

串联式集装箱重心偏移自适应修正算法研究

何 锋¹, 宋小波^{1,2}, 刘忠杰¹, 周培莹¹, 蒋欣晟¹

(1. 常州先进制造技术研究所 机器人系统实验室, 江苏 常州 213164;

2. 中国科学院合肥物质科学研究院先进制造技术研究所 机器人系统实验室,
江苏 常州 213164)

摘 要:针对串联式集装箱分箱计重中因货物配置不匀导致的重心随机偏移问题,提出了一种基于径向基函数神经网络的自适应修正算法。该算法利用 K-Mean 聚类算法来确定 RBF 神经网络隐含层的中心向量;并采用 RLS 算法来调整隐含层与输出层之间的连接权值。该算法模型能针对各种车型并在各种车速下实现串联式集装箱的重心动态计算,从而获得准确的分箱重量。通过 RBF 及 BP 算法的仿真对比实验表明:基于 RBF 的修正算法具有更高的环境适应性和更低的计重误差率,能真正达到串联式集装箱重心自适应偏移纠正的目的。

关键词:串联式集装箱;动态计重;神经网络;径向基函数;K-Mean 聚类算法;递推最小二乘法

中图分类号:TP183

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)03-0096-03

Research on Self-Adjusting Algorithm of Tandem Container Gravity Migration

HE Feng¹, SONG Xiao-bo^{1,2}, LIU Zhong-jie¹, ZHOU Pei-ying¹, JIANG Xin-sheng¹

(1. Robot System Lab, Institute of Advanced Manufacturing Technology, Changzhou 213164, China;

2. Robot System Lab, Institute of Advanced Manufacturing Technology, Hefei Institutes of Physical Science,
Chinese Academy of Sciences, Changzhou 213164, China)

Abstract: For the random gravity migration of the tandem container caused by the goods placed unevenly in sub-box weight, a self-adjusting algorithm is proposed based on radio basis function neural network. K-Mean clustering algorithm is used for determining the parameters of RBF in hidden layer, and RLS algorithm is adopted to update weights of connections between hidden layer and output layer. The center of gravity of tandem container can be calculated dynamically according to the algorithm model to various models an multiple speed, so that get the accurate weight of each container. By simulating and comparing with RBF and BP algorithms, the experiments present the best of environmental adaptation and the least of weight error of the self-adjusting algorithm based on RBF, achieve the purpose of self-adjusting correction for the tandem container's gravity migration.

Key words: tandem container; weight in motion; neural network; RBF; K-Mean clustering algorithm; RLS algorithm

0 引 言

目前,各港口一直采用传统方法对串联式集装箱车辆进行计重,一是采用专用吊秤^[1]分次对其称重,成本高且效率很低;二是采用自动称出总重后平均分配重量的静态计重方法,由于集装箱装载时货物不均导致动态计重时箱体重心发生偏移,影响了单箱重量的准确性。所以针对港口串联式集装箱车辆的分箱计重问题,采用一种自适应重心偏移串联式集装箱车辆的动态分箱计重^[2-4]方法,对港口装船的合理配载,装卸设备、吊具的安全保护,港口物流的效率提高,都具

有极其重要的意义。

RBF 神经网络^[5-7]相对于 BP (Back Propagation) 神经网络^[8]的优点是计算量小、收敛速度快、任意精度逼近任意连续函数以及惟一最佳逼近的特性,具有良好的非线性映射效果。因此,RBF 神经网络在公路等很多领域都得到了广泛的应用。

文中提出了一种集装箱重心偏移的自适应修正算法的设计方法,使其自适应修正因货物配置不均导致重心随机偏移带来的影响,保证计量精度达到 OIML III 级。

1 问题描述

RBF 神经网络^[8,9]相对于 BP (Back Propagation)

收稿日期:2011-08-08;修回日期:2011-11-15

作者简介:何 锋(1977-),男,安徽蚌埠人,助理工程师,研究方向为控制算法和机器人技术。

神经网络而言,具有训练时间短及隐性层节点个数明确的优势。

模型描述如下:

$$\{x \in R_p\} \xrightarrow{\varphi_i(x)} \{h \in R_m\} \xrightarrow{w_j} \{y \in R_n\} \quad (1)$$

$$y_j = f_j(x) = w_o + \sum_{i=1}^m w_j \varphi(\|x - c_i\|), i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

