

神经网络在水资源规划领域中的应用

李敬库

(辽宁省江河流域管理局, 辽宁 沈阳 110000)

【摘要】 本文从水资源现状及发展前景出发,介绍了如今被越来越重视的智能规划方法——神经网络,以及其在水文领域被广泛应用的BP算法。防治洪水灾害是水资源规划的一项重要内容,结合BP神经网络进行水文预报使得预报更为简便易于操作,预报精度较传统水文模型也有一定提高。因此加强神经网络的深入研究,并耦合其他方法,使其更为灵活广泛地应用于水文预报领域十分重要。

【关键词】 现代水资源规划;神经网络;BP算法;水文预报

中图分类号:TV212

文献标志码:A

文章编号:2096-0131(2017)03-0013-04

Artificial neural network application in the field of water resources planning

LI Jingku

(Liaoning River Basin Administration, Shenyang 110000, China)

Abstract: The paper starts with water resources status and development prospect. Intelligent planning method with more and more attention at present—artificial neural network and BP algorithm widely used in the field of hydrology are introduced. Prevention and control of flood disaster is an important part of water resources planning. BP neural network is combined for hydrology forecast; thereby the forecast can be more simple and easier to operate. The forecast precision is improved to certain extent compared with traditional hydrology models. Therefore, artificial neural network is further studied, and other methods are coupled. It is very important to apply the method in hydrology forecast field more flexibly and widely.

Key words: modern water resources planning; artificial neural network; BP algorithm; hydrology forecast

1 水资源规划的发展历史、现状及展望

现代意义下的水资源规划是水利规划的重要组成部分,主要是对流域区域水利综合规划中进行水资源多种服务功能的协调,为适应各类用水需要的水量分配,水的供需分析及解决途径,水质保护及污染防治规划等方面的总体安排^[1]。

随着人们在其他领域的发展及进步,水资源规划

也发生着惊人的变化,并趋于成熟。17—18世纪,出现了专门研究水资源的科学和技术团体,其任务就是为水资源规划提供科学依据。18世纪,数学领域蓬勃发展,伯努利及欧拉方程的出现为系统描述水的运动提供了基本方程。19世纪以前人类对水资源的规划即已开展,到20世纪初逐步从定性走向定量。20世纪20年代,美国学者首先提出应用数理统计理论进行调节计算的的经验方法,此后苏联学者使其形成了较完整

的水资源规划数理统计方法。20世纪30年代,人们开始通过理论的指导进行水资源的规划。到了20世纪60—70年代,以水资源系统分析为基础理论的现代水资源规划理论与方法形成,目前仍在发展。随着电子计算机的发展与应用,提出水资源数学规划方法,即以数学表达式来描述水资源系统特征及开发利用中相互依赖和制约的关系,并求出为某一目标(或多目标)服务的最优解,其内容包括线性规划、动态规划、非线性规划与多目标规划等。时至今日,随着优化技术和决策理论的发展,水资源规划技术也在不断改进中,一个重要的趋势就是在规划中加入经济领域的概念和理念,同时还将环境保护与生态平衡考虑在内。

新时期,水资源规划要求要从五个方面进行转变,即理念、目标、内容、职能、措施^[2]。总的来说,水资源规划未来的发展方向将以维持水量平衡和保护环境为重点,这对发展中国家尤为重要。很显然,随着越来越多的技术工具可供利用,随着人类社会发展和人们价值取向的成熟,水资源规划工作必将会更具挑战性。

2 水资源规划模型

随着社会经济的发展和人们认识的深入,水资源规划的目标、任务逐渐由单一性向多样化和系统性转变。由于水资源系统的约束条件、影响因素以及发展目标方面的复杂性,水资源研究领域的系统化转变使系统科学更为广泛地应用于此,水资源的系统分析方法也为水资源规划提供了良好的技术支持。

在水资源系统分析方法中,建立和求解数学模型是其最重要的技术环节,属于运筹学范畴,用数学的语言将真实的水资源系统抽象化,以便对其特征进行定量分析。常用的数学模型主要有优化模型和模拟模型两类,其中这两类模型中还包括线性规划、动态规划、随机规划、多目标规划、神经网络及遗传算法。智能模型的引入也成为水资源规划模型的常态。

