



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118192479 A

(43) 申请公布日 2024.06.14

(21) 申请号 202410615645.X

(22) 申请日 2024.05.17

(71) 申请人 南京微思软件有限公司

地址 211899 江苏省南京市江北新区浦滨  
路150号中科创新广场13栋8楼

(72) 发明人 孙文美 王彩贵

(74) 专利代理机构 南京权盟知识产权代理事务  
所(普通合伙) 32722

专利代理师 龙欢

(51) Int. Cl.

G05B 19/418 (2006.01)

权利要求书3页 说明书8页 附图2页

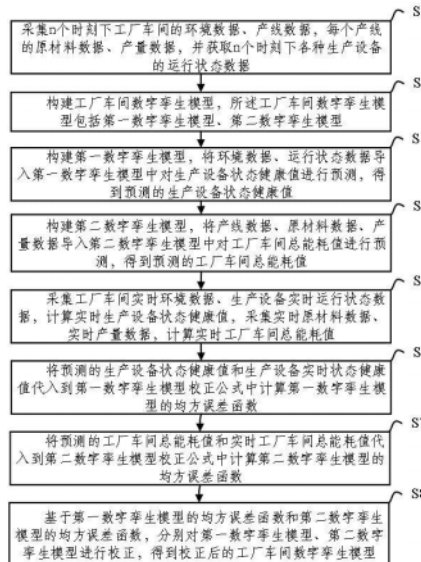
(54) 发明名称

基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法及系统,涉及模型校正技术领域,所述方法,包括采集环境数据、产线数据,原材料数据、产量数据、生产设备的运行状态数据;构建第一数字孪生模型,对生产设备状态健康值进行预测,构建第二数字孪生模型对工厂车间总能耗值进行预测,得到预测的工厂车间总能耗值;计算第一数字孪生模型的均方误差函数;计算第二数字孪生模型的均方误差函数;对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型。本发明能够提高对工厂车间生产情况预测的准确性,帮助生产者更好地管理工厂车间。

CN 118192479 A



1. 基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法,其特征在于:所述方法包括以下具体步骤:

S1、采集n个时刻下工厂车间的环境数据、产线数据,每个产线的原材料数据、产量数据,并获取n个时刻下各种生产设备的运行状态数据;

S2、构建工厂车间数字孪生模型,所述工厂车间数字孪生模型包括第一数字孪生模型、第二数字孪生模型;

S3、构建第一数字孪生模型,将环境数据、运行状态数据导入第一数字孪生模型中对生产设备状态健康值进行预测,得到预测的生产设备状态健康值;

S4、构建第二数字孪生模型,将产线数据、原材料数据、产量数据导入第二数字孪生模型中对工厂车间总能耗值进行预测,得到预测的工厂车间总能耗值;

S5、采集工厂车间实时环境数据、生产设备实时运行状态数据,计算实时生产设备状态健康值,采集实时原材料数据、实时产量数据,计算实时工厂车间总能耗值;

S6、将预测的生产设备状态健康值和生产设备实时状态健康值代入到第一数字孪生模型校正公式中计算第一数字孪生模型的均方误差函数;

S7、将预测的工厂车间总能耗值和实时工厂车间总能耗值代入到第二数字孪生模型校正公式中计算第二数字孪生模型的均方误差函数;

S8、基于第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数,分别对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型。

2. 根据权利要求1所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法,其特征在于:所述环境数据包括:使用温湿度传感器测量到的车间温度、车间湿度;所述运行状态数据包括:设备运行时间、设备温度、使用声级计测量到的设备噪音;所述产线数据包括:工厂车间的产线数量、每个产线上生产设备数量;所述原材料数据包括:原材料的种类数量、每种原材料的重量;所述产量数据包括每个产线的产品产量。

3. 根据权利要求2所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法,其特征在于:所述S3的具体步骤为:

S301、将n个时刻的环境数据、运行状态数据作为设备状态健康特征数据,将设备状态健康特征数据输入到第一数字孪生模型中,得到预测的生产设备状态健康值;

S302、所述第一数字孪生模型基于历史设备状态健康样本集训练得到,所述历史设备状态健康样本集包括设备状态健康特征数据及对应的生产设备状态健康值;

S303、所述生产设备状态健康值的获取逻辑如下:

获取n个时刻的车间温度、车间湿度、设备运行时间、设备温度,以及设备噪音,并代入到生产设备状态健康值计算公式中计算n个时刻的生产设备状态健康值,所述生产设备状态健康值计算公式为:

$$H_i = \alpha_1 \times \frac{ts_i - \frac{\sum_{j=1}^n ts_j}{n}}{\frac{\sum_{j=1}^n ts_j}{n}} + \alpha_2 \times \frac{ns_i - \frac{\sum_{j=1}^n ns_j}{n}}{ns_{\max} - \frac{\sum_{j=1}^n ns_j}{n}} + \alpha_3 \times \frac{\left| ch_i - \frac{ch_{\max} - ch_{\min}}{2} \right|}{\frac{ch_{\max} - ch_{\min}}{2}} + \alpha_4 \times \frac{\left| \frac{T_i}{CT_i} - \frac{\frac{T_{\max}}{CT_{\max}} - \frac{T_{\min}}{CT_{\min}}}{2} \right|}{\frac{\frac{T_{\max}}{CT_{\max}} - \frac{T_{\min}}{CT_{\min}}}{2}}; \text{其中 } H_i$$

