

实验研究

文章编号: 1671-251X(2010)02-0041-04

遗传神经网络在近红外光谱煤质分析中的应用研究

雷 萌¹, 李 明¹, 徐志彬²

(1. 中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221008;

2. 河北出入境检验检疫局京唐港办事处, 河北 唐山 063611)

摘要: 针对BP神经网络收敛速度慢及容易陷入局部最优解的缺点, 结合遗传算法全局搜索的特点, 提出了一种基于遗传算法和BP神经网络建立近红外光谱煤质分析模型的方法; 并利用主成分分析法提取煤炭样品的主成分值, 有效地压缩了数据。实验对比了BP模型与GA-BP模型, 结果表明, GA-BP模型能有效地减小测试集的预测值与真实值之间的误差平方和, 相关系数也得到了提高, 有效地提高了预测精度和分析速度。

关键词: 煤质分析; 近红外光谱; 主成分分析; BP神经网络; 遗传算法

中图分类号: TD672/948

文献标识码: A

Application of Genetic Neural Network in Coal Quality Analysis with Near-infrared Spectroscopy

LEI Meng¹, LI Ming¹, XU Zhibin²

(1. School of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221008, China.

2. Jingtanggang Office of Hebei Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Tangshan, 063611, China)

Abstract: In view of the shortcomings of BP neural network, such as slow convergence, easily falling into local optimums, the paper put forward a method of establishment of model of coal quality analysis with near infrared spectroscopy based on GA-BP neural network and characteristics of global searching method of neural network. The principal component analysis (PCA) was used to get principal component values and to compress data. The results of traditional BP neural network model and GA-BP model were compared, and the result showed that the GA-BP neural network model could not only reduce error sum squares between the predictive value and truth value, but also improve the correlation coefficient, which improves precision of prediction and speed of analysis effectively.

Key words: coal quality analysis, near-infrared spectroscopy, principal component analysis, BP neural network, genetic algorithm

0 引言

煤炭是国家的重要能源, 无论是煤炭的开发、利用或是精加工、深加工都离不开煤质分析^[1], 因此, 快速而又准确地测定出煤质中各物质的含量显得尤

为重要。传统的煤质测定方法主要有通氮干燥法、空气干燥法及微波干燥法, 但普遍存在分析时间长、测定精度低、破坏样品结构等缺陷^[2]。鉴于传统测定方法的缺陷, 利用近红外光谱分析技术快速、无损地检测煤炭各成份含量, 将成为煤质分析未来发展的主要趋势。

煤炭工业分析包括水份、灰份、挥发份和固定碳4项^[3]。本文以水份测量为例, 通过对煤炭样品的近红外光谱数据进行建模分析预测煤炭样品中水份

收稿日期: 2009-10-29

作者简介: 雷 萌(1987-), 女, 中国矿业大学信电学院在读硕士研究生, 研究方向为智能理论与系统。E-mail: leimengniee@163.com

的含量; 利用主成分分析法 (Principal Component Analysis, PCA) 建立分析校正模型并提取煤炭样品的主成分, 将提取的主成分作为 BP (Back Propagation, 反向传播) 神经网络模型的输入神经元, 水份含量为输出神经元, 对待测煤炭样品水份的含量进行预测; 在建立 BP 神经网络模型时, 利用遗传算法 (Genetic Algorithms, GA) 对网络的权值和阈值进行优化。

1 实验数据与方法

1.1 光谱采集

本文中的数据来自某市出入境检验检疫局从 2009 年 6 月至 2009 年 9 月的部分煤炭近红外光谱检测数据。光谱由 Nicolet 公司的 Antaris II 型傅里叶变换近红外光谱分析仪采集, 分析仪采样参数设置如表 1 所示, 煤炭光谱曲线如图 1 所示。

