

基于智能优化型径向基神经网络的板形模式识别研究

解相朋¹, 杨录山²

(1. 中冶南方工程技术有限公司 国家钢铁生产能效优化工程技术研究中心, 湖北 武汉 430223;
2. 解放军信息工程大学 理学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 针对传统基于神经网络的板形模式识别方法具有网络精度较低、在线识别速度慢和网络模型建模复杂等技术问题, 提出了一种基于智能优化型径向基神经网络的板形模式识别方法. 在基于训练数据进行神经网络建模过程中, 采用一种改进的粒子群优化控制算法进行网络架构节点数目和网络参数值的离线优化, 因而所得方法具有网络结构简单、泛化能力强等优点. 仿真实验结果表明, 该方法是一种有效板形模式识别方法, 有利于提高板形控制精度.

关键词: 板形控制; 智能优化算法; 模式识别; 径向基神经网络

中图分类号: TP183

文献标志码: A

Study on flatness pattern recognition based on intelligent optimal radial basis function neural network

XIE Xiang-peng¹, YANG Lu-shan²

(1. National Eng. Research Center of Optimal Energy Efficiency for the Iron and Steel Ind. WISDRI Eng. Tech. Co. Ltd. Wuhan 430223 China;
2. College of Sci. Infor. Eng. Univ. of PLA Zhengzhou 450002 China)

Abstract: In order to deal with the problem that the usual flatness pattern recognition methods based on neural network have some flaws which restrict their applications, i. e. lower precision for the obtained networks, lower velocity for both on-line recognition and complex network modeling, a kind of flatness pattern recognition based on intelligent optimal radial basis function (RBF) neural network was proposed. In the process of modeling the neural network based on some training data, an improved particle swarm optimization algorithm was proposed to optimize both the number of network nodes and the value of network parameters. Therefore, the approach has simpler structure and better generalization than before. The simulation experiment results showed that the approach was effective and could increase the precision of flatness control.

Key words: flatness control; intelligent optimal algorithm; pattern recognition; radial basis function neural network

收稿日期: 2012 - 03 - 12

基金项目: 国家自然科学基金项目(60904017, 61074073)

作者简介: 解相朋(1982—), 男, 山东省诸城市人, 中冶南方工程技术有限公司工程师, 博士, 主要研究方向为复杂工业过程的建模与智能控制.

0 引言

随着装备制造业的迅猛发展,下游制造企业对带钢板形质量的要求也越来越苛刻.近几年来,冷轧带钢的板形控制技术已经成为一个热门研究课题^[1-3].在冷轧带钢板形闭环控制过程中,板型模式识别的优劣直接决定了板形控制质量的高低.传统的板形识别方法如最小二乘法在理论上存在无法确定逼近阶大小和逼近精度有限的致命缺点^[3].最近,人们又提出了许多新的板形识别方法,其中刘建等^[4]将粒子群优化理论应用于板形模式识别,张秀玲等^[5]提出了基于径向基函数神经网络的板形模式识别方法.但是已有基于神经网络的板形模式识别方法具有网络精度较低、在线识别速度慢和网络模型建模复杂等缺点,严重限制了神经网络方法在该领域的应用.因此开发有效的冷轧板形模式识别方法具有较大的应用价值.

为了得到精确度高并且计算负担小的板形模式识别方法,本文拟提出一种基于粒子群优化算法的径向基神经网络板形模式识别方法.在神经网络建模过程中,利用粒子群优化算法的全局最优搜索能力得到优化的网络架构和最优参数值,以期改善板形模式识别的质量.

1 板形模式识别的基本模式

板形是带钢内部残余应力沿板宽方向的分布的直观反映,而板形模式识别的任务就是把在线检测到的一组张力分布离散值通过一定的数学方法

映射为较少的特征参数,以便用于接下来的板形闭环反馈控制.

根据实际生产经验,冷轧带钢生产中常见的板形缺陷的基本模式有左边浪、右边浪、中间浪、双边浪、四分浪以及边中浪,如图1所示.

