



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110263709 B

(45) 授权公告日 2021.07.16

(21) 申请号 201910534230.9
 (22) 申请日 2019.06.19
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 110263709 A
 (43) 申请公布日 2019.09.20
 (73) 专利权人 百度在线网络技术(北京)有限公司
 地址 100085 北京市海淀区上地十街10号
 百度大厦三层
 (72) 发明人 马晓波
 (74) 专利代理机构 北京市铸成律师事务所
 11313
 代理人 王一 武晨燕
 (51) Int. Cl.
 G06K 9/00 (2006.01)
 G06N 3/02 (2006.01)

(56) 对比文件
 CN 108446727 A, 2018.08.24
 CN 1915725 A, 2007.02.21
 CN 101739818 A, 2010.06.16
 CN 102505591 A, 2012.06.20
 CN 106504116 A, 2017.03.15
 CN 106383920 A, 2017.02.08
 CN 107564363 A, 2018.01.09
 CN 108597223 A, 2018.09.28
 CN 108960498 A, 2018.12.07
 CN 108717786 A, 2018.10.30
 CN 109298712 A, 2019.02.01
 CN 109774724 A, 2019.05.21
 CN 109727470 A, 2019.05.07
 CN 109816027 A, 2019.05.28
 CN 109885929 A, 2019.06.14

审查员 马金驹

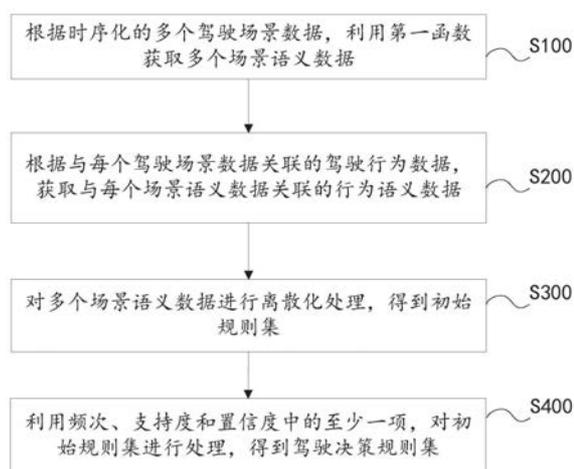
权利要求书3页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

驾驶决策挖掘方法和装置

(57) 摘要

本发明实施例提出一种驾驶决策挖掘方法和装置,方法包括:根据时序化的多个驾驶场景数据,利用第一函数获取多个场景语义数据;根据与每个驾驶场景数据关联的驾驶行为数据,获取行为语义数据;对多个场景语义数据进行离散化处理,得到初始规则集,初始规则集包括按类别分布的多个场景语义数据,以及与每个场景语义数据关联的行为语义数据;利用频次、支持度和置信度中的至少一项,对初始规则集进行处理,得到驾驶决策规则集。本发明实施例通过对场景语义数据进行离散化处理得到初始规则集,以及利用频次、支持度、置信度对初始规则集进行处理,因此使得得到的驾驶决策规则集中各驾驶场景对应的驾驶行为作为驾驶决策的参考性和可解释性更强。



1. 一种驾驶决策挖掘方法,其特征在于,包括:

利用第一函数,对时序化的多个驾驶场景数据进行语义化转换,获取多个场景语义数据,其中,所述第一函数为语义化变换函数;

根据与每个驾驶场景数据关联的驾驶行为数据,获取行为语义数据;

将所述多个场景语义数据离散化投射到多个离散类别上,得到初始规则集,所述初始规则集包括按类别分布的多个规则,每个规则包括场景语义数据以及关联的行为语义数据;

利用频次、支持度和置信度中的至少一项,对所述初始规则集进行处理,得到驾驶决策规则集。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

获取时序化的多个正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据;

获取时序化的多个事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据;

利用时间对齐方式,将每一帧的正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据关联,将每一帧的事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据关联。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,将所述多个场景语义数据离散化投射到多个离散类别上,得到初始规则集,包括:

根据预设分类规则,将所述多个场景语义数据离散化投射到多个离散类别上,得到初始规则集。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,利用频次、支持度和置信度中的至少一项,对所述初始规则集进行处理,得到驾驶决策规则集,包括:

利用冲突检查方式,对所述初始规则集中存在逻辑冲突的规则进行剔除,以得到第一规则集;

利用频次、支持度和置信度中的至少一项,将所述第一规则集中不满足预设条件的规则剔除,以得到驾驶决策规则集。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

利用预设评估方式,对所述驾驶决策规则集进行效果评估;

在所述效果评估的结果不满足要求的情况下,调整所述第一函数中的参数;

利用参数调整后的所述第一函数,重新执行所述获取多个场景语义数据、所述对所述多个场景语义数据进行离散化处理、以及所述对所述初始规则集进行处理的步骤。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,调整所述第一函数中的参数,包括:

调整所述第一函数中的语义距离标准参数、时间窗口标准参数、车道线数据处理参数和障碍物数据参数中的至少一种参数。

7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,利用预设评估方式,对所述驾驶决策规则集进行效果评估,包括:

根据验证驾驶场景数据,利用所述第一函数获取验证场景语义数据;

根据与所述验证驾驶场景数据关联的验证驾驶行为数据,获取验证行为语义数据;

基于所述验证场景语义数据、所述验证行为语义数据和所述驾驶决策规则集,利用似然率统计方式对所述驾驶决策规则集进行效果评估。

8. 一种驾驶决策挖掘装置,其特征在于,包括:

第一获取模块,用于利用第一函数,对时序化的多个驾驶场景数据进行语义化转换,获取多个场景语义数据,其中,所述第一函数为语义化变换函数;

第二获取模块,用于根据与每个驾驶场景数据关联的驾驶行为数据,获取行为语义数据;

离散化模块,用于将所述多个场景语义数据离散化投射到多个离散类别上,得到初始规则集,所述初始规则集包括按类别分布的多个规则,每个规则包括场景语义数据以及关联的行为语义数据;

挖掘模块,用于利用频次、支持度和置信度中的至少一项,对所述初始规则集进行处理,得到驾驶决策规则集。

9. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,还包括:

第三获取模块,用于获取时序化的多个正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据;

第四获取模块,用于获取时序化的多个事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据;

关联模块,用于利用时间对齐方式,将每一帧的正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据关联,将每一帧的事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据关联。

10. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,挖掘模块包括:

第一筛除子模块,用于利用冲突检查方式,对所述初始规则集中存在逻辑冲突的规则进行筛除,以得到第一规则集;

第二筛除子模块,用于利用频次、支持度和置信度中的至少一项,将所述第一规则集中不满足预设条件的规则筛除,以得到驾驶决策规则集。

11. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,还包括:

评估模块,用于利用预设评估方式,对所述驾驶决策规则集进行效果评估;

调整模块,用于在所述效果评估的结果不满足要求的情况下,调整所述第一函数中的参数;

过程循环模块,用于利用参数调整后的所述第一函数,重新执行所述获取多个场景语义数据、所述对所述多个场景语义数据进行离散化处理、以及所述对所述初始规则集进行处理的步骤。

12. 根据权利要求11所述的装置,其特征在于,评估模块包括:

第一获取子模块,用于根据验证驾驶场景数据,利用所述第一函数获取验证场景语义数据;

第二获取子模块,用于根据与所述验证驾驶场景数据关联的验证驾驶行为数据,获取验证行为语义数据;

评估子模块,用于基于所述验证场景语义数据、所述验证行为语义数据和所述驾驶决策规则集,利用似然率统计方式对所述驾驶决策规则集进行效果评估。

13. 一种驾驶决策挖掘终端,其特征在于,包括:

一个或多个处理器;

存储装置,用于存储一个或多个程序;

当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行时,使得所述一个或多个处理器实现如权利要求1至7中任一项所述方法。