表 1 分析仪采样参数设置表

煤炭样品数量	波数范围/ cm^{-1}	波长点数	样品扫描次数	分辨率
70	3 799.079 3~ 10 001.028 3	1 609	64	8

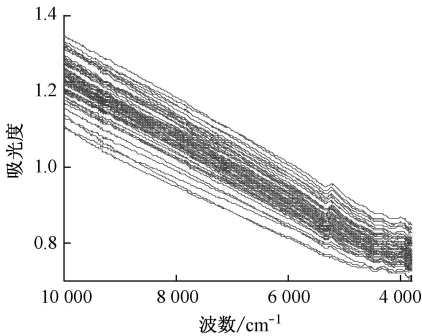


图 1 70 个煤炭样品光谱曲线

1.2 主成分分析法

主成分分析方法是利用数学上处理降维的思想, 将实际问题中的多个指标设法重新组合成一组新的少数几个综合指标来代替原来指标的一种多元统计方法。通常将转换生成的综合指标称为主成分, 其中每个主成分都是原始变量的线形组合, 且各个主成分之间互不相关, 还要尽可能多地反映原来指标的信息^[4]。每个指标都是原有指标的函数, 但新指标总数少于原有指标数, 这样新指标既保留了原有指标的主要信息, 又减少了指标个数, 通过对指标的选择, 在一定程度上还能滤除噪音。

1.3 BP 神经网络

BP 神经网络是应用最广泛的人工神经网络。BP 算法的核心是通过一边向后传播误差, 一边修正

误差的方法来不断调节网络参数 (权值、阈值), 以实现或逼近所希望的输出输入映射关系。BP 神经网络能够根据网络的实际输出与期望输出之间的最小均方差值, 通过误差的反向传播, 利用梯度下降法迭代调整神经元之间的权值与阈值, 直至收敛于较小的均方差。它的训练预测结果常依赖于权值和阈值的设置, 通过梯度下降法在权空间中寻找问题的最优解, 故收敛速度慢且易陷入局部极小值^[5]。图 2 为一个典型的 3 层 BP 神经网络结构图。

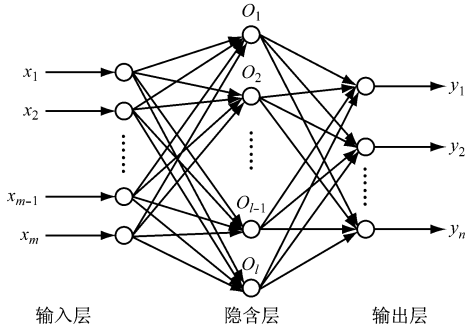


图 2 典型的 3 层 BP 神经网络结构图

1.4 遗传算法

遗传算法是模拟生物在自然环境中的遗传和进化过程而形成的一种自适应全局优化概率搜索算法。它是从代表问题可能潜在解集的一个种群开始的, 而一个种群则由经过基因编码的一定数目的个体组成。每个个体实际上是染色体带有特征的实体。初始代种群产生之后, 仿照生物学中适者生存和优胜劣汰的原理, 逐代演化产生出越来越好的近似解。在每一代, 根据问题域中个体的适应度大小挑选个体, 并借助于自然遗传学的遗传算子进行组合交叉和变异, 产生出代表新的解集的种群。这个过程将导致种群像自然进化一样的后代种群比前代更加适应环境, 末代种群中的最优个体经过解码, 可以作为问题最优解。遗传算法全局搜索能力较强, 可以有效地避免陷入局部最优解^[6]。

2 实验步骤与分析

2.1 主成分分析

由表 1 可知, 每个煤炭样品的波长点数为 1 609 个, 若不进行主成分提取, 参与建立煤质分析模型的输入端将有 1 609 个, 大大地增加了计算量, 而且有些区域样品的光谱信息区域有噪声, 造成某一成份浓度的预测值与其真实值之间的决定系数比较小, 影响了模型的准确性。将 1 609 个波长点作为主成分的输入变量, 经主成分分析后, 得到 5 个主成分的特征值及累计可信度, 如表 2 所示。

表 2 主成分的特征值及累计可信度表					
主成分	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
累计可信度/%	96.191 0	99.289 3	99.645 9	99.813 4	99.882 8

2.2 GA-BP 模型

为了取得较高的预测精度和较快的收敛速度,本文设计了一种基于遗传算法的优化 BP 神经网络。利用遗传算法在全局搜索 BP 神经网络的全局最优的初始权值和阈值,构建近红外光谱煤质分析模型,以实现预测功能。基于遗传算法的 BP 神经网络模型(GA-BP 模型)实现流程如图 3 所示。

