



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 122066994 A

(43) 申请公布日 2026. 05. 19

(21) 申请号 202511958968.X G06V 10/80 (2022.01)

(22) 申请日 2025.12.23 G06V 10/82 (2022.01)

(71) 申请人 中煤科工开采研究院有限公司 G06V 20/64 (2022.01)

地址 101399 北京市顺义区中关村科技园 G06N 3/042 (2023.01)

区顺义园临空二路1号

(72) 发明人 吕依濛 郭栋 武童 牟振栋

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事

务所(普通合伙) 11201

专利代理师 宋圆圆

(51) Int. Cl.

G06V 10/764 (2022.01)

G06N 3/045 (2023.01)

G06N 5/022 (2023.01)

G06Q 50/02 (2024.01)

G06Q 10/063 (2023.01)

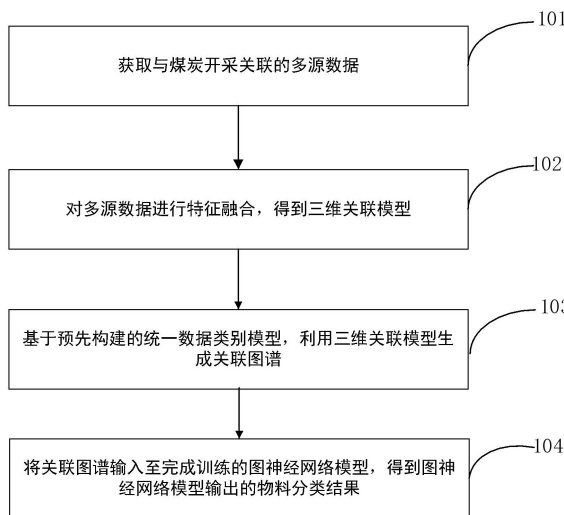
权利要求书2页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称

煤炭开采物料智能分类方法、装置及系统

(57) 摘要

本公开是关于一种煤炭开采物料智能分类。其中,方法包括:获取与煤炭开采关联的多源数据,对多源数据进行特征融合,得到三维关联模型;三维关联模型为针对煤炭开采的设备信息、物料信息和设备维修信息的关联模型,基于预先构建的统一数据类别模型,利用三维关联模型生成关联图谱,将关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到图神经网络模型输出的物料分类结果。本方案提升了物料管理效率和智能化水平。



1. 一种煤炭开采物料智能分类方法,其特征在于,包括:

获取与煤炭开采关联的多源数据;所述多源数据包括煤炭开采业务数据和煤炭开采设备数据;

对所述多源数据进行特征融合,得到三维关联模型;所述三维关联模型为针对煤炭开采的设备信息、物料信息和设备维修信息的关联模型;

基于预先构建的统一数据类别模型,利用所述三维关联模型生成关联图谱;所述统一数据类别模型包括物料类型信息;

将所述关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到所述图神经网络模型输出的物料分类结果。

2. 根据权利要求1所述的煤炭开采物料智能分类方法,其特征在于,所述基于预先构建的统一数据类别模型,利用所述三维关联模型生成关联图谱,包括:

基于所述统一数据类别模型,将所述设备信息、物料信息和设备维修信息转化为图节点;

基于所述三维关联模型中所述设备信息、物料信息和设备维修信息之间的关联关系,生成连接于两个图节点之间的关系边;

采用注意力算法确定图节点和关系边各自的权重值,得到包括图节点、关系边以及权重值的所述关系图谱。

3. 根据权利要求2所述的煤炭开采物料智能分类方法,其特征在于,所述采用注意力算法确定图节点和关系边各自的权重值,包括:

采用注意力算法,采用以下公式确定图节点和关系边各自的权重值:

$$\text{Chart}(Q, K, V) = \text{soft max} \left( \frac{\prod_{k=2}^{|t|} (2 - \frac{2}{k^2}) QK^T}{\sqrt{d_k}} \right)$$

其中,Q为查询向量,K为键向量,V为值向量, $d_k$ 为维度,Q为查询向量,K为键向量,用于匹配查询,V为值向量,存储实际信息,Sotmax为创建图谱常见归一函数, $K^T$ 表示将键矩阵K进行转置操作, $\prod_{k=2}^{|t|} (2 - \frac{2}{k^2}) QK^T$ 为动态缩放因子,t为序列长度,k为序列位置索引。

4. 根据权利要求1所述的煤炭开采物料智能分类方法,其特征在于,在所述将所述关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到所述图神经网络模型输出的物料分类结果之前,方法还包括:

基于所述关联图谱的节点数计算所述关联图谱的图谱规模指标值;

在所述图谱规模指标值不满足预设条件的情况下,将所述关联图谱输入至完成训练的自然语言处理模型,得到所述自然语言处理模型输出的处理结果;

基于所述处理结果更新所述关联图谱;

所述将所述关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到所述图神经网络模型输出的物料分类结果,包括:

将更新后的所述关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到所述图神经网络模型输出的物料分类结果。

5. 根据权利要求4所述的煤炭开采物料智能分类方法,其特征在於,所述基於所述关联图谱的节点数计算所述关联图谱的图谱规模指标值,包括:

基於以下公式计算所述关联图谱的图谱规模指标值:

$$r = \frac{1 - \cos^1 p \cos^2(2p) \dots \cos^n np}{p^2}$$

其中,r为图谱规模指标值,n为所述关联图谱的节点数,p为标准分类系数。

6. 根据权利要求1所述的煤炭开采物料智能分类方法,其特征在於,在所述对所述多源数据进行特征融合,得到三维关联模型之前,还包括:

在所述多源数据中包括时序数据的情况下,对所述时序数据採用以下公式进行标准化处理:

$$q = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{|t|} \frac{1}{\sqrt{1^3 + 2^3 + \dots + k^3}}$$

其中,q为标准化后的时序数据,t为时间戳,q的取值区间(0,1];

基於所述标准化后的时序数据更新所述多源数据;

所述对所述多源数据进行特征融合,得到三维关联模型,包括:

对更新后的所述多源数据进行特征融合,得到所述三维关联模型。

7. 一种煤炭开采物料智能分类装置,其特征在於,包括:

获取单元,用于获取与煤炭开采关联的多源数据;所述多源数据包括煤炭开采业务数据和煤炭开采设备数据;

融合单元,用于对所述多源数据进行特征融合,得到三维关联模型;所述三维关联模型为针对煤炭开采的设备信息、物料信息和设备维修信息的关联模型;