14. 一种计算机可读存储介质,其存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执

行时实现如权利要求1至7中任一项所述方法。

驾驶决策挖掘方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及自动驾驶技术领域,尤其涉及一种驾驶决策挖掘方法和装置。

背景技术

[0002] 驾驶决策作为自动驾驶系统的大脑中枢,如何实时地根据不同的场景感知给出安全/可解释/符合用户体验和认知的驾驶决策,越来越成为自动驾驶方案能否量产落地的重要依据。面对社会各界对于自动驾驶系统安全性,全面性以及舒适性的需求,摆在自动驾驶面前的一大难题就是如何设计自动驾驶决策系统,才能让自动驾驶决策系统“面面俱到”地做出安全,全面,舒适的驾驶决策。

[0003] 在现有的方式中,主要采用基于规则的专家系统实现自动驾驶决策。其中,该系统生成和发出的决策指令都是事先由人类专家进行总结评估并通过上线的。但是由于基于规则的专家系统,只对有限的简单场景下有效,而要想得到完备的规则库,单纯依赖人类专家成本会很高,且完备性无法保证,由人类专家创建的规则库可能会出现错误,多条规则可能出现矛盾等,从而造就脆弱系统,诱发和产生安全风险。

发明内容

[0004] 本发明实施例提供一种驾驶决策挖掘方法和装置,以解决现有技术中的一个或多个技术问题。

[0005] 第一方面,本发明实施例提供了一种驾驶决策挖掘方法,包括:

[0006] 根据时序化的多个驾驶场景数据,利用第一函数获取多个场景语义数据;

[0007] 根据与每个驾驶场景数据关联的驾驶行为数据,获取行为语义数据;

[0008] 对所述多个场景语义数据进行离散化处理,得到初始规则集,所述初始规则集包括按类别分布的多个规则,每个规则包括场景语义数据以及关联的行为语义数据;

[0009] 利用频次、支持度和置信度中的至少一项,对所述初始规则集进行处理,得到驾驶决策规则集。

[0010] 在一种实施方式中,还包括:

[0011] 获取时序化的多个正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据;

[0012] 获取时序化的多个事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据;

[0013] 利用时间对齐方式,将每一帧的正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据关联,将每一帧的事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据关联。

[0014] 在一种实施方式中,对所述多个场景语义数据进行离散化处理,得到初始规则集,包括:

[0015] 根据预设分类规则,将所述多个场景语义数据离散化投射到多个离散类别上。

[0016] 在一种实施方式中,利用频次、支持度和置信度中的至少一项,对所述初始规则集进行处理,得到驾驶决策规则集,包括:

[0017] 利用冲突检查方式,对所述初始规则集中存在逻辑冲突的规则进行筛除,以得到

第一规则集；

[0018] 利用频次、支持度和置信度中的至少一项，将所述第一规则集中不满足预设条件的规则筛除，以得到驾驶决策规则集。

[0019] 在一种实施方式中，还包括：

[0020] 利用预设评估方式，对所述驾驶决策规则集进行效果评估；

[0021] 在所述效果评估的结果不满足要求的情况下，调整所述第一函数中的参数；

[0022] 利用参数调整后的所述第一函数，重新执行所述获取多个场景语义数据、所述对所述多个场景语义数据进行离散化处理、以及所述对所述初始规则集进行处理的步骤。

[0023] 在一种实施方式中，调整所述第一函数中的参数，包括：

[0024] 调整所述第一函数中的语义距离标准参数、时间窗口标准参数、车道线数据处理参数和障碍物数据参数中的至少一种参数。

[0025] 在一种实施方式中，利用预设评估方式，对所述驾驶决策规则集进行效果评估，包括：

[0026] 根据验证驾驶场景数据，利用所述第一函数获取验证场景语义数据；

[0027] 根据与所述验证驾驶场景数据关联的验证驾驶行为数据，获取验证行为语义数据；

[0028] 基于所述验证场景语义数据、所述验证行为语义数据和所述驾驶决策规则集，利用似然率统计方式对所述驾驶决策规则集进行效果评估。

[0029] 第二方面，本发明实施例提供了一种驾驶决策挖掘装置，包括：

[0030] 第一获取模块，用于根据时序化的多个驾驶场景数据，利用第一函数获取多个场景语义数据；

[0031] 第二获取模块，用于根据与每个驾驶场景数据关联的驾驶行为数据，获取行为语义数据；

[0032] 离散化模块，用于对所述多个场景语义数据进行离散化处理，得到初始规则集，所述初始规则集包括按类别分布的多个规则，每个规则包括场景语义数据以及关联的行为语义数据；

[0033] 挖掘模块，用于利用频次、支持度和置信度中的至少一项，对所述初始规则集进行处理，得到驾驶决策规则集。

[0034] 在一种实施方式中，还包括：

[0035] 第三获取模块，用于获取时序化的多个正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据；

[0036] 第四获取模块，用于获取时序化的多个事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据；

[0037] 关联模块，用于利用时间对齐方式，将每一帧的正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据关联，将每一帧的事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据关联。

[0038] 在一种实施方式中，挖掘模块包括：

[0039] 第一筛除子模块，用于利用冲突检查方式，对所述初始规则集中存在逻辑冲突的规则进行筛除，以得到第一规则集；

[0040] 第二筛除子模块，用于利用频次、支持度和置信度中的至少一项，将所述第一规则集中不满足预设条件的规则筛除，以得到驾驶决策规则集。

[0041] 在一种实施方式中，还包括：

- [0042] 评估模块,用于利用预设评估方式,对所述驾驶决策规则集进行效果评估;
- [0043] 调整模块,用于在所述效果评估的结果不满足要求的情况下,调整所述第一函数中的参数;
- [0044] 过程循环模块,用于利用参数调整后的所述第一函数,重新执行所述获取多个场景语义数据、所述对所述多个场景语义数据进行离散化处理、以及所述对所述初始规则集进行处理的步骤。
- [0045] 在一种实施方式中,评估模块包括:
- [0046] 第一获取子模块,用于根据验证驾驶场景数据,利用所述第一函数获取验证场景语义数据;
- [0047] 第二获取子模块,用于根据与所述验证驾驶场景数据关联的验证驾驶行为数据,获取验证行为语义数据;
- [0048] 评估子模块,用于基于所述验证场景语义数据、所述验证行为语义数据和所述驾驶决策规则集,利用似然率统计方式对所述驾驶决策规则集进行效果评估。
- [0049] 第三方面,本发明实施例提供了一种驾驶决策挖掘终端,所述驾驶决策挖掘终端的功能可以通过硬件实现,也可以通过硬件执行相应的软件实现。所述硬件或软件包括一个或多个与上述功能相对应的模块。
- [0050] 在一个可能的设计中,所述驾驶决策挖掘终端的结构中包括处理器和存储器,所述存储器用于存储支持所述驾驶决策挖掘终端执行上述驾驶决策挖掘方法的程序,所述处理器被配置为用于执行所述存储器中存储的程序。所述驾驶决策挖掘终端还可以包括通信接口,用于与其他设备或通信网络通信。
- [0051] 第四方面,本发明实施例提供了一种计算机可读存储介质,用于存储驾驶决策挖掘终端所用的计算机软件指令,其包括用于执行上述驾驶决策挖掘方法所涉及的程序。
- [0052] 上述技术方案中的一个技术方案具有如下优点或有益效果:本发明实施例通过对场景语义数据进行离散化处理得到初始规则集,以及利用频次、支持度、置信度对初始规则集进行处理,因此使得得到的驾驶决策规则集中各驾驶场景对应的驾驶行为作为驾驶决策的参考性和可解释性更强。
- [0053] 上述概述仅仅是为了说明书的目的,并不意图以任何方式进行限制。除上述描述的示意性的方面、实施方式和特征之外,通过参考附图和以下的详细描述,本发明进一步的方面、实施方式和特征将会是容易明白的。

