

MATLAB 神经网络在节制闸水位模拟中的应用

钱 程¹, 缪海洋²

(1. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225009; 2. 江苏省太仓市水利局, 江苏 太仓 215400)

摘要: 苏南河网地区内河纵横交错, 水流特性复杂, 为克服节制闸水位自动测报中的误差, 采取 MATLAB 人工神经网络模型方法进行水位模拟, 以提高水位预报精度。介绍了 MATLAB 神经网络工具箱的应用方法, 并以苏南某地 3 个典型节制闸水位测报为例, 给出了网络模拟过程及结果。应用情况表明, 模型模拟效果较好, 算法容易掌握, 方便在基层业务工作中应用。

关键词: 水位测报; 节制闸; BP 神经网络; 模拟预测

中图分类号: TV66 **文献标志码:** A

江苏省苏南某市位于长江下游, 区域内河道纵横交错, 是典型的河网地区。沿江 3 个中型闸——浏河套闸、杨林闸、七浦闸, 担负着区域内的防洪排涝及日常调水任务。区域内现有水位观测点 7 个, 分别设在浏河套闸、杨林闸、七浦闸、新泾闸、双凤闸、团结河闸及岳王闸。目前 7 个站的水位测量均采用自动化采集方法, 适时水位可在防汛系统软件中显示。但是, 在实际应用中发现, 该系统所报的水位与实际测量的结果存在一定的误差(沿江 3 闸误差相对较大)。沿江 3 闸水位特性相对重要, 故其水位仍采用人工测报, 这种方式既增加了工作量又不及时。

3 个沿江闸上游水位与内河 4 个测点水位存在着必然的联系, 但关系是非线性的。人工神经网络(ANN)中的 BP 网络具有较强的自学能力和处理非线性问题的能力, 近年来在有关工程领域得到了广泛的应用^[1-2]。笔者建立了节制闸内水位与区域内各测点水位之间关系的 BP 神经网络模型, 并将其用于水位预报, 编制的通用程序很容易进行训练及预测, 方便在基层业务工作中应用。

1 利用 BP 神经网络模拟节制闸水位

1.1 BP 神经网络原理

网络的学习就是利用样本数据, 并根据一定的目标函数来优化网络参数(权值和阈值)的过程。目前

网络学习算法比较多, 其中 BP 算法(反传算法)因其方便、直观且训练有效而被广泛采用^[3]。BP 网络是一种前馈型网络, 由 1 个输入层、若干隐含层和 1 个输出层构成, 目前 3 层网络比较常用。在这种网络中, 学习过程由正向传播和反向传播组成。在正向传播过程中, 输入信号从输入层经隐层单元逐层处理, 并传向输出层, 每一层神经元的状态只影响下一层神经元的状态。如果在输出层不能得到期望的输出, 则转入反向传播, 将输出信号的误差沿原来的连接通路返回。通过修改各层神经元的权值和阈值, 使得网络全局误差信号最小。

1.2 Matlab 神经网络工具箱的应用

一个最基本的 BP 算法就是给定学习速率和动量因子, 权值和阈值按误差的负梯度方向进行调整。但是基本的 BP 算法收敛速度慢, 易陷入局部稳定状态, 因此在 BP 算法的基础上作了不少改进。目前比较稳定的算法有 2 个, 一个是变学习率的算法(variable learning rate backpropagation, VLBP), 另一个是变梯度算法(conjugate gradient backpropagation, CGBP), 其中 CGBP 算法速度最快, 但它所需要的存储空间也比普通算法要多一些, 对一些小型的计算采用 CGBP 算法无疑是比较合适的。

