



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109285156 A

(43)申请公布日 2019.01.29

(21)申请号 201811368639.X

G06T 7/187(2017.01)

(22)申请日 2018.11.16

(71)申请人 厦门大学

地址 361005 福建省厦门市思明南路422号

申请人 第一拖拉机股份有限公司

(72)发明人 王建军 姚斌 宋世毅 马晓帆

陈彬强 游明琳 邓锦湖 孙志高

杨小勇 王裕喆 刘红霞 李晨硕

尹晨旭

(74)专利代理机构 厦门南强之路专利事务所

(普通合伙) 35200

代理人 马应森

(51)Int.Cl.

G06T 7/00(2017.01)

G06T 7/11(2017.01)

权利要求书3页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法

(57)摘要

离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法,涉及整体立铣刀。整体立铣刀每加工完设定数量的工件后,用切削刃图像采集装置采集刀具每一个切削刃的图片;针对采集后的图片,以像素为操作单位,定位出磨损区域,求得磨损区域像素数量;建立刀具加工工件数量与磨损区域像素减少数量之间的关系,应用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测。使用整体立铣刀加工完一定数量工件后,停止加工,用吹屑装置去除切削刃上的切屑,应用切削刃图像采集装置采集图片;处理采集后的图片,以像素为操作单位,定位磨损区域,求得磨损区域像素数量;用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测。



1. 离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 整体立铣刀每加工完设定数量的工件后,用切削刃图像采集装置采集刀具每一个切削刃的图片;针对采集后的图片,以像素为操作单位,定位出磨损区域,求得磨损区域像素数量;建立刀具加工工件数量与磨损区域像素减少数量之间的关系,应用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测;

2) 使用整体立铣刀加工完一定数量工件后,停止加工,用吹屑装置去除切削刃上的切屑,应用切削刃图像采集装置采集图片;

3) 处理采集后的图片,以像素为操作单位,定位磨损区域,求得磨损区域像素数量;

4) 用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测,将迭代条件加入模型中,达到迭代收敛效果,提高预测的准确性。

2. 如权利要求1所述离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法,其特征在于在步骤1)中,所述应用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测的具体方法为:整体立铣刀的寿命状态包括刀具磨损预警和刀具磨损修复状态,分别用 S_w 和 S_r 表示,根据刀具切削刃像素减少数量,预测在达到上述两种磨损状态所预测的刀具加工的工件数量分别用 N_{pw} 和 N_{pr} 表示,而当前刀具实际加工工件的数量用 N_r 表示,若 $N_r \leq N_{pw}$,继续使用刀具加工; $N_{pw} < N_r \leq N_{pr}$,准备更换刀具,保证加工效率; $N_r > N_{pr}$,更换新刀具,修磨旧刀具。

3. 如权利要求1所述离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法,其特征在于在步骤2)中,所述采集图片时,定位每一切削刃相位要准确,保证拍照时刀具与相机相对位置相同。

4. 如权利要求1所述离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法,其特征在于在步骤3)中,所述处理采集后的图片,以像素为操作单位,定位磨损区域,求得磨损区域像素数量的具体步骤为:

(1) 读入图片,用亚像素处理方法再细分像素,提高图像分辨率;

(2) 对图像中值滤波处理,选用 9×9 模板对图像中值滤波;

(3) 形态学图像处理提取轮廓;对图像腐蚀处理,原图像与腐蚀图像作差得图像轮廓;

(4) 连通域操作去除图像小连通区域;八连通操作,去除图像中的小连通区域;八连通定义为:

$$N_8 = N_4 \cup (x+1, y+1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x-1, y-1)$$

式中 N_4 为四连通区域符号, (x, y) 是像素P点坐标;

(5) 运用几何知识操作像素坐标,确定切削刃磨损区域,在刀具未使用前,首先在刀具轮廓上确定两条无磨损边缘曲线K和L,假设边缘曲线K和L的矩形区域分别为:

$$\begin{cases} x_K \in (x_{K \min}, x_{K \max}) \\ y_K \in (y_{K \min}, y_{K \max}) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_L \in (x_{L \min}, x_{L \max}) \\ y_L \in (y_{L \min}, y_{L \max}) \end{cases}$$

式中 $x_{K \min}$, $x_{K \max}$, $y_{K \min}$, $y_{K \max}$ 分别表示包含边缘曲线K的矩形区域内横坐标与纵坐标区间最大值与最小值,下同;

