一步分析坝后渗流、坝基、坝体、左右坝肩及位移量等变化情况,在大坝安全鉴定定检中,通过长系列资料整理分析,绘制了库水位、降雨量、测压管水位、渗流量、位移量(水平及垂直)等过程线和相关性散点图,如典型断面的坝体管水位分析走势见图2。从图2可知,渗压计U2-1b观测数据存在与库水位呈现一定的相关性,其峰值变化受库水位影响,同步性较好,两者相关性较好,滞后现象较为明显,而其他几个渗压计流渗监测数据总体走势较平稳,过程线无明显突变,与库水位相关性较差,说明典型断面处的防渗效果整体较好。

本次考虑篇幅原因,针对其中的坝后渗流量、观测

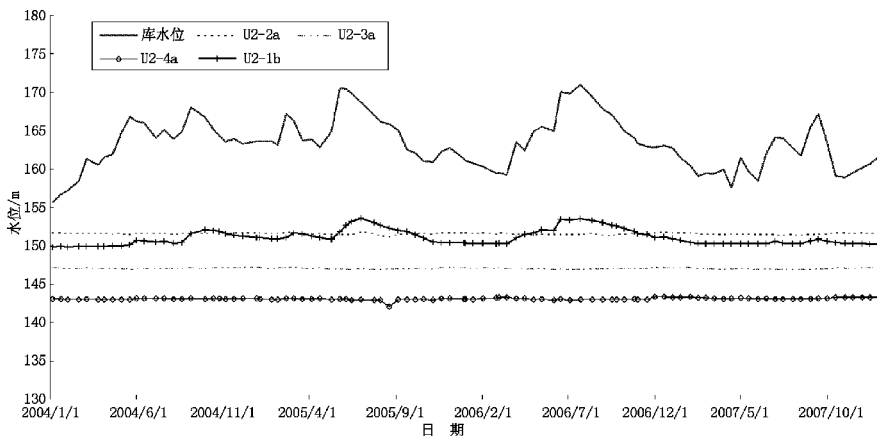


图2 典型断面管水位变化过程线趋势图

点 W2-3 的水平及垂直位移量资料进行相关统计模型分析。所考虑的主要影响因子有：①水压分量，有上游水位的一次方和二次方、前期平均水位（取前 1 天、2 天、3 天）；②降雨分量，有当日降雨量、前期平均降雨量（取前 1 天、2 天）；③时效分量。

列举其中渗流量建立监控模型如下：

$$Q = Q_H + Q_p + Q_\theta \quad (1)$$

式中： Q —渗流量实测值； Q_H —上下游水深分量； Q_p —降雨分量； Q_θ —时效分量。

依据实测资料，采用三种模型中一种作为介绍—逐步回归分析方法，建立渗流量的回归模型，即：

$$Q = 5.399 - 0.632H_1 + 0.017H_1^2 + 0.012P + 0.049\theta \quad (2)$$

式中： Q —渗流量实测值； H_1 —监测日的上游水深； P —前期降雨量； θ —蓄水初期或起测日开始的的天数除以 100。

其余不作详细介绍，绘制拟合曲线图加以分析。

1#坝下游河床集渗沟处布置渗流量观测设施，在集水沟出口设有三角堰，三角堰中设有自动监测仪，每月观测 3~5 次不等，本次统计 2004~2007 年这 4 年间的渗流量并进行拟合模拟，采用上述三种模型进行拟合计算，3 种模型的拟合结果如图 3 所示，拟合精度如表 1 所示。

1#坝变形观测设置了 4 个监测断面共计 18 个测点，设置了 3 个工作基点，主要监测断面设在最大坝高处，观测方式为半自动观测，观测频次为每两个月观测 1 次，本次以最大坝高处观测点 W2-3 的监测数据进行分析。本次统计 2004~2013 年之间的垂直及水平位移量并进行拟合模拟，采用上述三种模型进行拟合计算，3 种模型的拟合结果如图 4、如图 5，拟合精度如表 1 所示。

