

灰色 Elman 神经网络的矿井瓦斯涌出量预测

贾花萍

(渭南师范学院 数学与信息科学学院, 陕西 渭南 714000)

摘要:为了准确预测矿井瓦斯涌出量,将灰色理论与 Elman 神经网络模型结合,建立矿井瓦斯涌出量预测模型。灰色系统能较好地预测变化的趋势,而 Elman 神经网络具有动态特性好、逼近速度快、精度高等特点。对于煤矿生产中瓦斯涌出量的预测,两者结合能够发挥各自的优势,以某煤矿矿井为例,影响瓦斯涌出量的因素为预测因子建立灰色理论与 Elman 神经网络融合的预测模型。结果表明,灰色 Elman 神经网络模型优于传统灰色预测模型,提高了预测精度,达到了很好的预测效果。

关键词:灰色;Elman 神经网络;瓦斯涌出量;融合;预测

中图分类号:TP183

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)06-0236-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.06.059

Prediction of Mine Gas Emission of Gray Elman Neural Network

JIA Hua-ping

(College of Mathematics and Information Science, Weinan Normal University, Weinan 714000, China)

Abstract: In order to accurately predict the amount of mine gas emission, the gray theory and Elman neural network model are combined to establish prediction model of mine gas emission. The gray system can predict the trend better, and the Elman neural network has good dynamic performance, quick convergence, high accuracy. For the prediction of gas emission in coal production, combination of the two can play their respective advantages, take a coal mine as an example, influence factors of gas emission as prediction factor to establish forecasting model of gray theory and Elman neural network fusion. The results show that, the gray Elman neural network model is better than the conventional gray forecasting model, improving the prediction accuracy, the prediction effect is very good.

Key words: gray; Elman neural network; gas emission; fusion; prediction

0 引言

煤层瓦斯含量、煤层瓦斯涌出量变化规律,以及地质、开采等因素来选取合理的参数预测煤矿瓦斯涌出量。确定瓦斯涌出等级,进行矿井设计和选择瓦斯防治措施。

瓦斯涌出量预测涉及到煤层分布规律,煤层涌出量变化规律,瓦斯含量,开采,地质等因素。准确的预测瓦斯涌出量对预防矿井瓦斯突出,瓦斯积聚超限,发生瓦斯爆炸等煤矿恶性事故,具有重要意义。目前,矿井瓦斯涌出量预测方法可概括为两大类:一类是矿山统计预测法,另一类是根据煤层瓦斯含量进行预测的分源预测法。一些较先进的西方国家如英国、德国、法国等很早以前就开始了用煤层瓦斯含量预测矿井瓦斯

涌出量的研究^[1-3]。瓦斯地质数学模型法^[4-6]是近几年由焦作工学院袁崇孚教授、张子戌教授通过多年研究提出的矿井瓦斯涌出量预测方法。文中拟采取神经网络与灰色理论融合的方法对矿井瓦斯涌出量进行预测建模。

1 灰色预测模型

灰色预测模型是灰色理论的重要组成部分,而 GM(1,1)模型是灰色预测模型中最基本的预测模型^[7],已经在许多领域得到了广泛的应用^[8-10]。

灰色模型^[11-13]是用时间数据序列建立系统动态模型,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。设时间序列 $X^{(0)}$ 有 n 个值:

收稿日期:2013-07-05

修回日期:2013-10-19

网络出版时间:2014-02-11

基金项目:陕西省教育专项科研计划项目(11JK0480);陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2011JM1010);渭南师范学院院级项目(12YKS029)

作者简介:贾花萍(1979-),女,硕士,讲师,研究方向为神经网络。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140211.1450.011.html>