考虑到图像采集相位的微小变化,为提高容错性, (x, y) 取值要在最大值和最小值之间,且留有足够的余量;所确定的两直线区域定义为R和T区域,在R和T区域确定拟合方程

为： $y=kx+b$ ；

用最小二乘法拟合确定两直线方程 l_K 和 l_L ，联立 l_K 和 l_L 方程：

$$\begin{cases} y = k_K x + b_K \\ y = k_L x + b_L \end{cases}$$

求得两条无磨损边缘直线交点为 (x_{KL}, y_{KL}) ；

在切削刃轮廓边确定一未参与切削的直线所在区域：

$$\begin{cases} x_W \in (x_{W \min}, x_{W \max}) \\ y_W \in (y_{W \min}, y_{W \max}) \end{cases}$$

为提高容错性，同样留有足够余量，利用矩形区域内像素点坐标拟合直线方程 l_W 为：

$$y=k_W x+b_W$$

根据刀具加工材料、加工参数，确定刀具磨损区域几何区域，确定的原则为该区域包含刀面的全部磨损区域，且包含非磨损区域，将 l_W 直线方程逆时针旋转 θ 角度，得到方程 l_X ：

$$y = \tan(\arctan k_W + \theta) x + b_X$$

则由直线方程 l_K 、 l_L 、 l_X 和 l_W 以及切削刃其他区域构成一封闭的磨损区域 Γ ；

(6) 根据不同连通区域面积，将磨损区域 Γ 分割出来，求和磨损区域像素数量 N_p ；

(7) 根据上述求磨损区域像素数量的具体步骤，求得某刀具连续加工 N 件工件，切削刃磨损区域像素减少数据。

5. 如权利要求1所述离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法，其特征在于在步骤4)中，所述用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测的具体方法为：

用 $\mathfrak{R}_1, \mathfrak{R}_2, \mathfrak{R}_3, \mathfrak{R}_4$ 表示整体刀具的每一切削刃，用 $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3 \dots$ 表示切削刃磨损区域像素减少数量，用 N 表示整体立铣刀加工的工件数量，整体立铣刀每加工一件工件后，通过对像素点进行几何操作得到磨损区域像素减少量，假设刀具加工完第 n 个工件后，根据上述参数建立如下映射关系：

$$\mathfrak{R}_1, \mathfrak{R}_2, \mathfrak{R}_3, \mathfrak{R}_4 \rightarrow N$$

$$\text{设 } \begin{bmatrix} \kappa_{11} & \kappa_{12} & \kappa_{13} & \dots & \kappa_{1n} \\ \kappa_{21} & \kappa_{22} & \kappa_{23} & \dots & \kappa_{2n} \\ \kappa_{31} & \kappa_{32} & \kappa_{33} & \dots & \kappa_{3n} \\ \kappa_{41} & \kappa_{42} & \kappa_{43} & \dots & \kappa_{4n} \end{bmatrix} \text{ 为加工 } n \text{ 个工件后每一个切削刃对应的磨损数据，设 } [1 \ 2 \ 3 \ \dots \ n]$$

为相之对应的加工件数；

将实验数据数据分为训练样本数据和预测样本数据，使用自迭代随机森林回归预测算法进行训练；在自迭代随机森林预测算法中设置迭代条件，当满足迭代条件时进行数据清洗，

$$\text{设刀具四个切削刃磨损区域像素减少量 } pre = \begin{bmatrix} \kappa_{1n_i} \\ \kappa_{2n_i} \\ \kappa_{3n_i} \\ \kappa_{4n_i} \end{bmatrix}$$

由此预测整体立铣刀达到刀具磨损警戒线的加工件数量为 n_i ；而 m_i 为达到刀具磨损警戒线实际加工件数量，切削刃磨损区域像素减少数量为：

$$rea = \begin{bmatrix} \kappa_{1m_i} \\ \kappa_{2m_i} \\ \kappa_{3m_i} \\ \kappa_{4m_i} \end{bmatrix}$$

设 ε 为松弛因子:

$$\varepsilon = \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \\ \zeta_4 \\ \zeta_N \end{bmatrix}$$