在式(1)、(2)中, x 表示输入向量(动态称重汽车衡测得的各轴重 F_i 、货车的行驶速度 V 、集装箱长度 L 等), h 表示隐层神经元节点(Gauss 径向基函数), y 表示输出向量(前后集装箱重心与车尾距离 $Y1$ 和 $Y2$),输入层和隐性层构成非线性映射,隐性层和输出层构成线性映射,输出层权值系数的更新采用递推误差最小二乘法(RLS), $\|\cdot\|$ 为欧氏范数, $\varphi(\cdot)$ 取高斯函数。

$$\varphi(\|x - c_i\|) = \begin{cases} \exp \frac{\|x - c_i\|^2}{\sigma_i^2}, & i = 1, 2, \dots, m \\ 1, & i = 0 \end{cases} \quad (3)$$

在式(3)中, c_i 为第 i 个隐性层神经元的中心, σ_i 是控制高斯函数衰减系数, m 为中间层节点数,其个数 m 可由经验公式推导得出,见下式所述:

$$m = \sqrt{p + n} + a \quad (4)$$

在式(4)中, p 为输入节点个数, n 为输出节点个数, a 是常量,取值为0~10之间。

神经元宽度参数的推导公式如下式所述:

$$\sigma_i = \frac{d_{\max}}{\sqrt{2m}} \quad (5)$$

在式(5)中, d_{\max} 为由K-Mean聚类算法得到的各个Gauss 径向基函数中心之间的最大距离, m 为隐层节点个数。

2 神经网络设计

根据问题描述,得到相应的算法模型^[10~12]如图1所示。

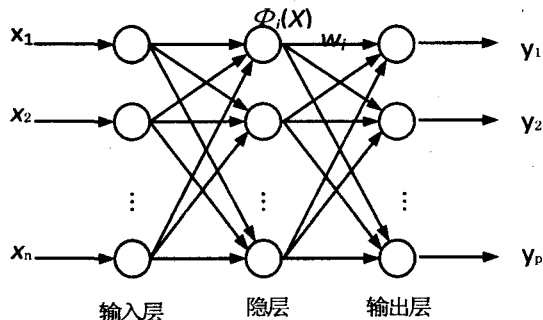


图1 基于RBF神经网络的随机重心偏移自适应修正算法模型图

网络结构如图所示:它由输入层、隐含层和输出

层组成,其中各层节点数分别为 p, m 和 l ,输入层与隐层连接权值为1,输入向量无改变地送到每一个隐节点,每个隐节点的激励函数均为径向基函数,每个隐节点输出值为: $u_i = \varphi(\|X_k - C_i\|/\sigma_i)$, $i = 1, \dots, n$,其中: X_k 为第 k 个输入节点, C_i 为该节点的“中心向量”, σ_i 为“规划因子”,输出层为线性函数。根据影响测量结果分析其影响测量精度因素,根据最小隔集法原理分析相互独立的因素;其主导影响因子是:运动速度 $V(\nu_1, \nu_2, \nu_3)$,即时重量 $W(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$,车轴参数 $N(n_1, n_2, n_3)$,输出层静态箱重 $G(G_1, G_2, G_3)$ 。

(1) 运动速度 v 。

运动速度是指汽车在匀速行驶的条件下,经过埋合式秤台时的平均速度,汽车行驶的速度与车身的振动存在非线性关系,因此列为输入参数。

(2) 即时重量 $W(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$ 。

汽车的前后轮胎在经过称台时,产生即时重量,该重量可以用梯形图表述出来,根据图形可以推算出各个轮胎的单胎荷重,因此将即时重量列为输入参数。

(3) 车轴参数 $N(n_1, n_2, n_3)$ 。

汽车的车轴分很多种组合方式,每种组合方式对模型的计算都产生一定的影响,因此将车轴参数列为输入参数。

函数选择: $Y = f(V, W, N, G)$

由算法流程图可知,算法模型首先进行初始化,对输入层的数据进行录入,启动算法迭代,使用K-Mean在线自适应学习算法来不断更新聚类中心,直至聚类中心稳定后,使用RLS递推最小二乘法进行权值迭代,最后得到训练好的RBF神经网络模型,此时神经网络结构训练完毕。将实时采集的各种样本进行标准化处理后,自动代入神经网络模型,模型自动输出两只集装箱的单箱重量,进行单箱限重判定,如果超重,则即时报警,未超重,则进行下一次判定过程。系统的模型流程图如图2所示。

