

# 基于神经网络的三容水箱液位控制系统辨识

梁颖杏, 周永华, 黄 炜

(广西大学电气工程学院, 广西 南宁 530004)

**摘 要:** 针对三容水箱液位控制系统的滞后、非线性特性, 难以用传统的机理方法进行辨识, 提出了用 BP 网络辨识该系统的方法。采用并联型辨识结构, 训练网络采用 Levenberg-Marquardt 算法和 BFGS 拟牛顿算法, 仿真结果表明, 这两种算法用于 BP 网络辨识该系统效果较好。

**关键词:** BP 神经网络; 三容液位; 辨识; 算法

**中图分类号:** TP273

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2007)05-0070-03

## Identification of Three Tanks Water Control System with Neural Network

Liang Yingxing, Zhou Yonghua, Huang Wei

(School of Electrical Engineering, Guangxi University, Nanning 530004, China)

**Abstract** By using traditional mechanism method to identification is more difficult, a method of the system identification by using BP (Back Propagation) neural network is introduced according to three tanks water control system with traits of time-delay and non-linear. With the parallel connection structure of identification and Levenberg-Marquardt (LM) algorithms or Quasi-Newton algorithms (BFGS) in training network, the simulation shows that the effect of identification is well by using these two kinds of algorithms in BP neural network.

**Key words:** BP neural network; three tanks water control system; identification; algorithms

## 0 引言

多年来, 系统辨识在工业方面有着广泛的应用, 如用于控制系统的设计和分析, 在实时控制系统中用作被控对象的模型, 预测、预报及监测系统运行状态等等<sup>[1]</sup>。对线性、非时变和不确定参数的对象进行辨识的研究已取得了很大的进展, 但被辨识对象模型结构的选择是建立在线性系统的理论基础上的, 对于复杂的非线性对象的辨识一直未能很好地解决。而由于神经网络具有并行处理、联想记忆、分布式知识存储、鲁棒性强等特性, 尤其是它的自组织、自适应、自学习功能, 将神经网络应用于非线性辨识, 可以不受非线性模型的限制, 便于给出工程上易于实现的学习算法。神经网络技术为解决非线性、不确定系统的辨识问题开辟了一条有效的途径<sup>[2]</sup>。

## 1 三容水箱液位控制系统分析

本论文研究的对象——三容水箱液位系统, 采用的是广西大学电气工程学院的 A3000 过程实验系统装置, 通过组态王 6.5 应用软件进行实验操作。如图 1 所示, 上水箱为一个倒置的圆柱体水箱, 中水箱和下水箱是敞口的长方体水箱, 容器的不同增强了系统的非线性程度。该三容水箱比单容多了两个, 产生了容量滞后, 由于滞后的存在, 当进水流量改变时, 下水箱的液位要经过一段时间才发生变化, 这样会导致对扰动不能适时反应, 也必然会导致较明显的超调量和超调时间, 系统的闭环响应也会对周期性扰动更加敏感, 系统很容易变得不稳定<sup>[3-5]</sup>。进水阀  $V1$  的线性工作区为 20%~80%, 超过该范围就是非线性区。该系统采用带刻度的挡板进行泄水调节, 但挡板刻度精度

收稿日期: 2007-07-15

作者简介: 梁颖杏 (1974-), 女, 广西扶绥人, 广西大学电气工程学院硕士研究生, 主要研究方向为智能信息处理。

不够。并且测量液位的是压力变送器而不是精度更高的差压变送器, 这些因素造成了数据采集精度的降低, 从而影响到辨识效果。系统的时滞性和非线性用传统的机理建模较难辨识。

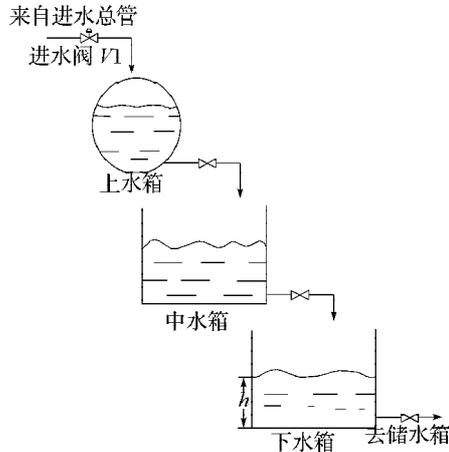


图1 三容水箱液位系统示意图

Fig. 1 Sketch map of three tanks water system

## 2 神经网络辨识原理

1962年 L.A.Zade 给出了辨识的定义: 辨识就是在输入和输出数据的基础上, 从一组给定的模型类中, 确定一个与所测系统等价的模型<sup>[6]</sup>。理论证明, 神经网络可以任意精度逼近任意非线性函数。基于神经网络的非线性系统辨识, 就是应用神经网络的这一特性, 它不受非线性模型的限制, 不需要知道输入和输出之间存在着怎样的数学关系, 而依据被控系统的输入输出对, 通过训练, 使所要求的误差准则函数达到最小, 从而归纳出隐含在系统的输入输出数据中的映射关系<sup>[2, 7]</sup>。