为第*i*个时刻的生产设备状态健康值； $ts_i$ 、 $ns_i$ 、 $ch_i$ 、 $T_i$ 、 $CT_i$ 分别为第*i*个时刻的设备运行时间、设备噪音、车间湿度、设备温度、车间温度； $ns_{\max}$ 、 $ch_{\max}$ 、 $ch_{\min}$ 、 $T_{\min}$ 、 $T_{\max}$ 、 $CT_{\min}$ 、 $CT_{\max}$ 分别为生产设备最大可接受噪音水平、保证生产设备可运行的最大湿度和最小湿度、*n*个时刻里设备温度的最小值和最大值，以及设备温度的最小值对应时刻下的车间温度、设备温度的最大值对应时刻下的车间温度， $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$ 分别为设备运行时间影响系数、设备噪音影响系数、湿度影响系数、温度影响系数，其中 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$ 均大于0且相加之和为1。

4. 根据权利要求3所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法，其特征在于：所述S4的具体步骤为：

S401、将*n*个时刻的产线数据、原材料数据、产量数据作为产线能耗特征数据，将产线能耗特征数据输入到第二数字孪生模型中，得到预测的工厂车间总能耗值；

S402、所述第二数字孪生模型基于历史产线能耗样本集训练得到，所述历史产线能耗样本集包括产线能耗特征数据及对应的工厂车间总能耗值；

S403、所述工厂车间总能耗值的获取逻辑如下：

获取*n*个时刻的工厂车间的产线数量、每个产线上生产设备数量；原材料的种类数量、每种原材料的重量、每个产线的产品产量，并代入到产线能耗值计算公式中计算*n*个时刻的

产线能耗值，所述产线能耗值计算公式为： $E_{ji} = \sum_{q=1}^{Q_j} se_{jq} + \sum_{k=1}^{K_j} \beta_{jk} \times ye_{jk}$ ，其中 $E_{ji}$ 为第*j*条产线在

第*i*个时刻的产线能耗值； $se_{jq}$ 为在第*i*个时刻时第*j*个产线上第*q*台生产设备的能耗值， $Q_j$ 为在第*i*个时刻时第*j*个产线上生产设备数量； $ye_{jk}$ 为在第*i*个时刻时第*j*个产线上第*k*种原材料的能耗系数， $\beta_{jk}$ 为在第*i*个时刻时第*j*个产线上第*k*种原材料的重量， $K_j$ 为在第*i*个时刻时第*j*个产线上原材料的种类数量。

5. 根据权利要求4所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法，其特征在于：所述S403还包括：

计算在第*i*个时刻的工厂车间总能耗值 $E_{totali} = \sum_{j=1}^M E_{ji}$ ，其中在第*i*个时刻时*M*为产线数量。

6. 根据权利要求5所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法，其特征在于：所述S5，包括以下具体步骤：

S501、采集工厂车间实时环境数据、生产设备实时运行状态数据，根据所述生产设备状态健康值的获取逻辑，计算得到实时生产设备状态健康值*H*；

S502、采集实时原材料数据、实时产量数据，根据所述工厂车间总能耗值的获取逻辑，计算得到实时工厂车间总能耗值*E*。

7. 根据权利要求6所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法,其特征在在于:所述第一数字孪生模型校正公式为:
$$\Delta H = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (H_{p_i} - H_i)^2}$$
,其中 $\Delta H$ 为第一数字孪生模型的均方误差函数; $H_{p_i}$ 为第一数字孪生模型预测的第*i*个时刻生产设备状态健康值, $H_i$ 为根据生产设备状态健康值计算公式计算得到的第*i*个时刻的生产设备状态健康值。

8. 根据权利要求7所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法,其特征在在于:所述第二数字孪生模型校正公式为:
$$\Delta E = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (E_{p_i} - E_i)^2}$$
,其中 $\Delta E$ 为第二数字孪生模型的均方误差函数; $E_{p_i}$ 为第二数字孪生模型预测的第*i*个时刻的工厂车间总能耗值, $E_i$ 为根据工厂车间总能耗值计算公式计算得到的第*i*个时刻的工厂车间总能耗值。

9. 根据权利要求8所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法,其特征在在于:所述S8具体包括:以最小化第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数,作为第一数字孪生模型、第二数字孪生模型的校正目标,对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,直到第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数分别达到收敛时停止校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型。

10. 基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正系统,其基于如权利要求1-9中任一项所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法实现,其特征在在于:所述系统包括以下模块:

数据采集模块,用于采集*n*个时刻下工厂车间的环境数据、产线数据,每个产线的原材料数据、产量数据,并获取*n*个时刻下各种生产设备的运行状态数据;