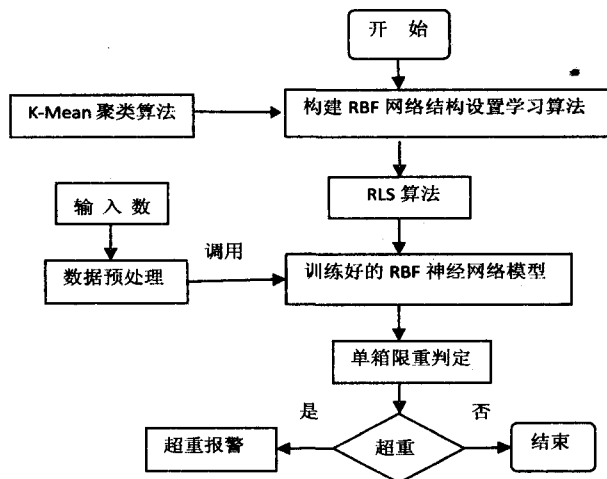


图2 模型算法流程图

3 RBF 神经网络的学习过程

3.1 基于 K-Mean 改进型动态聚类学习算法

文中在传统 RBF 聚类算法的基础上,设计了一种隐性层节点已知的改进型动态聚类算法。

算法步骤如下:

(1) 聚类重心初始化,各输入参量矩阵和输出权值矩阵初始化。

(2) 将所有样本根据聚类重心的位置和半径进行范围划分。

(3) 计算各划分聚类的样本均值。

(4) 重复(2),(3)步直到所有聚类中心的变化小于指定的阈值。

(5) 计算各样本集中样本点的最远距离。若最远距离大于神经元宽度阈值,增加中心个数,并初始化这个新增加的中心,然后转到第(2)步,否则进入第(6)步。

(6) 将各个优化后的聚类中心列入 RBF 神经网络的隐性层和输出层权值迭代。

3.2 递推最小二乘(RLS)算法

求取输出层的权值矩阵是一个线性优化的问题,设在第 k 步时,权值更新公式为:

$$w_j(k+1) = w_j(k) + \mu(k) \varphi(k) \varepsilon_j(k) \frac{1}{\lambda(k)} \cdot [\mu(k) \frac{\mu(k-1) \varphi(k) \varphi^T(k) \mu(k-1)}{\lambda(k) + \varphi^T(k) \mu(k-1) \varphi(k)}]$$

$\mu(k)$ 是误差方差阵, $\lambda(k)$ ($0 < \lambda(k) < 1$) 为衰减参数,它是加在当前计算值上的历史样本影响值, $\lambda(k) = 1 - \exp(-\frac{k}{\tau_0})$, τ_0 是根据经验进行设定的初始平滑因子。

4 实验样本设计及算法仿真性能分析

4.1 实验样本设计

在实验场地搭建如图 3 所示的称重平台。采用解放 CA4182P21K2E 型柴油半挂牵引车和东风 DFL4251A10 型柴油半挂牵引车进行了分组实验,在 5km/h、10km/h、15km/h 的三种不同速度下对各级砝码加载后静态轴载(11909、21909、26909、31909、36909、38909)进行测量。实验分别测量 5 次,共测量 180 次。测得的车辆在每轴接触和每轴离开时刻的即时重量,对即时重量采取去除最大点和最小点进行平

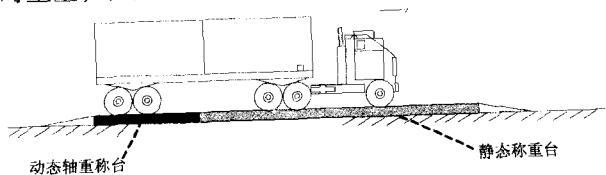


图 3 动态称重检测平台示意图

均的方法进行处理。

4.2 算法收敛性能

从原始数据记录集中选取样本数据来进行训练。通过随机调整网络参数,代入各种混合异常点的输入参数,以获得整体健壮算法模型。当训练误差小于训练目标值时,训练结束,图 4 为训练误差迭代次数与误差分析图。

