

SW - GP 组合算法在煤矿监测数据预警预报中的应用

马如宏,董晓慧,王建林

(盐城工学院 机械工程学院,江苏 盐城 224051)

摘要:为了更有效地利用煤矿监测数据进行煤矿安全事故的预警预报,提出滑动窗口-遗传程序设计组合算法实现了监测数据的动态预测。在程序设计时,数据采样采用滑动窗口技术实现,通过遗传程序设计算法实现系统的自适应建模。通过对监测数据的测试,证明了组合算法建立模型的预测值和实际结果具有很好的一致性。

关键词:煤矿安全;滑动窗口;遗传程序设计;预警预报

中图分类号:TP183 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2012)02-0030-04

伴随着煤炭开采量的不断增加,安全问题变得越来越突出。据统计,我国的瓦斯事故已占到煤矿事故的80%以上,所造成的伤亡人数为煤矿事故伤亡人数的90%,并且我国46%的煤矿属于高瓦斯矿,采掘时极易发生瓦斯爆炸现象。因此,对瓦斯气体浓度进行准确、快速、实时监测和预警是治理瓦斯灾害的有效手段^[1]。但是目前大部分监测系统仅仅是对所采集的瓦斯、温度、风速等数据进行简单的处理,这种数据的被动采集无助于煤矿安全生产决策以及事故的预测^[2]。

本文提出滑动窗口(Sliding Windows, SW)与遗传程序设计(Genetic Programming, GP)组合算法对煤矿安全监测数据进行预测分析,该算法能够运用动态的安全监测数据建立动态预测模型,能够实时进行预测分析,尽量避免安全事故的发生。

1 算法设计

1.1 SW 预测实时实现

对监测数据随时间变化的序列 $\{y_t\}$,给定一定长度 k 的历史数据,找到一个方程 f ,使其对于任意的时间 $m, n-k+1 \leq m \leq n$ (n 为数据个数),计算 y_m 的预测值:

$$y_m^* = f(y_{m-k}, y_{m-k+1}, \dots, y_{m-2}, y_{m-1}) \quad (1)$$

使其与目标值 y_m 的误差尽可能小。

在煤矿安全监测数据预警预报过程中,为了实时地预测下一时刻的值,需要不断更新最新的 k 个数据,数据采样通过滑动窗口技术实现。采样器由滑动窗口和数据样本缓冲池组成^[3],设滑动窗口的更新周期为 T , T 值表征着窗口大小及窗口容纳数据的时间区间 $[t_s, t_e]$ (t_s 为窗口开始时间, t_e 为窗口终止时间)长度。如果样本容量为 n ,那么窗口时间区间包含的时间离散点数为 n ,每个时间点值 $t \in [t_s, t_e]$ 为样本点进入窗口的系统时间。另外,缓冲池保存着前 k 个滑动窗口中的样本数据。

SW算法最大的优点是无需大量成批的历史观测值,其模型参数可以根据新数据的陆续到来自行调整,这样即使是缓慢变化的非平稳过程(时变过程),也能做到随统计数据的变化而变化,预测动态过程,达到跟踪的目的^[4]。

1.2 GP 算法建模

1.2.1 编码设计

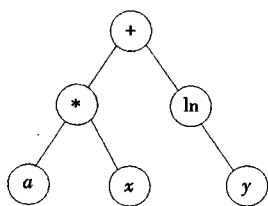
遗传程序设计是20世纪90年代初在遗传算法(Genetic Algorithm, GA)的基础上发展起来的演化计算的一个分支^[5],其设计需要预先确定5个问题^[6]:定义终点集、定义初始函数集、适应度值的评价方法、确定运行控制量和终止运行的标准。若记函数集合为 $F = \{+, -, \times, /, \sin, \cos,$

收稿日期:2011-02-27

基金项目:江苏省教育厅科研成果产业化推进项目(JHZD07-037);江苏省新型环保重点实验室开放课题(AE201031)

作者简介:马如宏(1965-),男,江苏建湖人,教授,硕士,主要研究方向为机电一体化、人机工程。

$\exp, \ln, \dots$, 数据集 $D = \{a, b, c, \dots\}$, 则所定义的函数结构空间 (Program Structure, PS) 是函数集 F 与数据集 D 的复合, 即 $PS = F \cdot D^{[7,8]}$ 。 F 和 D 共同决定了 GP 的搜索空间。由此, 预警预报模型 $y^*(t)$ 是函数空间 $PS = F \cdot D$ 中的一个元素。对于建模问题, 搜索优化模型是在函数空间 PS 上进行的, 组成函数空间 PS 的个体由树形分层结构来表示。例如: 对于函数 $f(x, y) = ax + \ln y$ 将被表示成如图 1 所示的树形分层结构。