生成单元,用于基於预先构建的统一数据类别模型,利用所述三维关联模型生成关联图谱;所述统一数据类别模型包括物料类型信息;

分类单元,用于将所述关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到所述图神经网络模型输出的物料分类结果。

8. 一种电子设备,其特征在於,包括:存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时,实现如权利要求1至6中任一项所述的方法。

9. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在於,所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求1至6中任一项所述的方法。

10. 一种计算机程序产品,包括计算机程序,其特征在於,所述计算机程序在被处理器执行时实现如权利要求1至6中任一项所述的方法。

## 煤炭开采物料智能分类方法、装置及系统

### 技术领域

[0001] 本公开涉及物料管理技术领域,尤其涉及一种煤炭开采物料智能分类方法、装置及系统。

### 背景技术

[0002] 相关技术中,在煤炭开采领域,传统的物料管理方法普遍依赖于人工经验进行物料主数据的分类与录入,存在分类标准不统一、操作流程繁琐、数据孤岛化严重等固有弊端。现有技术虽尝试引入信息化系统进行管理,但多局限于静态数据记录,这导致物料分类准确性低、库存周转效率不佳,且无法支撑精准的采购决策与应急调配。

### 发明内容

[0003] 为克服相关技术中存在的问题,本公开提供一种煤炭开采物料智能分类方法、装置及系统。

[0004] 根据本公开实施例的第一方面,提供一种煤炭开采物料智能分类方法,包括:  
获取与煤炭开采关联的多源数据;所述多源数据包括煤炭开采业务数据和煤炭开采设备数据;

对所述多源数据进行特征融合,得到三维关联模型;所述三维关联模型为针对煤炭开采的设备信息、物料信息和设备维修信息的关联模型;

基于预先构建的统一数据类别模型,利用所述三维关联模型生成关联图谱;所述统一数据类别模型包括物料类型信息;

将所述关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到所述图神经网络模型输出的物料分类结果。

[0005] 根据本公开实施例的第二方面,提供一种煤炭开采物料智能分类装置,包括:  
获取单元,用于获取与煤炭开采关联的多源数据;所述多源数据包括煤炭开采业务数据和煤炭开采设备数据;

融合单元,用于对所述多源数据进行特征融合,得到三维关联模型;所述三维关联模型为针对煤炭开采的设备信息、物料信息和设备维修信息的关联模型;

生成单元,用于基于预先构建的统一数据类别模型,利用所述三维关联模型生成关联图谱;所述统一数据类别模型包括物料类型信息;

分类单元,用于将所述关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到所述图神经网络模型输出的物料分类结果。

[0006] 根据本公开实施例的第三方面,一种电子设备,包括:存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时,实现如第一方面中任一项所述的方法。

[0007] 根据本公开实施例的第四方面,提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如第一方面中任一项所述的方法。

[0008] 根据本公开实施例的第五方面,提供一种计算机程序产品,包括计算机程序,所述计算机程序在被处理器执行时实现如第一方面中任一项所述的方法。

[0009] 本公开的实施例提供的技术方案可以包括以下有益效果:通过获取与煤炭开采关联的多源数据,对多源数据进行特征融合,得到三维关联模型;三维关联模型为针对煤炭开采的设备信息、物料信息和设备维修信息的关联模型,基于预先构建的统一数据类别模型,利用三维关联模型生成关联图谱,将关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到图神经网络模型输出的物料分类结果。通过多源数据融合与三维关联建模,构建出深度反映设备-物料-维修关系的动态知识图谱,经由图神经网络进行智能推理,实现了对物料主数据的自动化、高精度分类,解决了传统依赖人工经验导致的分类混乱、效率低下问题,显著提升了物料管理效率和智能化水平。

[0010] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本公开。

### 附图说明

[0011] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本发明的实施例,并与说明书一起用于解释本发明的原理。

[0012] 图1是根据一示例性实施例示出的一种煤炭开采物料智能分类方法的流程图。

[0013] 图2是本申请实施例提出的一种煤炭开采物料智能分类流程图。

[0014] 图3是根据一示例性实施例示出的一种煤炭开采物料智能分类装置的框图。

[0015] 图4是根据一示例性实施例示出的一种用于煤炭开采物料智能分类方法的装置的框图。

### 具体实施方式

[0016] 这里将详细地对示例性实施例进行说明,其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时,除非另有表示,不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本发明相一致的所有实施方式。相反,它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本发明的一些方面相一致的装置和方法的例子。

[0017] 在本公开实施例使用的术语是仅仅出于描述特定实施例的目的,而非旨在限制本公开实施例。在本公开实施例和所附权利要求书中所使用的单数形式的“一种”和“该”也旨在包括多数形式,除非上下文清楚地表示其他含义。

[0018] 应当理解,尽管在本公开实施例可能采用术语第一、第二、第三等来描述各种信息,但这些信息不应限于这些术语。这些术语仅用来将同一类型的信息彼此区分开。例如,在不脱离本公开实施例范围的情况下,第一信息也可以被称为第二信息,类似地,第二信息也可以被称为第一信息。取决于语境,如在此所使用的词语“如果”及“若”可以被解释成为“在……时”或“当……时”或“响应于确定”。

[0019] 此外,可以使用本公开实施例所示的各种形式的流程,重新排序、增加或删除步骤。例如,本发申请中记载的各步骤可以并行地执行也可以顺序地执行也可以不同的次序执行,只要能够实现本公开公开的技术方案所期望的结果,本文在此不进行限制。

[0020] 图1是根据一示例性实施例示出的一种煤炭开采物料智能分类方法的流程图,如

图1所示,需要说明的是,本公开实施例的煤炭开采物料智能分类方法应用于煤炭开采物料智能分类装置中。如图1所示,该方法可以包括以下步骤:

步骤101,获取与煤炭开采关联的多源数据。

[0021] 其中,多源数据包括煤炭开采业务数据和煤炭开采设备数据。

[0022] 在一个实施例中,在煤炭开采设备数据实时采集方面,可以部署边缘网关,使用工业互联网IOT平台,通过可编程逻辑控制器PLC、分布式控制系统DCS、数据采集与监视控制系统SCADA等设备连接各类传感器,采集采煤机、掘进机、运输机、支护及液压支架等关键设备的震动传感器、温度传感器、转数传感器、压力传感器等数据,利用4G/5G移动网络,结合企业内部光纤网络,实现了数据的实时采集和传输。解决了传统数据采集方式存在的时效性、全面性和一致性问题。通过温度传感器、湿度传感器、震动传感器、压力传感器等,可以全面覆盖生产过程中的各个环节,并通过无线网络或有线网络将数据传输到云端进行处理和存储。