Matlab 所提供的神经网络工具箱功能非常强大, 里面包罗了各种目前比较流行的算法, 使用起来比较

简单,一般来说,包括以下几个步骤。

(1) 利用 newff 函数来构建网络,此函数的参数包括各输入变量的取值范围、隐层与输出层节点数、输入层到隐层及隐层到输出层之间的传送函数、训练函数。

(2) 利用 init 函数初始化网络参数,一般来说调用 newff 函数时系统将按默认的方式对网络参数进行初始化,如无特殊需要,这一步可省略。

(3) 根据需要给定学习速率、动量因子、最大训练次数、最大误差等参数。

(5) 利用 train 函数进行网络训练。

(6) 输入模拟样本,利用 sim 函数来检验模拟情况。

2 算例

本文以江苏省苏南某市为例,建立沿江 3 闸水位预测的神经网络模型,利用已有的观测资料来训练及检验模型。相关水文站点分布见图 1。



图 1 部分水文站点分布示意

2.1 输入、输出变量的确定

取新泾闸、双凤闸、团结河闸及岳王闸水位作为输入模式,取浏河套闸、杨林闸、七浦闸水位作为输出模式。

2.2 网络的结构

对于网络结构的设置还没有定论,一般依靠经验进行节点数的选取,该系统采用 4-3-3 网络结构,即输入层采用 4 个节点(输入变量个数),隐层 3 个点,输出层 3 个节点(输出变量个数),可满足要求。

2.3 主要代码及训练结果

现有连续 3 个月 8:00 水位资料,由于有些观测资料很接近,为减少训练工作量,故对已有资料进行筛选,最终选取 15 组数据,将其中前 13 组作为训练样

本,后两组作为测试样本,输入样本资料见表 1 中 2~5 列,输出样本见表 1 中 6,8,10 列。主要代码如下:

```
net = newff([2.08 3.9;3.04 3.4;2.99 3.51;2.99
3.43],[3,3],{'logsig','purelin'},'traincgf');
net.trainParam.epochs = 100;
net.trainParam.goal = 1e-5;
net = train(net,p,t);
a = sim(net,p)
ps = [3.35 3.31 3.43 3.16;3.62 3.37 3.46
3.37]';
as = sim(net,ps)
```

其中 p 为训练的输入样本矩阵(4 行 13 列),t 为训练的输出样本矩阵(3 行 13 列),最大训练次数为 100 次,最小误差取 10^{-5} ,传递函数分别取为 logsig 与 purelin,训练函数为 traincgf(即 CGBP 算法)。

表 1 BP 网络模拟结果

序号	新泾	双凤	团结河	岳王	浏河		杨林		七浦	
					样本	训练	样本	训练	样本	训练
1	3.23	3.20	3.25	3.12	3.21	3.16	3.14	3.12	3.17	3.12
2	3.24	3.21	3.36	3.13	3.21	3.20	3.16	3.18	3.18	3.17
3	2.08	3.04	2.99	2.99	3.01	2.99	3.02	3.03	3.01	3.01
4	2.25	3.05	3.03	3.03	3.03	3.05	3.04	3.03	3.03	3.03
5	3.36	3.32	3.43	3.17	3.27	3.28	3.25	3.28	3.23	3.26
6	3.37	3.34	3.45	3.26	3.28	3.25	3.30	3.23	3.23	3.22
7	3.65	3.39	3.50	3.41	3.34	3.33	3.35	3.35	3.32	3.32
8	3.90	3.40	3.51	3.43	3.40	3.43	3.50	3.49	3.48	3.44
9	3.22	3.18	3.21	3.11	3.18	3.15	3.10	3.11	3.10	3.11
10	3.16	3.07	3.08	3.08	3.06	3.12	3.06	3.06	3.08	3.07
11	3.17	3.13	3.18	3.10	3.11	3.14	3.07	3.08	3.08	3.09
12	3.49	3.34	3.46	3.30	3.30	3.29	3.32	3.29	3.28	3.27
13	3.33	3.26	3.40	3.14	3.24	3.26	3.20	3.26	3.18	3.24
14	3.35	3.31	3.43	3.16	3.25	3.28	3.22	3.28	3.20	3.27
15	3.62	3.37	3.46	3.37	3.30	3.31	3.33	3.33	3.30	3.30