3 可用于水文预报的人工神经网络模型

3.1 人工神经网络的结构及运行过程

人工神经网络是一种模拟人脑运行,将复杂模型抽象成简单映射的智能模型,其强大的非线性映射能

力使其在复杂运算中的能力突显出来,人工神经网络中的多层前馈BP神经网络的应用最为广泛^[3]。

20世纪40年代,神经元模型诞生,这个模型沿用至今;到了20世纪50年代,模型从单神经元发展到单层神经网络;60年代网络的学习变得多样化,但由于美国人工智能学家提出的否定观点,致使ANN沿感知机方向发展急剧降温;1969—1982年,神经网络在低迷中顽强地发展,无论从种类、结构还是性能上,这十几年中神经网络的发展都高于以往;80年代ANN研究热潮再度兴起;进入90年代后,ANN的各类模型已不下几十种,与此同时各类边缘交叉科学大量涌现^[4]。

3.1.1 人工神经网络的结构

人工神经网络从其拓扑结构和信息传递方向两方面上基本可分为前馈、反馈和混合网络三种形式。由于在洪水预报中应用的人工神经网络形式为BP神经网络,这里主要介绍针对BP神经网络的前馈网络。

前馈网络的特点是信息传递单向进行,直接从输入层传递到输出层,没有反向的信息传递,其中,前馈网络又分为单层和多层前馈网络。单层前馈网络只由输入层和输出层构成;多层前馈网络除输入与输出层外,中间还有隐层神经元。多层前馈网络的拓扑结构如图1所示。

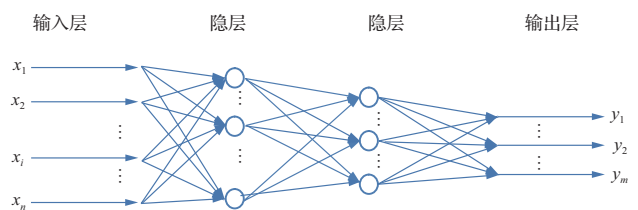


图1 多层前馈网络拓扑结构

单独取出一个神经元进行放大,能够更清晰地看出它的信息传递方式,其结构如图2所示。

从图2可以看出,它是一个多输入、单输出的非线性元件^[5]。对于第j个神经元, x_1, x_2, \dots, x_n 表示神经元的输入, $\omega_{j1}, \omega_{j2}, \dots, \omega_{jn}$ 为连接强度,称为权。神经元的净输入 s_j 为

$$s_j = \sum_{i=1}^n \omega_{ji} x_i + \theta_j$$

净输入经过转移函数(又称激活函数)作用后,可以得

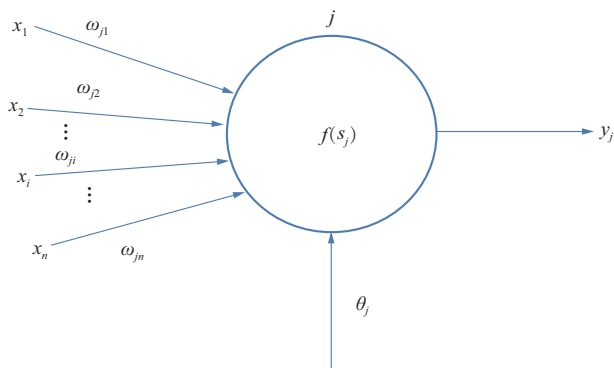


图2 人工神经网络的数学模型

到神经元的输出 y_j :

$$y_j = f(s_j) = f\left(\sum_{i=1}^n \omega_{ji}x_i + \theta_j\right)$$

激活函数的形式有很多种,在洪水预报中常用到的激活函数为对数形式的 Sigmoid 函数,其表达式为

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

3.1.2 人工神经网络的运行过程

人工神经网络运行过程的主体为网络的训练,又称为学习。学习过程又分为有监督的学习和无监督的学习,区别在于:有监督的学习是给定一组输入、输出作为样本模式,常用来进行系统规律的映射,洪水预报属于这种学习模式;无监督的学习的样本模式中不包括期望输出,是按照统计规律来调整网络自身,这类网络更适用于信息的分类。

