

BP神经网络在煤矿排水设备 监测中的应用

赵淑芳,陈立潮

(太原科技大学 计算机科学与技术学院,山西 太原 030024)

摘 要:煤矿排水设备的可靠运行对煤矿安全生产起着至关重要的作用。基于排水设备状态参数的非线性关系,提出了一种基于BP神经网络的煤矿排水设备监测方法,克服了传统方法中确定权值的难题,能快速、准确地得到监测结果,为煤矿企业安全管理提供科学的决策信息,为决策者提供多角度的管理依据,从而避免事故的发生。经过实例的验证,结果表明该方法具有客观性、有效性,可以为煤矿排水设备监测预警提供更为科学可靠的理论依据。

关键词:煤矿设备监测;BP神经网络;安全预警

中图分类号:TP183

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)08-0250-04

Application of BP Neural Network in Colliery Drainage Monitoring

ZHAO Shu-fang, CHEN Li-chao

(Institute of Computer Science and Technology, Taiyuan University of Science
and Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Working reliably in colliery drainage produces a very important function to the coal mine safety production. According to the state parameter's misalignment relations that based on the drainage, a method in monitoring the coal mine drainage that based on the BP neural network has proposed in this article. It can overcome the traditional method to determine weight problems, for it can obtain the monitoring result fast and accurately. Through it can supply the scientific decision information to the colliery enterprise's safety management, provide decision-makers based on the management of multi-angle and avoid the accident's occurrence at the same time. After the example's confirmation, the consequence of this method proved that it has objectivity and validity. With the help of this method we can provide more scientific and reliable theory basis for colliery drainage in early monitoring and warning.

Key words: colliery equipment monitoring; BP neural network; safety warning

0 引言

煤矿地下水是威胁煤矿安全生产的重要因素之一,排水设备的好坏,不仅关系电力消耗、生产成本,而且关系着煤矿的生产安全,煤矿排水设备的可靠运行对煤矿安全生产是至关重要的保证^[1]。设备状态监测就是对运转中的设备整体或对影响设备正常运行的关键零部件的技术状态进行监测,可以判断其运转是否正常,可以对异常状态进行追踪、预测异常状态趋势。通过对煤矿排水设备的监测来对煤矿地下水进行预

测。预测即是以系统过去的状态信息为依据来预测系统未来的安全状态^[2]。

人工神经网络是基于模仿生物大脑结构和功能构成的一种信息处理系统,它由多个非常简单的处理单元彼此按某种方式相互连接,主要依靠系统本身状态对外部输入信息的动态做出相应的处理信息。

BP神经网络系统是一种不需要选取基函数系的非线性函数逼近方法,具有自学习、自组织和自适应的特征,还兼备并行结构和并行处理、知识的分布存储、容错性等优越性;具有高度复杂的非线性动态处理能力,并且具有较高的精度^[3]。排水设备各因素之间存在着复杂的非线性关系,而人工神经网络具有极强的非线性逼近能力,能真实刻画出输入变量与输出变量之间的非线性关系。基于排水设备参数的非线性关系,由此笔者提出了一种基于BP神经网络的煤矿排

收稿日期:2009-11-17;修回日期:2010-03-29

基金项目:山西省科技攻关项目(20080321012-01)

作者简介:赵淑芳(1978-),女,河北唐山人,硕士研究生,讲师,研究方向为软件工程、数据挖掘;陈立潮,硕士生导师,教授,研究方向为人工智能、模式识别。

水设备安全预测方法。

1 改进 BP 神经网络原理与模型

1.1 改进 BP 神经网络原理

BP 人工神经网络是模拟生物神经网络的人工智能系统,用非线性处理单元模拟生物神经元,用处理单元之间的可变连接强度来模拟突触行为,大量单元依一定形式连接而成的网络呈现出高维性、自组织性、模糊性和自学习能力。BP 神经网络模型基于误差反向传播算法,由输入层、输出层和一个或若干个隐含层构成,每一层包含若干神经元,层与层间神经元通过连接权重、阈值互连。理论证明,具有一个隐含层的三层 BP 网络能逼近任何有理函数^[4]。