附图说明

- [0054] 在附图中,除非另外规定,否则贯穿多个附图相同的附图标记表示相同或相似的部件或元素。这些附图不一定是按照比例绘制的。应该理解,这些附图仅描绘了根据本发明公开的一些实施方式,而不应将其视为是对本发明范围的限制。
- [0055] 图1示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘方法的流程图。
- [0056] 图2示出根据本发明另一实施例的驾驶决策挖掘方法的流程图。
- [0057] 图3示出根据本发明另一实施例的驾驶决策挖掘方法的流程图。
- [0058] 图4示出根据本发明另一实施例的驾驶决策挖掘方法的流程图。
- [0059] 图5示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘方法的步骤S800的具体流程图。

- [0060] 图6示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘方法的模块化结构示意图。
- [0061] 图7示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘方法的应用示例的流程图。
- [0062] 图8示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘装置的结构框图。
- [0063] 图9示出根据本发明另一实施例的驾驶决策挖掘装置的结构框图。
- [0064] 图10示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘装置的挖掘模块的结构框图。
- [0065] 图11示出根据本发明另一实施例的驾驶决策挖掘装置的结构框图。
- [0066] 图12示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘装置的评估模块的结构框图。
- [0067] 图13示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘终端的结构示意图。

具体实施方式

[0068] 在下文中,仅简单地描述了某些示例性实施例。正如本领域技术人员可认识到的那样,在不脱离本发明的精神或范围的情况下,可通过各种不同方式修改所描述的实施例。因此,附图和描述被认为本质上是示例性的而非限制性的。

[0069] 图1示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘方法的流程图。如图1所示,该驾驶决策挖掘方法包括:

[0070] S100:根据时序化的多个驾驶场景数据,利用第一函数获取多个场景语义数据。

[0071] 时序化的驾驶场景数据可以包括:在同一场景下连续时间内的多个场景数据。例如,车辆进行变道驾驶操作花费了三秒钟,则可以获取这连续三秒钟车辆上的各传感器采集的场景信息作为驾驶场景数据。其中,每一秒车辆上的各传感器采集的场景信息是由若干帧场景信息组成的,因此传感器采集的各帧场景数据也可以作为时序化的驾驶场景数据。

[0072] 第一函数可采用已有的多种语义化变换函数(场景映射函数)中的任一种。在一个示例中,第一函数可以定义为 $F(\theta, x)$ 。其中, x 表示为驾驶场景数据, θ 表示为将驾驶场景数据映射为场景语义数据所需用到的一组参数集合。该参数集合包括语义距离标准参数,时间窗口标准参数,车道线数据处理参数,障碍物数据参数等。需要说明的是,参数的选择并不限于上述所提供的参数,根据应用场景的不同,可以对参数进行选择和调整。在另一个示例中,第一函数可采用已有的神经网络模型结构。例如,DNN(Deep Neural Network,深度神经网络)、CNN(Convolutional Neural Networks,卷积神经网络)等,只要能够实现将原始数据转换为语义化的数据即可。

[0073] S200:根据与每个驾驶场景数据关联的驾驶行为数据,获取与每个场景语义数据关联的行为语义数据。

[0074] 驾驶行为数据可以包括车辆底盘监控和采集的数据。例如,实时加速度、刹车响应量、方向盘转角、车辆姿态等数据。由于车辆行驶是持续的运动过程,因此每一秒甚至每一帧的驾驶场景数据都是和车辆的行驶轨迹有关的。而车辆的行驶轨迹是驾驶行为所导致的,因此每一秒甚至每一帧的驾驶场景数据都存在着对应的驾驶行为数据。进一步的,也可以认为每个场景语义数据有对应的行为语义数据。需要说明的是,可能存在多帧的驾驶场景数据对应着相同的驾驶行为数据。例如,当车辆在直线匀速行驶时,虽然车辆周围的环境在实时变化,但是车辆的速度和行驶轨迹是不发生变化的。

[0075] 基于驾驶行为数据获取行为语义数据的方式,可以采用已有的多种语义化变换函

数(动作映射函数)中的任一种。例如,采用时序模型或者隐马尔可夫模型得到离散的行为特征向量(行为语义数据)。

[0076] 多个驾驶场景数据和相关联驾驶行为数据可以包括来自于不同驾驶环境的数据。例如,包括车辆变道场景、车辆超车场景、车辆拐弯场景、车辆追尾场景等不同的场景。且驾驶数据中需要包括正样本和负样本数据。正样本可以包括正常驾驶过程中的驾驶场景数据和相关联驾驶行为数据,或优秀驾驶员的驾驶场景数据和相关联驾驶行为数据。负样本可以包括交通事故中的驾驶场景数据和相关联驾驶行为数据,或不良驾驶习惯产生的驾驶场景数据和相关联驾驶行为数据。

[0077] S300:对多个场景语义数据进行离散化处理,得到初始规则集。初始规则集包括按类别分布的多个规则,每个规则包括场景语义数据以及关联的行为语义数据。该关联关系可以以“场景语义数据-行为语义数据”形式存储。

[0078] 由于各驾驶场景数据可能从不同的驾驶环境中获取的,因此基于每个驾驶场景数据得到的场景语义数据是独立的。但这些独立的场景语义数据中可能存在有相同或近似的数据,因此需要将杂乱的数据汇总到多个有限的离散类别上。在一个示例中,聚类的方式可以根据人类驾驶员对场景的理解和认识设定分类规则。通过预设的分类规则,将多个场景语义数据聚类到多个离散类别上。

[0079] S400:利用频次、支持度和置信度中的至少一项,对初始规则集进行处理,得到驾驶决策规则集。其中,初始规则集中的每个规则的频次、支持度和置信度可采用现有的方式进行计算和统计。

[0080] 在一个示例中,为了得到更加准确有效的驾驶决策规则集,可以利用频次、支持度和置信度参数一同对初始规则集进行处理。从而实现通过多个维度去除驾驶决策规则集中的“杂音”数据的目的。

[0081] 在一种实施方式中,如图2所示,驾驶决策挖掘方法还包括:

[0082] S500:获取时序化的多个正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据。

[0083] S600:获取时序化的多个事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据。

[0084] S700:利用时间对齐方式,将每一帧的正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据关联,将每一帧的事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据关联。

[0085] 其中,正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据可以作为正样本,事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据可以作为负样本。其中,正样本和负样本的比例可根据需要进行选择和调整。例如,当需要最终得到的驾驶决策规则集的性能更偏向于安全性时,则可以提高负样本的占比。

[0086] 在一个实施方式中,对于获取的驾驶场景数据和驾驶行为数据在进行语义化之前,可以对数据进行初步处理。例如,对不等频的原始的驾驶场景数据(由摄像头和毫米波雷达等设备提供)和原始的驾驶行为数据(由车辆底盘提供的方向盘转角、油门、刹车、灯信号等)的时间对齐和异常处理。

[0087] 在一种实施方式中,如图3所示,利用频次、支持度和置信度中的至少一项,对初始规则集进行处理,得到驾驶决策规则集,包括:

[0088] S410:利用冲突检查方式,对初始规则集中存在逻辑冲突的规则进行剔除,以得到第一规则集。例如,当第一规则集中的正样本数据的决策与负样本数据的决策相同时,则认

为存在驾驶决策的逻辑冲突,因此为了减少数据干扰提高驾驶决策规则集的准确性,将冲突的正样本和负样本筛除。

[0089] S420:利用频次、支持度和置信度中的至少一项,将所述第一规则集中不满足阈值的规则筛除,以得到驾驶决策规则集。例如,将支持度和置信度低于阈值的规则筛除,从而提高最终得到的驾驶决策规则集数据的准确性。上述S420的过程可基于频繁模式挖掘的方式进行。

[0090] 在一个示例中,初始规则集中两个相同的场景语义数据对应的驾驶行为数据分别为左拐和右拐,且左拐和右拐的数据比例相当时,由于无法判断哪个是正确的,因此将两个相同的场景语义数据和对应的驾驶行为数据均筛除,减少数据干扰。在一种实施方式中,还包括:

[0091] 在得到的第一规则集的基础上,还可以通过预设筛除规则,基于支持度和置信度对的第一规则集进行再次剪枝,得到第二规则集。

[0092] 基于第二规则集中的规则(每个规则包括一元场景语义数据和关联的一元行为语义数据),利用语义化函数进行进一步的语义挖掘。得到二元场景语义信息,以及与二元场景语义信息关联的二元行为语义信息。

[0093] 对多个二元场景语义数据进行离散化处理,得到二元规则集合。

[0094] 利用频次、支持度和置信度中的至少一种项,对二元规则集合进行处理,得到优化的驾驶决策规则集。优化的驾驶决策规则集中不仅包含有每一个场景语义数据对应的驾驶决策,还包括有基于时序上相关联的多个场景语义数据而生成的连续驾驶决策。例如,在车辆变道场景中,驾驶决策规则集不仅能够基于一元场景语义数据和一元行为语义数据,做出下一个车辆行驶动作的决策。还可以基于二元场景语义数据和二元行为语义数据,做出连续的多个车辆行驶动作的决策。

[0095] 在一种实施方式中,如图4所示,驾驶决策挖掘方法还包括:

[0096] S800:利用预设评估方式,对驾驶决策规则集进行效果评估。评估方式可根据需要进行选择。例如,评估方式可以采用似然率(LRS,Likelihood ratio statistics)统计方式,也可以采用最小化损失函数计算损失值的方式。

[0097] S900:若评估结果不满足要求,则调整第一函数中的参数。评估结果不满足要求,则说明当前得到的驾驶决策规则集在验证数据上的解释性和覆盖率不好。其中调整第一函数的参数可基于EM(Expectation Maximization,期望最大)思想。

[0098] S1000:根据参数调整后的第一函数,重新执行得到驾驶决策规则集的整个过程。即再次执行步骤S100-S400的步骤。直至评估结果满足要求时,则不再进行函数的参数修改,并将当前第一函数进行存储。

[0099] 在一个示例中,可采用多种评估方式结合起来对驾驶决策规则集进行效果评估。例如,在采用似然率统计方式的同时,引入不同类别车辆的车辆性能(执行能力)指标作为辅助评估方式。

[0100] 在一种实施方式中,调整第一函数中的参数,包括:

[0101] 调整第一函数中的语义距离标准参数、时间窗口标准参数、车道线数据处理参数和障碍物数据参数中的至少一种参数。

[0102] 在一种实施方式中,如图5所示,利用预设评估方式,对驾驶决策规则集进行效果

评估,包括:

[0103] S810:根据验证驾驶场景数据,利用第一函数获取验证场景语义数据。

[0104] S820:根据与验证驾驶场景数据关联的验证驾驶行为数据,获取验证行为语义数据。验证驾驶场景数据和关联的验证驾驶行为数据为在得到驾驶决策规则集的过程中没有使用到的驾驶场景数据和驾驶行为数据。

[0105] S830:基于验证场景语义数据、验证行为语义数据和驾驶决策规则集,利用似然率统计方式对驾驶决策规则集进行效果评估。

[0106] 在一个示例中,似然率统计量LRS(Likelihood ratio statistics)的公式为:

$$[0107] \quad LRS = 2 * \left(\hat{m}_p * \log_2 \left(\frac{\frac{\hat{m}_p}{\hat{m}_p + \hat{m}_n}}{\frac{m_p}{m_p + m_n}} \right) + \hat{m}_n * \log_2 \left(\frac{\frac{\hat{m}_n}{\hat{m}_p + \hat{m}_n}}{\frac{m_n}{m_p + m_n}} \right) \right)$$

[0108] 其中, m_p, m_n 分别表示验证数据集合中,正、负样本的数目, \hat{m}_p, \hat{m}_n 分别表示驾驶决策规则集的覆盖的正、负样本的数目。

[0109] LRS衡量了驾驶决策规则集中各“驾驶场景数据-场景语义数据”与训练样本中“驾驶场景数据-场景语义数据”的分布的差异。LRS越大,采用驾驶决策规则集进行预测与直接使用训练集正、负比例进行猜测的差别越大,即规则在验证数据上有更好的解释性和覆盖率。LRS越小,说明驾驶决策规则集的效果可能是偶然现象,即驾驶决策规则集并没有达到总结和提炼数据并得出合理结论的地步。需要说明的是,在上述步骤S100和S200中提及的驾驶场景数据和驾驶行为数据即可理解为训练样本。

[0110] 需要说明的是,得到驾驶决策规则集的过程(即驾驶决策挖掘过程)不是一次就能完成的,它依赖我们对场景离散化描述的具体参数,为了得到最优的策略集合,需要多轮迭代(重复步骤S100-S400)。每一次调整第一函数的参数后,都能得到新的LRS值。根据前面多轮参数随机搜索后得到的LRS变化趋势,在继续随机搜索的基础上可采用经典优化算法对第一函数的参数进行集中学习,最后LRS达到预期目标则停止迭代。或是按照EM思想对第一函数的参数进行更新。其中,优化算法可以采用遗传算法、蚁群算法或模拟退火算法等。或将整体问题建模为函数嵌套表达,以近似凸优化的视角进行最优解的直接求解。

[0111] 在一个应用示例中,如图6所示,可采用四个模块化结构实现本发明实施例的驾驶决策挖掘方法。具体包括:数据处理模块、语义化映射模块、规则挖掘模块以及评估和参数反馈模块。

[0112] 数据处理模块主要负责聚合原始数据(包括人类驾驶的正样本和事故还原得到的负样本)以及对原始数据的采样和切分(包括正负样本比例的调整和训练集/验证集的获取保存),以及对各部分数据的初步处理:包括对不等频的原始的场景数据(由摄像头和毫米波雷达等模块提供)和原始的驾驶行为数据(由车辆底盘提供的方向盘转角,油门等等)的时间对齐和异常处理,以及把原始的驾驶行为数据(油门/刹车/灯信号/方向盘转角等)转为语义级别的离散行为标签。

[0113] 语义化映射模块是策略挖掘的核心入口,主要使用参数化的场景映射函数 $F(\theta, x)$ 将时序化的场景物理数据转化为场景离散化的结果,供下一模块策略挖掘使用。

[0114] 规则挖掘模块是策略挖掘的核心过程,对上面处理得到的离散化的场景-动作数

据进行频繁模式挖掘,经过正负规则的碰撞检查和/或更高元次的规则挖掘。如果挖掘结果满足设定的停止条件,则完成挖掘过程并将结果传给下一模块。

[0115] 评估和参数反馈模块是策略挖掘的关键步骤,对上一模块得到的规则集合使用似然率统计量LRS进行效果评估,并根据评估结果的变化趋势,继续驱动语义化映射模块的参数搜索,半启发式地收敛参数搜索方向,最后LRS达到预期目标则停止迭代。

[0116] 在一个示例中,如图7所示,本发明实施例的驾驶决策挖掘方法包括:

[0117] 第一步:主要负责聚合原始数据(包括人类驾驶的正样本和事故还原得到的负样本)以及对原始数据的采样和切分(包括正负样本比例的调整 and 训练集/验证集的获取保存),以及对各部分数据的初步处理,从而得到最终的训练集。

[0118] 第二步:基于训练集中时序化的多个驾驶场景数据,利用第一函数获取场景语义数据。基于训练集中时序化的多个驾驶行为数据,获取行为语义数据。

[0119] 第三步:对场景语义数据进行离散化处理,得到离散的状态和动作集合(即场景语义数据-行为语义数据)。然后开始时间序列频繁模式挖掘,得到驾驶决策规则集。

[0120] 第四步:对驾驶决策规则集使用似然率统计量LRS在验证集数据上进行规则覆盖效果评估,根据评估结果向第一函数进行参数反馈,使得第一函数进行参数优化后重新获取场景语义数据。

[0121] 图8示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘装置的结构框图。如图8所示,该驾驶决策挖掘装置包括:

[0122] 第一获取模块10,用于根据时序化的多个驾驶场景数据,利用第一函数获取多个场景语义数据。

[0123] 第二获取模块20,用于根据与每个驾驶场景数据关联的驾驶行为数据,获取行为语义数据。

[0124] 离散化模块30,用于用于对多个场景语义数据进行离散化处理,得到初始规则集,初始规则集包括按类别分布的多个规则,每个规则包括场景语义数据以及关联的行为语义数据。

[0125] 挖掘模块40,用于利用频次、支持度和置信度中的至少一项,对初始规则集进行处理,得到驾驶决策规则集。

[0126] 在一种实施方式中,如图9所示,还包括:

[0127] 第三获取模块50,用于获取时序化的多个正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据。

[0128] 第四获取模块60,用于获取时序化的多个事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据。

[0129] 关联模块70,用于利用时间对齐方式,将每一帧的正常驾驶场景数据和正常驾驶行为数据关联,将每一帧的事故驾驶场景数据和事故驾驶行为数据关联。

[0130] 在一种实施方式中,如图10所示,挖掘模块40包括:

[0131] 第一筛除子模块41,用于利用冲突检查方式,对所述初始规则集中存在逻辑冲突的规则进行筛除,以得到第一规则集。

[0132] 第二筛除子模块42,用于利用频次、支持度和置信度中的至少一项,将所述第一规则集中不满足阈值的规则筛除,以得到驾驶决策规则集。

[0133] 在一种实施方式中,如图11所示,还包括:

[0134] 评估模块80,用于利用预设评估方式,对驾驶决策规则集进行效果评估。

[0135] 调整模块90,用于若评估结果不满足要求,则调整第一函数中的参数。

[0136] 过程循环模块100,用于利用参数调整后的第一函数,重新执行获取多个场景语义数据、对多个场景语义数据进行离散化处理、以及对初始规则集进行处理的步骤。

[0137] 在一种实施方式中,如图12所示,评估模块80包括:

[0138] 第一获取子模块81,用于根据验证驾驶场景数据,利用第一函数获取验证场景语义数据。

[0139] 第二获取子模块82,用于根据与所述验证驾驶场景数据关联的验证驾驶行为数据,获取验证行为语义数据;

[0140] 评估子模块83,用于基于验证场景语义数据、行为语义数据和驾驶决策规则集,利用似然率统计方式对驾驶决策规则集进行效果评估。

[0141] 本发明实施例各装置中的各模块的功能可以参见上述方法中的对应描述,在此不再赘述。

[0142] 图13示出根据本发明实施例的驾驶决策挖掘终端的结构框图。如图13所示,该终端包括:存储器910和处理器920,存储器910内存储有可在处理器920上运行的计算机程序。所述处理器920执行所述计算机程序时实现上述实施例中的驾驶决策挖掘方法。所述存储器910和处理器920的数量可以为一个或多个。

[0143] 该终端还包括:

[0144] 通信接口930,用于与外界设备进行通信,进行数据驾驶决策挖掘传输。

[0145] 存储器910可能包含高速RAM存储器,也可能还包括非易失性存储器(non-volatile memory),例如至少一个磁盘存储器。

[0146] 如果存储器910、处理器920和通信接口930独立实现,则存储器910、处理器920和通信接口930可以通过总线相互连接并完成相互间的通信。所述总线可以是工业标准体系结构(ISA,Industry Standard Architecture)总线、外部设备互连(PCI,Peripheral Component Interconnect)总线或扩展工业标准体系结构(EISA,Extended Industry Standard Architecture)总线等。所述总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示,图13中仅用一条粗线表示,但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

[0147] 可选的,在具体实现上,如果存储器910、处理器920及通信接口930集成在一块芯片上,则存储器910、处理器920及通信接口930可以通过内部接口完成相互间的通信。

[0148] 本发明实施例提供了一种计算机可读存储介质,其存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现上述实施例中任一所述方法。

[0149] 本发明实施例通过对场景语义数据进行离散化处理得到初始规则集,以及利用频次、支持度、置信度对初始规则集进行处理,因此使得得到的驾驶决策规则集中各驾驶场景对应的驾驶行为作为驾驶决策的参考性和可解释性更强。同时,本发明实施例实现了基于真实的正负样本驾驶数据的支撑,从无到有的从真实驾驶数据挖掘驾驶决策,本发明实施例的方案驾驶决策挖掘成本低,可以实现自动化的对大量真实数据进行驾驶决策挖掘。

[0150] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特

点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0151] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0152] 流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为,表示包括一个或更多个用于实现特定逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分,并且本发明的优选实施方式的范围包括另外的实现,其中可以不按所示出或讨论的顺序,包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序,来执行功能,这应被本发明的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

[0153] 在流程图中表示或在此以其他方式描述的逻辑和/或步骤,例如,可以被认为是用于实现逻辑功能的可执行指令的定序列列表,可以具体实现在任何计算机可读介质中,以供指令执行系统、装置或设备(如基于计算机的系统、包括处理器的系统或其他可以从指令执行系统、装置或设备取指令并执行指令的系统)使用,或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用。就本说明书而言,“计算机可读介质”可以是任何可以包含、存储、通信、传播或传输程序以供指令执行系统、装置或设备或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用装置。计算机可读介质的更具体的示例(非穷尽性列表)包括以下:具有一个或多个布线的电连接部(电子装置),便携式计算机盘盒(磁装置),随机存取存储器(RAM),只读存储器(ROM),可擦除可编程只读存储器(EPROM或闪速存储器),光纤装置,以及便携式只读存储器(CDROM)。另外,计算机可读介质甚至可以是可在其上打印所述程序的纸或其他合适的介质,因为可以例如通过对纸或其他介质进行光学扫描,接着进行编辑、解译或必要时以其他合适方式进行处理来以电子方式获得所述程序,然后将其存储在计算机存储器中。

[0154] 应当理解,本发明的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中,多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。例如,如果用硬件来实现,和在另一实施方式中一样,可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现:具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路,具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路,可编程门阵列(PGA),现场可编程门阵列(FPGA)等。

[0155] 本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,该程序在执行时,包括方法实施例的步骤之一或其组合。

[0156] 此外,在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能模块的形式实现。所述集成的模块如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用,也可以存储在一个计算机可读存储介质中。所述存储介质可以是只读存储器,磁盘或光盘等。

[0157] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到其各种变化或替换,这些都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