$X^{(0)} = [X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n)]$, 通过累加生成新序列 $X^{(1)} = [X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), \dots, X^{(1)}(n)]$, 则 GM(1,1)模型对应的微分方程为: $\frac{dX^{(1)}}{dt} + \alpha X^{(1)} = \mu$ 。其中: α 称为发展灰数; μ 称为内生控制灰数。设 $\hat{\alpha}$ 为待估参数向量, $\hat{\alpha} = (\frac{\alpha}{\mu})$, 可利用最小二乘法求解。解得: $\alpha = (B^T B)^{-1} B^T Y_n$, 求解微分方程, 即可得预测模型: $\hat{X}^{(1)}(k+1) = [\hat{X}^{(0)}(1) - \frac{\mu}{\alpha}]e^{-\alpha k} + \frac{\mu}{\alpha}, k=0, 1, 2, \dots, n$ 。

2 Elman 神经网络

Elman 网络是 J. L. Elman 于 1990 年首先针对语音处理问题而提出来的, 它是一种典型的局部回归网络(global feed forward local recurrent), Elman 网络可以看作是一个具有局部记忆单元和局部反馈连接的前向神经网络, Elman 神经网络具有与多层前向网络相似的多层结构。

Elman 型回归神经网络^[14]一般分为四层: 输入层、中间层(隐含层)、承接层和输出层。其输入层、隐含层和输出层的连接类似于前馈网络, 输入层的单元仅起到信号传输作用, 输出层单元起线性加权作用。隐含层单元的传递函数可采用线性或非线性函数, 承接层又称为上下文层或状态层, 它用来记忆隐含层单元前一时刻的输出值。Elman 型回归神经网络的特点是隐含层的输出通过承接层的延迟与存储, 自联到隐含层的输入, 该方式对历史数据具有敏感性, 加入内部反馈网络增加了网络处理信息的能力, 达到了建模的目的。

其结构如图 1 所示。

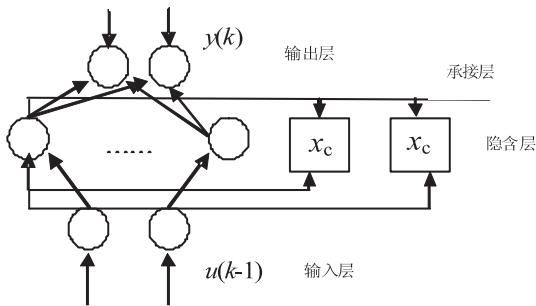


图 1 Elman 网络结构

Elman 神经网络表达式为:

$y(k) = g(w^3 x(k))$

$x(k) = f(w^1 x_c(k) + w^2(u(k-1)))$

$x_c(k) = x(k-1)$

式中, $g(\cdot)$ 为输出神经元的传递函数, 是中间层输出的线性组合。 $f(\cdot)$ 是中间层神经元传递函数, 一般采用 S 函数。 w^3 是中间层到输出层的连接权值, w^2

是输入层到中间层的连接权值, w^1 是承接层到中间层的连接权值。 y 是 m 维输出节点向量, x 是 n 维中间层节点单元向量, u 是 r 维输入向量, x_c 是 n 维反馈状态向量。

Elman 网络也采用 BP 算法进行权值修正, 学习指标函数采用误差平方和函数:

$E(w) = \sum_{k=1}^n [y_k(w) - \tilde{y}_k(w)]^2$

其中, $\tilde{y}_k(w)$ 为目标输出向量。

3 融合模型

灰色预测模型的优点就是建模时所需的样本数据较少, 也不需要考虑数据是否服从正态分布, 但是, 此模型只适合预测呈近似指数变化增长规律的数据序列, 并且在实际的随机预测过程中, 有许多数据可能并不适合, 如果使用全部的数据, 其结果并不一定是最优的。因此, 灰色预测模型具有许多的局限性。 Elman 神经网络具有动态特性好、逼近速度快、精度高等特点, 其强大的处理非线性关系的能力, 对于大量非结构性、非精确性规律具有自适应功能、自主学习和优化计算的特点。而灰色系统不适合逼近复杂的非线性函数, 但能较好地预测变化的趋势, 灰色 GM(1,1)模型有原理简单、运算方便、要求样本数据少、短期预测精度高、可检验等优点, 目前是最常用的一种灰色系统模型。