表示 ζ_1 - ζ_4 表示每个切削刃像素减少量的迭代条件和 ζ_N 为刀具加工件数量的迭代条件, 则:

$$\psi_1 = |\text{pre-rea}|$$

$$\psi_n = |n_i - m_i|$$

$$\psi = \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_n \end{bmatrix}$$

若 $\psi \geq \varepsilon$, 表明预测刀具磨损的样本数据准确性较差, 用rea数据替换pre数据, 相应的 m_i 替换 n_i , 重新训练样本数据。

离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及整体立铣刀,尤其涉及离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法。

背景技术

[0002] 随着国家智能制造“2025”计划的不断推进,企业对产品提质增效愈加重视,而刀具作为机械加工中最重要的工具,刀具磨损作为刀具失效主要原因,是导致刀具失效最重要的影响因素。

[0003] 随着人们对机器视觉的研究越来越深入,基于机器视觉的刀具磨损检测在刀具磨损监测领域应用越来越多。机器视觉观察刀具磨损更加直观,比传统的工人根据观察工件表面、振动以及噪声等方法来判断刀具磨损的传统方法来考虑是否换刀更加精确。对现有技术专利检索发现,申请号为CN106312692A,发明名称为:基于最小外接矩形的刀具磨损检测方法的中国发明专利申请提供一种基于图像识别,利用外接矩形求得磨损区域与未加工刀具区域宽度比值,判断刀具磨损程度。但是该方法存在如下问题:(1)最后的磨损区域矩形拟合过程中,因切削刃轮廓形状极其复杂,存在拟合误差,导致判断刀具磨损程度准确性下降;(2)只是对当前刀具磨损情况的检测,并未实现对刀具寿命的监测和预测。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法。

[0005] 本发明包括以下步骤:

[0006] 1) 整体立铣刀每加工完设定数量的工件后,用切削刃图像采集装置采集刀具每一个切削刃的图片;针对采集后的图片,以像素为操作单位,定位出磨损区域,求得磨损区域像素数量;建立刀具加工工件数量与磨损区域像素减少数量之间的关系,应用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测。

[0007] 在步骤1)中,所述应用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测的具体方法可为:整体立铣刀的寿命状态包括刀具磨损预警和刀具磨损修复状态,分别用 S_w 和 S_r 表示,根据刀具切削刃像素减少数量,预测在达到上述两种磨损状态所预测的刀具加工的工件数量分别用 N_{pw} 和 N_{pr} 表示,而当前刀具实际加工工件的数量用 N_r 表示,若 $N_r \leq N_{pw}$,继续使用刀具加工; $N_{pw} < N_r \leq N_{pr}$,准备更换刀具,保证加工效率; $N_r > N_{pr}$,更换新刀具,修磨旧刀具。

[0008] 2) 使用整体立铣刀加工完一定数量工件后,停止加工,用吹屑装置去除切削刃上的切屑,应用切削刃图像采集装置采集图片;

[0009] 在步骤2)中,所述采集图片时,定位每一切削刃相位要准确,保证拍照时刀具与相机相对位置相同。

[0010] 3) 处理采集后的图片,以像素为操作单位,定位磨损区域,求得磨损区域像素数量;

[0011] 在步骤3)中,所述处理采集后的图片,以像素为操作单位,定位磨损区域,求得磨

损区域像素数量的具体步骤可为：

[0012] (1) 读入图片,用亚像素处理方法再细分像素,提高图像分辨率；

[0013] (2) 对图像中值滤波处理,选用 9×9 模板对图像中值滤波；

[0014] (3) 形态学图像处理提取轮廓。对图像腐蚀处理,原图像与腐蚀图像作差得图像轮廓；

[0015] (4) 连通域操作去除图像小连通区域。八连通操作,去除图像中的小连通区域；八连通定义为：

[0016] $N_8 = N_4 \cup (x+1, y+1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x-1, y-1)$

[0017] 式中 N_4 为四连通区域符号, (x, y) 是像素P点坐标。

[0018] (5) 运用几何知识操作像素坐标,确定切削刃磨损区域,在刀具未使用前,首先在刀具轮廓上确定两条无磨损边缘曲线K和L,假设边缘曲线K和L的矩形区域分别为：

[0019]
$$\begin{cases} x_K \in (x_{K \min}, x_{K \max}) \\ y_K \in (y_{K \min}, y_{K \max}) \end{cases}$$

[0020]
$$\begin{cases} x_L \in (x_{L \min}, x_{L \max}) \\ y_L \in (y_{L \min}, y_{L \max}) \end{cases}$$