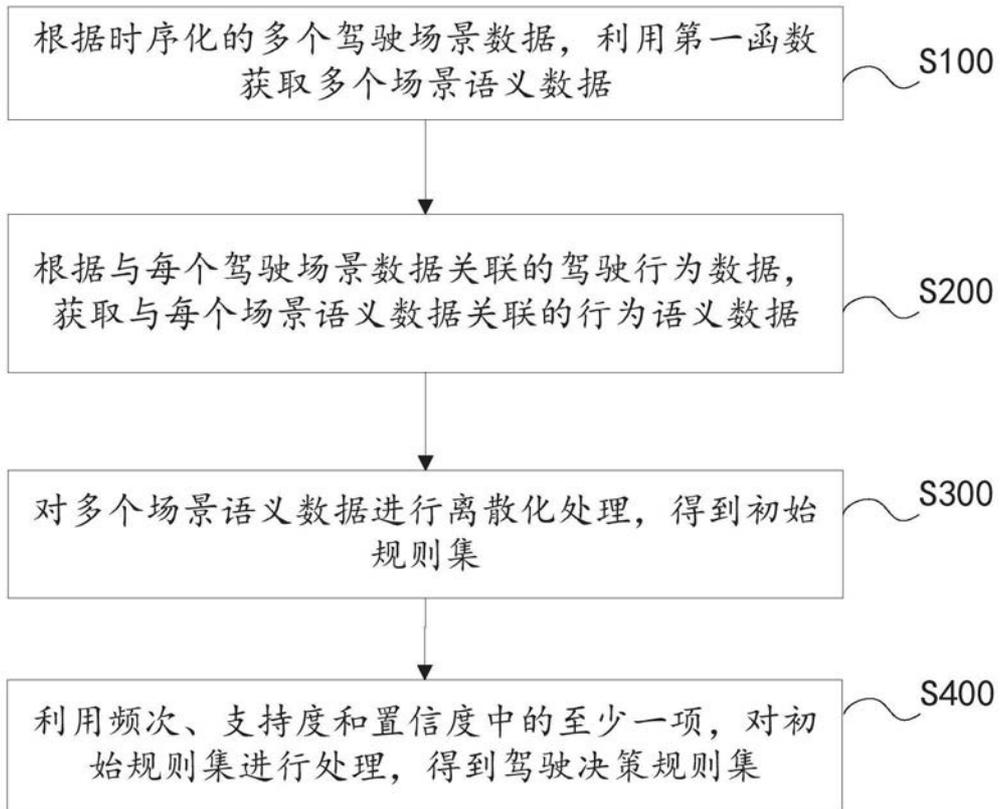


图1

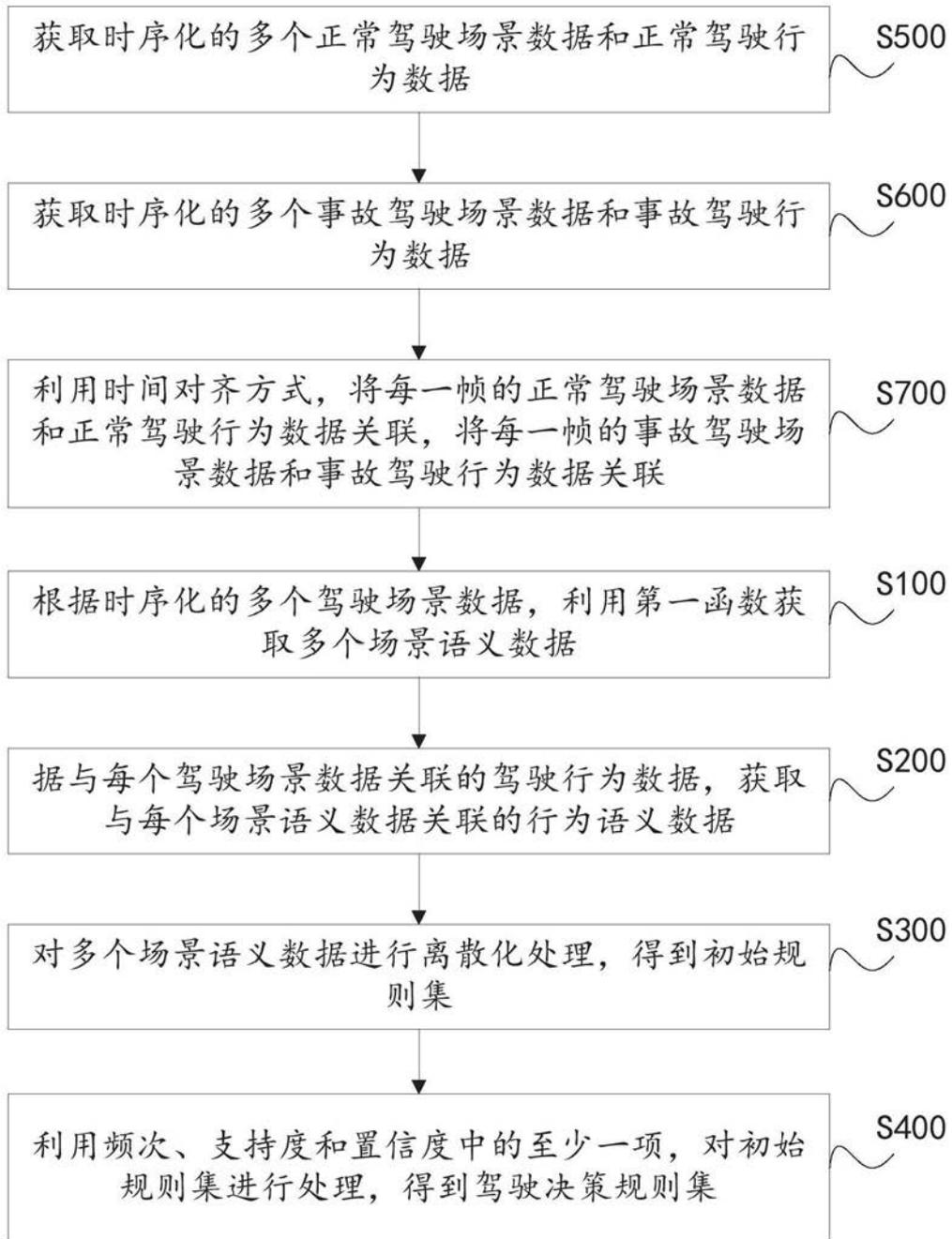


图2

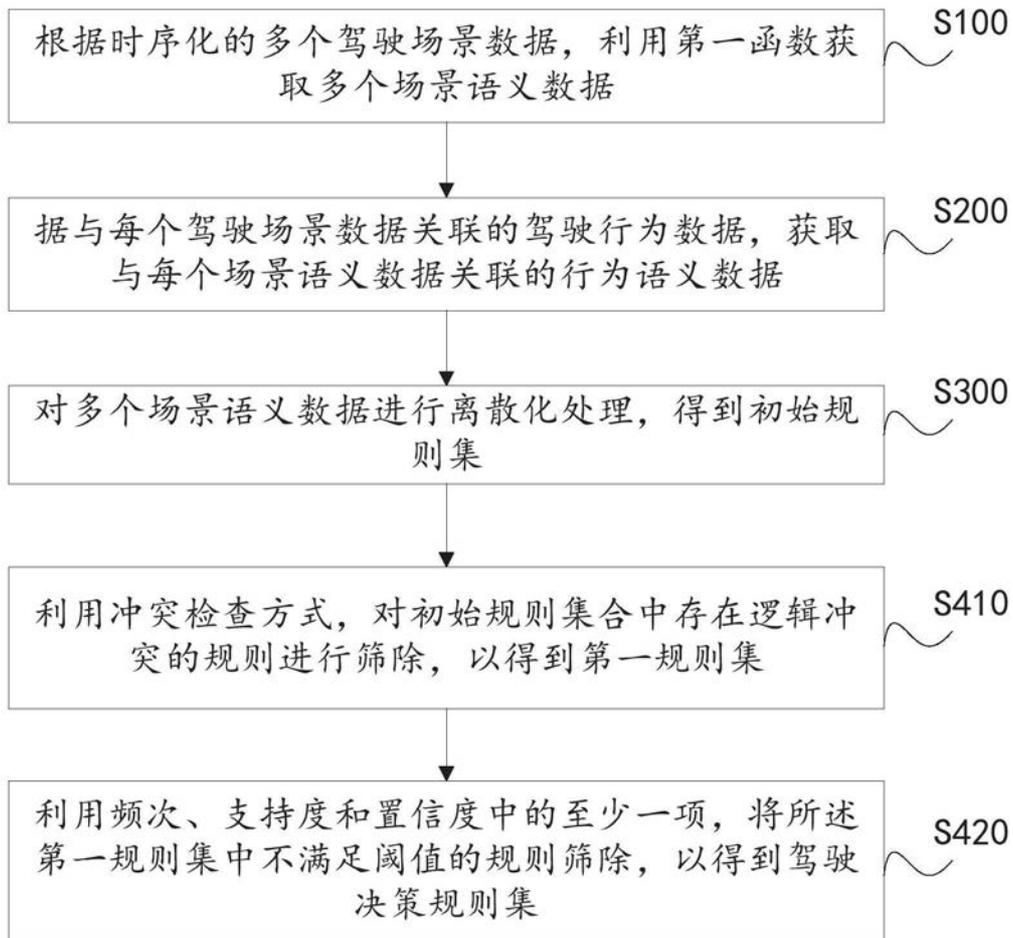


图3

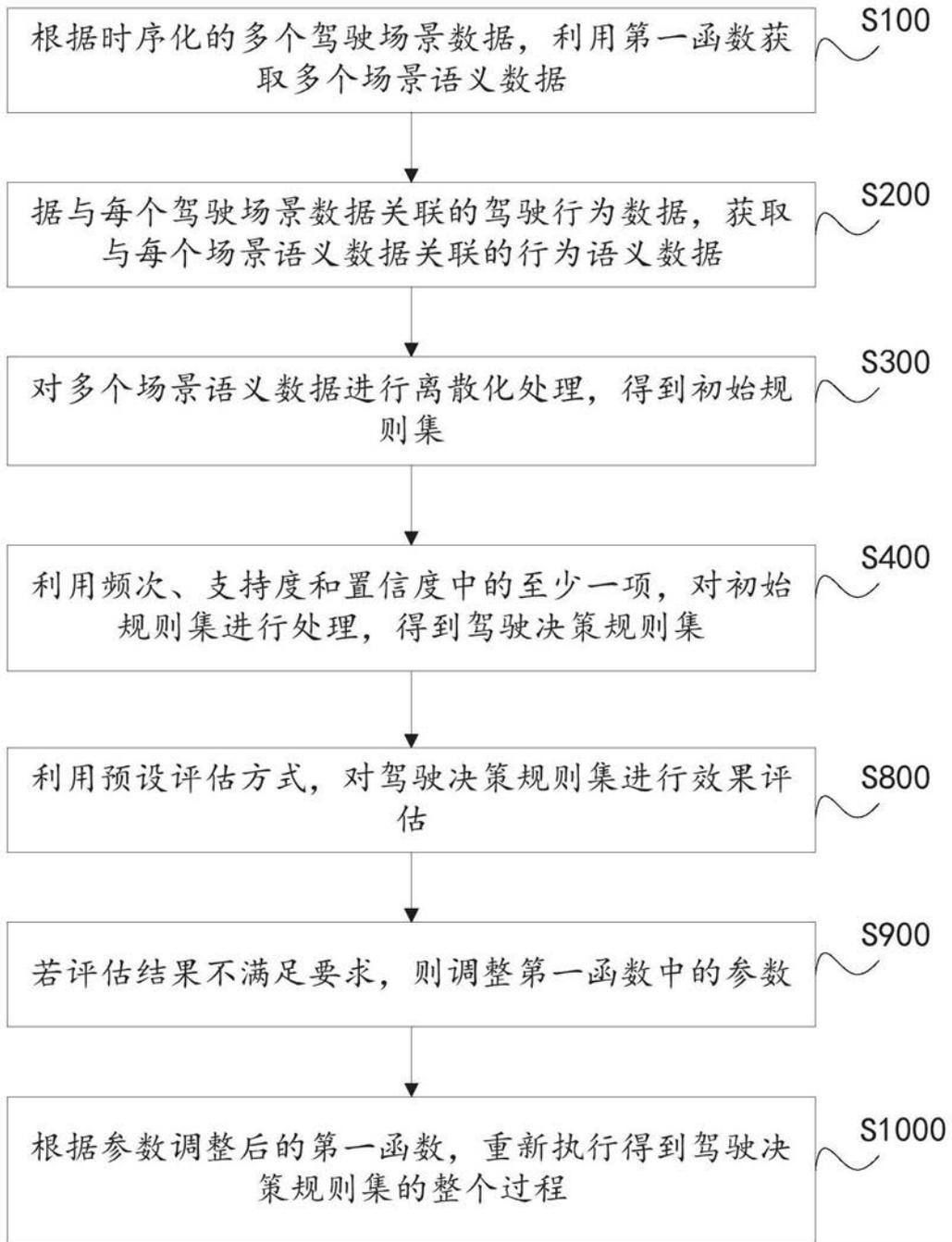


图4