在煤矿排水设备安全监测中,文中采用如图 1 所示的三层神经网络结构模型^[5],分别为一个输入层、一个隐含层和一个输出层,实现任意 M 维到 N 维的映射。BP 网络与统计模型最相似,也最适合于预测,将人工神经网络技术用于矿井突水预报正是利用了其在非线性问题或非结构性问题解决方面的独特优势。

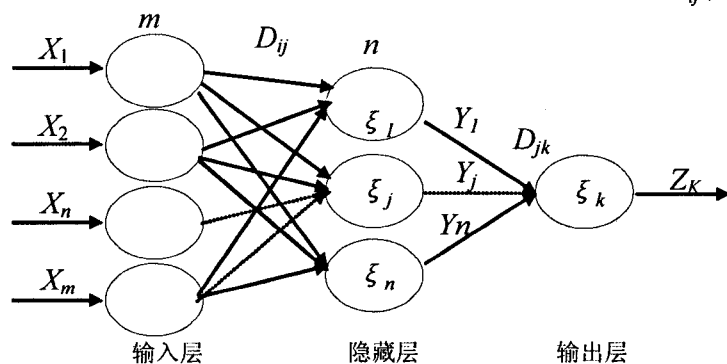


图1 三层BP神经网络模型

图1中,输入层有 m 个节点,输入向量 $X \in R^m$, $X = (X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_m)^T$, $1 \leq i \leq m$; 隐藏层有 n 个节点,隐藏层输出值 $Y \in R^n$, $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_j, \dots, Y_n)^T$, $1 \leq j \leq n$; 输出层有 k 个节点,输出层输出值 $Z \in R^k$, $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_k)^T$, 图1中 $k = 1$ 。输入层与隐藏层之间的连接权值为 D_{ij} , D_{ij} 表示输入层第 i 个神经元到隐含层第 j 个神经元的权重,阈值为 ξ_j ,隐藏层与输出层之间的连接权值为 D_{jk} ,阈值为 ξ_k ,隐藏层与输出层的输出值满足^[5]:

$$Y_j = f\left(\sum_{i=1}^m D_{ij} X_i - \xi_j\right); Z_k = f\left(\sum_{j=1}^n D_{jk} Y_j - \xi_k\right)$$

函数 f 为激励函数,满足: $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$

神经网络是人工智能的一个重要分支,具有非线性、并行性、强泛化性等特点,因而具有较强的学习能力,并通过学习实现输入和输出之间非线性映射。

BP 神经网络其应用过程包括训练和测试两个步骤^[6]。网络训练的目的在于找到一组权值,使极小化。设 D_{jk} 是连接隐含层节点与输出层节点在时刻的联接权值, D_{ij} 是连接隐含层节点与输入层节点在时刻的联接权值, η ($0 < \eta < 1$) 是一个正的常数项,称为学习率,反映权值的调整速率。 η 太小,则学习的效率较低,收敛速度过于缓慢^[7];反之若 η 太大,跳过最优值点,则可能引起振荡。为此,引入动量项 α ($0 < \alpha < 1$),可以滤去权重空间中误差曲面的高频偏差,使得学习过程中等效地改变 η 值,使调节向着底部的平均方向变化,不致产生大的摆动,即动量起到缓冲平滑的作用。

一般情况下,动量项在减小振荡的同时,使算法收敛速度更快。在三层 BP 神经网络中,对网路性能影响比较大的权值修正法,文中采用下面的方法修正权值:

$$D_{jk}(N+1) = D_{jk}(N) - \eta \frac{\partial E}{\partial D_{jk}} + \alpha(D_{jk}(N) - D_{jk}(N-1))$$

$$D_{ij}(N+1) = D_{ij}(N) - \eta \frac{\partial E}{\partial D_{ij}} + \alpha(D_{ij}(N) - D_{ij}(N-1))$$

