

一种生成操作行为记录集的仿真方法、系统和设备

技术领域

本发明涉及管理系统技术领域，尤其涉及一种生成操作行为记录集的仿真方法、系统和设备。

背景技术

操作行为记录管理系统的核心是积累人或机器在各类情景下的操作经验，归纳、总结出最优秀经验用来指导人或机器在该类情景下的操作，从而达到整体提升的目的，这个过程往往需要一段较长时间的在线训练学习，才能获得充足的操作知识来指导日常优化操作。这种在线训练对于人为操作次数少的应用场景是个很高的应用门槛。

目前的操作行为记录管理系统，基本都是需要长时间在线学习，无法针对一些具备特定条件的应用场景，通过系统离线自主学习，解决新操作行为记录获取问题，使得操作行为记录管理系统在一些领域的应用受到限制。

发明内容

本发明提供了一种生成操作行为记录集的仿真方法、系统和设备，其中所述操作行为记录管理系统是指一类智能化系统的落地场景，这类操作行为记录管理系统，针对工业领域、服务领域的具体落地场景，提炼出了三类数据理论和具体解决方案，实现了专家操作经验、工人劳动技能的线下积累、归纳和再利用，实现了技能与经验在机器与系统、系统与人、系统与机器、机器与机器之间的转移，在解决节能降耗、品质控制、提升效率、安全运行、资源优化等目标的同时，解决了企业高技能工人培养难、流失高、工人技能不平衡的难题。

一种生成操作行为记录集的仿真方法，包括：

建立优化目标计算模型；所述模型是根据已知的映射关系或者是具有行业公信力的关联关系，由基础工况数据和操作数据计算所述优化目标的评价数据，所述评价数据包括优化目标值或具有约束作用的结果值；具体的，

设置基础工况数据、操作数据、评价数据各维度的合理区间，设置基础工况数据、操作数据、评价数据的约束条件；所述约束条件包括下列可选项：评价数据的可计算条件；基础工况数据、操作数据各维度数据之间的制约条件；基础工况数据限定的评价数据的合理范围；

建立退出条件；

仿真：在合理区间内穷举生成基础工况数据和操作数据，通过映射关系或者关联关系计算评价数据，如果符合约束条件，且评价数据比记录中同一基础工况数据下其它操作数据的

评价数据较优，产生新操作行为记录；

重复仿真，直到退出条件成立。

本申请中，基础工况数据，表示外来输入、外部环境、生产计划等生产过程中现实存在的、不可改变或不太适合改变的、对生产过程和结果有影响的一类因素。

操作数据代表人对生产过程的干预，如机台的配置、工人对设备的操控动作等。

评价数据表示优化的目标，如节能降耗、品质控制、提升效率、安全运行、资源优化，如：能耗（目标值）越低越好（方向）、合格率（目标值）越高越好（方向）、出钢水率（目标值）越高越好（方向）、氨逃逸率（目标值）越低越好（方向）、周转时长（目标值）越短越好（方向）。

进一步的，所述约束条件包括合规约束、操作数据的负面清单和达成优化目标的前提条件；

其中，所述合规约束是指由基础工况数据和操作引起的各种结果评价数据中，出现违反国家标准、影响产品质量达标或对后续工艺流程有不良影响的情况；

所述操作数据的负面清单是指因设备安全、人员安全原因或其它安全原因而应该禁止的、危险的操作行为；

所述达成优化目标的前提条件是指系统需要在保障前提条件的情况下实现优化目标，如在产品质量达标的前提下降低能耗。

进一步的，在合理区间内使用穷举的方式生成基础工况数据和操作数据，即对各基础工况数据和操作数据设置步进长度，并通过穷举方式生成基础工况数据和操作数据，计算每组基础工况数据和操作数据对应的评价数据，如果符合约束条件，且评价数据比记录中同一基础工况数据下其它操作数据对应的的评价数据较优，产生新操作行为记录。

进一步的，所述退出条件包括完成全状态穷举后退出仿真式自学习。

进一步的，在合理区间内随机生成基础工况数据和操作数据，通过映射关系或者关联关系计算评价数据，如果符合约束条件，且评价数据比记录中同一基础工况下其它操作数据对应的评价数据较优，产生新操作行为记录。