板形控制领域的研究者们从数学角度去分析板形缺陷的基本模式,其中勒让德正交多项式是被广泛采用的一种方法^[3].采用这种数学方法,以上6种板形缺陷基本模式的归一化方程如下.

左边浪:

$$Y_1 = x$$

右边浪:

$$Y_2 = -x$$

中间浪:

$$Y_3 = \frac{3}{2}x^2 - \frac{1}{2}$$

双边浪:

$$Y_4 = -\left(\frac{3}{2}x^2 - \frac{1}{2}\right)$$

四分浪:

$$Y_5 = \frac{1}{8}(35x^4 - 30y^2 + 3)$$

边中浪:

$$Y_6 = -\frac{1}{8}(35x^4 - 30y^2 + 3)$$

可以看出,左边浪、中间浪和四分浪分别与右边浪、双边浪和边中浪成互反模式.这一特征在模式识别中将被充分利用.

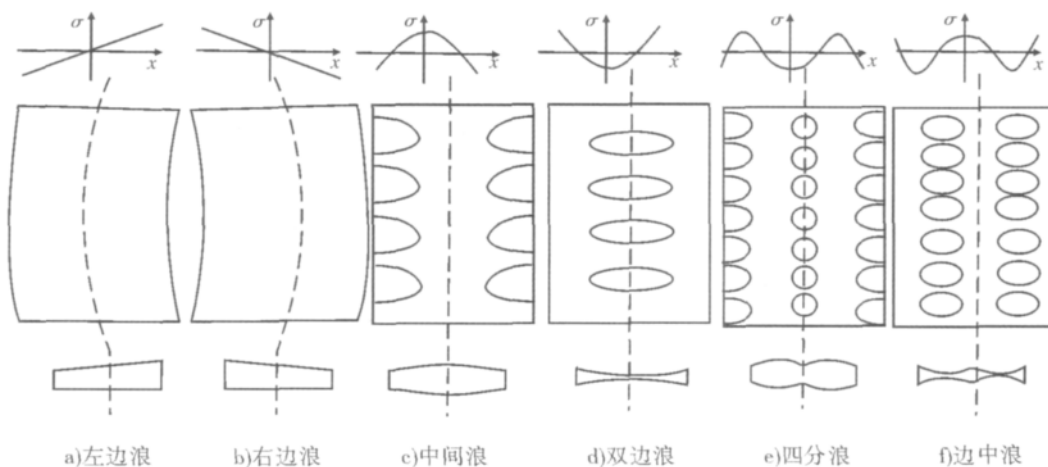


图1 板形缺陷的基本模式

2 基于智能优化型径向神经网络的板形模式识别方法

首先确定神经网络的输入层. 根据模糊距离差原理, 可以将网络的输入节点减半, 大大优化网络结构. 归一化处理后待识别样本为 $F_i = (\delta_1, \dots, \delta_n)$, 第 k 个板形缺陷基本模式为 $Y_k = (y_{1k}, \dots, y_{nk})$, 则待识别样本与第 k 个板形缺陷基本模式之间的欧氏距离为

$$D_{ik} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\delta_j - y_{jk})^2}$$

由于左边浪、中间浪和四分浪分别与右边浪、双边浪和边中浪成互反模式, 因此可以将待识别的样本与 2 个互反模式作差, 将距离大的基本模式系数设为 0, 在网络输出中保留距离小的基本模式系数, 由此得到了神经网络的 3 个输入层值.

然后确定神经网络的输出层. 径向基神经网络是一种典型的 3 层前向网络, 其利用径向基函数来进行非线性映射, 网络输出为

$$f(x) = \sum_{i=1}^n w_i \varphi_i(x) = \sum_{i=1}^n w_i \exp\left(-\frac{\|x - c_i\|^2}{2\sigma_i^2}\right)$$

其中 w_i , c_i 和 σ_i 表示待优化选定的网络参数.

如何确定网络参数 w_i , c_i 和 σ_i 对模型精度是至关重要的. 如果设定一个指标函数, 利用一定数量的训练样本来优化调节径向基神经网络, 则会进一步改善模式识别的精度. 然而优化参数 c_i 和 σ_i 是一个非线性优化问题, 利用传统的优化算法很难得到最优点. 本文采用一种有效的智能优化算法——粒子群优化算法来解决这个问题.

