

文章编号: 0253-9993(2007)09-0964-03

基于灰色理论的小波神经网络对瓦斯涌出量的预测

谷 松, 崔洪庆, 冯文丽

(辽宁工程技术大学 资源与环境工程学院, 辽宁 阜新 123000)

摘 要: 将灰色理论引入到收敛速度快、预测精度高的小波神经网络, 使灰色理论和小波神经网络有机地结合起来, 建立了瓦斯涌出量的预测新模型, 经训练和实验结果表明, 该方法对所预测的结果比较理想, 能够达到准确指导实践的要求。

关键词: 灰色系统理论; 小波神经网络; 瓦斯涌出量; 预测

中图分类号: TD712.5 **文献标识码:** A

Mine gas gushing forecasting based on grey model and wavelet neural network

GU Song, CUI Hong-qing, FENG Wen-li

(School of Resource and Environment Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

Abstract: A novel predicting model with GM (Grey Model) and WNN (Wavelet Neural Network) was established by introducing grey theory into a wavelet neural network with high speed of convergence and high precision of forecast. Both of the subsequent training and the examination show that satisfactory forecasting results are obtained by using this method, which can meet with the requirement for an exact guidance to the practice.

Key words: grey model; wavelet neural network; mine gas gushing; forecasting

矿井瓦斯是煤矿生产过程中的主要不安全因素之一^[1], 它受众多因素的影响, 如: 地质结构、煤层厚度、煤体结构、埋藏深度等。所有这些因素之间的非线性关系错综复杂, 难以控制, 所以, 对矿井瓦斯涌出量预测存在着较大的困难。近年来, 许多学者利用人工神经网络对非线性的对象建模预测, 但是存在收敛速度慢、易陷入局部极小等缺点。

本文所探讨的是针对只有单一的瓦斯涌出量的原始监测数据情况下, 充分利用瓦斯涌出量的高度随机、无规则的这一特点, 并结合了学习精度高和较强的出数逼近能力和容错能力的小波神经网络, 提出预测瓦斯涌出量的新方法——基于灰色方法的小波神经网络, 建立预测的新模型。

1 小波神经网络及模型

小波神经网络^[2,3]根据离散小波变换原理: 若 $\psi(t) \in L^2(R)$, 满足容许性条件

$$C_\psi = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{|\hat{\psi}(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < +\infty, \quad (1)$$

其中, $\widehat{\psi}(\omega)$ 为 $\psi(t)$ Fourier 变换, 称 $\psi(t)$ 为基本小波, 对 $\psi(t)$ 作伸缩和平移变换, 由基本小波生成的离散小波函数为

$$\psi_{m,n}(t) = a^{-m\beta} \psi(a^{-m}t - nb) \quad ((m,n) \in Z^2). \tag{2}$$

由式 (2) 得到离散函数族, 其中 m 为伸缩因子, n 为平移因子.

由小波理论可知, 适当选择伸缩平移参数 $a > 0, b > 0$, 使离散小波函数族 $\{\psi_{m,n}(t)\}$, 在 $L^2(R)$ 中满足框架条件 (1), 则对于任意函数 $f(\cdot) \in L^2(R)$, 小波函数族 $\psi_{m,n}$ 存在小波展开系数 $C_{m,n}$, 可以任意逼近 $f(\cdot)$.

$$\widehat{f}_L(t) = \sum_{m,n} C_{m,n} \psi_{m,n}(t). \tag{3}$$

根据以上理论可以得到以小波基作为隐层的激励函数小波神经网络, 其信号是通过将所选取的小波基进行线性叠加实现的 (即式 (3)), 结构如图 1 所示.

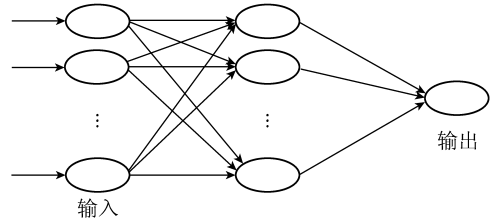


图1 小波神经网络结构

Fig. 1 The structure of wavelet neural network

2 灰色系统理论

灰色系统理论^[4]认为, 一切随机量都是在一定范围内, 一定时段上变化的灰色量和灰过程. 对于灰色量的处理不是寻求它的统计规律和概率分布, 而是将杂乱无章的原始数据列通过一定的方法处理, 变成比较有规律的时间序列数据, 从而建立抽象系统发展变化 GM 模型. GM(1, 1) 模型是单序列一阶段线性微分方程构成的模型, 一般用微分方程来描述. 对于原始瓦斯涌出量监测数据来说, 设有变量为 $x^{(0)}$ 的原始非负数据序列: $x^{(0)} = [x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)]$, 对它进行一次累加生成新序列: $x^{(1)} = [x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)]$, 其中 $x^{(1)}(i) = \sum_{k=1}^i x^{(0)}(k), i = 1, 2, \dots, n$. 灰色建模思想是直接将时间序列转化为微分方程, GM(1, 1) 模型的微分方程为: $dx + ax = udt$, 确定一阶线性微分方程式中的参数 a 和 u 之后, 通过求解微分方程就可求得 $x^{(1)}$ 随时间变化的规律.

