



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109255201 B

(45) 授权公告日 2023.07.14

(21) 申请号 201811253853.0

(22) 申请日 2018.10.24

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109255201 A

(43) 申请公布日 2019.01.22

(73) 专利权人 哈工大机器人(山东)智能装备研究院

地址 250000 山东省济南市章丘区明水世纪西路南首路西明水经济技术开发区办公楼6层

(72) 发明人 单鹏飞 于林明 古乐 李杨

(74) 专利代理机构 哈尔滨市伟晨专利代理事务所(普通合伙) 23209

专利代理师 李晓敏

(51) Int.Cl.

G06F 30/17 (2020.01)

G06F 18/213 (2023.01)

G06F 18/10 (2023.01)

(56) 对比文件

CN 105718876 A, 2016.06.29

CN 108062586 A, 2018.05.22

CN 101870075 A, 2010.10.27

CN 101870076 A, 2010.10.27

余道明等.一种新型深度自编码网络的滚动轴承健康评估方法.《东南大学学报(自然科学版)》.2018,(第05期),

刘浩等.基于自组织映射与受限玻尔兹曼机的滚动轴承健康评估.《机械传动》.2017,(第06期),

审查员 王莹

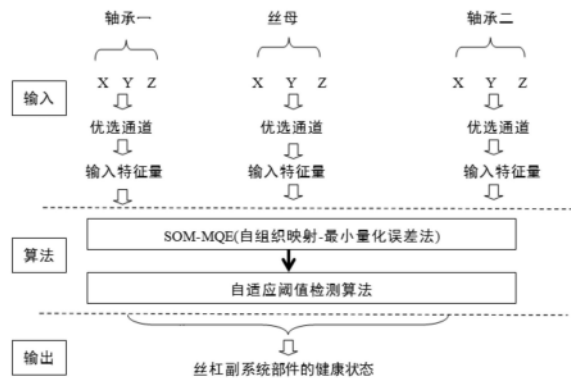
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于SOM-MQE的滚珠丝杠副健康评估方法

(57) 摘要

一种基于SOM-MQE的滚珠丝杠副健康评估方法,涉及滚珠丝杠副健康评估技术。该方法首先采集丝杠副系统两端的轴承支座以及丝母上的优选通道振动信号,对该信号进行预处理后进行特征提取,然后将提取到的特征值通过SOM-MQE映射为健康值;通过自适应阈值检测算法获得健康值曲线的报警阈值,当健康值超过报警阈值时,自动报警,并将出现问题的位置定位到丝杠副系统具体的部件上面。本发明所述的方法能够评估丝杠副中具体部件的健康状态,为丝杠副的精准维修提供依据。



1. 一种基于SOM-MQE的滚珠丝杠副健康评估方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、采集丝杠副系统两端的轴承支座以及丝母上的振动信号,所述振动信号通过安装在丝杠副系统两端的轴承支座以及丝母上面的三通道振动传感器进行采集;

步骤二:从每个三通道振动传感器输出的三个通道信号中选择最能代表对应部件的退化趋势的通道信号作为健康评估的原始信号;

步骤三:分别将每个部件上面优选的通道信号进行预处理、并对预处理后的信号进行特征提取;

预处理包括小波降噪;

对预处理后的信号提取的特征包括:均方根值、方差、标准差、最大值、最小值、平均幅值、峭度因子、波形系数、峰值、峰值因子、脉冲指标、方根幅值、裕度系数以及偏度;

特征选择是指对提取到的特征进行降维处理,以选择出对于丝杠退化贡献大的特征;

步骤四:将步骤三最终得到的特征值通过SOM-MQE映射为健康值,步骤四的具体方法为:

步骤四一、通过正常数据来训练自组织映射神经网络;

步骤四二、输入测试数据,并找到每个测试数据的BMU;

步骤四三、计算测试数据与BMU之间的距离,该距离即为健康值;