[0023] 在一个实施例中,当边缘测基础网络不能保障数据实时传输时,可以在边缘测部署边缘时序库,用于缓存生产线产生的大量时序数据,边缘时序库一般不会存储太长周期的时序数据,通常可以存储5至7天内的时序数据,也可以根据生产实际情况调整增加配置来达到更长周期数据的存储。边缘时序库中的数据会根据网络情况定期将数据压缩并传递至云平台。

[0024] 在一个实施例中,在煤炭开采业务数据采集方面,使用数据治理平台采集各类业务系统数据,包括生产执行系统MES、资产管理系统EAM、设备管理系统EMS、项目管理系统PMS、物料管理系统WMS、检维修管理系统MMS、人员跟踪定位等系统。采集业务系统中的人员数据、人员实时位置数据、设备故障数据、设备检修计划与检修历史等数据。并将设备运行数据与检维修数据进行融合应用,通过数智融合提升设备运行效能。通过集成设备运行数据、检维修计划等数据,实现动态感知设备状态,预测潜在故障,调优设备检维修计划。

[0025] 在一些实施例中可以对多源数据进行标准化处理。

[0026] 在一个实施例中,对于边缘网关采集的生产时序数据,根据实际应用场景的时效性要求,进行流式数据的标准化处理。时序数据可以首先流入Kafka集群,利用Flink实时计算引擎进行数据规范化处理,排除干扰数据和错误数据,识别并调优设备的真实数据。处理完成的数据会存储在时序库中进行永久保存,待后续业务使用。

[0027] 在本公开一些实施例中,在步骤102之前,方法还包括:

在多源数据中包括时序数据的情况下,对时序数据采用以下公式进行标准化处理:

$$q = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{|t|} \frac{1}{\sqrt{1^3 + 2^3 + \dots + k^3}}$$

[0028] 其中,q为标准化后的时序数据,t为时间戳,q的取值区间(0,1];

基于标准化后的时序数据更新多源数据;

步骤102包括:对更新后的多源数据进行特征融合,得到三维关联模型。

[0029] 需要说明的是,q用于对时序数据进行标准化分类,相同q值的数据点被归为同一类。

[0030] 在一个实施例中,每个时序数据点根据其时间戳t计算q值。相同q值的数据点属于

同一类。由于 $q$ 值依赖于 $t$ ,这意味着具有相同整数时间戳的数据点会被分组在一起,从而将时序数据映射到一个标准化的尺度上,有助于减少数据复杂性,并方便后续处理(如数据融合或机器学习模型输入)。

[0031] 需要说明的是,在煤炭智能化开采场景中,海量的时序数据(如振动、温度)具有不同的时间尺度和量纲,直接用于模型训练会导致效果差、效率低。将冗长的原始时序数据序列,压缩为一个单一的、有代表性的 $q$ 值,极大地简化了后续数据处理和模型学习的复杂度。

[0032] 步骤102,对多源数据进行特征融合,得到三维关联模型。

[0033] 其中,三维关联模型为针对煤炭开采的设备信息、物料信息和设备维修信息的关联模型。

[0034] 在一个实施例中,可以基于工业物联网架构形成关系投影,通过建立设备、物料、维修三者之间的动态关联,建立设备-物料-维修的三维关联模型,形成立体化数据网络,记录每台设备使用的物料类型及消耗规律,建立设备故障与维修记录的映射关系,追踪物料在维修过程中的消耗情况,将孤立的数据点转化为具有业务逻辑的关联图谱,形成多模态数据的关联图谱。

[0035] 步骤103,基于预先构建的统一数据类别模型,利用三维关联模型生成关联图谱。

[0036] 其中,统一数据类别模型包括物料类型信息。

[0037] 在一个实施例中,可以依据相关行业管理手册,结合中煤科工开采研究院实际业务现状,进行综合梳理与数字化改造,建立统一数据类别模型,举例来说,目前总体定义11大类、48小类数据字段。煤炭开采物料智能分类的目标就是将对应的物料自动匹配到相符的分类。

[0038] 在本申请一些实施例中,多源数据的存储结构设计采用关系型数据库和图数据库的融合构建,在关系型数据库设计中,设备表可以包括设备类型、空间坐标等信息,物料表记录物料规格、所属设备等属性,维修表关联设备ID、物料ID及故障特征码等信息;在图数据库构建中,将设备、物料(源自统一数据分类模型)、维修记录转化为图节点,通过“使用”、“消耗于”、“导致”等关系边连接各节点,结合设备空间位置(如井下坐标)与物料流动路径(如从仓库到工作面的运输轨迹)等,将设备空间位置与物料流动路径进行耦合分析,开发动态拓扑维护算法,形成时空关联投影结构。

[0039] 在一些实施例中,关联图谱中可以包括节点集、节点特征、边集和边特征。

[0040] 作为一种示例,节点集可以包括设备节点(如采煤机、液压支架)、物料节点(如截齿型号、密封圈型号,物料类别是基于统一数据类别模型确定的)、维修节点(如维修工单)、故障模式节点(如轴承磨损、密封失效)。设备节点特征:可能包括设备的静态属性(如型号、出厂日期)和动态时序特征(如近期的平均振动幅度、温度趋势、运行时长等,这些源自传感器数据的标准化和处理)。节点特征可以包括物料节点特征,例如可以包括物料的规格属性(如尺寸、材质)、消耗特征(如月均消耗量、库存周转率)以及从NLP模块提取的语义特征(如从物料描述中提取的关键词向量);还可以包括维修节点特征,例如可以包括维修的类型、时长、成本以及从维修记录文本中提取的关键信息。

[0041] 作为一种示例,边集可以包括“使用”(用于连接设备和物料)、“消耗于”(用于连接维修记录和物料)、“导致”(用于连接设备和故障模式,或故障模式和维修记录)、“位于”(用于连接设备和空间位置)。边特征可以包括关系本身带有的权重或属性。

[0042] 在本公开一些实施例中,步骤103具体可以包括以下步骤:

步骤a1,基于统一数据类别模型,将设备信息、物料信息和设备维修信息转化为图节点;

步骤a2,基于三维关联模型中设备信息、物料信息和设备维修信息之间的关联关系,生成连接于两个图节点之间的关系边;