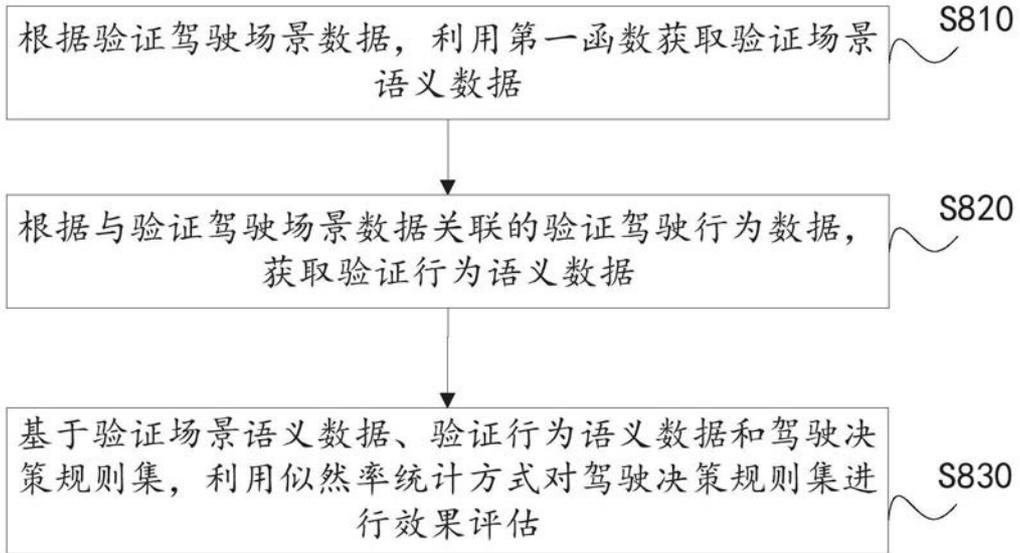


图5

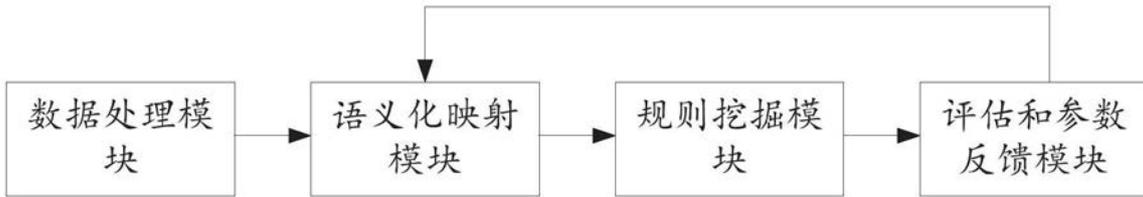


图6

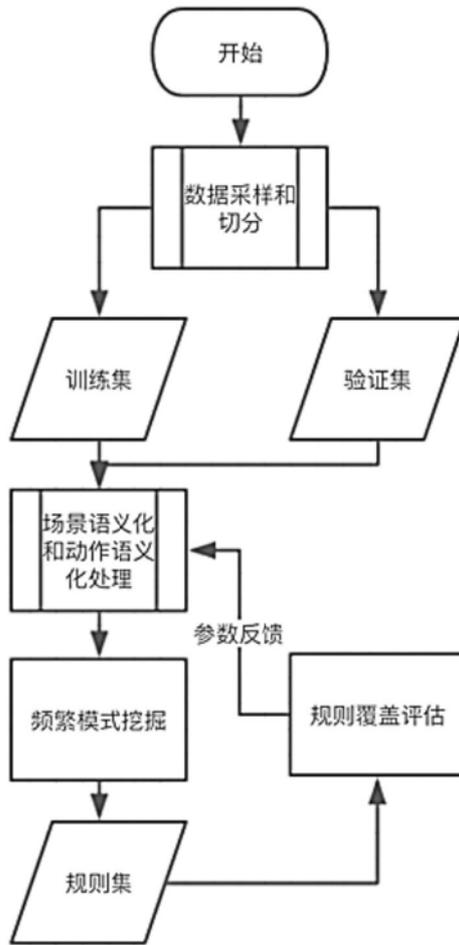


图7



图8

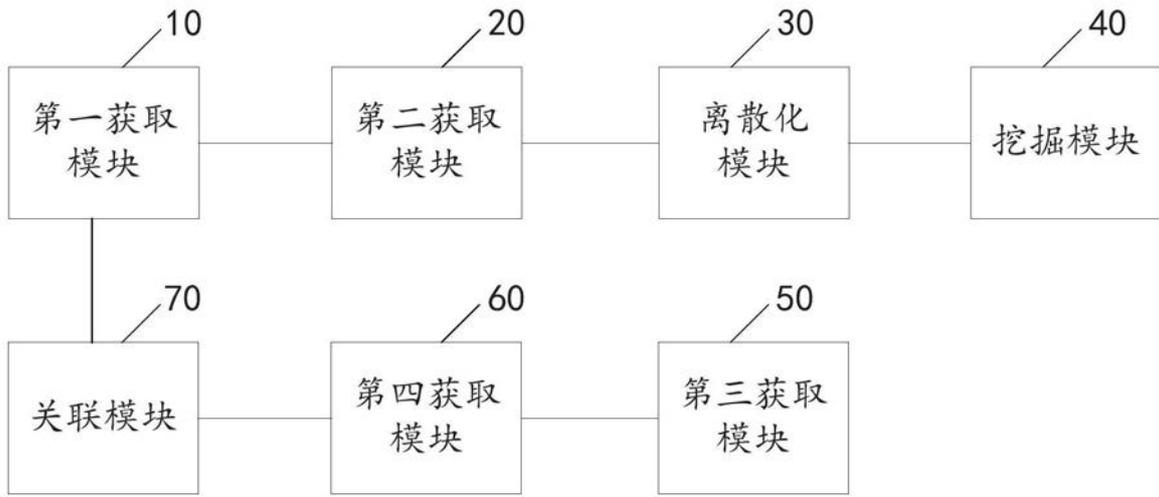


图9