数字孪生模型构建模块,用于构建工厂车间数字孪生模型,所述工厂车间数字孪生模型包括第一数字孪生模型、第二数字孪生模型;构建第一数字孪生模型,将环境数据、运行状态数据导入第一数字孪生模型中对生产设备状态健康值进行预测,得到预测的生产设备状态健康值;构建第二数字孪生模型,将产线数据、原材料数据、产量数据导入第二数字孪生模型中对工厂车间总能耗值进行预测,得到预测的工厂车间总能耗值;

实时数据分析模块,用于采集工厂车间实时环境数据、生产设备实时运行状态数据,计算实时生产设备状态健康值,采集实时原材料数据、实时产量数据,计算实时工厂车间总能耗值;

校正处理模块,用于将预测的生产设备状态健康值和生产设备实时状态健康值代入到第一数字孪生模型校正公式中计算第一数字孪生模型的均方误差函数;将预测的工厂车间总能耗值和实时工厂车间总能耗值代入到第二数字孪生模型校正公式中计算第二数字孪生模型的均方误差函数;

校正模型获取模块,用于基于第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数,分别对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型;

控制模块,用于控制各个模块的运行。

## 基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及模型校正技术领域,特别是涉及基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法及系统。

### 背景技术

[0002] 随着信息技术的快速发展,智能制造和工业智能化已成为全球制造业的主要发展趋势。工厂车间也朝着越来越智能的方向发展。通过数字化技术和数据驱动的方法构建工厂车间数字孪生模型可以优化生产流程,提高生产效率和产品质量。但数字孪生模型需要不断的校正才可以提高对工厂车间生产情况预测的准确性,同时数字孪生模型的校正也需要结合工厂车间的具体环境进行分析,从而保证数字孪生模型预测过程的实时准确。

[0003] 如授权公告号为CN112947294B的中国专利公开了一种基于数字孪生的汽车装配车间监控仿真系统,所述系统包括装配车间静态模型建立模块、双向通道数据采集模块、装配车间动态模型建立模块、生产运行同步校正模块、装配车间实体控制模块,所述装配车间静态模型建立模块用于初步建立装配车间实体的静态模型,所述双向通道数据采集模块用于通过双向通讯通道采集静态模型子项的实时运行数据,所述装配车间动态模型建立模块用于结合装配车间静态模型以及采集的静态模型子项实时运行数据建立装配车间的动态模型,所述生产运行同步校正模块用于监测装配车间的动态模型、计算校正、同步装配车间运行流程并输出校正同步信号,所述装配车间控制模块用于通过校正同步信号控制装配车间实体,该发明由以上模块具备实时监控、优化汽车装配车间运行的效果。

[0004] 如公开号为CN117495221A的专利公开了基于数字孪生场景搭建的全自动智能装车控制方法,涉及智能装车技术领域,包括以下步骤:搭建孪生工厂虚拟场景:通过传感器和摄像头实时采集真实世界的快递装车工厂内的环境信息以及工厂内各机械设备的动作信息和位置信息,对收集的信息进行清洗、去噪以及校正处理,并上传到云服务器,利用Solidworks建模软件构建虚拟场景模型,使用LOD技术进行模型优化,并将优化后的三维模型导入Unity3D虚拟仿真平台中。该发明提出了基于数字孪生场景搭建的全自动智能装车控制方法,通过对进入工厂内的车辆进行限速提醒,便于后续对车辆进行扫描识别,避免因车辆速度过快导致捕捉的图像不清晰。

[0005] 以上专利都存在本背景技术提出的问题:没有结合工厂车间的具体环境进行分析,根据分析结果实时的优化工厂车间数字孪生模型;为解决这些问题,本发明提出了基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法及系统。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术的不足,本发明的主要目的是提供基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法及系统,能够有效解决背景技术中的问题。本发明的具体技术方案如下:

[0007] 基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法,包括以下具体步骤:

[0008] S1、采集n个时刻下工厂车间的环境数据、产线数据,每个产线的原材料数据、产量



数据,并获取n个时刻下各种生产设备的运行状态数据;

[0009] S2、构建工厂车间数字孪生模型,所述工厂车间数字孪生模型包括第一数字孪生模型、第二数字孪生模型;

[0010] S3、构建第一数字孪生模型,将环境数据、运行状态数据导入第一数字孪生模型中对生产设备状态健康值进行预测,得到预测的生产设备状态健康值;

[0011] S4、构建第二数字孪生模型,将产线数据、原材料数据、产量数据导入第二数字孪生模型中对工厂车间总能耗值进行预测,得到预测的工厂车间总能耗值;

[0012] S5、采集工厂车间实时环境数据、生产设备实时运行状态数据,计算实时生产设备状态健康值,采集实时原材料数据、实时产量数据,计算实时工厂车间总能耗值;

[0013] S6、将预测的生产设备状态健康值和生产设备实时状态健康值代入到第一数字孪生模型校正公式中计算第一数字孪生模型的均方误差函数;

[0014] S7、将预测的工厂车间总能耗值和实时工厂车间总能耗值代入到第二数字孪生模型校正公式中计算第二数字孪生模型的均方误差函数;

[0015] S8、基于第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数,分别对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型。

