

# 水库调度的神经网络模型

傅师鹏, 赵文谦, 马光文

(四川大学高速水力学国家重点实验室, 四川 成都 610065)

摘要: 在水库调度中存在着大量的非线性关系, 采用传统的线性关系的处理方法, 往往难以取得满意的效果。应用人工神经网络的非线性决策方法, 利用 BP 算法建立调度模型用以处理水库的长期调度, 结果表明, 符合实际情况, 且具有明显的优越性。

关键词: 水库调度; 神经网络; BP 算法

中图分类号: TV 697

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2000)增-0001-02

## 1 引言

水库调度是运用水库的调蓄能力, 通过水电站的泄水建筑物和水轮机设备调节控制河川径流, 在确保工程安全的前提下, 最大限度地发挥水库(群)的综合利用效益。水库调度决策问题是一类非结构化或半结构化决策问题, 研究和开发水库调度决策支持系统是支持水库调度决策的一种有效方式。传统的线性方法在解决水库的长期调度上有很大的局限性。神经网络是一种并行的计算模型, 能进行非线性运算, 有很强的自学习、自适应能力; 是一种大规模的复杂系统, 内部有大量可调的参数, 具有高度的灵活性; 也是一种高度并行处理信息的机制, 具有高速运算的能力。本文提出了水库调度的神经网络模型, 并在实例计算中得到验证。

## 2 神经网络和 BP 训练算法

人工神经网络(简称 ANN)是近年来受到人们关注的一门崭新的交叉学科或系统科学。它是模拟人的智能的一种方法, 神经网络是一种自适应的高度非线性动力系统, 在网络计算的基础上, 经过多次重复组合, 能够完成多维空间的映射任务。神经网络通过内部连接的自组织结构, 具有对数据的高度自适应能力, 由计算机直接从实例中学习获取知识, 探求解决问题的方法, 自动建立起复杂系统的控制规律及其认知模型。在模式识别领域及预测科学上已得到了广泛应用。目前广泛被采用的是误差反向传播模型(简称 BP 模型)。以下将详述用 BP 模型进行水库调度的理论方法。

BP 模型有很强的自学习与自适应能力, 在客观自然对象的具体物理数学模型未知的情况下, 也能通过网络本身的自学习达到其输出与期望输出在一定误差范围内完全相符的结果神经。个别神经元的

损坏对整个网络的最终输出影响不大, 因而可以用于一系列预测与判别问题当中。BP 模型网络结构一般由三部分组成, 即输入层、隐含层及输出层(图 1)。其算法步骤如下:

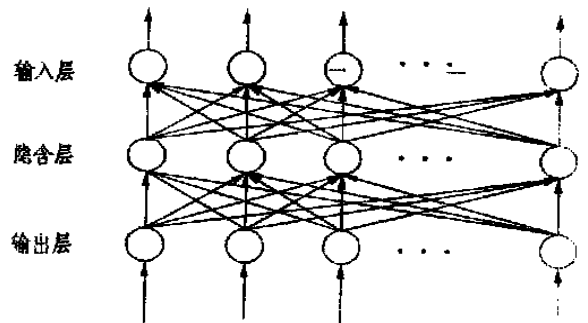


图 1 反向传播模型示意图

- (1) 用任意小的随机数设置全部权值及各神经元残差的随机数;
- (2) 给定输入与期望输出值;
- (3) 通过网络之间的前向传播计算各层结点的输出值:

$$X_j^{(s)} = f(W_{ji}^{(s)} \cdot X_i^{(s-1)}) = f(I_j^{(s)})$$

式中  $s$  为输入模式系列;  $i$  及  $j$  为各对应层结点序列;  $X_j^{(s)}$  是第  $s$  层上第  $j$  个神经元的输出值;  $W_{ji}^{(s)}$  是第  $(s-1)$  层第  $i$  个神经元的连接权值;  $I_j^{(s)}$  为第  $s$  层第  $j$  个神经元输入的加权和;  $f$  一般为 sigmoid 数, 即  $f = 1/[1 + \exp(-x)]$ ;

- (4) 比较输出层各结点输出值与期望输出值之间的差别, 将误差反向传播给输出层以下结点, 按下式采用迭代算法进行修正:

$$X_{ji}^{(s)}(t+1) = W_{ji}^{(s)}(t) + \eta \delta_i^{(s)} X_i^{(s-1)}$$

式中  $X_i$  是第  $i$  结点的误差;  $\eta$  为学习效率;  $t$  为迭代次数;

- (5) 重复迭代计算, 直到实际输出与期望输出的均方差小于某一给定值  $\epsilon$  为止, 网络学习结束;