进一步的，所述退出条件包括基础工况数据覆盖率达到预定比例。

一种生成操作行为记录集的仿真系统，采用上述的生成操作行为记录集的仿真方法，包括基础工况数据生成模块、操作数据生成模块和数据分析模块。

所述基础工况数据生成模块生成基础工况数据，并传送给数据分析模块；

所述操作数据生成模块生成操作数据，并传送给数据分析模块；

所述数据分析模块预存有：基础工况数据、操作数据和评价数据的各维度的合理区间；

基础工况数据、操作数据、评价数据的约束条件；自学习退出条件；基础工况数据、操作数据和优化目标的评价数据三者之间优化目标的映射关系或者是具有行业公信力的关联关系；

所述数据分析模块在合理区间内穷举或随机生成基础工况数据和操作数据，并通过映射关系或者关联关系计算评价数据，如果符合约束条件，且评价数据比记录中同一基础工况数据下其它操作数据对应的的评价数据较优，记录操作行为记录；重复仿真式自学习，直到退出条件成立。

一种生成操作行为记录集的仿真设备，采用上述的生成操作行为记录集的仿真方法和系统，包括基础工况数据生成装置、操作数据生成装置和数据分析装置；

所述基础工况数据生成装置包括各种用于采集数据的传感器，能够生成基础工况数据，并传送到所述数据分析装置；

所述操作数据生成装置生成操作数据，并传送到所述数据分析装置；

所述数据分析装置预存有：基础工况数据、操作数据和评价数据的各维度的合理区间；基础工况数据、操作数据、评价数据的约束条件；自学习退出条件；基础工况数据、操作数据和评价数据三者之间的映射关系或者是具有行业公信力的关联关系；

所述数据分析装置在合理区间内穷举或随机生成基础工况数据和操作数据，并通过映射关系或者关联关系计算评价数据，如果符合约束条件，且评价数据比记录中同一基础工况数据下其它操作数据对应的的评价数据较优，记录新操作行为记录；重复仿真式自学习，直到退出条件成立。

由上述对本发明的描述可知，和现有技术相比，本发明提出的一种生成操作行为记录集的仿真方法、系统和设备具有如下优点：

- 1、本发明不依赖历史知识和在线训练，可解决学习样本少的问题，可靠度得到提高；
- 2、本发明不依赖历史知识和在线训练，可解决学习周期长问题，降低在线训练的时间成本；
- 3、本发明可直接推出训练完备的系统，建立工况全覆盖、目标最优化的操作经验库，上线即可实用。

具体实施方式

为了使本发明所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚、明白，以下结合实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

实施例一：

一种生成操作行为记录集的仿真方法，步骤包括：

S10: 建立优化目标计算模型; 所述模型是根据已知的映射关系或者是具有行业公信力的关联关系, 由基础工况数据和操作数据计算所述优化目标的评价数据, 所述评价数据包括优化目标值或具有约束作用的结果值。

S20: 设置基础工况数据、操作数据、评价数据的各维度的合理区间, 设置基础工况数据、操作数据、评价数据的约束条件; 所述约束条件包括下列可选项: 评价数据的可计算条件; 基础工况数据各维度数据、操作数据各维度数据之间的制约条件; 由基础工况数据限定的评价数据的合理范围。

具体的, 所述约束条件包括合规约束、操作数据的负面清单和达成优化目标的前提条件; 所述合规约束是指由基础工况数据和操作引起的各种结果评价数据中, 出现违反国家标准、影响产品质量达标或对后续工艺流程有不良影响的情况; 所述操作数据的负面清单是指因设备安全、人员安全原因而应该禁止的、危险的操作行为; 所述达成优化目标的前提条件是指系统需要在保障前提条件的情况下实现优化目标。

S30: 建立退出条件, 例如基础工况数据覆盖率达到预定比例;

S40: 在合理区间内穷举生成基础工况数据和操作数据, 通过映射关系或者关联关系计算优化目标值, 如果符合约束条件, 且优化目标的值比记录中同一基础工况数据下其它操作数据的目标值较优, 记录新操作行为记录。

在其它实施例中, 基础工况数据和操作数据的随机生成方式可以是: 在合理区间内使用穷举的方式生成基础工况数据和操作数据, 即对各基础工况数据和操作数据设置步进长度, 并通过穷举方式生成基础工况数据和操作数据。

S50: 重复步骤 S40, 直到退出条件成立。

实施例二:

将实施例一具体应用于一种生成操作行为记录集的仿真系统, 包括基础工况数据生成模块、操作数据生成模块和数据分析模块, 分别用于生产基础工况数据、操作数据和进行数据分析, 数据分析包括基础工况数据和操作数据的随机数据的生成、计算评价数据并实现自主学习。

实施例三:

将实施例一和二具体应用于一种生成操作行为记录集的仿真设备, 包括基础工况数据生成装置、操作数据生成装置和数据分析装置, 分别用于采集基础工况数据、操作数据和数据分析, 数据分析包括基础工况数据和操作数据的随机数据的生成、计算评价数据并实现自主学习。

实施例四:

将实施例一具体应用于发动机叶片不平衡修补场景中。

某型发动机叶片动不平衡修正：

该发动机的 4-9 级转子叶片个数分别为 68、75、82、82、80、76 片，动不平衡机可以检测出在第 4 和第 9 级转子平面上的不平衡力的大小和方向。

已知各转子每个叶片都可以加 1 个贴片，重量为 1.3 克或 2 克，转子半径为 8.28、8.33 英寸，目标是获得一种合理的修正方案，使转子平面合力、轴向合力小于设置值。

操作行为记录管理系统的三类数据及约束条件：

1、基础工况数据：

动不平衡机检测的第 4 和第 9 级转子平面上的不平衡力的大小和方向；

2、操作数据：

第 4 - 9 级转子上贴片的放置方案；

3、评价数据：

优化目标和方向：

动不平衡机再次检测结果，即 4 级、9 级的动不平衡力小于 5 克英寸；

修正方案涉及的转子越少越好；

修正方案涉及的转子数相同时，总贴片数越少越好。

4、约束条件：

单个转子一次修复放置的贴片总重量不大于 10 克。

仿真流程如下：

1、建立评价数据计算模型；

问题的分析：

1) 这是个力的分解问题，分解的可能性巨大，其合理的解空间也较大，企业目前是技工凭经验估算，通常需要较多次数试验才能达到要求。

2) 力的合成，其结果是唯一的，即对任何一种维修方案，都可以通过力学公式计算出合力方向和大小，且结果是唯一的。

2、设置三类数据各维度的合理区间

基础工况数据：4 级和 9 级转子的初始不平衡力在 $0 \sim 200$ 克英寸，精度为 1 克英寸，方向在 $0 - 360$ 度之间，精度为 1 度。

操作数据：转子添加叶片数：6 个转子，每个转子可选择 $0 - 7$ 个叶片，选中的叶片放置 1 个贴片（1.3 克或 2 克）。

评价数据：修复后的结果，即合力在 4 级和 9 级转子上的投影。

优化目标和方向：4 级、9 级的动不平衡力（合力在 4 级和 9 级转子上的投影）小于 5 克英寸；修正方案涉及的转子越少越好；修正方案涉及的转子数相同时，总贴片数越少越好。

3、建立退出条件：穷举完基础工况数据。

4、仿真式自主学习

步骤 1：穷举初始不平衡检测值。

步骤 2：针对当前的初始不平衡检测值，合理方案计数器设置零；

步骤 3：随机生成一种修正方案。

步骤 4：计算合力方向和大小，计算合力在 4 级、9 级转子平面的投影；如果两个投影均小于 5 克英寸，把该修正方案保存到当前初始不平衡检测值对应的合理操作记录集中，合理方案计数器加一。

步骤 5：如果合理方案计数器小于 20，转步骤 3，否则如果穷举未结束，取下一个初始不平衡检测值并转步骤 2，如果穷举结束，转步骤 6。

步骤 6：仿真过程结束。

实施例五：

将本申请提出的方案应用于炼钢流程中的铁水预脱硫。

操作行为记录管理系统的三类数据：

基础工况数据：铁水温度、铁水重量、铁水硫成分、脱硫后铁水硫成分目标值

操作数据：钝化镁喷吹量、钝化石灰喷吹量

评价数据：优化目标：在脱硫后硫含量达标的条件下，钝化镁消耗量越低越好。

约束条件：钝化镁喷吹量和钝化石灰喷吹量之比为设定值。

仿真流程：

1、建立评价数据计算模型；

1) 按铁水温度分级

2) 评价指标之一：脱硫后硫含量计算公式

$$\text{脱硫后硫含量}\% = \text{脱硫前硫含量}\% - \text{钝化镁喷吹量} / (\text{铁水量} * \text{钝化镁单位消耗量})$$

