

基于人工神经网络的轮胎侧偏特性模型

崔胜民,王 斐

(哈尔滨工业大学 汽车工程学院,山东 威海 264209)

摘要:采用多层前馈神经网络系统建立轮胎侧偏特性模型,用L-M算法作为学习算法,利用人工神经网络反映轮胎输入和输出特性之间的非线性映射关系。试验结果表明,人工神经网络可以产生出具有很高的准确性和计算效率的轮胎侧偏特性模型。

关键词:轮胎;侧偏特性;神经网络;模型

中图分类号: TQ336.1; TP393.02 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-8171(2000)01-0011-04

轮胎是汽车系统的主要非线性源,其行为十分复杂。作为汽车与路面的支承和传递单元,它的力学特性直接影响汽车的运动性能。多年来人们进行了广泛的研究,建立了许多轮胎模型,每个都有其特殊的作用^[1~3]。这些模型主要用于汽车的动力学分析,但它们不可能包含轮胎的全部非线性因素,这无疑影响到研究精度,而精度较高的轮胎理论模型的求解速度一般较低,难以满足运动在线实时控制的要求。

神经网络系统是一个高度复杂的非线性动力学系统。它由大量的神经元节点组成,尽管每个神经元的结构相对简单和功能有限,但由大量神经元按一定的方式连接成的网络集体工作,并按一定的规则来调整神经元间的连接强度,能使系统具有十分强大的功能。其处理单元分为三类:输入单元、隐单元和输出单元。在神经网络发生的动力学过程有两类:学习过程和运行过程。学习过程是通过一定的规则来改变连接权值,运行过程是使输入通过网络的处理得到期望的输出。

利用人工神经网络建立轮胎侧偏特性模型,与常规方法相比,它使建模的关系数目没有

理论上的限制,将它与汽车整车模型相结合所构成的轮胎-汽车控制系统在进行动力学仿真时精度较高。这对提高汽车的主动安全性和操纵稳定性具有十分重要的意义。

1 轮胎神经网络模型的建立

基于对现有的人工神经网络模型的分析,综合考虑了实用性、高效性及针对性等各种因素,最后采用了多层前馈神经网络作为轮胎侧偏特性的辨识模型,并改进了学习算法,保留其结构简单的优点,克服了收敛速度慢、易于陷入局部极小点和易于遗忘等缺陷。

多层前馈神经网络作为一种非线性系统的辨识工具得到了广泛的应用,它的设计主要包括以下4个方面^[4]:

(1) 隐层数的确定

为了减小网络的尺寸,提高网络性能,采用双隐层结构。

(2) 隐层神经元数的确定

对于多层前馈神经网络,隐层神经元数的确定是成败的关键。若数量太少,则网络所能获取的用以解决问题的信息太少;若数量太多,不仅增加了训练时间,还可能出现所谓的“过度吻合”问题,即网络把训练样本集中的一些无关紧要的东西也学得惟妙惟肖。

确定隐节点的具体方法是,用同一样本集对具有不同隐节点数的网络进行训练,直到权值不再变化,网络稳定为止。然后,依据最小测

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(Q95F0243)

作者简介: 崔胜民(1963-),男,黑龙江哈尔滨人,哈尔滨工业大学汽车工程学院教授,博士,硕士生导师,从事汽车系统动力学研究。

试误差,确定网络的隐节点数。这种方法叫试验试凑法,虽然费时,但却是目前确定隐节点数的唯一方法。

(3) 训练次数的确定

训练次数直接影响网络的泛化能力,它存在着一个最佳点,当训练次数在这个最佳点前时,训练误差和测试误差均随训练次数的增加而减小;但当训练次数超过该点后,尽管训练误差继续减小,但测试误差却反而增大,这就是所谓的“训练过头”。