(6)用学习好的神经网络,输入要预测的样本参数,就可以直接得到相应的预测结果。

### 3 神经网络模型的建立

利用人工神经网络方法,通过计算机分析和综合,可在被研究的某一水库放水流量同影响水库放水流量的因素间建立起人工智能推理网络系统。首先将一部分实测资料作为样本,通过神经网络对样本进行的自学习,从样本中提取出反映输入输出参数间本质特征的认识。通过神经网络的不断学习,对自身的知识进行修正,完成输入与输出间的复杂性非线性映射。然后用其它年份的失策实测资料作为预测样本,输入已学习好的网络,便可以对水库放水进行流量预测。

本文以二滩水库为例,采用1953~1991年共

表1 二滩水库1986年6月~1989年5月  
放水流量预测成果表

时 间	实测流量	预报流量	相对误差	注	
年 月	$/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$/\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$\%$		
1986	6	452.9	416.7	8	合格
	7	1964.7	1846.8	6	合格
	8	2201.3	2047.2	7	合格
	9	2202.0	2113.9	4	合格
	10	2202.0	2422.2	-10	合格
	11	1160.0	997.6	12	合格
	12	707.0	806.0	-14	合格
1987	1	667.0	607.1	9	合格
	2	694.3	624.9	10	合格
	3	730.4	672.0	8	合格
	4	777.9	809.0	-4	合格
	5	835.0	794.0	5	合格
	6	493.9	474.1	4	合格
	7	2202.0	2047.9	7	合格
	8	2202.0	2092.0	5	合格
	9	2202.0	1981.8	10	合格
	10	2202.0	2400.2	-9	合格
	11	1300.0	1014.0	22	不合格
	12	810.0	688.5	15	合格
1988	1	729.6	656.6	10	合格
	2	354.7	329.9	7	合格
	3	802.0	728.2	9	合格
	4	861.4	809.7	6	合格
	5	937.7	984.6	-5	合格
	6	867.0	901.7	-4	合格
	7	2201.4	2311.5	-5	合格
	8	2199.8	2001.8	9	合格
	9	2202.0	2069.9	6	合格
	10	2202.0	1959.8	11	合格
	11	1270.0	1155.7	9	合格
	12	769.0	892.0	-16	合格
1989	1	715.5	629.6	12	合格
	2	755.1	687.1	9	合格
	3	793.0	737.5	7	合格
	4	859.5	816.5	5	合格
	5	936.2	934.0	6	合格

40年(其中1969年、1979年各有两套数据)的实测径流资料。每年以月为时段,40年共480个时段。采用前30年的资料为学习样本,其期望输出为已知,通过相应的迭代运算,可以使实际输出与期望输出的均方差小到一定限度,确定出神经网络的所有系数及各结点权值,经过学习,神经网络能全面正确识别这些水库调度实例样本,这样,就建立了水库调度预测参数与水库调度之间的的复杂非线性关系,即为水库调度预测计算机智能专家系统。

### 4 模型的检验

为了检验所建立的水库调度智能专家系统模型,取后10年中任意3年的资料作为“未知”样本,由已经掌握了神经网络系统模型进行预测。样本容量为36个。按照实际输出与期望输出值的接近程度,确定水库调度预测结果。预测结果列于表1。相对误差最大值为22%,预报的合格率(相对误差20%为合格)为97.2%,预测结果与实际情况基本一致,成功率很高。

### 5 结 语

人工神经网络理论可以将人们对客观世界的感受和判断与定量建模结合起来,各输入变量对输出变量的影响在对样本学习时已在网络的内部表达出来,网络建立起来的非线性关系是非常复杂的,传统的模式识别方法是难以表达这种复杂的非线性对应关系的。实际应用表明,神经网络有其独特的联想记忆能力,容错能力强,可靠性高,有很好的非线性映射能力,把神经网络用于水库调度预报中具有广阔的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 颜竹丘 水能利用[M].北京:水利电力出版社,1985
- [2] 张立明 神经网络的模型及其应用[M].上海:复旦大学出版社,1994
- [3] 汪德馨 一种用于建模的神经网络方法[J].决策与决策支持系统,1992,(2).
- [4] Richard Lippmann. An Introduction to computing with neural with neural nets. IEEE A SSP Magazine, April, 1987.
- [5] Wassemann, P. D. Neural computing: Theory and Practice. Van Nostrand Reinhold, New York, 1989.