式中, α 是冲量系数,一般取 0.7 左右。

1.2 BP 神经网络模型构建

煤矿排水设备安全评价标准体系的建立至关重要,它直接决定了安全评价的效果。在煤矿排水设备安全评价中,根据实时采集到的安全方面的数据来判断系统各个具体安全因素的好坏程度。它可以是具体的量化的指标,也可以人工神经网络技术的迅速发展,使得解决安全评价过程中问题的能力和算法都得到大大改善和加强。人工神经网络(Artificial neural network)是一门新兴的交叉学科,它对入脑或自然的神经网络的基本特性进行模拟,具有很强的学习、联想、容错、自适应、自组织及抗干扰能力,是一种用于处理非线性问题的较好方法。

排水设备状态监测是煤矿能否安全生产的关键问题,排水设备各指标之间相互联系,相互影响,构成了煤矿安全预测指标体系。从煤矿安全预测指标的综合分析中寻找规律进行预测,遵循从现象寻求本质规律的原则,是一种有效、可行的方法。主要监测指标以水位报警器为核心,综合考虑泵、管、配套电动机、水位传感器等因素,综合评定后得出设备状态,建立设备预警信号体系,设定每个指标的临界值,当某项指标趋于临界点时,及时发出报警^[8]。

(1) 输入层的设计。BP 神经网络只能处理表示成数值的输入数据,所以需要对定量指标进行标准化,对

定性指标进行量化和标准化,一般将输入数据标度到限定范围[0,1]。文中输入层的节点对应于所建立的煤矿企业排水设备体系中的 5 个类型 17 个指标变量。

(2)文中将隐藏层的节点数目确定为 1 个。系统的总误差最小时隐藏层的节点数目为最佳的节点数目。隐藏层节点根据经验取作 $n = \sqrt{m + k} + a$ (a 为 0 ~ 10 之间的常数)^[7],通过测试,隐藏层节点数目确定为 1 个时,系统总误差最小。

(3)输出层的设计。设备安全状态为良好、安全状况较好、安全状况低风险和安全状况高风险四种情况即为输出的状态。输出为良好状态(1000)、一般状态(0100)、低风险(0010)、高风险(0001)。

2 实验设计

根据煤矿排水设备的安全状况及历史条件,找出事故发生的变化规律,从而对未来的状况进行科学的预测,是采取正确的管理方案和控制措施的前提条件^[9]。煤矿排水设备安全预测模型的建立采用 BP 网络模型。与一些传统模型相比有很多优点,既弥补了只用单个模型进行预测的不确定性,又优化了预测模型的结构。井下事故的发生是随机的、不确定的,整个安全、事故系统是非线性动力学过程,而人工神经网络系统具有高度复杂的非线性动态处理能力,正与事故系统相适应^[10]。

煤矿排水设备的安全预测是一个复杂的多指标非线性系统,很难用数学公式进行描述,而且各指标之间互相关联,应用 BP 神经网络方法进行预测具有一定的智能信息处理能力,能保证对设备状态预测的可靠性^[11]。

根据山西省某煤矿企业提供的在不同时间段监测到的有关排水设备的数据,结合排水设备的特征,提取泵、管、配套电动机、水位报警器和水位传感器五类预测指标作为 BP 网络输入层的输入;设备安全状态为安全状况良好、安全状况较好、安全状况低风险、安全状况高风险,作为 BP 网络输出层的输出。对所采用的输入数据进行归一化处理后,所得实验数据具体如表 1 所示。

文中利用 Matlab 优越的数值计算功能,在其提供的神经网络工具箱的基础上开发出基于时间序列神经网络的瓦斯涌出量预测程序,其预测时间只需几秒,能够及时给出预测结果^[12]。而且程序开发方便、简捷,能够很快为现场的技术人员学习掌握。