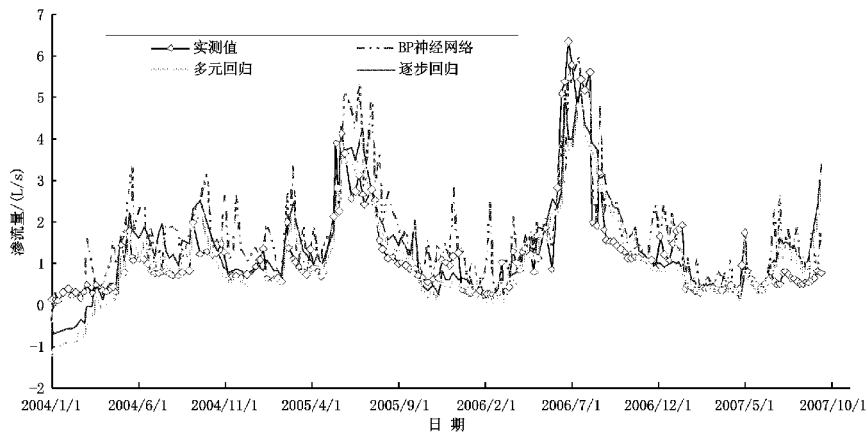


图 3 坝后渗流量分析中的 BP 及多元回归、逐步回归模型拟合曲线图

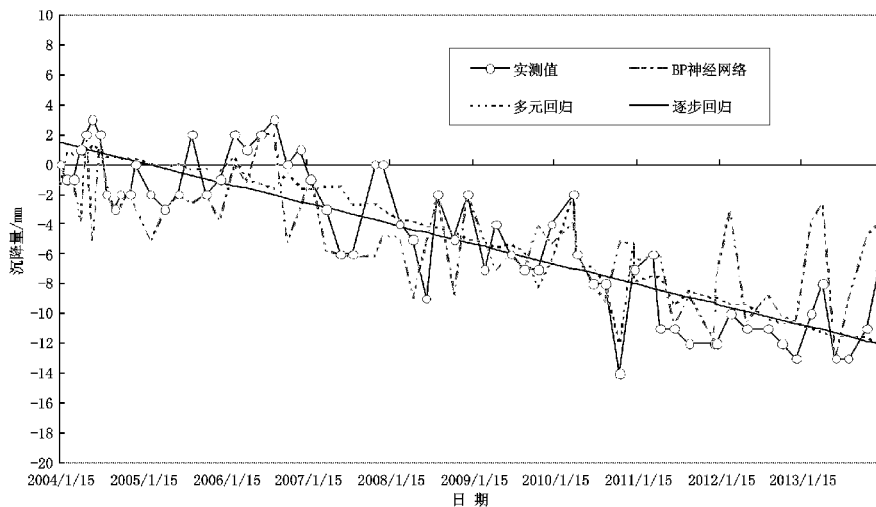


图 4 观测点 W2-3 沉降量分析中的 BP 及多元回归、逐步回归模型拟合曲线图

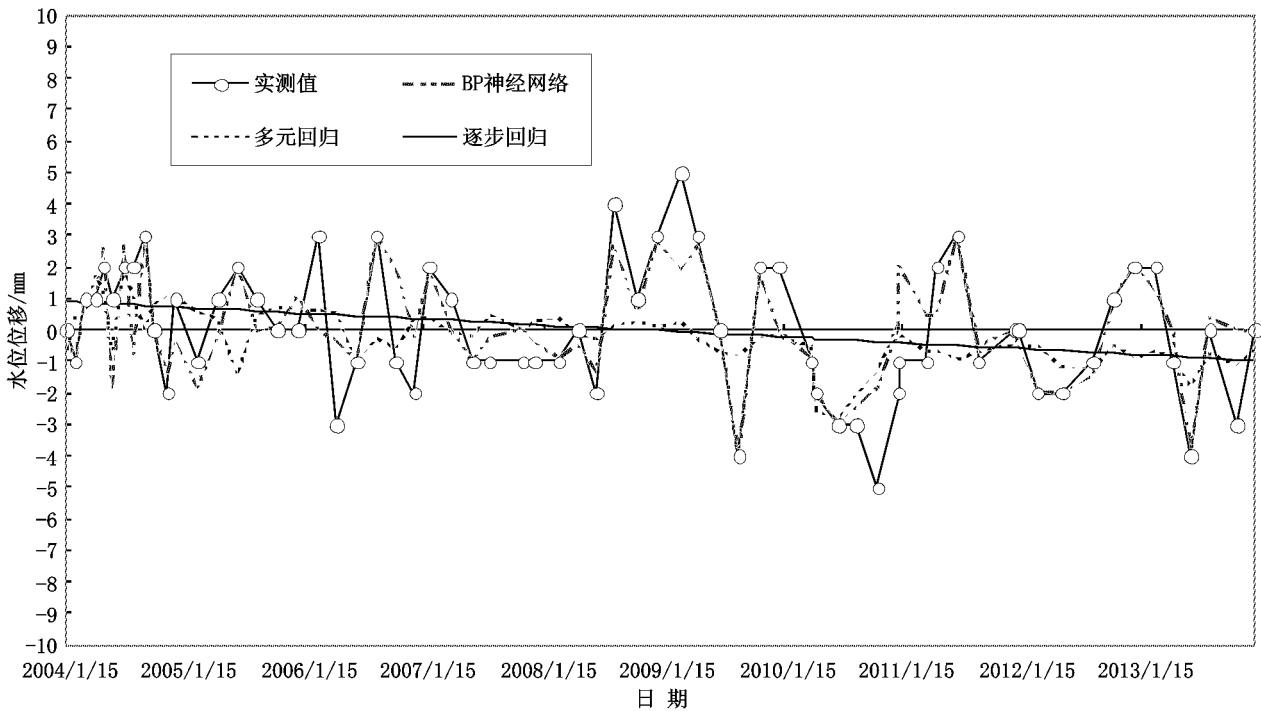


图5 观测点 W2-3 水平位移分析中的 BP 及多元回归、逐步回归模型拟合曲线图

表1 三种模型的拟合精度表

三种模型	坝后渗流量		观测点 W2-3 沉降量		观测点 W2-3 水平位移量	
	复相关系数 R	标准差 S	复相关系数 R	标准差 S	复相关系数 R	标准差 S
BP 神经网络	0.854	1.13	0.891	2.41	0.771	2.08
逐步回归	0.734	1.32	0.888	2.52	0.385	2.23
多元回归	0.638	1.49	0.857	2.61	0.248	2.27