[0021] 式中 $x_{K \min}, x_{K \max}, y_{K \min}, y_{K \max}$ 分别表示包含边缘曲线K的矩形区域内横坐标与纵坐标区间最大值与最小值,下同。

[0022] 考虑到图像采集相位的微小变化,为提高容错性, (x, y) 取值要在最大值和最小值之间,且留有足够的余量。所确定的两直线区域定义为R和T区域,在R和T区域确定拟合方程为： $y = kx + b$ ；

[0023] 用最小二乘法拟合确定两直线方程 l_K 和 l_L ,联立 l_K 和 l_L 方程：

[0024]
$$\begin{cases} y = k_K x + b_K \\ y = k_L x + b_L \end{cases}$$

[0025] 求得两条无磨损边缘直线交点为 (x_{KL}, y_{KL}) ；

[0026] 在切削刃轮廓边确定一未参与切削的直线所在区域：

[0027]
$$\begin{cases} x_W \in (x_{W \min}, x_{W \max}) \\ y_W \in (y_{W \min}, y_{W \max}) \end{cases}$$

[0028] 为提高容错性,同样留有足够余量,利用矩形区域内像素点坐标拟合直线方程 l_W 为：

[0029] $y = k_W x + b_W$

[0030] 根据刀具加工材料、加工参数,确定刀具磨损区域几何区域,确定的原则一般为该区域包含该刀面的全部磨损区域,且尽可能少地包含非磨损区域,将 l_W 直线方程逆时针旋转 θ 角度,得到方程 l_X ：

[0031] $y = \tan(\arctan k_W + \theta) x + b_X$

[0032] 则由直线方程 l_K, l_L, l_X 和 l_W 以及切削刃其他区域构成一封闭的磨损区域 Γ 。

[0033] (6) 根据不同连通区域面积,将磨损区域 Γ 分割出来,求和磨损区域像素数量 N_p 。

[0034] (7) 根据上述求磨损区域像素数量的具体步骤,求得某刀具连续加工N件工件,切削刃磨损区域像素减少数据。

[0035] 4) 用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测。与传统的随机森林模型不同,

本发明将迭代条件加入模型中,达到迭代收敛效果,提高预测的准确性。

[0036] 在步骤4)中,所述用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测的具体方法可为:用 $\mathfrak{R}_1, \mathfrak{R}_2, \mathfrak{R}_3, \mathfrak{R}_4$ 表示整体刀具的每一切削刃,用 $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \dots$ 表示切削刃磨损区域像素减少数量,用 N 表示整体立铣刀加工的工件数量,整体立铣刀每加工一件工件后,通过对像素点进行几何操作得到磨损区域像素减少量,假设刀具加工完第 n 个工件后,根据上述参数建立如下映射关系:

[0037] $\mathfrak{R}_1, \mathfrak{R}_2, \mathfrak{R}_3, \mathfrak{R}_4 \rightarrow N$

[0038] 设
$$\begin{bmatrix} \kappa_{11} & \kappa_{12} & \kappa_{13} & \dots & \kappa_{1n} \\ \kappa_{21} & \kappa_{22} & \kappa_{23} & \dots & \kappa_{2n} \\ \kappa_{31} & \kappa_{32} & \kappa_{33} & \dots & \kappa_{3n} \\ \kappa_{41} & \kappa_{42} & \kappa_{43} & \dots & \kappa_{4n} \end{bmatrix}$$
 为加工 n 个工件后每一个切削刃对应的磨损数据,设 $[1 \ 2 \ 3$

$\dots \ n]$ 为相之对应的加工件数。

[0039] 将实验数据数据分为训练样本数据和预测样本数据,使用自迭代随机森林回归预测算法进行训练。与传统的随机森林回归预测不同,在自迭代随机森林预测算法中设置迭代条件,当满足迭代条件时进行数据清洗。

[0040] 设刀具四个切削刃磨损区域像素减少量 $pre = \begin{bmatrix} \kappa_{1n_i} \\ \kappa_{2n_i} \\ \kappa_{3n_i} \\ \kappa_{4n_i} \end{bmatrix}$

[0041] 由此预测整体立铣刀达到刀具磨损警戒线的可以加工件数量为 n_i ;而 m_i 为达到刀具磨损警戒线实际加工件数量,切削刃磨损区域像素减少数量为:

[0042] $rea = \begin{bmatrix} \kappa_{1m_i} \\ \kappa_{2m_i} \\ \kappa_{3m_i} \\ \kappa_{4m_i} \end{bmatrix}$

[0043] 设 ε 为松弛因子:

[0044] $\varepsilon = \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \\ \zeta_4 \\ \zeta_N \end{bmatrix}$

[0045] 表示 $\zeta_1 - \zeta_4$ 表示每个切削刃像素减少量的迭代条件和 ζ_N 为刀具加工件数量的迭代条件,则:

[0046] $\psi_1 = |pre - rea|$

[0047] $\psi_n = |n_i - m_i|$

[0048] $\psi = \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_n \end{bmatrix}$

[0049] 若 $\psi \geq \varepsilon$,表明预测刀具磨损的样本数据准确性较差,用 rea 数据替换 pre 数据,相应的 m_i 替换 n_i ,重新训练样本数据。这样,在传统的随机森林算法中引入松弛因子 ε 后,提高了训练样本和预测刀具磨损数据的准确性。

[0050] 本发明基于图像最小单位,运用几何知识确定刀具磨损区域,将刀具磨损区域直观地表达为像素减少量;基于上述数据,对一种刀具寿命预测模型进行优化,实现对刀具寿

命的监测和预测。

附图说明

- [0051] 图1为本发明实施例的流程图；
 [0052] 图2为亚像素处理后刀具切削刃图片；
 [0053] 图3为中值滤波处理后刀具切削刃图片；
 [0054] 图4为图像轮廓；
 [0055] 图5为去除小连通区域后图像；
 [0056] 图6为边缘曲线构成的磨损区域；
 [0057] 图7为分割出来的磨损区域；
 [0058] 图8为像素减少数量与刀具加工工件数量关系图。

具体实施方式

[0059] 以下实施例将结合附图对本发明作进一步的说明。

[0060] 1. 在某型号加工中心使用整体立铣刀加工拖拉机变速箱,每加工完一工件用图像采集装置采集每一个切削刃的图片。采集装置主要包括定位块和相机,定位块保证铣刀每一个切削刃相位正确,用吹屑装置去除切削刃上的切屑,使用相机采集图片,采集过程中保证拍照时刀具与相机相对位置相同,如图1所示。

[0061] 2. 处理采集后的图片,以像素为操作单位,定位磨损区域,求得磨损区域像素数量。具体步骤为:

[0062] 1) 读入图片,用亚像素处理方法再细分像素,提高图像分辨率,如图2所示;

[0063] 2) 对图像中值滤波处理。选用 9×9 模板对图像中值滤波,处理后图像如图3所示。

[0064] 3) 形态学图像处理提取轮廓。对图像腐蚀处理,原图像与腐蚀图像作差得到图像轮廓,如图4所示;

[0065] 4) 连通域操作去除图像小连通区域,如图5所示。八连通操作,去除图像中的小连通区域。八连通定义为:

[0066] $N_8 = N_4 \cup (x+1, y+1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x-1, y-1)$;

[0067] 5) 运用几何知识,操作像素坐标,确定切削刃磨损区域。在刀具未使用前,首先在刀具轮廓上确定两条无磨损边缘曲线K和L,假设边缘曲线K和L的矩形区域分别为:

[0068]
$$\begin{cases} x_K \in (1930, 2400) \\ y_K \in (300, 1400) \end{cases}$$

[0069]
$$\begin{cases} x_L \in (2900, 3570) \\ y_L \in (1000, 2100) \end{cases}$$

[0070] 所两直线所在区域定义为R和T。在R和T区域确定拟合方程为:

[0071] $y = kx + b$

[0072] 用最小二乘法拟合两直线方程 l_K 和 l_L 。联立 l_K 和 l_L 方程:

[0073]
$$\begin{cases} y = 2.9186x - 225.6235 \\ y = 0.6480x + 2048 \end{cases}$$

[0074] 求得两无磨损边缘直线交点为(1002, 2697)。

[0075] 在切削刃轮廓边确定一未参与切削的直线,直线所在矩形区域为:

$$[0076] \quad \begin{cases} x_W \in (2490,2700) \\ y_W \in (2690,3650) \end{cases}$$

