

文章编号:1671-251X(2018)07-0088-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2018020046

液压支架顶梁可靠度近似计算方法

王雷¹, 陆金桂¹, 陈涌²

(1. 南京工业大学 机械与动力工程学院, 江苏 南京 211816;

2. 江苏德伟智能科技有限公司, 江苏 靖江 214500)

摘要:针对液压支架顶梁可靠度详细计算方法计算量大的问题,提出了基于神经网络模型的液压支架顶梁可靠度近似计算方法。采用误差反向传播算法作为权值学习算法,选用平方型函数作为误差函数建立了顶梁可靠度近似计算神经网络模型。以ZY18000/25/45D型液压支架的顶梁为例进行可靠度近似计算,结果表明,顶梁可靠度计算相对误差在6.3%以内。

关键词:液压支架;顶梁可靠度;结构优化设计;近似计算;神经网络模型

中图分类号:TD355 文献标志码:A

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20180622.1644.001.html>

Reliability approximation calculation method of roof beam of hydraulic support

WANG Lei¹, LU Jingui¹, CHEN Yong²

(1. School of Mechanical and Power Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 211816, China;

2. Dewei Intelligent Technology Company of Jiangsu, Jingjiang 214500, China)

Abstract: In view of problem that detailed reliability calculation method of roof beam of hydraulic support has large amount of calculation, a reliability approximation calculation method of roof beam of hydraulic support based on neural network model was proposed. Neural network model for reliability approximation calculation of roof beam was established. The back propagation algorithm is used as weight learning algorithm, and square type function is used as error function. Taking roof beam of ZY18000/25/45D hydraulic support as an example to calculate the reliability, the results show that relative error of roof beam reliability calculation is within 6.3%.

Key words: hydraulic support; reliability of roof beam; optimized design of structure; approximation calculation; neural network model

0 引言

液压支架是综合机械化采煤工作面的重要设备,可靠性是液压支架设计时需要特别考虑的性能之一^[1-3]。顶梁是液压支架关键部件,结构优化设计是进行顶梁等关键部件设计的重要方法。目前顶梁结构优化设计时一般采用有限元分析软件进行顶梁

可靠度详细计算^[4-6]。该方法通过液压支架顶梁受力分析确定顶梁载荷,在考虑顶梁载荷、材料性能、几何尺寸及强度等随机因素的基础上建立液压支架顶梁可靠度计算模型,利用有限元分析软件计算液压支架顶梁的可靠度^[7-8]。顶梁可靠度详细计算方法计算量大,仅适用于在顶梁结构参数确定后进行可靠性性能校核。

收稿日期:2018-02-27;修回日期:2018-05-25;责任编辑:胡娴。

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2013BAF02B11)。

作者简介:王雷(1983—),男,江苏南通人,高级工程师,硕士,主要研究方向为计算智能及其工程应用,E-mail:js_zzz_2@163.com。

引用格式:王雷,陆金桂,陈涌. 液压支架顶梁可靠度近似计算方法[J]. 工矿自动化,2018,44(7):88-91.

WANG Lei, LU Jingui, CHEN Yong. Reliability approximation calculation method of roof beam of hydraulic support[J]. Industry and Mine Automation, 2018, 44(7): 88-91.

结构性能近似分析方法是解决顶梁可靠度计算量大问题的有效手段^[9-10]。由于神经网络具有高度的非线性映射能力和很强的自适应性,所以被用来建立结构性能近似分析模型。本文提出了基于神经网络模型的液压支架顶梁可靠度近似计算方法,建立了顶梁可靠度近似计算神经网络模型,探讨了模型的具体算法和流程,并进行了实例计算分析。

1 顶梁可靠度近似计算神经网络模型的建立

1.1 模型结构

液压支架顶梁可靠度近似计算神经网络模型结构如图 1 所示^[11-12]。

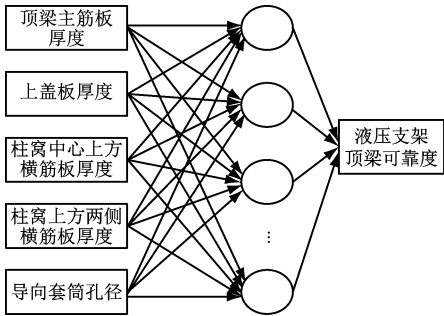


图 1 液压支架顶梁可靠度近似计算神经网络模型结构

Fig. 1 Structure of neural network model for reliability approximation calculation of roof beam of hydraulic support

