

文章编号:1671-251X(2014)05-0034-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.05.009

王社国,田志民,张峰,等.基于改进BP神经网络的煤与瓦斯突出预测系统[J].工矿自动化,2014,40(5):34-37.

基于改进BP神经网络的煤与瓦斯突出预测系统

王社国, 田志民, 张峰, 武莎莎

(河北工程大学 信息与电气工程学院, 河北 邯郸 056038)

摘要:针对传统BP神经网络收敛速度慢、易陷入局部极小等问题,采用Matlab神经网络工具箱中的自适应学习率VLBP算法和基于数值优化技术的LMBP算法对传统BP神经网络算法进行改进,并设计了基于改进BP神经网络的煤与瓦斯突出预测系统;分别采用传统BP神经网络模型和改进的BP神经网络模型进行煤与瓦斯突出预测实验,结果表明改进的BP神经网络能够更快、更准确地预测煤与瓦斯突出。

关键词:煤与瓦斯突出;突出预测;BP神经网络

中图分类号:TD712.5

文献标志码:A

网络出版时间:

网络出版地址:

System of coal and gas outburst prediction based on improved BP neural network

WANG Shenguo, TIAN Zhimin, ZHANG Feng, WU Shasha

(College of Information and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering,
Handan 056038, China)

Abstract: To overcome shortcomings of slow convergence speed and falling into local minimum easily, traditional BP neural network was improved by using VLBP algorithm based on adaptive learning rate and LMBP algorithm based on numerical optimization technique in Matlab neural network toolbox, and a system of coal and gas outburst prediction based on the improved BP neural network was designed. Both traditional BP neural network and the improved one were used to predict coal and gas outburst experimentally. The results show that the improved BP neural network can predict coal and gas outburst faster and more accurately.

Key words: coal and gas outburst; outburst prediction; BP neural network

0 引言

煤与瓦斯突出(简称突出)是煤矿开采中最为严重的自然灾害之一,不仅影响矿井安全生产,还对作业人员的人身安全构成威胁,严重制约矿山生产与经济效益的提高^[1]。近年来,随着煤矿采掘深度和强度的增加,矿井中瓦斯压力和地应力不断增大,突出事故呈现增多的态势^[2]。对突出预测进行研究显得尤为重要。

国内外有关学者对突出提出了很多预测方

法^[2-5],大致归结为3种:①基于经验知识的预测。该方法取决于专家的经验知识,有较大的主观性,准确度很低。②基于数学模型的预测。突出是个复杂的动力学过程,与其影响因素之间存在复杂的非线性关系。数学模型难以准确反映该非线性关系,导致预测结果不太理想。③基于黑箱理论的预测。该方法强调在一定的输入条件下获得正确的预测结果,不需要了解输入和输出之间的转换关系,人的主观性对预测结果的影响也较小,应用较广泛。

基于黑箱理论的BP(Back Propagation,反向传

收稿日期:2013-10-10;修回日期:2014-03-10;责任编辑:李明。

基金项目:河北省自然科学基金资助项目(E2011402046)。

作者简介:王社国(1967—),男,河北邯郸人,副教授,硕士,主要研究方向为矿山软件开发,E-mail:wang_xueshu@foxmail.com。

播)神经网络具有良好的非线性逼近能力,能真实反映输入变量和输出变量间的非线性关系。然而,传统的 BP 神经网络具有收敛速度慢、易陷入局部极小等缺陷,用于预测突出时耗时长且准确性较差。为解决该问题,笔者对传统 BP 神经网络进行了改进,并采用 Visual Studio 2008 和 Matlab 设计了一种基于改进 BP 神经网络模型的突出预测系统,实现了突出预测工作的可视化和操作简单化,并提高了突出预测的速度和准确性。

1 基于 Matlab 的改进 BP 神经网络模型

1.1 基本原理

传统的 BP 算法是一种简单的梯度最速下降法,即

$$W_{ij}(t) = W_{ij}(t-1) - \Delta W_{ij}(t) \quad (1)$$

$$\Delta W_{ij}(t) = \eta \partial E / \partial W_{ij}(t-1) - \alpha \Delta W_{ij}(t-1) \quad (2)$$

式中: W_{ij} 为神经元节点 i 与节点 j 之间的连接权重; t 为网络迭代步数; η 为学习步长, $0.01 \sim 0.1$; E 为权重空间 $\{W(t)\}$ 的误差超平面; α 为冲量系数,约为 0.9。

BP 神经网络的信号是前向传播的,误差是反向传播的。其学习过程也由前向传播和反向传播组成,误差函数的求取是一个由输出层经隐含层向输入层反向传播的递归过程。神经元权重值通过反复学习训练样本来修正,采用最速下降法使权重值沿着误差函数的负梯度方向变化,最终稳定于最小值。

本文采用 Matlab 神经网络工具箱中的 VLBP (Variable Learning Rate BP, 可变学习速率 BP) 算法和基于数值优化技术的 LMBP (Levenberg Marquardt BP) 算法对传统 BP 神经网络进行改进,加快了算法的收敛速度,有利于提高突出预测工作的速度和准确度。