3) 评价指标之二：优化目标值——钝化镁消耗量

注释：

1) 钝化镁消耗量 = 钝化镁喷吹量

2) 钝化镁单位消耗量，即当前铁水温度下，每吨铁水降低 1% 的硫需要的钝化镁喷吹量，该数据可以通过实验获得。

2、设置三类数据各维度的合理区间：

基础工况数据：

数据维度	数据范围	精度
铁水温度	1210 - 1450 度	10 度
铁水重量	80 - 90 吨	0.1 吨
铁水硫成分	0.01% - 0.08%	0.01%
脱硫后铁水硫成分目标值	常用的 10 个目标值	0.01%

操作数据：

钝化镁喷吹量，数据范围：80 - 120 公斤，精度：1 公斤。

钝化石灰喷吹量按指定比例由钝化石灰喷吹量计算。

评价数据：脱硫后硫含量。

3、建立退出条件：基础工况数据覆盖率达到 90%以上。

4、仿真式自主学习

步骤 1：随机生成基础工况数据、操作数据

步骤 2：计算脱硫后硫含量，如果脱硫后硫含量小于脱硫后硫含量目标值，把基础工况数据、操作数据、目标数据加入到记录集中。

步骤 3：如果基础工况数据覆盖率达到 90%以上转步骤 4，否则转步骤 1。

步骤 4：仿真过程结束。

实施例六：

将本申请提出的方案应用于烟气的电除尘器。

操作行为记录管理系统的三类数据：

基础工况数据：入口烟气流量、入口烟气浓度、电磁场数量、电磁场排列次序

操作数据：单个电磁场的工作状态（二次电压、二次电流、供电方式、脉冲频率）

3、评价数据：出口烟尘浓度、各电磁场总功率

优化目标：在出口烟尘浓度达标条件下各电磁场总功率越低越好。

4、约束条件：出口烟尘浓度低于国家标准。

仿真流程：

1、建立评价数据计算模型；

电除尘器厂商可以通过实验获得如下经验值：

1) 单个电磁场在各种状态（二次电压、二次电流、脉冲频率）下粉尘的脱除率；

2) 各级电磁场的粉尘的脱除率的逐级递减系数。

根据上述经验值和入口烟气浓度、电磁场数量、电磁场排列次序及电磁场状态，可计算出出口烟气的粉尘浓度。

说明：该模型有一定的误差，使用该模型时，要考虑计算误差。

2、设置三类数据各维度的合理区间

基础工况数据：

入口烟气流量的范围 200 - 300 万 m³/h，精度 1 万 m³/h；

入口烟气浓度的范围 2000 - 3000 mg/Nm³，精度 50 mg/Nm³；

在特定场景中，电磁场数量、电磁场排列次序是固定的。

操作数据：

单个电磁场的工作状态

二次电压的范围 0 - 100%，精度 1%；

二次电流的范围 80 - 100A，精度 1A；

供电方式为直流供电\脉冲供电；

脉冲频率：供电 10 - 40 毫秒，断电 10-40 毫秒，精度 10 毫秒。

评价数据：

出口烟尘浓度

约束条件：

出口烟尘浓度小于配置值，该配置值要低于国家排放标准减计算误差。

3、建立退出条件：基础工况数据覆盖率达到 80%以上。

4、仿真式自主学习

步骤 1：随机生成基础工况数据、操作数据

步骤 2：计算出口烟尘浓度，如果出口烟尘浓度小于配置值，把基础工况数据、操作数据、目标数据加入到记录集中。

步骤 3：如果基础工况数据覆盖率达到 80%以上转步骤 4，否则转步骤 1。

步骤 4：仿真过程结束。

由上述对本发明的描述可知，和现有技术相比，本发明提出的一种生成操作行为记录集的仿真方法具有如下优点：

- 1、本方法不依赖历史知识和在线训练，可解决学习样本少的问题；
- 2、本方法不依赖历史知识和在线训练，可降低在线训练的时间成本；
- 3、本方法可直接推出训练完备的系统，建立工况全覆盖、目标最优化的操作经验库，上

线即可实用。

上面结合实施例对本发明进行了示例性描述，显然本发明具体实现并不受上述方式的限制，只要采用了本发明的方法构思和技术方案进行的各种非实质性的改进，或未经改进将本发明的构思和技术方案直接应用于其它场合的，均在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种生成操作行为记录集的仿真方法，其特征在于，所述方法包括：