将顶梁主筋板厚度、上盖板厚度、柱窝中心上方横筋板厚度、柱窝上方两侧横筋板厚度及导向套筒孔径 5 个对顶梁可靠度影响较大的设计参数作为神经网络的输入,与设计参数对应的可靠度作为神经网络的输出。输入层神经元个数为 5,输出层神经元个数为 1,隐含层数为 1,隐含层神经元个数为 11。

1.2 模型算法及流程

液压支架顶梁可靠度近似计算流程如图 2 所示。

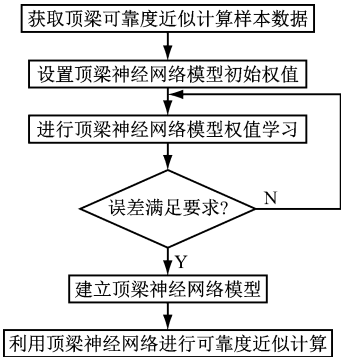


图 2 液压支架顶梁可靠度近似计算流程

Fig. 2 Approximation calculation flow of reliability of roof beam of hydraulic support

(1) 样本数据获取。以液压支架顶梁设计参数和相应的可靠度性能为基础构造样本。由于神经网络模型的作用函数值域为 $[0,1]$,所以,需要按一定的比例因子对顶梁可靠度性能样本的实际输出值进行归一化。首先设置神经网络模型的初始权值、允许误差范围,然后将样本数据输入到样本点集^[13-14]。

(2) 权值学习。采用误差反向传播算法作为液压支架顶梁可靠度近似计算神经网络模型的权值学习算法,误差函数 E 选用平方型函数:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N (Y_k - d_k)^2 \tag{1}$$

式中: Y_k 为第 k 个样本中可靠度准确值; d_k 为第 k 个样本中可靠度预测值; N 为样本数目。

按式(1)计算样本学习的误差,如样本学习误差在误差允许范围内则终止学习过程,否则用式(2)进行神经网络权值修正,继续进行样本学习过程。

$$\frac{\partial E_k}{\partial W_{ij}} = \frac{\partial E_k}{\partial t_{jk}} \frac{\partial t_{jk}}{\partial W_{ij}} = \frac{\partial E_k}{\partial t_{jk}} O_{ik} = \delta_{jk} O_{ik} \tag{2}$$

式中: E_k 为第 k 个样本中可靠度准确值和预测值的误差; W_{ij} 为神经网络中第 i 个和第 j 个神经元之间的权值; t_{jk} 为单个样本 k 的第 j 个加权累计输入; O_{ik} 为单个样本 k 的第 i 个输出; δ_{jk} 为单个样本 k 对第 j 个输出的导数。

将液压支架顶梁可靠度的新设计点作为神经网络模型的输入,计算该新设计点对应的神经网络模型的输出,按比例因子进行逆转换,即可得到该设计点相应的液压支架顶梁可靠度近似值。

2 液压支架顶梁可靠度近似计算实例

以 ZY18000/25/45D 型双柱掩护式液压支架的顶梁为例进行可靠度近似计算。获取 18 组样本数据(部分样本数据见表 1),其中 14 组样本数据用来建立神经网络模型,其余 4 组样本数据用来验证顶梁可靠度近似计算结果的准确性。

对液压支架顶梁学习样本数据进行归一化处理,利用误差反向传播算法进行样本学习,经过 12 000 次学习后可靠度准确值和预测值之间误差比较小,停止样本学习过程。利用建立的神经网络模型进行顶梁可靠度近似计算,结果见表 2。

从表 2 可以看出,4 组样本的相对误差都在 6.3%以内,绝对误差都在 0.048 以内;4 组样本的平均相对误差为 3.45%,平均绝对误差为 0.033 6,满足液压支架顶梁可靠度设计要求。

表 1 顶梁可靠度近似计算部分样本数据
Table 1 Partial sample data of reliability approximation calculation of roof beam

序号	顶梁主筋板 厚度/mm	上盖板厚度/mm	柱窝中心上方横 筋板厚度/mm	柱窝上方两侧横 筋板厚度/mm	导向套筒孔径/mm	可靠度
1	78	56	31	17	33	0.547 21
2	81	53	35	13	28	0.638 38
3	81	51	31	14	27	0.556 99
4	80	55	36	17	29	0.950 90
5	80	52	36	15	34	0.989 12

表 2 顶梁可靠度近似计算结果
Table 2 Results of reliability approximation calculation of roof beam

