

Application of CMAC Based on Improved Algorithm in Tool Performance Degradation Assessment

Lei Zhang

Shanghai Dianji University, Shanghai, 200240, China

Abstract

The paper proposes an improved CMAC algorithm to predict the performance degradation of equipment. By analyzing the calculation process of the improved algorithm, the basic principle is explained. The output of CMAC based on the new algorithm represents the predicted value of the equipment state. The CMAC based on the new algorithm is applied to the actual tool condition monitoring system, and the feasibility of the new algorithm is proved through analysis and evaluation results.

Keywords

CMAC; machine performance degradation; condition monitoring

基于改进算法的 CMAC 在刀具性能退化评估中的应用

张蕾

上海电机学院, 中国 · 上海 200240

摘 要

论文提出了一种改进的 CMAC 算法, 用于对设备的性能衰退进行预测。通过分析改进算法的计算过程, 阐述了其基本原理。基于新算法的 CMAC 的输出代表了设备状态的预测值。将基于新算法的 CMAC 应用于实际的刀具状态监控系统中, 通过分析评估结果证明了新算法的可行性。

关键词

CMAC; 设备性能衰退; 状态监控

1 引言

现在很多柔性加工中心、高度自动化的切削机床都有了相应的状态监控系统^[1,2]。进行状态识别的方法主要有建立系统模型、统计分析和神经网络等, 其中神经网络被认为是比较理想的工具之一^[3]。但是, 一般的神经网络要正确识别不同的状态, 需要有充分的训练样本, 而且目前应用的场合多是简单地判别设备是处在正常还是故障状态, 对设备性能的退化过程没有给予重视和研究。

CMAC (小脑模型节点控制器) 是根据小脑的生物模型提出的一种神经网络模型。它具有学习速度快、无局部极小点和局域泛化等特点, 特别适用于实时控制、非线性函数映射和模式识别等领域^[4]。论文提出了一种改进的 CMAC 算法, 并且应用在实际的刀具状态监控系统中, 对刀具的磨损状态进行了评估, 证明了改进方法的可行性。

2 CMAC 用于设备性能退化预测的基本方法

CMAC 模型中基本的映射过程分为四步^[5]:

- (1) 对每个输入变量进行量化。
- (2) 确定每个变量激活的分地址 ($S \rightarrow M$)。
- (3) 分地址进行组合确定输入向量所映射的虚拟地址 ($M \rightarrow A$)。
- (4) 从虚拟地址映射到物理存储地址 ($A \rightarrow A_p$)。

最后, CMAC 的输出 Y 可表示为 $Y = \sum_{i=1}^c W_i$, 其中 W 表示输入向量激活的每一层 A_p 地址中存储的权值, 训练初始时被激活的 A_p 地址中的权赋值为 1, 其他为 0。

由 CMAC 的模型和映射原理可知, 在输入单元中距离比较近的向量, 其激活的权地址会发生重叠, 从而使得输出也比较接近。论文提出一种改进的 CMAC 算法, 可以使网络的输出直接表示设备的状态, 算法描述如下。

传统的CMAC算法中,权值的叠代采用公式

$W_{k+1} = W_k + \frac{\alpha(Y' - Y)}{c}$ 进行计算,其中 α 为学习因子, Y' 为期望的输出。在新算法中,映射过程同前所述。

假设当设备处于正常状态时,网络的输出为1,这样就没有必要再对网络进行训练,可以采取直接对权进行赋值的方法来对样本进行学习。例如,如果输入向量最终映射到 A_p 的每一层的地址为102,10,34,68,那么我们直接将权赋值为:

$$W_{(1,102)} = W_{(2,10)} = W_{(3,34)} = W_{(4,68)} = \frac{1}{4} \quad (c=4)$$

其中, c 代表泛化参数, $W_{(i,j)}$ 中 i 代表 A_p 中的层数, $i=1,2,\dots,c$, j 代表每一层激活的存储单元地址。通过这种方法,网络的输出可直接表示设备的状态。

3 基于改进算法的CMAC的应用

为检测改进算法的可行性,我们将采用改进算法的CMAC应用于刀具状态监控系统中来识别刀具的不同状态。监控系统简单的结构示意图如图1所示。传感器信号经过处理后,所提取的特征值包括 x, y, z 三个坐标方向上的静态力、动态力以及加速度,这些特征量加上切削速度、进给量和切削深度共12个变量作为神经网络的输入。样本数据有48组,其中前24组是刀具在正常锐利状态,其他为刀具在严重磨损状态,即失效状态。