从表1可知:复相关系数越高,说明回归效果越好,标准差差异越小,说明样本越准确,误差越小。通过对3种模型的拟合结果进行分析,可以发现BP网络模型拟合精度优于逐步回归模型,逐步回归模型拟合精度优于多元回归模型。

4 结论

(1)结果表明,三种模型均取得了很好的拟合效果,而BP神经网络模型较多元回归和逐步回归模型拟合预测及对数据处理的有效性和优选性更佳,可用于水库大坝安全监控和预警之用,可给水库管理人员提供技术支撑。

(2)实际工程运用中,本文中提到的模型相关分析外,需结合工程实际要求,历史数据越多,长系列资料越

具参考性,年状态划分越合理,拟合预测精度也越高。

参考文献:

- [1] 谭明璋,李刚.土石坝渗流监测资料分析的逐步回归分析方法[J].水电自动化与大坝监测,2009(04):56~58.
- [2] 陈德平等.碧口土石坝竖向位移监测的逐步回归模型拟合与分析[J].西北水力发电,2006(S1):142~145.
- [3] 邓念武,邱福清,徐晖,BP模型在土石坝资料分析中的应用[J].武汉大学学报(工学版),2001(04):17~20.
- [4] 李少华,董增川.BP神经网络模型应用于大坝原型观测研究[J].水利与建筑工程学报,2004(02):31~33.
- [5] 汤丽华.BP神经网络在花凉亭水库渗流监测中的应用[J].安徽水利水电职业技术学院学报,2012(02):13~15.
- [6] 李孝安,张晓馈.神经网络与神经计算机导论[M].西安:西北工业大学出版社,2000.

编辑:唐少龙

Comparative study on preferred model of prototype observation and analysis of Sheshang Reservoir

ZHOU Qingyong, HU Guoping, HONG Wenhao, XIONG Lei

(1. Jiangxi Institute of Water Sciences, Nanchang 330029, China;

2. Jiangxi Provincial Engineering Technology Research Center on Hydraulic Structures, Nanchang 330029, China)

Abstract: To establish the dam prototype observation model can effectively fit and predict the dam safety monitoring amount. Based on the dam long series of observations and monitoring analysis, BP neural network, regression and multiple regression analysis were fitted. The results showed that the fitting effect of BP neural network is better than stepwise regression, stepwise regression is better than multiple regression.

Key words: Prototype observation of Dam; BP neural network; Multiple regression; Stepwise regression; Model comparison

翻译:周清勇

宜春市四方井水利枢纽工程开工建设

5月31日,江西省宜春市四方井水利枢纽工程建设动员会在宜春召开。水利部长江水利委员会建管局副巡视员李焱华出席会议并讲话。江西省水利厅副厅长廖瑞钊、王纯出席会议。宜春市人民政府常务副市长王宏安主持会议,市长张小平致辞,市委书记邓保生宣布工程开工。省发改委、省民政厅、省林业厅、省环保厅等10余家省直部门负责同志,宜春市四套班子成员、部分老同志出席会议。

李焱华代表水利部长江水利委员会向项目开工表示热烈祝贺。他指出,水利部长江水利委员会高度重视四方井枢纽工程建设,一直关注和支持项目前期工作,将该项目纳入国家“十三五”期间分步建设的172项重大水利工程项目、原中央苏区规划及2017年国家新开工建设的15项重大水利工程项目。四方井水利枢纽工程是宜春人民企盼30年的重大水利项目。工程建成后将发挥巨大的防洪效益、民生效益和生态效益,可使四方井水库坝址以下温汤河及袁河两岸中心城区防洪标准提高到50年一遇,可向宜春市中心城区日供优质水源30万吨,让老百姓喝上优质的清泉水,增强城市发展的水动力。

李焱华要求,四方井水利枢纽工程是一项功在当代、利在千秋的惠民工程和德政工程。希望地方各级政府,各有关部门,社会各界和参建各方通力协作,努力把四方井水利枢纽工程建成经得起历史考验、时间检验的优质工程、阳光工程、民生工程和廉洁工程,争取早日发挥效益,早日造福宜春人民。水利部长江水利委员会将一如既往支持江西水利事业发展、支持江西重大水利工程建设。

宜春市四方井水利枢纽工程位于宜春市袁州区湖田镇坪田村斫州里,距宜春城区7公里,是一座以防洪、供水为主,兼顾发电等综合效益的大(二)型水库。水库控制流域面积173 km²,总库容1.1895亿m³。2017年3月22日,国家发改委批复立项,总投资16.0997亿元,其中中央补助资金8.066亿元。总工期32个月。

(江西省宜春市水利局 袁会平)