[0077] 利用矩形区域内像素点坐标拟合直线方程 l_W 为:

$$[0078] \quad y=0.7039x+26.7363$$

[0079] 根据刀具加工材料、加工参数,确定刀具磨损几何区域,确定的原则一般为该区域包含该刀面的全部磨损区域,且尽可能少地包含非磨损区域。根据实例刀具磨损区域几何形状,确定将 l_W 直线方程逆时针旋转 37° ,得到方程 l_X :

$$[0080] \quad y=-0.079x+1991.6922$$

[0081] 由直线方程 l_K 、 l_L 、 l_X 和 l_W 以及其他边缘曲线构成了封闭的磨损区域 Γ ,如图6所示。

[0082] 6) 根据不同连通区域面积,将磨损区域 Γ 分割出来,如图7所示。求和磨损区域像素数量 N_p 。

[0083] 7) 根据上述方法求得刀具3号切削刃连续加工13件工件,磨损区域像素减少数据,如图8所示。

[0084] 3. 用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测。与传统的随机森林模型不同,此发明将迭代条件加入模型中,达到迭代收敛效果,提高预测的准确性。

[0085] 按照上述方法,用 $\mathfrak{R}_1, \mathfrak{R}_2, \mathfrak{R}_3, \mathfrak{R}_4$ 表示整体刀具的每一切削刃,用 $\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3, \dots$ 表示切削刃磨损区域像素减少数量,用 N 表示整体立铣刀加工的工件数量,整体立铣刀每加工一件工件后,通过对像素点进行几何操作得到磨损区域像素减少量,假设刀具加工完第 n 个工件后,根据上述参数建立如下映射关系:

$$[0086] \quad \mathfrak{R}_1, \mathfrak{R}_2, \mathfrak{R}_3, \mathfrak{R}_4 \rightarrow N$$

$$[0087] \quad \text{设} \begin{bmatrix} \kappa_{11} & \kappa_{12} & \kappa_{13} & \dots & \kappa_{1n} \\ \kappa_{21} & \kappa_{22} & \kappa_{23} & \dots & \kappa_{2n} \\ \kappa_{31} & \kappa_{32} & \kappa_{33} & \dots & \kappa_{3n} \\ \kappa_{41} & \kappa_{42} & \kappa_{43} & \dots & \kappa_{4n} \end{bmatrix} \text{为加工} n \text{个工件后每一个切削刃对应的磨损数据,设} [1 \ 2$$

3 \dots n] \text{为相之对应的加工件数。}

[0088] 将实验数据数据分为训练样本数据和预测样本数据,使用自迭代随机森林回归预测算法进行训练。与传统的随机森林回归预测不同,在自迭代随机森林预测算法中设置迭代条件,当满足迭代条件时进行数据清洗。

$$[0089] \quad \text{设刀具四个切削刃磨损区域像素减少量} pre = \begin{bmatrix} \kappa_{1n_i} \\ \kappa_{2n_i} \\ \kappa_{3n_i} \\ \kappa_{4n_i} \end{bmatrix}$$

[0090] 由此预测整体立铣刀达到刀具磨损警戒线的可以加工件数量为 n_i 。而 m_i 为达到刀具磨损警戒线实际加工件数量,切削刃磨损区域像素减少数量为:

$$[0091] \quad rea = \begin{bmatrix} \kappa_{1m_i} \\ \kappa_{2m_i} \\ \kappa_{3m_i} \\ \kappa_{4m_i} \end{bmatrix}$$

[0092] 设 ε 为松弛因子:

$$[0093] \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \zeta_1 \\ \zeta_2 \\ \zeta_3 \\ \zeta_4 \\ \zeta_N \end{bmatrix}$$

[0094] 表示 ζ_1 - ζ_4 表示每个切削刃像素减少量的迭代条件和 ζ_N 为刀具加工件数量的迭代条件,

[0095] 则:

$$[0096] \quad \psi_1 = |\text{pre-rea}|$$

$$[0097] \quad \psi_n = |n_i - m_i|$$

$$[0098] \quad \psi = \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_n \end{bmatrix}$$

[0099] 若 $\psi \geq \varepsilon$,表明预测刀具磨损的样本数据准确性较差,用rea数据替换pre数据,相应的 m_i 替换 n_i ,重新训练样本数据。这样,在传统的随机森林算法中引入松弛因子 ε 后,提高了训练样本和预测刀具磨损数据的准确性。