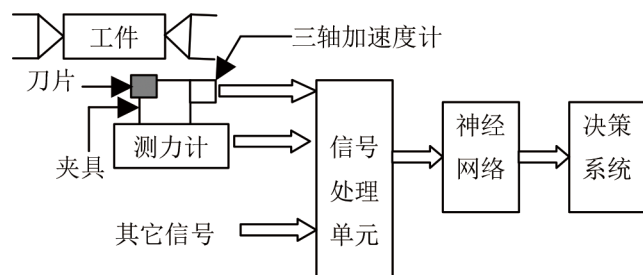


图1 刀具状态监控系统示意图

部分样本数据如表1所示。假设当刀具处于比较锐利的状态时,网络的输出为1,将刀具处于锐利状态时的数据作为训练样本,采用改进算法的CMAC对刀具的磨损状态进行识别,结果如表2所示。分析CMAC的映射过程可知,采用刀具处于锐利状态时的数据对网络进行训练,当刀具处于不同的磨损状态时,其输入数据必将和原来的训练数据发生一定的偏离,网络的输出结果依赖于输入数据与某一训练数据的接近程度,如果两者距离比较近,则输出也比较接近。因此,

如果网络的输出越接近1,表明刀具越接近锐利状态,反之说明刀具磨损地越厉害。随着偏离程度的增大,刀具性能的退化程度提高,置信度值减小。

表1 部分样本数据

切削速度 (m/min)	进给量 (mm/rev)	切深 (mm)	静态力(N)			动态力(N)			加速度(g)		
90	0.163	2	363	191	633	98	149	143	7.21	4.44	8.31
100	0.613	2	376	197	660	131	192	170	9.09	5.69	8.96
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
200	0.163	3.5	652	298	1007	84	179	217	5.7	4.4	4.1

表2 部分评估结果

刀具状态	c=8	c=12
锋利	1.00	1
轻微磨损	0.8750	0.9167
...	...	...
较严重磨损	0.6250	0.75
严重磨损	0.2500	0.5
失效	0	0.1667

应该注意的是,CMAC模型中各项参数的取值,例如每个变量的分辨率(或最大量化值),泛化常数 c 等对网络的输出会产生一定的影响,如表2和图2所示,不同的 c 值其评估的结果也不一样。这些参数的取值应根据实际的应用场合和具体的精度要求来定。考虑到参数取值和其他不确定因素的影响,在图2当中,我们可以设定阈值来表示刀具所处状态的极限。例如,当输出大于0.8时,可以认为刀具处在比较好的状态,当输出小于0.8后可以看作刀具性能在衰退,当小于0.2时,认为刀具发生了严重磨损,应及时更换。

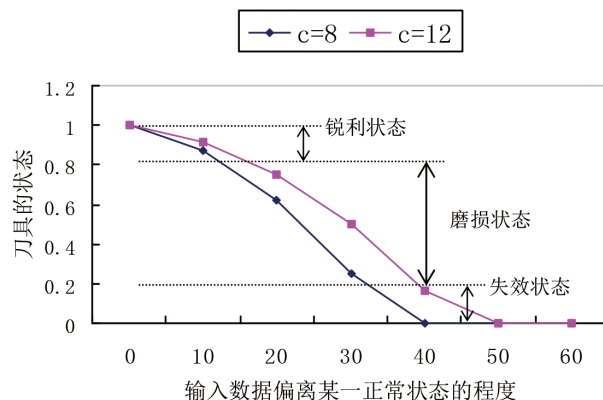


图2 刀具的状态变化预测

通过分析结果可知,采用改进算法的模型比较简单实用,

CMAC 网络的输出可直接表示所检测设备的性能变化情况,而且它采用了对权直接赋值的方法,不再需要训练过程,因而大大降低了运算的复杂性,提高了对样本的学习速度。

4 结语

对设备的性能衰退进行预测可以在设备发生故障之前采取有效的维护措施,减小由于设备停止运转而带来的损失,大大提高生产率。基于改进算法的 CMAC 可用来对设备的性能衰退进行监控和评估,在刀具状态监控系统中对刀具的磨损状态进行了评估,结果说明了改进算法减小了样本学习时间,降低了计算复杂性,可以达到较理想的评估效果。

参考文献

- [1] 陈学振,宋智勇,李颖,等.复杂特征下数控机床状态整体监控应用研究[J].机床与液压,2019(11):188-193.
- [2] 姜婕,马骥.一种基于时序的状态监控及故障诊断系统[J].测控技术,2020(07):1-7.
- [3] 刘胜辉,张人敬,张淑丽,等.基于深度神经网络的切削刀具剩余寿命预测[J].哈尔滨理工大学学报,2019(03):1-8.
- [4] 李祥,乐凯军,李鑫卓.基于小脑模型的机器臂自适应神经网络控制[J].电气与自动化,2019(03):189-192.
- [5] 周旭东,王国栋,CMAC 神经网络的 N 维概念映射算法[J].信息与控制,1996(08):233-237.