基于神经网络处理非线性问题的特点和 Matlab

在数值计算方面的优越性,使预测精度和速度得到提高。文中对煤矿排水设备监测数据作了预测,利用 Matlab 工具箱进行程序设计,经过训练,网络的目标误差达到要求,具体如图 2 所示。

表 1 实验数据

安全状态	各个时间段	泵	管	水位报警器	水位传感器
安全状况良好	1	0.89	0.92	0.71	0.82
	2	0.90	0.91	0.82	0.86
	3	0.90	0.88	0.88	0.75
	4	0.87	0.89	0.81	0.78
安全状况较好	1	0.87	0.79	0.76	0.80
	2	0.86	0.80	0.77	0.74
	3	0.79	0.82	0.68	0.71
	4	0.81	0.78	0.65	0.60
安全状况低风险	1	0.75	0.72	0.52	0.62
	2	0.63	0.69	0.58	0.52
	3	0.62	0.65	0.43	0.41
	4	0.61	0.60	0.49	0.45
安全状况高风险	1	0.51	0.60	0.49	0.30
	2	0.48	0.51	0.41	0.35
	3	0.46	0.47	0.38	0.46
	4	0.50	0.32	0.33	0.46

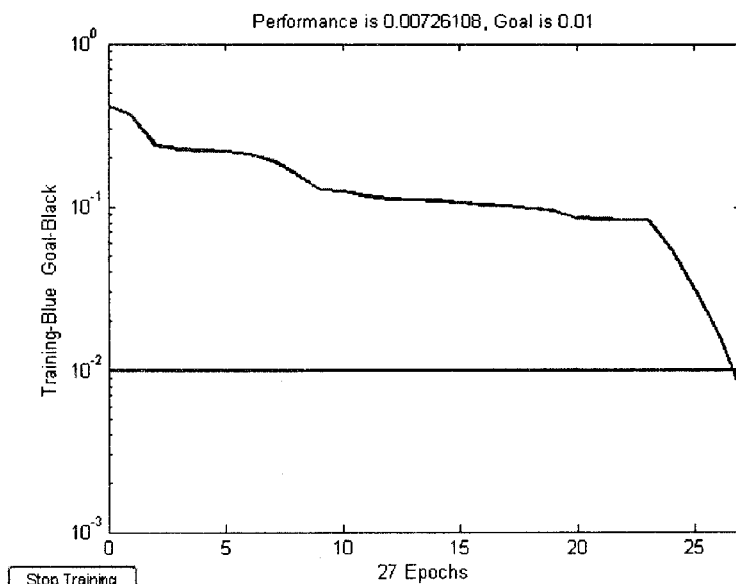


图 2 仿真训练

在实验设计过程中,经过并行推理,结果如表 2 所示。

3 结束语

文中从理论与实践相结合的角度出发,对煤矿排水设备进行了安全监测,并得出以下主要结论:

(1)将 BP 神经网络模型应用于煤矿排水设备监测,克服了传统方法中确定权值的难题,能较好地对矿

表2 测试结果

时间段	泵	管	配套电动机	水位报警器	水位传感器	推理结果	排水设备状态
1	0.516	0.372	0.501	0.492		(1 0 0 0)	良好
2	0.381	0.287	0.396	0.385		(0 1 0 0)	一般
3	0.273	0.214	0.342	0.287		(0 0 1 0)	低风险
4	0.133	0.117	0.229	0.176		(0 0 0 1)	高风险

井安全状况进行预测,且具有较强的动态性,从而为决策者提供多种角度的管理依据。

(2)基于 Matlab 神经网络工具箱的 BP 网络模型具有很强的学习性且准确性较高,因此,对排水设备状态的安全预测是可行的,对有效防治井下突水具有实际指导意义。