建立优化目标计算模型；所述模型是根据已知的映射关系或者是具有行业公信力的关联关系，由基础工况数据和操作数据计算优化目标的评价数据，所述评价数据包括优化目标值或具有约束作用的结果值；

设置基础工况数据、操作数据、评价数据各维度的合理区间；设置基础工况数据、操作数据、评价数据的约束条件；所述约束条件包括评价数据的可计算条件，基础工况数据、操作数据各维度数据之间的制约条件，基础工况限定的评价数据的合理范围；建立退出条件；

在合理区间内穷举生成基础工况数据和操作数据，通过映射关系或者关联关系计算评价数据，如果符合约束条件，且评价数据比记录中同一基础工况下其它操作数据对应的的评价数据较优，产生新操作行为记录；

重复上述流程，直到退出条件成立。

2、根据权利要求1所述的一种生成操作行为记录集的仿真方法，其特征在于，所述约束条件包括合规约束、操作数据的负面清单和达成优化目标的前提条件；

所述合规约束是指由基础工况数据和操作数据引起的各种结果评价数据中，出现违反国家标准、影响产品质量达标或对后续工艺流程有不良影响的情况；

所述操作数据的负面清单是指因设备安全、人员安全原因而应该禁止的、危险的操作行为；

所述达成优化目标的前提条件是指在保障前提条件的情况下实现优化目标。

3、根据权利要求1或2所述的一种生成操作行为记录集的仿真方法，其特征在于，在合理区间内使用穷举的方式生成基础工况数据和操作数据，即对各基础工况数据和操作数据设置步进长度，并通过穷举方式生成基础工况数据和操作数据，计算每组基础工况数据和操作数据对应的评价数据，如果符合约束条件，且评价数据比记录中同一基础工况下其它操作数据对应的评价数据较优，产生新操作行为记录。

4、根据权利要求3所述的一种生成操作行为记录集的仿真方法，其特征在于，所述退出条件包括完成全状态穷举后退出仿真式自学习。

5、根据权利要求1或2所述的一种生成操作行为记录集的仿真方法，其特征在于，在合理区间内随机生成基础工况数据和操作数据，通过映射关系或者关联关系计算评价数据，如果符合约束条件，且评价数据比记录中同一基础工况下其它操作数据对应的评价数据较优，产生新操作行为记录。

6、根据权利要求5所述的一种生成操作行为记录集的仿真方法，其特征在于，所述退出条件包括基础工况覆盖率达到预定比例。

7、一种生成操作行为记录集的仿真系统，其特征在于，采用权利要求1到6任一项所述的一种生成操作行为记录集的仿真方法，包括：基础工况数据生成模块、操作数据生成模块和数据分析模块；

所述基础工况数据生成模块生成基础工况数据，并传送到所述数据分析模块；

所述操作数据生成模块生成操作数据，并传送到所述数据分析模块；

所述数据分析模块预存有：基础工况数据、操作数据和评价数据的各维度数据的合理区间；基础工况数据、操作数据、评价数据的约束条件；自学习退出条件；基础工况数据、操作数据和评价数据三者之间的映射关系或者是具有行业公信力的关联关系；

所述数据分析模块在合理区间内穷举或随机生成基础工况数据和操作数据，并通过映射关系或者关联关系计算评价数据，如果符合约束条件，且评价数据比记录中同一基础工况数据下其它操作数据对应的的评价数据较优，记录新操作行为记录；重复仿真式自学习，直到退出条件成立。

8、一种生成操作行为记录集的仿真设备，其特征在于，采用权利要求1到6任一项所述的一种生成操作行为记录集的仿真方法，包括基础工况数据生成装置、操作数据生成装置和数据分析装置；

所述基础工况数据生成装置生成基础工况数据，并传送到所述数据分析装置；

所述操作数据生成装置生成操作数据，并传送到所述数据分析装置；

所述数据分析装置预存有：基础工况数据、操作数据和评价数据的各维度数据的合理区间；基础工况数据、操作数据、评价数据的约束条件；自学习退出条件；基础工况数据、操作数据和评价数据三者之间的映射关系或者是具有行业公信力的关联关系；

所述数据分析装置在合理区间内穷举或随机生成基础工况数据和操作数据，并通过映射关系或者关联关系计算评价数据，如果符合约束条件，且评价数据比记录中同一基础工况数据下其它操作数据对应的的评价数据较优，记录新操作行为记录；重复仿真式自学习，直到退出条件成立。