[0016] 具体的,所述环境数据包括:使用温湿度传感器测量到的车间温度、车间湿度;所述运行状态数据包括:设备运行时间、设备温度、使用声级计测量到的设备噪音;所述产线数据包括:工厂车间的产线数量、每个产线上生产设备数量;所述原材料数据包括:原材料的种类数量、每种原材料的重量;所述产量数据包括每个产线的产品产量。

[0017] 具体的,所述S3的具体步骤为:

[0018] S301、将n个时刻的环境数据、运行状态数据作为设备状态健康特征数据,将设备状态健康特征数据输入到第一数字孪生模型中,得到预测的生产设备状态健康值;

[0019] S302、所述第一数字孪生模型基于历史设备状态健康样本集训练得到,所述历史设备状态健康样本集包括设备状态健康特征数据及对应的生产设备状态健康值;

[0020] S303、所述生产设备状态健康值的获取逻辑如下:

[0021] 获取n个时刻的车间温度、车间湿度、设备运行时间、设备温度,以及设备噪音,并代入到生产设备状态健康值计算公式中计算n个时刻的生产设备状态健康值,所述生产设备状态健康值计算公式为:

$$H_i = \alpha_1 \times \frac{ts_i - \frac{\sum_{i=1}^n ts_i}{n}}{\sum_{i=1}^n ts_i} + \alpha_2 \times \frac{ns_i - \frac{\sum_{i=1}^n ns_i}{n}}{ns_{\max} - \frac{\sum_{i=1}^n ns_i}{n}} + \alpha_3 \times \frac{\left| ch_i - \frac{ch_{\max} - ch_{\min}}{2} \right|}{\frac{ch_{\max} - ch_{\min}}{2}} + \alpha_4 \times \frac{\left| \frac{T_i - \frac{T_{\max} - T_{\min}}{CT_{\max}} - \frac{T_{\min}}{CT_{\min}}}{CT_i} \right|}{\frac{\frac{T_{\max} - T_{\min}}{CT_{\max}} - \frac{T_{\min}}{CT_{\min}}}{2}}$$

;其中 $H_i$ 为第i个时刻的生产设备状态健康值; $ts_i$ 、 $ns_i$ 、 $ch_i$ 、 $T_i$ 、 $CT_i$ 分别为第i个时刻的设备运行时间、设备噪音、车间湿度、设备温度、车间温度;

$ns_{\max}$ 、 $ch_{\max}$ 、 $ch_{\min}$ 、 $T_{\min}$ 、 $T_{\max}$ 、 $CT_{\min}$ 、 $CT_{\max}$ 分别为生产设备最大可接受噪音水平、保证生产设备可运行的最大湿度和最小湿度、n个时刻里设备温度的最小值和最大值,以及设备温度的

最小值对应时刻下的车间温度、设备温度的最大值对应时刻下的车间温度,  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$  分别为设备运行时间影响系数、设备噪音影响系数、湿度影响系数、温度影响系数, 其中  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$  均大于0且相加之和为1。

[0022] 具体的, 所述S4的具体步骤为:

[0023] S401、将n个时刻的产线数据、原材料数据、产量数据作为产线能耗特征数据, 将产线能耗特征数据输入到第二数字孪生模型中, 得到预测的工厂车间总能耗值;

[0024] S402、所述第二数字孪生模型基于历史产线能耗样本集训练得到, 所述历史产线能耗样本集包括产线能耗特征数据及对应的工厂车间总能耗值;

[0025] S403、所述工厂车间总能耗值的获取逻辑如下:

[0026] 获取n个时刻的工厂车间的产线数量、每个产线上生产设备数量; 原材料的种类数量、每种原材料的重量、每个产线的产品产量, 并代入到产线能耗值计算公式中计算n个时刻的产线能耗值, 所述产线能耗值计算公式为:  $E_{ji} = \sum_{q=1}^{Q_j} se_{jq} + \sum_{k=1}^{K_j} \beta_{jk} \times ye_{jk}$ , 其中  $E_{ji}$  为第j条产线在第i个时刻的产线能耗值;  $se_{jq}$  为在第i个时刻时第j个产线上第q台生产设备的能耗值,  $Q_j$  为在第i个时刻时第j个产线上生产设备数量;  $ye_{jk}$  为在第i个时刻时第j个产线上第k种原材料的能耗系数,  $\beta_{jk}$  为在第i个时刻时第j个产线上第k种原材料的重量,  $K_j$  为在第i个时刻时第j个产线上原材料的种类数量。

[0027] 具体的, 所述S403还包括:

[0028] 计算在第i个时刻的工厂车间总能耗值  $E_{totali} = \sum_{j=1}^M E_{ji}$ , 其中在第i个时刻时M为产线数量。

[0029] 具体的, 所述S5, 包括以下具体步骤:

[0030] S501、采集工厂车间实时环境数据、生产设备实时运行状态数据, 根据所述生产设备状态健康值的获取逻辑, 计算得到实时生产设备状态健康值H;

[0031] S502、采集实时原材料数据、实时产量数据, 根据所述工厂车间总能耗值的获取逻辑, 计算得到实时工厂车间总能耗值E。

[0032] 具体的, 所述第一数字孪生模型校正公式为:  $\Delta H = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (H_{p_i} - H_i)^2}$ , 其中  $\Delta H$  为第一数字孪生模型的均方误差函数;  $H_{p_i}$  为第一数字孪生模型预测的第i个时刻生产设备状态健康值,  $H_i$  为根据生产设备状态健康值计算公式计算得到的第i个时刻的生产设备状态健康值。