(4) 训练集的设计

训练集的设计主要包括样本数的确定和样本的代表性。网络所需的样本数主要由2个因素决定:一是网络映射关系的复杂程度,为获得一定的映射精度,映射关系越复杂,要求提供的样本数越多;二是数据中的噪声,为达到一定的精度,所需的样本数随噪声的增大而增多。

轮胎侧偏特性神经网络模型采用多层前馈神经网络结构。其输入项包括:垂直载荷 F_z 、轮胎气压 p 、侧偏角 α 、侧倾角 γ 、速度 v 、纵向滑移率 s 和附着因数 μ ;输出项包括:轮胎的侧向力 F_y 、纵向力 F_x 和回正力矩 M_z 。本文只对轮胎的自由滚动侧偏特性进行研究,因此,确定轮胎神经网络的输入项为 F_z 、 p 、 α 和 μ ;输出项为 F_y 和 M_z 。轮胎神经网络模型的拓扑结构为三层前馈神经网络结构,其中第1隐层节点的数目为8,第2隐层节点的数目为6,因此网络的拓扑结构为4-8-6-2,如图1所示。

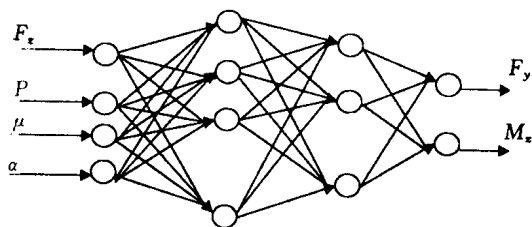


图1 轮胎侧偏特性神经网络模型

2 神经网络的学习算法

利用神经网络建立轮胎模型,其实质是利用神经网络逼近轮胎的非线性特性。由于神经元激励函数的非线性,根据已知的输入和输出

数据对网络进行训练,实际上是一种解析无约束非线性寻优过程。对于这个过程有多种优化算法,如最速下降法、共轭梯度法、牛顿法以及L-M算法等。最速下降法最为简单,但收敛速度慢、易陷入局部极小点;共轭梯度法收敛速度快,但每步都要计算共轭方向,算法繁琐;牛顿法收敛速度快,但要计算 H^{-1} (H 为海森矩阵),当维数高时计算量很大;L-M优化方法通过引入动量因子降低了网络对误差曲面的敏感性,有效抑制网络陷入局部极小,可加快收敛速度,缩短学习时间。因此,本文采用L-M算法为多层前馈神经网络的学习算法。

3 实例分析

本文采用的实验数据为“双枪”9.00-20轮胎的测试数据^[5],共210组。将采集的数据处理成样本集,其中垂直载荷为4.79,10.22,15.47和20.17 kN的共168组样本为训练集,垂直载荷为12.83 kN的42组样本为测试集,对网络进行训练,迭代次数与误差之间的关系如图2所示。可以看出,L-M算法较传统的BP算法有很大改进,只需很少的迭代次数和训练时间便可以收敛到误差目标。