步骤a3,采用注意力算法确定图节点和关系边各自的权重值,得到包括图节点、关系边以及权重值的关系图谱。

[0043] 在本公开一些实施例中,步骤a3可以包括:

采用注意力算法,采用以下公式确定图节点和关系边各自的权重值:

$$\text{Chart}(Q, K, V) = \text{soft max} \left( \frac{\prod_{k=2}^{|t|} \left( 2 - \frac{2}{k^2} \right) QK^T}{\sqrt{d_k}} \right)$$

[0044] 其中,Q为查询向量,K为键向量,V为值向量, $d_k$ 为维度,Q为查询向量,K为键向量,用于匹配查询,V为值向量,存储实际信息,Sotmax为创建图谱常见归一函数, $K^T$ 表示将键矩阵K进行转置操作,

$\prod_{k=2}^{|t|} \left( 2 - \frac{2}{k^2} \right) QK^T$ 为动态缩放因子,t为序列长度,k为序列位置索引。

[0045] 需要说明的是,传统的注意力机制采用的是固定的缩放因子 $\frac{1}{\sqrt{d_k}}$ ,这种方式在处理时序数据时,难以充分捕捉时间序列中的长期依赖和时间动态变化,本申请采用动态缩

放因子 $\prod_{k=2}^{|t|} \left( 2 - \frac{2}{k^2} \right) QK^T$ ,当序列长度 $|t|$ 增加时,动态缩放因子会快速增长,从而放大注意力得分,强调长期依赖。

[0046] 进一步的,动态缩放因子较长的序列会导致较大的缩放因子,这使得模型在处理长期依赖时更加敏感,有助于识别跨时间步的复杂关联,进而在构建关联图谱时,能够更精细地调节不同时间点数据的重要性,从而优化实体和关系的表示。在煤炭开采场景中,设备传感器数据(如振动、温度)是时序数据。改进后的公式能够更好地捕捉这些数据的时间动态,例如设备故障的渐进过程或物料消耗的时序模式,从而在构建关联图谱时更准确地关联设备-物料-维修实体。通过动态缩放注意力得分,可以更强调与当前时间上下文最相关的关联信息,减少噪声影响,有助于生成更精准的知识图谱,其中边(关系)的权重更符合实际业务逻辑,如设备故障与维修记录之间的因果关系。

[0047] 在本申请一些实施例中,当监听到设备发生迁移或物料规格变更时,可以自动重构关联图谱,自动更新图谱结构中的空间坐标及关联属性,同时支持图谱结构的版本管理(保留历史图谱用于回溯分析),实现图谱的动态结构演化,优化分类决策路径图。

[0048] 在一些实施例中,在数据为非时序数据的情况下,k可以取值为 $\sqrt{2}$ 。也即,对时序数据和非时序数据进行区分,确保无论是实时传感器流还是历史业务记录都能被有效处理。

[0049] 在一个实施例中,当时序数据发生变化(如设备迁移或物料规格变更),动态缩放因子会自动调整,从而触发关联图谱的动态重构,实现了图谱动态结构演化,进而能够适应环境变化。

[0050] 步骤104,将关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到图神经网络模型输出的物料分类结果。

[0051] 在一个实施例中,图神经网络模型可以为每个物料节点输出一个分类标签,该分类标签为统一数据类别模型中的标签。还可以输出每个分类标签的概率。

[0052] 在一些实施例中,图神经网络模型还可以输出设备节点可能发生的故障类型,还可以输出维修节点对应的紧急程度。

[0053] 在一些实施例中,可以基于处理好的多模态关联图谱数据,通过协调多个智能体和任务节点,使用AI模型、自动化设备、传感器网络等协同工作,动态分配任务、管理交互规则。结合生产设备的时序数据变化与业务系统数据的更新,动态识别数据血缘,构建动态数据流图与知识图谱,实现复杂流程和图谱的自动生成与动态优化。

[0054] 智能编排通过整合物联网、5G、AI、机器人等技术,在煤炭开采设备的运行、维修、维护、物料采购、运输、仓储等环节实现智能化管理。设计基于规则引擎的编排策略,支持优先级队列管理(紧急维修数据优先处理),根据数据使用频率动态调整转换规则优先级,实现数据从采集到应用的全流程智能控制与自动优化。

[0055] 在物料主数据智能分类方面,分析采购人员录入的物料清单,通过智能编排逻辑,自动进行物料分类匹配和识别,将录入的模糊不清、分类错误、格式不规范等数据进行合规化处理,形成符合物料主数据管理规范的标准数据。对于智能编排逻辑无法识别的异常数据,采用人工干预机制处理,最大限度的降低人力成本。

[0056] 在设备维修与维护方面,智能编排可以监控和预测设备故障,安排设备维修维护计划,主动协调维修团队和启动备用设备,减少设备停机时间。在紧急物资调配方面,智能编排通过预先布置好的传感器设备,智能分析道路及管路损毁情况,自动规划最优运输路径,并主动协调运输车辆或传送带装置,减少拥堵和等待时间,提高整体物资配送效率。

[0057] 在本申请一些实施例中,可以通过构建物料-设备-维修的知识图谱,结合时序特征进行动态推理和智能分类,利用图结构捕捉复杂业务关系,建立图神经网络分类模型。通过整合设备运行日志、维修工单和传感器时序数据,构建包含实体(设备-部件-物料)、关系(使用-故障-更换)和时序特征的三元组知识网络。采用动态图谱更新机制,实时捕获设备状态演变规律。可以设计基于注意力机制的图神经网络GNN架构,在空间维度通过图卷积层捕捉节点间结构依赖,在时间维度引入LSTM单元建模设备状态序列演化。构建时空联合表征学习框架,实现设备健康状态的动态推理。可以在微观层面通过节点级特征提取实现故障模式识别,中观层面利用子图结构分析完成部件级故障定位,宏观层面基于全图嵌入实现系统级健康评估。采用课程学习范式,逐步提升分类任务复杂度,实现高精度的分类任务。

[0058] 在本公开一些实施例中,在步骤104之前,方法还可以包括:

步骤b1,基于关联图谱的节点数计算关联图谱的图谱规模指标值;

步骤b2,在图谱规模指标值不满足预设条件的情况下,将关联图谱输入至完成训练的自然语言处理模型,得到自然语言处理模型输出的处理结果;

步骤b3,基于处理结果更新关联图谱;

步骤104可以包括:将更新后的关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到图神经网络模型输出的物料分类结果。