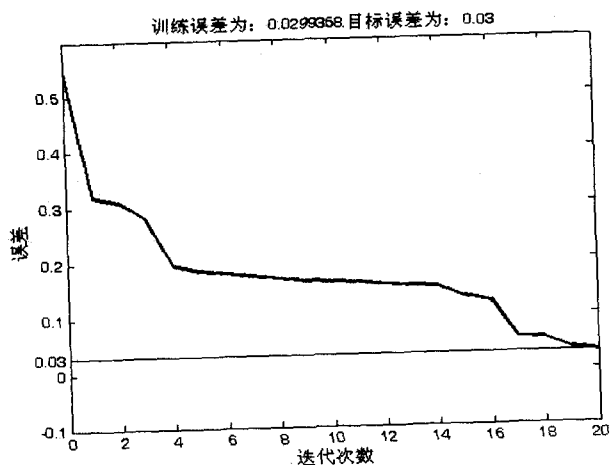


图 4 训练误差迭代次数与误差分析图

4.3 RBF 与 BP 神经网络算法性能比对分析

对 BP 网络的轮胎模型的仿真结果进行了比较,在达到相同的建模精度的条件下,由图 4 可知,RBF 网络所需的时间更短,仅需少数学习即可达到精度要求。

5 结束语

文章提出了基于 RBF 神经网络的随机重心偏移的自适应修正算法模型,可有效地提高单箱动态计量的精度,通过实验证明了该模型能满足港口集装箱运输所需的动态的单箱超重检测要求。在进一步的研究中,提高模型学习的效率,以及建立大于 20km/h 的中速动态检测模型是即将解决的重点问题。

参考文献:

- [1] 龚天法,傅震宇. 龙门吊联网测重系统在集装箱码头的应[J]. 计算机辅助工程, 2001(4): 1-5.
- [2] Dong X, Wang K, Zhao K. Design and implementation of an automatic weighting system based on can bus[C]//IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. Xi'an, China: [s. n.], 2008: 1260-1265.
- [3] 贾海庆,辛 星,高雪池,等. 动态称重系统数据采集及分析[J]. 公路交通科技, 2010, 27(6): 138-142.
- [4] 樊丽辉. 车辆动态称重技术[J]. 中南汽车运输, 1998(2): 5-7.
- [5] 苏良昱,岳从然. 神经网络算法在公路动态称重中的应用[J]. 科技情报开发与经济, 2008, 18(27): 133-134.

(下转第 102 页)

掘 N - 最有趣项目集。通过对两种算法进行对比, 分析实验结果得出: 该算法在挖掘大数据集时性能比 BOMO 好, 尤其是 $k < 4$ 时, 性能最好。

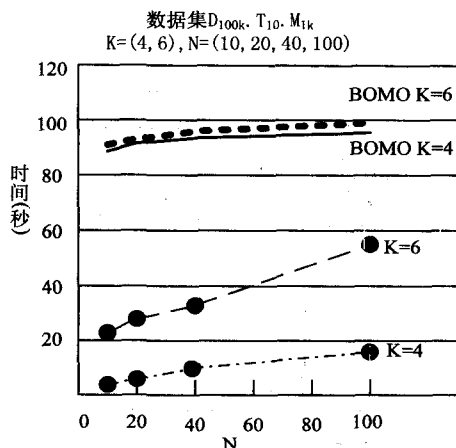


图 7 算法比较

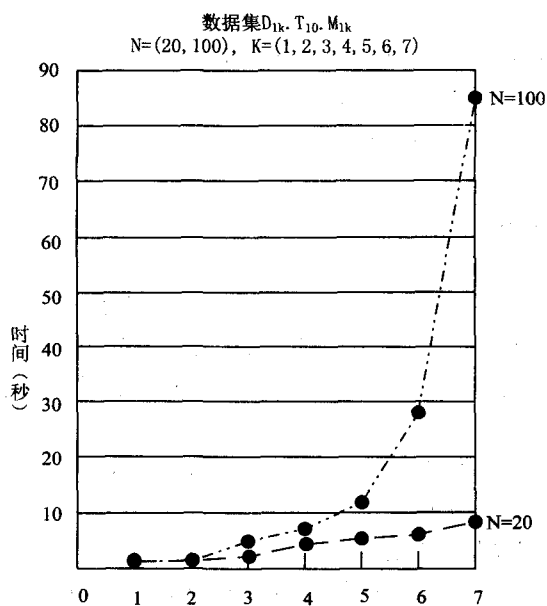


图 8 实验结果

参考文献:

- [1] Agrawal R, Srikant R. Fast algorithms for mining association rules[C] // Proceedings of the 20th VLDB Conference. [s. l.]: [s. n.], 1994: 487-499.
- [2] Han J, Pei J, Yin Y. Mining frequent patterns without candidate generation [C] // 2000 ACM SIGMOD Intl Conference on Management of Data. [s. l.]: [s. n.], 2000: 1-12.
- [3] El-Hajj M, Zaiane O R. COFI-tree mining: a new approach to pattern growth with reduced candidacy generation [C] // Workshop on Frequent Itemset Mining Implementations (FIMI'03) in Conjunction with IEEE-ICDM. [s. l.]: [s. n.], 2003.
- [4] El-Hajj M, Zaiane O R. Non recursive generation of frequent k-itemsets from frequent pattern tree representations [C] // Proceeding of 5th International Conference on Data Warehousing and Knowledge Discovery (DaWak'2003). [s. l.]: [s. n.], 2003.
- [5] 陈俊杰, 崔晓红. 基于 FP-Tree 的频繁闭项目集挖掘算法的研究[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(34): 169-171.
- [6] Cheung Y L, Fu A W. An FP-tree Approach for Mining N-most Interesting Itemsets [C] // Proceedings of the SPIE Conference on Data Mining. [s. l.]: [s. n.], 2002.
- [7] Cheung Y L, Fu A W. Mining association rules without support threshold: with and without item constraints [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2004, 16(9): 1052-1069.
- [8] 陈煜, 徐维祥. 基于逆向搜索的关联规则更新算法[J]. 计算机工程, 2011, 37(8): 25-27.
- [9] 丁祥武. 挖掘时态关联规则[J]. 武汉交通科技大学学报, 1999, 23(4): 365-367.
- [10] 高峰, 谢剑英. 发现关联规则的增量式更新算法[J]. 计算机工程, 2000, 26(12): 49-50.
- [11] 钟晓桢. 基于 Apriori 和 IUA 的改进算法[J]. 江汉大学学报, 2007, 35(3): 59-63.
- [12] 王爱平, 王占凤, 陶嗣干, 等. 数据挖掘中常用关联规则挖掘算法[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(4): 105-108.
- [13] Fu A W C, Kwong R W W, Tang J. Mining N-most Interesting Itemsets [C] // Proceedings of International Symposium on Methodologies for Intelligent Systems (ISMIS). [s. l.]: [s. n.], 2000.
- [6] Shen Yi, Bu Yunfeng, Yuan Mingxin. Study on Weigh-in-Motion System Based on Chaos Immune Algorithm and RBF Network [J]. Computational Intelligence and Industrial Application, 2008(2): 502-506.
- [7] Yang Z R. A novel radial basis function neural network for discriminant analysis [J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2006, 17(3): 604-612.
- [8] 黎志刚, 蔡萍, 周志峰. 基于 BP 网络的汽车动态称重数据处理方法[J]. 微计算机信息, 2006(23): 251-253.
- [9] 袁明新, 张勇, 张雨. 基于 RBF 网络的动态称重系统设计[J]. 交通与计算机, 2003, 21(2): 60-63.
- [10] 张义超, 卢英, 李炜. RBF 网络隐含层节点的优化[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(1): 103-105.
- [11] 姚恩涛, 张君, 倪国芬, 等. 基于图像特征分类和 RBF 网络的两轴车辆动态称重技术[J]. 南京航空航天大学学报, 2007, 39(1): 99-102.
- [12] 储岳中. 改进的 RBF 神经网络在非线性系统中的应用[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(3): 196-199.

(上接第 98 页)