对于非负无规则、零散数据列, 新生成的数据增加了原始数据列的规律性, 而弱化了波动性, 这样比较容易用某种函数去逼近拟合.

3 基于灰色理论的小波神经网络对瓦斯涌出量预测的实现

3.1 瓦斯涌出量预测的基本问题^[5]

(1) 采用小波神经网络的是一个多输入单输出的模型, 但由于缺少影响瓦斯涌出量因素的数据, 无法满足其多输入的要求, 故从时间序列方面考虑, 采取对历史监测数据进行重构, 使重构后的时间序列的前后之间具有一定相关性, 这样可以把前 n 个数据作为输入, $n + 1$ 个数据作为输出来建立网络.

(2) 由于所监测瓦斯涌出量的历史数据通常具有一定的零散性、随机性, 利用灰色理论, 通过先预测一遍, 再用所得的有规律性的序列和对应的原始序列进行重构, 使训练样本与预测样本具有一致的相识性, 通过训练样本的学习, 得到了一个比较满意的输出结果.

3.2 对瓦斯涌出量预测的实现

采取的输入层数为 5 个节点, 隐层数为 12 个节点, 输出层数为 1 个节点. 根据预测的基本问题, 得出基于灰色理论和小波神经网络的瓦斯涌出量预测过程, 其过程如图 2 所示.

4 实例应用

对某矿的历史数据进行实例分析, 并对 2005—2006 年的瓦斯数据进行预测, 计算了预测的误差. 表 1 列出本文方法与人工神经网络方法的比较, 结果表明, 该方法无论是训练次数还是预测精度明显优于人

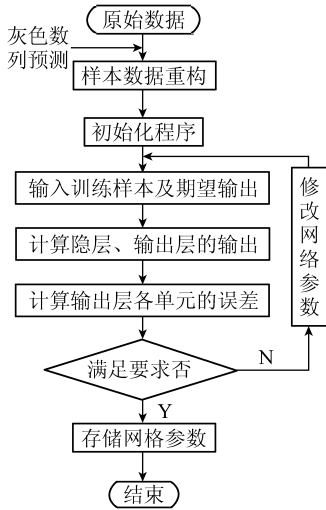


图2 基于灰色理论和小波神经网络的瓦斯涌出量预测过程
Fig.2 Mine gas gushing forecasting process based on grey model and wavelet neural network

工神经网络方法.

表1 瓦斯涌出量预测结果与实测值的比较

Table 1 Comparison of the forecasting results and measured values

序号	实测值 $/\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	WNN		ANN	
		预测值/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	误差%	预测值/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	误差%
1	5.07	5.04	0.59	5.01	1.18
2	4.95	4.97	0.40	4.80	3.03
3	4.08	4.07	0.25	3.89	4.66
4	6.84	6.85	0.15	6.99	2.19
5	5.10	5.12	0.39	5.22	2.35
6	3.98	3.11	0.75	3.87	3.02

5 结 论

(1) WNN 与 ANN 相比, WNN 的网络收敛迭代次数更少、训练速度更快, 预测结果准确度更高. 这是由于小波神经网络是以小波基函数作为神经元的激励函数前向小波神经网络, 它通过将小波基与信号向量的内积进行加权和来实现信号的特征提取和去噪.

(2) 灰色系统理论方法的引入, 弱化了原始数据的随机性, 找出数据之间的变化规律, 具有建模所需样本少的特点. 它与小波神经网络结合形成一种极佳的函数逼近能力的预测模型, 该预测模型能够达到最佳的逼近效果, 从而达到最优拟合, 有效提高预测精度, 克服了传统神经网络的缺陷.

(3) 该预测方法针对在缺乏瓦斯涌出量影响因素数据的情况下, 使得对瓦斯涌出量的预测效果有了一定的提高, 同时比单纯地使用神经网络模型对瓦斯涌出量预测的效果更好, 并在实际生产中取得了比较理想的效果.

参考文献:

- [1] 焦作矿院瓦斯研究室. 瓦斯地质概论 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1987.
- [2] 李银国, 张帮礼, 曹长修. 小波神经网络及其结构设计方法模式识别与人工智能 [J]. 模式识别与人工智能, 1997, 10 (3): 197~205.
- [3] Zhang Q, Benveniste A. Wavelet networks [J]. IEEE Trans. Neural Networks, 1992, 3 (6): 889~898.
- [4] 王学萌, 张继忠, 王 荣. 灰色系统分析及实用计算程序 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001.
- [5] 郁 云, 陆金桂. 基于灰色理论和人工神经网络的瓦斯涌出量预测 [J]. 微计算机信息, 2006 (8): 270~272.