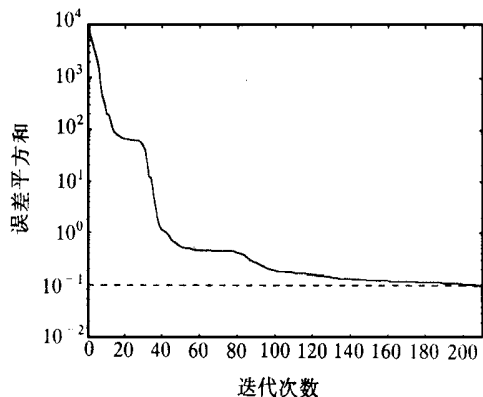


图2 训练阶段总误差平方和

图3为利用网络进行泛化所得的不同轮胎气压、不同垂直载荷下的侧向力和回正力矩特性曲线和学习样本点间的吻合情况,结果表明效果良好。

图4为网络输出特性曲线和测试样本点间的吻合情况,结果表明:轮胎神经网络模型可以

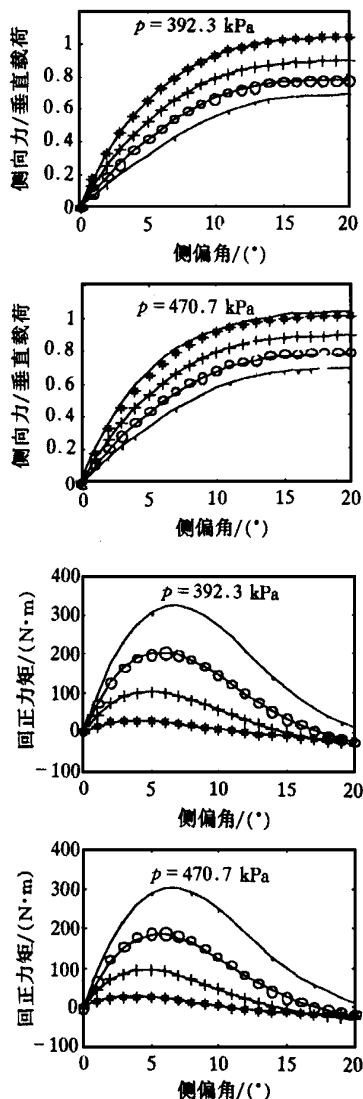


图 3 学习样本点泛化曲线

◎—垂直载荷为 20.17 kN 的样本点; ○—垂直载荷为 15.47 kN 的样本点; +—垂直载荷为 10.22 kN 的样本点; *—垂直载荷为 4.79 kN 的样本点

很好地泛化外推至非训练样本点。

4 结论

利用人工神经网络系统的非线性函数逼近能力,建立了轮胎侧偏特性神经网络模型。通过仿真试验证明,这种模型精度高,用较少的学习样本,可以获得较大范围的轮胎侧偏特性,具有广泛的应用前景。

参考文献:

[1] Palkovics L, EL-Gindy M. Neural network representation of

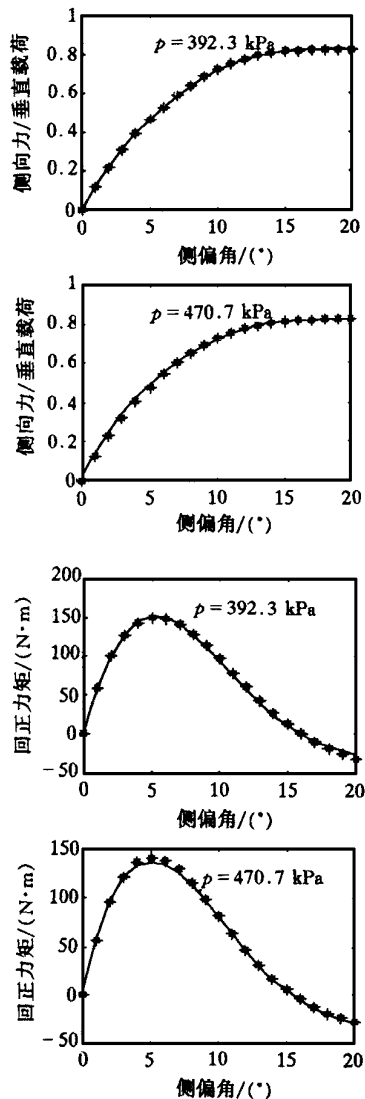


图 4 非学习样本点泛化曲线

注同图 3

tyre characteristics: the Neuro-Tyre [J]. Int. J. of Vehicle Design, 1993, 14(5): 563-591.