[0033] 具体的, 所述第二数字孪生模型校正公式为:  $\Delta E = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (E_{p_i} - E_i)^2}$ , 其中  $\Delta E$  为第二数字孪生模型的均方误差函数;  $E_{p_i}$  为第二数字孪生模型预测的第i个时刻的工厂车间总能耗值,  $E_i$  为根据工厂车间总能耗值计算公式计算得到的第i个时刻的工厂车间总能耗值。

[0034] 具体的,所述S8具体包括:以最小化第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数,作为第一数字孪生模型、第二数字孪生模型的校正目标,对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,直到第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数分别达到收敛时停止校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型。

[0035] 具体的,基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正系统,其基于所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法实现,所述系统包括以下模块:

[0036] 数据采集模块,用于采集n个时刻下工厂车间的环境数据、产线数据,每个产线的原材料数据、产量数据,并获取n个时刻下各种生产设备的运行状态数据;

[0037] 数字孪生模型构建模块,用于构建工厂车间数字孪生模型,所述工厂车间数字孪生模型包括第一数字孪生模型、第二数字孪生模型;构建第一数字孪生模型,将环境数据、运行状态数据导入第一数字孪生模型中对生产设备状态健康值进行预测,得到预测的生产设备状态健康值;构建第二数字孪生模型,将产线数据、原材料数据、产量数据导入第二数字孪生模型中对工厂车间总能耗值进行预测,得到预测的工厂车间总能耗值;

[0038] 实时数据分析模块,用于采集工厂车间实时环境数据、生产设备实时运行状态数据,计算实时生产设备状态健康值,采集实时原材料数据、实时产量数据,计算实时工厂车间总能耗值;

[0039] 校正处理模块,用于将预测的生产设备状态健康值和生产设备实时状态健康值代入到第一数字孪生模型校正公式中计算第一数字孪生模型的均方误差函数;将预测的工厂车间总能耗值和实时工厂车间总能耗值代入到第二数字孪生模型校正公式中计算第二数字孪生模型的均方误差函数;

[0040] 校正模型获取模块,用于基于第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数,分别对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型;

[0041] 控制模块,用于控制各个模块的运行。

[0042] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0043] 本发明采集环境数据、产线数据,原材料数据、产量数据、生产设备的运行状态数据;构建第一数字孪生模型,对生产设备状态健康值进行预测,构建第二数字孪生模型对工厂车间总能耗值进行预测,得到预测的工厂车间总能耗值;计算第一数字孪生模型的均方误差函数;计算第二数字孪生模型的均方误差函数;对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型。本发明能够提高对工厂车间生产情况预测的准确性,帮助生产者更好地管理工厂车间。

## 附图说明

[0044] 图1为本发明的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法的工作流程图;

[0045] 图2为本发明的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正系统的模块示意图。

## 具体实施方式

[0046] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合说明书附图对



本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0047] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是本发明还可以采用其他不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0048] 其次,此处所称的“一个实施例”或“实施例”是指可包含于本发明至少一个实现方式中的特定特征、结构或特性。在本说明书中不同地方出现的“在一个实施例中”并非均指同一个实施例,也不是单独的或选择性的与其他实施例互相排斥的实施例。

[0049] 实施例1

[0050] 本实施例提供基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法,具体方案为,如图1所示,基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法,包括以下具体步骤:

[0051] S1、采集n个时刻下工厂车间的环境数据、产线数据,每个产线的原材料数据、产量数据,并获取n个时刻下各种生产设备的运行状态数据;

[0052] S2、构建工厂车间数字孪生模型,所述工厂车间数字孪生模型包括第一数字孪生模型、第二数字孪生模型;

[0053] S3、构建第一数字孪生模型,将环境数据、运行状态数据导入第一数字孪生模型中对生产设备状态健康值进行预测,得到预测的生产设备状态健康值;

[0054] S4、构建第二数字孪生模型,将产线数据、原材料数据、产量数据导入第二数字孪生模型中对工厂车间总能耗值进行预测,得到预测的工厂车间总能耗值;

[0055] S5、采集工厂车间实时环境数据、生产设备实时运行状态数据,计算实时生产设备状态健康值,采集实时原材料数据、实时产量数据,计算实时工厂车间总能耗值;

[0056] S6、将预测的生产设备状态健康值和生产设备实时状态健康值代入到第一数字孪生模型校正公式中计算第一数字孪生模型的均方误差函数;

[0057] S7、将预测的工厂车间总能耗值和实时工厂车间总能耗值代入到第二数字孪生模型校正公式中计算第二数字孪生模型的均方误差函数;

[0058] S8、基于第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数,分别对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型。

[0059] 在本实施例中,所述环境数据包括:使用温湿度传感器测量到的车间温度、车间湿度;所述运行状态数据包括:设备运行时间、设备温度、使用声级计测量到的设备噪音;所述产线数据包括:工厂车间的产线数量、每个产线上生产设备数量;所述原材料数据包括:原材料的种类数量、每种原材料的重量;所述产量数据包括每个产线的产品产量。