[0059] 在一个实施例中,在图谱规模指标值小于预设阈值的情况下,说明构建的关联图谱规模尚小,关联图谱还处于建设初期或数据质量不佳,需要额外的处理支持,将数据推送nlp(自然语言处理)模块,通过文本分析、实体识别等技术,从原始数据中提取新的知识和关系,丰富和扩建知识图谱;在图谱规模指标值大于或者等于预设阈值的情况下,说明当前的关联图谱较为成熟和完善,能够胜任复杂的推理任务,直接输入至完成训练的图神经网络模型。

[0060] 在本公开一些实施例中,步骤b1具体可以包括:

基于以下公式计算关联图谱的图谱规模指标值:

$$r = \frac{1 - \cos^1 p \cos^2(2p) \dots \cos^n np}{p^2}$$

[0061] 其中,r为图谱规模指标值,n为关联图谱的节点数,代表图谱的规模和信息丰富度,p为标准分类系数,反映时序数据的质量。数据质量越好,p值越接近0。

[0062] 需要说明的是,r值综合反映了“图谱规模”与“数据质量”的匹配程度。r值越大,说明当前的知识图谱越成熟、越完善,能够胜任复杂的推理任务。r值越小,说明图谱还处于建设初期或数据质量不佳,需要额外的处理支持。

[0063] 时序数据质量越好,分类的p值越接近0,这里r值最理想状态下:

$$r = \frac{n^2(n+1)^2}{8}$$

[0064] 在本公开一些实施例中,可以通过自然语言处理引擎,实时分析关联图谱中的语音数据、文本数据(如物料清单信息、维修计划、检修记录等),结合计算机视觉分析现场监控数据,将物料相关信息进行标准化清洗,去除停用词汇,统一量程单位(如“Φ22mm”与“直径22毫米”)等。

[0065] 对于数据量较小、时效性要求较高的情况,可以对命名实体进行识别和词性标注,提取关键属性。通过双向LSTM捕捉序列的上下文信息,正向和反向LSTM(Long Short-Term Memory,长短期记忆神经网络)的输出拼接,形成每个位置的上下文表示。同时建模标签之间的依赖关系,为每个词汇分配语法标签(如名词、动词),通过转移矩阵确保输出标签的合法性。实现上下文感知和端到端学习。

[0066] 对于数据量较大、语义复杂,需要深度理解语义的情况,采用基于Transformer架构的基于双向编码器表示的基准模型BERT-Base进行词向量嵌入,维度压缩至256维,12个注意力头,结合注意力机制强化关键特征,对语义进行编码处理。增加同义词映射语料库,构建行业术语库,包含3872组同义表述,后续根据应用场景主键丰富和优化。

[0067] 后续优化可以通过知识蒸馏减少模型尺寸,结合注意力机制动态调整标签转移概率,将BERT嵌入与视觉、语音特征结合,提升跨模态任务性能。

[0068] 在本申请一些实施例中,可以通过知识图谱构建实体类型,定义物料、设备、故障模式等8类实体,包含“用于”、“导致”、“包含”等15种关系,属性扩展还为节点添加时序特征(如物料月消耗量趋势等)。实现了12.6万个实体节点,238万条三元组关系。同时引入了知识图谱自更新机制,当物料使用频率变化超20%时,自动触发图谱重构;

动态推理机制可以采用动态图注意力网络GATv2模型实现多跳推理,结合时序特征进行动态分类、多模态数据融合、时空特征融合,结合设备空间位置与时间序列数据,实

现跨介质感知,并集成音频数据(如设备异响)辅助分类;

可以引入动态注意力机制,实现邻居节点加权,对重要关联节点(如高频故障设备)赋予更高权重。增加时序衰减因子,对于近期数据对分类结果的影响大于历史数据的影响。同时实现多头注意力融合机制,同时关注设备运行状态与维修记录两个维度;

对于时序数据进行特征融合,可以引入短期特征、长期特征、动态权重调整机制,捕捉设备当前运行参数(如振动频率),分析物料消耗历史规律(如季度性需求变化),最后根据生产计划变化自动调节时序特征权重;

针对多源数据融合与物料标准化,通过关系投影、智能数据编排等技术,实现了预计算和即席计算的弹性自适应,突破了传统技术在多源异构场景下的性能瓶颈。支持跨源、多级逻辑视图定义,简化了复杂场景下的数据整合工作,并有效的提高了数据的一致性和准确性。

[0069] 作为一种可能实施方式的示例,煤炭开采物料智能分类的应用方面,机器学习算法在供应链管理、仓库管理、装配线优化等场景中都得到了广泛应用。例如,通过分析历史数据,机器学习模型可以准确预测需求波动,优化库存水平,并简化采购流程。此外,知识图谱和动态数据感知技术的融合,为物料分类提供了更智能的解决方案。

[0070] 例如,当物料采购人员录入需采购的物料清单时,该方法及装置会自动进行分类匹配和识别,将录入模糊、不准确、不规范的数据进行合规化处理,形成符合物料主数据管理规范的数据。

[0071] 又例如,当装置检测到液压支架故障率上升时,自动关联维修记录,识别易损件(如密封圈等,可以基于统一数据分类模型来确定),结合生产计划预测未来3个月需求,生成包含供应商评价的物料采购方案。

[0072] 再例如,在突发透水事故时,装置通过水位传感器识别到异常信息,将自动启动应急排水设备并发出告警信息,同时装置会在30秒内定位最近库存点的排水泵,规划最优运输路径,智能分析道路及管路损毁情况,自动生成救援方案及应急采购订单。

[0073] 根据本公开实施例提出的煤炭开采物料智能分类方法,通过获取与煤炭开采关联的多源数据,对多源数据进行特征融合,得到三维关联模型;三维关联模型为针对煤炭开采的设备信息、物料信息和设备维修信息的关联模型,基于预先构建的统一数据类别模型,利用三维关联模型生成关联图谱,将关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到图神经网络模型输出的物料分类结果。通过多源数据融合与三维关联建模,构建出深度反映设备-物料-维修关系的动态知识图谱,经由图神经网络进行智能推理,实现了对物料主数据的自动化、高精度分类,解决了传统依赖人工经验导致的分类混乱、效率低下问题,显著提升了物料管理效率和智能化水平。

[0074] 图3是根据一示例性实施例示出的一种煤炭开采物料智能分类装置框图。参照图3,该装置包括获取单元301,融合单元302,生成单元303和分类单元304。

[0075] 其中,获取单元301,用于获取与煤炭开采关联的多源数据;所述多源数据包括煤炭开采业务数据和煤炭开采设备数据;