VLBP 算法通过改变学习速率 μ 来提高收敛速度。速率改变规则:训练集中,当权重值更新,平方误差增加且超过一定值(本文取 3%)时,取消该权重值, μ 乘以一个因子 ρ ($0 < \rho < 1$);平方误差增加并小于 3% 时,接受该权重值, μ 不变;平方误差减小时,接受该权重值, μ 乘以一个因子 σ ($\sigma > 1$)。

LMBP 算法是牛顿法的变形,用以最小化作为其他非线性函数平方和的函数。突出的性能指数为均方误差,采用 LMBP 算法训练神经网络比较合适。

1.2 改进的 BP 神经网络模型

在 BP 神经网络模型中,一般解决问题的性质

决定了输入节点和输出节点的个数,主要是隐含层数和节点的选取。Hecht-Nielsen 证实只要选取足够的隐含层节点数,只含 1 个隐含层的 BP 神经网络模型就可以逼近任意闭区间的非线性函数^[6]。本文选用只有 1 个隐含层的 3 层 BP 神经网络。

影响突出的因素可归结为煤层瓦斯含量、瓦斯压力、瓦斯放散初速度、煤的普氏系数、软分层煤体厚度、煤体破坏类型、开采深度。将这 7 项指标作为输入层的 7 个神经元节点。将突出预测的结果分为严重突出、一般突出和无突出三类。输出层由 out_1 、 out_2 这 2 个神经元节点组成,设置的 3 类期望输出值为 $[0.9, 0.9]$ (严重突出)、 $[0.9, 0.1]$ 或 $[0.1, 0.9]$ (一般突出)、 $[0.1, 0.1]$ (无突出)。根据 Kolmogorov 定理,如果神经网络的输入层有 n 个神经元,则隐含层约有 $(2n+1)$ 个神经元^[7],由此选定隐含层神经元为 15 个。

改进的 BP 神经网络模型结构如图 1 所示。激励函数采用 Sigmoid 函数。 X_1 为煤层瓦斯含量, X_2 为瓦斯放散初速度, X_3 为瓦斯压力, X_4 为软分层煤体厚度, X_5 为煤的普氏系数, X_6 为开采深度, X_7 为煤体破坏类型。

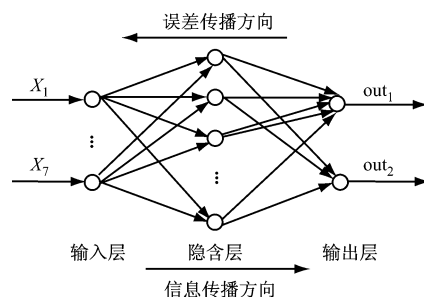


图1 改进的 BP 神经网络模型结构

2 系统开发平台及步骤

基于改进 BP 神经网络的突出预测系统的开发平台为 Visual Studio 2008, 数据库系统采用 SQL Server 2005, 开发语言为 C#。采用 ActiveX 技术和 M 文件实现 C# 与 Matlab 软件的无缝集成, 实现突出预测结果的可视化。

系统开发步骤:

(1) 系统需求分析和总体设计, 以此为基础完成系统的功能模块设计及数据库设计。

(2) 构建基于改进 BP 神经网络的突出预测模型。

(3) 收集用于突出预测的基本信息、各类属性信息、矿井采掘工作面信息等, 并对这些资料进行归类整理。

(4) 在 SQL Server 2005 数据库的支撑下,实现各类基础数据的导入,建立系统的数据库管理结构。

(5) 在 Visual Studio 2008 开发平台下,应用相关组件对象和标准控件,编写系统各功能模块的 C# 代码程序,并利用 Matlab 工具箱对突出预测模型进行编码实现。

3 系统功能模块设计

基于改进 BP 神经网络的突出预测系统包括用户管理、基础数据管理、预测服务、突出预测、突出管理、系统管理 6 个功能模块,如图 2 所示。

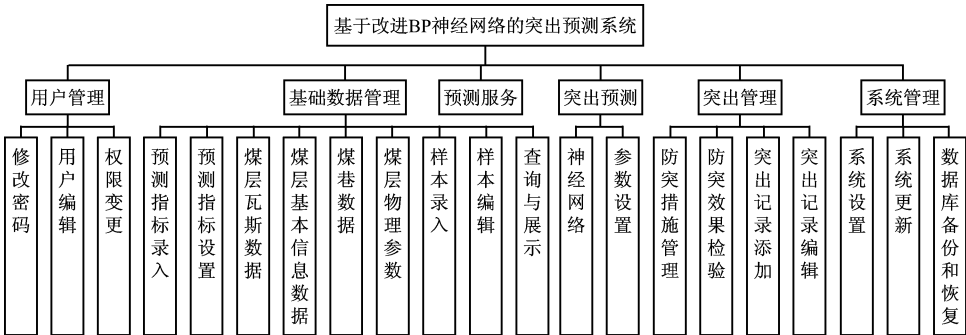


图 2 基于改进 BP 神经网络的突出预测系统功能模块

系统的核心部分是基于改进 BP 神经网络的突出预测模块,其界面如图 3 所示。用户选择预测指标、神经元个数以及网络训练函数,通过训练得到预测结果并与期望输出进行对比,同时得到网络训练过程曲线。