同其他预测方法相比, 由于 GM(1,1)模型的局限性, 在实际应用中受到一定的限制。因此, Elman 神经网络与灰色预测进行结合, 必将使预测结果更为精确。

融合预测^[15]一般有信息融合、过程融合、结果融合等形式, 灰色神经网络模型是灰色方法和神经网络的完全融合, 因此该模型同时具有灰色系统和神经网络的优点。

灰色理论与神经网络融合的算法是: 首先对原始预测数据建立灰色 GM(1,1)模型, 神经网络的输入样本为 GM(1,1)模型的预测值, 神经网络的输出样本为 GM(1,1)的实际值。

对 GM(1,1)模型预测值进行训练是通过 Elman 神经网络进行的, 对模型进行修正, 主要是利用 Elman 网络拟合函数的优势, 使预测精度得以提高。组合模型实现步骤为:

(1) 样本数据的选取及归一化, GM(1,1)模型的建立;

(2) 用 GM(1,1)预测模型的计算值, 得到数据 $p = [\hat{X}^{(0)}(2), \hat{X}^{(0)}(3), \dots, \hat{X}^{(0)}(n)]$, 取原始数列中第 2 到第 n 个数据, 得到 $T = [X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n)]$;

(3) 训练 Elman 神经网络的过程是:神经网络输入向量为 P , 输出向量为 T , 得到每一个网络对应于每个节点的权值和阈值;

(4) 用步骤(1)建立的 GM(1,1) 模型进行预测, 将预测结果作为网络输入进行仿真, 得到 Elman 神经网络输出结果, 即模型预测结果。

4 应 用

以铜川市某煤矿矿井为例, 根据该区地质特征得出影响瓦斯涌出量的因素有:煤层厚度、瓦斯含量、灰分含量等等, 以 Matlab 7 软件为平台建立灰色 Elman 预测模型, 前 8 组数据作为训练数据, 后 2 组作为预测数据。

表 1 为瓦斯涌出量样本集。
表 1 瓦斯涌出量样本集

| 煤厚 | 灰分 | 埋深 | 构造特征 | | 顶板沙 泥岩比 | 涌出量 实际值 |
|------|------|-----|------|----|------------|------------|
| | | | 断层 | 翼部 | | |
| 1.2 | 12 | 623 | 1 | 1 | 8.5 | 5.2 |
| 0.8 | 15.5 | 545 | 0 | 1 | 3.6 | 4.1 |
| 1.2 | 16.5 | 575 | 1 | 1 | 6.3 | 5.0 |
| 1.3 | 12.5 | 672 | 0 | 1 | 13.2 | 5.8 |
| 1.4 | 16.3 | 535 | 0 | 1 | 7.0 | 5.8 |
| 1.25 | 15.0 | 525 | 0 | 0 | 8.9 | 5.4 |
| 1.6 | 11.2 | 520 | 0 | 0 | 11 | 6.0 |
| 4.2 | 22.3 | 640 | 1 | 1 | 5 | 9.6 |
| 0.8 | 15.5 | 415 | 0 | 1 | 3.5 | 2.7 |
| 1.1 | 20.5 | 695 | 0 | 0 | 6.0 | 3.5 |

4.1 样本数据预处理

为了使收集到的样本数据处于同一个数量级, 可以利用归一化处理方法, 将样本数据映射到 [0,1] 之间。归一化方法有利于提高神经网络训练速度。采用最大最小值法, 归一化公式如下式:

$$\bar{x} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

其中, x_{\max} 为归一化之前数据的最大值; x_{\min} 是归一化之前数据的最小值; x 是归一化前的数据; \bar{x} 为归一化之后的数据, 将其处理为 [0,1] 之间的数据。