步骤五:通过自适应阈值检测算法获得健康值曲线的报警阈值,所述健康值曲线为步骤四获得的健康值随时间变化的曲线;报警包括一级报警及二级报警,一级报警阈值及二级报警阈值分别对应一级临界退化点与二级临界退化点,所述一级临界退化点与二级临界退化点采用 3σ 与 6σ 准则进行检测;自适应阈值一级退化临界点检测与二级退化临界点检测的算法流程如下:

定义由SOM-MQE生成的健康值序列为 $\{HV\}$,其中,正常状态下的健康值序列为 $\{HV_{Normal}\}$,新引入的健康值为 HV_{New} ;

第一步:在设备运行中,健康值是不断生成的;记当前点前面点的均值为 μ ,当前点前面点的方差为 σ ;

第二步:记当前点与前面点均值 μ 之间的差值为 d ,判断差值 d 与方差 σ 之间的大小;如果连续3个点满足 $d > 3\sigma$,将此点定义为一级退化临界点;如果3个点满足 $d > 6\sigma$,则将此点定义为二级退化临界点;

第三步:当检测到一级退化临界点与二级退化临界点中的任意一个时,会触发相应的报警,并定位到相应的部件上面;

步骤六:当健康值超过报警阈值时,自动报警,并将出现问题的位置定位到丝杠副系统具体的部件上面。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,采用Fisher准则对提取到的特征进行降维处理。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,降维处理后得到特征为:均方根值、标准差、最大值以及方差。

一种基于SOM-MQE的滚珠丝杠副健康评估方法

技术领域

[0001] 本发明涉及滚珠丝杠副健康评估技术。

背景技术

[0002] 随着装备智能化水平的不断提高,以及人工智能技术的飞速发展,设备的智能化维护逐渐成为研究热点。设备的有效维护能够保障其安全高效的运行。如何在设备运行时对于其健康状况进行监测与评估,如何对健康状况较差的部件进行定位,以及如何安排维修等都是急需解决的问题。滚珠丝杠作为重要的传动部件,在数控机床等行业应用广泛,其安全运行对于整个工业设备来说至关重要。因此,有必要对其进行健康评估。

[0003] 方法1:专利“一种滚珠丝杠副健康状态的评估方法”将数控机床的转速与扭矩信号作为输入,结合拉普拉斯降维与马氏距离分析模型建立了传感器信号样本点在特征空间中与健康值之间的关系,从而获得滚珠丝杠副性能衰退程度的量化评估。但是,该方法没有提供自动预警系统,当丝杠副的健康状况较差时,并没有定位到具体的部件位置,这样无法对部件提供精准的维修。

[0004] 方法2:数控机床滚珠丝杠副性能退化评估技术采用量子遗传算法与灰色神经网络对滚珠丝杠副的性能进行评估。但是其用于模型训练的数据为不同运行时间下的数据,仅仅将运行时间作为性能退化的量化指标,不符合实际情况。比如,运行时间为0.5年的丝杠有可能比如运行时间为1年的丝杠退化严重,因为中间的工况有可能不同。因此,通过现场经验对丝杠副退化模型的输出进行设定也不符合实际情况。所通过这些数据训练出来的模型所得到的评估结果缺乏一定的可信度。

[0005] 方法3:基于性能退化模型的滚珠丝杠副寿命预测研究通过监测电流获得丝杠副的轴向力再得知转速可以获得丝杠副的期望剩余寿命,将振动信号与期望的剩余寿命一起输入到动态模糊神经网络中进行训练输出丝杠的剩余寿命,该方法侧重于寿命预测,并且期望剩余寿命通过计算获得,预测结果缺乏一定的可信度。

发明内容

[0006] 本发明的目的是为了解决现有技术存在上述问题,提供一种基于SOM-MQE的滚珠丝杠副健康评估方法。

[0007] 本发明所述的基于SOM-MQE的滚珠丝杠副健康评估方法包括以下步骤:

[0008] 步骤一、采集丝杠副系统两端的轴承支座以及丝母上的振动信号,所述振动信号通过安装在丝杠副系统两端的轴承支座以及丝母上面的三通道振动传感器进行采集;

[0009] 步骤二:从每个三通道振动传感器输出的三个通道信号中选择最能代表对应部件的退化趋势的通道信号作为健康评估的原始信号;