训练误差随训练次数的对应关系如图 2 所示,不难发现此算法收敛速度比较快,训练 100 次后总误差为 8.0×10^{-4} ,完全满足精度要求。

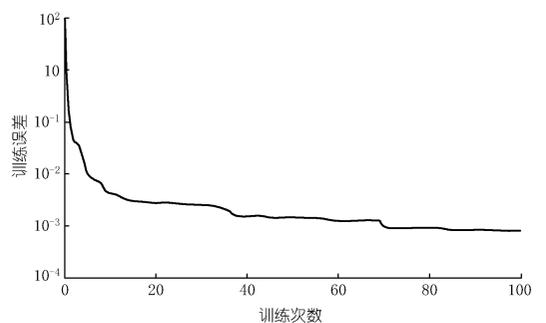


图 2 训练误差曲线

2.4 结果分析

3 个输出样本的训练值见表 1 第 7,9,11 列。从

训练的结果来看,训练值与样本值的误差均比较小,相对误差最大值出现在七浦闸第 13 组数据,2.4%,其余绝大多数均控制在 1% 以下。

从模拟的结果来看(第 14、15 组数据),最大相对误差出现在七浦闸第 14 组,为 2.6%,其余相对误差均很小,这说明模型的预测效果是比较好的。

3 小结

(1) 模型模拟效果比较好,训练误差与预测误差均比较小,输入输出变量容易测量,模型训练容易,成果便于应用。

(2) 与其他模型相比,该模型为黑箱模型,其中包含了一系列不确定的误差,结果更可信。

(3) 模型未考虑时间因素,仅仅模拟 8:00 各闸的水位关系,至于水位随时间的变化情况模拟还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 李致家,孔祥光. 河道洪水演算的神经网络模型[J]. 河海大学学报,1997,25(5):7-12.
- [2] 吴超羽,徐海亮. 珠江河口河区水位变化过程的神经网络模型[J]. 人民珠江,1997,(1):15-19.
- [3] Hinton G E. 神经网络怎样从经验中学习[J]. 科学(中译本),1993,(1):77-84. (编辑:胡旭东)

Application of Matlab neural network in controlling sluice water level simulation

QIAN Cheng¹, Miao Haiyang²

(1. Jiangsu Surveying and Design Institute of Water Resources Co., Ltd, Yangzhou 225009, China; 2. Water Conservancy Bureau of Taicang City Jiangsu Province, Taicang 215400, China)

Abstract: For improving water level forecast accuracy of controlling sluice in south Jiangsu Province, an area characterized by complicated rivers network and complex flow, Matlab neural network is applied. The application method of neural network toolbox in Matlab software is presented, and the simulation process as well as results aiming at 3 typical controlling sluices in south Jiangsu Province is obtained. It is demonstrated that the simulation results have high accuracy and the method is easy to using and spreading.

Key words: forecast of water level; controlling sluice; BP neural network; simulation and forecast

(上接第 66 页)

水力参数,在潮差不大的情况下,对于特别重要的龙口,应该选用涨率较大的潮型作为设计潮型,也就是在选定频率的设计潮差条件下,允许潮差在一定的范围内变化,选用涨率较大的潮型计算龙口水力参数,仅仅选用潮差大的潮型可能不一定保证安全。糙率的增加使龙口的计算流速相应减小,龙口流速的减小幅度远

小于糙率增加的幅度,但设计潮型涨率的影响明显大于糙率的影响。建筑物概化对龙口流速的变化也会产生较大影响。因此,龙口处的地形和被封堵的断面应尽可能细化,尽量准确地模拟被封堵的建筑物断面和采取的封堵措施,否则模拟计算的龙口水力参数将会失真。 (编辑:徐诗银)

Research on tidal type design and parameter selection in hydraulic calculation for tidal closure gap

YUAN Jianzhong

(Shanghai Investigation, Design & Research Institute, Shanghai 200434, China)

Abstract: We analyze several related issues frequently encountered in the hydraulic calculation of closure gap for Qingcaosha Reservoir in Shanghai. In the hydraulic calculation of closure gap, scope of the model should be concerned about, it should be explicit that whether the tide - gauge station is a representative station or a verification one in the closure gap calculation, and the flattening of design tide type should be avoid due to expansion of model range. The rising rate of design tidal type significantly affect the hydraulic parameters of closure gap, the bigger rising rate should be selected for particularly important one. With the increase of roughness coefficient, the calculated flow velocity decreases, however the influence of rising rate of tidal type on flow velocity at closure gap is greater than roughness coefficient. The structural generalization will have a greater impact on the changes of flow velocity at closure gap, therefore, its topography and the cross - section of cut - off structure should be detailed as possible, so as to prevent the distortion of hydraulic parameters in the simulation of closure gap.

Key words: numerical simulation; tidal closure gap; design tidal type; parameter selection; Qingcaosha Reservoir; Yangtze River Estuary