[0100] 所述应用自迭代随机森林模型实现对刀具寿命的预测。整体立铣刀的寿命状态包括刀具磨损预警和刀具磨损修复状态,分别用 S_w 和 S_r 表示。根据刀具切削刃像素减少数量,预测在达到上述两种磨损状态所预测的刀具加工的工件数量分别为 N_{pw} 和 N_{pr} 。而当前刀具实际加工工件的数量为 N_r ,若 $N_r \leq N_{pw}$,继续使用刀具加工; $N_{pw} < N_r \leq N_{pr}$,准备更换刀具,保证加工效率; $N_r > N_{pr}$,更换新刀具,修磨旧刀具。

[0101] 本发明针对刀具磨损提出一种基于像素法离线预测拖拉机变速箱加工用整体立铣刀寿命的方法,方法包括:用整体立铣刀加工完工件后,用切削刃图像采集装置采集每一个切削刃图片;对每一切削刃图片经过亚像素处理、中值滤波等处理后提取轮廓,以像素为操作单位,应用几何知识定位出磨损区域,根据磨损区域像素的减少数量,判断刀具的磨损情况;随着刀具加工件数的不断增加,磨损区域的像素数量会不断减少,应用自迭代随机森林模型建立刀具加工件数和磨损区域像素减少量的关系,实现对刀具寿命的监测和预测。

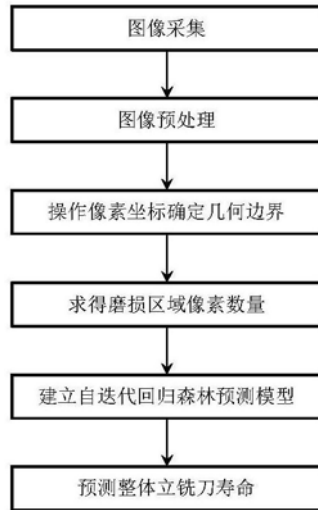


图1



图2



图3

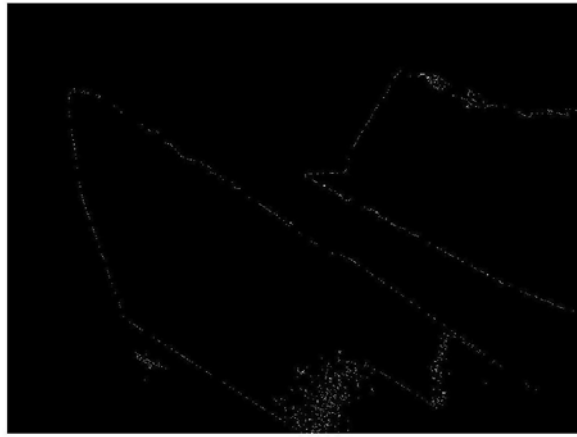


图4



图5

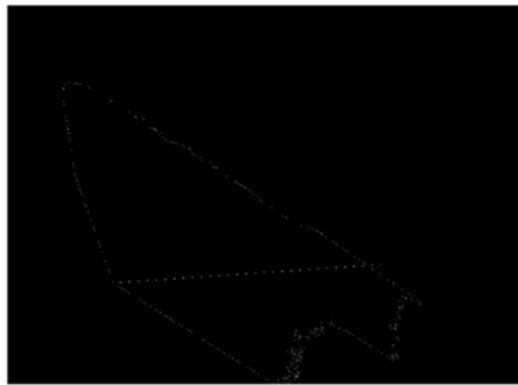


图6



图7

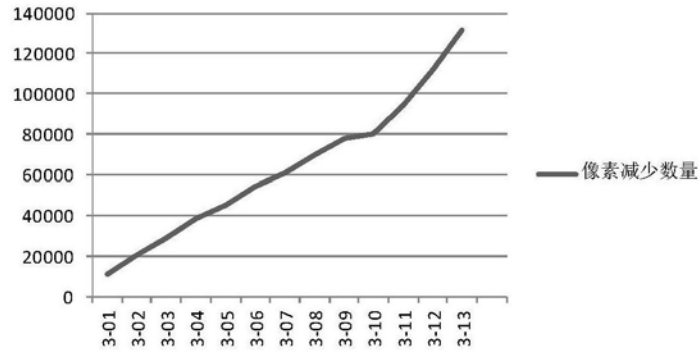


图8