### 作者简介:

- 傅师鹏(1974年-),女,浙江金华人,北京市政设计院工程师,硕士,从事水环境研究;
- 赵文谦(1935年-),男,四川西充人,四川大学水电学院教授,博士生导师,从事水环境研究;
- 马光文(1960年-),男,陕西人,四川大学水电学院教授,博士,中国西部开发研究院学术委员会委员,从事水利水电工程技术研究工作。

## ABSTRACT

### The Neural Network Model for Reservoir Operation

FU Shipeng ZHAO Wen-qian MA Guang-wen

(State Key Hydraulic Laboratory of High Velocity Flow of Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065)

**Abstract:** Because there are much nonlinear relationship in reservoir operation, good results are hard to gained by using traditional linear relationship. Therefore, a neural network model for long tem reservoir operation is established by BP algorithm. It is more practical and superior.

**Key words:** reservoir operation; neural network; BP algorithm

### Application of Artificial Neural Network Model with Nonlinear Time Series in Hydrologic Forecast

WANG Wen-sheng DENG Jing LIU Guo-dong

(Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065, China)

**Abstract:** At first, the artificial neural network(ANN) models with nonlinear time series are established, then time series for single variable and multiple variables are studied with the models. The performance of the ANNs is compared with that of the auto-regressive models. The results have showed that the ANNs are effective in hydrologic forecast.

**Key words:** the artificial neural network models with nonlinear time series; auto-regressive model; single variable; multiple variables; daily discharge forecasting

### Application of Percolation Theory in the Water and Soil Conservation for Slope

WANG Xie-kang AO Ru-zhuang FANG Duo

(State Key Hydraulic Laboratory of High Velocity Flow of Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065, China)

**Abstract:** The slope erosion is the original zone of water and soil loss and water and soil on slope must be treated quickly. because rainfall infiltration on slope, afflux and sediment transport is a percolating process, water and soil conservation for cultivated and non-cultivated land on slope is carried out by the percolation theory. Comparing percolation thresholds among the different tow-dimensional percolation models, theoretically, water and soil loss is effectively controlled on slope with honeycomb shape and by hydraulic and biological engineering, which is a new method for water and soil conservation.

**Key words:** slope erosion; water and soil loss; percolation theory; biological engineering

### Study on Engineering Geological Problems at Tanzitai Reservoir in Fengdu County of Chongqing

DENG Rong-gui FU Xiaom in

(Civil Engineering Department of Chengdu Technical Institute, Chengdu, Sichuan, 610059, China)

**Abstract:** Based on numerous data obtained from field investigations, detail description and in-depth, systematical analysis on engineering geological problems at Tanzitai reservoir in Fengdu County of Chongqing are provided and the results are used as design basis for Tanzitai reservoir.

**Key words:** reservoir analysis; stability of rock mass; reservoir slope

### Nonlinear Properties of Furrow Profiles of Debris Flow in Bailong River Basin

WANG Xie-kang AO Ru-zhuang FANG Duo

(State Key Hydraulic Laboratory of High Velocity Flow of Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065, China)

**Abstract:** Debris flow is a nonlinear dynamic process, so the furrows of debris flow have nonlinear properties. Based on analysis of dynamic factors of debris flow growth, accumulative distribution of furrows of debris flow in function with its dynamic factors is studied by fractal theory. The results are satisfactory and benefit for study on debris flow in the Bailong River Basin and Jialingjiang River Basin.

**Key words:** debris flow; nonlinear; fractal theory

### Experimental study on the Hydraulics Characteristics of Intermittent Disposed Buoyant Flows

YU Guo-liang<sup>1</sup> AO Ru-zhuang<sup>1</sup> LIAO Neiping<sup>2</sup>

(1. State Key Hydraulic Laboratory of High Velocity Flow of Sichuan University, Chengdu, Sichuan, 610065, China;

2. Southwest Electricity Survey and Design Institute Chengdu, Sichuan, 610061, China)

**Abstract:** There are two ways discharge of sewage water into ocean. In addition to the conventional way, the other is intermittent discharge, which is widely used, in recent decades. The hydraulic characteristics of intermittent disposed buoyant flows were preliminary experimentally studied and the differences of the hydraulic characteristics between intermittent discharge and steady discharge were compared in this paper.

**Key words:** buoyant flows; hydraulic characteristics; intermittent discharge; steady discharge

### Several Problems Being Worth Notice in Management of Project with Foreign Funds

JU Qifeng

(Sichuan Ertan International Engineering Consulting Co. Ltd.,

CHDI of SPC, Chengdu, Sichuan, 610072, China)

**Abstract:** In the management of projects with foreign funds, some aspects are worth discussing and improving. Then, the construction market of China will be perfect day by day and transform into international practice smoothly. Experiences and lessons gained from practice in management of project with foreign funds in Ertan Project are presented for reference to similar projects.

**Key words:** project with foreign funds; problem; relationship; exchange rate; escalation; subcontract; division into lots; supply; claim indemnity