传统利用粒子群算法进行板形模式识别都是采用文献[6]中提出的基本算法, 这种算法对于现场受工业噪声污染数据的适应能力很弱, 因而其模式识别结果鲁棒性和准确性都不能满足实际需求. 为解决这个问题, 本文采用一种改进的粒子群优化算法来进行过程参数的寻优计算^[7].

应用粒子群优化算法进行径向基神经网络模型优化的方法如下:

1) 粒子群初始化与智能优化参数编码. 粒子群优化算法采用便于理解的实数编码技术, 其编码格式为 $x_1, x_2, \dots, x_{3n}, v_1, \dots, v_{3n}, f(x)$, 其中 x_1, x_2, \dots, x_{3n} 顺序表示所有待优化网络参数 w_i, c_i 和 σ_i , 且有 $i = 1, 2, \dots, n; v_1, \dots, v_{3n}$ 为 x_1, x_2, \dots, x_{3n} 在优化计算过

程中对应的速度因子; $f(x)$ 为优化算法的适应度函数. 初始种群规模设置为 30. 粒子群优化参数设置为 $c_1 = c_2 = 2$, $w_{\max} = 0.95$ 和 $w_{\min} = 0.45$. 最大迭代次数设置为 60 次, 适应度函数为

$$f(x) = \sqrt{\sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^n (u_k y_{ik} - \delta_i)^2}$$

其中 u_k 表示网络即时输出值. 粒子初始值采用随机方法产生, 尽量均匀地分布于可行区间内以增加解空间的大小.

2) 寻找局部最优点和全局最优点. 在最优算法中标记种群经历的全局最优点和每个粒子所经历的局部最优点. 这 2 类最优点包含了优化问题寻求最优的有用信息. 在每一步迭代过程中, 粒子都要通过比较适应度函数值大小来判别当前位置与全局最优点与局部最优点之间的差别, 形成一种位势差, 再利用这种位势差来改进每个粒子位置的变化趋势.

3) 粒子更新速度的变换. 粒子群优化算法的初期, 为了不失算法陷入局部最小解, 要尽可能地扩大粒子的搜索空间; 而在算法的中后期, 要针对已获得的最优范围进行进一步的开发式搜索. 通常需要通过调节更新速度的加权因子来满足以上需求.

4) 优化算法终止条件. 判断粒子群优化算法终止条件有 2 种: 第 1 种是判断适应度函数 $f(x)$ 是否满足收敛条件; 第 2 种是判断粒子群算法是否达到最大迭代次数. 如满足终止条件, 则退出优化算法, 得到优化后的参数 c_i 和 σ_i .

综上所述, 本文提出的基于智能优化型径向神经网络的板形模式识别方法步骤为: 1) 通过接触式板形仪实时检测板形数据, 结合目标板形曲线得到板形应力值 F_i 并进行归一化; 2) 根据 F_i 与板形缺陷基本模式之间的距离差得到神经网络的 3 个输入层值; 3) 通过径向基神经网络的输出层值得到板形模式识别的结果. 输出的权值即对应的板形缺陷基本模式的特征值.

3 板形模式识别仿真算例

在仿真实验中, 采用 Matlab 语言编写智能优化型径向神经网络的实现程序, 并采用不同的测试训练样本, 应用本文提出的粒子群优化算法进行径向基神经网络模型优化的方法得到板形模式识别的径向基神经网络模型, 识别结果见图 2.