融合单元302,用于对所述多源数据进行特征融合,得到三维关联模型;所述三维关联模型为针对煤炭开采的设备信息、物料信息和设备维修信息的关联模型;

生成单元303,用于基于预先构建的统一数据类别模型,利用所述三维关联模型生

成关联图谱;所述统一数据类别模型包括物料类型信息;

分类单元304,用于将所述关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到所述图神经网络模型输出的物料分类结果。

[0076] 在本申请一些实施例中,生成单元303具体可以用于:

基于所述统一数据类别模型,将所述设备信息、物料信息和设备维修信息转化为图节点;

基于所述三维关联模型中所述设备信息、物料信息和设备维修信息之间的关联关系,生成连接于两个图节点之间的关系边;

采用注意力算法确定图节点和关系边各自的权重值,得到包括图节点、关系边以及权重值的所述关系图谱。

[0077] 在本申请一些实施例中,生成单元303具体可以用于:

采用注意力算法,采用以下公式确定图节点和关系边各自的权重值:

$$\text{Chart}(Q, K, V) = \text{soft max} \left( \frac{\prod_{k=2}^{\lfloor t \rfloor} \left( 2 - \frac{2}{k^2} \right) QK^T}{\sqrt{d_k}} \right)$$

[0078] 其中,Q为查询向量,K为键向量,V为值向量, $d_k$ 为维度,Q为查询向量,K为键向量,用于匹配查询,V为值向量,存储实际信息,Sotmax为创建图谱常见归一函数, $K^T$ 表示将键矩阵K进行转置操作,

$\prod_{k=2}^{\lfloor t \rfloor} \left( 2 - \frac{2}{k^2} \right) QK^T$ 为动态缩放因子,t为序列长度,k为序列位置索引。

[0079] 在本申请一些实施例中,装置还可以包括更新单元,更新单元具体可以用于:

基于所述关联图谱的节点数计算所述关联图谱的图谱规模指标值;

在所述图谱规模指标值不满足预设条件的情况下,将所述关联图谱输入至完成训练的自然语言处理模型,得到所述自然语言处理模型输出的处理结果;

基于所述处理结果更新所述关联图谱;

分类单元304具体可以用于:将更新后的所述关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到所述图神经网络模型输出的物料分类结果。

[0080] 在本申请一些实施例中,更新单元具体可以用于:

基于以下公式计算所述关联图谱的图谱规模指标值:

$$r = \frac{1 - \cos^1 p \cos^2 (2p) \dots \cos^n np}{p^2}$$

[0081] 其中,r为图谱规模指标值,n为所述关联图谱的节点数,p为标准分类系数。

[0082] 在本申请一些实施例中,装置还可以包括标准化单元,具体可以用于:

基于以下公式计算所述关联图谱的图谱规模指标值:

$$r = \frac{1 - \cos^1 p \cos^2 (2p) \dots \cos^n np}{p^2}$$

[0083] 其中,r为图谱规模指标值,n为所述关联图谱的节点数,p为标准分类系数。

[0084] 关于上述实施例中的装置,其中各个模块执行操作的具体方式已经在有关该方法的实施例中进行了详细描述,此处将不做详细阐述说明。

[0085] 根据本公开实施例提出的煤炭开采物料智能分类装置,通过获取与煤炭开采关联的多源数据,对多源数据进行特征融合,得到三维关联模型;三维关联模型为针对煤炭开采的设备信息、物料信息和设备维修信息的关联模型,基于预先构建的统一数据类别模型,利用三维关联模型生成关联图谱,将关联图谱输入至完成训练的图神经网络模型,得到图神经网络模型输出的物料分类结果。通过多源数据融合与三维关联建模,构建出深度反映设备-物料-维修关系的动态知识图谱,经由图神经网络进行智能推理,实现了对物料主数据的自动化、高精度分类,解决了传统依赖人工经验导致的分类混乱、效率低下问题,显著提升了物料管理效率和智能化水平。

[0086] 图4是根据一示例性实施例示出的一种用于煤炭开采物料智能分类方法的装置的框图。例如,装置400可以是电子设备,例如可以是移动电话,计算机,数字广播终端,消息收发设备,游戏控制台,平板设备,医疗设备,健身设备,个人数字助理等。

[0087] 参照图4,装置400可以包括以下一个或多个组件:处理组件402,存储器404,电力组件406,多媒体组件408,音频组件410,输入/输出(I/O)的接口412,传感器组件414,以及通信组件416。

[0088] 处理组件402通常控制装置400的整体操作,诸如与显示,电话呼叫,数据通信,相机操作和记录操作相关联的操作。处理组件402可以包括一个或多个处理器420来执行指令,以完成上述的方法的全部或部分步骤。此外,处理组件402可以包括一个或多个模块,便于处理组件402和其他组件之间的交互。例如,处理组件402可以包括多媒体模块,以方便多媒体组件408和处理组件402之间的交互。

[0089] 存储器404被配置为存储各种类型的数据以支持在设备400的操作。这些数据的示例包括用于在装置400上操作的任何应用程序或方法的指令,联系人数据,电话簿数据,消息,图片,视频等。存储器404可以由任何类型的易失性或非易失性存储设备或者它们的组合实现,如静态随机存取存储器(SRAM),电可擦除可编程只读存储器(EEPROM),可擦除可编程只读存储器(EPROM),可编程只读存储器(PROM),只读存储器(ROM),磁存储器,快闪存储器,磁盘或光盘。

[0090] 电力组件406为装置400的各种组件提供电力。电力组件406可以包括电源管理系统,一个或多个电源,及其他与为装置400生成、管理和分配电力相关联的组件。

[0091] 多媒体组件408包括在所述装置400和用户之间的提供一个输出接口的屏幕。在一些实施例中,屏幕可以包括液晶显示器(LCD)和触摸面板(TP)。如果屏幕包括触摸面板,屏幕可以被实现为触摸屏,以接收来自用户的输入信号。触摸面板包括一个或多个触摸传感器以感测触摸、滑动和触摸面板上的手势。所述触摸传感器可以不仅感测触摸或滑动动作的边界,而且还检测与所述触摸或滑动操作相关的持续时间和压力。在一些实施例中,多媒体组件408包括一个前置摄像头和/或后置摄像头。当设备400处于操作模式,如拍摄模式或视频模式时,前置摄像头和/或后置摄像头可以接收外部的多媒体数据。每个前置摄像头和后置摄像头可以是一个固定的光学透镜系统或具有焦距和光学变焦能力。