[0060] 在本实施例中,所述S3的具体步骤为:

[0061] S301、将n个时刻的环境数据、运行状态数据作为设备状态健康特征数据,将设备状态健康特征数据输入到第一数字孪生模型中,得到预测的生产设备状态健康值;

[0062] S302、所述第一数字孪生模型基于历史设备状态健康样本集训练得到,所述历史设备状态健康样本集包括设备状态健康特征数据及对应的生产设备状态健康值;

[0063] S303、所述生产设备状态健康值的获取逻辑如下:

[0064] 获取n个时刻的车间温度、车间湿度、设备运行时间、设备温度,以及设备噪音,并代入到生产设备状态健康值计算公式中计算n个时刻的生产设备状态健康值,所述生产设

备状态健康值计算公式为：

$$H_i = \alpha_1 \times \frac{ts_i - \frac{\sum_{i=1}^n ts_i}{n}}{\frac{\sum_{i=1}^n ts_i}{n}} + \alpha_2 \times \frac{ns_i - \frac{\sum_{i=1}^n ns_i}{n}}{ns_{\max} - \frac{\sum_{i=1}^n ns_i}{n}} + \alpha_3 \times \frac{\left| ch_i - \frac{ch_{\max} - ch_{\min}}{2} \right|}{\frac{ch_{\max} - ch_{\min}}{2}} + \alpha_4 \times \frac{\left| \frac{\frac{T_{\max} - T_{\min}}{CT_{\max}} - \frac{T_{\min} - T_{\min}}{CT_{\min}}}{2} \right|}{\frac{\frac{T_{\max} - T_{\min}}{CT_{\max}} - \frac{T_{\min} - T_{\min}}{CT_{\min}}}{2}}; \text{其中 } H_i$$

为第*i*个时刻的生产设备状态健康值； $ts_i$ 、 $ns_i$ 、 $ch_i$ 、 $T_i$ 、 $CT_i$ 分别为第*i*个时刻的设备运行时间、设备噪音、车间湿度、设备温度、车间温度； $ns_{\max}$ 、 $ch_{\max}$ 、 $ch_{\min}$ 、 $T_{\min}$ 、 $T_{\max}$ 、 $CT_{\min}$ 、 $CT_{\max}$ 分别为生产设备最大可接受噪音水平、保证生产设备可运行的最大湿度和最小湿度、*n*个时刻里设备温度的最小值和最大值，以及设备温度的最小值对应时刻下的车间温度、设备温度的最大值对应时刻下的车间温度， $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$ 分别为设备运行时间影响系数、设备噪音影响系数、湿度影响系数、温度影响系数，其中 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$ 均大于0且相加之和为1，需要说明的是 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$ 均由本领域技术人员根据实际需求和具体情况自行设置。

[0065] 在本实施例中，所述S4的具体步骤为：

[0066] S401、将*n*个时刻的产线数据、原材料数据、产量数据作为产线能耗特征数据，将产线能耗特征数据输入到第二数字孪生模型中，得到预测的工厂车间总能耗值；

[0067] S402、所述第二数字孪生模型基于历史产线能耗样本集训练得到，所述历史产线能耗样本集包括产线能耗特征数据及对应的工厂车间总能耗值；

[0068] S403、所述工厂车间总能耗值的获取逻辑如下：

[0069] 获取*n*个时刻的工厂车间的产线数量、每个产线上生产设备数量；原材料的种类数量、每种原材料的重量、每个产线的产品产量，并代入到产线能耗值计算公式中计算*n*个时刻的产线能耗值，所述产线能耗值计算公式为： $E_{ji} = \sum_{q=1}^{Q_j} se_{jq} + \sum_{k=1}^{K_j} \beta_{jk} \times ye_{jk}$ ，其中 $E_{ji}$ 为第*j*条产线在第*i*个时刻的产线能耗值； $se_{jq}$ 为在第*i*个时刻时第*j*个产线上第*q*台生产设备的能耗值， $Q_j$ 为在第*i*个时刻时第*j*个产线上生产设备数量； $ye_{jk}$ 为在第*i*个时刻时第*j*个产线上第*k*种原材料的能耗系数， $\beta_{jk}$ 为在第*i*个时刻时第*j*个产线上第*k*种原材料的重量， $K_j$ 为在第*i*个时刻时第*j*个产线上原材料的种类数量。需要说明的是，原材料的能耗系数为单位重量原材料消耗的能量，通常以特定的能量单位（例如焦耳）表示，用于评估生产过程中的原材料能源消耗情况。

[0070] 在本实施例中，所述S403还包括：

[0071] 计算在第*i*个时刻的工厂车间总能耗值 $E_{totali} = \sum_{j=1}^M E_{ji}$ ，其中在第*i*个时刻时*M*为产线数量。