图 1 $ax + \ln y$ 的树结构示意图Fig. 1 Encode of $ax + \ln y$

1.2.2 遗传算子设计

选择算子: 采用规模为 6 的锦标赛选择策略, 将最好的个体选做父个体。

交叉算子: 在两个父代个体中按一定的交叉概率随机设定各自的交叉点, 以交叉点为根节点进行子树的交叉互换, 以不超过最大树深为原则生成两个新个体。

变异算子: 在选定的个体树上按一定的变异概率随机选择一个变异点 (此点可以是树的结点, 也可以是终结点), 删除以变异点为根节点的子树, 并插入一棵随机产生的新子树, 以不超过最大树深为原则生成一个新个体。

1.2.3 适应度的评估函数与停机条件

适应度的评价驱动进化过程, 其值给出了问题环境下群体中每个个体的好坏程度, 本文以 2-范数作为各个体的适应值, 假设 $y(t)$ 表示某个个体, 则该个体的适应值为:

$$Fit[y(t)] = \|y^*(t) - y(t)\|_2 = \left\{ \sum_{i=0}^L [y^*(t_i) - y(t_i)]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

其中, $y^*(t)$ 为预测值向量, $y(t)$ 为实际值向量。显然, 如果适应值越小, 则表示个体越好。

终止条件有两个: 一是群体中的最佳个体达到我们预定的误差范围时, 进化过程停止。二是当最大容许遗传程序实际演化代数满足时, 则停机。停机时种群中的最佳个体即为所求问题的最

优解或最优近似解。

2 GP 演化算法流程

图 2 给出了 SW-GP 进化算法流程框图。首先初始化 GP 程序, 经适应度计算后, 选择父体, 然后经交叉、变异、选择后, 再次计算适应度值, 选择产生新一代种群, 如果群体中的最佳个体达到预定的误差范围时, 进化过程停止; 如果群体中的最佳个体未达到了预定的误差范围, 而达到了最大容许遗传程序实际演化代数, 也停机。否则, 继续进行遗传操作, 直到达到停机条件停止循环操作。停机时种群中的最佳个体即为所求问题的最优解或最优近似解。

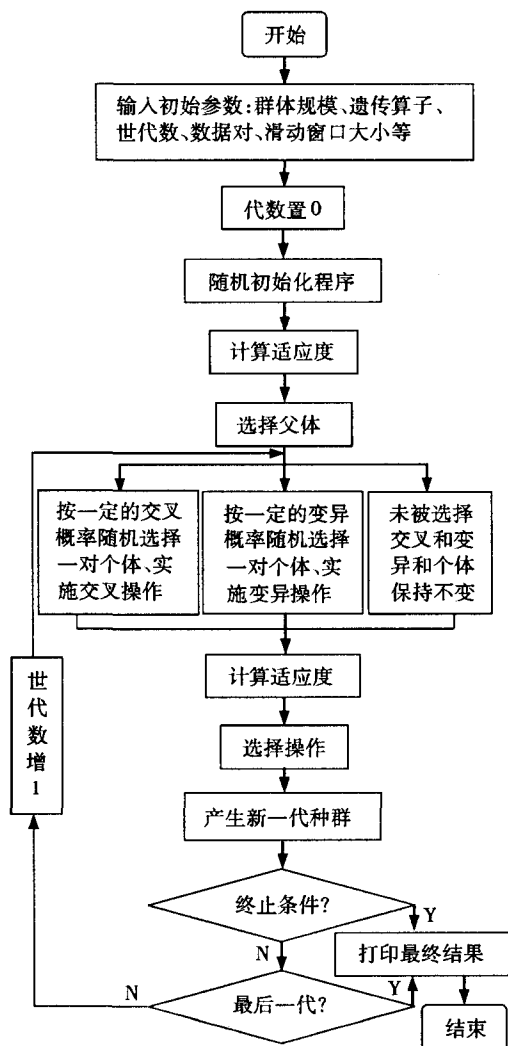


图 2 SW-GP 进化算法流程图

Fig. 2 SW-GP evolutionary algorithm flowchart

3 仿真实例

矿井安全预警预报是以监测的状态信息为依据来预测未来的安全状态。尽管反映矿井安全状况的因素很多,但时序性指标则是综合反映安全动态变化的预测指标,因此,时序性预测必不可少。由于瓦斯涌出量与矿井的地质因素、开采方法、管理因素、机械设备等许多因素有关,具有典型的非线性特征。因此,选择某矿井的监测数据作为研究的数据源,由于监测的数据内容非常多,在此只选择某时段的一个工作面瓦斯浓度作为研究参数进行预测(数据如表 1 所示)。

表 1 某时段的工作面瓦斯
浓度监测数据

Table 1 Working face gas concentration
monitoring data for a period

序号	含量
1	0.39
2	0.35
3	0.37
4	0.34
5	0.39
6	0.40
7	0.43
8	0.41
9	0.38
10	0.36
11	0.41
12	0.43
13	0.40
14	0.37
15	0.35
16	0.38
17	0.37
18	0.36
19	0.40
20	0.41

取样本容量为 10,即相邻 10 个数据为一组训练样本,第 11 个数据作为训练目标。在实际应用中以最近的数据作为训练样本,并随采样器而不断更新训练样本,以便用最接近的数据来得到更准确的预测结果。