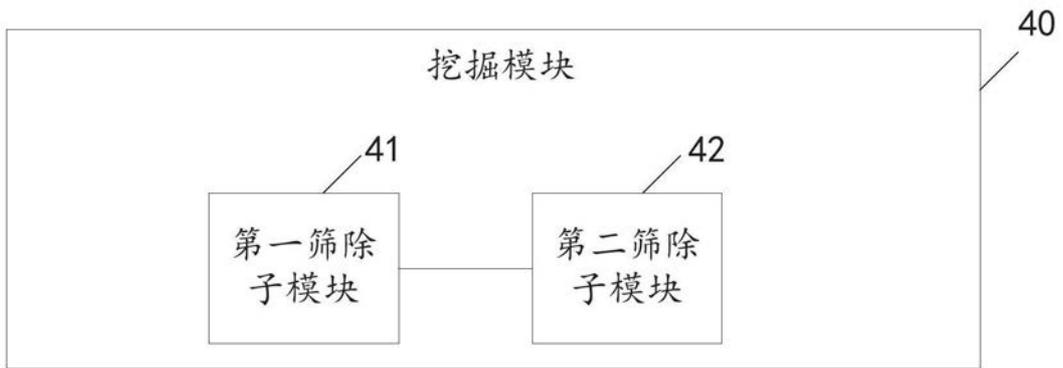


图10

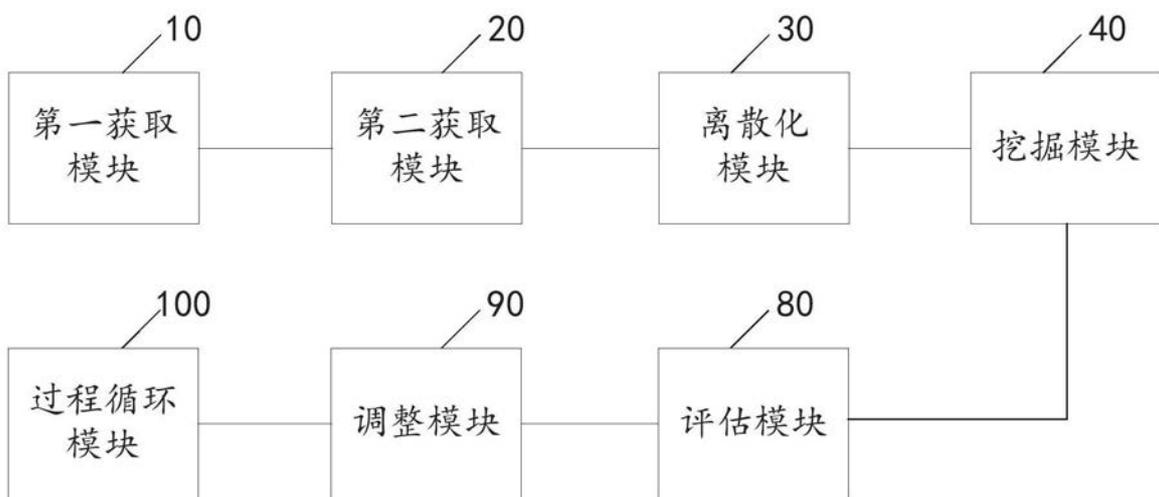


图11

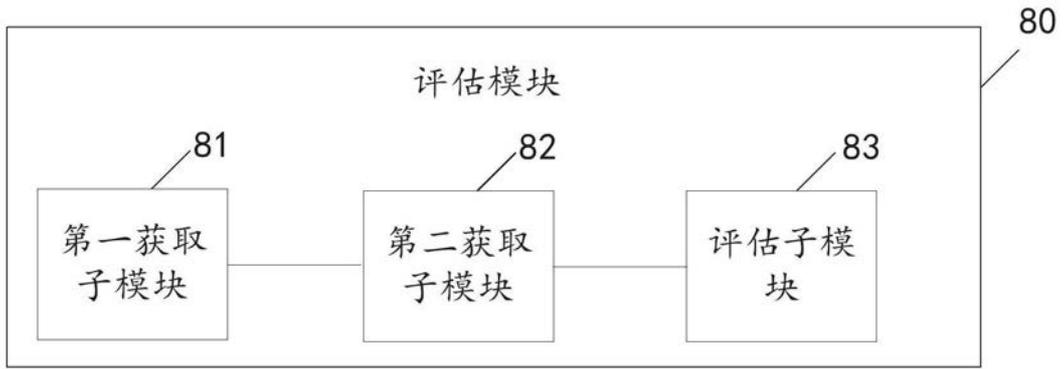


图12

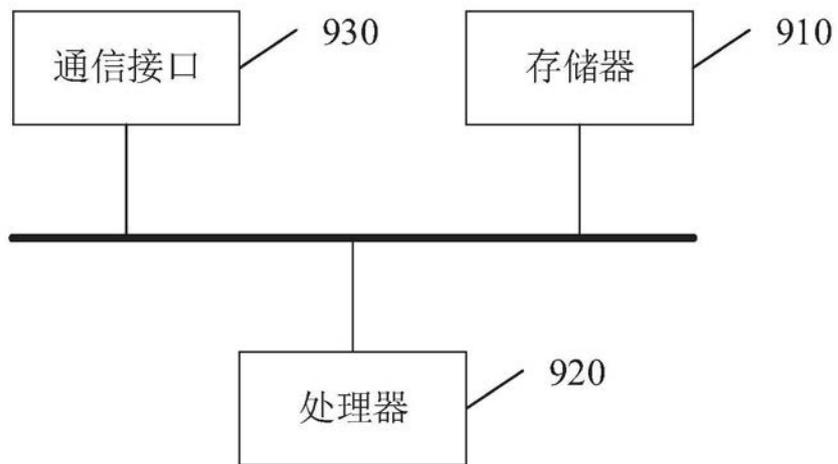


图13