[0072] 在本实施例中，所述S5，包括以下具体步骤：

[0073] S501、采集工厂车间实时环境数据、生产设备实时运行状态数据，根据所述生产设备状态健康值的获取逻辑，计算得到实时生产设备状态健康值*H*；

[0074] S502、采集实时原材料数据、实时产量数据，根据所述工厂车间总能耗值的获取逻辑

辑,计算得到实时工厂车间总能耗值E。

[0075] 在本实施例中,所述第一数字孪生模型校正公式为:
$$\Delta H = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (H_{p_i} - H_i)^2}$$
,其中 $\Delta H$ 为第一数字孪生模型的均方误差函数; $H_{p_i}$ 为第一数字孪生模型预测的第i个时刻生产设备状态健康值, $H_i$ 为根据生产设备状态健康值计算公式计算得到的第i个时刻的生产设备状态健康值。

[0076] 在本实施例中,所述第二数字孪生模型校正公式为:
$$\Delta E = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (E_{p_i} - E_i)^2}$$
,其中 $\Delta E$ 为第二数字孪生模型的均方误差函数; $E_{p_i}$ 为第二数字孪生模型预测的第i个时刻的工厂车间总能耗值, $E_i$ 为根据工厂车间总能耗值计算公式计算得到的第i个时刻的工厂车间总能耗值。

[0077] 在本实施例中,所述S8具体包括:以最小化第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数,作为第一数字孪生模型、第二数字孪生模型的校正目标,对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,直到第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数分别达到收敛时停止校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型。

[0078] 实施例2

[0079] 本实施例提供基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正系统,具体方案为,如图2所示,基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正系统,其基于实施例1中所述的基于数据采集的工厂车间数字孪生模型校正方法实现,所述系统包括以下模块:

[0080] 数据采集模块,用于采集n个时刻下工厂车间的环境数据、产线数据,每个产线的原材料数据、产量数据,并获取n个时刻下各种生产设备的运行状态数据;

[0081] 数字孪生模型构建模块,用于构建工厂车间数字孪生模型,所述工厂车间数字孪生模型包括第一数字孪生模型、第二数字孪生模型;构建第一数字孪生模型,将环境数据、运行状态数据导入第一数字孪生模型中对生产设备状态健康值进行预测,得到预测的生产设备状态健康值;构建第二数字孪生模型,将产线数据、原材料数据、产量数据导入第二数字孪生模型中对工厂车间总能耗值进行预测,得到预测的工厂车间总能耗值;

[0082] 实时数据分析模块,用于采集工厂车间实时环境数据、生产设备实时运行状态数据,计算实时生产设备状态健康值,采集实时原材料数据、实时产量数据,计算实时工厂车间总能耗值;

[0083] 校正处理模块,用于将预测的生产设备状态健康值和生产设备实时状态健康值代入到第一数字孪生模型校正公式中计算第一数字孪生模型的均方误差函数;将预测的工厂车间总能耗值和实时工厂车间总能耗值代入到第二数字孪生模型校正公式中计算第二数字孪生模型的均方误差函数;

[0084] 校正模型获取模块,用于基于第一数字孪生模型的均方误差函数和第二数字孪生模型的均方误差函数,分别对第一数字孪生模型、第二数字孪生模型进行校正,得到校正后的工厂车间数字孪生模型;