[0010] 步骤三:分别将每个部件上面优选的通道信号进行预处理、并对预处理后的信号进行特征提取;

[0011] 步骤四:将步骤三最终得到的特征值通过SOM-MQE映射为健康值;

- [0012] 步骤五:通过自适应阈值检测算法获得健康值曲线的报警阈值,所述健康值曲线为步骤四获得的健康值随时间变化的曲线;
- [0013] 步骤六:当健康值超过报警阈值时,自动报警,并将出现问题的位置定位到丝杠副系统具体的部件上面。
- [0014] 进一步地,步骤三中的预处理包括小波降噪。
- [0015] 进一步地,步骤三中对预处理后的信号提取的特征包括:均方根值、方差、标准差、最大值、最小值、平均幅值、峭度因子、波形系数、峰值、峰值因子、脉冲指标、方根幅值、裕度系数以及偏度。
- [0016] 进一步地,步骤三还包括特征选择,所述特征选择是指对提取到的特征进行降维处理,以选择出对于丝杠退化贡献大的特征。
- [0017] 进一步地,采用Fisher准则对提取到的特征进行降维处理。
- [0018] 进一步地,降维处理后得到特征为:均方根值、标准差、最大值以及方差。
- [0019] 进一步地,步骤四的具体方法为:
- [0020] 步骤四一、通过正常数据来训练自组织映射神经网络;
- [0021] 步骤四二、输入测试数据,并找到每个测试数据的BMU;
- [0022] 步骤四三、计算测试数据与BMU之间的距离,该距离即为健康值。
- [0023] 进一步地,步骤五中的报警包括一级报警及二级报警,一级报警阈值及二级报警阈值分别对应一级临界退化点与二级临界退化点,所述一级临界退化点与二级临界退化点采用 3σ 与 6σ 准则进行检测。
- [0024] 本法明通过特征提取以及特征选择的方法获得振动信号的特征值,并通过自组织映射-最小量化误差法(SOM-MQE)将这些特征值映射为健康值。通过自适应阈值检测算法获得丝杠的报警阈值。在两端轴承支座以及丝母上面分别布置振动传感器,可以定位到具体的部件。本发明所述的方法能够评估丝杠副中具体部件的健康状态,为丝杠副的精准维修提供依据。

附图说明

- [0025] 图1为本发明实施方式中滚珠丝杠副健康评估的装置结构示意图,图中3-A指代三通道振动传感器;
- [0026] 图2为本发明实施方式中滚珠丝杠副系统健康评估的原理示意图;
- [0027] 图3为本发明实施方式中滚珠丝杠副的健康值曲线,其中两个实心正方形分别代表一级退化临界点与二级退化临界点。

具体实施方式

- [0028] 具体实施方式一:如图1所示,本实施方式所述的一种基于SOM-MQE的滚珠丝杠副健康评估方法包括以下步骤:
- [0029] 步骤一、采集丝杠副系统两端的轴承支座以及丝母上的振动信号,所述振动信号通过安装在丝杠副系统两端的轴承支座以及丝母上面的三通道振动传感器进行采集,如图2所示。
- [0030] 步骤二:从每个三通道振动传感器输出的三个通道信号中选择最能代表对应部件

的退化趋势的通道信号作为健康评估的原始信号。

[0031] 步骤三:将三个优选的通道信号通过小波降噪进行预处理,处理后的信号作为特征提取的输入。

[0032] 特征提取是健康评估中的关键环节,提取特征的好坏将影响着健康评估的准确性,为了全面考虑信号的信息,本实施方式从时域与频域空间提取信号的14个特征,分别为均方根值、方差、标准差、最大值、最小值、平均幅值、峭度因子、波形系数、峰值、峰值因子、脉冲指标、方根幅值、裕度系数以及偏度,这14个特征为丝杠副的敏感特征。