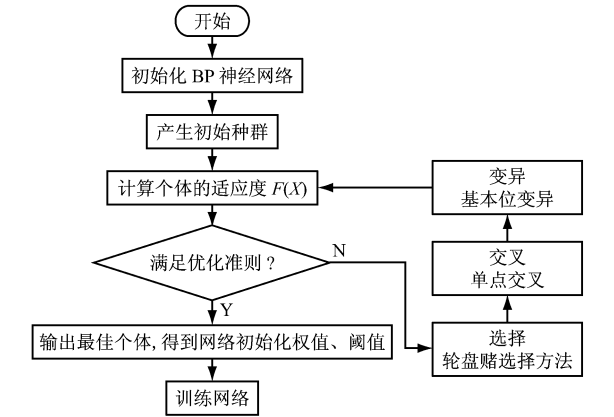


图 3 GA-BP 模型实现流程图

主要实现步骤如下:

(1) 编码:采用十进制。构建 3 层的 BP 网络,输入层节点数为 5(主成分的个数),隐含层节点数为 10,输出层节点数为 1,连接权值个数为 60,阈值个数为 11,共 71 个参数,每个参数用一位十进制表示,联起来形成一条染色体(个体),其中染色体长度为 71。

(2) 初始群体:随机产生 50 个个体,每个个体的染色体是由 71 个十进制字符串组成。

(3) 目标函数确定:选取训练集误差平方和的倒数作为目标函数 $f(x)$ 。

$$f(x) = 1 \bigg/ \sum_{i=1}^n (s_i - p_i)^2$$

式中: s_i 为煤炭样品训练集水份含量的真实值; p_i 为预测值。

(4) 适应度函数确定:本文中的最优化问题是求目标函数的最大值,且都为正值,所以适应度函数 $F(X) = f(x)$ 。

(5) 选择:选用“轮盘赌”法,即第 i 个个体被选择的概率为 p_i , $p_i = F_i \bigg/ \sum_{n=1}^N F_n$ 。

(6) 交叉:单点交叉操作破坏个体形状和价格

个体适应度的可能性最小,采用的交叉方式为普通单点交叉方式。

(7) 变异:本文选取基本变位算法,即以一定概率 p_m 随机制定的某一位基因座上的基因值作变异运算。如果所选的基因编码为 1,则变异为 0;反之编码为 0,则变异为 1。

(8) 重复步骤(5)~(7),直至得到适应度最大的个体,作为 BP 神经网络的初始权值和阈值训练网络。

2.3 实验结果与分析

本文建立了一个 3 层 BP 神经网络模型,利用主成分分析法选取贡献率较大的前 5 个主成分作为网络的输入神经元,有 1 个输出神经元(煤炭样品中水份含量的预测值)。共采集了 70 组煤炭样品,其中 50 组作为训练集,20 组作为测试集。使用遗传算法对 BP 神经网络的连接权值、阈值进行优化挑选。最佳个体适应度进化过程如图 4 所示,表示到当前进化代为止的最佳个体适应度的变化趋势。