3.2 BP 神经网络

BP 神经网络即采用误差反向传播算法的多层前馈网络,它的训练过程又分为两个过程:正序的信息输入与输出;逆序误差调整权重。BP 算法的特点是信号的前向计算和误差的发传播^[6],如图3所示。

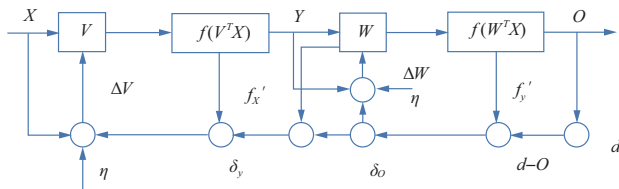


图3 BP 算法的信息流向

图3中 X 为输入, O 为输出, d 为期望输出, δ^o 为误差。对应其信息流向,可以得到 BP 算法的流程图,其

具体流程及相应公式如图4所示。

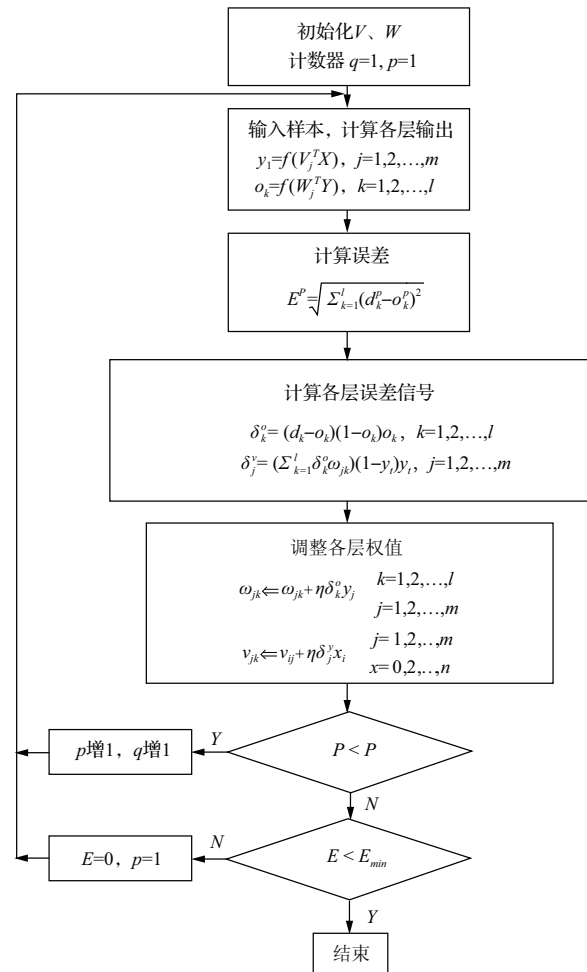


图4 标准 BP 算法流程

标准算法又称单样本训练,这种训练只针对每个样本的误差进行调整,而水库的流量及水位数据波动较大,进行训练的次数将会增加,如果单纯运用这种方法进行训练将使整个过程收敛速度过慢。所以采用批处理方式对其进行调整,所谓批处理就是将所有样本一起输入之后计算总误差,再根据这个总误差计算各层误差信号调整权值的方式。批训练 BP 算法流程与标准 BP 算法流程基本一致,不同的是将判断 $p < P$ 的部分提前到计算各层误差信号之前,以便计算所有样本的总误差:

$$E_{\text{总}} = \frac{1}{2} \sum_{p=1}^p \sum_{k=1}^l (d_k^p - o_k^p)^2$$

4 BP 神经网络在水文预报中的应用

作为一种十分重要的非工程防洪措施,洪水预报

在水资源合理利用水利工程管理等工作中也产生着相当大的影响。目前,水文预报模型主要为集总式水文模型和分布式水文模型,而其又分为概念性和有物理基础的模型。前者的代表模型有美国的斯坦福(Stanford)模型、萨克拉门托模型,日本的坦克(Tank)模型,以及中国的新安江模型等。这类模型对流域水文要素做了时间和空间上的均化,虽然有较好的实用性,但因模型简单,不能全面深入地反映复杂的水文机理,因此在许多情况下,其预报精度不尽如人意^[7]。以物理为基础的分布式水文模型,对流域的网格化处理能充分反映水文过程的时空不均匀性,能较好地反映复杂的水文机理,但需要大量详细的流域地理、土壤、河道资料,然而这些条件极大地限制了分布式水文模型在实际中的运用^[8]。