[0092] 音频组件410被配置为输出和/或输入音频信号。例如,音频组件410包括一个麦克风(MIC),当装置400处于操作模式,如呼叫模式、记录模式和语音识别模式时,麦克风被配置为接收外部音频信号。所接收的音频信号可以被进一步存储在存储器404或经由通信组件416发送。在一些实施例中,音频组件410还包括一个扬声器,用于输出音频信号。

[0093] I/O接口412为处理组件402和外围接口模块之间提供接口,上述外围接口模块可以是键盘,点击轮,按钮等。这些按钮可包括但不限于:主页按钮、音量按钮、启动按钮和锁定按钮。

[0094] 传感器组件414包括一个或多个传感器,用于为装置400提供各个方面的状态评估。例如,传感器组件414可以检测到设备400的打开/关闭状态,组件的相对定位,例如所述组件为装置400的显示器和小键盘,传感器组件414还可以检测装置400或装置400一个组件的位置改变,用户与装置400接触的存在或不存在,装置400方位或加速/减速和装置400的温度变化。传感器组件414可以包括接近传感器,被配置用来在没有任何的物理接触时检测附近物体的存在。传感器组件414还可以包括光传感器,如CMOS或CCD图像传感器,用于在成像应用中使用。在一些实施例中,该传感器组件414还可以包括加速度传感器,陀螺仪传感器,磁传感器,压力传感器或温度传感器。

[0095] 通信组件416被配置为便于装置400和其他设备之间有线或无线方式的通信。装置400可以接入基于通信标准的无线网络,如WiFi,2G或3G,或它们的组合。在一个示例性实施例中,通信组件416经由广播信道接收来自外部广播管理系统的广播信号或广播相关信息。在一个示例性实施例中,所述通信组件416还包括近场通信(NFC)模块,以促进短程通信。例如,在NFC模块可基于射频识别(RFID)技术,红外数据协会(IrDA)技术,超宽带(UWB)技术,蓝牙(BT)技术和其他技术来实现。

[0096] 在示例性实施例中,装置400可以被一个或多个应用专用集成电路(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、数字信号处理设备(DSPD)、可编程逻辑器件(PLD)、现场可编程门阵列(FPGA)、控制器、微控制器、微处理器或其他电子元件实现,用于执行上述方法。

[0097] 在示例性实施例中,还提供了一种包括指令的非临时性计算机可读存储介质,例如包括指令的存储器404,上述指令可由装置400的处理器420执行以完成上述方法。例如,所述非临时性计算机可读存储介质可以是ROM、随机存取存储器(RAM)、CD-ROM、磁带、软盘和光数据存储设备等。

[0098] 在示例性实施例中,还提供了一种计算机程序产品,包括计算机程序,所述计算机程序在被装置400的处理器420执行时实现上述方法。

[0099] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本发明的其它实施方案。本公开旨在涵盖本发明的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本发明的一般性原理并包括本公开未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本发明的真正范围和精神由下面的权利要求指出。

[0100] 应当理解的是,本发明并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构,并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本发明的范围仅由所附的权利要求来限制。