预测结束后, 对预测结果进行反归一化处理, 得到实际的预测值。

4.2 实验方法及结果

(1) 训练样本数据是由铜川某煤矿的实际生产记录, 根据要求从中选取了 10 组数据。

(2) 在灰色 Elman 神经网络学习之前, 已经将实际数据进行了归一化处理, 将样本数据映射到 [0,1] 之间。采用归一化的处理方法, 有利于提高神经网络的训练速度。

(3) 采用 Matlab7.0 进行仿真测试, 预测精度设为

0.01, 最大训练次数为 1 000 次, 学习率 $\eta = 0.7$ 。

用 GM(1,1) 模型预测的前八组数据作为输入数据 P , 原始数据作为输出数据 T , Elman 网络传递函数取 S 函数, traingdx 函数作为训练函数, 误差平方和函数 mse 作为性能函数, 把预测好的后两组数据输入到已经训练好的 Elman 神经网络, 其输出就是灰色 Elman 神经网络预测值。大概经过 60 次训练, 训练误差达到要求。

用验证样本的瓦斯涌出量实测值和预测值进行比较, 相对误差不到 0.01, 结果表明: 用灰色 Elman 神经网络建立的预测模型是合理的。

5 结束语

由于 BP 算法是一种局部搜索优化算法, 算法有可能陷入局部极小点问题, 使训练失败。而传统的以灰色理论建立的预测模型, 存在当系统出现特殊情况时误差大、稳定性差的缺陷。在瓦斯涌出量预测过程中, 采用灰色理论与 Elman 神经网络融合算法使其得到了较好的解决。

在提高煤矿安全生产过程中, 融合模型具有较高的命中率, 并且可为生产操作过程中进行成分调节提供及时的定量依据。经过预测效果的检验和分析, 有效地提高了预测精度, 证明了灰色 Elman 神经网络模型在矿井瓦斯涌出量预测中应用是有效的。因此灰色 Elman 神经网络这种信息处理和预测方式, 充分利用 Elman 神经网络的高度非线性, 以及灰色模型弱化数据的随机性、累加数据的规律性等特点, 是一种新型实用且预测精度比较高的时间序列预测方法, 值得推广和进一步研究。

参考文献:

[1] 张新民. 中国的煤层甲烷[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1991.

[2] 宁 超. 运用类比法预测新建矿井瓦斯涌出量[J]. 中州煤炭, 1992, 35(2): 35-38.

[3] 焦作矿业学院瓦斯地质研究室. 瓦斯地质概论[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1991.

[4] 张子戌, 袁崇孚. 瓦斯地质数学模型法预测矿井瓦斯涌出量研究[J]. 煤炭学报, 1999(4): 368-372.

[5] 吴财芳, 曾 勇, 张子戌. 瓦斯含量地质预测的自适应神经网络技术研究[J]. 矿业安全与环保, 2003, 30(3): 17-19.

[6] 袁崇孚. 我国瓦斯地质的发展与应用[J]. 煤炭学报, 1997, 22(6): 566-570.

[7] 邓聚龙. 灰色控制系统[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1993.

[8] 侯丽敏. 灰色模型及其在经济预测中的应用[J]. 郑州铁路

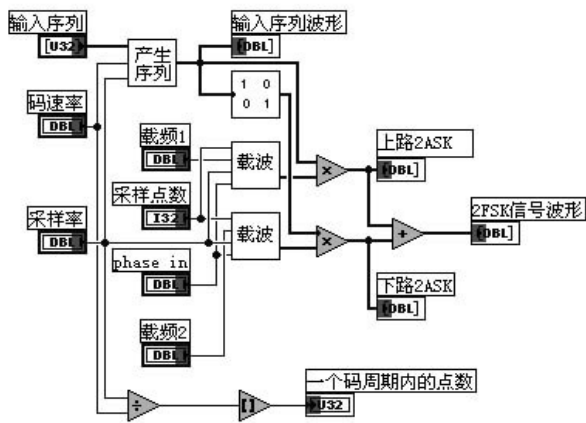


图 4 2FSK 调制. vi 后面板

3 系统测试

如图 2 所示,测试时选择手动输入信号序列:1010110010;采用率为 1 000/s;码速率为 10 bit/s;噪声幅值为 0.2,信道输出波形如图 5 所示。仿真结果表明改变图 2 中的噪声幅值至 1.2(此时有用信号的幅值为 1),可以看出文中系统在噪声干扰功率大大增强,信道传播环境变得更糟的情况下仍然能进行正确的判决和接收。其抗噪声能力与普通接收机^[11-12]相比,有了大幅度的提高。