[0085] 控制模块,用于控制各个模块的运行。

[0086] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

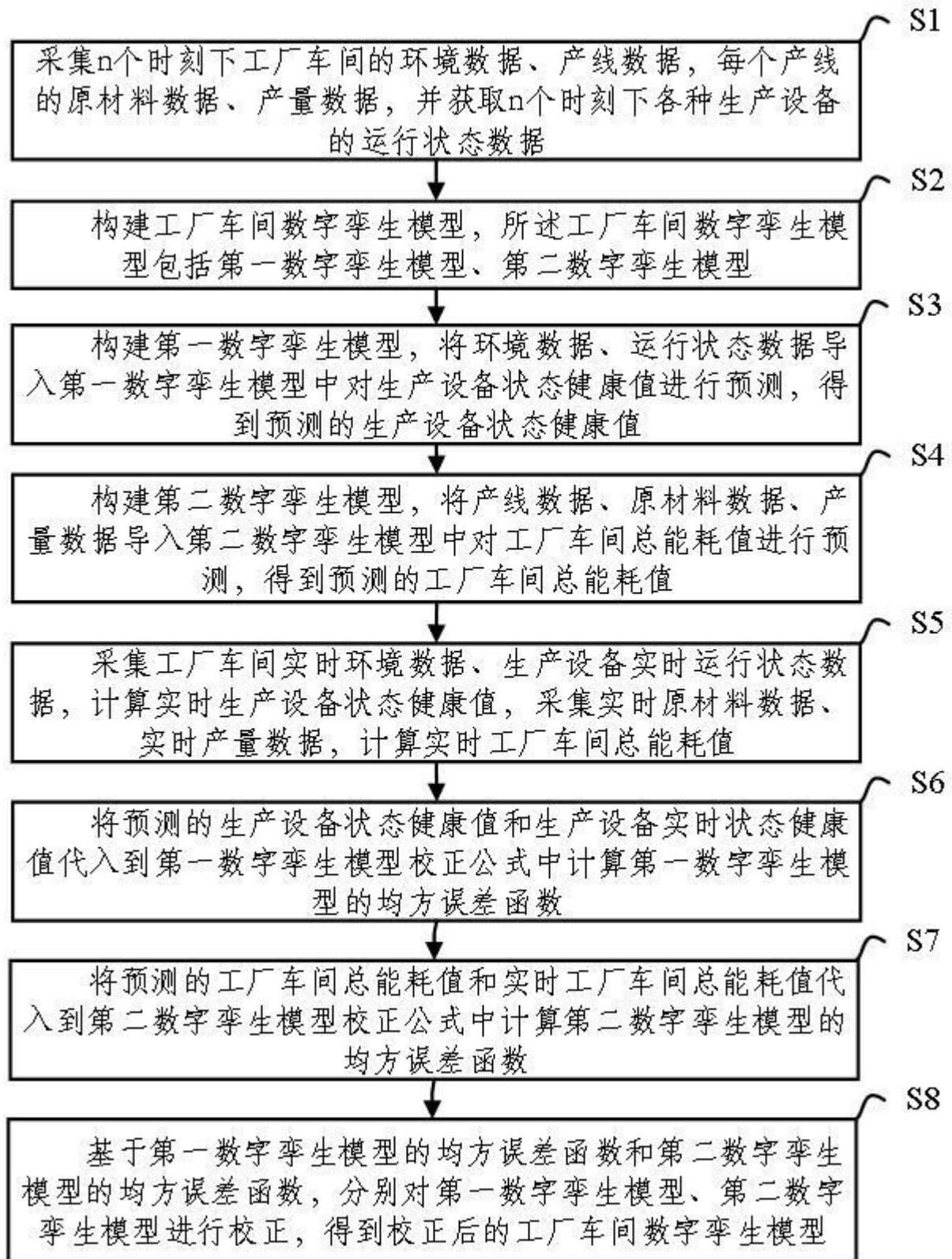


图 1



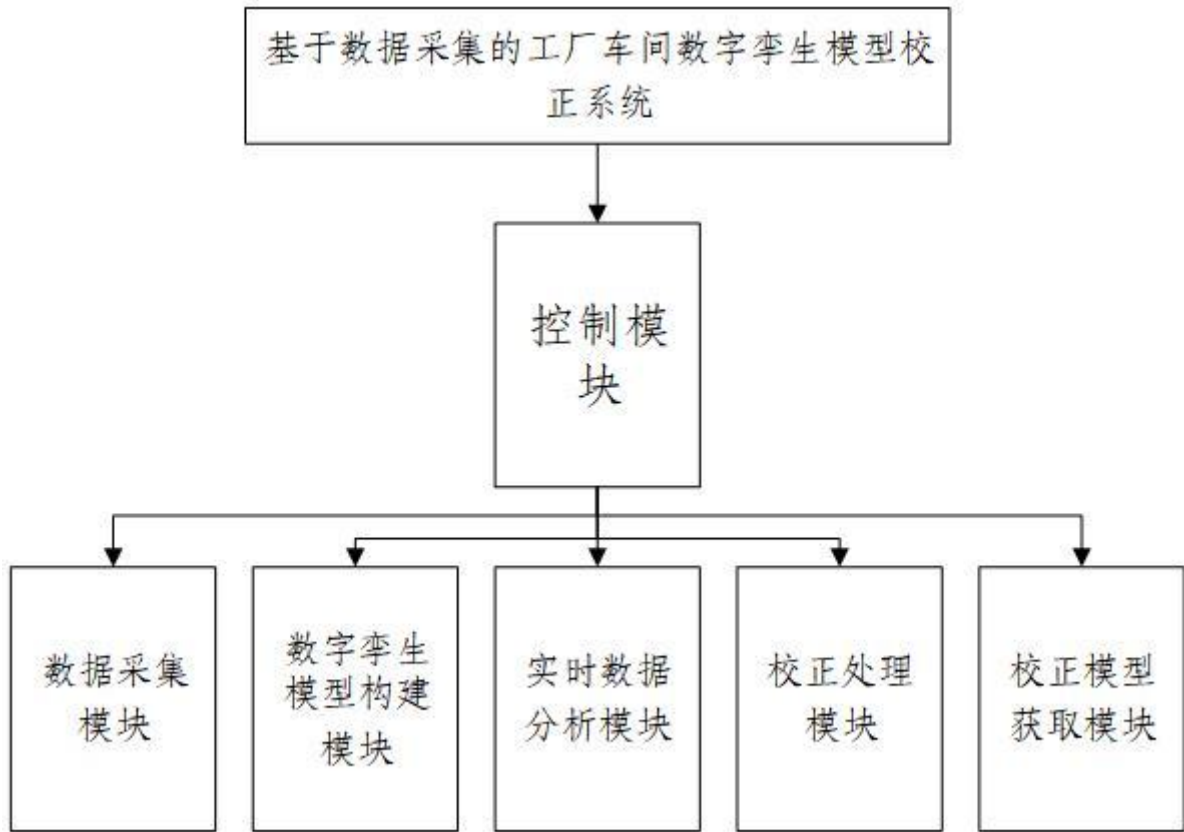


图 2