图2是用神经网络辨识非线性系统的示意图。

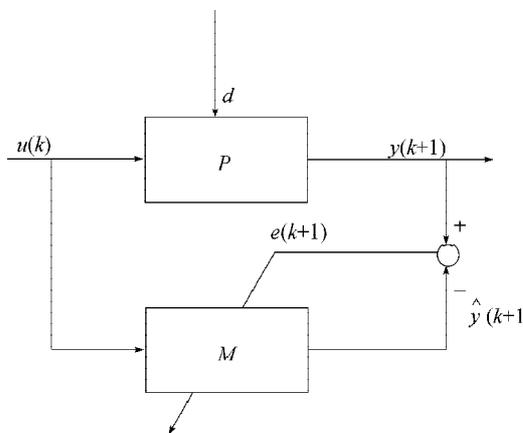


图2 神经网络辨识示意图

Fig. 2 Sketch map of identification with neural network

图中  $P$  是被辨识的非线性系统,  $M$  是由神经网络构成的一个辨识模型,  $d$  代表系统干扰,  $M$  和  $P$  是并

联的。将输入的  $u(k)$  同时加到  $P$  和  $M$  上, 测量其输出  $y(k+1)$  和  $\hat{y}(k+1)$ , 并利用误差  $e(k+1)=y(k+1)-\hat{y}(k+1)$  来修正  $M$  的参数, 以使  $e(k+1) \rightarrow 0$ , 此时辨识模型  $M$  就能很好地近似非线性  $P$ <sup>[7]</sup>。

本论文采用 BP 神经网络做辨识模型。BP 网络可以以任意精度逼近任何非线性函数, 它是单向传播的多层前馈网络, 其结构如图3所示, 为单输入单输出结构, 只选取单个隐含层, 采用试凑法确定隐含层神经元个数, 不同的训练函数选取的个数不同, 经比较训练仿真结果表明, 采用 Levenberg-Marquardt 算法和 BFGS 准牛顿 BP 算法比普通 BP 算法能较好辨识该系统。Levenberg-Marquardt 算法需要 35 个神经元, BFGS 准牛顿 BP 算法则需要 39 个神经元。隐含层的神经元传递函数采用双曲正切 S 函数, 输出层用线性函数<sup>[7]</sup>。

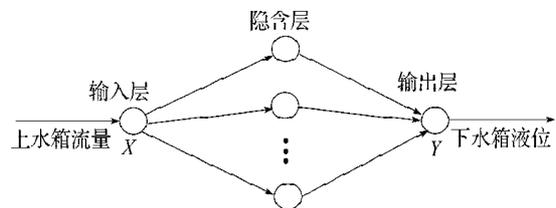


图3 BP神经网络

Fig. 3 BP neural network

## 3 仿真结果

采用开环辨识方式, 输入量为上水箱进水流量, 输出量为下水箱的液位, 通过改变进水阀门  $V1$  的开度, 进而改变进水流量, 并且给其一个阶跃信号和反阶跃信号<sup>[4]</sup>, 记录输入输出数据。建立 BP 网络前, 先将数据归一化处理, 利用 MATLAB 软件平台进行建模。经过比较训练仿真, 结果表明, 采用 LM 算法和 BFGS 拟牛顿算法比普通 BP 算法能较好辨识该系统<sup>[8, 9]</sup>, 从训练误差曲线图4、5和仿真图6、7(图中带“\*”的为网络训练后的响应曲线)可以看出, LM 算法训练到7次就停止, 而 BFGS 拟牛顿算法到100次才停止; 2种算法的训练误差在终止训练后为 0.022 1, 未能达到指定训练误差 0.01, 但已经能很好地拟合系统阶跃响应曲线了。

## 4 结论

- 1) 对于时滞非线性的三容水箱液位系统, 采用 BP 神经网络辨识效果较好;
- 2) 通过训练比较, LM 算法和 BFGS 算法比普通的 BP 算法更适用于该系统的辨识。其中, LM 算法需要的隐含层神经元个数较少, 但 LM 算法所占内存较大, 运算速度比较慢;
- 3) 本论文采用的辨识输入信号是阶跃信号和系统