输出波形图

曲线

图 5 信道输出波形图

4 结束语

文中以 2FSK 调制信号为例,在现有的 LabVIEW

仿真软件的虚拟实验平台基础上,对数字随相信号最佳接收机系统进行了仿真设计,实验结果充分证明了用 LabVIEW 实现随相信号最佳接收机系统虚拟仿真实验教学的可实现性,达到了提高虚拟仿真教学能力,拓展实践领域,丰富教学内容,降低成本和风险,开展绿色实验教学的目的。

参考文献:


- [1] 王家顺,邹红霞,高永明. 基于 LabVIEW 的空间机器人通信协议集成研究[J]. 计算机技术与发展,2012,22(3):157-160.
- [2] 张燕,周西峰,郭前岗. 基于 LabVIEW 的超声信号小波阈值去噪方法[J]. 计算机技术与发展,2012,22(3):125-128.
- [3] 许国威,马胜前,危淑平. 基于 LabVIEW 与 MATLAB 的自适应滤波器设计研究[J]. 计算机技术与发展,2011,21(1):226-229.
- [4] 张琪,侯加林,闫银发,等. 基于虚拟仪器的电路板故障检测与诊断系统的研究[J]. 电子测量与仪器学报,2011,25(2):135-140.
- [5] 田浩,段丽君. 基于 LabVIEW 的多功能数字滤波器设计[J]. 电子测量技术,2011,34(3):66-70.
- [6] 黄豪彩,杨灿军,陈道华,等. 基于 LabVIEW 的深海气密采水器测控系统[J]. 仪器仪表学报,2011,32(1):40-45.
- [7] 戴成梅,戴成建. 基于 LABVIEW 网络虚拟数字电路实验平台的研制[J]. 国外电子测量技术,2011,30(9):67-71.
- [8] 刘龙启,李银. 基于 LabVIEW 的以太网数据监听与通信[J]. 国外电子测量技术,2012,31(7):62-65.
- [9] 李环,任波. 虚拟仪器通信原理教学平台的设计与开发[J]. 现代教育技术,2009(6):107-110.
- [10] 刘君华. 虚拟仪器图形化编程语言 LabVIEW 教程[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.
- [11] 张国华,王如松. 虚拟仪器技术对改革实验教学的作用[J]. 四川职业技术学院学报,2006,16(2):104-105.
- [12] 朱勇,刘庆玲,陈叙超. 通信原理实验的虚拟网络教学研究[J]. 实验室研究与探索,2005,24(3):49-51.

(上接第 238 页)

- [9] 葛建华. 灰色模型在人口预测中的应用[J]. 西安文理学院学报(社会科学版),2008,11(3):42-44.
- [10] 张晓伦. 灰色理论在软土路基沉降分析中的应用[J]. 路基工程,2008(1):40-41.
- [11] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 第 3 版. 北京:科学出版社,2005.

- [12] 梁东英. 基于灰色模型的不同开采强度矿井瓦斯涌出量的预测[J]. 能源技术与管理,2005(3):8-9.
- [13] 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.
- [14] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 MATLAB 7 实现[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [15] 汪同三. 组合预测-理论、方法及应用[M]. 北京:北京科学文献出版社,2008.

灰色Elman神经网络的矿井瓦斯涌出量预测

作者: [贾花萍, JIA Hua-ping](#)
作者单位: [渭南师范学院 数学与信息科学学院, 陕西 渭南, 714000](#)
刊名: [计算机技术与发展](#) 
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2014(6)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201406059.aspx