(3)由于条件限制和时间原因未能很好地借鉴和搜集别的地区(太原市某煤矿)及其他的大 4 大煤矿企业的情景和样本数据,为此会有一定的局限性。

参考文献:

- [1] 朱向彩,周伟. BP神经网络在矿井安全监测评价中的应用[J]. 山东科技大学学报,2003,6(2):52-54.
- [2] Hecht-Nielsen R. Theory of the Back Propagation Neural Network[J]. Proc. of IJCNN,1999,1:593-603.
- [3] 闫乐林. 未确知数学在煤矿安全综合评价中的应用研究[D]. 西安:西安科技大学,2004:18-20.
- [4] 王三明,蒋军成. 基于神经网络理论的系统评价模型[J]. 工业安全与防尘,2001,23(2):27-30.

- [5] 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.
- [6] Park J M, Chong E K P, Siegel H. Efficient Multicast Packet Authentication Using Signature Amortization [C]//IEEE Symp Security and Privacy, USA:[s. n.],2002:227-240.
- [7] 施式亮. 基于神经网络的煤矿安全性预测模型及应用[J]. 中国安全科学学报,1999,9(3):34-37.
- [8] 张士昌,孙健全. 基于神经网络理论的矿井安全管理评价[J]. 煤矿安全,2003,34(10):53-55.
- [9] Peng T M. Advancement in the Application of Neural Network for Short term Load Forecasting[J]. Trans. on PW RS, 1992(3):250-257.
- [10] 熊亚选,蔡成功. 基于人工神经网络的煤与瓦斯突出预测[J]. 煤矿安全,2004,35(9):35-37.
- [11] Perrig A. The BiBa one-time signature and broadcast authentication protocol[C]//8th ACM Conf Comp and Commun Security. USA:ACM,2001:28-37.
- [12] 闻新,周露. MATLAB神经网络应用设计[M]. 北京:科学出版社,2000.

(上接第 249 页)

c. FC 数据传输任务。

系统正常工作时,基于 FC-AE-ASM 协议通过 FC 接收系统管理者发来的命令,并对命令进行解析、处理,实现与系统管理者之间的通信任务,如图 6 所示,为 FC 数据传输任务程序流程图。

4 结束语

利用面向航空电子系统深层综合化发展需求,基于 SoC 设计技术研制的 FC 接口芯片 SoC-FC 为主控制器研制的电源管理系统,可以实时检测电源模块的供电状态,接收系统管理的命令,实现故障信息的上报。如此,不仅实现了电源管理系统功能及性能的需求,同时有效地缩短了研发周期,满足了飞机高度综合、小型化的发展需求。

参考文献:

- [1] 高扬,杨彦明. 新一代军用航空电子系统网络[J]. 航空科学技术,2004(5):34-36.
- [2] 田泽,于敦山,盛世敏. SoC 设计与测试[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.

- [3] 田泽. 嵌入式系统开发与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2005.
- [4] 蔡叶芳,田泽. 基于 SOPC 的 FC-2 层协议设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2009,19(8):224-227.
- [5] 杨海波,田泽. FC IP 软核的仿真与验证[J]. 计算机技术与发展,2009,19(9):168-172.
- [6] 李攀,田泽. 基于 SOPC 的 PCI 通信接口设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2009,19(9):211-214.
- [7] 王金刚. VxWorks 程序员指南[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [8] 王金刚. 基于 VxWorks 的嵌入式实时系统设计[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [9] ANSI. Fibre Channel Framing and Signaling-2(FC-FS-2), Rev 0.01[M]. US:ANSI,2003.
- [10] ANSI. Fibre Channel Physical and Signaling Interface (FC-PH), X3[M]. US:ANSI,1994.
- [11] ANSI. Fibre Channel Avionics Environment - Anonymous Subscriber Messaging (FC-AE-ASM), Rev1. 2[M]. US:ANSI,2006.
- [12] 王田苗. 嵌入式系统设计与实例开发[M]. 北京:清华大学出版社,2002.