SW - GP 建模主要参数设置如表 2 所示。

运用 C#语言编程进行仿真。用后 10 组数据作为预测数据,其预测结果如表 3 所示。

表 2 SW - GP 建模参数表

Table 2 SW - GP Modeling parameter

参数	取值
滑动窗口大小	10
终止符集	自变量 x , $[-5, 5]$ 间的实数
交叉概率	0.7
最大演化代数	150
最大树深	25
终止条件	GP 运行 150 代或误差小于 0.01
函数集	$+$, $-$, $*$, $/$, $\sin$, $\cos$, $\ln$, $\exp$, $\sqrt{\quad}$
种群规模	500
变异概率	0.01
初始种群产生方法	倾斜对半生成法
选择方法	锦标赛选择法,规模为 6

表 3 预测结果分析

Table 3 Analysis of predicted results

序号	预测含量	实测含量	绝对误差
1	0.40	0.41	0.01
2	0.41	0.43	0.02
3	0.42	0.40	0.02
4	0.40	0.37	0.03
5	0.36	0.35	0.01
6	0.35	0.38	0.03
7	0.37	0.37	0.00
8	0.38	0.36	0.02
9	0.37	0.40	0.03
10	0.39	0.41	0.02

从表 3 可以看出,预测结果与实际结果相比,其绝对误差最大值等于 0.03,结合现场传感器的测量误差,证明该算法得到的数据基本满足实际的安全预警预报要求。

4 结论

提出了一种基于 SW - GP 组合算法对煤矿安全监测数据进行动态预测,其算法主要体现了以下优点:

(1)该方法与传统预测方法相比,不需要建模者具有很强的专业背景,不需要编程人员事先规定好模型的结构,就能够较好的获得系统模型,而达到更为满意的预测结果。

(2)通过煤矿实际监测数据验证了 SW - GP 算法具有较好的实时性和可实现性。

(3)运用 SW - GP 算法对煤矿安全监测数据进行预测分析以实现煤矿安全问题的预警预报,有一定的实际应用价值。

参考文献:

- [1] 苏举端,高春艳,谢殿荣. 煤矿瓦斯监测系统的分析与研究[J]. 工业安全与环保,2009,35(10):30-32.
- [2] 史会余,孟凡荣. Bp神经网络在煤矿监测数据预测中的应用[J]. 微计算机信息,2008,24(19):278-279,294.
- [3] Babcock B, Datar M, Motwani R. Sample from a moving window over streaming data[C]. Proc of the 14# Annual ACM-SIAM Symp on Discrete Algorithms. San Francisco:ACM Press,2002:633-634.
- [4] 张尚剑,刘永智. 用滑动窗多项式拟合法实时预测运动目标轨迹[J]. 光电工程,2003,30(4):24-27.
- [5] Koza J R. Genetic Programming: on the Programming of Computers by Means of Natural Selection[M]. Cambridge, MA: MIT Press,1992.
- [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,2002:92-102.
- [7] Hinchliffe M P, Willis M J. Dynamic Systems Modeling Using Genetic Programming[J]. Computers Chemical Engineering, 2003(27):1 841-1 854.
- [8] Kang Lishan, Li Yan, Chen Yuping. A Tentative Research on Complexity of Automatic Programming[J]. Wuhan University Journal of Natural Science, 2001,6(1-2):59-62.

Alert and Forecast for Mine Safety Monitoring Data Based on Sliding Window - Genetic Programming Algorithm

MA Ru-hong, DONG Xiao-hui, WANG Jian-lin

(Mechanical Engineering School, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China)

Abstract: SW-GP (Sliding Window - Genetic Programming) algorithm is provided to implement dynamic forecast of monitoring data in order to more effectively utilize coal mine monitoring data to alert and forecast safety accident. In the program, sampling data is obtained by sliding window technology and model is founded automatically by GP algorithm. The result of instance shows that forecasting values from the model well agree with the real values, which explains that employing SW-GP modeling can settle problem for alert and forecast for mine safety monitoring data satisfactorily.

Keywords: Coal Mine Safe; Sliding window; Genetic programming; Alert and forecast

(责任编辑:张英健)

(上接第29页)

Reliable Analysis and Optimum Design for Opening Reinforcement Structure of Pressure Vessel Based on ANSYS

LV Ming

(Bengbu College Department of Mechanical and Electronic Engineering, Bengbu Anhui 233030, China)

Abstract: If the pressure vessel was holed, it not only weakened the material strength of container, but also led to local stress concentration in the hole site, so that the pressure vessel carrying capacity was reduced, which seriously affected the safety of the pressure vessel. Although there were a series of regulations on opening reinforcement structure design for pressure vessel in GB, but the influence of the safety factors' randomness was considered less. It analyzed and designed for pressure vessel with a method of combining reliable analysis and optimum design function of ANSYS, the reliability of opening reinforcement structure was analyzed, and stress sensitive factors was obtained, then the corresponding optimization was designed on stress sensitive factors. The result showed that this method was practical and feasible.

Keywords: ANSYS; opening reinforcement; reliable analysis; optimum design

(责任编辑:张振华)