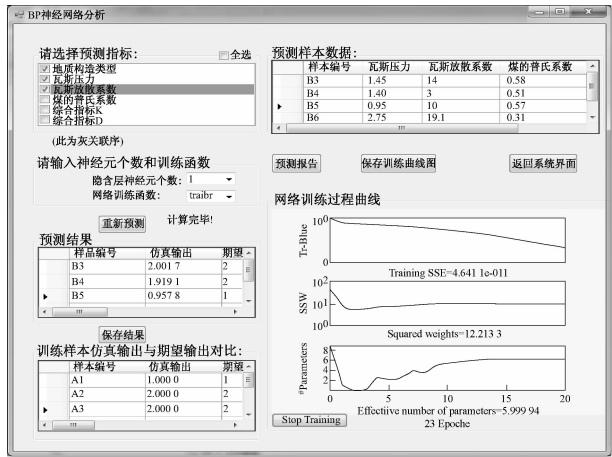


图 3 突出预测模块界面

4 仿真结果与分析

为验证系统性能,在 Matlab7.0 环境下,采用神经网络工具箱进行突出预测。选取 6 组样本数据,见表 1。

系统分别采用传统 BP 神经网络和改进的 BP 神经网络进行突出预测,结果见表 2,误差曲线如图 4 所示。可看出采用改进的 BP 神经网络后,突出预测的准确性更高。

分别记录不同精度下 2 种 BP 神经网络所需的迭代次数与耗时,结果见表 3。可看出改进的 BP 神

表 1 样本数据

样本 编号	$X_1 /$ ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	$X_2 /$ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	$X_3 /$ MPa	$X_4 /$ m	X_5	$X_6 /$ km	X_7
1	9.05	5	1.15	1.60	0.60	0.41	1
2	10.25	8	2.80	1.80	0.61	0.42	3
3	13.11	6	0.95	2.00	0.19	0.45	5
4	10.35	17	1.20	1.30	0.16	0.45	3
5	8.11	13	2.95	1.12	0.21	0.51	3
6	10.05	20	2.80	1.11	0.35	0.70	3

表 2 2 种 BP 神经网络的预测结果与实测结果

样本 编号	实测值/t	传统 BP 神经网络		改进 BP 神经网络	
		预测值/t	绝对误差/t	预测值/t	绝对误差/t
1	1.00	1.11	0.11	1.02	0.02
2	10.20	10.15	0.05	10.05	0.15
3	20.60	20.93	0.33	20.55	0.05
4	15.10	14.70	0.40	15.00	0.10
5	120.20	109.71	10.49	120.37	0.17
6	150.00	139.13	10.87	146.17	3.83

表 3 2 种 BP 神经网络迭代次数及耗时

精度	传统 BP 神经网络		改进 BP 神经网络	
	迭代次数	耗时/s	迭代次数	耗时/s
0.001	733	75	578	67
0.003	384	38	297	29
0.005	195	27	147	16

经网络比传统的 BP 神经网络更具优势,且精度越高,优势越明显。

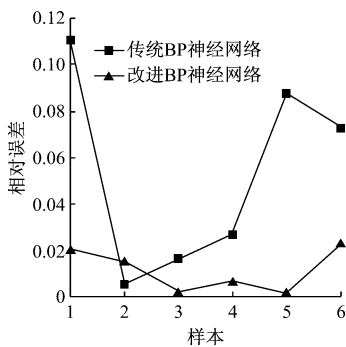


图 4 2 种 BP 神经网络预测误差对比

5 结语

采用 Matlab 神经网络工具箱对传统 BP 神经网络进行改进,并设计了基于改进 BP 神经网络的突出预测系统。实验结果表明,较基于传统 BP 神经网络的突出预测系统相比,该系统具有更高的预测准确性,同时使用更加方便、高效。

参考文献:

[1] 伍爱友,姚建,肖红飞. 基于灰色关联分析的煤与瓦斯

突出预测指标优选[J]. 煤炭科学技术,2005,33(4):55-58.

[2] 田云丽,周利华. 基于 BP 神经网络的煤与瓦斯突出预测方法的研究[J]. 系统工程理论与实践,2005(12):102-106.

[3] 戴宏亮. 基于改进的自适应支持向量机建模的煤与瓦斯突出预测[J]. 计算机应用研究,2009,26(5):1656-1658.

[4] 褚辉,赖惠成. 一种改进的 BP 神经网络算法及其应用[J]. 计算机仿真,2007,24(4):81-83,117.

[5] 孙云霄,方健,马小平. 基于半监督学习和支持向量机的煤与瓦斯突出预测研究[J]. 工矿自动化,2012,38(11):40-42.

[6] 楼顺天,施阳. 基于 Matlab 的系统分析与设计——神经网络[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,1999:9-143.

[7] CUNHA J,COGAN S,BERTHOD C. Application of genetic algorithms for the identification of elastic constant of composite materials from dynamic tests [J]. International Journal of Numerical Method in Engineering,1999,45(7):891-900.