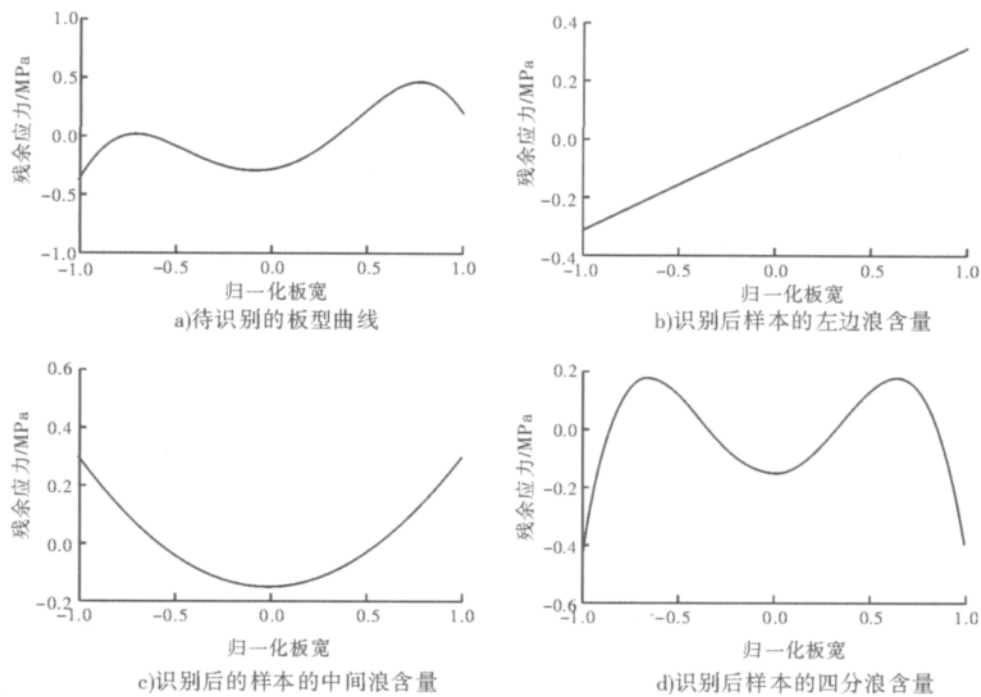


图2 板形模式识别结果

为了验证用于板形模式识别的径向基神经网络模型的有效性和精确度,采用未经训练的板形缺陷 $\sigma = 0.3Y_1 + 0.3Y_3 - 0.4Y_5$,将缺陷对应的板形数据作为模型输入可以得到板形模式识别结果为 $\sigma = 0.3001Y_1 + 0.2998Y_3 - 0.4002Y_5$,由此可以看出本文提出的板形模式识别方法具有较高的模型精度.在实际板形在线控制中,利用模式识别方法得到带钢板形缺陷的一次、二次和四次缺陷,然后可以应用相应的控制手段例如倾辊、工作辊弯辊、中间辊弯辊和窜辊等来进行调节,为板形闭环控制提高有用的参考信息.

4 结论

本文提出了一种基于智能优化型径向基神经网络的板形模式识别方法:运用欧氏距离择近原则来对板形模式进行分类;然后利用粒子群优化算法和分类样本来建立用于板形模式逼近的径向基函数型神经网络模型.粒子群优化算法的引入很大程度上优化了径向基神经网络的结构,增强了网络的泛化能力,对未训练的板形缺陷同样具有很好的逼近能力.仿真实验结果表明,该方法可以显著提高

冷轧板形模式识别的精度.

参考文献:

- [1] 单修迎,刘宏民,贾春玉.含有三次板形的新型板形模式识别方法[J].钢铁,2010,45(8):56.
- [2] 张雪伟,王焱.基于多类支持向量机的板形识别方法[J].重型机械,2009(3):7.
- [3] 邱洪双,刘光明,蒋光炜.冷带轧机板形模式识别方法概述[J].河南冶金,2009,17(4):1.
- [4] 刘建,王益群,孙福,等.基于粒子群理论的板形模糊识别方法[J].机械工程学报,2008,44(1):173.
- [5] 张秀玲,陈丽杰,季颖,等.基于径向基函数神经网络的板形模式识别研究[J].工业仪表与自动化装置,2009(3):7.
- [6] Kennedy J, Eberhart R C. Particle swarm optimization[C] // In Proc IEEE Int Conf on Neural Networks, Perth: IEEE, 1995: 1942 - 1948.
- [7] Yang Shengxiang, Li Changhe. A clustering particle swarm optimizer for locating and tracking multiple optima in dynamic environment [J]. IEEE Trans on Evolutionary Comp, 2010, 14(6): 959.