[0033] 由上述14个时频特征所构成的特征向量维数较高,并且各个特征之间存在一定的耦合关系,这样会导致所观测的数据存在一定的重叠,如果把这14个特征均作为滚珠丝杠副的敏感特征,则会造成信息处理量大,不利于后续实时预测算法的实现。因此需要对提取到的特征做降维处理,以选择出最优的特征进行后续的处理。本实施方式采用Fisher准则对提取到的丝杠副的敏感特征进行降维处理,以筛选出对于丝杠退化贡献大的特征。通过降维处理所筛选出的重要特征为:均方根值、标准差、最大值以及方差。

[0034] 步骤四:将步骤三最终得到的特征值通过SOM-MQE映射为健康值。健康评估是为了获得丝杠副的性能衰退曲线,并根据衰退曲线来评估其健康状态。本实施方式采用自组织映射-最小量化误差法(SOM-MQE)对丝杠健康状况进行评估。

[0035] 自组织映射属于神经网络的一种算法,它可以将高维的数据映射到低维。在训练阶段,计算每个输入样本的特征与映射层神经元之间的距离,找到在映射层中距离输入样本最近的神经元,并将此神经元定义为最佳匹配单元(BMU)。

[0036] 最小量化误差法是应用SOM(自组织映射)并通过测量失效数据与正常基线之间的距离来衡量丝杠的退化水平。

[0037] 应用SOM-MQE的算法流程如下所示:

[0038] 第一步:通过正常数据来训练自组织映射神经网络;

[0039] 丝杠在运行过程中,每隔一段时间采集一定时间的振动数据,比如每隔10min采集15s的振动数据,并将这段数据记为一个样本,将该样本数据通过步骤三处理得到该样本的特征值,分别为均方根值、标准差、最大值以及方差。在丝杠正常运行状态下获得一部分样本数据,将这些数据记为正常数据。

[0040] 第二步:输入测试数据,并找到每个测试数据的BMU;

[0041] 测试数据是指丝杠从正常运行到完全失效在这个过程中的所有样本数据,其中每个样本数据是由步骤三中的均方根值、标准差、最大值以及方差四个特征值组成。

[0042] 第三步:计算测试数据与BMU之间的距离,该距离为丝杠健康评估的健康值。

[0043] 步骤五:通过自适应阈值检测算法获得健康值曲线的报警阈值,所述健康值曲线为步骤四获得的健康值随时间变化的曲线。

[0044] 步骤六:当健康值超过报警阈值时,自动报警,并将出现问题的位置定位到丝杠副系统的具体部件上面。

[0045] 自动报警部分采用自适应阈值的检测算法自动检测健康值曲线中的临界点,根据退化情况,将临界点分为一级退化临界点与二级退化临界点。相应的在软件部分对应一级报警与二级报警。

[0046] 如图3所示,一级报警对应刚开始的微弱退化阶段;二级报警对应丝杠的退化阶

段。当一级报警触发时,维修人员应检查部件,对零部件进行维修或者更换。当一级报警触发时,如果维修人员认为设备还可以正常运行不需要维修,那么出现这种情况可能有两种原因,第一,由于数据的不确定性,出现了误报警;第二,处于微弱退化阶段,退化不明显,与正常阶段差别较小。如果一级报警没有采取措施,这时可以采用二级报警作为辅助,这种方式的好处是能够增加预警的成功率。

[0047] 由于在两端轴承与中间丝母上面分别安装了振动传感器,因此当系统出现报警时可以自动定位到具体的部件上面,这样可以精准地对具体部件进行维修或者更换。

[0048] 自动报警部分将采用 3σ 与 6σ 准则对一级退化临界点与二级退化临界点进行检测。

[0049] 3σ 准则是统计学中常用的异常值处理方法,当选择 3σ 准则时,根据随机变量符合正态分布的情况,测量值落在 $(\mu-3\sigma, \mu+3\sigma)$ 内的概率为99.74%,出现在此范围之外的概率为0.26%,认为是小概率事件,偏离了原状态。然而对于丝杠这种运行中不确定性较多的情况,仅仅采用一个点落在区间之外,不能够正确反映丝杠是否发生了退化,因此采用连续 m 个点位于区间之外来检测丝杠退化的临界点。在这里 m 的取值为3。