- [2] Palkovics L, EL-Gindy M. Modeling of the cornering characteristics of tyres on an uneven road surface: a dynamic version of the Neuro-Tyre [J]. Int. J. of Vehicle Design, 1994, 15(1): 189-215.
- [3] EL-Gindy M, Palkovics L. Possible application of artificial neural network to vehicle dynamics and control: a literature review [J]. Int. J. of Vehicle Design, 1994, 14(2): 600-612.
- [4] 王文成. 神经网络及其在汽车工程中的应用 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1988. 238.
- [5] 郭孔辉. 汽车系统动力学 [M]. 吉林: 吉林科学技术出版社, 1991. 134.

收稿日期: 1999-08-19

Tire cornering characteristics model based on artificial neural network

CUI Sheng-min, WANG Fei

(Automotive Engineering Institute, Haerbin University of Technology, Weihai 264209)

Abstract : A tire cornering characteristics model has been made based on feed forward multi-layer neural network using the L/M calculation as the learning calculation and using the artificial neural network to reflect the non-linear relationship between tire input and output characteristics. The test results show that a high accurate and efficient calculating result can be obtained by the tire cornering characteristics model based on the artificial neural network.

Keywords : tire; cornering characteristics; neural network; model

GK型密炼机轴端密封装置的改进

中图分类号:TQ330.4⁺3 文献标识码:D

GK型密炼机是益阳橡胶机械厂引进德国W & P公司技术消化吸收后生产的,其各项性能指标均达一流,特别适应轮胎行业发展的需要,如子午线轮胎胶料的混炼。目前我厂已生产GK90E, GK190E, GK270N和GK400N各种机型共计达100多台,其中出口十多台。最近我厂又开发出新型转子(ZZ2型转子),并已获国家专利。其炼胶性能均优于其它类型密炼机,混炼胶的炭黑分散度可达A5级,而其它类型的密炼机只能达到A2级(国际标准为A7级)。子午线轮胎胶料的终炼对温度有着严格的要求,其它类型的密炼机很难满足,而GK型密炼机,特别是采用ZZ2型转子的密炼机终炼胶的排胶温度低于110℃,因此受到广大用户的欢迎。

GK-N型密炼机原转子轴端密封装置采用外压式机械密封,从原理上看,这种密封方式是没有问题的,但是对制造精度、装配精度和使用中的定期清洗及调整都要求很高,特别是蝶形弹簧,稍有疏忽,则动、静密封环就有可能损坏而造成停机,影响生产,而且更换动、静密封环的备件费用还很高。针对GK-N型密炼机的结构特点,在不改变原主机结构的情况下,采用用户反映较好的液压密封装置,对GK-N型密炼机的轴端密封装置进行了改造,改造后的轴端密封装置和FYH密封装置基本相同,由于对

主机的结构基本上没有变动,因此不会影响整机的其它性能。

轴端密封装置的改造需更换4块耐磨板,去掉原来的动、静密封环,在不影响转子强度、刚度的前提下,对转子的轴径及端面作适当的修整后,装上液压密封装置,液压油只需在原液压站上引出一条油路,加上调压阀及单向阀即可。因此,结构简单,更换维修方便。

经多年使用后的GK-N型密炼机,其转子轴端耐磨板已磨损较大,大多数已需更换,而改造轴端密封装置的成本和更换一套耐磨板及动、静密封环相近。需要特别强调的是密封装置中的动、静密封环和蝶形弹簧在正确使用情况下,一般一年就需要更换一套,其价格最低也需6万元左右,而改进后的密封装置只需更换静密封环,其成本仅几千元,而且用户自己就可以加工,更换也容易,时间短,更主要的是不需要经常调整。由此可见,改进后的密封装置是可以大力推广的。

益阳橡胶机械厂与广州珠江轮胎有限公司合作,改造了一台GK-N型密炼机,投入生产半年以来,其效果良好,提高了密封性能,延长了寿命,改善了生产工作条件,减轻了劳动强度,同时减少了泄漏,节约了原材料,降低了成本,取得了令人满意的成效,用户十分满意。

(益阳橡胶机械厂 徐云波 贺军强
金进克供稿)