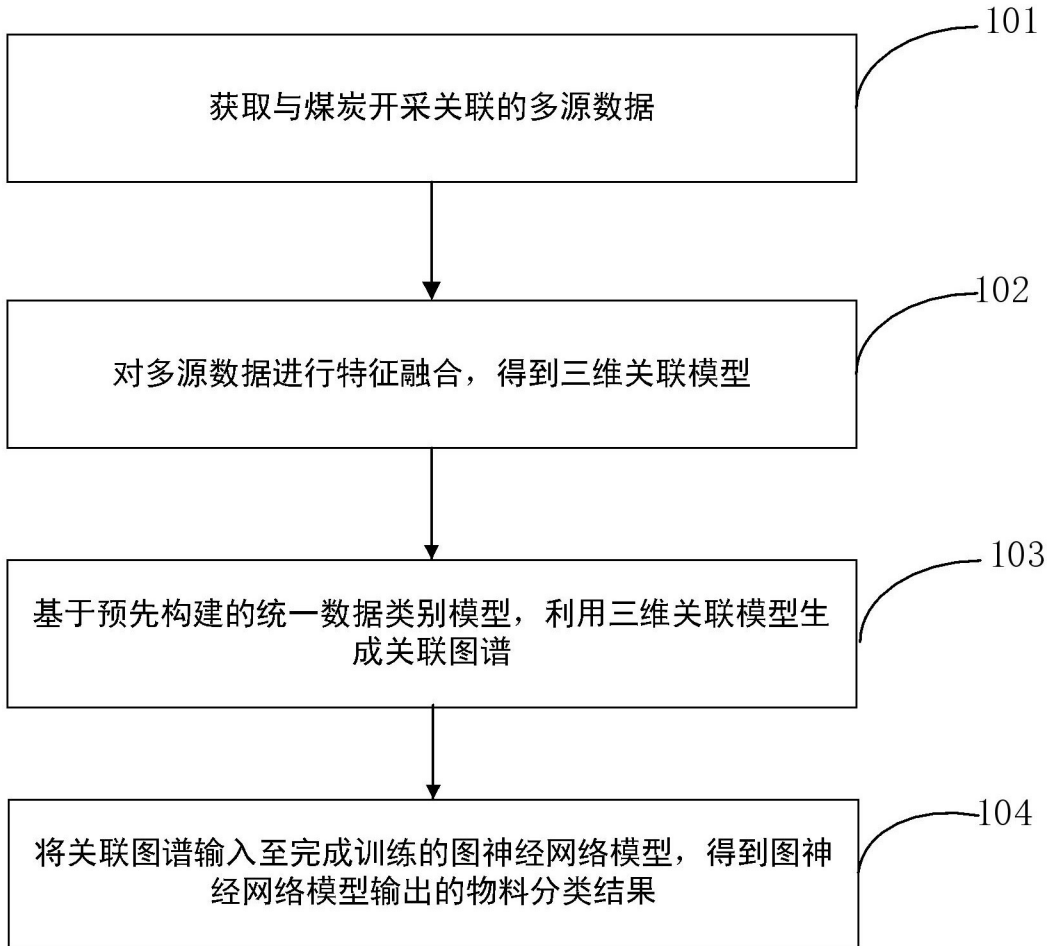


图1

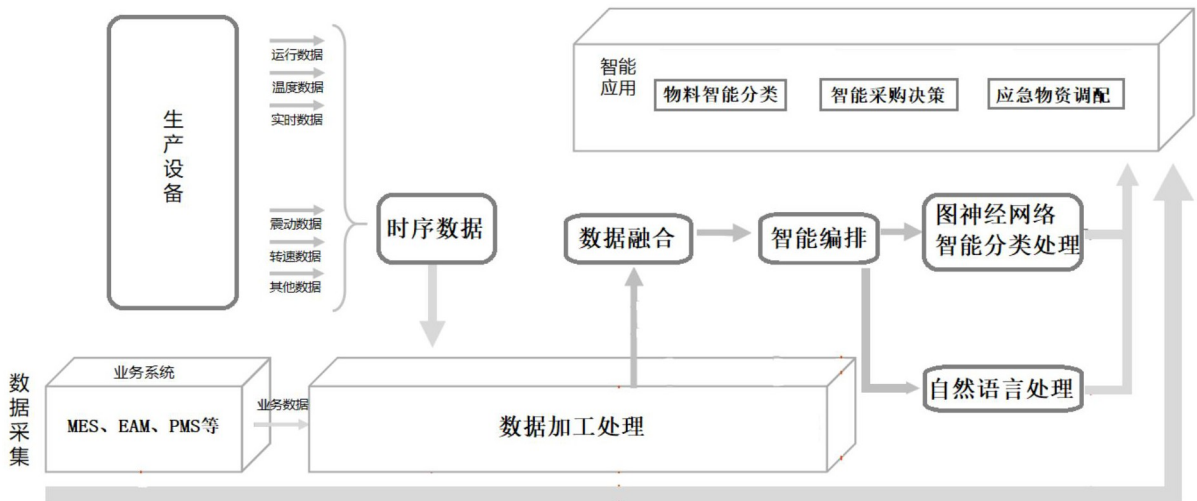


图2

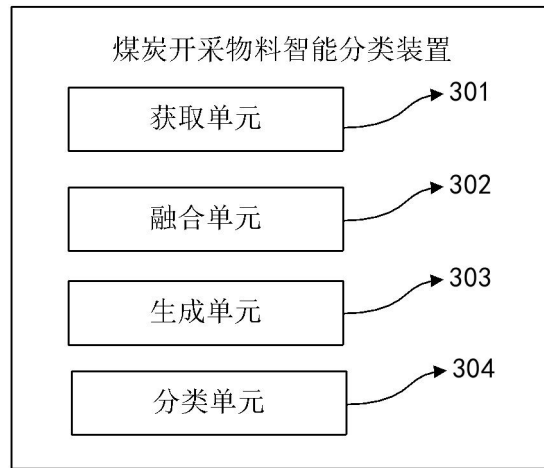


图3

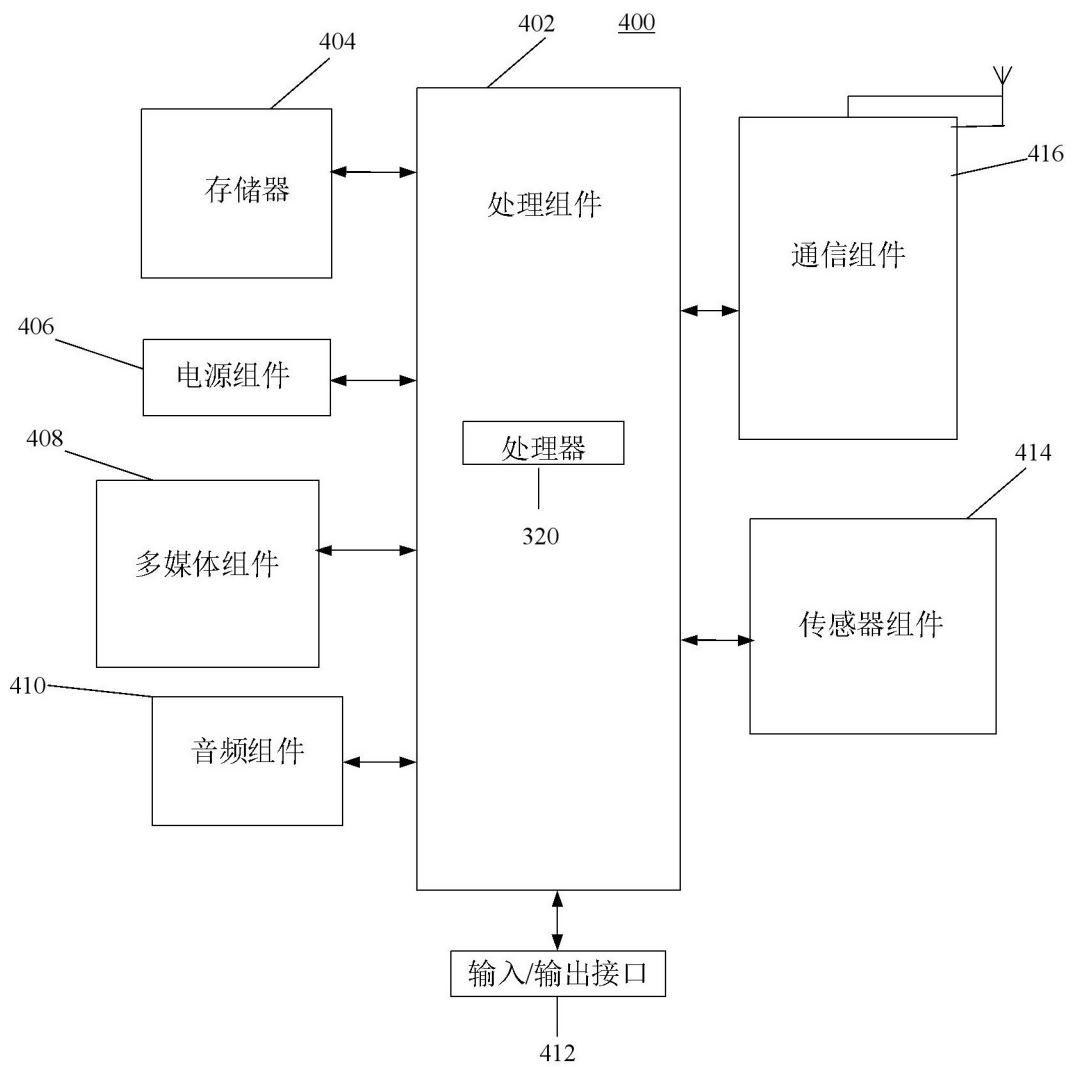


图4