近年来随着科技的飞速发展,智能算法被越来越多地引入到水资源规划领域,洪水预报模型也越来越充实。人工神经网络通过其强大的自组织自学习性能,将复杂的非线性映射过程简单化,从而对所需结果实现精确的模拟。因此人工神经网络被越来越多的洪水预报研究者青睐,因为只要给出以前的水文资料,神经网络就可通过自学习功能来完成水文的预报工作^[9],这种简单的操作避免了复杂的建模过程和繁琐的参数率定工作,提高了水文预报工作的效率。

在应用BP神经网络进行水文预报的过程中,需要对网络的一些选择进行优化,主要包括:隐层神经元个数的选择、隐层传递函数的选择及学习率的选择。

a. 隐层神经元个数通常可以根据以下三个公式进行选择^[10]:

① $l = \sqrt{nm}$,其中, l 为隐层神经元个数, n 为输入神经元个数, m 为输出神经元个数。

② $l = \sqrt{n+m} + a$,其中, l 为隐层神经元个数, n 为输入神经元个数, m 为输出神经元个数, a [1,10]之间的常数。

③ $l = \log_2 n$,其中 n 为输入单元个数。

b. 隐层传递函数的选择:前馈BP神经网络的隐层多采用线性转移函数如logsig函数和tansig函数^[11],然后再通过训练进行二者的对比优选。

c. 学习率的选择:学习率越小,其仿真效果越佳,但学习时间长,尤其当学习率过小时,其泛化能力降低,将会产生过度拟合的现象^[12],这种现象会导致预报结果在小范围内波动很大,无法形成一条稳定的平滑曲线。所以针对这一现象一般将学习率取大于并接近0的几个数值进行训练比较,择优而定。

5 结语

现代水资源规划的理念中,虽将生态、可持续等作为关键词,但防治水旱灾害仍然是其工作中的一项重要任务,而现代水资源规划中引入的智能算法——BP神经网络,对水文预报防治灾害产生了积极的促进作用,使其在物理模型的基础上有了更为精确结果和简便的操作程序。物理模型和智能算法的结合,使现代水资源规划更具活力,为其发展创造了更为广阔的前景。◆

参考文献

- [1] 翁文斌,王忠静,赵建世. 现代水资源规划——理论、方法和技术[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [2] 臧超,左其亭. 水利改革发展对水资源规划与管理需求分析[J]. 水科学与工程,2013(4):16-21.
- [3] 袁健,陈丽侠,耿宝江. 基于BP神经网络的闽江上游洪水预报[J]. 安徽农业科学. 2011,39(24):15161.
- [4] 喻宗泉. 人工神经网络发展五十五年[J]. 自动化与仪表,1998(5):3-6.
- [5] 傅荟璇,赵红,等. MATLAB神经网络应用设计[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [6] 韩力群. 人工神经网络理论、设计及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [7] 侯翔,汤元斌. 基于BP神经网络的洪水预测研究[J]. 长江大学学报,2013,25(88).
- [8] 曹枝俏,王国利,梁国华,等. 基于随机模拟信息的神经网络洪水预报模型[J]. 水力发电学报,2010(4):63-69.
- [9] 侯翔,汤元斌,刘笃晋,等. 三种神经网络在洪水预报中应用的比较[J]. 计算机系统应用,2013(12):35-38.
- [10] 贾小强. 人工神经网络在洪水预报中的应用研究[D]. 邯郸:河北工程大学,2011.
- [11] 王一峰,王心亚. 基于人工神经网络的倒水河洪水预报模型[J]. 水资源研究,2011(2):43-44,48.
- [12] 翁明华,邓鹏,李致家. 人工神经网络模型与新安江模型的应用比较[J]. 水文,2008(6):33-35.