序号	顶梁主筋板 厚度/mm	上盖板 厚度/mm	柱窝中心上方横 筋板厚度/mm	柱窝上方两侧横 筋板厚度/mm	导向套筒 孔径/mm	可靠度 准确值	可靠度 近似计算值	误差 绝对值	误差 相对值/%
1	77	58	36	15	26	0.909 8	0.909 8	0.016 6	1.83
2	75	56	34	17	31	0.570 8	0.570 8	-0.036 3	-6.26
3	80	55	35	16	28	0.892 4	0.892 4	-0.047 7	-5.35
4	78	56	37	16	34	0.996 5	0.996 5	0.033 8	0.34

3 结语

将神经网络模型应用于液压支架顶梁可靠度性能优化设计。介绍了液压支架顶梁可靠度近似计算神经网络模型结构及其算法和流程,并进行了实例计算分析。今后可以在液压支架顶梁可靠度近似计算神经网络模型学习算法和神经网络模型隐含层单元数量等方面进行改进,如应用智能优化算法进行液压支架顶梁神经网络模型的学习,以进一步减小计算误差。

参考文献(References):

[1] 司炎飞. 基于有限元法的液压支架优化设计研究[D]. 太原:太原科技大学,2014.

[2] 苏林军,任中全. 液压支架可靠性分析[J]. 煤矿机械, 2004,25(9):48-50.

SU Linjun, REN Zhongquan. The analysis of hydraulic support in reliability [J]. Coal Mine Machinery,2004,25(9):48-50.

[3] 高有进. 6.2 米液压支架关键技术研究 with 优化设计[D]. 武汉:华中科技大学,2008.

[4] 王招,王锦. 提高液压支架可靠性的技术途径[J]. 山西煤炭管理干部学院学报,2000(3):59-60.

[5] 兰华,李秀轩. 提高液压支架立柱、千斤顶可靠性的几个措施[J]. 中国煤炭,2002,28(4):40-41.

[6] 武红霞,秦冬晨. 基于有限元的液压支架顶梁可靠性分析[J]. 煤矿机械,2010,31(10):98-99.

WU Hongxia, QIN Dongchen. Reliability analysis of hydraulic support beam based on finite element method[J]. Coal Mine Machinery, 2010, 31 (10): 98-99.

[7] 刘付营,范储旭,杨文明,等. 基于有限元的液压支架关键部件可靠度计算策略及应用[J]. 矿山机械, 2015,43(11):21-24.

LIU Fuying, FAN Chuxu, YANG Wenming, et al. Reliability calculation strategy for key parts of hydraulic support based on FEM and application[J]. Mining & Processing Equipment, 2015, 43 (11): 21-24.

[8] WANG Lei, HU Pin, LU Jingui, et al. Neural network and PSO-based structural approximation analysis for blade of wind turbine[J]. International Journal of Modeling Identification & Control, 2013, 18(1):16-20.

[9] 高鹏,谢里阳. 机械零件可靠度估算方法[J]. 机械设计,2011,28(2):90-93.

GAO Peng, XIE Liyang. Reliability estimation method for mechanical components [J]. Journal of Machine Design,2011,28(2):90-93.

[10] 冯添乐,江永丰. 基于支持向量回归机的可靠度预测模型[J]. 计算机与数字工程,2011,39(2):29-32.

FENG Tianle, JIANG Yongfeng. Prognostics model of machinery reliability based on SVR [J]. Computer & Digital Engineering, 2011, 39(2):29-32.

[11] 赵东波,陆金桂,姚灵灵. 液压支架顶梁疲劳寿命的改进神经网络预测[J]. 矿业研究与开发,2015,35(12): 106-109.
ZHAO Dongbo, LU Jingui, YAO Lingling, et al. Fatigue life prediction of the hydraulic support roof beam by improved BP neural network [J]. Mining Research and Development,2015,35(12):106-109.

[12] 王京涛,陆金桂,朱正权,等. 液压支架疲劳寿命近似估算[J]. 工矿自动化,2017,43(3):39-42.
WANG Jingtao, LU Jingui, ZHU Zhengquan, et al. Approximate estimation of fatigue life of hydraulic support[J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(3):39-42.

[13] 王京涛,陆金桂,赵东波. 液压支架掩护梁结构优化及疲劳寿命预测[J]. 矿业研究与开发,2016,36(9): 72-75.
WANG Jingtao, LU Jingui, ZHAO Dongbo. Structure optimization on shield beam of hydraulic support and prediction on its fatigue life[J]. Mining Research and Development,2016,36(9):72-75.

[14] 赵东波,陆金桂,姚灵灵,等. 在役液压支架部件剩余寿命估算[J]. 工矿自动化,2017,43(10):89-93.
ZHAO Dongbo, LU Jingui, YAO Lingling, et al. Residual life estimation of components of hydraulic support in service [J]. Industry and Mine Automation,2017,43(10):89-93.