随机噪声信号的叠加, 训练结果表明辨识效果较好, 提供了神经网络的辨识方法, 为进一步采用  $M$  序列作为输入信号来辨识非线性系统提供更好的借鉴。

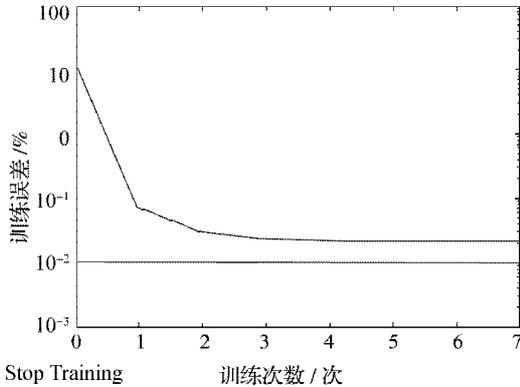


图4 LM 算法训练误差图

Fig. 4 Training error map of LM algorithms

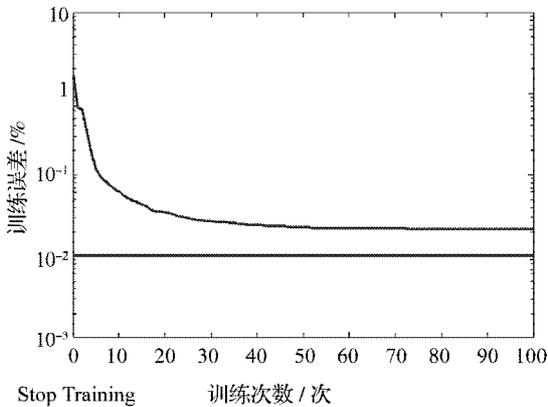


图5 BFGS 算法训练误差图

Fig. 5 Map of BFGS algorithms training error

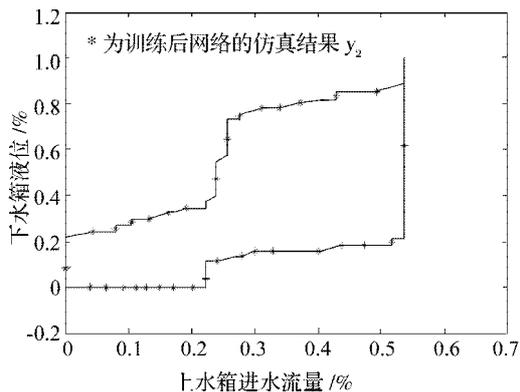


图6 LM 算法仿真结果图

Fig. 6 Map of LM algorithms emulation result

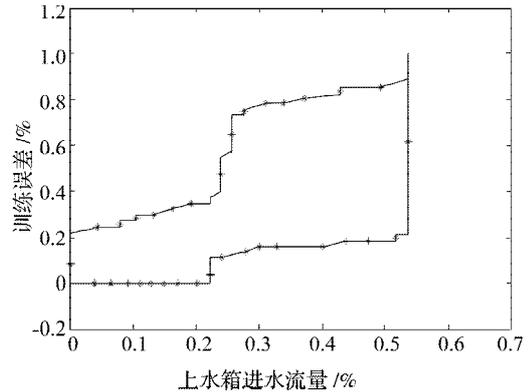


图7 BFGS 算法仿真结果图

Fig. 7 Map of BFGS algorithms emulation result

#### 参考文献:

- [1] 潘立登, 潘仰东. 系统辨识与建模[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 飞思科技产品研发中心. 神经网络与MATLAB 7实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [3] 李少远, 蔡文剑. 工业过程辨识与控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [4] 施仁, 刘文江, 郑辑光. 自动化仪表与过程控制[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [5] 马冀平. 三容水箱液位控制系统的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学电气工程及自动学院, 2003.
- [6] 李言俊, 张科. 系统辨识理论及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [7] 徐丽娜. 神经网络控制[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1995.
- [8] 李丽荣, 韩璞, 董泽. 人工神经网络在系统辨识中的研究与应用[J]. 华北电力大学学报, 2000, 27(3): 28-33.
- [9] 张豫南, 马晓军, 李方正. 基于神经网络的内燃机燃烧过程的辨识[J]. 装甲兵工程学院学报, 2002, 16(3): 63-67.
- [10] 韩力群. 人工神经网络理论、研究及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [11] 飞思科技产品研发中心. MATLAB 7辅助控制系统设计与仿真[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.