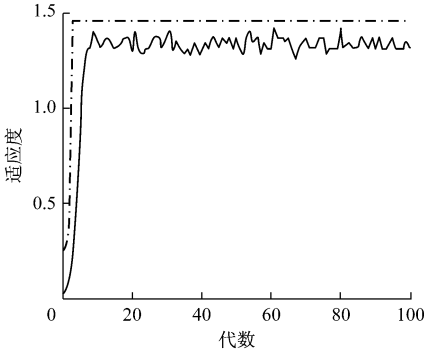


图 4 最佳个体适应度进化过程趋势图

实验分析对比了 BP 神经网络模型与 GA-BP 神经网络模型的预测能力,2 种模型预测煤炭样品水份含量及对比结果如表 3 所示。

表 3 BP 模型与 GA-BP 模型预测值表

真实值	BP 模型	GA-BP 模型	真实值	BP 模型	GA-BP 模型
0.151 0	0.157 9	0.159 3	0.213 0	0.175 68	0.181 5
0.106 0	0.126 0	0.120 4	0.167 0	0.107 0	0.162 0
0.077 0	0.063 8	0.081 5	0.206 0	0.175 7	0.177 7
0.080 0	0.064 0	0.060 4	0.190 0	0.180 1	0.185 7
0.154 0	0.165 1	0.172 4	0.191 0	0.174 0	0.175 9
0.174 0	0.162 3	0.163 6	0.185 0	0.162 0	0.152 6
0.169 0	0.169 1	0.181 3	0.187 0	0.167 8	0.155 6
0.161 0	0.136 6	0.139 3	0.160 0	0.112 4	0.133 1
0.255 0	0.204 8	0.206 5	0.217 0	0.240 2	0.224 1
0.193 0	0.174 1	0.165 6	0.192 0	0.169 0	0.171 2
误差平方和			相关系数	0.868 9	0.902 3

文章编号: 1671- 251X(2010) 02- 0044- 05

基于 LS- SVM 的电梯制动器故障诊断*

贺无名¹, 王培良¹, 沈万昌²

(1. 湖州师范学院信息与工程学院, 2. 湖州三荣电梯控制设备有限公司, 浙江 湖州 313009)

摘要: 根据电梯制动器故障的特点, 提出了一种基于最小二乘支持向量机(LS- SVM) 的电梯制动器故障诊断方法。该方法通过检测制动器制动过程中闸瓦间隙信号, 采用小波包分析提取的故障信号特征, 同时利用 LS- SVM 实现电梯制动器的故障诊断。实验结果表明, 该方法能准确地诊断制动系统的故障, 有效地避免了事故的发生。

关键词: 电梯; 制动器; 故障诊断; 小波包分析; LS- SVM

中图分类号: TP206. 3 **文献标识码:** A

Fault Diagnosis of Elevator Brake Based on LS-SVM

HE Wu ming¹, WANG Pei liang¹, SHEN Wan chang²

(1. School of Information and Engineering of Huzhou Teachers College, Huzhou 313000, China.

2. Huzhou Sanrong Elevator Control Equipment Co., Ltd., Huzhou 313009, China)

Abstract: According to fault features of elevator brake, the paper put forward a fault diagnosis method of elevator brake based on LS-SVM. The method can detect signal of brake clearance of elevator brake in brake process and extract feature vectors of fault signal by use of wavelet packet analysis, and then realize faults diagnosis of elevator brake with LS-SVM. The experiment results showed that the method can

收稿日期: 2009- 10- 29

* 基金项目: 浙江省科技计划资助项目(2008C31012), 浙江省教育厅科研项目(Y200702507)

作者简介: 贺无名(1975-), 男, 硕士, 讲师, 2000 年毕业于广西师范大学电路与系统专业, 主要研究方向为故障诊断和智能信息处理。E-mail: hwm75@ 163. com

从表 3 可看出, 预测值与真实值间的误差平方和减少了约 33%, 相关系数由 0. 868 9 增加到 0. 902 3。结果表明, GA- BP 神经网络模型的预测能力比较强。

3 结语

本文中提出了一种基于 GA- BP 神经网络的近红外光谱煤质分析模型, 该模型结合了遗传算法和 BP 神经网络的优点, 较好地解决了 BP 神经网络收敛速度缓慢、易陷入局部极小解的问题。实验结果表明, 基于 GA- BP 神经网络模型的煤质检测方法可以根据光谱数据有效地预测煤炭样品中水份的含量, 同时它也可以用来检测煤炭样品中的挥发份、灰份等物质的含量。

参考文献:

- [1] 王 刚. 浅谈煤质分析[J]. 本钢技术, 2008(5): 24- 26.
- [2] ANDRES J M, BONA M T. Analysis of Coal by Diffuse Reflectance Near infrared Spectroscopy [J]. Analytica Chimica Acta, 2005, 535(1- 2): 123- 132.
- [3] 顾志荣, 张德强. 红外快速煤质分析仪应用探讨[J]. 煤质技术, 2008(2): 24- 30.
- [4] 何晓群. 多元统计分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2004.
- [5] 段军彪, 景 旭, 上官周平. 基于遗传算法的 BP 网络在小流域侵蚀量预测中的应用[J]. 西北农业学报, 2008, 17(2): 317- 320.
- [6] 王小平, 曹立明. 遗传算法理论、应用与软件实现[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2002.