[0050] 当选择 6σ 准则时,根据随机变量符合正态分布的情况,测量值落在 $(\mu-6\sigma, \mu+6\sigma)$ 的概率几乎为100%,落在区间之外的概率极小。同样,对于丝杠这种运行工况较为复杂的情况,如果只采用一个点不足以确定其性能是否发生了退化,这里采用连续 n 个点位于区间之外用来检测丝杠退化的临界点。在这里 n 取值为3。

[0051] 自适应阈值一级退化临界点检测与二级退化临界点检测的算法流程如下:

[0052] 定义由SOM-MQE生成的健康值序列为 $\{HV\}$,其中,正常状态下的健康值序列为 $\{HV_{Normal}\}$,新引入的健康值为 HV_{New} 。

[0053] 第一步:在设备运行中,健康值是不断生成的。记当前点前面点的均值为 μ ,当前点前面点的方差为 σ 。

[0054] 第二步:记当前点与前面点均值 μ 之间的差值为 d ,判断差值 d 与方差 σ 之间的大小。如果连续3个点满足 $d > 3\sigma$,将此点定义为一级退化临界点;如果3个点满足 $d > 6\sigma$,则将此点定义为二级退化临界点。

[0055] 第三步:当检测到一级退化临界点与二级退化临界点中的任意一个时,会触发相应的报警,并定位到相应的部件上面。

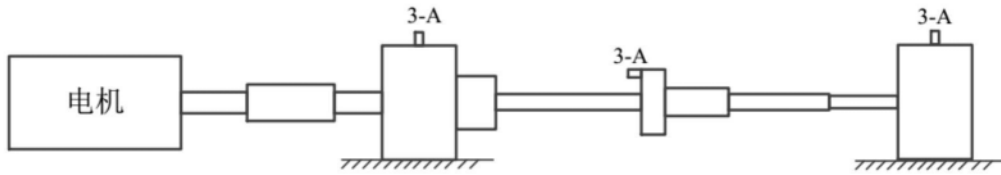


图1

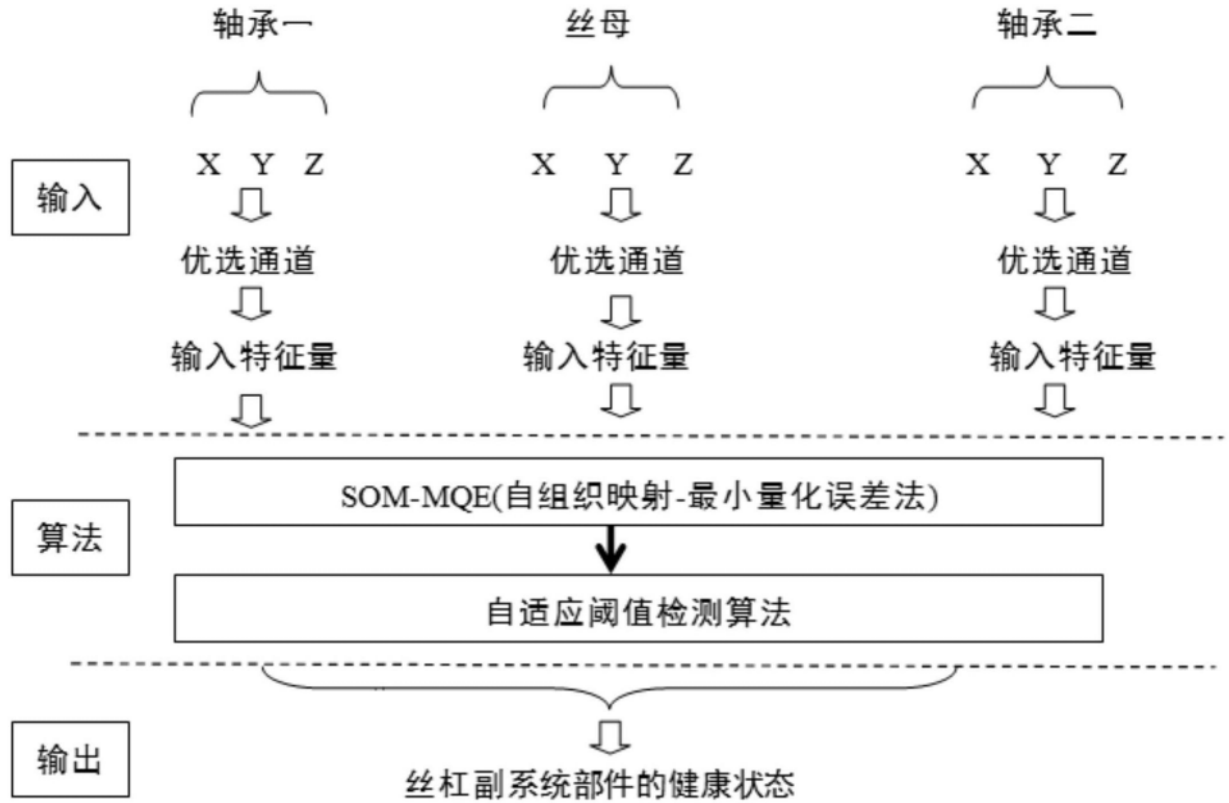


图2

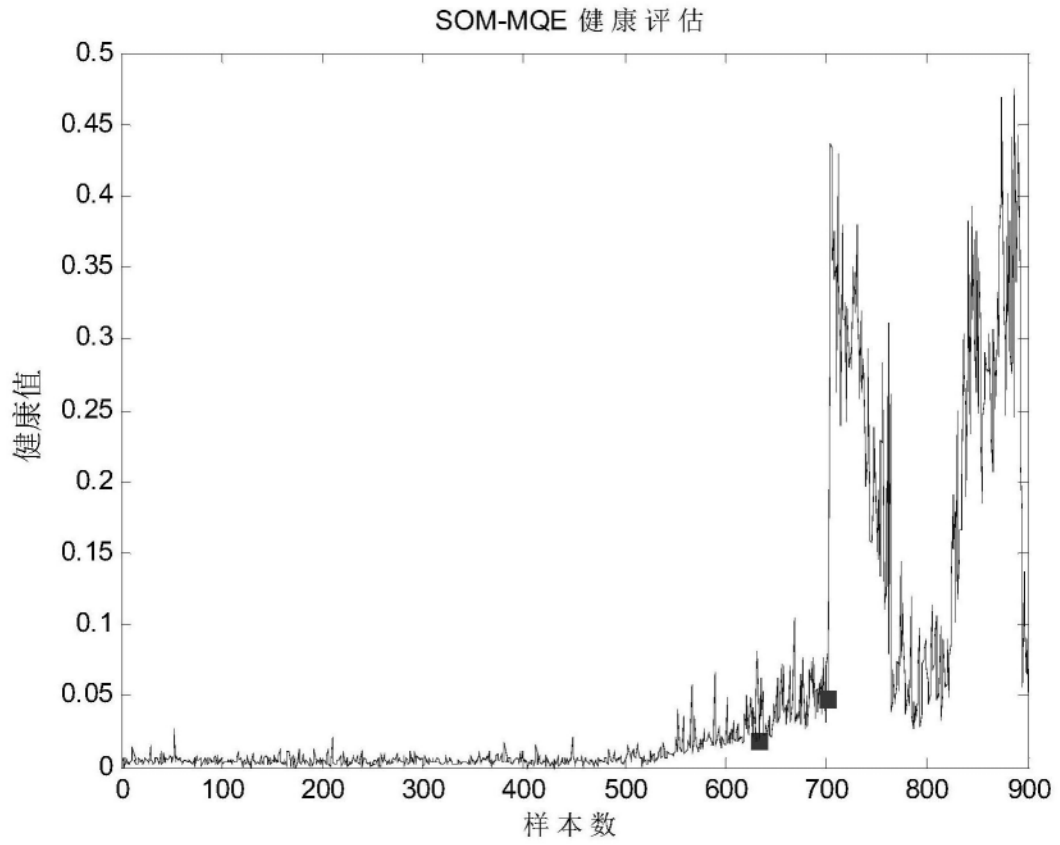


图3